

# 國立交通大學

## 理學院科技與數位學習學程

### 碩士論文

注意力引導在動態數位教學設計之研究  
- 以細胞分裂與減數分裂為例

A Study of Attention Guiding on Dynamic Digital Instructional  
Design in Mitosis and Meiosis

研究 生：簡志祥

指 導 教 授：陳明璋 副 教 授

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月

## 中文摘要

本研究旨在比較學生學習細胞分裂與減數分裂時，採用不同模式教材的學習成效。其中教材的模式是將動態的訊息切割成不同的階段來呈現，來呈現，包括（1）關鍵階段、（2）完整階段及（3）完整階段附加提示效果。

提示效果的作法為利用透明度變化，刺激學習者注意屏幕上的相關訊息。實驗對象為國中七年級學生，共六個班級，共計 189 位（95 男與 94 女）。各班以隨機分配進行不同模式教材 45 分鐘的教學，隨後進行遺傳學成就測驗後測及認知負荷問卷、內容感受問卷與媒體感受問卷。

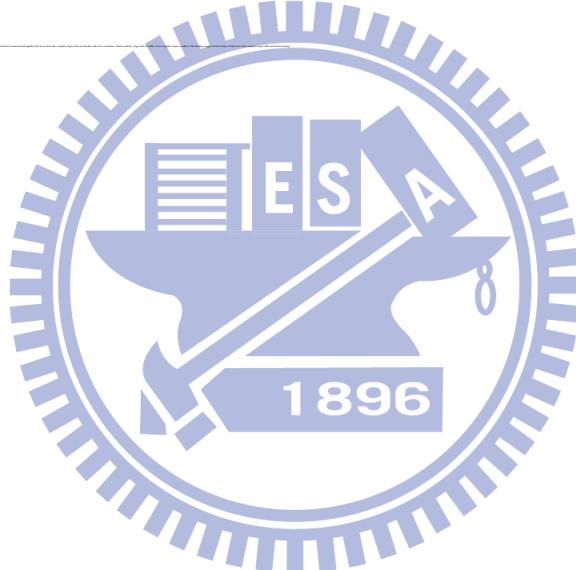
實驗結果採雙因子共變數分析後，以完整階段加提示組教學，其學習成效顯著高於另外兩者，且其所產生之認知負荷量顯著低於關鍵階段組，因此以完整階段加提示有較高的學習效率。因此，學習細胞分裂與減數分裂時，若能步驟化呈現完整階段且加以提示，將提供更好的學習效果。在教材內容部分，完整階段組與完整階段加提示組對教材的正面感受皆高於關鍵階段組。大多數學生對完整呈現階段與附加提示都認為能幫助學習。

本研究亦以科學推理測驗探討學生的認知發展期，其中 189 名學生中僅有 19.6% 的學生進入過渡期，其餘 80.4% 的學生仍處於具體操作期。研究顯示，針對具體操作前期的學生，教材若採提示動畫進行細胞分裂教學，則學習成效可顯著高於靜態圖片組與動畫組但過渡期與具體操作後期的學生之中，三種教材之學習成效則無顯著差異。

## 英文摘要

Attention cueing might help learners in focusing their attention on essential parts of an animation. This research examined the effects of learning mitosis and meiosis with three instructional strategies (i.e., (a) key stages and (b) complete stages and (c) complete stages with cue) from Flash presentations.

The visual cue was defined as using transparency change to attract learners' attention to relevant on-screen information. One hundred and eighty-nine seventh graders (95 boys and 94 girls) school students were exposed to a multimedia learning environment. Students were randomly assigned to either key stages, complete stages or complete stages with cue condition.



## 致謝

誠摯感謝指導教授陳明璋博士，老師悉心的教導使我得以在教材設計上有更深層的體悟，並且不時指點我正確的方向，使我在這段日子中獲益匪淺。

本論文的完成也感謝高雄師大的黃台珠教授大力協助。因為有您的協助，使得本論文能夠更加完整而嚴謹。也感謝季瑾老師、建豪老師與靜伶老師的協助，讓本研究的實驗得以順利進行。

在研究室的日子裡，感謝元亨、舜國、家瑩、椿惠、子蓉在讀書會上的討論，給予我報告上具體的建議，恭喜我們順利走過這兩年。

老婆中梅在背後的支持更是我進行研究的動力，沒有中梅的關心、體諒與包容，這份研究沒有辦法順利完成。

最後，謹以此文獻給我摯愛的雙親。



## 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
致謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VII
圖目錄 .....	X
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節 研究動機 .....	1
第二節 研究目的 .....	2
第三節 研究問題 .....	3
第四節 名詞定義 .....	4
第五節 研究範圍與限制 .....	5
一、研究範圍 .....	5
二、研究限制 .....	5
<b>第二章 文獻探討 .....</b>	<b>7</b>
第一節 遺傳單元教學的難處 .....	7
一、學習困難之處 .....	7
二、發生學習困難之原因 .....	7
三、遺傳教學活動 .....	8
第二節 皮亞傑的認知發展理論 .....	9
一、感官動作期 .....	9
二、前操作期 .....	9

三、具體操作期.....	9
四、形式操作期.....	10
第三節    注意力引導的數位教學設計原則.....	12
一、記憶相關的理論.....	12
二、設計原則.....	13
三、展演工具.....	22
第四節    研究假設 .....	23
<b>第三章    研究方法.....</b>	<b>25</b>
第一節    研究架構 .....	25
第二節    樣本選取 .....	26
第三節    研究工具 .....	28
一、科學推理測驗 .....	28
二、遺傳單元成就測驗 .....	28
三、問卷 .....	33
四、多媒體教材 .....	35
第四節    研究步驟 .....	44
第五節    教學流程 .....	45
一、細胞分裂的過程 .....	45
二、減數分裂的過程 .....	45
第六節    資料分析 .....	48
<b>第四章    結果與討論 .....</b>	<b>49</b>
第一節    不同教材呈現模式與學習成效的關係.....	49
第二節    不同教材呈現模式的認知負荷量.....	52
第三節    不同教材呈現模式的學習效率.....	54
第四節    教材呈現模式影響不同概念類型的測驗表現.....	56

一、 非分裂過程概念之選擇題的測驗表現.....	56
二、 分裂過程概念之選擇題的測驗表現.....	58
三、 分裂過程概念之繪圖題的測驗表現.....	60
四、 小結.....	61
第五節 不同教材呈現模式的教材內容感受 .....	62
第六節 不同教材呈現模式的呈現模式感受 .....	64
第七節 生物科學業成就與認知發展期的關係.....	65
第八節 教材呈現模式與認知發展期之關係.....	67
一、 具體操作前期學生的學習成效.....	67
二、 具體操作後期學生的學習成效.....	69
三、 過渡期學生的學習成效.....	70
四、 小結 .....	71
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>72</b>
第一節 結論 .....	72
第二節 建議 .....	75
第三節 未來研究方向.....	76
<b>第六章 參考文獻 .....</b>	<b>77</b>
<b>附錄A 科學推理測驗 .....</b>	<b>83</b>
<b>附錄B 遺傳單元成就測驗（後測） .....</b>	<b>93</b>

## 表目錄

表 1 各施測班級的上學期生物科平均分數之敘述統計表.....	26
表 3 各施測班級的上學期生物科平均分數的變異數分析.....	26
表 4 不同教材呈現模式的生物科平均分數之敘述統計表.....	27
表 5 不同教材呈現模式的生物科平均分數之變異數分析表.....	27
表 6 教材呈現模式與學業分組之敘述統計表.....	27
表 7 Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning 主題與題號對照表.	28
表 8 細胞分裂與減數分裂成就測驗後測雙向細目表.....	29
表 9 遺傳單元成就測驗雙向細目表.....	29
表 10 細胞分裂和減數分裂的過程概念.....	31
表 11 遺傳單元成就測驗的題目類型分配情形.....	32
表 12 教學流程表.....	46
表 13 遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要表.....	49
表 14 接受不同模式教學的前測及後測之敘述統計表。.....	50
表 15 遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表.....	50
表 16 遺傳單元成就測驗後測分數的參數估計值與事後檢定.....	51
表 17 不同成績分組學生接受不同呈現模式教材的認知負荷量雙因子變異數分析表.....	52
表 18 不同呈現模式的認知負荷量.....	52
表 19 不同學業成績分組的認知負荷量與事後檢定.....	53
表 20 不同模式的認知負荷與測驗表現表.....	54

表 21 非分裂過程概念的選擇題，各種模式教材的答題情形 .....	56
表 22 非分裂過程概念的選擇題答題情形之迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	57
表 23 非分裂過程概念的選擇題答題情形之共變數分析摘要表 .....	57
表 24 分裂過程概念的選擇題，各種模式教材的答題情形 .....	58
表 25 分裂過程概念的選擇題答題情形之迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	58
表 26 分裂過程概念的選擇題答題情形之共變數分析摘要表 .....	59
表 27 分裂過程概念的選擇題答題情形之參數估計值與事後分析 .....	59
表 28 分裂過程概念的繪圖題，各種模式教材的答題情形 .....	60
表 29 分裂過程概念的繪圖題答題情形之迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	60
表 30 分裂過程概念的繪圖題答題情形之共變數分析摘要表 .....	61
表 31 分裂過程概念的選擇題答題情形之參數估計值與事後分析 .....	61
表 32 各成績分組接受不同呈現模式教材的內容感受的雙因子變異數分析檢定 .....	62
表 33 不同呈現模式的內容感受分數與事後檢定 .....	62
表 34 學生對完整階段呈現的感受 .....	64
表 35 學生對提示呈現的感受 .....	64
表 36 認知發展期與成績分組交叉人數對照表 .....	65
表 37 具體操作前期學生的遺傳單元成就測驗後測的敘述統計表 .....	67
表 38 具體操作前期學生的遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要表 .....	68

表 39 具體操作前期學生在遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表	68
表 40 具體操作前期學生的遺傳單元成就測驗後測之估計邊緣平均數與 事後分析	68
表 41 具體操作後期學生的遺傳單元成就測驗後測的敘述統計表	69
表 42 具體操作後期學生的遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考 驗摘要表	69
表 43 具體操作後期學生在遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表	70
表 44 過渡期學生的遺傳單元成就測驗後測的敘述統計表	70
表 45 過渡期學生的遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要 表	71
表 46 過渡期學生在遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表	71

## 圖目錄

圖 1 學習效率的視覺化示意圖 .....	4
圖 2 研究架構圖 .....	25
圖 3 Flash教材的各個區塊說明 .....	36
圖 4 以關鍵階段模式呈現細胞分裂過程時的教材畫面。(a)染色質狀態， (b)染色質聚縮成染色體，(c)染色體複製，(d)染色體排列在細胞中 央，(e) 複製染色體分離，(f) 兩個子細胞。 .....	37
圖 5 以完整階段模式呈現細胞分裂過程時的教材畫面 .....	39
圖 6 以完整階段加提示模式呈現細胞分裂過程時的教材畫面 .....	41
圖 7 研究流程圖 .....	44
圖 8 不同教材模式的學習效率圖 .....	55
圖 9 生物科學業成就分組學生的認知發展期組成圖 .....	66
圖 10 科學推理測驗分數與上學期生物科段考平均成績之散佈圖 .....	66

## 第一章 緒論

本章共分五節，主要說明本研究之研究背景、研究動機、研究目的、研究問題與研究限制。

### 第一節 研究動機

現行國中生物課程中，遺傳和生殖的主概念混合安排在七年級下學期的期初教授。這兩個主概念是由細胞分裂與減數分裂開始，之後介紹無性生殖與有性生殖、人類的生殖。然後進入孟德爾的遺傳法則、基因與遺傳、人類的遺傳、突變與生物科技的利用。

生殖與遺傳的概念教學，不同於上學期生物課程裡其他的概念。以動物生理和植物生理這些概念為例，這些概念的教學可以透過接觸與觀察實體，和學生的心智產生連結，但遺傳和生殖概念較為抽象，是較難用生活經驗去理解的概念。在研究者的教學經驗中，發現學生在學習這部份的課程時，往往倍感挫折。而許多研究也提到，遺傳學課程是許多老師認為難教，且學生認為難學的概念（楊坤原、張賴妙理，2004）。

遺傳學的概念建立，是從細胞分裂與減數分裂開始，進而和接續的幾個概念相互連結，形成其他概念的基礎。倘若此概念的教學無法有效幫助學生學習成功，往往會影響到後續概念的學習。

以教學媒體的觀點來看，此一概念的教學方法大致包括以下幾種：(1)教師僅以講述方式描述過程；(2)教師在黑板上繪出細胞分裂與減數分裂的示意圖，用以講解過程；(3)教師使用數個染色體或細胞示意圖的實體教具，利用磁性吸附在黑板上進行過程講解；(4)教師利用影片或互動式動畫等電腦多媒體的輔助，進行講解；(5)教師發與學生每人一組小型的染色體實體教具，用以講解分裂概念。

然而這個過程概念屬於動態資訊，教學上難以僅用口述講解就讓學生瞭解，因為講述的過程僅有語言文字的傳遞，卻未有圖像的連結，而細胞分裂與減數分裂的過程卻又是屬於動態的圖像知識，使用不適合的教學法，讓教師傳遞的知識與圖像無法匹配，因此無法產生有效的學習效果。

而其他的教學媒體中，以不同的方式表現圖像的訊息，在教學應用與資訊呈現上互有長短，但其對分裂概念的學習效果孰優孰劣，目前未有足夠研究。若是使用電腦多媒體輔助教學，應該如何搭配合適的呈現方式才能給予學生良好的學習成效？除此之外，但研究者也疑惑，以國中七年級學生的認知程度，在接受這些細胞分裂與減數分裂這些抽象且動態的知識教學時，教師該使用何種呈現模式的教材來輔助教學，才能有效幫助學生學習？而這些媒體是否也能降低學生的學習負擔？

當這些媒體應用在常態編班的班級時，對各種程度的學生的學習成效是否又會有差異呢？以上種種疑惑促使研究者著手進行這項教學研究。

## 第二節 研究目的

基於上述研究動機，本研究有下列目的：

1. 研究國中七年級學生的認知發展程度。
2. 探討不同呈現模式的教材對學習成效的影響。
3. 探討不同呈現模式的教材對認知負荷的影響。
4. 了解不同呈現模式的教材之學習效率。
5. 了解不同呈現模式的教材給予學習者的感受。

### 第三節 研究問題

根據研究目的，本研究提出以下問題：

1. 國中七年級學生的認知發展程度為何？
2. 國中七年級學生依生物科學業成就區分出高分組、中分組和低分組之後，在各個成績分組之中，各種認知發展期的所佔的人數比例是如何？
3. 國中七年級學生的生物科學業成就與認知發展期有什麼關係？
4. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，在遺傳單元的學習成效是否會有顯著差異？
5. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，在以下三種概念類型的遺傳單元測驗的表現是否有差異？其中各種概念類型的題目包括：(1)不具有「細胞分裂與減數分裂過程」概念的選擇題，(2)具有「細胞分裂與減數分裂過程」概念的選擇題，(3)具有「細胞分裂與減數分裂過程」概念的繪圖題。
6. 以下四種不同認知發展期的國中七年級學生：(1)具體操作前期、(2)具體操作後期、(3)過渡期、(4)形式操作期，接受不同呈現模式的教材教學後，在遺傳單元上的學習成效，是否會有顯著差異？
7. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，在遺傳單元的認知負荷是否會有顯著差異？
8. 不同呈現模式的教材之間，學習效率為何？
9. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，在遺傳單元的教材內容感受是否會有顯著差異？
10. 國中七年級學生對不同呈現模式的呈現模式感受如何？

## 第四節 名詞定義

### 1. 生物科學業成就

本研究中所稱之生物科學業成就，係指七年級學生在上學期三次段考中，生物科的段考成績。

### 2. 學習成效

學習成效係指學生經過學習之後，能應用知識解決問題的能力，本研究之「學習成效」之操作型定義係指教師自編遺傳單元成就測驗之後測分數。

### 3. 學習效率

學習效率依據學習者的學習成效與認知負荷兩變項而定，高效率指的是利用花費較少的認知負荷得到較高的學習成效，低效率則是花費較多的認知負荷，得到較低的學習成效。上述的認知負荷是以認知負荷量問卷測定，而學習效率的量化方式則詳述於研究方法該章，其視覺化的呈現方式如圖 1 所示。

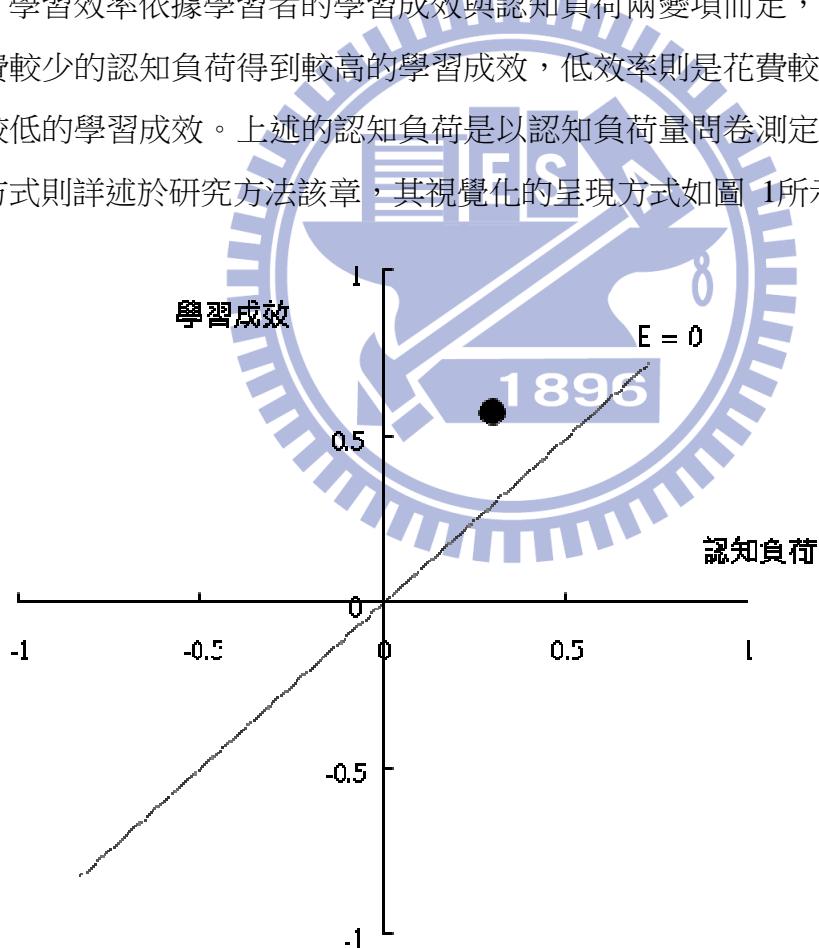


圖 1 學習效率的視覺化示意圖

#### 4. 教材呈現模式

教材呈現模式係指教材如何呈現動態資訊。呈現的方法是將動態資訊切割成數個階段，再將這些階段以步驟化的方式呈現於教材之中。根據教材中呈現的階段多寡與提示與否，分為以下三種：(1) 關鍵階段：呈現的僅有動態資訊的關鍵階段 (2) 完整階段：不只有動態資訊的關鍵階段，還包含了各階段之間的轉變。 (3) 完整階段加提示：除了具有完整呈現的階段，還利用提示導引注意力。

## 第五節 研究範圍與限制

### 一、研究範圍

研究教材為國民中學自然與生活科技第二冊第一章「生殖的基礎」單元中「細胞分裂和減數分裂」概念，所以其結果不宜推論至其他單元或學科。

### 二、研究限制

本研究採用不等組前後測之準實驗研究法，採用方便抽樣的非隨機抽樣。研究對象僅有新竹市某公立國民中學七年級學生，研究結果無法推論至不同地區。





## 第二章 文獻探討

本章主要針對生物科遺傳單元教材、認知發展理論、認知負荷理論與多媒體學習理論的相關文獻進行探討，以作為後續問題探究的基礎。

### 第一節 遺傳單元教學的難處

#### 一、學習困難之處

國中七年級的學童在學習細胞分裂與減數分裂的概念上，會感到學習困難或產生迷思概念的部分，包括以下幾點：(1) 無法正確辨識染色體：黃台珠（1990）的研究發現，在同源染色體的辨識上，能正確辨識同源染色體的學生只佔國中面談學生的 28%。(2) 混淆「對數」和「套數」的定義，以及無法正確區別細胞分裂和減數分裂（黃秀英，1999）。(3) 無法正確地了解減數分裂中染色體的變化，無法正確將對偶基因置於同源染色體上（楊坤原，1989）。

#### 二、發生學習困難之原因

相關研究指出，發生這些迷失概念或學習困難，可能來自以下原因：

##### （一）學習者自身特質

學生的工作記憶不足：由於減數分裂是較複雜的概念，若不具有較多的工作記憶空間，則無法進行相關概念的連結（Lazarowitz & Penso, 1992）。

鄭湧涇（1982）大多數國中七年級的學生都尚未具備形式操作期的認知能力，因此在抽象思考、比例推理和變因控制等思考方面，頗有困難。湯清二（1990）認為細胞分裂與減數分裂屬於微觀、抽象又動態的概念，對尚未達到形式操作期的學生而言，會產生理解困難。

##### （二）教材教法與媒體使用

在教材方面，教科書文字未能明確說明細胞分裂和減數分裂各階段染色體的變化情形，也未能說明清楚同源染色體、非同源染色體與複製染色體的關係，且

圖片標示不清楚，再加上有些圖示將同源染色體繪製相同顏色，這些教科書上編輯的問題，都可能導致學生在此單元的迷失概念(李正文，2007;Longden, 1982)。

而教法上，可能因教師採講述式教學使學生無法將減數分裂與其他相關概念產生聯結，例如有性生殖沒有和減數分裂、受精作用和細胞分裂加以聯結，也未加入細胞分化的概念(李正文，2007；楊坤原、張賴妙理，2004)。此外，教師採靜態圖片教學，也可能讓學生無法正確理解減數分裂一連串染色體的變化情形(Longden, 1982)。

### 三、遺傳教學活動

黃台珠（1994）等人提出，使用具體的教具，將染色體、減數分裂等抽象過程概念具體化，幫助學生學習。郭人仲（1995）利用筷子與分麵包等類比物教學，發現類比對形式操作期和具體操作期的學生有顯著成就。何秋萱（2005）使用 Flash 動畫進行遺傳學教學，發現以動態模擬減數分裂過程，可以幫助學習者對物體做直覺的瞭解，使學習者更容易明白此概念，降低學習者抽象思考的層次。



## 第二節 皮亞傑的認知發展理論

皮亞傑 (J. Piaget) 根據他對兒童的長期觀察，認為兒童的認知發展可依照感官動作期 (sensory motor period)、前操作期 (preoperational period) 具體操作期 (concrete operation period) 和形式操作期 (formal operation period) 循序發展而來的。

任何人的成長都需經歷此四個階段，其成長的快慢可能因為個人或文化的背景不同而有差異，但因每一階段的發展都是後一階段發展的基礎，所以四個時期的發展順序是不會改變的，各階段的年齡層包括：

### 一、感官動作期

感官動作期是由出生到大約一歲半。這個時期的孩童尚未發展應用語文的能力，其認知結構的形成依賴感官動作和感覺，即來自與週遭環境的交互作用。孩童認識物體與環境的方式是靠著感覺和動作的相互協調。此時期的孩童缺乏「物體恆存」的概念，以為物體一旦落於視線以外就不復存在了；對時間的概念只有現在，無法意會將來或過去。

### 二、前操作期

前操作期的階段約是一歲半到七歲。此時期的孩童開始學習使用圖像和語言，發展簡單的語文表達能力，但仍然缺乏進行複雜的心智操作能力。開始有簡單的空間和時間概念。知道過去、現在和未來的時間，但對物體的認識多以直覺來判斷，非以邏輯推理方式來思考，尚未發展出「守恆概念」，因此在認識物體的時候常會顧此失彼。同時喜歡將物體擬人化，用人的感覺來說明物體；思考和行為的模式非常自我中心 (Egocentric)，很難接受別人的看法，常以自我為中心，考慮單一情況而忽略其他情況。此時期的孩童尚未發展出「守恆」概念，因此常無法正確的分析認識物體。

### 三、具體操作期

具體操作期約自七歲到十一歲，即大部分於小學階段。此時期的孩童開始發展簡單的心智操作能力，需要仰賴具體物象的輔助，進行簡單的邏輯操作 (logical

operation)，而無法直接進行抽象思考，因此稱為具體操作期。這個時期的孩童能運用一些技能，包括分類、移轉、排序和保留等心智操作。逐漸減少自我中心式的行為，發展出守恆概念、可逆思考、順序排列與特性區分等推理性能力。至本時期結束前，孩童已經發展出數目、長度、物質、面積等守恆概念。

#### 四、形式操作期

形式操作期約自十一歲到十五歲，約為中學階段。本時期以後的孩童，已經能進行抽象思考 (abstract thinking)，可以不借助具體的物象進行複雜的心智操作，因此稱之為形式操作期。在思考能力的發展方面，尚能進行相當複雜的邏輯推理，例如演繹推理、命題推理、比例推理、反射思考，以及變因控制等。此時期的孩童也發展了建立假說的能力，因此，能夠作「解決問題」的判斷與推理。

根據皮亞傑的理論，十三歲到至十五歲的國中生應已形式操作期，但實際上此階段學童的認知發展並未真如理論所述可達形式操作期，有些學童的認知發展，會介於具體操作期與形式操作期之間，此稱之為過渡期 (transitional stage)。根據 Lawson 和 Renner 的研究以及 Novak 的研究，大約有 40%~75% 的中學學生，其認知發展仍未達到形式操作期的階段（轉引自鄭湧涇，1981）。

而在國內的研究中，林邦傑 (1982) 的研究指出，國中學生約有 80% 以上尚未進入形式操作期，高中學生則約有 40% 未進入此期，而鄭湧涇 (1981) 的研究則發現國中一年級女生有 89.23% 未達到形式操作期。在高雄師範學院（現高雄師範大學）物理系的研究中，則發現國中二、三年級學生約有 75% 未達形式操作期（轉引自湯清二，1979）。

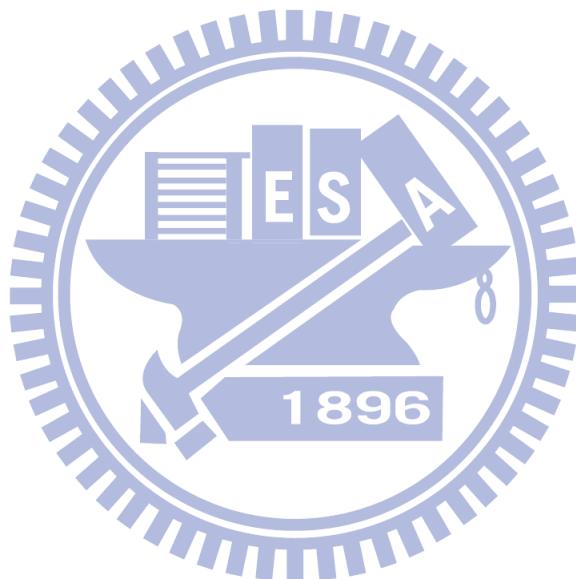
透過上述文獻的分析，顯示大部分的國中學生的認知發展程度都未達形式操作期，大多仍屬於具體操作期。

具體操作期的學童，尚未具有形式操作階段之後才具有的科學推理性能力，因此在學習較為抽象難解的單元時，可能會因為在抽象思考、演繹思考方面遭遇困難，因此無法理解教師授課內容，導致學業成績低落，造成學童僅能記憶學習，而無法理解這些較複雜的概念（黃湘武，1980）。因此設計課程時，相關的科學

概念應該配合學童的推理能力。幫助學生做有意義的學習，協助發展學習遷移，進一步消除可能的假學習。

鄭湧涇（1981）指出許多中小學生學習困難的原因，即是因其本身的認知層次，不及現行中小學數理科教材的內容所需。因此了解學生的認知發展狀況，為生物科教學重要的一環。

此外，在教材與內容呈現上，由於對象大多是具體思考者，因此在講述形式操作學生才具備的抽象推理、演繹推理、反射推理、形成假說和變因控制等內容時，應該以適當的、具體的教學媒體或模式來呈現，將抽象複雜的概念，具體的表現出來，幫助學生完成推理思考。



## 第三節 注意力引導的數位教學設計原則

### 一、記憶相關的理論

關於人類如何記憶，Atkinson 與 Shiffrin (1968) 認為當我們透過感官接受到外界的刺激之後，會將訊息儲存為屬於短期記憶的感官記憶 (sensory memory)，這些訊息可能透過編碼、儲存為長期記憶，也可能遺忘。這種建立在短期記憶與長期記憶的記憶模式假說稱為雙重記憶模式 (dual-store model of memory)，也稱為訊息處理理論。這種記憶模式主張學習是將重要訊息從感官記憶轉移部分進入短期記憶，短期記憶再轉移部分訊息到長期記憶，沒有辦法在這些記憶中轉移的訊息會遺忘。

由於感官記憶是經由視覺和聽覺的通道而進入的，因此可以容納無限制的大量資訊，但記憶維持的時間很短暫，可能僅有數秒的短時間。根據 Sperling 在 1960 年的研究，視覺訊息保留的時間不到一秒鐘，而 Averbach 與 Corriell 在 1961 年的研究則發現，視覺訊息僅持續 250 毫秒。聽覺的訊息在 Darwin、Turvey 和 Crowder 在 1972 年的研究，發現則可以保留五秒鐘才消失（轉引自黃國彥 等，2003）。

短期記憶除了感官記憶外，還包括工作記憶，它是一個具有管理與操作資訊之執行能力的系統，持續時間只有幾秒而已，且容量是有限的。至於長期記憶則沒有容量限制，可以長時間記住大量的資訊。

除了雙重記憶模式外，Paivio (1990) 主張人類還有對不同形式的資訊的記憶處理系統：包括處理語文資訊的語文記憶，以及處理圖像的圖像記憶。語文資訊由感官記憶移到語文處理系統，圖像記憶則是由感官記憶轉移到視覺處理系統。例如，學習者利用聽覺通道傳送的「聽到的話」和利用視覺通道傳送的「看到的字」，兩者皆為語文資訊，因此都是送到語文處理系統。

資訊由感官記憶到長期記憶，需要學習者的主動處理加工，這包含了三個重要過程：(1) 選擇：學習者透過感官記憶選擇重要資訊；(2) 組織：將所選擇的

資訊在工作記憶中組織成連貫一致的心理表徵；(3) 整合：將新資訊與學習者已有的相關知識聯繫起來 (Mayer, 2009)。

學習者在處理資訊的過程中，可能會因為資訊的難度、複雜程度或是呈現方式，而感覺到心智負荷 (mental load) 與心智努力 (mental effect) 的負載。這種在執行工作、作業或任務的過程中產生的負載稱為認知負荷 (cognitive load)。若是個體對於學習內容所知覺的困難度越大，或是個體在心智上需要越多努力，則認知負荷就會越大。因此工作任務太過困難，或是需要投注極大的心智努力，都會造成認知負荷過重。

認知負荷根據來源可區分為以下三種：(1) 內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)：來自教材本身的困難度與複雜程度；(2) 外在認知負荷 (extraneous cognitive load)：來自教材內容的呈現方式；(3) 增生認知負荷 (extraneous cognitive load)：來自教材的表達方式與教學活動 (Sweller, 2005)。

教學設計者應針對資訊在記憶中的處理加工過程去設計教材，要能引導學習者選擇重要訊息，並且引導學習者在工作記憶中組織被選擇的訊息，還要引導學習者將新的知識和舊有經驗整合連結，除此之外還要減少在過程中產生的認知負荷，避免對學習產生反效果。

1896

根據多媒體學習理論、認知負荷理論以及相關的理論，研究者歸納出以注意力引導為主的數位教學設計原則。

## 二、設計原則

本研究參考經過實證得到的多媒體學習理論原則，以及以認知為基礎的文件編排原則，統整出以下的課堂授課導向的數位教材設計原則。

### (一) 圖文整合

一份好的數位教材，應該善用多媒體的整合應用。所謂多媒體是包括文字 (words) 及圖像 (pictures) 兩類。文字包含書寫或印刷的視覺文字 (printed words) 及口語表達的口說文字 (spoken words) 二種；而圖像則包含靜態圖 (例如插圖、座標圖、圖解、照片或地圖等) 與動態圖 (例如動畫及影片) 二種 (Mayer, 2009)。就圖像的功能，它可以分為五類，包括：(1) 裝飾圖像、(2) 具象圖像、(3) 組織

圖像、(4) 解釋圖像、(5) 轉換圖像 (Levin, 1981)。裝飾圖像和教學內容沒有太大關聯，通常是為了可以修飾教材的外觀。具象圖像傳達與文字相同的資訊，用來幫助學生具體去想像資訊內容；組織圖像幫助讀者了解資訊結構和重要性高低，也幫助整合資訊，例如書籍目次、統計圖表等；解釋圖像幫助讀者了解困難與模糊的學習內容，可幫助資訊更容易理解，例如系統模型或程序圖表等；轉換圖像則讓資訊更容易理解，例如將英文單字轉換成幫助記憶的圖像。

教學設計應該避免使用過多的裝飾圖像，或者使用不相關的文字、聲音、圖像等。Mayer (2009) 認為不相關的材料會競爭工作記憶中的認知資源，分散學生對重要材料的注意力；會干擾材料的組織加工，誤導學生使用不恰當的主題來組織材料，此稱為一致性原則 (coherence principle)。且在文字方面，一個有效的多媒體文字摘要，應該使用簡單的言詞 (Mayer, Bove, Bryman, Mars, & Tapangco, 1996)。

為了引導學生組織圖像和文字的心理模型，教材呈現時應該併用文字和圖像兩種媒體。許多實證研究發現透過文字與圖像並用的媒體，會比僅呈現文字的媒體，學習效果要好，此稱之為多媒體原則 (multimedia principle)。因為文字和圖像共同呈現時，學生有機會形成文字與圖像的心理模型，並在兩者之間建立關聯。當只有呈現文字時，學生雖能建立文字的心理模型，但難以建立圖像的心理模型，也無法在兩種模型之間建立關聯 (Mayer, 2009)。

## （二）分配通道

而就感官通道而言，教材應該使用不同的知覺形式來呈現，將可提升學習的效果 (John Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998; Van Merriënboer & Ayres, 2005)。例如以視覺形式的圖片或文字和聽覺形式的聲音來呈現，因為視覺形式和聽覺形式在工作記憶中是獨立的通道，若能將教材內容分開在不同通道呈現，則可以避免過多的資訊競爭有限的工作記憶，而造成部分訊息無法有效處理，降低學習成就，這樣的效果稱為形式效應 (modality effect) ，這和 Mayer (2009) 提出的形式原則 (modality principle) 是相互呼應的。此原則指出學生學習由動畫和解說組成的多媒體時，會比由動畫和螢幕文字組成的多媒體的學習效果好。意即文字用聲音形式呈現比用印刷或字幕呈現有更好的效果。因為圖像和文字都以視覺

形式呈現時，聽覺通道處於閒置狀態，而視覺通道則過度負荷。當文字以聽覺形式呈現時，學習者就可以在聽覺通道加工它們，而視覺通道則可以只用來加工圖像。

### （三）去除多餘

而呈現的圖像也不一定需要寫實的影像，亦可採用線條插畫 (line drawing)，因為寫實的影像提供太多的細節，線條插畫只提供最重要的內容 (McIntyre, 1983)。

除了將訊息適當分配進入不同的感官通道外，教材也必須注意不應該讓通道過度負荷。Mayer (2009) 提出的多餘原則 (redundancy principle) 指出學習者從具有動畫與解說的教材比具有動畫加解說再加字幕的教材能得到更好的學習效果，因為圖像和文字都以視覺的形式呈現時，視覺通道會超過負荷。Sweller (2005) 也認為，當教材內容有相同資訊以不同形式進入同感官通道，會同時佔用工作記憶，導致增加認知負荷。例如教材中的圖片本身已經能提供足夠的訊息，若是再增加敘述文字，由於兩者都屬於視覺通道接收的訊息，因此將導致多餘效應 (redundancy effect) 干擾學習。因此教材呈現時，若有視覺呈現的圖片時，應將說明的文字排除或以聲音呈現，以免產生多餘效應。

### （四）資訊接近

1896

當教材中要呈現文字和圖像時，應該盡量靠近，當頁面或螢幕上對應的文字與圖像彼此靠近時，學習者就不必使用認知資源在頁面或螢幕上搜尋，並且有可能將它們同時保持在短期記憶之中。當頁面或螢幕上文字和圖像彼此遠離時，學習者就必須使用認知資源在頁面或螢幕上搜尋，且需要花費更多的心智努力 (mental effort)，將注意力分散以搜尋相關訊息，這種搜尋會耗去工作記憶的容量，使學習成就無法達成預定目標。如此一來，學習者就不太可能將兩者同時收錄進短期記憶中。Mayer (2009) 稱為空間接近原則 (spatial contiguity principle)，而 Sweller (2005) 稱為分散注意力效應 (split-attention effect)。

文字和圖像除了應該在空間中接近，也應該在呈現的時間上互相接近。Mayer 提出的時間接近原則 (temporal contiguity principle) 指出，與圖像對應的文字，同時呈現比接續呈現的學習效果好。當對應的解說文字和動畫同時呈現時，學習者可以在短期記憶中同時保持兩者的心理表徵，因此可在言語表徵和視覺表徵之間

建立心理聯繫；若對應的解說和動畫在時間上是接續呈現時，學習者不太可能在短期記憶中同時保持兩種材料的心理表徵，因此不太可能建立兩者的心聯繫。當聽到解說和看到對應的動畫的時間較短時，學習者仍有可能在文字和畫面之間建立心理聯繫。但若在不同的時間聽很長的一段解說和觀看所有的動畫時，學習者就不太可能在文字和圖像之間建立聯繫了。

以上多媒體的應用原則除了可應用在數位教材設計上，也可以應用在非數位的教材設計上，因為由 Mayer 的定義可知即使是傳統教學的口述及板書，亦可歸類為多媒體教學。例如在黑板上書寫文字、口語說明課文內涵、繪圖輔以文字的說明，這些屬於文字多媒體的運用。而在黑板繪出示意圖則屬於圖像多媒體的運用。

## （五）文字易讀

以課堂授課環境的數位教材中，其文字的呈現應該考慮文字的可辨識性 (legibility) 和可閱讀性 (readability)，可辨識性是指閱讀少量文字的容易程度，例如閱讀標題；可閱讀性是指閱讀多段文本、長篇的文本，或是整頁文本的容易程度 (Williams, 1994)。此外還必須考慮到是否可以引導學生注意力。。

在文字的可辨識性上，Williams 與 Tollett (1998) 建議在教材呈現上，可使用無襯線字體 (sans-serif) 來增加可辨識性。無襯線字則是筆劃線條粗細一致的字型，例如中黑體、細圓體、英文的 Arial 等，由於無襯線字線條較粗，不適合用在長串文字上，但很適合用在標題；而在內文的呈現上，則可使用襯線字 (serif)，例如細明體或標楷體等，以增加可閱讀性 (游梓翔， 2000)。

而字體的大小，Heinich、Molenda 與 Russell (1993) 建議英文字體的大小應該由最遠的聽眾距離來判斷，每增加 10 英呎，字體大小要增加 1/2 英吋，約等於 36 點。而中文字體的大小，根據游梓翔 (2000) 的建議，如果是在一般教室中 (可容納 40 到 60 人)，標題大小應該介於 48 點與 36 點之間，而條目文字應該在 24 點以上，且場地越大，字體就應越大。

此外文字顏色與背景的搭配，張德乾 (2006) 建議在設計課堂授課的數位教材時，應選用低亮度的文字顏色與高亮度的背景色匹配，或選用高亮度文字顏色與低亮度的背景色匹配，例如可以使用白色背景搭配黑色字體，此外應避免同時

使用低對比度的顏色匹配或使用同色調顏色匹配。這樣的設計可以讓學習者順利從畫面中搜尋到重要的資訊。

而在引導學生注意力上，則可透過文字的改變來進行，例如改變字型、顏色、粗體字、字體大小、改變行距、加底線、斜體字、使用大寫字或對比的字體等。這樣的做法是基於我們對於新奇的刺激特別敏感，因此在進行特徵搜尋 (feature search) 的時候，這些新奇的刺激相對於其它的部分，會成為顯著的特徵，使我們很輕易的注意到它。但是當搜尋的特徵變多時（例如畫面中同時有多種的字體及多種顏色），這些特徵就會變成干擾物 (distracter) 時，反而使搜尋的速度變慢 (Sternberg, 2003)。因此研究者建議，若是要利用文字變化來引導注意力，應該避免使用過多的特徵，以免造成反效果。

## （六）互動性

教材上的互動性，包括教學者與教材之間的互動，以及學習者與教學者利用教材進行溝通的互動。

教學者與教材的互動，可以藉由按鈕來控制。關於按鈕的設計，Norman (2002) 認為按鈕應該有以下幾個特點：(1) 易視性 (visibility) (2) 自然配對 (natural mapping) (3) 預設用途 (affordance)。

易視性是指可以正確操作的地方應該要明顯，並且提供使用者正確的資訊，例如一扇可以推開的門，應該在推的那邊加上一平板，或是讓人可以一眼看出轉軸的位置，可以讓使用者自然地認知到應該怎麼使用。教材中的按鈕，若要滿足易視性，則應該使用有凸起視覺效果的物件，或是使用箭號或說明方塊來輔助。教學使用的數位教材很多都是教學者自行設計的，若是設計時用了不具有易視性的按鈕，當教材互相交換流通時，或是教學者隔了一段時間才使用，都有可能在搜尋按鈕的過程中發生問題。

自然配對是指按鈕的位置和觸發的物件，應該在位置上互相配對，例如分別觸發左邊和右邊兩反應的按鈕就應該分別放在左右兩邊，而不是放在上下的位

置。數位教材中的按鈕除了可以用位置來配對以外，也可以使用顏色作為引導的線索，透過視覺上的相似性，使教材使用者能夠輕易地找出所需的按鈕。

預設用途是指按鈕的設計，是讓使用者能輕易了解一件物品實際上可以的用途。教材上的按鈕設計，可以將平面的按鈕或圖像，增加立體效果或是添加陰影，藉此使按鈕凸顯於畫面的圖層中。

除了教學者與教材的互動外，互動性的教材設計也重視如何透過教材進行口與和視覺的溝通。畫面中的溝通方式通常是以位置編碼的方式進行，例如教師以口語指引「左邊的圖」、「上面的部分」引導學習者的注意力。除了位置編碼以外，研究者建議還可以使用色彩編碼或數字編碼來標示區塊或元件，以作為口語導引的工具。

例如畫面中若是有多張圖片，無法以位置編碼來直接進行溝通時，則應該標示編號，在教學時就可用「第一張圖」、「第二張圖」來進行溝通。色彩編碼則可以用在圖像細節的標示，例如將三角形的三個邊分別以紅黃藍三種顏色進行標示，則教學時，則可以直接用「黃色的邊」來進行溝通。

## **(七) 資訊區塊化**

區塊化是指教學設計者利用留白空間把相關的資訊群集在一起，其概念就像是把文章分段一樣。利用增加留白空間、不顯眼的線條或色塊來區分不同的元素，每一個資訊區塊越近，越容易產生關聯，越遠越容易區別，因此留白空間便可以將注意力導引到重要訊息上 (Lohr, 2003)。此外，區塊化的留白空間還可以增加學習者的閱讀速率，因為讀者可以看到重複性，因此更容易找到與讀者自己有關聯的資訊，並且還能看出整份文件的架構 (Hartley, 1985)。

資訊區塊化是改善有限工作記憶的方法，因為工作記憶的容量有限，只能處理七加減二個訊息單位 (Miller, 1956)，或是十到十二秒的資訊。當資訊內容被分段成為各個小段資訊時，會比沒有分段的資訊更能理解。

## **(八) 教材結構化**

教材結構化和訊息分段呈現的概念是相同的，在課程開始解說之前，就先呈現出教材結構的大綱 (outline)，幫助學習者看到整體和部分。然後在每一節的開

始加入標題 (heading) , 讓學習者了解目前教材進行至何處。在數位媒體上，整體的概念亦可直接呈現在畫面中，例如在側欄中使用視覺提示，標明目前處在課程的什麼位置。這些做法和 Mayer( 2009 )提出的事先訓練原則 (pre-training principle) 互相對應，當學習者能夠事先知道主要概念的名字和特徵，則能獲得較佳的學習效果。

此外，在整個教材頁面區塊的安排，還需要考慮學習者的閱讀順序， Fleming 與 Levie ( 1993 ) 認為，如果圖像中沒有任何的線段用來組織訊息，讀者會用原有的閱讀順序來解讀圖像。因此設計者應該把最重要的資訊放在左上角，第二重要的放在右邊，依照由左而右、由上而下的方式建立結構。

數位教材中的結構安排，可以使用格線系統來建立版面的一致性 (Mullet & Sano, 1995)。以電腦簡報為例，使用尺規與輔助線建立格線系統，不僅可以讓版面維持一致，還可以建立頁面之間的一致性，且不同資訊的還能夠定位在某些位置，例如將按鈕固定在左下角，主要資訊永遠位於中間。當操作方式、訊息顯示位置、功能鍵的操作在教材頁面中定位，即可建立一致性，讓學習者清楚地知道在哪裡可以找到什麼資訊，減少了操作指示的搜尋時間。

## （九）注意力引導

1896

注意力引導的原則是基於 Mayer ( 2009 ) 提出的信號原則 (signaling principle) ，他指出在多媒體教材中若含有可強調教材內容組織結構與重點的提示 (cues) ，則學習效果較好。提示引導的方式可採用前述的各原則外，還可以利用線條、箭號、對比來導引注意力的方向。Fleming 與 Levie ( 1993 ) 認為粗線比細線的效果更好，加上箭號有更強的關係。

Lohr ( 2003 ) 提出對比可以用來凸顯重要訊息，例如利用字體、顏色、空間、形狀與大小等對比。字體可以調整大小、粗細等；形狀可以吸引注意力，因為形狀提供了讓心智容易辨認的外在輪廓；顏色可以吸引注意力；此外，看起來比較大的，或是從頁面上浮起的圖像，也可以抓住學生的注意力。

注意力引導的做法，還包括教學時以更大的音量或是更慢的速度念出關鍵字；在文中加指標字，如首先、第二、第三；用閃爍的方式顯示圖像的特定元件；

在螢幕上加入手指的圖示，指出圖像的某個部分；將圖像中其餘部位淡化，以強調主體 (Mayer, 2009)。

注意力引導的概念，如同完形理論 (Gastalt theory) 的主體-背景原則 (figure-ground)。注意力引導是將需要注意的焦點主體，和不需注意的背景分開。讓視覺聚焦在重要的部份，其他的部分變得較不明顯，因此不會讓主體和背景互相競爭注意力的資源 (Sternberg, 2003)，進而就能減輕認知負荷。

而除了視覺的導引之外，教學者也必須注意聽覺上的導引，課堂授課的媒體應該盡量一致，避免讓學習者的注意力來回於黑板（或銀幕）與書本之間，如果不可避免一定要在兩個媒體上轉移注意力時，教師必須在指引口語中給予提示。例如在轉移場景時，告訴學生：「我們現在看黑板這裡」，並稍作停頓，等待學生全部將注意力放在黑板上。

此外在給予聽覺提示時，也要盡量單純，例如將「看第 10 頁的圖」的指引口語改成「看左頁的圖」。因為學生在搜尋「第 10 頁」的時候，是先去找出第 10 頁的位置，然後再上移到教師指示的圖，但直接給予「找左頁的圖」就只要直接將視覺焦點往左就行了。

## （十）分段步驟化

當課程的完整訊息進入感官記憶後，學習者要從這些訊息之中，找出有意義的訊息，將會感到認知負荷。因此我們需要將訊息做有意義的分段。針對此一情況， Mayer 提出了分段原則 (segmenting principle)，他認為當多媒體教材被分割成數個小片段，並且能讓使用者自己控制片段的呈現，會比連續播放的方式，學習效果較佳。

然而在課堂授課為導向的環境中，並無法讓學習者自行控制教材的速度。雖然如此，但分段原則應也能應用於課堂授課的環境，透過教學者將教材分段之後，再步驟化呈現給學習者，幫助他們學習。

當教材分段步驟化呈現之後，教材本身的認知負荷會因為量的減少而降低。此外，步驟化呈現也可用於 Sweller 等人 (1998) 提出的幾個教學方式中，透過按鈕的點選，將問題的解決步驟任意的顯示或隱藏，提供一個適性展演的環境。

這些教學方式包括 (1) 示例效應 (worked example effect)：教師給予學生問題時，可以呈現逐步呈現解題步驟，使學生歸納知識及建構解題基模：(2) 完成問題效應 (completion problem effect)：在給予學生回答問題時，為了降低外在認知負荷，可以將示例呈現一半，而另外一半由學生完成，如此可幫助學生建立基模。

其實，分段步驟化不只是為了減少認知負荷，也是為了幫助學習者集中注意力。因為學習者的注意力會在課程開始後十分鐘開始分散，導致無法集中精神。為此， Median (2008) 提出了「十分鐘一段落」的課程設計，以一分鐘解釋清楚的概念，九分鐘講細節。因為大腦處理訊息的方式是先處理意義，再處理細節。因此教學設計者應該先提供基本的概念和主題，然後再將細節一步步加入。

除了課堂授課的分段以外，圖像呈現時也應分段進行講解。Mayer 等 (1996) 指出，用來摘要科學內容的最好插圖，是一系列畫出主要步驟的過程圖，能讓學習者一起看到整體的過程與部分的單獨步驟。當圖像的內容屬於動態資訊時，卻又需在文本介面上表現時，繪出一系列過程圖是一般採用的方法，然而這只能呈現整個過程中的關鍵階段，至於關鍵階段之間的轉變過程，由於文本的限制，因此無法完整呈現。而當動態資訊以動畫展示在媒體上時，除了呈現關鍵階段外，也可以表現出其轉變過程的變化。

動態資訊的兩種表現模式，對學習者有著不同的意義。當動態資訊以靜態圖片呈現時，學習者必須以視覺搜索前後兩張圖片的異同，並在心智中重新建構動態過程。對學習者而言，他們必須主動控制觀看的次序與速度。然而相對於靜態圖片來說，動畫所呈現的資訊是完整的，因此學習者不需要動用認知資源整合訊息，此外動畫中的圖片次序與出現速度是預先設定的，學習者只能依此設定進行學習 (Clark & Mayer, 2007)。

當學習者在觀看靜態圖像時，可以主動處理訊息，回顧前一幀圖片或是跳躍檢視任一張圖片；而動畫已經將速度和順序預先設定，且具有許多短暫出現的細節，因此學習者只能被動接受訊息，而增加外在認知負荷。這樣的結果可能可以

解釋，為何許多研究發現動畫的學習效果可能和靜態圖片沒有差異，甚至有時動畫的學習效果反而會劣於靜態圖片 (Betrancourt, 2005; Hegarty, Kriz, & Cate, 2003; Mayer, Hegarty, Mayer, & Campbell, 2005 ; Tversky, Morrison, & Betrancourt, 2002)。然而這類的研究結果是來自於以下兩組處理的實驗設計：(1) 學習者閱讀文本上的圖片搭配文字，(2) 學習者觀看有解說的動畫。在課堂授課的教學環境，與學習者自行閱讀觀看媒體的環境並不相同，因此在課堂授課時使用動畫或靜態圖片的學習效果，是否如以上研究所述，有待相關研究述明。

當教材中的動態資訊被設計成步驟化呈現時，所應呈現的圖像究竟是僅使用關鍵階段即可，抑或是必須全部展示，這個問題也就是本研究所欲探討的問題。

### 三、展演工具

在課堂授課的環境中，教師需要一個多媒體的展演工具，能將動態資訊依照訊息的容量及前後關係進行切割，將訊息以教師控制速度與順序的方式分段步驟化展演。為此，陳明璋 (2008)，以 PowerPoint 為平台，發展出以課堂授課為導向的 Activate Mind Attention (AMA) 的簡報設計工具（原名數學簡報系統，Mathematical Presentation System）。

其中的核心功能為運用一個物件當作激發器 (trigger)，控制訊息一連串的出現、突顯、消失及動畫，是故此互動模式稱為激發式動態呈現 (Trigger-based Animation)。而藉由激發式動態呈現，即可製作出兼具靜態圖片與動畫優點的步驟化呈現教材。

除了以上的功能外，還可設定以文字或縮圖激發動態訊息的出現。這些文字或縮圖除了可作為激發器外，亦可以作為動態訊息呈現的摘要，符合信號原則和多媒體原則的需求。

雖然 PowerPoint 和 AMA 的結合，可以達成將動態訊息步驟化呈現出關鍵階段的需求，但是對於呈現所有完整階段的需求，尚無可行辦法。因此本研究的教材是以AMA的設計概念結合上述的數位教學設計原則，在 Macromedia Flash 上進行教材設計。

## 第四節 研究假設

研究者對研究問題有以下的假設：

1. 國中七年級學生的認知發展程度多屬於具體操作期，且生物科學業成就低分組的學生，多屬於具體操作期；高分組學生多屬於形式操作期。學生的生物科學業成就與認知發展期為正相關的關係。
2. 對不同認知發展期的學生，不同呈現模式的教材對遺傳單元的學習成效上沒有顯著差異。
3. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，在遺傳單元的學習成效上，「完整階段加提示」會大於「完整階段」，「完整階段」會大於「關鍵階段」；認知負荷量則是「完整階段加提示」會低於「完整階段」，「完整階段」會低於「關鍵階段」。
4. 「完整階段加提示」的學習效率大於「完整階段」，「完整階段」大於「關鍵階段」。
5. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，在不同概念類型的測驗表現沒有顯著差異。
6. 國中七年級學生在接受不同呈現模式的教材教學後，「完整階段加提示」的教材內容感受分數會高於「完整階段」，「完整階段」會高於「關鍵階段」。
7. 國中七年級學生對動畫以及提示的呈現模式感受皆認為可幫助學習。



# 第三章 研究方法

## 第一節 研究架構

本研究根據研究動機與目的，規劃之研究架構如圖 2 所示，冀望探究在課室教學時，在接受不同呈現模式的教材教學後，其學習成效、認知負荷與感受的差異性，此外也探討這些呈現模式在不同認知發展期的學生的表現有何差異。



本研究的自變項為教材呈現模式，具有三種水準，包括（1）關鍵階段、（2）完整階段、與（3）完整階段加提示，屬間斷變項。依變項包括（1）學習成效：由遺傳單元成就測驗評定；（2）認知負荷：由認知負荷量表問卷評定；（3）教材內容感受：由教材內容感受問卷評定；（4）呈現模式感受：由呈現模式感受問卷評定。實驗方式採用不等組前後測設計的準實驗法，前後測使用教師自編的遺傳單元成就測驗卷。參與研究的六個班級經由隨機分派至不同授課模式的組別，避免選樣不等而影響內在效度。由於學校編班採常態分班，因此來自相同母群體的得分極端值會隨機分配到各班，統計迴歸因素可獲得控制。

## 第二節 樣本選取

參與研究的對象為新竹市某公立國中七年級學生（年齡約為13歲），該校的分班方式為常態分班。由於本實驗有前後測設計，為避免發生統計迴歸（statistical regression），因此在選定對象前，預先排除有資優班學生之班級。防止高分組的受試者在第二次測量時，其分數向平均數迴歸而有降低的趨勢。

在扣除有資優班學生的班級後，於剩餘的班級中以方便抽樣挑選六個班級進行施測，各班的成績如表 1 所示。為確認挑選出的班級間在成績上沒有顯著的差異，因此以單因子變異數分析進行檢定，檢定方式是以「班級」為自變項，「上學期生物平均分數」為依變項。分析結果如表 1 所示，各班之間的生物科平均分數並沒有顯著差異（ $p > .05$ ）。

表 1 各施測班級的上學期生物科平均分數之敘述統計表

班級	人數	<i>M</i>	<i>SD</i>
班級1	34	76.66	14.66
班級2	31	72.32	19.47
班級3	33	71.72	18.75
班級4	31	76.67	18.49
班級5	32	73.10	18.73
班級6	28	78.10	16.34
總和	189	74.70	17.74

表 2 各施測班級的上學期生物科平均分數的變異數分析

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
組間	5	1123.189	224.638	0.708
組內	183	58058.308	317.259	
總和	188	59181.497		

本研究的自變項有三種水準，分別為「關鍵階段」、「完整階段」與「完整階段加提示」，因此在參與研究的六個班級裡，研究者以隨機分派的方式，選取兩班以「關鍵階段」教材教學，兩班以「完整階段」教材教學，另外兩班則以「完整階段加提示模式」來教學。扣除未完整接受教學及測驗之 12 名學生後，接受關鍵階段模式教材的人數為 59 人、完整階段模式教材為 64 人、完整階段加提示教材則為 66 人，合計共 189 人，各種模式在上學期生物科平均分數的表現如表 3。

表 3 不同教材呈現模式的生物科平均分數之敘述統計表

模式	人數	<i>M</i>	<i>SD</i>
關鍵階段	59	75.06	18.14
完整階段	64	74.11	18.65
完整階段加提示	66	74.93	16.72
總和	189	74.70	17.74

為確認各組之間的成績沒有差異，因此研究者以單因子變異數分析檢定，以教材呈現模式為自變項，上學期生物平均分數為依變項，檢定各模式之間的上學期生物科成績是否有顯著差異，以避免各班之間的差異影響實驗結果，分析結果如表 4，顯著 *p* 值  $> .05$ ，即各組之間的生物科成績並沒有顯著差異。

表 4 不同教材呈現模式的生物科平均分數之變異數分析表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
組間	2	33.294	16.647	0.052
組內	186	59148.203	318.001	
總和	188	59181.497		

依上學期三次生物科段考的平均分數的高低，將所有參與研究的學生區分為三組，分別為前 1/3，中 1/3 與後 1/3，則如表 5 所示，在三個呈現模式的分組當中，各成績分組的分佈情形也很平均。

表 5 教材呈現模式與學業分組之敘述統計表

群組	人數	百分比	<i>M</i>	<i>SD</i>
關鍵階段				
低分組	19	32.2	53.77	12.56
中分組	21	35.6	77.63	6.57
高分組	19	32.2	93.51	2.97
完整階段				
低分組	21	32.8	52.05	12.65
中分組	22	34.4	77.83	6.58
高分組	21	32.8	92.29	4.05
完整階段加提示				
低分組	21	31.8	54.81	10.25
中分組	23	34.8	76.78	5.20
高分組	22	33.3	92.21	3.91

## 第三節 研究工具

### 一、科學推理測驗

為瞭解學生的認知發展程度，本研究採用 Lawson (1978) 編製，且於 2000 年修訂完成的 Classroom Test of Scientific Reasoning 作為評量施測者的科學推理測驗。本研究使用的中文版科學推理測驗是參考石曉芳 (2005) 的研究，其中包括第一階段的答案選項和第二階段的理由選項，當答案與理由兩階段都答對才給予 1 分，總分共 12 分。得分若為 1-2 分，則該學生屬於具體 (concrete) 操作前期；3-4 分為具體操作後期；而 5-8 分達過渡期 (transitional) 推理；9 分以上達形式操作期 (formal)。

表 6 Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning 主題與題號對照表

主題	問題題號
質量與體積的守恆 ( CONSERVATION OF MASS AND VOLUME )	1、2、3、4
比例思考 ( PROPORTIONAL THINKING )	5、6、7、8
控制變因 ( CONTROL OF VARIABLES )	9、10、11、12、13、14
機率思考 ( PROBABILISTIC THINKING )	15、16、17、18
關聯性思考 ( CORRELATIONAL THINKING )	19、20
假設演繹推理 ( HYPOTHETICO-DEDUCTIVE REASONING )	21、22、23、24

### 二、遺傳單元成就測驗

本測驗參考李正文 (2007) 所編「減數分裂與細胞分裂成就測驗」題目，以「細胞分裂和減數分裂」教材內容為依據，列出與本研究相關之概念主題，製成雙向細目表，以作為內容效度的依據，然後再由雙向細目表進行前後測試卷的命題。

遺傳單元成就測驗前測共 24 題，每題 1 分，共計 24 分。「遺傳單元成就測驗」後測共 25 題，其中共 22 題選擇題，每題 1 分；3 題繪圖題，共 20 分，後測總分合計 43 分。

為求遺傳單元成就測驗的專家效度，由兩位資深生物教師審閱。效度則由同一學校之 3 個九年級班級學生進行預試，求其試題難度、鑑別度與信度。整體試卷以  $KR_{20}$  求其內部一致性係數，得到前測信度為 0.90、後測信度為 0.92。繪圖題由研究者與另一位生物教師共同評分，並以相關係數計算評分者信度，其值為 1.00。前測的鑑別度分布自 0.25 至 1.00，難度為 0.50 到 0.81；後測選擇題的鑑別度為 0.33 到 0.77，難度為 0.50 到 0.83。試題的鑑別度符合 Noll、Scannel 與 Craig (1979) 所提出之可接受鑑別度標準 .25 以上，試題難度則符合 Chase (1978) 提出的 .40 到 .80 的挑選標準 (轉引自余民寧，2002，頁 235-236)。

表 7 細胞分裂與減數分裂成就測驗後測雙向細目表

教材內容	記憶	了解
生殖方式	1	3
染色體與套數	5	<sup>a</sup> 2、6 <sup>a</sup> 、9、20、21、22
細胞分裂		2 <sup>a</sup> 、4、13、15、17、18、24
減數分裂		2 <sup>a</sup> 、6 <sup>a</sup> 、7、8、10、11、12、14、16、18、19、23、25
		96

<sup>a</sup>數字表示題號，其中該題屬於相同之教材內容

表 8 遺傳單元成就測驗雙向細目表

主概念	次概念	概念內容	題號
生殖方式	有性生殖的過程	有性生殖需經過配子結合的過程來產生新個體，例如父親的精子（雄配子）和母親的卵（雌配子）結合形成受精卵，受精卵再發育成胎兒的過程。	1
	無性生殖的過程	無性生殖沒有經過受精的過程，是由體細胞經過細胞分裂產生新個體。	3
染色體、套數	染色體的位置、形態和數目	平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質	5、20

主概念	次概念	概念內容	題號
		會濃縮，顯現出一條一條的染色體。染色體數目會因生物種類而有差異，每一種生物體細胞有一定染色體數目。	
	同源染色體的定義和來源	細胞內的染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父親，一條來自母親，稱為同源染色體	9、21
	雙套染色體(2N)、單套染色體(N)的定義	減數分裂後，生殖細胞內的染色體數目為其他細胞的一半，且只含每對同源染色體中的一個，稱為單套染色體(N)。而當精子與卵結合後，染色體便會恢復為雙套染色體(2N)。	2、6、22
細胞分裂	細胞分裂的目的和過程	細胞分裂的目的，有些生物可經由細胞分裂產生新個體，例如變形蟲。多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞，使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織。 細胞分裂的過程中，染色體複製一次、分裂一次(複製染色體分離)，產生兩個子細胞。	4、10、15、17、18、24
	細胞分裂的結果	細胞分裂的結果，即「複製染色體分離」。產生染色體數目相同，成對染色體的體細胞。染色體雙套變雙套( $2N \rightarrow 2N$ )。子細胞染色體數目與原來細胞相同	2、13、18
減數分裂	減數分裂的目的和過程	減數分裂的目的，產生配子。 精子和卵的形成過程中，細胞內的染色體會複製一次、分裂兩次(同源染色體分離、複製染色體分離)，染色體隨機分配到新的細胞內，形成四個子細胞。,	10、11、12、18、25
	減數分裂的結果	減數分裂的結果，即「同源染色體分離、非同源染色體自由組合」。產生染色體數目減半，不成對染色體的配子。染色體雙套變單套( $2N \rightarrow$	2、6、7、8、14、16、18、19、23

主概念	次概念	概念內容	題號
		N)。	

前測和後測使用相同類型的題目，但在後測試卷上改變題目順序與選項順序。此外，前測試題中，「細胞分裂與減數分裂」的過程排序題是以選擇題方式施測，後測時則改以繪圖題，目的在瞭解學生對「細胞分裂和減數分裂」中圖形的學習情形。其分數為每細項 1 分。

「細胞分裂和減數分裂」的繪圖部分評分方式為：有關圖片全數畫出，給予 1 分；圖片皆未畫出或未作答，給予 0 分。文字說明評分方式為：若能正確表達文字概念，則給予 1 分；若無法表達正確概念，給予 0 分。其過程概念詳如表 9。

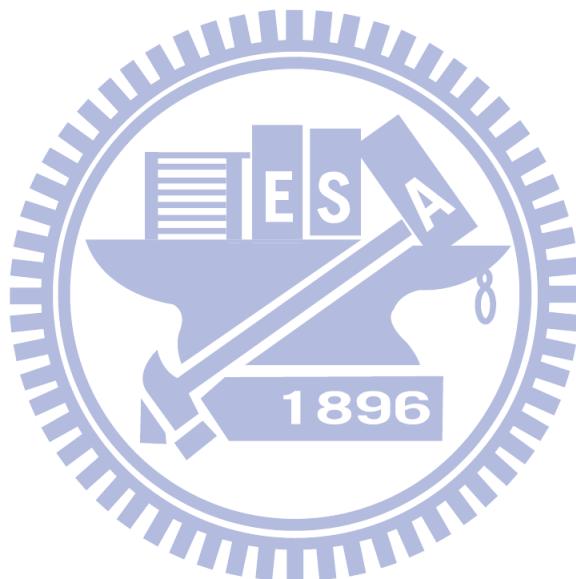
表 9 細胞分裂和減數分裂的過程概念

分裂過程	相關文字概念
細胞分裂	細胞分裂前，染色體先進行複製 染色體排列至中間 細胞開始分裂，將複製完的染色體分開 形成兩個子細胞 96
減數分裂	染色體複製 染色體成對排列至中央 同源染色體分離 產生兩個子細胞，染色體排列在細胞中央 複製染色體分離 產生四個子細胞

由於本成就測驗的題目在認知歷程上，大多屬於「了解層次」的測驗題，無法比較在各層次間的差異，且由於本研究的是利用不同的呈現方式表現細胞分裂與減數分裂的過程，因此測驗的分析中是將題目依題型與是否包含此過程概念進行分析，各題的分配情形如表 10 所示。

表 10 遺傳單元成就測驗的題目類型分配情形

項目	題號	題數
非「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題	1、2、3、4、5、6、7、8、9、13、14、15、16、17、20、21、22。	17
「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題	10、11、12、18、19。	5
「細胞分裂與減數分裂」過程概念的繪圖題	23、24、25。	3



### 三、問卷

#### (一) 認知負荷量表

設置認知負荷量表的目的是為了要測量受測者學習過程中所知覺的認知負荷感。為了解學生在學習時的認知負荷感，在後測卷上提出以下兩問題。此問題修改自宋曜廷（2000）測量認知負荷的題項，每題項以李克五點尺度衡量，兩題項的得分加總即為受測者之認知負荷量。

	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
認為此教材在學習上是容易的	1	2	3	4	5
覺得了解了得此教材的內容	1	2	3	4	5

#### (二) 教材內容感受

為了解學生對教材內容的感受，在學生後測卷上列有以下三題，每題項以李克五點尺度衡量，三個題項的得分加總即為受測者之教材內容感受分數。

	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
覺得此教材的內容對學習有	1	2	3	4	5
覺得此教材的內容有學習此教材的內容	1	2	3	4	5
有學	1	2	3	4	5

### (三) 呈現模式感受

為了解學生對完整階段的感受，在兩組實驗組（完整階段、完整階段加提示）的後測卷上提出下面問題：

	幫助 我的了解	使我更糊塗	對我的學 習，沒什 麼幫助
在本課程的教學中，老師用完整的階段來呈現細胞分裂和減數分裂的過程，以及講解套數與對數的觀念。這個教學方式	1	2	3

另外，也為了了解學生對完整階段加提示的感受，因此在接受該模式的學生後測卷上提出以下問題：

	幫助 我的了解	使我更糊塗	對我的學 習，沒什 麼幫助
在呈現細胞分裂和減數分裂的過程，以及講解套數與對數的觀念時，老師使用了提示來指引觀看的位置。這個教學方式	1	2	3

## 四、多媒體教材

本研究使用之多媒體教材，由研究者以 Macromedia Flash MX 2004 設計：畫面包括「輔助圖區」、「輔助文字區」、「按鈕區」與「主畫面區」。當教學者點選「輔助圖區」、「輔助文字區」之圖片或文字時，皆可使「主畫面區」呈現相對應之分裂階段畫面。

### (一) 功能說明

當教學者點選「主畫面區」的染色體時，可降低該染色體的 Alpha 值為 20；若再次點擊，則可恢復 Alpha 值為 100。降低 Alpha 值可以使染色體的圖示變得較透明，達到淡化的效果，但仍保有染色體的形狀。

「按鈕區」的五個按鈕，其功能由左至右分別為「逐格倒轉」、「播放至下一階段」、「逐格前進」、「全部播放」與「恢復所有染色體的 Alpha 值」。其功能如下所述：

1. 當按下「逐格前進」或「逐格倒轉」的按鈕，「主畫面區」會呈現下一個影格的示意圖。
2. 按下「播放至下一階段」的按鈕，「主畫面區」的圖示會自動播放影格，例如自動播放從「染色體複製」到「染色體分離」之間的各個影格。
3. 按下「全部播放」時，則會播放細胞分裂或是減數分裂完整過程的圖片。
4. 按下「恢復所有染色體的 Alpha 值」，是將所有的染色體的 Alpha 值設定為初始值。

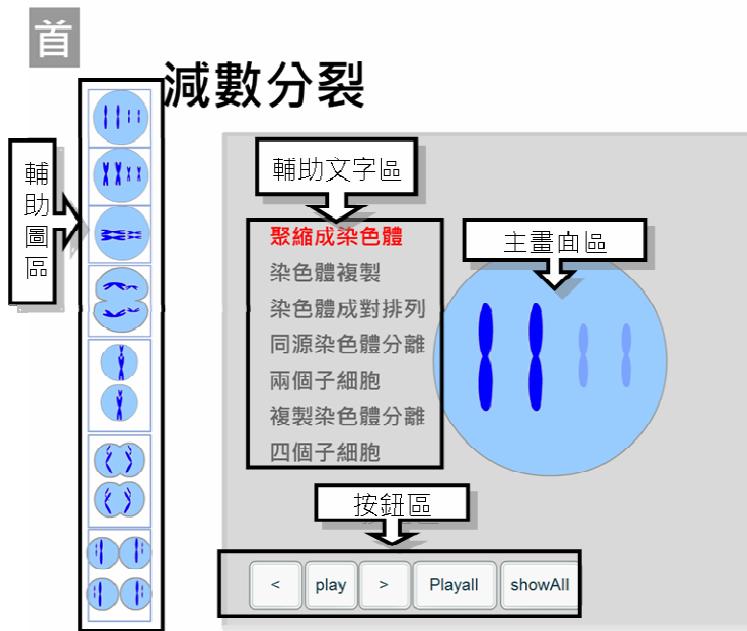


圖 3 Flash教材的各個區塊說明

此多媒體教材在正式教學前，請三位國中生物教師試用，並給予意見修改。

## （二）呈現模式

透過上述功能的組合，即可於以同一份多媒體教材進行三種不同呈現模式的教學。三種呈現模式的教材操作方式如下所述。

### 1. 關鍵階段

以此模式進行分裂過程的教學時，是點選「輔助圖區」或是「輔助文字區」，使「主畫面區」呈現分裂過程中的最重要的幾個階段。以細胞分裂為例，圖片模式的教學僅分別呈現如圖 4 所示的各階段圖片，包括（1）染色質（因國中課程內容未述及染色質，故僅呈現圖片，未在教材中呈現文字）、（2）聚縮成染色體、（3）染色體複製、（4）排列在細胞中央、（5）複製染色體分離、（6）兩個子細胞。

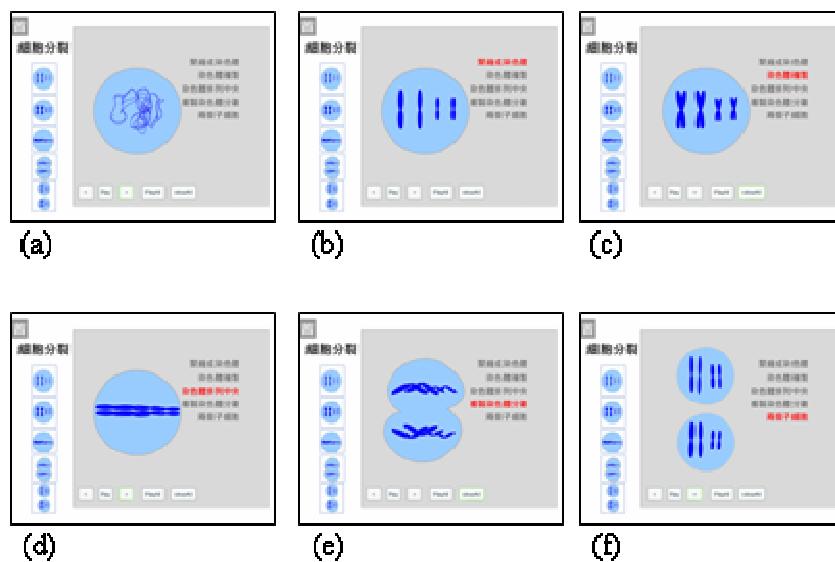


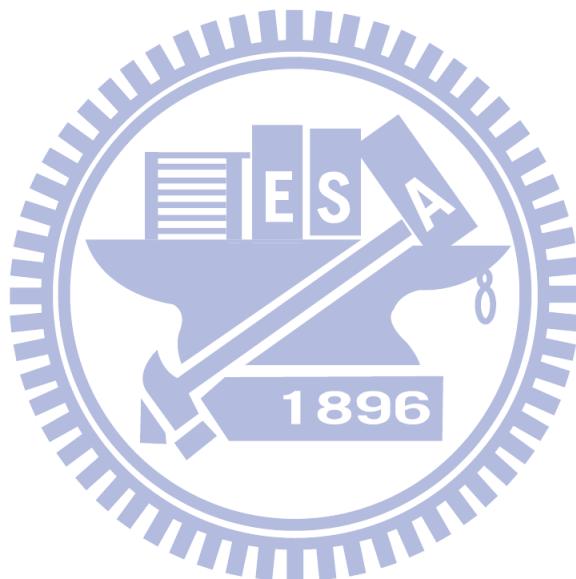
圖 4 以關鍵階段模式呈現細胞分裂過程時的教材畫面。(a)染色質狀態，(b)染色質聚縮成染色體，(c)染色體複製，(d)染色體排列在細胞中央，(e) 複製染色體分離，(f) 兩個子細胞。



## 2. 完整階段

以此模式進行分裂過程的教學，教材操作方式是點選「逐格前進」或「逐格倒轉」的按鈕，使「主畫面區」呈現過程的圖片。此模式與前述的「關鍵階段」最主要的差別是，本模式除了呈現分裂過程中的重要階段圖片外，尚加入各階段之間的銜接圖片。以細胞分裂的過程為例，完整階段呈現時，為 49 張圖片，圖 5 列出其中的 9 張畫面。

由於本模式的圖片切換速度並非由程式設定控制，而是由教師手動控制速度，因此教師可依講解需求改變圖片切換速度。



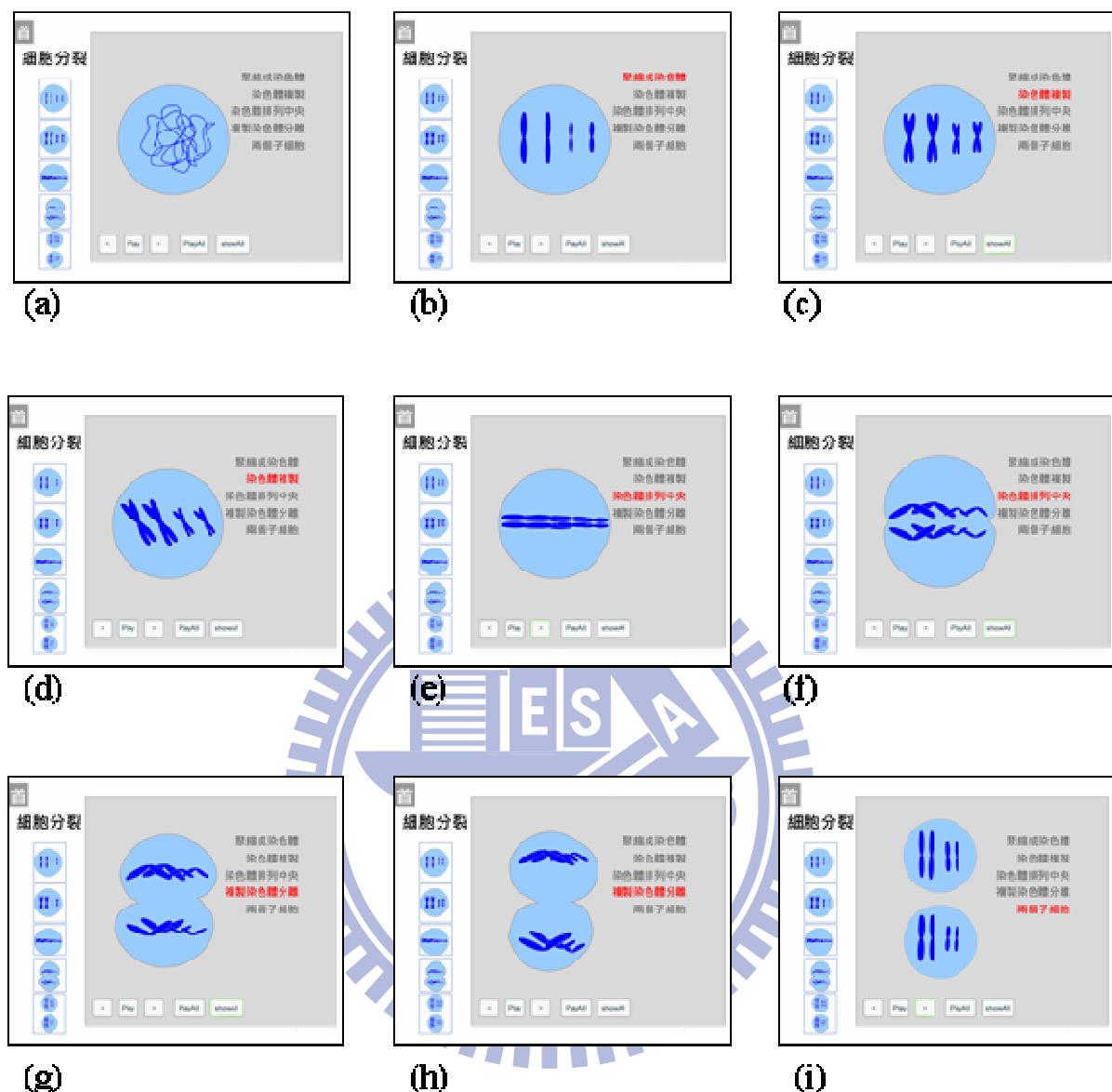
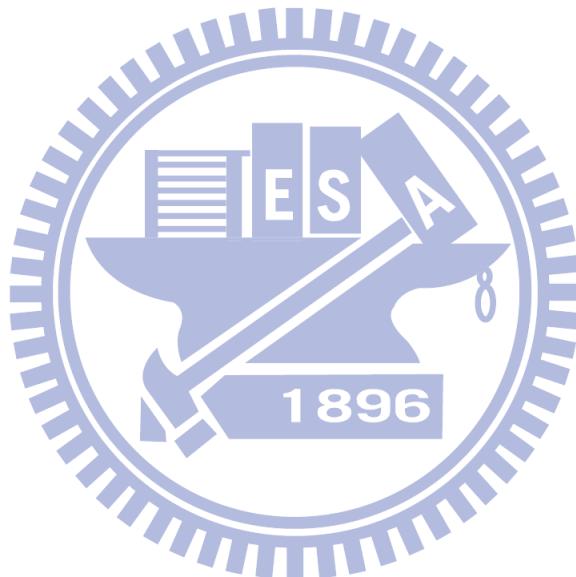


圖 5 以完整階段模式呈現細胞分裂過程時的教材畫面

### 3. 完整階段加提示

本模式是以前述的「完整階段」為基礎，再加上提示的功能。以本模式進行分裂過程的教學時，教材操作方式亦是點選「逐格前進」或「逐格倒轉」的按鈕，使「主畫面區」呈現過程的圖片。而提示的功能是藉由點選「主畫面區」的染色體，使該染色體變得較透明，進而強調其他未點選的染色體。在研究過程中，教學者是藉由點選較小型的染色體使其透明，凸顯強調較大的染色體。本模式包含的圖片數量和「完整階段」相同，細胞分裂的過程為 49 張圖片，減數分裂為 66 張圖片。圖 6 列出細胞分裂過程中的 9 張畫面。本模式的特點除了包含「完整模式」的所有圖片外，尚可加入提示的功能。



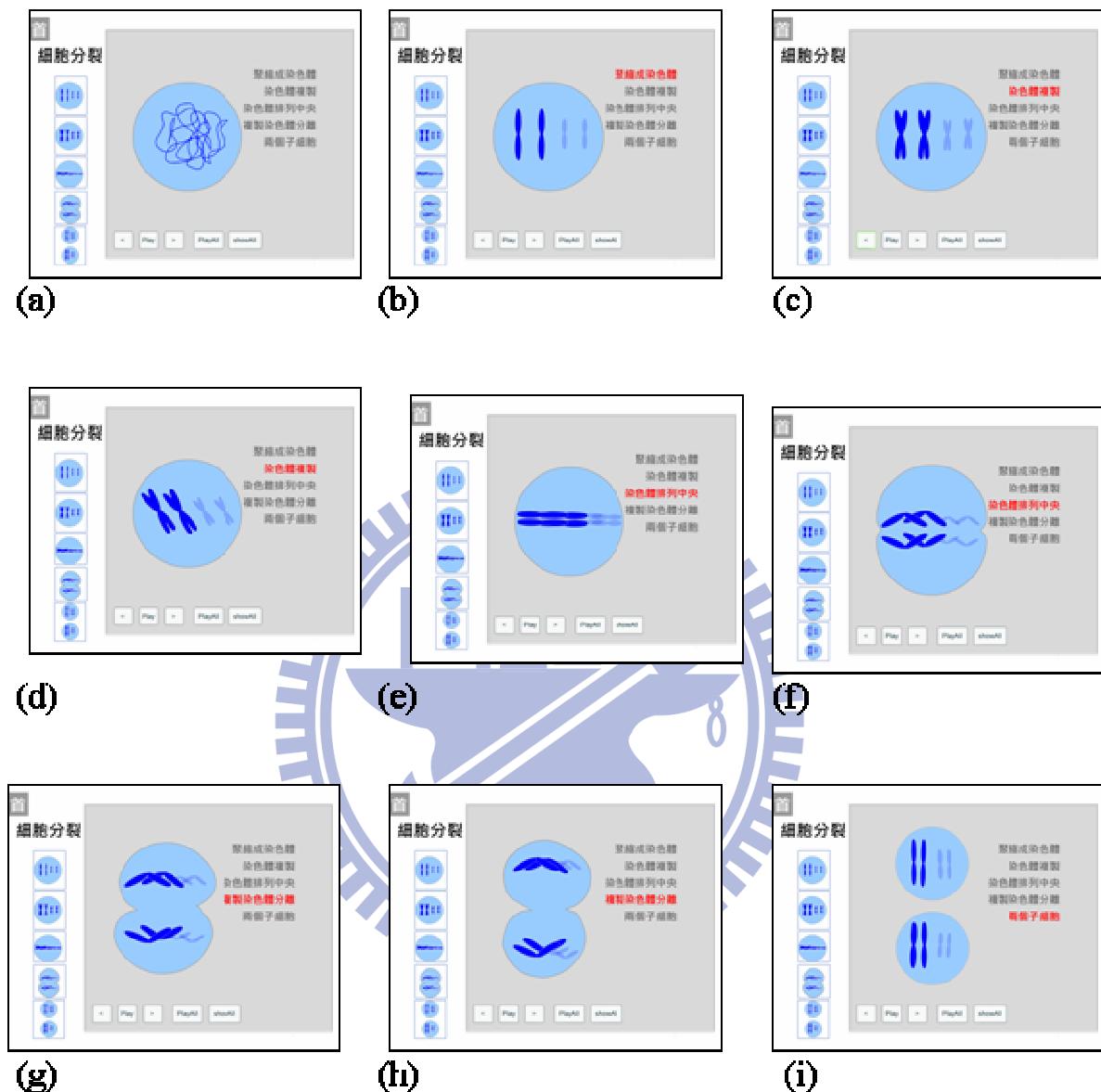


圖 6 以完整階段加提示模式呈現細胞分裂過程時的教材畫面

### (三) 教材評析

根據數位教材設計原則，本研究之教材有以下特點。

在圖文整合的應用上，由於細胞分裂與減數分裂是一個動態的過程，因此在講述此過程時，研究者使用圖像和文字兩種媒體訊息，避免僅呈現單一媒體，造成學生理解上的困難。而圖像的使用上，並沒有使用裝飾性的圖像，而採用能幫助學生思考的具象圖像，文字的部份採 Mayer 等人（1996）的建議，使用簡單關鍵的語詞來指明過程。

在分配通道上的作法上，課程中分裂過程的說明，主要由教學者以口語解說，畫面中僅有關健字做提示，因此文字訊息主要還是經由聽覺通道，而圖像經過視覺通道，因此兩者不會互相競爭感官的通道。

去除多餘的部份，雖然在教學過程中，畫面同時有文字說明以及口語解說，但是文字說明僅以關鍵字詞表示，這和以字幕呈現的模式並不相同，因此不會造成 Sweller 所說的多餘效應。而在圖像部份，使用示意圖來解釋細胞分裂的過程，而不使用真實圖片，可以減少因為真實圖片過多的細節造成的認知負荷。

教材頁面中分裂過程的文字說明和示意圖相鄰接，且解說時，同步將文字以紅色強調，使文字和圖片能在接近的時間互相配合，這樣的作法是基於資訊接近的原則。

而在文字易讀的部份，本教材的文字皆使用黑體字，能夠提高可辨識性，且字體使用 44 點的大小。在教室的投影布幕上，經過實際測試時，可讓後排同學清楚閱讀，因此也具有可閱讀性。

互動性的部份，教師可藉由點選「輔助圖區」、「輔助文字區」與「按鈕區」，與教材進行互動。在按鈕區的設計使用顯而易見的按鈕形式，可使教學者減少搜尋資訊的時間。而師生的溝通則可藉由圖旁的過程關鍵字詞進行溝通，因為關鍵字詞的訊息量不多，且能給予圖像有意義的連結。

本教材進行資訊區塊化的方式，是藉由框線和灰色背景將輔助圖區的圖示和主畫面區的圖示作區別，且文字以向右或向左對齊的方式，自然在視覺中形成一

區塊，這些皆有利於教學者和學習者利用此教材進行分裂過程的比較、關聯和對照。

另外在教材結構化上，本研究將課程分為「染色體和同源染色體」、「細胞分裂與減數分裂的過程」以及「染色體套數與對數」。在講述細胞分裂與減數分裂的過程前，先學習染色體的概念，符合 Mayer (2009) 提出的事先訓練原則。而在過程示意圖的說明上，無論細胞分裂或是減數分裂，其畫面呈現具有一致性，都是將輔助圖區置於左邊，主畫面區置於右邊，而輔助文字因為已經和主畫面區的圖像有空間接近的關係了，且為了和另一分裂過程做比較，因此並沒有固定在圖的哪一側。透過一致性的定位，在兩種過程的對照頁面中，學習者也能夠直接透過觀看教材，就比較出兩者的異同處。

在注意力引導的部份，為了能使學生注意到分裂過程中的主要訊息，因此將對應的文字說明以紅色標明，此外還利用透明度的變化，強調染色體變化的情形。透過改變透明度而淡化染色體的處理，可以使學習者將注意力集中在其他未淡化的染色體上，且對於未被淡化的染色體，教師更可以直接以口語清楚指明，而不需要以滑鼠指標來指明。

## 第四節 研究步驟



圖 7 研究流程圖

本研究選定於下學期的學期初（2010 年 2 月份），由研究者擔任授課教師進行教學。在進行多媒體教學之前五天內，先對研究對象各進行一節課的「遺傳單元成就測驗」前測與「科學推理測驗」，以瞭解學生之先備知識。

由於研究者即為實驗者，故可能產生實驗者偏見（experiment bias），因此在教案設計時，事先擬好教學指引腳本，以使教學者以經過控制的教學內容進行實驗。

為了避免受試班級因得知自身是實驗組或控制組，而改進其表現效果產生霍桑效應，研究者在進行實驗之前，即告知所有實驗組與控制組學生，此實驗是研究「多媒體教學如何協助學生學習之研究」，各班學生之間並不知悉各班所接受的教材有部分差異。

## 第五節 教學流程

本單元教材包括四個概念，分別為「染色體和同源染色體」的概念、「細胞分裂的過程」、「減數分裂的過程」以及「染色體套數與對數」的判別。教學單元內容係根據康軒版國民中學自然與生活科技教科書第二冊第一章第一節所編製，其中細胞分裂與減數分裂的內容如下所述。

### 一、細胞分裂的過程

有絲分裂是細胞核分裂模式的一種，分裂過程分為四期，每期的特徵如下：

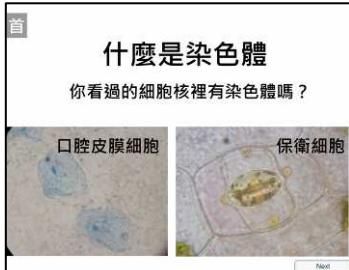
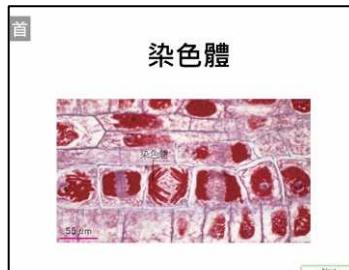
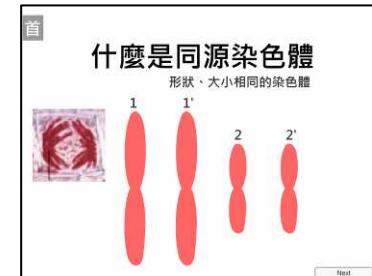
1. 前期：核仁及核膜消失，紡錘體出現。姊妹染色分體形成，在中節處連在一起。
2. 中期：每一染色體的中節與紡錘絲相聯接，接著染色體移動集中在赤道位置上。
3. 後期：每一染色體的二姊妹染色分體經移動而分開，朝向紡錘體的兩端移動。
4. 末期：每一染色體的染色分體到達二端，形成新的核仁與核模。其結果可產生兩個具有相同染色體數的子細胞，子細胞和母細胞核間的遺傳特性也相互一致。

### 二、減數分裂的過程

減數分裂為細胞分裂的形式之一，真核生物的配子母細胞經連續兩次分裂而產生配子。在減數分裂時，每一染色體僅複製一次，同源染色體彼此配對，配對後再行分離，因此，經減數分裂產生的四個子細胞僅具母細胞之半數染色體。

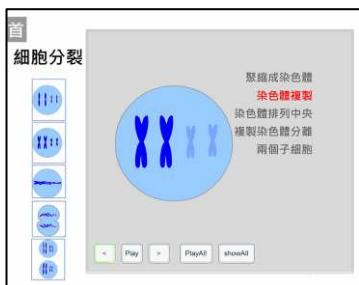
本教材的教學流程依下列順序教學，包括「染色體與同源染色體」、「細胞分裂」、「減數分裂」與「染色體的對數與套數」。教學使用的媒體包括板書與以 Macromedia Flash 製作的電腦多媒體。課程進行時間為一節課，教學流程如表 11。

表 11 教學流程表

使用媒體	說明
	教學者以「口腔皮膜細胞」與「洋蔥表皮細胞」的圖片說明【染色體的位置、形態和數目】的概念。
	使用康軒版生物課本所附之染色體顯微照片，說明【染色體的位置、形態和數目】的概念。
黑板繪圖	以粉筆在黑板繪出各種不同染色體的示意圖，講解【染色體的形態】概念
	說明【同源染色體的定義和來源】的概念
黑板繪圖	以黑板繪圖輔助，說明【有性生殖與無性生殖的過程】

## 使用媒體

## 說明



說明【細胞分裂的目的】與【細胞分裂的過程和結果】的概念



說明【減數分裂的目的】與【減數分裂的過程和結果】的概念

## 黑板繪圖

以黑板繪圖方式，利用速食店套餐舉例說明說明【雙套染色體（2N）、單套染色體（N）的定義】的概念



展示「雌果蠅染色體示意圖」，要求學生於課本直接繪出配子染色體示意圖。教師另將正確答案繪製於黑板。

## 課程小結與複習

## 第六節 資料分析

本研究中所有的分析都使用 SPSS 12.0，分析的方式包括 Pearson 相關分析、雙因子與單因子共變數分析、雙因子變異數分析與效率圖分析等，事後分析皆使用LSD檢定。

各分析使用的時機如下：(1) Pearson 相關分析使用於檢定學業成就與認知發展的關係；(2) 雙因子共變數分析用於檢定呈現模式與學習成效的關係；(3) 單因子共變數分析用於呈現模式與不同概念的測驗表現、呈現模式與各認知發展期之關係；(4) 雙因子變異數分析用於呈現模式與認知負荷量的關係、呈現模式與教材內容感受的關係；(5) 效率圖分析使用於不同教材呈現模式的學習效率比較。

所有統計的顯著水準設定為 .05；效果值則使用 partial  $\eta^2$  表示， $\eta^2$  值介於 0.0099 與 0.0588 之間屬低度效果值； $\eta^2$  值介於 0.0588 與 0.1379 為中度效果值； $\eta^2$  值大於 0.1379 為高度效果值 (Cohen, 1988)。



## 第四章 結果與討論

### 第一節 不同教材呈現模式與學習成效的關係

本研究欲探討學生在接受不同模式的教材教學後，在遺傳單元的學習成效是否會有顯著差異。分析方式採共變數分析（Analysis of Covariance，ANCOVA），其共變項採用「遺傳單元成就測驗前測分數」，依變項為「遺傳單元成就測驗後測分數」。

在進行後測分數的共變數分析之前，經組內迴歸係數同質性考驗，其結果摘要如表 12， $F$  值為 0.66， $p$  值未達 .05 顯著水準，表示三組迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，因此可繼續進行共變數分析。

表 12 遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
模式	2	189	378.76	189.38
分組	2		1185.37	592.69
前測	1		1035.34	1035.34
分組 $\times$ 模式 +	8		325.56	40.69
分組 $\times$ 前測 +				16.73***
分組 $\times$ 前測 $\times$ 模式				0.66
總和	188	25956.36	138.07	

註： $*p < .05$ .  $***p < .001$ .

本實驗採  $3 \times 3$  雙因子共變數分析，其自變項為「成績分組」與「教材呈現模式」。不同成績分組中接受各種模式教學的成績表現，如表 13。

表 13 接受不同模式教學的前測及後測之敘述統計表。

變項	人數	前測		後測	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>低分組</b>					
關鍵階段	19	6.00	2.00	11.53	6.81
完整階段	21	7.00	2.00	8.67	6.48
完整階段加提示	21	6.00	3.00	15.43	6.88
<b>中分組</b>					
關鍵階段	21	8.00	3.00	16.67	8.27
完整階段	22	8.00	3.00	19.09	9.00
完整階段加提示	23	8.00	3.00	21.70	8.86
<b>高分組</b>					
關鍵階段	19	12.00	5.00	30.47	9.81
完整階段	21	12.00	5.00	29.33	9.57
完整階段加提示	22	12.00	5.00	34.95	8.41

以雙因子共變數分析之後，在表 14 的共變數分析摘要表中，「教材呈現模式」與「成績分組」的交互作用檢定 *F* 值為 0.906，*p* 值 >.05，顯示教材呈現模式與成績分組之交互作用並不顯著。亦即不同成績分組的學生，並不會因為教材呈現模式為何種，而使成績表現上產生交互作用。

表 14 的教材呈現模式效果檢定的 *F*(2,179) 值等於 7.762，*p* 值 < .05，達到顯著水準，屬於高度效果值，表示排除前測變項影響後，不同教材呈現模式在遺傳單元成就測驗後測上有顯著差異存在。即學生在遺傳單元成就測驗上的測驗成績，會因為教師教學時採用不同的呈現模式而有所不同。

表 14 遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表

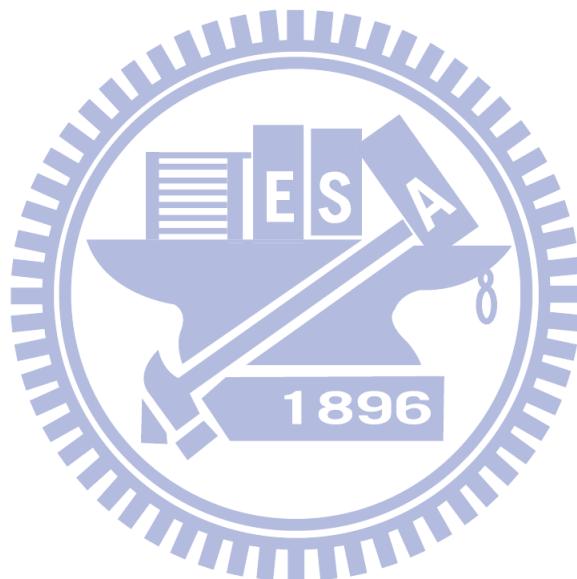
來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	partial $\eta^2$
前測	1	1561.212	1561.212	25.612***	.125
模式	2	946.321	473.161	7.762**	.325
成績分組	2	5260.201	2630.100	43.148***	.080
模式 × 成績分組	4	220.977	55.244	0.906	.020
誤差	179	10911.047	60.956		
總和	189	108844.000			

註：\*\**p* < .01. \*\*\**p* < .001.

事後檢定的結果如表 15，研究發現以完整階段加提示的教材呈現模式的後測成績顯著的高於關鍵階段及完整階段，顯見對國中七年級學生而言，教授此遺傳單元時，以完整階段加提示的模式來授課，會比關鍵階段或完整階段兩者來得適合。

表 15 遺傳單元成就測驗後測分數的參數估計值與事後檢定

呈現模式	<i>M</i>	<i>SE</i>	Post hoc
關鍵階段 (a)	19.704	1.018	c > a
完整階段 (b)	18.946	0.976	c > b
完整階段加提示 (c)	23.962	0.962	



## 第二節 不同教材呈現模式的認知負荷量

本研究探討的認知負荷量為認知負荷量問卷中累計之分數，分析方式採雙因子變異數分析，以教材呈現模式及成績分組為自變項，認知負荷量為依變項。

檢定結果如表 16，教材呈現模式與成績分組的交互作用不顯著（ $p$  值  $> .05$ ），屬於低度效果值，代表教材呈現模式對認知負荷量的影響不會因為學業成就高低而有顯著差異。而教材呈現模式對認知負荷量的影響有顯著差異（ $p$  值  $< .05$ ），屬於低度效果值，不同成績分組之間的認知負荷量也有顯著差異（ $p$  值  $< .05$ ）。

表 16 不同成績分組學生接受不同呈現模式教材的認知負荷量雙因子變異數分析表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	partial $\eta^2$
模式	2	23.602	11.801	4.351*	.046
成績分組	2	29.867	14.933	5.506**	.058
模式 $\times$ 成績分組	4	9.715	2.429	0.895	.020
誤差	180	488.215	2.712		
總和	189	5099.000			

註： $*p < .05$ .  $**p < .01$ .

不同呈現模式的認知負荷量，經事後檢定如表 17，「關鍵階段」的呈現模式，認知負荷顯著大於「完整階段」組，亦大於「完整階段加提示」組。

表 17 不同呈現模式的認知負荷量

呈現模式	<i>M</i>	<i>SE</i>	Post Hoc
關鍵階段 (a)	5.42	0.22	a > b
完整階段 (b)	4.59	0.21	a > c
完整階段加提示 (c)	4.76	0.20	
合計	4.92	0.12	

而各成績分組對認知負荷量的差異，經過事後檢定如表 18 所示，高分組的認知負荷顯著低於中分組與於低分組。

表 18 不同學業成績分組的認知負荷量與事後檢定

學業成績分組	<i>M</i>	<i>SE</i>	Post Hoc
低分組	5.37	0.21	低分組 > 高分組
中分組	5.00	0.20	中分組 > 高分組
高分組	4.40	0.21	

由認知負荷量的分析可知，在三種媒體的呈現模式當中，利用「關鍵階段」進行細胞分裂與減數分裂過程的教學，學生具有最高的認知負荷量，而「完整階段」與「完整階段加提示」的認知負荷量則沒有顯著差異。這種結果可能的原因是，教師僅利用關鍵階段的圖片進行動態資訊的教學時，學生需要主動將靜態圖像在腦海中轉換成動態的過程，而在此時又需要整合教師在畫面給予的文字，以及口語表達的文字，同時有多種資訊需要整合，因此花費很大的心智努力。

反觀「完整階段」及「完整階段加提示」的媒體，由於將動態資訊的階段完整的呈現出來了，因此學生不需要花費多餘的心智努力在腦中轉換圖像。

此外，各類型成績分組的認知負荷亦有顯著的不同，其中高分組的學生所感受到的認知負荷量較另外兩分組為低，而中分組與低分組之間並沒有顯著差異。從認知負荷理論來看，學生的認知負荷與教材本身的難度與教材的呈現方式有關係，而教材難度又和學生的學習能力有關係。同一份教材，高分組的學生感受到的教材難度，可能比中、低分組的學生低，因此高分組的學生才會有比較低的認知負荷。

### 第三節 不同教材呈現模式的學習效率

本節探討的問題是，學生利用這些不同呈現模式的教材，其學習效率為何？為了量化各種教材之間的效率，本研究採用效率圖（Efficinecy Graph）來視覺化呈現不同模式教材的學習效率（Clark, Nguyen, & Sweller, 2006）。其計算方式是先求得所有學生在認知負荷量的 Z 分數，以及後測分數的 Z 分數，然後依各分組計算其平均值，再利用下列公式計算效率值（E），其結果如表 19 所示。

$$\text{效率 (E)} = \frac{\text{後測平均 Z 分數} - \text{認知負荷平均 Z 分數}}{\sqrt{2}}$$

表 19 不同模式的認知負荷與測驗表現表

模式	認知負荷平均 Z 分數	後測平均 Z 分數	效率
關鍵階段	0.302	-0.126	-0.303
完整階段	-0.181	-0.162	0.013
完整階段加提示	-0.094	0.270	0.257

圖 8 是將各組的認知負荷與後測分數繪製成圖，該圖水平軸代表認知負荷的平均 Z 分數，垂直軸則為後測分數的平均 Z 分數，由右上到左下的直線，其 E 值為零，位於該線上的點代表效率值為 0。而在此線左方的點有正向的效率；若是在右方，則代表效率不彰。

由圖 8 可知「完整階段加提示」在這三種模式中，具有較佳的學習效率。因為「完整階段加提示」比起「關鍵階段」具有較少的認知負荷，但有較高的後測表現，即具有較高的學習效率（ $E = 0.257$ ）。而「完整階段」的效率則接近 0（ $E = 0.013$ ），「關鍵階段」的效率則為負值（ $E = -0.303$ ）。

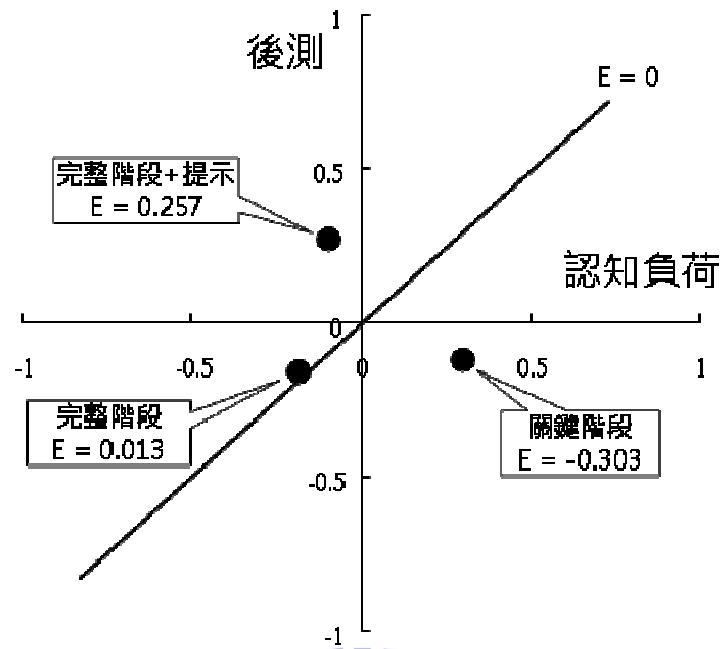


圖 8 不同教材模式的學習效率圖



## 第四節 教材呈現模式影響不同概念類型的測驗表現

本研究的「遺傳單元成就測驗」中包含了「細胞分裂與減數分裂」課程當中的數個概念，研究者想探究學生在這些概念的測驗表現，在不同的教材模式之間，是否有顯著差異。

因本研究中，教材的自變項為「細胞分裂與減數分裂」過程的呈現模式，因此研究者依照概念類型與題型將「遺傳單元成就測驗」區分為三個部分，包括：(1)「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題、(2)非「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題、(3)「細胞分裂與減數分裂」過程概念的繪圖題。各部分的題目分配情形如表 10。

### 一、非分裂過程概念之選擇題的測驗表現

研究者想了解，學生經過不同模式的教材教學後，在遺傳單元成就測驗中，在那些不屬於分裂過程概念的選擇題中，其答題表現情形是否會有顯著差異？

為了解這個問題，研究者將學生在成就測驗中，不屬分裂過程概念的選擇題得分加總，以作為依變項；自變項則採「教材呈現模式」，共變項採「遺傳單元成就測驗的前測分數」，分析方式則利用單因子共變數分析。在非分裂過程概念的選擇題之中，各個模式的測驗表現如表 20 所示。

表 20 非分裂過程概念的選擇題，各種模式教材的答題情形

模式	<i>M</i>	<i>SD</i>
關鍵階段	8.66	3.880
完整階段	9.39	4.367
完整階段加提示	10.22	4.155
總和	9.45	4.172

經組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 21 所示，其 *F* 值為 0.288，*p* 值未達 .05 顯著水準，接受虛無假設，表示三組迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的

各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，繼續進行共變數分析。

表 21 非分裂過程概念的選擇題答題情形之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
模式	2	27.458	13.729	1.103
前測	1	912.210	912.210	73.287***
模式 × 前測	2	7.165	3.582	0.288
誤差	182	2265.363	12.447	
總和	189	20032.000		

註：\*\*\* $p < .001$ .

經共變數分析之後，其結果如表 22， $F(2,184)$  值等於 2.359， $p$  值  $> .05$ ，未達顯著水準。表示學生排除前測變項影響後，在遺傳單元成就測驗後測中，非過程概念的選擇題答題表現，在不同模式教材之間，沒有顯著差異存在，屬於低度效果值。

表 22 非分裂過程概念的選擇題答題情形之共變數分析摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	partial $\eta^2$
前測	1	906.912	906.912	73.430***	.285
模式	2	58.264	29.132	2.359	.025
誤差	184	2272.527	12.351		
總和	189	20032.000			

註：\*\*\* $p < .001$ .

## 二、分裂過程概念之選擇題的測驗表現

學生在經過不同模式的教材教學之後，在成就測驗中，命題概念包括「細胞分裂與減數分裂」概念的選擇題中，學生的答題通過情形是否會有顯著差異？

為探究這個問題，研究者將成就測驗中屬「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題分數加總，作為依變項；自變項則採「教材呈現模式」，共變項採「遺傳單元成就測驗的前測分數」，分析方式採單因子共變數分析。各種模式在分裂過程概念的答題情形，如表 23 所示。

表 23 分裂過程概念的選擇題，各種模式教材的答題情形

模式	<i>M</i>	<i>SD</i>
關鍵階段	2.24	1.45
完整階段	2.42	1.47
完整階段加提示	2.91	1.35
總和	2.53	1.45

經組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 24 所示，其 *F* 值為 1.329；*p* > .05，未達到顯著水準，表示三組迴歸線的斜率相同，即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，繼續進行共變數分析。

表 24 分裂過程概念的選擇題答題情形之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
模式	2	7.300	3.650	2.198
前測	1	69.587	69.587	41.899***
模式 × 前測	2	4.413	2.206	1.329
誤差	182	302.272	1.661	
總和	189	1596.000		

註：\*\*\**p* < .001.

由表 25 之共變數分析摘要表中，教材效果檢定的  $F(2,184)$  值為 3.959， $p$  值  $< .05$ ，達到顯著水準，屬於低度效果值，表示接受不同模式教材教學的學生，排除前測變項影響後，在遺傳單元成就測驗後測中，「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題答題表現，有顯著差異存在。

表 25 分裂過程概念的選擇題答題情形之共變數分析摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	partial $\eta^2$
前測	1	69.049	69.049	41.427***	.184
模式	2	13.196	6.598	3.959*	.041
誤差	184	306.685	1.667		
總和	189	1596.000			

註： $*p < .05$ .  $***p < .001$ .

為了得知三種模式的教材之間的差異，因此繼續進行事後分析，其結果如表 26。學生在「細胞分裂與減數分裂」過程概念的題目中，接受完整階段加提示模式的教材，能獲得最高的分數，顯著高於關鍵階段以及完整階段。

表 26 分裂過程概念的選擇題答題情形之參數估計值與事後分析

模式	<i>M</i>	<i>SE</i>	Post Hoc
關鍵階段 (a)	2.270	0.168	$c > a$
完整階段 (b)	2.411	0.161	$c > b$
完整階段加提示 (c)	2.888	0.160	

### 三、分裂過程概念之繪圖題的測驗表現

在成就測驗中，以分裂過程概念來命題的繪圖題，在接受不同模式教材教學的學生之間，其通過情形是否會有顯著差異？

為了解這個問題，研究者將成就測驗中屬分裂過程概念的繪圖題分數加總作為依變項，自變項則採「教材呈現模式」，共變項採「遺傳單元成就測驗的前測分數」，分析方式採單因子共變數分析。

表 27 分裂過程概念的繪圖題，各種模式教材的答題情形

模式	<i>M</i>	<i>SD</i>
關鍵階段	10.80	8.58
完整階段	9.64	8.21
完整階段加提示	14.22	8.00
總和	11.59	8.44

經組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 28 所示，其 *F* 值為 0.474，*p* > .05，未達顯著水準，表示三組迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，繼續進行共變數分析。

表 28 分裂過程概念的繪圖題答題情形之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
模式	2	250.552	125.276	2.573
前測	1	3688.085	3688.085	75.760***
模式 × 前測	2	46.168	23.084	0.474
誤差	182	8859.995	48.681	
總和	189	38562.000		

註：\*\*\**p* < .001.

由表 29 之共變數分析摘要表中，教材效果檢定的 *F*(2,184) 值等於 7.032，*p* 值 < .05，達到顯著水準，屬於中度效果值，表示接受不同模式教材教學的學生之

間，排除前測變項影響後，在遺傳單元成就測驗後測中，「細胞分裂與減數分裂」過程概念的繪圖題答題表現，有顯著差異存在。

表 29 分裂過程概念的繪圖題答題情形之共變數分析摘要表

來源	df	SS	MS	F	partial $\eta^2$
前測	1	3695.116	3695.116	76.341***	.293
模式	2	680.709	340.354	7.032**	.071
誤差	184	8906.163	48.403		
總和	188	38562.000			

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

為了得知三種模式的教材之間的差異，因此繼續進行事後分析，其結果如表 30。學生在「細胞分裂與減數分裂」過程概念的繪圖題中，接受完整階段加提示的教材能在這些題目中得到比關鍵階段或完整階段更佳的成績。

表 30 分裂過程概念的選擇題答題情形之參數估計值與事後分析

模式	M	SE	Post Hoc
關鍵階段 (a)	11.04	0.91	c > a
完整階段 (b)	9.57	0.87	c > b
完整階段加提示 (c)	14.07	0.86	

#### 四、小結

在細胞分裂與減數分裂的遺傳單元的教學上，使用「完整階段加提示」的媒體來輔助教學，比「關鍵階段」或「完整階段」有顯著較佳的學習成效。而且在經過「完整階段加提示」模式的教學之後，學生在回答與分裂過程有關係的測驗題目時，表現得會比「關鍵階段」或「完整階段」好，這是因為教材中就是在分裂過程的動態資訊中，使用「完整階段加提示」來輔助教學，學生能夠透過這些教學技術的輔助，更加了解細胞分裂及減數分裂的過程。

## 第五節 不同教材呈現模式的教材內容感受

教材的內容感受分數的評估來自以下三個題目：(1) 覺得此教材內容能幫助學習遺傳，(2) 覺得內容有趣，(3) 因學習此教材而更有信心學習遺傳。內容感受分數越高代表越同意這些敘述。

本節探討的問題是不同的教材呈現模式是否會有相同的教材內容感受，分析方式採雙因子變異數分析，以「教材呈現模式」及「成績分組」為自變項，「內容感受分數」為依變項。

檢定結果如表 31，教材呈現模式與成績分組的交互作用不顯著（ $p$  值  $> .05$ ），屬於低度效果值，即教材呈現模式對教材感受的影響不會因為學業成就高低而有顯著差異；而教材呈現模式對內容感受的影響有顯著差異（ $p$  值  $< .05$ ），屬於低度效果值；而各成績分組對認知負荷量無顯著差異（ $p$  值  $> .05$ ），屬於低度效果值。

表 31 各成績分組接受不同呈現模式教材的內容感受的雙因子變異數分析檢定

來源	<i>df</i>	SS	MS	<i>F</i>	partial $\eta^2$
模式	2	53.441	26.721	3.994*	.042
成績	2	21.309	10.654	1.592	.017
模式×成績	4	7.440	1.860	0.278	.006
誤差	180	1204.284	6.690		
總和	189	24532.000			

註： $*p < .05$ .

教材呈現模式對內容感受的影響經事後檢定，如表 32 可知，「完整階段」的內容感受分數顯著高於「關鍵階段」，而「完整階段加提示」組的分數亦高於「關鍵階段」。

表 32 不同呈現模式的內容感受分數與事後檢定

模式	<i>M</i>	<i>SE</i>	Post Hoc
關鍵階段 (a)	10.30	0.34	$b > a$
完整階段 (b)	11.50	0.32	$c > a$
完整階段加提示 (c)	11.39	0.32	
合計	11.07	0.19	

本研究結果發現，關鍵階段的教材內容感受均低於另外兩種模式，意即學生對「完整階段」或是「完整階段加提示」的感受比「關鍵階段」更好。研究者推論這是因為「完整階段」呈現了動態資訊中的完整訊息，減少了學生處理圖像資訊所需花費的心智努力，另外也因「提示」更能吸引學生的注意力，因此學生對動畫有較佳的感受。



## 第六節 不同教材呈現模式的呈現模式感受

本節欲探究的問題包括：(1) 學生對完整階段的呈現模式感受為何？(2) 學生對提示的呈現模式感受為何？在本研究中，在教學過程中接受「完整階段」及「完整階段加提示」共計 130 位學生，他們對完整階段的感受如表 33 所示，96.2% 學生皆認為利用呈現完整階段可幫助了解此課程內容。

表 33 學生對完整階段呈現的感受

變項	人數	百分比
幫助了解	125	96.2
更糊塗	2	1.5
沒幫助	3	2.3

在教學過程中接受「提示」(即完整階段加提示)的學生共計 66 人，他們對「提示」的感受如表 34 所示，95.5% 認為利用提示可幫助了解此課程內容。

表 34 學生對提示呈現的感受

變項	人數	百分比
幫助了解	63	95.5
更糊塗	2	3.0
沒幫助	1	1.5

## 第七節 生物科學業成就與認知發展期的關係

本研究以科學推理測驗分析學生的認知發展程度，結果如表 35。在 189 位學生中有 102 位 (53.9%) 學生處於具體操作前期，50 位 (26.5%) 學生處於具體操作後期，37 位 (19.6%) 位於過渡期。在全體學生中僅有 1 位學生屬於形式操作期，在本研究中將之合併歸於過渡期，以便討論。

表 35 認知發展期與成績分組交叉人數對照表

群組	人數	百分比
低分組		
具體前期	54	88.5
具體後期	7	11.5
過渡期	0	0
中分組		
具體前期	36	54.5
具體後期	20	30.3
過渡期	10	15.2
高分組		
具體前期	12	19.4
具體後期	23	37.1
過渡期	27	43.5

註：僅有一位學生屬於形式操作期，本研究將其歸為過渡期

根據表 35 的分析顯示，參與研究的國中七年級學生，若以生物科學業成績來看，低分組的學生全數皆處於具體操作期（含具體操作前期與具體操作後期）；而中分組的學生有 84.8% 處於具體操作期；而高分組的學生有 56.5% 進入過渡期。在各成績分組之中，學生認知發展期的組成情形，如圖 9 所示，生物科學業成績越高的學生組成中，具有高層次認知發展期的比例也越高。

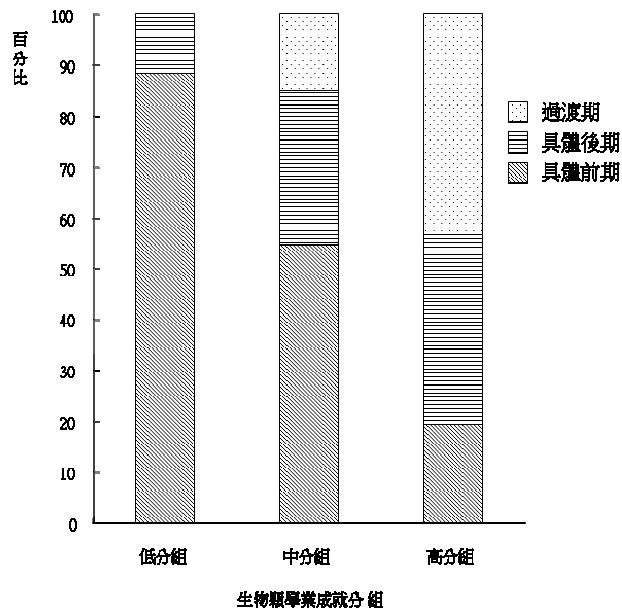


圖 9 生物科學業成就分組學生的認知發展期組成圖

以「科學推理測驗分數」與「生物科上學期三次段考的平均分數」進行 Person 相關係數檢定，得知兩者的相關係數為  $0.604$ ， $p$  值  $< .000$ ，達到顯著相關，代表科學推理能力與生物科的學業成就具有顯著的正相關（如圖 10 所示）。即生物科成績越高的學生，其科學推理能力亦可能越好。此結果與鄭湧涇（1982）所提出的論點相同：推理能力發展越高的學生，其生物科學業成績越好。且學童的認知發展與 IQ、學科成就測驗成績和生物科學習成就方面，均存在顯著的正相關。

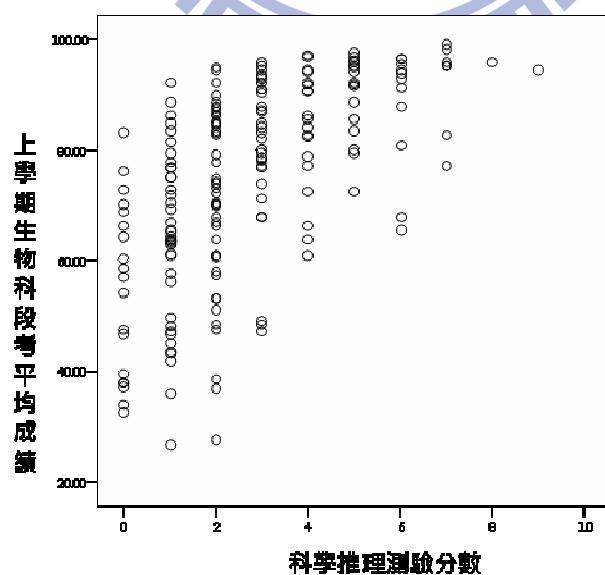


圖 10 科學推理測驗分數與上學期生物科段考平均成績之散佈圖

## 第八節 教材呈現模式與認知發展期之關係

由本章第一節的研究發現，在參與研究的學生群中，有 53.9% 的學生仍屬於具體操作前期，26.5% 的學生屬於具體操作後期，其他 19.6% 的學生僅進入過渡期。對這些不同認知發展期的學生來說，教材呈現的模式對他們的學習成效是否有影響？這是本節欲探討的主要問題，以下分別針對不同認知發展期的學生進行分析。

### 一、具體操作前期學生的學習成效

分析方法是以具體操作前期的學生為對象，在參與研究的學生之中此期共有 102 位學生，其在遺傳單元成就測驗後測的表現，如表 36 所示。

表 36 具體操作前期學生的遺傳單元成就測驗後測的敘述統計表

模式	<i>M</i>	<i>SE</i>
關鍵階段	13.97	8.11
完整階段	12.84	9.51
完整階段加提示	20.22	9.31

分析學生的學習成效的方法以「教材呈現模式」為自變項，「遺傳單元成就測驗前測」為共變數，「後測」為依變項，進行單因子共變數分析。在進行共變數分析之前，先進行迴歸係數同質性檢定，以確定是否符合基本假設。

經組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 37 所示，其 *F* 值為 0.109，*p* 值未達 .05 的顯著水準，表示三組迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，繼續進行共變數分析。

表 37 具體操作前期學生的遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	df	SS	MS	F
模式	2	68.217	34.109	0.482
前測	1	1143.597	1143.597	16.170***
模式 × 前測	2	15.412	7.706	0.109
誤差	96	6789.290	70.722	
總和	102	34868.000		

註： $***p < .001$ 。

由表 38 共變數分析摘要表中，得知教材模式的  $F(2,98)$  等於 7.211，顯著性  $p$  值  $< .05$ ，達到顯著水準，屬於中度效果值，表示在具體操作前期學生中，學生在接受不同模式教材教學後，排除前測變項影響後，在遺傳單元成就測驗後測方面有顯著差異存在。

表 38 具體操作前期學生在遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表

來源	df	SS	MS	F	partial $\eta^2$
前測	1	1222.756	1222.756	17.610***	.152
模式	2	1001.379	500.690	7.211**	.128
誤差	98	6804.703	69.436		
總和	102	34868.000			

註： $**p < .01$ 。 $***p < .001$ 。

經事後比較，如表 39 所示，對具體操作前期學生而言，以完整階段加提示的呈現模式的後測成績顯著的高於關鍵階段模式及完整階段模式。

表 39 具體操作前期學生的遺傳單元成就測驗後測之估計邊緣平均數與事後分析

模式	M	SE	Post Hoc
關鍵階段 (a)	14.37	1.45	c > a
完整階段 (b)	12.74	1.47	c > b
完整階段加提示 (c)	19.95	1.37	

## 二、具體操作後期學生的學習成效

分析方法是針對具體操作後期的學生為對象，在參與研究的學生當中，學生共有 50 人屬於此期，其在遺傳單元成就測驗後側的表現，如表 40 所示。

表 40 具體操作後期學生的遺傳單元成就測驗後測的敘述統計表

模式	<i>M</i>	<i>SE</i>
關鍵階段	22.94	10.47
完整階段	23.61	11.85
完整階段加提示	25.20	12.68

分析學生的學習成效的方法以「教材呈現模式」為自變項，「遺傳單元成就測驗前測」為共變數，「後測」為依變項，進行單因子共變數分析。在進行共變數分析之前，先進行迴歸係數同質性檢定，以確定是否符合基本假設。

經組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 41 所示，其 *F* 值為 0.866，*p* 值未達 .05 顯著水準，表示三組迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，繼續進行共變數分析。

表 41 具體操作後期學生的遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
模式	2	222.237	111.119	1.235
前測	1	2424.304	2424.304	26.952***
模式 × 前測	2	155.770	77.885	0.866
誤差	44	3957.818	89.950	
總和	50	34903.000		

註：\*\*\**p* < .001.

由表 42 的共變數分析摘要表中，教材呈現模式的 *F*(2,46) 值等於 .452，*p* 值 > .05，未達顯著水準，屬於低度效果值，表示在具體操作後期學生中，學生在

接受不同模式教材教學後，排除前測變項影響後，在遺傳單元成就測驗後測沒有顯著差異存在。

表 42 具體操作後期學生在遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表

來源	df	SS	MS	F	partial $\eta^2$
前測	1	2282.031	2282.031	25.519***	.357
模式	2	80.886	40.443	0.452	.019
誤差	46	4113.588	89.426		
總和	50	34903.000			

註： $***p < .001$ .

### 三、過渡期學生的學習成效

分析方法是以過渡期的學生為對象，在參與研究的學生之中此期共有 37 位學生，其在遺傳單元成就測驗後測的表現如表 43 所示。

表 43 過渡期學生的遺傳單元成就測驗後測的敘述統計表

模式	M	SE
關鍵階段	33.00	10.56
完整階段	27.29	9.24
完整階段加提示	33.29	10.14

分析學生的學習成效的方法以「教材呈現模式」為自變項，「遺傳單元成就測驗前測」為共變數，「後測」為依變項，進行單因子共變數分析。在進行共變數分析之前，先進行迴歸係數同質性檢定，以確定是否符合基本假設。

經組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 44 所示，其  $F$  值為 2.082， $p$  值未達 .05 顯著水準，表示三組迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係，不會因自變項各處理水準不同而有所差異，以各實驗處理的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，繼續進行共變數分析。

表 44 過渡期學生的遺傳單元成就測驗後測之迴歸係數同質性考驗摘要表

來源	<i>df</i>	SS	MS	<i>F</i>
模式	2	378.114	189.057	2.403
前測	1	485.018	485.018	6.164*
模式 × 前測	2	327.654	163.827	2.082
誤差	31	2439.158	78.683	
總和	37	39073.000		

註： $*p < .05$ .

由表 45 的共變數分析摘要表所示，教材模式的  $F(2,37)$  值等於 1.157，*p* 值  $> .05$ ，未達顯著水準，但屬中度效果值，表示在過渡期學生中，學生在接受不同模式教材教學後，排除前測變項影響後，在遺傳單元成就測驗後測方面沒有顯著差異存在。

表 45 過渡期學生在遺傳單元成就測驗後測之共變數分析摘要表

來源	<i>df</i>	SS	MS	<i>F</i>	partial $\eta^2$
前測	1	570.903	570.903	6.809*	.171
模式	2	193.988	96.994	1.157	.066
誤差	33	2766.812	83.843		
總和	37	39073.000			

註： $*p < .05$ .

#### 四、小結

本節希望探究教材呈現的模式，對不同認知發展期的學生的影響。結果發現「完整階段加提示」的呈現模式方式，對具體操作前期的學生，可以顯著地提升學習成效。但是對具體操作後期與過渡期的學生而言，「完整階段加提示」的效果和另外兩種呈現模式之間，並沒有顯著差異。這樣的結果可能原因是，具體操作前期的學生，在觀看教材時，無法有效掌握分裂過程的動態資訊；但「完整階段加提示」可以提供學生掌握這些過程的線索。

但是對於具體操作後期或是過渡期的學生而言，他們或許已能從教材中，獲取分裂過程的動態資訊，因此這三種呈現模式，對這些較有推理能力的學生而言，並沒有顯著的差異。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

#### （一）教材呈現模式對學習成效、認知負荷、學習效率與媒體感受的影響

本研究發現，在講授細胞分裂與減數分裂的過程時，若以「完整階段加提示」的媒體來輔助授課，則會比「關鍵階段」或是「完整階段」的模式，顯著地提高學生的學習成效；而在認知負荷方面，「關鍵階段」的認知負荷高於「完整階段」和「完整階段加提示」。學習成效和認知負荷的結果和「細胞分裂與減數分裂」的概念有關係，由於本概念是一種動態的過程，但是本研究的「關鍵階段」模式展示出的訊息量，和課本的示意圖相同，都僅展示出過程中的重要階段，並沒有將每個過程中的漸次變化展示出來。當學生在接受這樣的多媒體訊息時，就必須運用認知資源將靜態圖片轉換成動態過程，然後將之收錄在工作記憶中，在此同時又必須透過聽覺通道，接受教師的口語解說，如此一來就增加了認知負荷，並且降低了學習成效。

1896

而「完整階段」的呈現模式，可以直接展示出重要階段之間的漸次變化，對學生的學習而言，他們不需要運用認知資源進行靜態與動態的轉換，反而可以將注意力放在教師的口語解說上，然後將視覺通道的動畫資訊和聽覺通道的文字資訊整合在一起，因此與「關鍵階段」模式相比，「完整階段」模式具有較低的認知負荷。

然而當訊息以完整的展現出來時，學生的認知資源分配會遇到的問題是「大量的資訊進入視覺通道，應該將注意力放在哪一個部分？」。以本研究中設計的「完整階段」教材為例，無論細胞分裂或是減數分裂，都是在說明一個細胞裡兩對染色體的變化，而在分裂過程中，會有部分階段是畫面中有八條染色體在運動，而且可能會重疊在一起。這些會同時移動甚至重疊的資訊，增加複雜度，也同時誤吸引了學生的注意力。

完整階段比起關鍵階段，雖然滿足了動態資訊的呈現需求，降低了認知負荷，但是也可能因為同時產生了大量動態資訊，因此未能顯著地提昇學習成效。

面對關鍵階段和完整階段的兩難問題，研究者發現「完整階段加提示」的模式能夠有效解決兩者的問題。「完整階段加提示」模式比起「關鍵階段」模式，具有顯著較低的認知負荷，而比起「完整階段」模式，則具有顯著較高的學習成效。這樣的結果，極有可能來自於「提示」效果的引入，因此「提示」效果為具有效果的增生負荷，真正的幫助學生學習。

研究者設計的「提示」效果，是基於 Mayer (2009) 的多媒體學習理論當中的信號原則所設計，透過提示的輔助，導引學習者將注意力放在動畫教材的主體上，並且導引學習者建立關連。使用提示不會增加任何新的資訊，但是卻可以藉此強調課程的主體，提供學習者投注更多的注意力在選擇階段，也可以幫助學習者在心智上整合課程的主要成份。

本教材的「提示」效果是利用 Alpha 值的改變，使其中半數較小的染色體變得較透明，進而突顯另外較大的染色體。由於染色體變得較透明，因此染色體即使重疊在一起，學習者也能輕易分辨主體與非主體的差別；再者，由於僅有透明度的度的變化，因此本模式和「完整階段」相同，並沒有增加任何額外的資訊，反而因為透明度改變，減少了教材的複雜程度。

以學習效率的觀點來看，教學者和學習者都期待著高效率的教材教法。高效率代表著花費比較少的心智努力，達到比較高的學習成效，也就是「事半功倍」；而低效率則是花費較大的心智努力，卻只能達到較低的學習成效，也就是「事倍功半」。在本研究中發現，三種模式在細胞分裂與減數分裂過程的教學上，「完整階段加提示」比起另外兩種，確實具有較高的學習效率。

在教材內容感受上，由於「完整階段加提示」能夠降低認知負荷，又能夠提昇學習成效，因此學習者皆能同意以下論述（1）覺得此教材內容能幫助學習遺傳，（2）覺得內容有趣，（3）因學習此教材而更有信心學習遺傳。

除此之外，大多數學生認為呈現完整階段和使用提示技術可幫助了解教材內容。這也是因為完整階段能提供給學習者足夠的動態資訊，提示則可以適量地導引學習者觀看重要之處。

## （二）教材呈現模式影響不同概念類型的測驗表現

在本研究中，「完整階段加提示」模式是用在處理細胞分裂與減數分裂的動態資訊上，而接受「完整階段加提示」模式的學習者，在含有「細胞分裂與減數分裂」過程概念的選擇題和繪圖題當中，均能有顯著較佳的學習成效。這顯示「完整階段加提示」的教材確實能有效地將分裂過程的概念傳達給學生，因此才能在這些概念中獲得較佳的學習成效。



### （三）國中七年級學生的認知發展程度

由於學生的認知發展程度影響學習成效甚鉅，因此教師應多加了解學生的認知發展程度，以便調整教材教法以符應學生的程度。但是在課室教學中，教師少有機會能針對個別學生的認知發展期進行評估，不過本研究發現生物科成績越高的學生，其科學推理能力測驗表現越好，代表該生的認知發展已進入較高的階段。因此，國中生物科教師可以藉歷次生物科段考的成績，評估學生可能達到的認知發展期，進而對學生施以適性化的教學方法。

生物課程裡許多的抽象事物，例如染色體複製、細胞分裂或減數分裂的過程，如果教師授課的時候只是單純使用口語敘述，或是只有用課本的示意圖講解，對具體操作期的學生而言，往往會因為理解困難，而造成純粹記憶的假學習，例如前述在學業成就與認知發展期的關係研究中，獲得低科學推理測驗分數的學生，亦有可能獲得較高的學業成就（見圖 10）。

本研究發現國中七年級學生有 80.4% 仍然屬於具體操作期，這和林邦傑（1982）和鄭湧涇（1981）的研究一致，此階段的國中生大多未達形式操作期，這些學生對生物課本裡抽象的概念理解有很大的困難，因此教師在教學時，應該考量學生的認知理解能力，顧及大多數學生的需求，設計合適的教學方法。

### （四）教材呈現模式影響不同認知發展期的學習成效

本研究發現使用「完整階段加提示」模式教材，對具體操作前期的學生，能產生顯著較高的學習效果，而這些學生佔了所有學生的 53.9%。這代表著課室裡有著超過半數的學生，認知推理能力尚未發展至高階層，而他們不容易在心智上處理靜態轉變為動態的過程，因此教師需要教學媒體的輔助，幫助他們在這些抽象困難的課程中，得到較高的學習成效。

## 第二節 建議

在細胞分裂與減數分裂的課室教學中，教師常使用的媒體模式包括利用黑板繪圖、製作圖卡以及海報等方式，這和本研究中的關鍵階段相似。然而本研究發現，當訊息僅以關鍵階段呈現時，可能會影響學生的學習成效，因此教師在此處的教學應該採用較能夠呈現動態資訊的教具，例如本研究中使用的電腦多媒體。

雖然就教材開發成本的角度來看，從關鍵圖像到增加圖像之間的轉變圖像，或是增加提示的功能，這期間會付出許多的開發成本，但是增加圖像和提示，此兩功能的組合卻可以達到較高的學習效率，這樣的績效對教材開發來說是很值得的，且由於電腦多媒體較其他平面媒體（如書籍、板書、圖卡）的可再製性與傳播性甚高，因此研究者建議在此單元教學時，應使用符合學生認知程度與提高學習效率的多媒體以輔助教學。

### 第三節 未來研究方向

研究者在未來的研究方向，包括以下五點：

首先，在生物課程中血液循環、呼吸運動等，也具有動態過程概念，這些單元所內含的資訊量不盡相同，其教學媒體設計，是否也能按照本研究的發現而設計。

第二，具有提示效果的教材在導引學習者注意主體，減少分散注意力上，是怎樣對學習者的學習造成改變，這可採用眼動儀紀錄眼球在觀看此教材時的焦點位置和停留時間。

第三，本研究中僅比較三種不同模式的電腦多媒體教材在細胞分裂與減數分裂教學上的應用，然而研究者在此單元的教學上，也曾使用過其他的教具輔助，例如在黑板上吸附能改變形狀，呈現動態過程的染色體教具，或是學生人手一副的分裂過程紙牌。這些實體教具和電腦多媒體上的虛擬教具，在學習成效、認知負荷等是否會有差異？仍有待進一步的驗證。

第四，教師在教授分裂過程時，通常會使用示意圖來進行講解，然而真實的分裂過程和示意圖之間的差別，是否會影響教學成效？當我們以真實圖片對學生進行評量時，學生的表現是否和示意圖的教學相同呢？學生是否能藉示意圖了解真實世界的情形？

第五，這些在課室教學使用的媒體，若是設計成由學生自行操作觀看的多媒體，所得到的學習效果是否會比教師教學還要好？而電腦多媒體和使用靜態圖像的文本相比，是否又會有差異？綜合上述問題，研究者希望在未來的教學過程，能針對以上問題進行研究。

## 第六章 參考文獻

- 石曉芳（2005）。科學推理結合雙重情境學習模式課程對國中生遺傳概念重建與推理能力提昇之影響。未出版之碩士論文，國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程，新竹。
- 何秋萱（2005）。Flash融入五階段概念改變教學策略對國中生遺傳概念改變的影響。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學生物學系，彰化。
- 余民寧（2002）。*教育測驗與評量：成就測驗與教學評量*。臺北市：心理出版社。
- 宋曜廷（2000）。先前知識、文章結構與多媒體呈現對文章學習的影響。未出版之博士論文，國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所。
- 李正文（2007）。國中學生理解「細胞分裂和減數分裂」之困難分析。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學生物學系，彰化。
- 林邦傑（1982）。我國國中及高中學生認知發展之研究。*科學教育月刊*, 51, 12-22。
- 張德乾（2006）。多媒體投影教學課件設計的文字-背景顏色匹配研究。*井岡山學院學報: 綜合版*, 27 (04), 23-28。
- 郭人仲、徐順益、王國華（1995）。國中生物概念的類比學習之研究。*科學教育*, 6, 51-68。
- 陳明璋（2008）。一個以課堂授課為導向之數位教材設計與展演環境簡介。*國民教育*, 48 (6), 57-63。
- 游梓翔（2000）。*演講學原理: 公眾傳播的理論與實際*。台北：五南圖書出版股份有限公司。
- 湯清二（1979）。高中學生具體操作及形式操作之推理能力研究。*教育學院學報*, 4, 480-490。
- 湯清二（1990）。迷思概念與科學教學改進研究 (1)— 以遺傳概念為例。*彰師大學報*, 1, 367-397。

黃台珠(1990)。中學生遺傳相關概念錯誤類型的探討。科學教育月刊, 133, 34-53。

黃台珠、鄭世暖、林明輝、蘇懿生、張學文、趙大衛(1994)。國中生物遺傳教學的改進研究。高雄師大學報, 5, 113-135。

黃秀英(1999)。國中生物科文本調整與學生閱讀理解之研究。未出版之碩士論文，國立高雄師範大學特殊教育學系，高雄。

黃國彥、葉玉珠、高源令、修慧蘭、曾慧敏、王珮玲 等(2003)。教育心理學。臺北市：心理出版社。

黃湘武(1980)。皮亞傑認知心理學與科學教育。科學教育雙月刊, 37, 12-17。

楊坤原(1989)。中學生認知能力與遺傳學概念學習之相關研究。未出版之碩士論文，國立台灣教育學院科學教育研究所，彰化。

楊坤原、張賴妙理(2004)。遺傳學迷思概念之文獻探討及其在教學上的啟示。科學教育學刊, 12 (3), 365 - 398。

鄭湧涇(1981)。國中女生生物科學習成就與認知發展的關係。科學發展月刊, 9 (4), 365-376。

鄭湧涇(1982)。皮亞傑認知發展與生物科學習的關係。科學教育月刊, 51, 23-27。

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 2, pp. 89 – 195). New York: Simon & Schuster.

Betrancourt, M. (2005). The animation and interactivity principles in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 287 – 296). New York: Cambridge University Press.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2007). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. San Francisco: Pfeiffer.

- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco: Pfeiffer.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fleming, M. L., & Levie, W. H. (1993). *Instructional Message Design: Principles from the Behavioral and Cognitive Sciences*. Englewood Cliffs, N.J: Educational Technology Publications.
- Hartley, J. (1985). *Designing instructional text*. New York: Nichols.
- Hegarty, M., Kriz, S., & Cate, C. (2003). The roles of mental animations and external animations in understanding mechanical systems. *Cognition and Instruction*, 21(4), 209.
- Heinich, R., Molenda, M., & Russell, J. D. (1993). *Instructional media and the new technologies of instruction*. New York: Macmillan Pub. Co.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11 – 24.
- Lazarowitz, R., & Penso, S. (1992). High school students' difficulties in learning biology concepts. *Journal of Biological Education*, 26(3), 215-215.
- Levin, J. R. (1981). Pictures as prose-learning devices. Retrieved from <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accn=o=ED209660>
- Lohr, L. (2003). *Creating graphics for learning and performance: lessons in visual literacy*. New Jersey: Pearson Education.

Longden, B. (1982). Genetics-are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, 16(2), 135 – 40.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E., Bove, W., Bryman, A., Mars, R., & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 64 – 73.

Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. (2005). When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11(4), 256 – 265.

McIntyre, W. A. (1983). The psychology of visual perception and learning from line drawings: A survey of the research literature. (*ERIC Document Reproduction Service No. ED230901*).

Medina, J. (2008). *Brain Rules: 12 Principles for Surviving and Thriving at Work, Home, and School*. Seattle: Pear Press.

Miller, G. A. (1956). The magic number 7, plus or minus 2: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81 – 97.

Mullet, K., & Sano, D. (1995). *Designing visual interfaces: Communication oriented techniques*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.

Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. New York: Basic Books.

Paivio, A. (1990). *Mental representations : a dual coding approach*. New York: Oxford University Press.

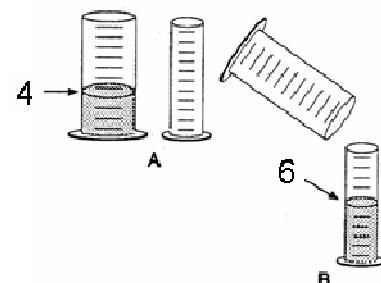
- Sternberg, R. (2003). *Cognitive psychology*. Belmont: Thomson/Wadsworth.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: UK: Cambridge University Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 247-262.
- Van Merriënboer, J. J., & Ayres, P. (2005). Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 5 – 13.
- Williams, R. (1994). *The non-designer's design book: Design and typographic principles for the visual novice*. Pearson Education.
- Williams, R., & Tollett, J. (1998). *The non-designer's web book: An easy guide to creating, designing, and posting your own web site*. Berkeley: Peachpit Press.



附錄 A  
科學推理測驗

1. 假設給你兩個形狀、重量與大小均相同的黏土球。其中一個球將它壓平成薄餅形狀，下列哪一個情況是對的？

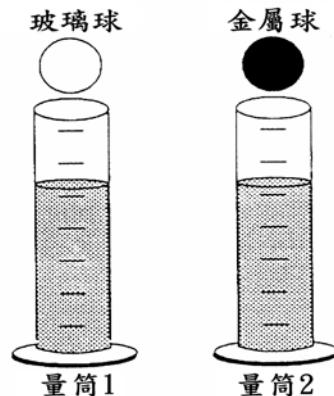
- (1) 薄餅狀的黏土重量比另一個球狀黏土的重量還重。
- (2) 兩個黏土不管形狀如何，它們的重量還是相同。
- (3) 球狀黏土的重量比薄餅狀的黏土重量還要重。



2. 你所根據的理由是：

- (1) 因為薄餅狀的黏土面積比較大。
- (2) 因為同一點往下壓，壓的越平，其重量就會越大。
- (3) 因為當物體弄成薄餅狀時，會失去一些重量。
- (4) 因為黏土沒有增加或減少。
- (5) 因為當物體被弄成薄餅狀的時候，重量會增加。

3. 在右圖中有兩個量筒注滿了相同高度的水，兩個量筒的形狀與大小皆相同。在右圖中，有兩個小球，一個是玻璃製的，另一個是鐵製的。兩個球體形狀相同，但是鐵球的重量比玻璃球還要重。把玻璃球放入量筒 1 後，發現玻璃球沈到量筒的底部，然後發現量筒的水位上升到刻度 6 的位置。假如我們將鐵球放入量筒 2 後，請問水面會上升到哪個刻度？



- (1) 與量筒 1 的水位高度相同(刻度都是 6)。
- (2) 比量筒 1 的水位還要高(比刻度 6 還要高)。
- (3) 比量筒 1 的水位還要低(比刻度 6 還要低)。

4. 你所根據的理由是：

- (1) 因為鐵球沈到量筒底部的速度較快。
- (2) 因為兩個球狀物是不同的材質所製成的。
- (3) 因為鐵球的重量比玻璃球的重量還要重。
- (4) 因為玻璃球所造成的壓力比較小。
- (5) 兩個球的體積相同。

5. 右圖有兩個量筒，一個口徑比較寬，一個口徑比較窄。兩個量筒具有相同的刻度。在寬口徑的量筒中倒入水，讓水位上升到刻度 4 的位置（圖 A）。然後將寬口徑量筒中的水，倒入窄口徑的量筒，發現水位上升到刻度 6 的位置。假設現在兩個量筒都是空的，將水加入寬口徑的量筒中，直到水位上升到刻度 6 的位置。那麼如果將這些水倒入窄口徑的量筒中，請問水位的高度是多少？

- (1) 大約刻度 8 的位置。
- (2) 大約刻度 9 的位置。
- (3) 大約刻度 10 的位置。
- (4) 大約刻度 12 的位置。
- (5) 以上皆非。



6. 你所根據的理由是：

- (1) 紿的相關資訊不足，因此無法判斷答案。
- (2) 因為之前寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，水位上升 2 個刻度，因此後來的刻度也應該上升 2 個刻度。
- (3) 因為寬口徑量筒上升 2 個刻度，對於窄口徑的量筒而言，會上升 3 個刻度。
- (4) 因為第二個窄口徑的量筒更窄了。
- (5) 我們必須實際地將寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，並加以觀察，才可以做出正確的結論。

7. 現在如果將水倒入窄口徑量筒中（如題目 5 的描述），使水位上升到刻度 11 的位置。那麼如果將這些水倒入空的寬口徑量筒中，請你預測水位會上升到哪一個刻度？

- (1) 大約刻度 7.5 的位置。  
 (2) 大約刻度 9 的位置。  
 (3) 大約刻度 8 的位置。  
 (4) 大約刻度 7 又  $\frac{1}{3}$  的位置。  
 (5) 以上皆非。

8. 你所根據的理由是：

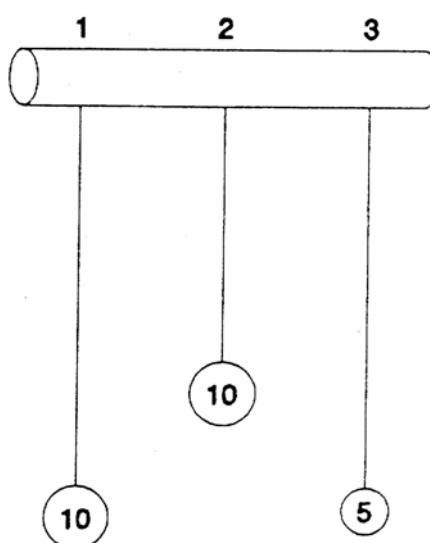
- (1) 寬口徑量筒與窄口徑量筒水位上升的比例應該會相同。  
 (2) 我們必須實際地進行操作與觀察，才能得到正確答案。  
 (3) 提供的資料不足，使我們無法決定正確答案是哪一個。  
 (4) 因為上一題水位差 2 個刻度，所以這一題的狀況中，也應該差 2 個刻度。  
 (5) 窄口徑量筒水位上升 3 個刻度，倒入寬口徑量筒時，將窄口徑量筒刻度減去 2 就是寬口徑量筒水位的高度。

9. 在右圖中，木棍上繫著三條線。在每條線的末端都繫著金屬重物，線條 1 與線條 3 的長度相同，線條 2 短一點。線條 1 與 2 末端繫著重量為 10 單位的重物，線條 3 末端繫著重量為 5 單位的重物。繩子（包括末端的重物）可以前後擺動，而且擺動的時間是可以被測量的。假設你想要找出長度與擺動時間的關係，哪些線可以讓你找出這個關係？

- (1) 只有 1 條線就夠了。  
 (2) 三條線都可以。  
 (3) 線條 2 與 3。  
 (4) 線條 1 與 3。  
 (5) 線條 1 與 2。

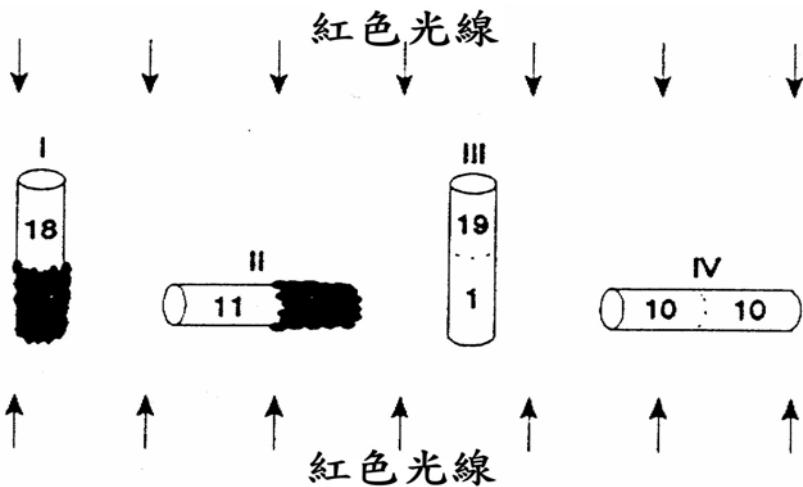
10. 你所根據的理由是：

- (1) 你必須使用最長的線條。  
 (2) 你必須要比較末端繫著 5 單位重量與  
 (3) 只有長度上的不同。  
 (4) 必須去嘗試所有可能的比較。  
 (5) 重量的不同。



11. 四個玻璃管中，都放入 20 隻果蠅，且每個玻璃管的兩端都是封住的。玻璃管 1 與玻璃管 2 有某部分被黑色的紙包起來，玻璃管 3 與 4 則沒有被黑色紙

包住。這些玻璃管放置的方式如圖所示，然後把這些玻璃管放置在紅色光線下五分鐘。下圖顯示了沒有被黑色紙包住的果蠅數目。



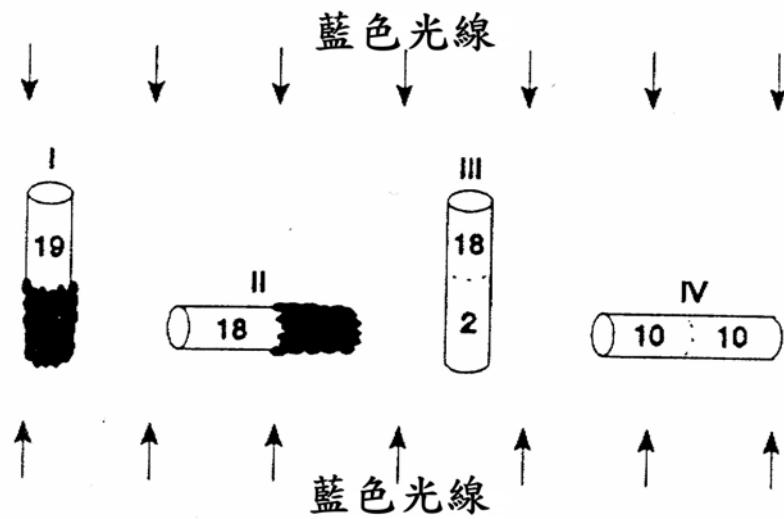
這個實驗顯示出果蠅的反應是？（這些反應是指果蠅靠近或遠離）

- (1) 對紅色光線有反應，但對重力沒反應。
- (2) 對重力有反應，但對紅色光線沒反應。
- (3) 對重力與紅色光線都有反應。
- (4) 對重力與紅色光線都沒反應。

12. 你所根據的理由是：

- (1) 大多數的果蠅分佈在玻璃管 3 的頂端，但卻平均散佈在玻璃管 2 中。
- (2) 在玻璃管 1 與玻璃管 3 中，大多數的果蠅都不在管子底部。
- (3) 果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力。
- (4) 大部分的果蠅都分佈在管子的頂端，以及被照亮的管子端。
- (5) 每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈。

13. 在第二次實驗中，使用不同品種的蒼蠅跟藍色的光線。而實驗的結果表示於下列圖示中：



這些資料顯示出這些蒼蠅的反應是？（這裡的反應是指蒼蠅靠近或遠離）

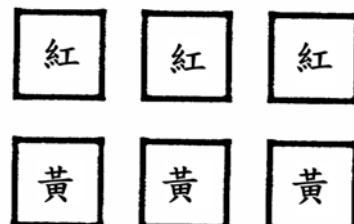
- (1) 對藍色光線有反應，但對重力沒有反應。
- (2) 對重力有反應，但對藍色光線沒反應。
- (3) 對重力與藍色光線都有反應。
- (4) 對重力與藍色光線都沒反應。

14. 你所根據的理由是：

- (1) 每一個玻璃管的兩端均有一些蒼蠅的分佈。
- (2) 蒼蠅需要光線才看的見，而且蒼蠅飛行必須反抗重力。
- (3) 因為蒼蠅平均分佈在玻璃管 4 中，但是玻璃管 3 中的蒼蠅大多分佈在頂端。
- (4) 大多數的蒼蠅分佈在玻璃管 2 的亮端，但沒有分佈玻璃管 1 與 3 的底端。
- (5) 大多數的蒼蠅在玻璃管 1 的頂端，以及在玻璃管 2 的亮端。

15. 將六個正方形的木塊放進布袋中，並均勻的混合。這六塊木塊大小與形狀都相同，但是有三塊木塊是黃色，其他三塊是紅色。假設某人伸手進入布袋中（沒往內看），並拿出一塊木塊。拿到紅色的機率有多少？

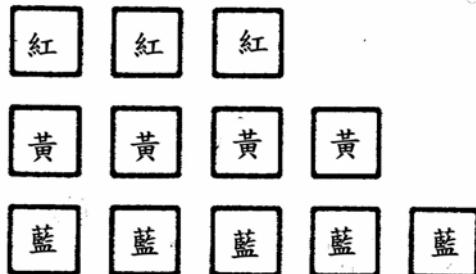
- (1)  $1/6$  的機率 (2)  $1/3$  的機率 (3)  $1/2$  的機率 (4) 100%的機率 (5) 無法決定



16. 你所根據的理由是：

- (1) 因為六塊木塊中，有三個是紅色的。  
(2) 沒有辦法說明那一塊木塊會被拿出來。  
(3) 六塊木塊中，只有一塊紅色的會被拿出來。  
(4) 六塊木塊中，形狀與大小都相同。  
(5) 三塊紅色的木板中，只有一個會被拿出來。

17. 布袋中，放入方形的木塊，其中紅色 3 個、黃色 4 個以及藍色 5 個，另外再放入 圓形木塊，其中紅色 4 個、黃色 2 個以及藍色 3 個。所有的木塊都被放入布袋中，並均勻的混合（不可以觀看，也不可以用手感覺形狀）。然後從布袋中拿出一個木塊。



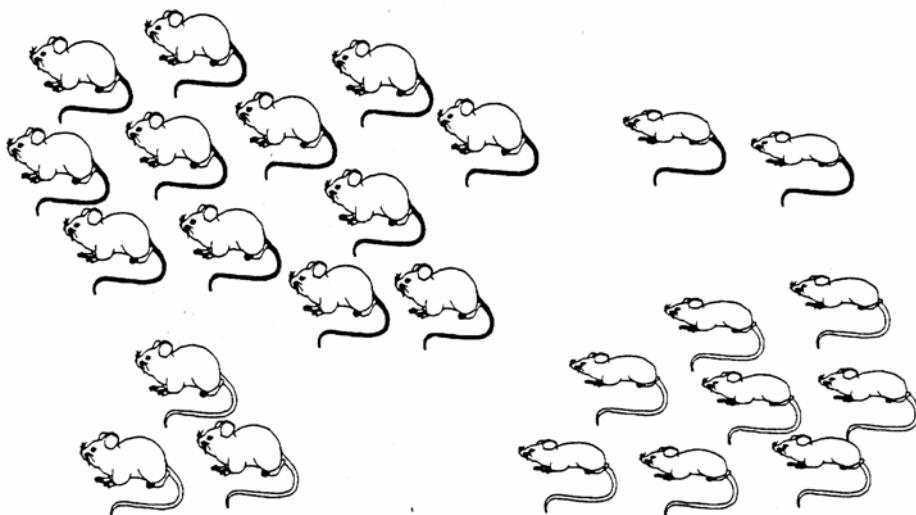
請問拿到紅色圓木塊或藍色圓木塊的機率為多少？

- (1) 資料不足，無法決定。
- (2)  $1/3$  的機率。
- (3)  $1/21$  的機率。
- (4)  $15/21$  的機率。
- (5)  $1/2$  的機率。

18. 你所根據的理由是：

- (1) 兩個形狀中，有一種是圓的。
- (2) 21 個木塊中，有 15 個藍色與紅色的。
- (3) 沒有辦法知道拿出來的木塊會是哪一種。
- (4) 21 個木塊中，只有一個會被拿出來。
- (5) 3 個木塊中，就有一個會是紅色的圓木塊或藍色的圓木塊。

19. 農夫布朗在他的農田中發現老鼠，而且這些老鼠有胖有瘦，它們的尾巴的顏色有黑色也有白色。因為這樣的觀察，讓農夫布朗想要知道老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有相關連。所以他捕捉了農田某部分土地的所有老鼠，並且觀察它們。下圖中的老鼠就是他抓到的：



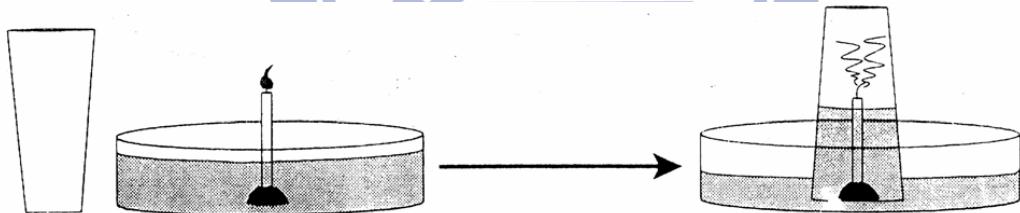
你認為老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有某些關連？

- (1) 似乎有某些關連。
- (2) 沒有關連。
- (3) 無法進行合理的推理。

20. 你所根據的理由是：

- (1) 因為每一種類型的老鼠都有抓到一些。
- (2) 在老鼠尺寸與老鼠尾巴顏色可能有基因上的關連。
- (3) 這裡所抓到的老鼠數量不足，無法進行判斷。
- (4) 大多數肥胖的老鼠，它們的尾巴都是黑色，而且大多數瘦的老鼠都有白色尾巴。
- (5) 當老鼠越來越肥胖，它們的尾巴也會越來越黑。

21. 下圖中，左圖裡有玻璃杯，以及點燃的生日蠟燭，而生日蠟燭被小塊的黏土固定在水盤底端。右圖中，將玻璃杯蓋住燃燒且放在水盤中的蠟燭。此時，蠟燭會快速的熄滅，玻璃杯的水位也會上升。



這個觀察的結果引發出一個有趣的問題：為什麼玻璃杯中的水位會上升呢？可能的解釋是：燃燒的過程中，蠟燭與氧氣燃燒後，產生二氧化碳，因為氧氣無法快速溶解在水中，但二氧化碳可以，因此燃燒產生的二氧化碳快速的溶解在水中，導致玻璃杯內的壓力變小，玻璃杯內的水位因此而上升。假設提供你上述的所有的實驗器材與材料，並額外供給你一些火柴與乾冰，你要怎樣驗證上述敘述之可能性？

- (1) 讓水中充滿了二氧化碳，並重做上面的實驗，注意水位上升的高度。
- (2) 水位的上升是因為氧氣被消耗了，所以精確的重做實驗來證明水位的上升是因為氧氣的消耗。

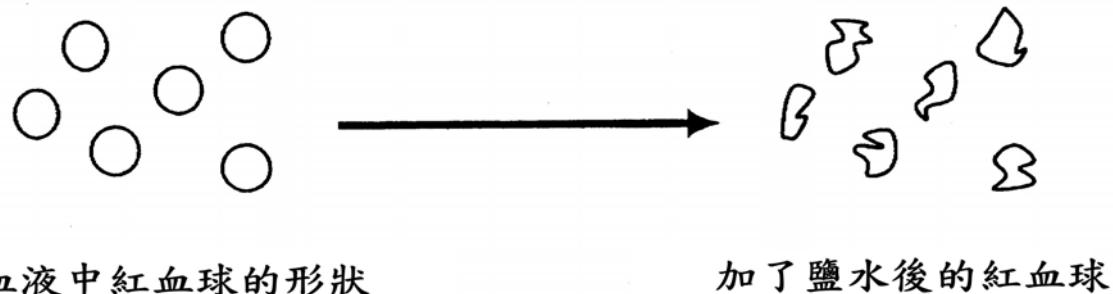
- (3) 設計一個對照組，變更蠟燭的數目，然後看看實驗結果是否有何不同。
- (4) 水位上升的可能原因是因為吸力，所以製作一個通管，並在通管的頂端放一個氣球，並將燃燒的蠟燭放置於此裝置內。
- (5) 重做實驗，並確實控制住所有可能的變因，然後再進行水位上升的測量。

22.哪一個實驗的結果（如上題中所提到的）將會顯示出你的解釋可能是錯的？

- (1) 水位上升的高度與之前的實驗相同。
- (2) 水位上升的高度比之前的實驗低。
- (3) 氣球膨脹了。
- (4) 氣球收縮了。



23. 阿坤將一滴血液放在顯微鏡下觀察，所看到的結果如圖左所示，紅血球在顯微鏡下看起來像是一個圓球。但是再滴入幾滴鹽水後，阿坤經由顯微鏡觀察後發現，紅血球的形狀似乎變小了。(如圖右)



這個觀察結果引發了一個很有趣的問題：為什麼紅血球的形狀會變小？阿坤思考之後提出了兩個可能的解釋-- 第一個解釋：食鹽中的鈉離子與氯離子推擠細胞膜，因此讓細胞變小了。第二個解釋：水分子受到食鹽中鈉離子與氯離子的吸引而離開細胞，因此細胞變小了。為了驗證這些解釋，阿坤準備配置好的鹽水、精密的秤重儀器以及一些裝有水的塑膠袋（假設塑膠袋就像是紅血球的細胞膜）以便進行實驗。將塑膠水袋事先經過精確的重量測量，然後放入鹽水中十分鐘，再拿出來測量水袋的重量。下列哪一個敘述可以證明第一個解釋是錯誤的？

- (1) 水袋的重量減少。
- (2) 水袋的重量相同。
- (3) 水袋變小了。

24. 下列哪一個敘述可以證明第二個解釋是錯誤的？

- (1) 水袋的重量減少。
- (2) 水袋的重量相同。
- (3) 水袋變小了。

附錄 B  
遺傳單元成就測驗（後測）

- 某生物的有性生殖過程如下表所示，則甲、乙、丙過程分別為何？  
(A)細胞分裂、受精作用、減數分裂 (B)減數分裂、受精作用、細胞分裂  
(C)減數分裂、細胞分裂、受精作用 (D)細胞分裂、減數分裂、受精作用。
- 承上題，若該生物為黑猩猩，其體細胞有 48 條染色體，則上表括號中的 F、G、H、M 依序各為多少條？ (A) 24、24、48、48 (B) 48、48、96、96 (C)

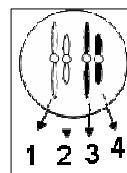


48、48、48、48 (D) 24、24、48、24。

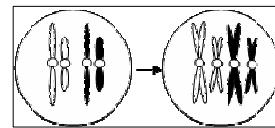
- 關於無性生殖，下列敘述何者錯誤？  
(A)只要單一個體就能完成 (B)不需配子參與 (C)須經減數分裂 (D)後代的染色體和親代完全相同。
- 不論有性生殖或無性生殖都必須經歷以下哪一項過程？  
(A)子細胞內染色體數目減半 (B)產生四個子細胞 (C)細胞分裂 (D)減數分裂。
- 關於染色體的敘述，下列何者錯誤？  
(A)位於細胞核內 (B)含有遺傳物質 DNA 的構造  
(C)平時呈細絲狀，在細胞分裂時，會聚縮成較粗短的形狀 (D)各種生物的染色體數目都相同。
- 把同一種生物的精細胞和受精卵拿來比較。請問細胞內的染色體套數為何？  
精細胞：受精卵 = (A)N : N (B)N : 2N (C)2N : N (D)2N : 2N。
- 已知果蠅的體細胞有 4 條染色體，則下列何者是其精子中的染色體數？  
(A)8 條成對的染色體 (B)4 條成對的染色體 (C)4 條不成對的染色體  
(D)2 條不成對的染色體。
- 某生物有甲、乙兩種細胞，其染色體如右圖所示。  
下列敘述何者正確？  
(A)甲、乙細胞中均有成對的同源染色體  
(B)甲、乙細胞均勻分布在各器官中  
(C)甲細胞的染色體對數是乙細胞的兩倍  
(D)甲細胞的染色體套數是乙細胞的兩倍。



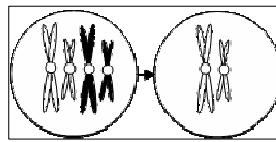
9. 某生物細胞內的染色體如右圖，下列何者互為同源染色體？  
(A) 1、2、3、4 (B) 3、4 (C) 1、2 (D) 1、3。



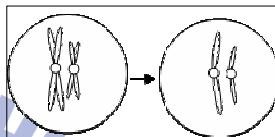
10. 右圖的過程是：  
(A)複製染色體分離 (B)同源染色體分離  
(C)非同源染色體分離 (D)染色體複製。



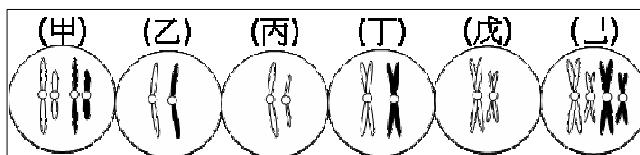
11. 右圖的過程是：  
(A)複製染色體分離 (B)同源染色體分離  
(C)非同源染色體分離 (D)染色體複製。



12. 右圖的過程是：  
(A)複製染色體分離 (B)同源染色體分離  
(C)非同源染色體分離 (D)染色體複製。



13. 某生物的體細胞具有 10 對染色體，經過五次細胞分裂之後，則所產生的子細胞中具有多少染色體？(A)  $10 \times 5 = 50$  對 (B)  $10 \div 5 = 2$  對 (C) 10 對 (D) 10 條。  
14. 某生物的體細胞具有 10 對染色體，若該生物經過五次減數分裂，則所產生的生殖細胞中具有的染色體數目應為多少？  
(A)  $10 \div 5 = 2$  對 (B)  $10 \times 2 = 20$  對 (C) 10 對 (D) 10 條且不成對。  
15. 阿茂和同學打籃球的時候，不慎跌倒擦傷膝蓋，請問等他痊癒後，其新生皮膚細胞的染色體數目共有多少對？  
(A) 69 (B) 46 (C) 23 (D) 92。  
16. 根據圖(甲)一(己)，請回答下列第 16-17 題：



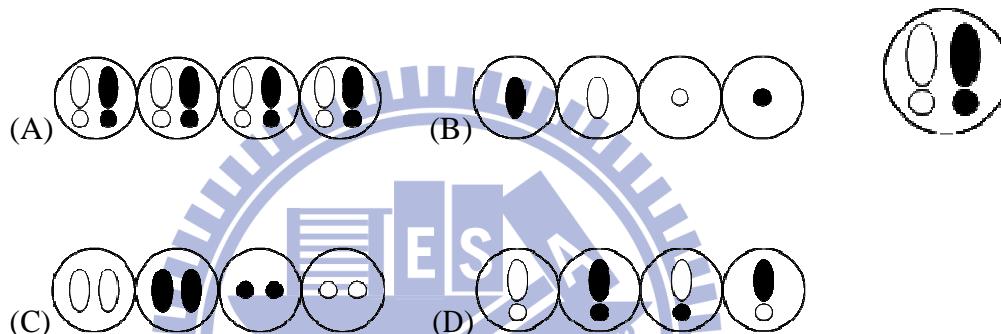
17. 某生物體細胞內的染色體如圖(甲)，該生物的「精子」內所含有的染色體應是何者？  
(A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁。  
18. 某生物體細胞內的染色體如圖(甲)，該生物所產生的新個體，其神經細胞內所含有的染色體應是何者？(A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 戊。

19. 下表是細胞分裂和減數分裂的比較，請選出完全正確者：

- (A)1、2、4、5 (B)1、3、5 (C)1、3、4 (D)3、4。

	細胞分裂	減數分裂
1.染色體複製次數	1 次	1 次
2.分裂次數	2 次	2 次
3.產生子細胞數	2 個	4 個
4.子細胞內染色體套數	雙套	單套
5.進行此種分裂的細胞種類	生殖細胞	體細胞

20. 如右圖為某一細胞內的兩對染色體，該細胞經減數分裂後，所產生的新細胞染色體，有哪些可能的組合？



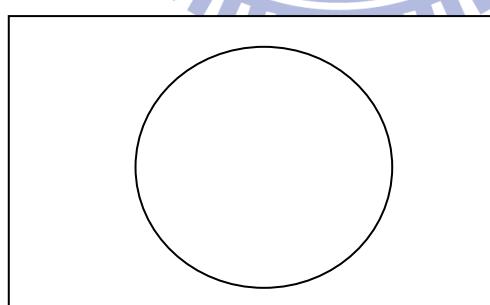
21. 右圖為雌果蠅體細胞染色體模式圖，圖中共有幾條染色體？

- (A)2 條 (B)4 條 (C)6 條 (D)8 條。

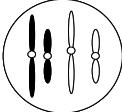
22. 承上題，圖中有幾對染色體？(A)1 對 (B)2 對 (C)3 對 (D)4 對。

23. 承上題，圖中有幾套染色體？(A)1 套 (B)2 套 (C)3 套 (D)4 套。

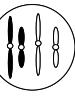
24. 承上題，請畫出雌果蠅配子染色體？



25. 細胞分裂時，母細胞具有兩對染色體，經細胞分裂後，請畫出分裂的過程，並加上文字說明

繪圖					
文字說明	聚縮成染色體				

26. 減數分裂時，母細胞具有兩對染色體，經減數分裂後，請畫出分裂的過程，並加上文字說明

繪圖						
文字說明	聚縮成染色體					

