

國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

碩 士 論 文

注意力引導在激發式動態教學之研究-以靜電學為例

A Study of Attention Guiding on Dynamic Digital
Instructional Design in Electrostatics

研 究 生：李元亨

指導教授：陳明璋 教授

中 華 民 國 九 十 九 年 七 月

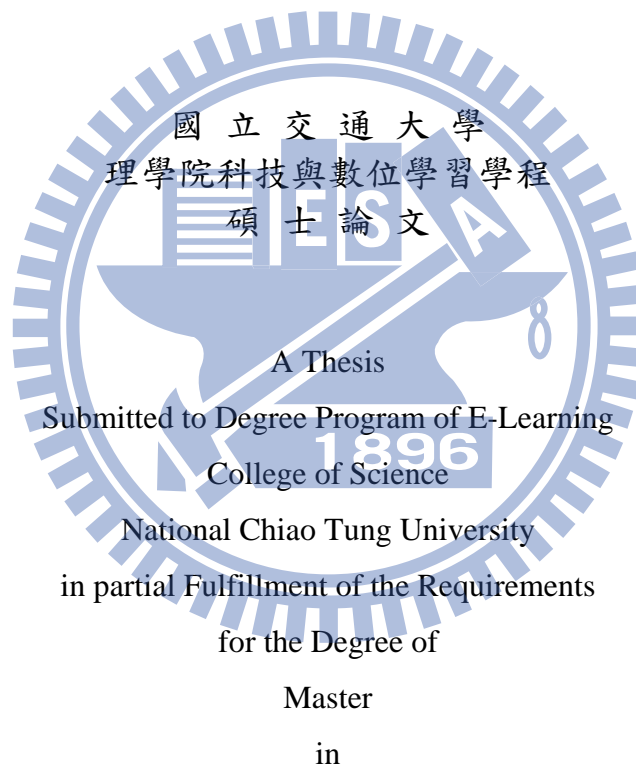
注意力引導在激發式動態教學之研究-以靜電學為例
A Study of Attention Guiding on Dynamic Digital Instructional
Design in Electrostatics

研 究 生：李元亨

Student：Yuan-Heng Li

指導教授：陳明璋

Advisor：Ming-Jang Chen



Degree Program of E-Learning

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

注意力引導在激發式動態教學之研究-以靜電學為例

學生：李元亨

指導教授：陳明璋 博士

國立交通大學理學院科技與數位學習學程

中文摘要

本研究旨在探究「注意力引導在激發式動態教學教材設計模式」對學生學習摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等靜電單元之學習成效。

學習者在本來就具有主動學習、但有限能力的性質，一個好的多媒體教材，應具有幫助學習者選取訊息、組織訊息、綜合訊息的功能，在教材設計上應考量當訊息進入時能相互為用，而並非不相關。因此本研究透過激發式動態呈現、注意力引導的方式來讓訊息有引導性、溝通性、建立關聯來達到降低認知負荷量，以提升學生的學習成效。

實驗對象為國中八年級學生，共四個班級，共計 110 位（實驗組兩班，對照組兩班，每組各55位）。每組進行不同模式教材45分鐘的教學，隨後進行靜電學成就測驗後測、認知負荷問卷、課程感受問卷，並於授課一個月後進行延後測。

採雙因子共變數分析實驗結果，從後測分析中發現，此教材設計方式對於高、中學業成就的學生在提升靜電學之學習有顯著效果（ $p < .05$ ）；從延後測分析中發現，實驗組在了解、應用與分析題型的表現上亦顯著優於對照組（ $p < .05$ ）。綜合以上，顯示學習靜電單元時，此教材設計方式將能提升學習效果。

在認知負荷方面，因對照組修改自實驗組，已有部分設計符合多媒體設計原則，故實驗組與對照組之認知負荷量均偏低，教材設計對降低認知負荷量的效果並不顯著（ $p > .05$ ）。

在課程感受方面，雖然教材設計對提升課程感受的效果並不顯著（ $p > .05$ ），但不同學業成就的學生對課程的感受均偏高，表示教材內容的設計方式能有效地引發學生的學習興趣。

關鍵詞：多媒體學習、激發式動態呈現、認知負荷

A Study of Attention Guiding on Dynamic Digital Instructional Design in Electrostatics

Student : Yuan-Heng Li

Advisor : Dr. Ming-Jang Chen

Degree Program of E-Learning

National Chiao Tung University

Abstract

This study mainly researches into the learning efficiency of “attention guiding by Trigger-based Animated Instruction” on the students who learn tribo-electrification, electrostatic induction, electrification by induction and contact electrification, etc.

The learners have character of active learning with limited abilities. A good multimedia teaching material should have the function on helping the learners choose, organize and combine the message. Besides, the design of teaching material is supposed to consider the interaction of messages, but not unrelated. As a result, this study uses Trigger-based Animated Instruction and attention guiding instruction to make the messages have guidance and communicative competence, to make connection to reduce cognitive load, and to improve the learning efficiency of the students.

The teaching experiment will be conducted with four classes of Eighth graders, 110 students. (Two classes are the experimental group, and the others are the control group. Each group has fifty students.) Each group is taught for forty-five minutes with different teaching materials, and then each group takes the latter measured test of electrostatic induction, the cognitive load questionnaire, the student-response questionnaire. One month after the teaching, each group takes the postpone-measured test.

The data is analyzed by ANOVA and the latter-measured test shows that the design of teaching material has significant effect ($p < .05$) on improving the learning of electrostatic induction of the students with advanced-proficiency and medium- proficiency. The postpone-measured test shows that the experimental group significantly better at understand, applying, and analyzing questions than the control group ($p < .05$). As the result, this design of teaching material can improve the learning efficiency on learning electrostatic induction.

On cognitive load, the control group is modified from the experimental group, and some parts of the teaching material conform to the rules of multimedia design, so the cognitive load of the experimental group and the control group is low. The design of the teaching material has insignificant effect on reducing the cognitive load ($p > .05$).

On the response of the lesson, the design of the teaching material has insignificant effect ($p > .05$), but the response of the students with different proficiency is high. This study shows that the design of the experimental teaching material can motivate the students effectively.

Keyword : multimedia learning, trigger-based animation, cognition load.



致謝

非常感謝我的指導教授陳明璋老師，在這兩年碩士班的生涯中，無論在課程進修、學術研究、論文撰寫等都給我非常豐富的指導。也很感謝黃大原教授與黃台珠教授於百忙之中仍擔任我的口試委員，對我論文詳細的審閱並給予我很寶貴的建議。

感謝志祥、舜國、椿惠、子榕與家瑩等一同相互扶持的同學，氣餒時能相互打氣、遇困難時能共同討論，因為你們才讓我感覺這一路走來不孤單。

感謝學校同處室中主任與各組長在這段期間給我的支持，尤其在完成論文最後這兩個月，正逢學校期末有許多重大的活動，但辦公室的同事們主動給我的支援，讓我能有足夠的心力放在論文的撰寫上。

感謝我的家人與女朋友在這段期間對我的包容與照顧。兩年來的碩士課程均利用周三晚上與周六全天等期間上課，也因此讓我無法在學期中返回台南老家探望父母親，父母親對此也十分體諒，對此真是令我感到不捨與感動。我的女朋友在這兩年真的給我非常大的鼓勵與協助，從一開始報考研究所、過程中資料蒐集、論文撰寫中在生活點滴中的照顧，這所有的一切均點滴在心頭。

最後，感謝主保守我的論文能順利的完成，當我心情煩躁不穩的時候，能讓我有個尋求平靜的對象，感謝主，阿們。

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
致謝	IV
目錄	V
表目錄	IX
圖目錄	XV
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與問題	2
一、研究目的	2
二、研究問題	2
三、虛無假設	3
第三節 名詞解釋	3
第四節 研究範圍與限制	4
一、研究限制	4
二、研究範圍	4
第二章 文獻探討	5

第一節	國中電學相關研究	5
一、	電學學習困難之處	5
二、	感應起電單元相關研究	6
第二節	認知負荷理論	7
一、	認知負荷的意涵	7
二、	認知負荷的基本假設	8
三、	認知負荷的類型	8
四、	認知負荷的教學設計	9
第三節	多媒體學習認知理論	10
一、	多媒體學習認知理論基本假設	10
二、	多媒體學習認知理論設計原則	11
第四節	步驟化呈現	16
第三章	研究方法	19
第一節	研究流程	19
第二節	研究對像	20
第三節	實驗設計	23
一、	實驗設計模式	23
二、	研究架構圖	24
第四節	研究工具	25

一、 實驗教材設計	25
二、 學習成就後測測驗卷	29
三、 認知負荷評量表	32
四、 課程使用問卷	33
第五節 活動設計	34
第六節 資料處理	35
一、 教材設計與學業成就對靜電單元後測成效的影響	35
二、 教材設計與學業成就對靜電單元延後測驗成效的影響	36
三、 教材設計與學業成就對學習靜電單元之認知負荷的影響	37
四、 教材設計與學業成就對學習靜電單元之課程內容感受的影響	37
第四章 結果與討論	39
第一節 樣本敘述統計資料	39
一、 實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計	39
二、 學業成就分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計	41
第二節 研究假設的檢驗與說明	45
一、 教材設計與學業成就對學習成就後測的影響	45
二、 教學設計與學業成就對延後測驗的影響	63
三、 教學設計與學業成就對認知負荷的影響	81
四、 教學設計與學業成就對課程感受的影響	84

第三節	結果摘要	88
第五章	結論	89
第一節	研究結論	89
第二節	研究貢獻	90
第三節	未來研究方向	91
第六章	參考文獻	93
附錄	
附錄一	摩擦起電教材分析	
附錄二	靜電感應教材分析	
附錄三	感應起電教材分析	
附錄四	接觸起電教材分析	
附錄五	靜電學習成就前測題目	
附錄六	靜電學習成就後測題目(1)	
附錄七	靜電學習成就後測題目(2)	
附錄八	認知負荷量表與課程使用問卷	

表目錄

表3-1-1 各階段研究流程時間對照表.....	20
表3-2-1 受測班級分組人數.....	21
表3-2-2 各班理化科學業成績描述性統計量.....	21
表3-2-3 各班理化科學業成績ANOVA.....	21
表3-2-4 高分組理化科學業成績描述性統計量.....	22
表3-2-5 高分組理化科學業成績ANOVA.....	22
表3-2-6 中分組理化科學業成績描述性統計量.....	22
表3-2-7 中分組理化科學業成績ANOVA.....	22
表3-2-8 低分組理化科學業成績描述性統計量.....	23
表3-2-9 低分組理化科學業成績ANOVA.....	23
表3-3-1 設計模式.....	24
表3-4-2測驗題目雙項細目表.....	31
表3-4-3前後測驗題目難度與鑑別度表.....	31
表3-4-4認知負荷評量表.....	32
表3-4-5課程使用問卷.....	33
表3-5-1施測班級教學時間表.....	34
表3-5-2教學活動設計.....	35

表4-1-1實驗組對照組教學實驗相關成績敘述統計資料摘要總表.....	40
表4-1-2低學業成就分組下實驗組對照組教學實驗成績相關敘述統計資料摘要總表.....	42
表4-1-3中學業成就分組下實驗組對照組教學實驗成績相關敘述統計資料摘要總表.....	43
表4-1-4高學業成就分組下實驗組對照組教學實驗成績相關敘述統計資料摘要總表.....	44
表4-2-1教學設計與學業成就對學習成就2×3二因子共變數分析資料.....	45
表4-2-2組內迴歸係數同質性考驗檢定.....	46
表4-2-3二因子共變數分析摘要表(教學設計與學業成就對後測).....	46
表4-2-4估記的邊際平均數(後測-教材設計-單變量檢定).....	47
表4-2-5估記的邊際平均數(後測-教材設計-估計值).....	47
表4-2-6估記的邊際平均數(後測-學業成就-單變量檢定).....	48
表4-2-7估記的邊際平均數(後測-學業成就-估計值).....	48
表4-2-8組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測-高學業成就組).....	49
表4-2-9教學設計單因子共變數分析摘要表(後測-高學業成就分組).....	49
表4-2-10組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測-中學業成就組).....	50
表4-2-9教學設計單因子共變數分析摘要表(後測-中學業成就分組).....	50
表4-2-10組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測-低學業成就組).....	51
表4-2-11教學設計單因子共變數分析摘要表(後測-低學業成就分組).....	51
表4-2-12各分組學習成就測驗記憶題、了解題、應用題、分析題平均數摘要表.....	52
表4-2-13組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測記憶題型).....	52

表4-2-16二因子共變數分析摘要表(後測記憶題型).....	53
表4-2-17估記的邊際平均數(後測記憶題型-學業成就-估計值).....	53
表4-2-14組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測了解題型).....	54
表4-2-19二因子共變數分析摘要表(後測了解題型).....	55
表4-2-15估記的邊際平均數(了解題型-學業成就-估計值).....	55
表4-2-21組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測應用題型).....	56
表4-2-16二因子共變數分析摘要表(應用題型).....	56
表4-2-17估記的邊際平均數(應用題型-學業成就-估計值).....	57
表4-2-24組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析題型).....	58
表4-2-18二因子共變數分析摘要表(分析題型).....	58
表4-2-19估記的邊際平均數(分析題型-教材-估計值).....	59
表4-2-20估記的邊際平均數(分析題型-學業成就-估計值).....	59
表4-2-21組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析-高學業成就組).....	60
表4-2-29單因子共變數分析摘要表(後測分析-高學業成就分組).....	60
表4-2-30組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析-中學業成就組).....	61
表4-2-22單因子共變數分析摘要表(後測分析-中學業成就分組).....	61
表4-2-23組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析-低學業成就組).....	62
表4-2-24單因子共變數分析摘要表(後測分析-低學業成就分組).....	62
表4-2-25教學設計與學業成就對延後測驗2×2二因子共變數分析資料.....	63

表4-2-26組內迴歸係數同質性考驗檢定.....	64
表4-2-27二因子共變數分析摘要表(教學設計與學業成就對延後測驗).....	64
表4-2-28估記的邊際平均數(延後測-教材設計-估計值).....	65
表4-2-29估記的邊際平均數(延後測-學業成就-估計值).....	65
表4-2-30組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測-高學習成就組).....	66
表4-2-31單因子共變數分析摘要表(高學業成就組教材設計對延後測驗分析).....	67
表4-2-32組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測-中學習成就組).....	67
表4-2-33單因子共變數分析摘要表(中學業成就組教材設計對延後測驗分析).....	68
表4-2-34組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測-低學習成就組).....	68
表4-2-35單因子共變數分析摘要表(低學業成就組教材設計對延後測驗分析).....	69
表4-2-36各分組學習成就延後測驗記憶題、了解題、應用題、分析題平均數摘要表...	69
表4-2-37組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗記憶題型).....	70
表4-2-47共變數分析摘要表(延後測驗記憶題型).....	70
表4-2-48估記的邊際平均數(延後測驗記憶題型-學業成就-估計值).....	71
表4-2-38組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗了解題型).....	72
表4-2-39共變數分析摘要表(延後測驗了解題型).....	72
表4-2-40估記的邊際平均數(延後測驗了解題型-教材-估計值).....	73
表4-2-41估記的邊際平均數(延後測驗了解題型-學業成就-估計值).....	73
表4-2-42組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗應用題型).....	74

表4-2-43共變數分析摘要表(延後測驗應用題型).....	74
表4-2-44細格及邊緣(際)調整後的平均數(延後測驗應用題型).....	75
表4-2-45單純主要效果分析摘要表(延後測驗應用題型).....	75
表4-2-46學業成就因子單純主要效果考驗摘要表(延後測驗應用題型).....	76
表4-2-58組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗分析題型).....	77
表4-2-59共變數分析摘要表(延後測驗分析題型).....	78
表4-2-47細格及邊緣(際)調整後的平均數(延後測驗分析題型).....	78
表4-2-48單純主要效果分析摘要表(延後測驗分析題型).....	79
表4-2-49學業成就因子單純主要效果考驗摘要表(延後測驗分析題型).....	79
表4-2-50教學設計與學業成就對認知負荷量 2×3 二因子變異數分析資料.....	81
表4-2-51二因子變異數分析摘要表(教學設計與學業成就對認知負荷量).....	82
表4-2-52估記的邊際平均數(認知負荷-學業成就-估計值).....	82
表4-2-53估記的邊際平均數(認知負荷-教材-估計值).....	83
表4-2-54教學設計與學業成就對課程感受 2×3 二因子變異數分析資料.....	84
表4-2-55二因子變異數分析摘要表(教學設計與學業成就對課程感受).....	85
表4-2-56估記的邊際平均數(課程感受-教材-估計值).....	85
表4-2-57估記的邊際平均數(課程感受-學業成就-估計值).....	85
表4-2-58單因子變異數分析摘要表(課程感受-高學業成就組).....	86
表4-2-59單因子變異數分析摘要表(課程感受-中學業成就組).....	86

表4-2-60單因子變異數分析摘要表(課程感受-低學業成就組).....	86
表4-3-1分析結果摘要表.....	88



圖目錄

圖2-1-1 感應起電的原理(引自康軒版二下自然與生活科技教科書).....	6
圖2-3-1 多媒體學習認知模型.....	10
圖2-3-2 分割原則範例-感應起電總表.....	11
圖2-3-3 分割原則範例-動態呈現.....	12
圖2-3-4 連貫原則範例.....	13
圖2-3-5 空間接近原則範例1.....	13
圖2-3-6 空間接近原則範例2.....	14
圖2-3-7 時間接近原則範例.....	14
圖2-3-8 信號原則範例-大綱.....	15
圖2-3-9 信號原則範例-指示手勢.....	16
圖3-1-1 研究流程圖.....	19
圖3-3-1 研究架構圖.....	24
圖3-3-2 靜電感應步驟圖.....	26
圖3-3-3 帶正電體靠近導體變化圖.....	27
圖3-3-4 導體近端帶電性之比較.....	27
圖3-3-5 比較導體右端帶電性.....	28
圖3-3-6 比較導體右端正電荷數目.....	28

圖3-3-7靜電感應步驟圖(帶負電體靠近情況下)	29
--------------------------------	----



第一章 緒論

本章共分為四節，第一節說明研究背景與動機，第二節說明研究目的，第三節為名詞解釋，第四節說明研究範圍與限制。

第一節 研究背景與動機

在國小的教材中，學生最早接觸到「電學」的內容大致有三：

1. 透過活動的操作，在組裝燈泡、電池、電線的過程中，依據通路原則，推理出有串聯、並聯兩種燈泡連接的方式，並於活動中可觀察到燈泡的亮度會因串聯、並聯不同的連接方式而異。
2. 從認識生活中各種電池，探討電池的正、負極等基本構造，及認識電池的串聯接法，進而了解電池簡單的作用原理。
3. 利用簡單電路和通路原理來分辨導電和不能導電的物體，並在生活中舉例說明導電體與非導電體的應用。

而在國中的教材裡，大多數的版本到三年級上學期才開始由生活中常見的「靜電」切入，有別於國小階段，在學習過原子、質子、電子、中子等微觀粒子的概念後，學生開始從微觀的角度來思考，從電子的移轉來認識摩擦起電的基本原理，並理解電性與庫倫定律等電學概念。而大多數的學生認為電學是一個在學習上困難的單元，原因便在於學生無法直接觀察到電子的流動與分佈，須藉由符號的表示與抽象的思考來學習。Garnett & Treagust、Sanger & Greenbowe、廖怡雯等人也曾指出電學因屬於較無法直接觀察的抽象概念，是學生感覺較難學習的概念之一（引自邱崇修，2006）。

國中靜電學包含的主要內容為：摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等。在課本教材的編輯上，常把這些連續變化的過程分成四到五個步驟，並將每步驟中電子分布變化的情形用靜態的圖片串連展示，學生在學習時往往須透過圖片上所描繪的電子分布情形，來推想電子在過程中如何運動。

雖然靜電在國中電學中並不是學生最感困難的章節，但在某一次學校的段考評量中出現了一題感應起電的題目，出題老師巧妙的變換步驟順序後詢問同學此時物體的帶電狀況，原以為是屬於簡單的概念理解題目，許多學生竟在作答上都發生了困難，因此這不禁讓人重新省思學生在靜電單元的學習上，究竟是真的理解電子運動變化的過程，或是僅是死背課本中既定的圖片順序罷了。

基於上述理由，研究者希望能藉由多媒體工具，幫助學生更有效學習靜電學概念。然而多媒體教學，往往是由老師控制畫面並配合口語解說的方式進行，因此在課堂上，學生必須要同時不斷地蒐尋與比對老師給予的口語及文字訊息，透過組織這兩部份訊息才能對教材獲

得完整的學習。而根據認知負荷理論，個體若是對於學習內容在心智上需要投注的努力越多，認知負荷就會越大，若超過個體所能負荷的範圍，則會影響個體的學習效果。對此，Mayer(2009)根據許多的研究結果，提出「多媒體學習理論」(Multimedia Learning Theory)。此理論列出了多項在多媒體教材設計上，能幫助學生學習的設計原則。

因此，多媒體教材的重點便在於如何有效引導學生的注意力，使學生能夠很快地選取相關訊息，幫助學生組織建立起訊息間的關聯性，並內化到學生的知識系統中，以提升學習的效果。

故教師在設計多媒體教材時，該如何運用多媒體設計原則引導學生的注意力？多媒體教材在哪一類型的題目表現上有顯著的影響？或是該如何運用多媒體設計原則來有效降低學生在學習中的認知負荷？或者同一份多媒體教材對不同學習成就的學生在學習上是否會有差異性？在教材設計上要如何作修正才能符合不同學習成就學生的學習，這些都是研究者在多媒體教材領域上所需要探究的問題。

第二節 研究目的與問題

一、研究目的

基於上述的研究動基，本研究目的如下：

1. 探討注意力引導激發式動態呈現教材，對不同學習成就的學生在摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等概念的學習成效的影響。
2. 探討注意力引導激發式動態呈現教材，對學生學習靜電單元之認知負荷的影響。
3. 了解注意力引導激發式動態呈現教材給予學習者的感受。

二、研究問題

基於上述的研究目的，本研究欲探討的研究問題如下：

1. 透過注意力引導激發式動態呈現教材教學後，對於學生在靜電單元之學習成效的提升是否會有顯著效果？
2. 透過注意力引導激發式動態呈現教材教學後，學生在哪一類型的題目測驗表現上有顯著的成效？
3. 注意力引導激發式動態呈現教材對於高、中、低哪組學業成就的學生，在靜電單元上的學習成效會有顯著效果？
4. 透過注意力引導激發式動態呈現教材教學後，對降低學生靜電單元的認知負荷是否會有

顯著效果？

5. 透過注意力引導激發式動態呈現教材教學後，學生對此教材設計方式的課程感受度為何？與坊間一般教材相比是否會有顯著差異？

三、虛無假設

基於上述研究問題，提出下列的假設：

虛無假設一：教材設計與學業成就在學習成就後測的表現沒有顯著交互效果。

虛無假設二：教材設計與學業成就在學習成就延後測的表現沒有顯著交互效果。

虛無假設三：教材設計與學業成就在降低認知負荷量方面沒有顯著交互效果。

虛無假設四：教材設計與學業成就在提課程感受量方面沒有顯著交互效果。

第三節 名詞解釋

1. 教材設計模式(teaching material design pattern)

教材設計模式係指教材運用哪些多媒體設計原則呈現動態資訊。本研究運用的原則主要是將動態資訊切割成數個階段，再將這些階段以步驟化動態呈現的方式相互銜接。

2. 學習成效(study result)

學習成效係指學生經過學習之後，所具備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靜電單元成就測驗之後測分數。

3. 認知負荷(cognitive load)

係指運作記憶的負荷，即個體在執行某種工作、作業或任務的過程中，個體所感受到的心智負荷與心智努力的負載狀態。本研究之「認知負荷量」之操作型定義是在「認知負荷問卷」中的分數，分數越低，對教材的負荷量便越低。

4. 課程感受(curriculum feeling)

課程感受是指學生透過此教材學習之後，得到的正面感受程度，操作性定義是在「課程感受問卷」中的分數，分數越高，正面感受程度越高。

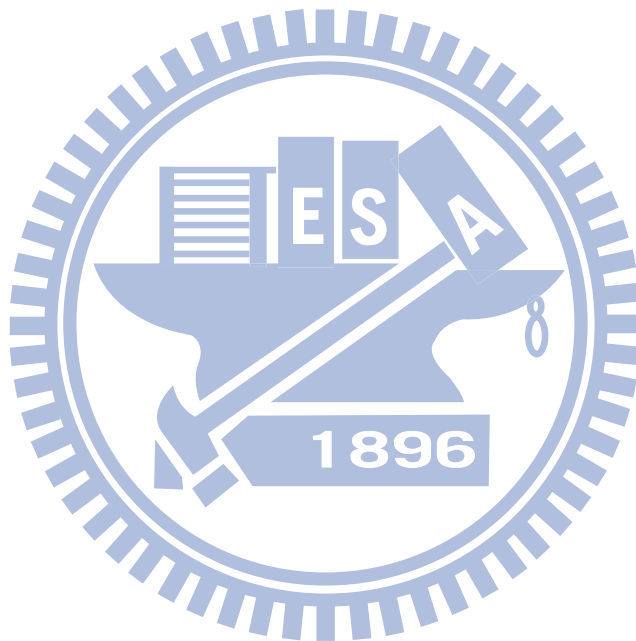
第四節 研究範圍與限制

一、 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。研究對象為新竹市某國中之八年級四個班級共 111 位學生，研究結果無法推論至不同地區。

二、 研究範圍

研究教材為國民中學自然與生活科技第五冊第一章「簡單電路」單元中「摩擦起電」、「靜電感應」、「感應起電」、「接觸起電」等概念，所以其結果不宜推論至其他單元或學科。



第二章 文獻探討

本研究主要在探討步驟化動態呈現輔以多媒體設計原則對國中學生對靜電學概念學習的影響，因此將探討相關的文獻與研究，以作為本實驗研究的理論依據的參考。第一節探討國中電學相關研究，第二節討論認知負荷理論，第三節討論多媒體學習理論。

第一節 國中電學相關研究

一、電學學習困難之處

在教學的過程中，長期觀察下來會發現總是有些單元會令學生感到較難學的，而國外許多學者(Bahar, Johnstone, & Hansell, 1999)對學生在學習上具有困難的主題進行分析後，發現這些主題間具有一個共通的特性，即是這些主題中同時含有不同層次的概念，包含巨觀、微觀以及抽象符號表徵等特質。

對此，江郁星(2007)在其研究中也指出，在科學教科書中，對於電學單元概念的教學即面臨以上所陳述的問題，電學單元教學內容包含：

- (一) 真實電路元件：常用的電池、電燈、電阻、伏特計、安培計等常用的電子電路元件的認識，以及串、並聯電路的接法。
- (二) 抽象性的科學概念：包含導體與絕緣體導電性的差異、導體如何導電、同性相吸異性相斥等。
- (三) 抽象符號與真實物件轉化的橋樑，並藉由符號來進行學習等。

除此之外，廖怡雯(1999)在其研究中亦指出，學生覺得電學是個在學習上感到困難的單元之原因，在於電學是屬於較無法直接觀察的抽象概念。

從本研究的角度來看，電學會造成學生學習上困難的原因，在於電學在教學上同時包含巨觀、微觀與抽象符號表徵等不同層次訊息交互出現，因此若教材沒有適當的對訊息作分類，沒有運用教材設計的方式凸顯相關重要的訊息，會造成學生在選取、組織訊息上的認知負荷，影響學生的學習效果。

因此在國中電學課本教材的編輯方面，除了透過實驗課程親手操作觀察外，對於抽象概念的介紹常常需要藉由圖片來輔助解說。在老師利用圖片傳遞科學概念的時候，對學生而言，所需要的便是如何從具體物件轉化到抽象符號表徵的學習，因此江郁星(2007)對於圖片符號在教學中的應用提出以下幾點建議：

- (一) 圖片中的符號，須讓學習者確實瞭解其所代表的意義。
- (二) 在文圖配合方面，須考慮圖片與文字之間如何搭配排列，才能產生最大的學習效益。
- (三) 教師可讓學生試著由圖片表徵中解說其意義，從中可瞭解學生學習上的問題以及讀圖困難的地方。

認為老師在教學中必須讓學生清楚了解相關符號所代表的意義，並可藉由教材設計來呈

現相關的訊息以幫助學生學習，並從學生的問答當中瞭解學生學習困難的地方。此一觀點，與本研究中運用之「認知負荷理論」、「多媒體學習理論」所欲陳述之重要概念更是不謀而合。

二、感應起電單元相關研究

在課本上雖利用圖片輔助呈現微觀抽象層次的變化，例如導體中正、負電荷之分佈變化情形等，但原本動態連續變化的過程，現在用靜態的圖片顯示，這兩者間的差異會對學生的學習造成何種影響呢？對此，林美秀(2007)針對九年級的學生在閱讀感應起電圖示瞭解情形進行相關的研究，當時以康軒版的教材為施測內容，如圖 2-1-1 所示：

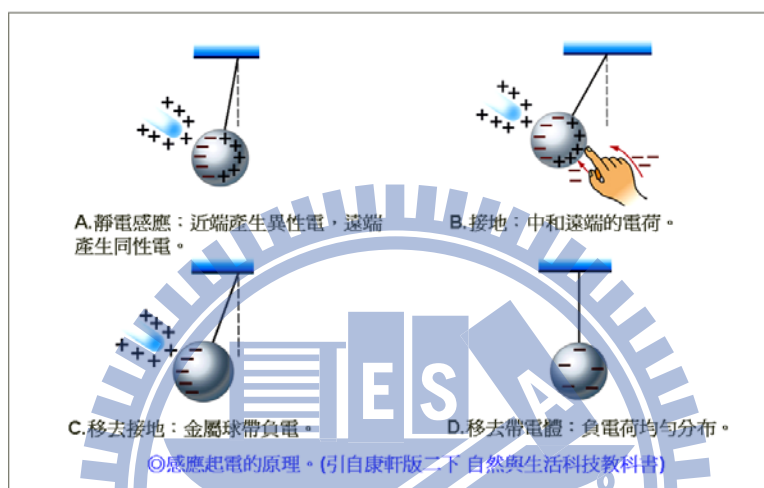


圖 2-1-1 感應起電的原理(引自康軒版二下自然與生活科技教科書)

在進行課堂教學之後，除對九年級學生進行閱讀理解的測試之外，並於課程結束後對學生進行半結構性晤談，晤談的問題共有 7 題，分述如下：

- (一) 請問你知道這是一張說明什麼概念的圖片嗎？你從哪裡得知？
- (二) 請問這張圖片中包含了哪些東西？
- (三) 請問圖中最難讓你理解、看不懂的地方是哪一個部份？為什麼看不懂？
- (四) 請問為什麼圖 C 中金屬球內正電不見了？
- (五) 請問你覺得這張圖裡的擺放順序恰不恰當，你認為要怎麼擺放才好？
- (六) 請問圖 B 中箭號代表什麼意思？你覺得箭號放在那裡的位置恰當嗎？若不恰當，應該放在哪裡呢？
- (七) 你認為這張圖裡每一樣東西和背景所搭配的颜色濃度恰不恰當？若不恰當，你認為要怎麼配才好？

7 題的晤談問題中，引起本研究興趣的是第 3、4、6 題，因為這三題反應出當學生閱讀課本圖片之後，對圖片中看不懂的地方為何？以及能看出學生對圖中的符號所代表的意義是否

真能理解。

從第3題學生的晤談結果可知，圖中最讓學生看不懂的地方有：

- (一) 圖中實線和虛線夾角的變化
- (二) 圖B中用手觸碰金屬球時，周圍的負電荷從何而來，以及它的原理為何？
- (三) 不清楚圖C中金屬球中的正電荷跑去哪邊。

第4題中所問金屬球內的正電不見，實是因為圖B中有額外電子經由手流到金屬球，使金屬球負電荷多於正電荷而帶負電，所以金屬球上所標示之負電實指金屬球的帶電性，但有不少同學卻認為正電荷符號不見，是因為正電荷被吸走或是被電子中和抵消。

而第6題中所提及圖B中箭號原代表電子經由手流向金屬球，是用來表示電子流動方向的輔助線，但是仍有部分學生認為這箭頭是指手移過去碰金屬球的方向，並認為因為手去推金屬球，所以才使得圖B中實線與虛線的夾角變大。

研究結果發現，當僅以靜態圖示展現動態過程，雖然為了幫助學生閱讀而增加部分符號，反而產生誤導學生的現象。

上述研究所發現的結果，學生之所以對於圖片中步驟與步驟間如何轉變並不清楚、無法藉由靜態的圖片去理解電子變化過程，實是因為同一張圖片中包含了許多的步驟與動作，學生無法單只藉由前後兩張圖片就判斷出所有的變化過程，圖片中無法提供學生完整的訊息，也無法有效地引導學生建立起訊息之間的關聯，因此會增加學生對教材的認知負荷，影響學生學習效果。

這便是本研究欲透過激發式動態呈現、注意力引導的方式來設計教材，以期透過教材的設計，讓訊息具有引導性、溝通性、易於建立關聯，便於幫助學生選取、組織、綜合訊息，藉以降低學生學習過程中認知負荷量，達到提升學生學習的功效。

第二節 認知負荷理論

一、 認知負荷的意涵

認知負荷理論(cognitive load theory)在教育界引起學者廣泛的討論，國內外許多學者也紛紛對認知負荷提出看法：

- (一) Paas & Merrienboer van, (1994)認為認知負荷是一種多向度的概念，它包含兩種成份：一種是心智負荷(mental load)，一種是心智努力(mental load)。如果學習者對於知覺的困難度越大，或者學習者覺得在心智上要付出的努力程度越多，則認知負荷就越大。
- (二) 黃克文(1996)指出認知負荷式學習者在接收、處理與運用訊息的過程中，因為訊息之內容、學習環境、傳輸環境與互動方式等因素，超越了學習者所知覺的認知能力，在當時的「心理」或「生理」上引起了負擔、重擔、苦惱與憂慮，甚至失敗、挫折的後設概念。

綜合以上觀點可知，當學習者接受外界訊息時，即會占用工作記憶的容量而產生認知負

荷，學習者所接收的訊息量越多，或是學習者認為在學習過程中他需要付出較多的心智努力來學習時，則認知負荷就會越大；當認知負荷量超過學習者所能夠承受的限度時，即會在生理上或是心理上產生負面的影響，而影響學習上的表現。

二、 認知負荷的基本假設

Sweller, van Merriënboer, & Pass (1998) 提出四個認知負荷理論對認知架構基本假設，分述如下：

- (一) 工作記憶的容量有限：一般工作記憶在保留訊息的限度是7個意元集組(7±2)，但若是在處理訊息時，則只剩2~3個意元集組，因此若一次要處理多個訊息，使工作記憶容量過度負荷，而缺乏足夠的基模來處理訊息時，將會造成學習上的困難。
- (二) 長期記憶沒有容量的限制：長期記憶與工作記憶不同，並沒有容量上的限制。但當遇到問題時，專家可以在很短的時間內於長期記憶中找到所要的資訊，但是對於生手往往需要花較久的時間，因此也較容易產生認知負荷。
- (三) 長期記憶是以基模形式儲存的：基模是過去的經驗的組織，在長期記憶中具有組織和儲存知識的功用，在工作記憶中則能降低負荷量。因此學習者若具備豐富的基模，將有助於學習者在學習上的成效。
- (四) 基模運作的自動化是基模建構的重要過程：訊息若不需透過意識決定、採用自動化處理，將不會耗費意識資源，可降低工作記憶的負荷量。

二、 認知負荷的類型

根據 Sweller, et al. (1998)的定義，「認知負荷」是將一特定工作加諸於學習者認知系統時所產生的負荷，而造成認知負荷的來源包括了以下三個要素：任務／環境的特性、學習者的特性、任務／環境與學習者的交互作用。林容任(2006)認為以教學設計的角度來說，認知負荷的來源可分為以下三種：

- (一) 內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)：此種負荷是教材本身的特性所造成的，亦即教材本身難度與複雜程度。
- (二) 外在認知負荷 (extraneous cognitive load)：主要是受到教材的設計和呈現方式、或教學活動的影響，可藉由教學設計而降低之。
- (三) 增生認知負荷 (extraneous cognitive load)：指在教學設計者刻意的活動設計下，在總認知負荷量未超過學習者的負荷範圍時，讓學生在學習的過程中達到基模建構的一種認知努力(cognitive effort)，雖會增加學習者的負荷量，卻可以輔助基模的建構。

Sweller(2010)進一步對這三種認知負荷間的關聯提出新的看法，認為在教學過程中，教師會呈現出教材中不同層次的元素，而元素之間的交互關聯，與內在認知負荷、外在認知負荷、增生認知負荷都有關。若在教學過程中能將元素間的交互關聯情型具體且詳細的直接呈現出來，藉此幫助學習者減少訊息在選取、組織、建立關聯中之認知負荷，以降低外在認知負荷，如此即可保留學習者較多的工作記憶資源用來處理內在認知負荷及增生認知負荷。

綜合以上，良好的教學設計應該要在考慮教材本身的難易度之下，選用合適的教材呈現方式來降低學生學習中的外在認知負荷，並在學生的負荷範圍內，適當地善用增生認知負荷，以幫助學生學習。

三、認知負荷理論的教學設計

Sweller依據認知負荷不同的適用情境以及影響學習的認知負荷來源，在教學上發展出不同的效應。王全興(2008)彙整過去相關研究指出，認知負荷理論教學設計原則主要可區分為下列七種：

(一) 開放目標效應 (goal-free effect)：

教學應讓學生不受限制地表達自己的想法，採取開放目標的方式學習，避免單一解題之學習方法與學生基模未必相符，反而會產生外在認知負荷。

(二) 示例效應 (worked example effect)：

遇到問題時，逐步示範給學習者呈現解題步驟，使學生歸納知識及建構解題基模，可幫助累積基礎性訊息，但若基礎性訊息變成重複、多餘的時候，就不再使用示範而是增加練習的機會。

(三) 完成問題效應 (completion problem effect)：

在協助學生建構問題解決的基模時，可以將示例呈現一半，另一半由學童解題，藉此引導學童於外在認知負荷減低的狀況下學習。

(四) 分散注意力效應 (split-attention effect)：

若學習材料過於分散，學習者則會分散注意力於相關資訊中，若能整合資訊，學習者即可免於分散注意力，提高學習效率。

(五) 多餘效應 (Redundancy Effect)：

若同時使用多種多媒體表達同一概念，這些大量的訊息以不同的形式同步置入學習者的工作記憶當中，會同時佔用工作記憶，將會增加學習者的認知負荷

(六) 形式效應 (modality effect)：

若能同時利用不同的工作記憶體來處理資訊，基於雙碼理論，將可提升處理資訊的能力，知識的獲得比只使用單一型態(例如：只使用視覺或只使用聽覺)來的多。

(七) 變化效應 (variability effect)：

在學習中若能給予學生不同變化的題目練習，則有助於學生在學習遷移上的表現。

第三節 多媒體學習認知理論

一、多媒體學習認知理論的基本假設

Mayer(2001)提出「多媒體學習認知理論」來描述學習者在多媒體學習過程中如何處理所接收的訊息，而Mayer(2009)認為可將訊息依多媒體呈現方式分為文字（words）與圖像（pictures）兩類：

（一）文字（words）：文字包含書寫或印刷的視覺文字（printed words）及口語表達的文字（spoken words）二種，例如在課堂上老師講述的內容，以及學生從課本、螢幕或投影片所閱讀到的文字。簡單來說，學生在學習過程中無論是透過視覺或是聽覺所接收的文字訊息均屬之。

（二）圖像（pictures）：圖像包含靜態圖與動態圖二種，例如插圖、圖表、相片或者地圖等均屬靜態圖片，動畫或錄影則屬動態圖片。

無論教學模式為何，重點在於學生是否能妥善運用心智來有效處理這些多媒體帶來的訊息。對此，Mayer 提出三項基本假設：

（一）雙通道（dual channels）：

如下圖所示，認為人類在處理外來訊息時，可利用視覺與聽覺兩種不同的管道。

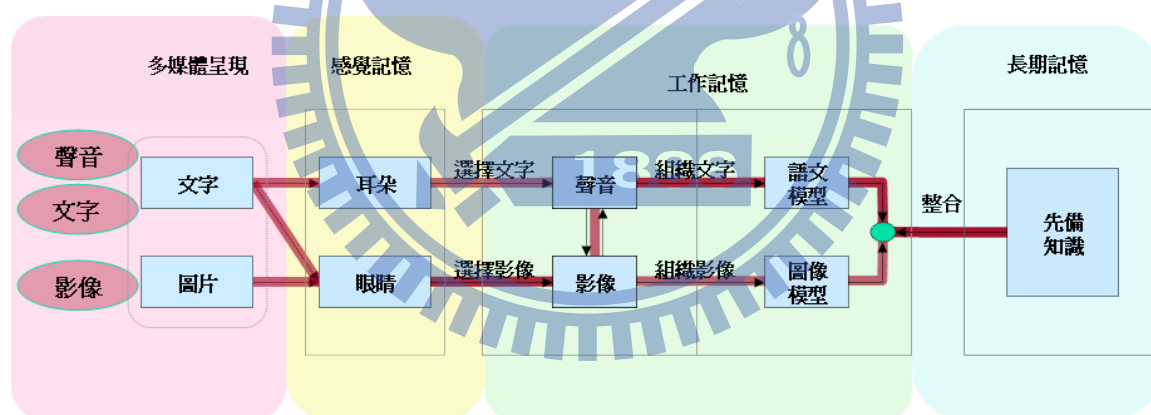


圖 2-3-1 多媒體學習認知模型

聽覺通道用來處理聽到的聲音，視覺通道則用來處理看到的文字或圖像，這兩通道間的訊息在工作記憶區內可相互比對、組織與轉換。

（二）有限容量（limited capacity）：

人類在每個獨立通道的一次訊息處理量是有限的，即短期（工作）記憶區（working memory）的容量是有限的。因此學習者若接收過多的訊息，以致超出短期工作區的容量，就會產生大量認知負荷而降低學習成效。

（三）主動處理（active processing）：

人類藉注意、主動選擇相關訊息，並將接收的訊息與之前的先備知識整合，形成一個新的知識以基模（Schema）的形式回存到長期記憶區。

二、多媒體學習認知理論設計原則

一個好的多媒體教材就是能幫助學習者選擇（Selecting）、組織（Organizing）、整合（Integrating）多媒體訊息，而多媒體教材設計原則的需求就是建立在此。Mayer(2005)根據許多的實徵研究，列出了多項原則，以下僅針對與本實驗相關的原則進行探討，並舉出該原則在本研究教材中的呈現方式：

（一）分割原則（Segmenting Principle）

分割原則是指當多媒體教材被分割成數個小「片段」，學習效果會比連續播放的方式較佳。當運用多媒體教學設計時，會湧入大量訊息，會增加學生的認知負荷量，但記憶體容量是有限的，且有時畫面過小無法完全呈現，因此訊息必須分割後再一步一步的呈現。

此原則在本研究教材中的運用，可分為兩個層次來看。以感應起電為例，感應起電是以靜電感應原理使導體帶電的方式，我們可先將整個感應起電分為四個步驟：靜電感應、接地、移去接地、移去帶電體，分別以四張圖代表各個步驟，如下圖所示：

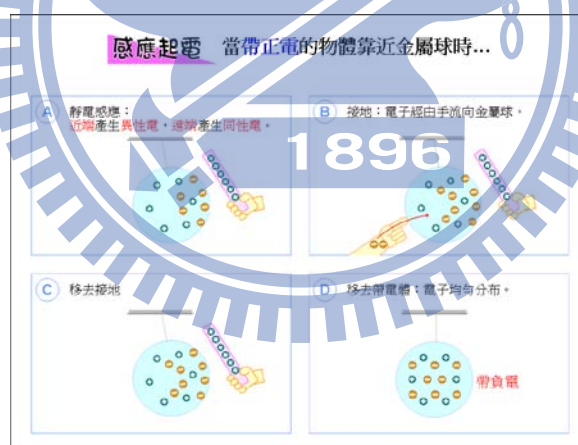
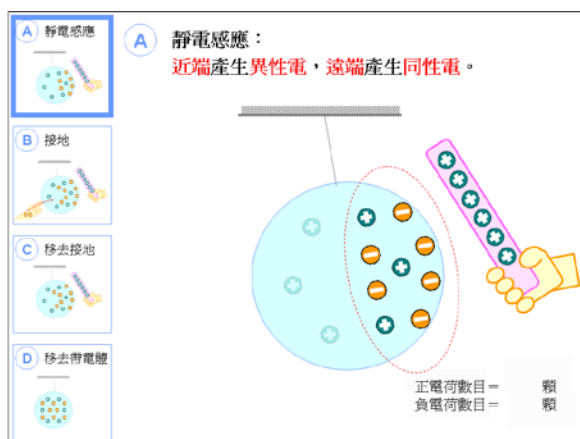


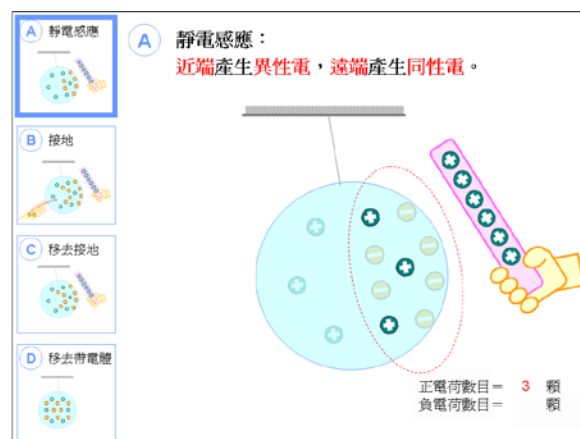
圖 2-3-2 分割原則範例-感應起電總表

步驟A到步驟D轉換的過程採用動態呈現的方式銜接，步驟間再細分為更小的步驟，如下圖所示，在同一張投影片中，再細分為四個步驟，讓學生能清楚的比較區域內正負電荷數量的多寡，並判斷出區域內導體所帶電性為何：

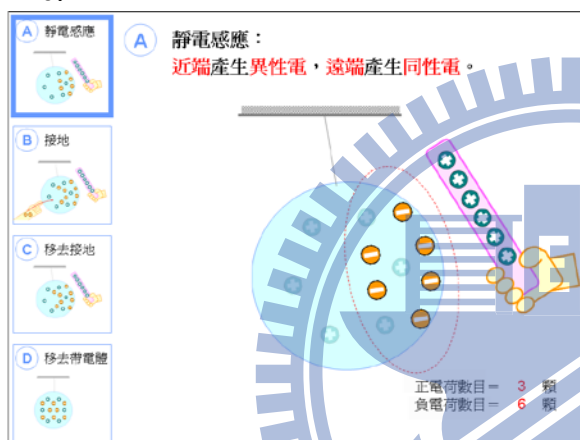
1.



2.



3.



4.

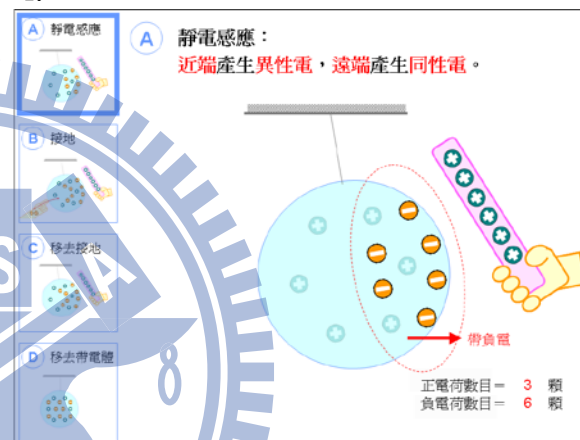


圖 2-3-3 分割原則範例-動態呈現

雖然為了減少學習者認知負荷而採用分割的方式，但訊息一旦切割，會增加學生在搜尋及關連上的負荷，切的太小(有效的學習中訊息必須整體呈現)會缺乏整體性關聯性，所以必需透過訊息的區塊化及結構化建立關聯。因此在上圖2-3-3中，仍保留整個感應起電四步驟流程圖維持整體性，並運用加粗邊框的方式提醒同學目前的進度以建立關連性。

(二) 連貫原則 (Coherence Principle)

連貫 (coherence) 指的是信息中元素間的結構關係；連貫效應 (coherence effect) 則是指當無關的資料或訊息 (material) 被排除時，學習者的學習成就優於當無關的資料或訊息 (material) 被納入時的學習成就。所以一味地加入有趣但不相關的文字、插圖、音樂或聲音會傷害學習，而當不需要的文字從多媒體呈現中被刪除時，學生的學習成就增加。Mayer (2001) 舉出無關的資料或訊息可能會造成：

1. 在工作記憶中競爭認知資源

2. 將學習者從重要的資料或訊息中分散注意力
3. 分裂組織中的資料或訊息處理
4. 可能使學習者繞著不適當主題組織資料或訊息。

就本研究教材的應用而言，為了讓同學能快速注意力放在此時教學重點上，投影片上其它無關的物件位置將維持不變，以避免分散學生的注意力。如下圖2-3-所示，為了讓學生僅注意正負電荷，除正負電荷以外的物件均保持不變。

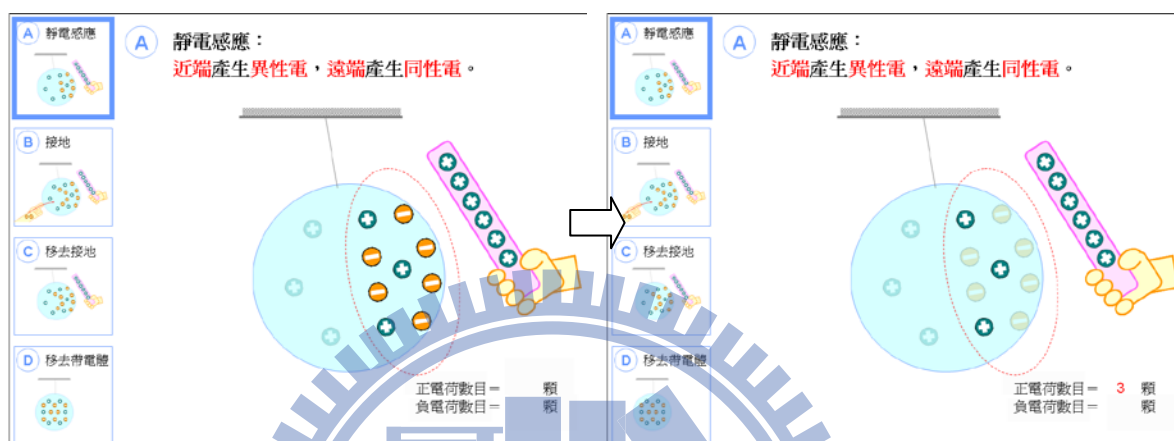


圖 2-3-4 連貫原則範例

(三) 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)

空間接近原則指的是在畫面中相關文字與圖片呈現的彼此位置較近時，學習者可迅速的將相關訊息容納於工作記憶中，學習者不需再於書本或電腦螢幕進行視覺搜尋，因此學生的學習成就會優於文字與圖片兩者相對位置彼此較遠的教材。此原則在本研究教材中的應用如下：

1. 在下圖2-3-中，欲比較導體右端所帶電性，將比較導體右端正負電荷數量多寡，因此便將相關文字「正電荷數目=3顆」、「負電荷數目=4顆」設計在導體右端附近。

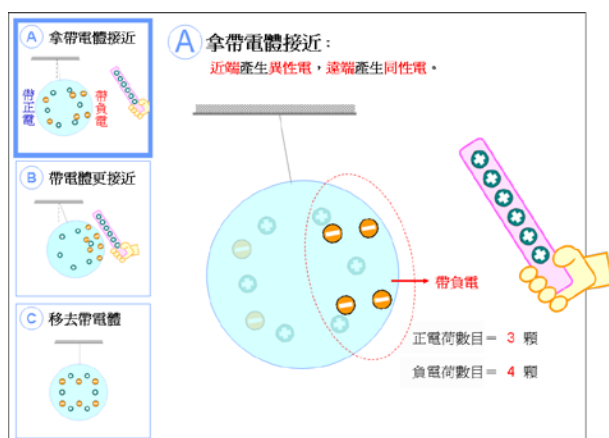


圖 2-3-5 空間接近原則範例 1

2. 比較完右邊後，再比較導體左端正負電荷數量多寡判斷帶電性，如下圖所示。此時便將相關文字「正電荷數目=3顆」、「負電荷數目=2顆」設計在導體左端附近。

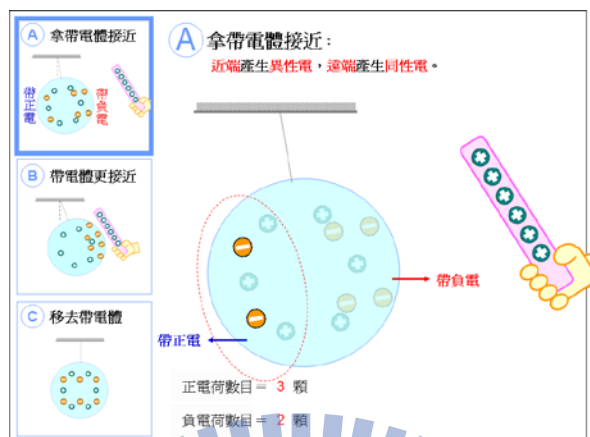


圖 2-3-6 空間接近原則範例 2

(四) 時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)

時間接近原則指的是學生的學習成就在相對應的文字與圖片同時呈現時，比學生在相對應的文字與圖片分離呈現時的學習成就較好。因為當文字與圖片分離呈現時，學習者必須將先呈現的訊息保留於工作記憶內，當後來的訊息呈現時，則僅剩極少部分的敘述保留於工作記憶中，因此學習者對於訊息之間的連結建立將產生困難。

在本研究教材中，同一張投影片上設計有2~4個步驟不等，如下圖所示。步驟間將配合老師口語說明作同步切換。

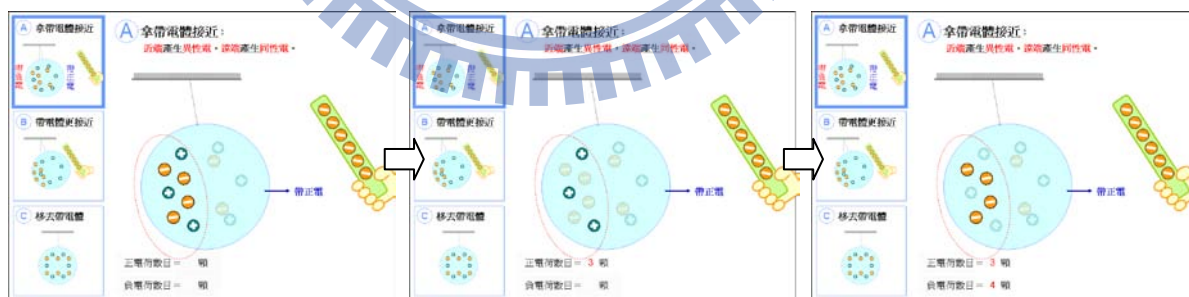


圖 2-3-7 時間接近原則範例

(五) 多餘原則 (Redundancy Principle)

多餘原則指的是學生在動畫搭配口語表達文字的多媒體呈現得到的學習結果比在動畫同時搭配口語表達文字與視覺文字的多媒體呈現得到的學習結果佳。當視覺文字與動畫皆以視覺呈現時，視覺／圖像管道將超荷 (overloaded)，較少的認知資源被用於相對應的文字 (words) 與圖片中的連結，因此降低有意義學習的機會。如果

文字以口語表達文字呈現，則以聽覺管道感官接收，則視覺管道的負荷可被減小，可有更多認知資源被用於建立相對應文字與圖片之間的連結，增加有意義學習的機會。

在本教材的設計中，僅以老師口頭講述並配合投影片中相關圖形的變化，文字描述也以重點提示為原則，避免視覺文字、圖片與口語三者同時呈現。

(六) 個人化原則 (Personalization Principle)

個人化原則是指在教學時採用對話 (conversational style) 的方式會比採用正式 (formal style) 的方式得到更好的學習效果。而在課堂上，便是教師多利用發問的方式讓同學觀察再回答，取代直接講述的方式。

(七) 信號原則 (Signaling Principle)

信號原則指的是適當的提示能引導學習者將注意力投注在重要的教材內容上，本研究中所使用到的信號原則方式包括：

1. 大綱 (Outline)：在介紹不同靜電主題時，便會先呈現此主題所含的主要步驟，把此主題的步驟大綱呈現出來，並且於後續步驟化過程中，仍將步驟大綱保留在左側以維持整體性，如下圖所示：

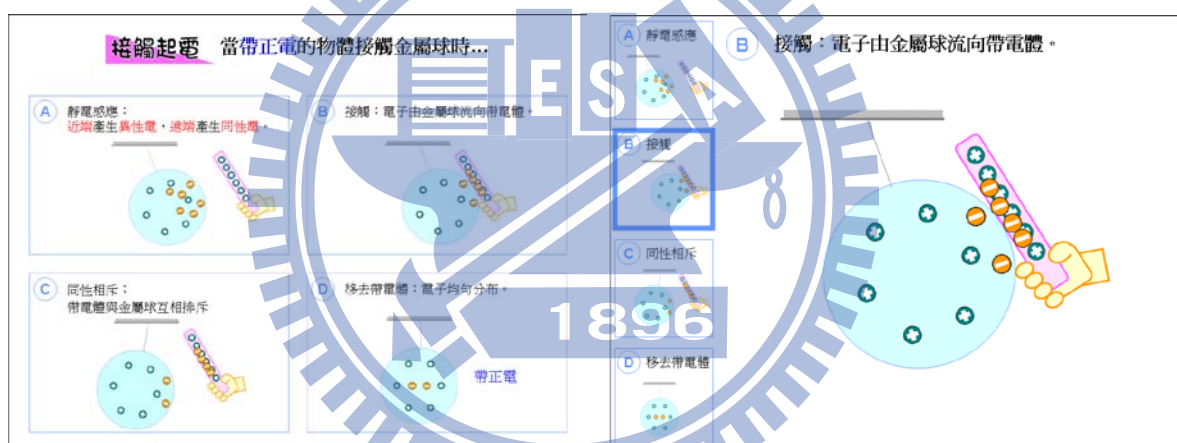


圖 2-3-8 信號原則範例-大綱

2. 標題 (Heading)：在每張投影片加入標題，標示此步驟與大綱的關聯性，學生若不慎分心，亦可協助學生在教學過程中重新掌握教學進度。
3. 強調聲音 (Vocal emphasis)：老師在講述到教學重點時，會以更大的音量或是更慢的速度念出關鍵字。
4. 指標字 (Pointer words)：在文中加下指標字，如：首先…第二…第三。
5. 箭頭 (Arrows)：以箭頭指出圖像的重要部位。
6. 特殊顏色 (Distinctive colors)：用特別顯目的顏色來強調重點。
7. 指示手勢 (Pointing gestures)：是一種螢幕上的機制，可指出圖像的某個部分。當要讓學生注意導體左邊或右邊時，將會用紅色框框指示學生注意的範圍，

如下圖所示)：



圖 2-3-9 信號原則範例-指示手勢

8. 淡化 (Graying out)：將圖像中其餘部位淡化，以讓正在描述的成分能夠獲得更多的重視。如上圖2-3-9所示，當要讓學生細數區域範圍內負電荷數目時，其餘正負電荷則採用淡化的方式處理，讓學生的注意力留在欲觀察的物件上。

(八) 事先訓練原則 (Pre-training Principle)

事先訓練原則是指學習者若能夠事先知道主要概念的名字和特徵，學習效果較佳。教學過程中欲判斷導體是否帶電？或是帶電性為何均須運用到正負電荷粒子概念以及電中性概念，因此在課程一開始會先跟同學複習相關的概念。

以上提到的多媒體教材的設計原則，其實也和如何降低學習時的認知負荷相呼應。本研究的教材設計，也會由設計不同版本的簡報教材中去觀察教材設計原則的使用時機，對學習成就與認知負荷的影響。

第四節 步驟化呈現

本研究中摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等相關靜電學內容，原本為動態連續的變化過程，當以靜態圖片呈現時，其僅能以整個過程當中的關鍵階段之模式呈現，至於關鍵階段之間的動態轉變過程，則因使用教材本身的限制而無法完整呈現。故當學習者透過靜態圖片來學習時，必須運用視覺不斷來回比對、搜索前後兩張圖片的異同，並在工作記憶區組織整合相關訊息，最後在長期記憶中建構整個動態的變化過程。對學習者而言，他們必須主動控制觀看的次序與速度，會增加學習者在訊息選取、組織、比對、整合間的認知負荷。相較於靜態圖片，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，缺點是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，無法兼顧學習者本身的學習速度。

為了減少數位落差，陳明璋 (2006, 6 月)，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。

在課堂授課時，步驟化呈現的教材是將動態資訊依照訊息的容量及前後關係進行切割，教師可依照多媒體設計原則依序呈現相關訊息，更可視學生學習的狀況來控制教學的速度。本研究便是為了展示摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等之動態資訊，而採用步驟化呈現的概念進行教材設計。





第三章 研究方法

本章共分為六節，第一節為研究流程，第二節為說明研究對象，第三節為說明實驗設計，第四節為介紹研究工具，第五節為呈現活動設計，第六節為說明資料處理。

第一節 研究流程

本研究之流程分為「研究準備期」、「研究設計與修正」、「實驗階段」及「分析產出階段」等，如圖 3-1-1。

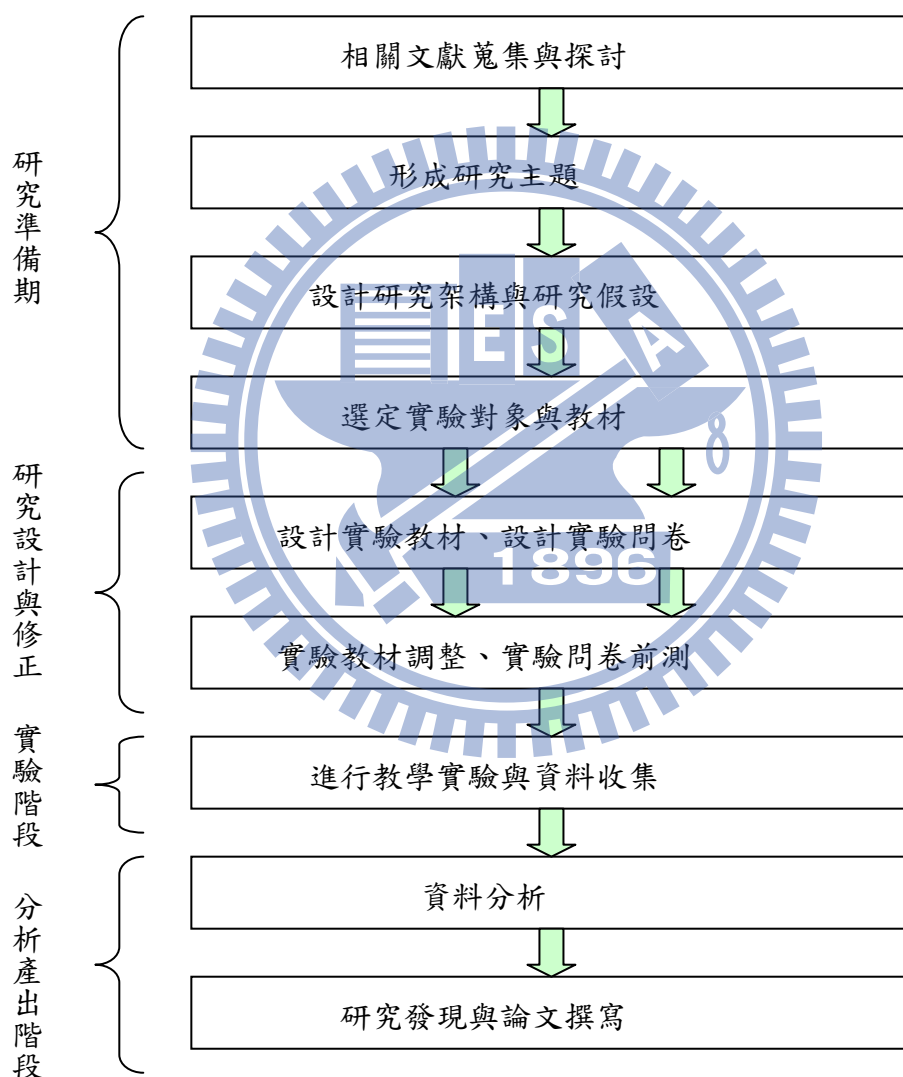


圖 3-1-1 研究流程圖

研究流程中各階段與研究時間對照，如表 3-1-1。

表 3-1-1

各階段研究流程時間對照表

研究時間 研究階段		2009			2010						
		10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
研究準備期	相關文獻蒐集與探討										
	形成研究主題										
	選定實驗對象與教材										
研究設計與修正	設計研究架構與研究 假設										
	設計實驗教材、設計實 驗問卷										
	實驗教材調整、實驗問 卷前測										
實驗階段	進行教學實驗與資料 收集										
分析產出階段	資料分析										
	研究發現與論文撰寫										

第二節 研究對象

本研究的受測學生為新竹市的某國民中學，全校共有 75 班（七年級 25 班、八年級 25 班、九年級 25 班），該校採 S 型分配常態分班，以方便抽樣方式從八年級 25 班中，挑選四個班級進行施測，並以單因子變異數分析檢定，以「班級」為自變項，「上學期理化平均分數」為依變項，檢定各班之間無顯著差異，以避免各班之間的差異影響實驗結果。

以下採取 A-1、A-2、B-1 及 B-2 班來作區分，其中 A-1 及 A-2 班是接受「步驟化動態呈現教材」，為實驗組；B-1 及 B-2 班是接受「非步驟化動態呈現教材」，為對照組。A-1 班為 25 人，A-2 班為 30 人，B-1 班為 28 人，B-2 班為 27 人。實驗組與對照組中，成績前 33% 的同學為高分組，成績後 33% 的同學為低分組，其餘中間的同學為中分組。受測班級分組人數如下表 3-2-1。

表 3-2-1

受測班級分組人數

因子		學業成就			合計人數(人)	
		高分組	中分組	低分組		
教學設計	實驗組	A-1 班	9	6	10	25
		A-2 班	10	13	7	30
		合計(人)	19	19	17	55
	對照組	B-1 班	5	10	13	28
		B-2 班	12	10	5	27
		合計(人)	17	20	18	55
總計(人)		36	39	35	110	

各分組之間的敘述統計及變異數分析如下：

表 3-2-2

各班理化科學業成績描述性統計量

班別	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95%		最小值	最大值
					下界	上界		
B-1	28	61.339	20.893	3.948	53.237	69.441	25.50	95.50
A-1	25	64.560	22.858	4.571	55.124	73.995	23.25	96.50
A-2	30	67.266	20.406	3.725	59.646	74.886	26.25	97.50
B-2	28	71.142	20.676	3.907	63.125	79.160	30.00	95.25
總和	111	66.139	21.190	2.011	62.153	70.125	23.25	97.50

表 3-2-3

各班理化科學業成績 ANOVA

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	1446.604	3	482.201	1.076	.362
組內	47946.107	107	448.094		
總和	49392.711	110			

表 3-2-4

高分組理化科學業成績描述性統計量

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95%		最小值	最大值
					下界	上界		
對照組	18	80.055	15.705	3.701	72.245	87.865	39.75	95.25
實驗組	19	83.328	12.785	2.933	77.166	89.491	41.25	97.50
總和	37	81.736	14.176	2.330	77.009	86.463	39.75	97.50

表 3-2-5

高分組理化科學業成績 ANOVA

	平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
組間	99.042	1	99.042	0.486	.490
組內	7135.701	35	203.877		
總和	7234.743	36			

表 3-2-6

中分組理化科學業成績描述性統計量

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95%		最小值	最大值
					下界	上界		
對照組	20	69.800	18.728	4.187	61.034	78.565	25.50	95.50
實驗組	19	66.960	16.050	3.682	59.224	74.696	32.25	93.00
總和	39	68.416	17.305	2.771	62.807	74.026	25.50	95.50

表 3-2-7

中分組理化科學業成績 ANOVA

	平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
組間	78.559	1	78.559	0.257	.615
組內	11301.358	37	305.442		
總和	11379.917	38			

表 3-2-8

低分組理化科學業成績描述性統計量

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95%		最小值	最大值
					下界	上界		
對照組	18	48.472	16.171	3.811	40.430	56.514	29.25	82.00
實驗組	17	45.676	16.568	4.018	37.157	54.195	23.25	74.25
總和	35	47.114	16.184	2.735	41.554	52.674	23.25	82.00

表 3-2-9

低分組理化科學業成績 ANOVA

	平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
組間	68.336	1	68.336	0.255	.617
組內	8838.082	33	267.821		
總和	8906.418	34			

由表 3-2-3 可以得知，*F* 值為 1.076、*p* 值為 0.362 > 0.05 未達顯著差異，表示受測的學生班別之間並無顯著差異。由表 3-2-5、表 3-2-7、表 3-2-9，可知高分組(*F* 值為 0.486，*p* 值為 0.490 > 0.05)、中分組(*F* 值為 0.257，*p* 值為 0.615 > 0.05) 與低分組(*F* 值為 0.255，*p* 值為 0.617 > 0.05)均未達顯著差異，可以發現實驗組與對照組不論教材分組或學業成就分組下的考驗皆呈現無顯著差異。

第三節 實驗設計

一、實驗設計模式

本研究在探討以激發式動態呈現的教學設計，對學生的學習成就和認知負荷是否產生影響？學生對於此種教學設計多媒體學習後的感受度為何？本研究採用不等組前後測設計的準實驗法，利用獨立樣本二因子共變數分析去檢視不同學業成就的學生在不同的教學設計之下，學習成就和認知負荷的變化。設計模式如表 3-3-1。將進行實驗的四個班級以隨機分派至不同組別，實驗處理說明如下：

表 3-3-1
設計模式

組別	前測	數位教材呈現模式	後測	延宕後測
A-1	O ₁	步驟化動態呈現(實驗組)	O ₂ O ₃ O ₄	O ₅
A-2	O ₆	步驟化動態呈現(實驗組)	O ₇ O ₈ O ₉	O ₁₀
B-1	O ₁₁	非步驟化動態呈現(對照組)	O ₁₂ O ₁₃ O ₁₄	O ₁₅
B-2	O ₁₆	非步驟化動態呈現(對照組)	O ₁₇ O ₁₈ O ₁₉	O ₂₀

- (一)以方便取樣選取新竹市某國民中學八年級四個班共 110 位學生作為研究對象。
- (二)於實驗前，學生接受成就測驗前測(O₁ O₆ O₁₁ O₁₆)。
- (三)實驗組的班級施以「步驟化動態呈現教材」，活動結束後進行成就測驗後測(O₂ O₇)、認知負荷問卷(O₃ O₈)、課程感受問卷(O₄ O₉)。
- (四)對照組的班級施以「非步驟化動態呈現教材」，活動結束後進行成就測驗後測(O₁₂ O₁₇)、認知負荷問卷(O₁₃ O₁₈)、課程感受問卷(O₁₄ O₁₉)。
- (五)課程結束一個月後，再對施測學生進行延宕後測(O₅ O₁₀ O₁₅ O₂₀)。

二、研究架構圖

本研究之自變項、共變項與依變項如圖 3-3-1，說明如下：

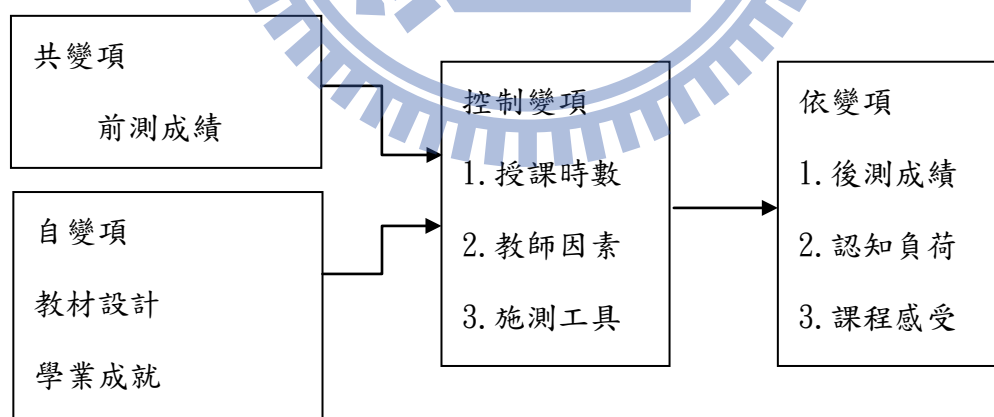


圖 3-3-1 研究架構圖

(一)自變項

- 1.教材設計模式：步驟化動態呈現教學設計模式（A-1 班、A-2 班-實驗組）與非步驟化動態呈現教學設計模式（B-1 班、B-2 班-對照組）。

2. 學生的理化學業成就特質（學業成就分高、中、低三組）：本研究以受測的四個班級四次的理化評量成績為參考，取班排名前 33% 為高分組學業成就學生，後 33% 為低分組學業成就學生，其餘中間則為中分組學業成就學生。（A-1 班：高 9 人，中 6 人，低 10 人；A-2 班：高 10 人，中 13 人，低 7 人），（B-1 班：高 5 人，中 10 人，低 13 人；B-2 班：高 12 人，中 10 人，低 5 人）。

（二）共變項：成就測驗前測

（三）控制變項

1. 授課時數：全班授課 2 節課。
2. 教師因素：一位教師引導學習。
3. 施測工具：前、後測問卷，認知負荷問卷，課程感受問卷皆使用同一份問卷。

（四）依變項

1. 後測成績：前、後測問卷答對題數之比較，以雙因子共變數分析比較。
2. 認知負荷：認知負荷問卷中的分數。
3. 課程感受：課程感受問卷中的分數。

第四節 研究工具

本研究的工具包括實驗教材、學習成就前後測試卷、認知負荷評量表及教材感受問卷。前測試卷主要是想了解學生在教學前對教材內容的熟悉程度；後測試卷為收集教學後學生學習效果；認知負荷評量表主要收集受測學生在學習過程中，所知覺的認知負荷程度；教材感受問卷主要收集受測學生在進行教學過程中對於教材感受程度。分述如下：

一、實驗教材設計

本研究是以國中九年級上學期靜電為教材設計的範圍，簡報教材的製作軟體是使用 PowerPoint2003 為平台，輔以由交通大學陳明璋博士領導的 Informath 團隊所發展的 PowerPoint 外掛軟體「MathPS」。

（一）教學內容

教材內容共為「摩擦起電」、「靜電感應」、「感應起電」與「接觸起電」四部份，分兩堂課進行教學。

第一堂課教授「摩擦起電」與「靜電感應」兩部份，先舉生活中因摩擦而產生靜電常見

的例子來引起學生學習動機，並透過不同實驗製造學生認知衝突，讓學生重新思考靜電的本質並藉此引進「摩擦起電」的概念；透過實驗讓學生觀察導體與絕緣體在摩擦起電實驗中的差別，讓學生認識導體與絕緣體導電性不同的原因，並進而介紹導體所具有之「靜電感應」現象。

第二堂課教授「感應起電」與「接觸起電」兩部份，本堂課主要是要學生認識讓導體帶電的方法，透過生活情境問題的問答，引入讓導體帶電的方式有兩種，第一種是利用靜電感應原理使導體帶電的方式--「感應起電」；第二種則是直接將導體與帶電體經由碰觸而使導體帶電的方式--「接觸起電」。

(二)教材設計

實驗組（A-1 班、A-2 班）施予驟化動態呈現的靜電教材，對照組（B-1 班、B-2 班）施予非步驟化動態呈現的靜電教材。

學習者在學習過程中本來就具有主動學習、有限能力的性質，一個好的多媒體教材，應具有幫助學生選取訊息、組織訊息、綜合訊息的功能，在教材設計上應考量當訊息進入時能相互為用，而並非不相關。因此本研究透過激發式動態呈現、注意力引導的方式來讓訊息有引導性、溝通性、建立關聯來達到降低認知負荷量，以期幫助學生學習。

而運用多媒體教學時所湧入大量的訊息，易造成學生認知負荷量增加。為減少學生學習過程中之認知負荷，本研究實驗組教材中，主要採取下列多媒體設計原則(以下僅以「靜電感應」單元中部分教材為例)：

1. 分割原則 (Segmenting Principle)：

(1) 將靜電感應連續變化的過程分割成四個步驟，如下圖所示。

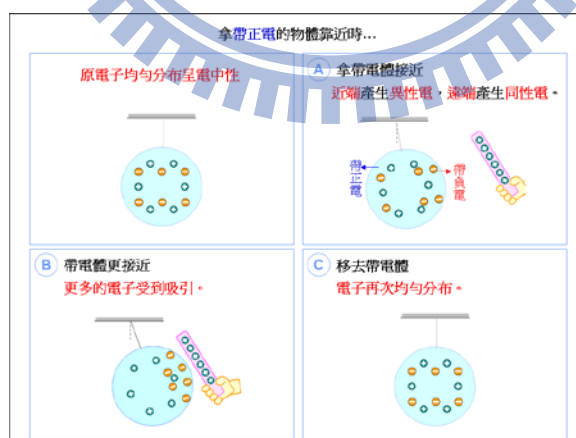


圖 3-3-2 靜電感應步驟圖

- (2) 步驟與步驟間採用動態呈現的方式銜接，讓學生能清楚的觀察到物體中電子的分佈變化過程，如下圖所示，當帶正電體接近導體時，以動態呈現的方式描述導體中電子的分佈變化。

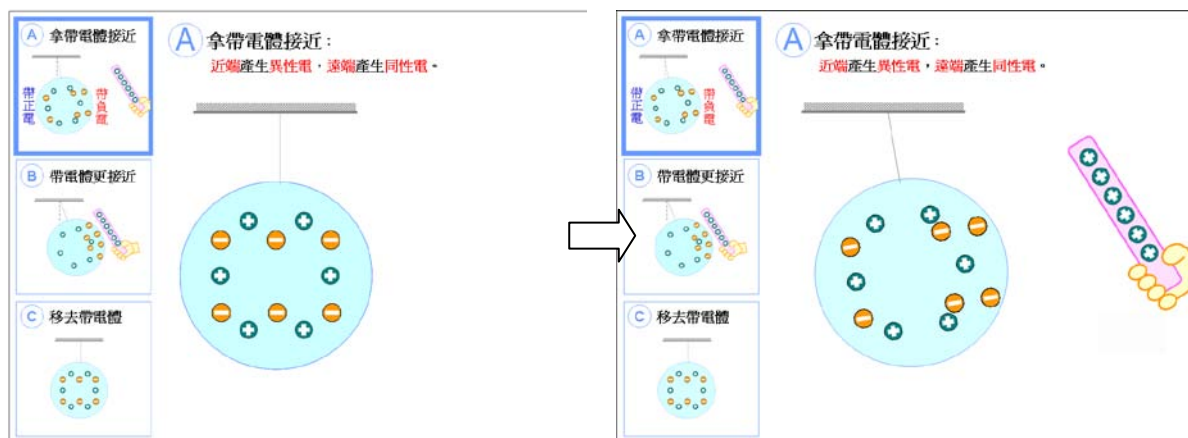


圖 3-3-3 帶正電體靠近導體變化圖

2. 連貫原則 (Coherence Principle)：訊息一旦切割，會增加學生在搜尋及關連上的負荷，切的太小(有效的學習中訊息必須整體呈現)會缺乏整體性與關聯性，必需透過訊息的區塊化及結構化建立關聯。
 - (1) 如圖 3-3-2 所示，在介紹靜電感應主題時，會先呈現此主題所含的主要四個步驟，把此主題的步驟大綱先呈現出來。
 - (2) 如上圖 3-3-3 所示，在介紹靜電感應步驟化過程中，仍將步驟大綱保留在左側區塊以維持教材整體性，透過逐步引導的方式使學生獲得整體的概念。
3. 時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)：步驟間配合老師授課說明的進度作同步的切換。
4. 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)：投影片畫面上物件的編排依將相關的文字圖片置於相近位置。如下圖 3-3-4 所示，當欲比較導體近端(右端)正負電荷數量多寡以判斷其帶電性時，相關的文字則設計在靠近導體右端的區域附近，以便學生比對訊息。

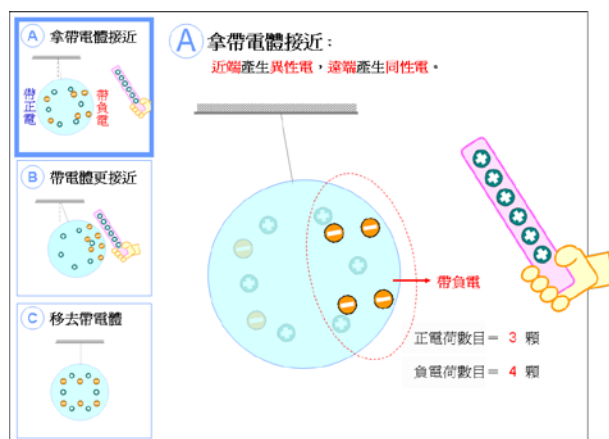


圖 3-3-4 導體近端帶電性之比較

5. 多餘原則 (Redundancy Principle)：減少投影片上文字的描述，教學訊息多以圖片與口語傳達。

6. 信號原則 (Signaling Principle)：運用不同的信號凸顯出教學的重點，以便於引導學生的注意力。

(1) 特殊顏色：為讓學生能將注意力放在正負電荷的變化上，因此除了正負電荷的顏色較深外，其餘物件則採用較柔較淡的顏色，避免干擾學生的注意力。

(2) 指示手勢：如下圖 3-3-5，欲讓學生比對導體右端的正負電荷數量時，則用一個紅色的框框指示右邊區域，讓學生知道現在教學的重點區塊。



圖 3-3-5 比較導體右端帶電性

(3) 淡化：如下圖 3-3-6 所示，欲讓學生細數導體右端區域內正電荷數目時，除了區域內的正電荷之外，導體中其餘的正副電荷都採淡化的方式處理，如此便可讓學生將注意力放在區域內的正電荷上。

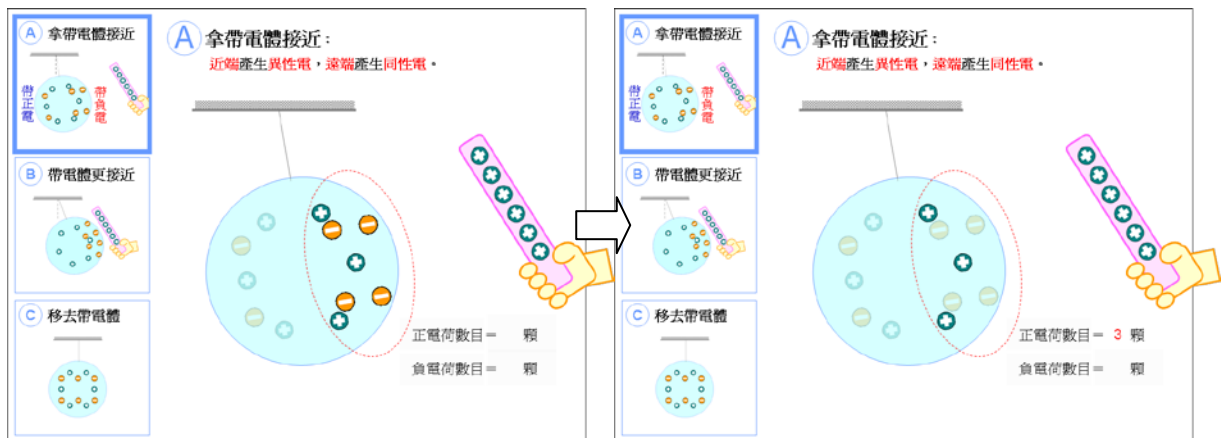


圖 3-3-6 比較導體右端正電荷數目

因此本研究實驗組的教材設計便是透過上述激發式動態呈現、注意力引導的方式來引導學生選取訊息、建立訊息間的關聯性，以降低認知負荷量，提升學生的學習成效。

而對照組的教材設計方面，原先曾考慮過以坊間書商所提供的教材作比較，但比對後發現兩者在教學內容與課程進度編排上有很大的出入，兩者間並沒有具備比較的基礎，坊間教材無法真正凸顯出本研究設計的功效，因此最後對照組則修改自實驗組的教材設計，去除部分的多媒體設計原則而成，如下圖 3-3-7 所示：

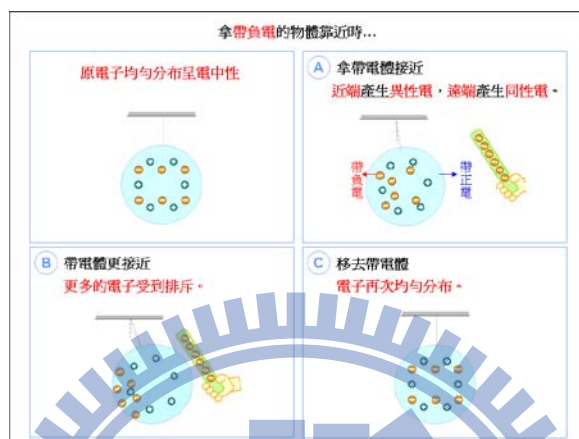


圖 3-3-7 靜電感應步驟圖(帶負電體靠近情況下)

在介紹靜電感應單元時，保留分割原則下大綱步驟的處理，在信號原則方面則保留正負電荷以較深顏色表示外，其餘動態步驟化過程則全部捨去，步驟間的轉換、電子的分佈變化則依靠老師課堂上口述說明，學生僅能依老師的解說，自行建構導體中的電子變化的過程。

因此實驗組與對照組最大的區別，便在於實驗組步驟間採用激發式動態呈現的方式銜接，並輔以多媒體原則以引導學生注意力、掌握教材重點，並協助學生建立訊息間的關連性，以期能增進學生學習。

二、學習成就前後測試卷

依教材內容設計出前、後測試卷。前測試卷目的在了解其對預計實驗的教材認識程度；後測試卷，則是收集受測學生在接受教學後的學習成效，試題分為記憶、理解、應用與分析四類；前後測試卷題目依教材內容設計，題型、內容皆相同，但後測試題中，題號順序會變動。

選定相關題目後，採邏輯分析法，先經過三位任教國中數學的教師(任教年資從 3~20 年)依教授的內容和受測的試題的吻合程度，建議後保留 17 題，故有基本的專家效度。為確保試題的信度，找了三個九年級的班級做試題預試，在回收的 106 份試卷中，內部一致性信度 Cronbach' s α 值為 0.76，顯示有良好的信度。最後分析題目的鑑別度及難度，過程說明

如下：

- (一)難度分析採高分組及低分組通過率之平均值，數值介於 0~1 之間，數值愈高表示題目難度愈低，高於 0.8 則太簡單，低於 0.2 則太難。
 - (二)鑑別度為高分組的難度減去低分組的難度所得之值，鑑別度數值介於-1~1 之間，數值為負值為不具鑑別度，相關試題應刪去，數值在 0.2 以上即有參考價值，一般來說，鑑別度達 0.3 或較高一點，即可被接受（王文科、王智弘，2006）。
 - (三)編製成就測驗的方法，依據古典測驗理論，需考慮試題的內容和特徵（如：難度和鑑別度），就當成是選擇試題的依據；例如：先挑選出鑑別度較高（如：大於 0.25）的試題，再依據實施測驗的目的和考生的能力分配情況，挑選出難度較適中的試題，編成整份測驗（郭生玉，1990）。
 - (四)故本研究受測題目選擇以先選出鑑別度高於 0.25 的題目，再從中選出難度指數較適合（0.2~0.8 之間）的題目依實際應用做部分修改。最後由分析後的試題中選出十七題，依實際教學教材的內容分析，有 3 個題目為記憶題、有 7 個題目為理解題、有 4 個題目為應用題、有 3 個題目為分析題，每題得分皆為 1 分，除了分析學生在不同的理化簡報教材的教學成效外，也可在記憶、理解、應用、分析等不同題型的表現作分析。此十七個試題在學生受測後的信度分析，在內部一致性信度 Cronbach' s α 值達 0.76，顯示也具有良好的信度。
 - (五)其中第一題的題目鑑別度只有 0.20，而難度只有 0.90，顯示該題目的難度太低，學生很容易回答，本來應予刪除該題，但因為該題是屬於基本概念定義題，所以本來難度就不高，但卻與教材有相關性，所以與其它專家找討論後，予以保留。
 - (六)在題目的分類方面，依據 2001 年版布魯姆認知領域教育目標之認知歷程向度分類，認知歷程共分為六個向度（葉連祺、林淑萍，2003）：
 1. 記憶(remember)：從長期記憶取回有關知識。
 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。
 3. 應用(apply)：面對某情境執行或使用某一個程序。
 4. 分析(analyze)：分析整體為許多部份，並決定各部份彼此和整體結構或目的關係。
 5. 評鑑(evaluate)：根據規準和標準下判斷。
 6. 創造(create)：集合要素以組合成一個具協調性或功能性的整體，重組要素為一個新的模型或結構。
- 施測題目之難度、鑑別度與題型分類，今簡述如下所示：

表 3-4-2

測驗題目雙項細目表

教學內容	記憶	了解	應用	分析
電中性	1		12	16、17
導體	2	14		
絕緣體	3	14		
摩擦起電		4、5、14		15
靜電感應		9	10、12、13	16
感應起電		6、7、14	11、12、13	17
接觸起電		8、14	12、13	

表 3-4-3

前後測驗題目難度與鑑別度表

題目	題型分類	難度	鑑別度
1	記憶	0.90	0.20
2	記憶	0.80	0.40
3	記憶	0.66	0.44
4	了解	0.58	0.76
5	了解	0.72	0.56
6	了解	0.70	0.44
7	了解	0.72	0.56
8	了解	0.50	0.76
9	了解	0.70	0.60
10	應用	0.58	0.60
11	應用	0.48	0.40
12	應用	0.60	0.64
13	應用	0.60	0.72
14	了解	0.72	0.48
15	分析	0.74	0.44
16	分析	0.50	0.36
17	分析	0.56	0.40

三、認知負荷評量表

Paas (1992) 認為心智努力可藉由量表衡量，作為認知負荷的指標，並可反應績效達成時所付出的認知成本與教材的有效性。認知負荷評量主要目的是測量受測者學習過程中所知覺的認知負荷感。在第二章文獻探討時曾提及認知負荷的衡量包含心理負荷及心智努力，此處的心理負荷視為學生對教材的感受。本研究認知負荷問卷題目項敘述，修改自宋曜廷(2000)測量認知負荷的題項。總共有兩題，每題以李克特氏量表採七點量表。以1分～7分來表示由非常同意～非常不同意，兩題的得分的總和即為受測者之認知負荷量，分數愈高表示認知負荷量愈高。

因本研究的教學實驗過程的四個階段施測時間(包括四個成就測驗題)分別只有5分鐘，在時間的限制下只安排兩個問卷題，目的為收集學生面對教材時在教材感受與心智努力的直覺感受。作法為教學實驗後馬上收集學生在面對教材立即反應的感受，故本研究安排的兩個問題仍可適當反應出學生在學習過程中的認知負荷量。每次教學結束，都會收集此兩個題目的分數，故認知負荷量的總得分最低為2分，最高為14分，題目敘述如下：

第一題(教材感受) Q1：我覺得此份教材在學習上是困難的。

第二題(心智努力) Q2：我覺得我花了很多的心力才能瞭解這堂課的內容。

每個階段測驗之後都有認知負荷評量表，如下表3-4-4，請學生圈選。

表 3-4-4

認知負荷評量表

認 知 負 荷 量 表								
題號	問 卷 內 容	非常不同意	不同意	有點不同意	無法判斷	有點同意	同意	非常同意
1	我覺得此份教材在學習上是困難的。	1	2	3	4	5	6	7
2	我覺得花了很多的心力才能瞭解這堂課的內容。	1	2	3	4	5	6	7

四、課程使用問卷

為了解學生對教材內容的感受，在學生後測卷上列有以下八題，每題項以李克七點尺度衡量，八題項的得分加總即為受測者之教材內容感受分數。

表 3-4-5

課程使用問卷

課 程 使 用 問 卷								
題號	問 卷 內 容	非常 不同 意	不 同 意	有 點 不 同 意	無 法 判 斷	有 點 同 意	同 意	非 常 同 意
1	今天課程的教學方式會加深我對課程的印象。	1	2	3	4	5	6	7
2	我覺得今天課程的教學方式簡單易懂。	1	2	3	4	5	6	7
3	我對於今天的課程無法了解。	1	2	3	4	5	6	7
4	我覺得今天的課程呈現很適當。	1	2	3	4	5	6	7
5	我沒辦法適應這樣的上課方式，我比較喜歡老師用黑板講解理化概念。	1	2	3	4	5	6	7
6	我喜歡今天的課程設計方式，並且希望以後都能盡量採取這樣的上課方式。	1	2	3	4	5	6	7
7	我覺得今天課程的設計是多此一舉，浪費時間。	1	2	3	4	5	6	7
8	我覺得今天的課程設計，和以往上理化課的方式很不同。	1	2	3	4	5	6	7

第五節 活動設計

本研究受測的四個班級，在與導師及該班理化任課老師的溝通後，先由理化老師與學生進行溝通協調，要求學生認真參與研究，於正式進行教學前一天先請導師利用早修時間進行前測，進行前測時由該班導師協助發卷施測，研究者則隨旁巡視，觀察學生施測情形，回答學生的疑問。

在進行完前測的隔天即配合學生課表，以不影響學生學習為原則下，進行教學及後測。施測班級教學時間如表 3-5-1：

表 3-5-1

施測班級教學時間表

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
早修	前測				
第一節					808
第二節		821		807	
第三節		819			
第四節					
午 休					
第五節			807		
第六節			808		
第七節			819	821	

靜電學該課程在施測學校的課程安排中，為九年級第一次段考的範圍，而本研究進行施測時，則是八年級第一次評量結束後，因此可減少補習效應的影響。

在兩個班級上課前的說明，除了告知今天的上課流程，並請同學在每一階段後的測驗認真作答。相關的成績會告訴原任課老師，作為平時成績的參考。至於問卷題純粹是研究者想了解學生在上課的感受，不會有任何成績的考量，請學生憑直覺回答。預計實施時間為每一堂課（45 分鐘），地點為班級的原教室，利用電腦及單槍輔助教學，教學活動過程全程錄影，以作為日後分析比較時的部分依據，教學活動設計如下：

表 3-5-2

教學活動設計

第一堂		
教學內容	導體、絕緣體、電中性、摩擦起電、靜電感應	
教學流程	1 分鐘	教學前說明
	30 分鐘	進行教學
	14 分鐘	後測、認知負荷問卷、課程感受程度問卷
第二堂		
教學內容	感應起電、接觸起電	
教學流程	1 分鐘	教學前說明
	25 分鐘	進行教學
	19 分鐘	後測、認知負荷問卷、課程感受程度問卷

第六節 資料處理

本研究採用 Microsoft Excel 和 SPSS 12.0 中文視窗版的統計軟體作為資料分析的工具，所收集的資料包括「理化科學業成就成績」、「靜電單元成就測驗前測」、「靜電單元成就測驗後測」、「靜電單元成就延後測驗」、「認知負荷量表」與「課程感受問卷」，對應研究問題所採取的分析方式如下：

一、教材設計與學業成就對靜電單元後測成效的影響

(一)後測學習成就分析

1. 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
2. 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為自變項，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

(二)後測學習成就中不同題型表現分析

1. 記憶題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「記憶題型前測分數」

為共變數，「記憶題型後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。

- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「記憶題型前測分數」為共變數，「記憶題型後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

2. 了解題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「了解題型前測分數」為共變數，「了解題型後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「了解題型前測分數」為共變數，「了解題型後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

3. 應用題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「應用題型前測分數」為共變數，「應用題型後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「應用題型前測分數」為共變數，「應用題型後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

4. 分析題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

二、教材設計與學業成就對靜電單元延後測驗成效的影響

(一)延後測學習成就分析

1. 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「延後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
2. 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為自變項，「前測分數」為共變數，「延後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

(二)延後測學習成就中不同題型表現分析

1. 記憶題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「記憶題型前測分數」為共變數，「記憶題型延後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「記憶題型前測分數」為共變數，「記憶題型延後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

2. 了解題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「了解題型前測分數」為共變數，「了解題型延後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「了解題型前測分數」為共變數，「了解題型延後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

3. 應用題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「應用題型前測分數」為共變數，「應用題型延後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「應用題型前測分數」為共變數，「應用題型延後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

4. 分析題型：

- (1) 同質性檢定：先以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型延後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定。
- (2) 顯著差異情形：再以「學業成就」與「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型延後測分數」為依變項，進行雙因子共變數分析，以 $\alpha=0.05$ 為顯著水準，進行考驗。

三、教材設計與學業成就對學習靜電單元之認知負荷的影響

以「學業成就」與「教材設計」為自變項，學生的「認知負荷量表」分數為依變項，進行雙因子變異數分析，以 $\alpha=.05$ 為顯著水準，進行考驗。

四、教材設計與學業成就對學習靜電單元之課程內容感受的影響

以「學業成就」與「教材設計」為自變項，學生的「課程使用問卷」分數為依變項，進行雙因子變異數分析，以 $\alpha=.05$ 為顯著水準，進行考驗。



第四章 實驗結果與討論

本章將針對受測學生在教學實驗後，所收集的學習成就和認知負荷的數據作分析，來檢驗本研究的假說。本章共分為三節，第一節為整理受測樣本的敘述統計資料；第二節為研究假說的檢驗與說明；第三節為結果摘要。

第一節 樣本敘述統計資料

一、實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計

以下先將本研究的受測樣本（實驗組、對照組）四次段考的平均成績，以及在教學實驗前的前測成績、教學實驗後的後測學習成就、各類型題目（記憶、理解、應用、分析）平均答對題數、認知負荷量、課程感受度等相關數據的平均數與標準差，整理如下表 4-1-1，所呈現的數據中可觀察到幾個現象，分述如下：

實驗組與對照組的前測成績分數普遍偏低，顯示學生在之前對本研究的教材內容尚未接觸。

在學習成就後測與延後測驗的表現上，實驗組平均達對題數高於對照組。

在記憶題、了解題、應用題的表現上，實驗組與對照組表現均差不多，唯有在分析題型的表現上，實驗組優於對照組。

認知負荷量方面，實驗組平均低於對照組，但兩組的數值均偏低。

在課程感受方面，實驗組平均低於對照組，但兩組的數值均偏高。

以上所看到的敘述，在統計檢定上所呈現的結果未必顯著，我們也將在後續利用統計的檢定方式來驗證。

表 4-1-1

實驗組對照組教學實驗相關成績敘述統計資料摘要總表

	教材分組	人數	平均數	標準差		
前測	段考平均	對照組	55	65.72	21.01	
		實驗組	55	66.04	21.39	
	總分(共 17 題)	對照組	55	6.20	2.384	
		實驗組	55	5.89	2.331	
	記憶題(共 3 題)	對照組	55	1.69	0.690	
		實驗組	55	1.98	0.775	
	了解題(共 7 題)	對照組	55	1.84	1.085	
		實驗組	55	1.65	1.058	
	應用題(共 4 題)	對照組	55	1.56	1.151	
		實驗組	55	1.55	1.068	
	分析題(共 3 題)	對照組	55	0.65	0.766	
		實驗組	55	0.49	0.690	
	後測	總分(共 17 題)	對照組	55	10.55	2.665
			實驗組	55	11.35	2.640
記憶題(共 3 題)		對照組	55	2.18	0.722	
		實驗組	55	2.31	0.742	
了解題(共 7 題)		對照組	55	5.05	1.407	
		實驗組	55	4.87	1.428	
應用題(共 4 題)		對照組	55	2.35	0.927	
		實驗組	55	2.44	0.877	
分析題(共 3 題)		對照組	55	0.98	0.933	
		實驗組	55	1.75	1.004	
延後測	總分(共 17 題)	對照組	55	6.95	2.844	
		實驗組	55	8.40	3.004	
	記憶題(共 3 題)	對照組	55	2.07	0.766	
		實驗組	55	1.98	0.782	
	了解題(共 7 題)	對照組	55	2.24	1.319	
		實驗組	55	3.07	1.016	
	應用題(共 4 題)	對照組	55	1.76	1.319	
		實驗組	55	2.05	1.297	
認知負荷量(最低 4 分，最高 28 分)	分析題(共 3 題)	對照組	55	0.87	0.668	
		實驗組	55	1.29	1.133	
課程感受度(最低 16 分，最高 112 分)	認知負荷量(最低 4 分，最高 28 分)	對照組	55	11.09	4.436	
		實驗組	55	10.73	4.957	
	課程感受度(最低 16 分，最高 112 分)	對照組	55	97.11	10.331	
		實驗組	55	92.89	11.236	

二、學業成就分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計

以下是在學業成就分組下，分別去看低學業成就組、中學業成就組與高學業成就組中，實驗組、對照組在四次段考的平均成績，以及在教學實驗前的前測成績、教學實驗後的後測學習成就、各類型題目（記憶、了解、應用、分析）平均答對題數、認知負荷量、課程感受度等相關數據的平均數與標準差，整理如下表 4-1-2、表 4-1-3 和表 4-1-4，所呈現的數據中可觀察到幾個現象，分述如下：

- （一）在學習成就後測與延後測驗的表現上，無論是高、中或低學習成就組，實驗組平均達對題數均高於對照組。
- （二）在分析題型的表現上，高學習成就組與中學習成就組中，實驗組與對照組兩組差距較為明顯，實驗組平均達對題數高於對照組。
- （三）認知負荷量方面，只有低學業成就組中實驗組高於對照組，其餘高學業成就組與中學業成就組中實驗組均低於對照組。

我們也將在後續利用統計的檢定方式，來驗證以上所看到的敘述在統計檢定上是否呈現顯著效果。



表 4-1-2

低學業成就分組下實驗組對照組教學實驗成績相關敘述統計資料摘要總表

	教材分組	人數	平均數	標準差
前測	段考平均	對照組 18	48.47	16.171
		實驗組 17	45.67	16.568
	總分(共 17 題)	對照組 18	4.39	1.290
		實驗組 17	4.53	1.940
	記憶題(共 3 題)	對照組 18	1.69	0.690
		實驗組 17	1.65	0.775
	了解題(共 7 題)	對照組 18	1.33	1.138
		實驗組 17	1.59	1.121
	應用題(共 4 題)	對照組 18	1.59	1.121
		實驗組 17	0.88	0.781
	分析題(共 3 題)	對照組 18	0.44	0.511
		實驗組 17	0.35	0.493
	總分(共 17 題)	對照組 18	7.61	1.577
		實驗組 17	8.24	1.437
後測	記憶題(共 3 題)	對照組 18	1.72	0.669
		實驗組 17	2.18	0.728
	了解題(共 7 題)	對照組 18	3.78	1.215
		實驗組 17	3.41	1.176
	應用題(共 4 題)	對照組 18	1.72	0.958
		實驗組 17	1.82	1.074
	分析題(共 3 題)	對照組 18	0.39	0.608
		實驗組 17	0.82	0.951
	總分(共 17 題)	對照組 18	4.89	2.166
		實驗組 17	6.29	1.795
延後測	記憶題(共 3 題)	對照組 18	1.94	0.802
		實驗組 17	1.47	0.717
	了解題(共 7 題)	對照組 18	1.44	0.984
		實驗組 17	2.59	0.795
	應用題(共 4 題)	對照組 18	0.72	1.074
		實驗組 17	1.88	1.364
	分析題(共 3 題)	對照組 18	0.78	0.548
		實驗組 17	0.35	0.493
認知負荷量(最低 4 分, 最高 28 分)		對照組 18	11.94	4.556
		實驗組 17	13.00	5.668
課程感受度(最低 16 分, 最高 112 分)		對照組 18	98.22	9.626
		實驗組 17	91.35	10.839

表 4-1-3

中學業成就分組下實驗組對照組教學實驗成績相關敘述統計資料摘要總表

	教材分組	人數	平均數	標準差
前測	段考平均	對照組 20	69.80	18.728
		實驗組 19	68.41	17.305
	總分(共 17 題)	對照組 20	6.35	2.033
		實驗組 19	5.74	1.790
	記憶題(共 3 題)	對照組 20	1.75	0.639
		實驗組 19	1.58	0.769
	了解題(共 7 題)	對照組 20	1.95	0.999
		實驗組 19	1.53	0.964
	應用題(共 4 題)	對照組 20	1.60	1.046
		實驗組 19	1.53	0.905
	分析題(共 3 題)	對照組 20	0.50	0.761
		實驗組 19	0.47	0.697
後測	總分(共 17 題)	對照組 20	10.70	0.801
		實驗組 19	11.26	0.653
	記憶題(共 3 題)	對照組 20	2.25	0.716
		實驗組 19	2.11	0.809
	了解題(共 7 題)	對照組 20	5.05	0.945
		實驗組 19	5.00	0.816
	應用題(共 4 題)	對照組 20	2.50	0.827
		實驗組 19	2.42	0.607
	分析題(共 3 題)	對照組 20	0.95	0.759
		實驗組 19	1.79	0.713
	總分(共 17 題)	對照組 20	7.25	2.531
		實驗組 19	8.16	2.500
延後測	記憶題(共 3 題)	對照組 20	2.05	0.686
		實驗組 19	2.16	0.688
	了解題(共 7 題)	對照組 20	2.40	1.188
		實驗組 19	2.95	1.026
	應用題(共 4 題)	對照組 20	2.05	1.146
		實驗組 19	1.68	1.003
	分析題(共 3 題)	對照組 20	0.75	0.639
		實驗組 19	1.37	1.012
	認知負荷量(最低 4 分, 最高 28 分)	對照組 20	11.55	4.478
		實驗組 19	10.32	4.865
	課程感受度(最低 16 分, 最高 112 分)	對照組 20	95.65	11.118
		實驗組 19	92.42	14.253

表 4-1-4

高學業成就分組下實驗組對照組教學實驗成績相關敘述統計資料摘要總表

	教材分組	人數	平均數	標準差	
前測	段考平均	對照組	17	79.17	15.725
		實驗組	19	83.32	12.785
	總分(共 17 題)	對照組	17	7.94	2.358
		實驗組	19	7.26	2.446
	記憶題(共 3 題)	對照組	17	2.06	0.659
		實驗組	19	2.00	0.745
	了解題(共 7 題)	對照組	17	2.24	0.970
		實驗組	19	1.84	1.119
	應用題(共 4 題)	對照組	17	2.06	1.298
		實驗組	19	2.16	1.119
	分析題(共 3 題)	對照組	17	1.06	0.556
		實驗組	19	0.63	0.831
後測	總分(共 17 題)	對照組	17	13.47	1.328
		實驗組	19	14.21	0.918
	記憶題(共 3 題)	對照組	17	2.59	0.507
		實驗組	19	2.63	0.597
	了解題(共 7 題)	對照組	17	6.41	0.507
		實驗組	19	6.05	0.848
	應用題(共 4 題)	對照組	17	2.82	0.636
		實驗組	19	3.00	0.471
	分析題(共 3 題)	對照組	17	1.65	0.996
		實驗組	19	2.53	0.513
	總分(共 17 題)	對照組	17	8.76	2.513
		實驗組	19	10.53	2.988
延後測	記憶題(共 3 題)	對照組	17	2.24	0.831
		實驗組	19	2.26	0.733
	了解題(共 7 題)	對照組	17	2.88	1.409
		實驗組	19	3.63	0.955
	應用題(共 4 題)	對照組	17	2.53	1.068
		實驗組	19	2.58	1.387
	分析題(共 3 題)	對照組	17	1.12	0.781
		實驗組	19	2.05	1.079
認知負荷量(最低 4 分，最高 28 分)		對照組	17	9.65	4.152
		實驗組	19	9.11	3.695
課程感受度(最低 16 分，最高 112 分)		對照組	17	97.65	10.517
		實驗組	19	94.74	8.068

第二節 研究假設的檢驗與說明

一、教材設計與學業成就對學習成就後測的影響

(一)假設一：教材設計與學業成就在學習成就後測的表現上有顯著交互效果。

考驗假設一的虛無假設 H_0 ：敘述如下

H_0 ：教學設計與學業成就在學習成就表現上沒有顯著交互效果。

【統計分析資料】

以下將教學設計與學業成就對學習成就的 2×3 二因子共變數分析資料整理如下表，我們可以很清楚的看到每一個交叉分組的人數資料與平均數的資料。

表 4-2-1

教學設計與學業成就對學習成就 2×3 二因子共變數分析資料

教材	學業成就	人數	學習成就後測成績	
			平均數	標準差
對照組	低	18	7.61	1.577
	中	20	10.70	0.801
	高	17	13.47	1.328
	總和	55	10.55	2.665
實驗組	低	17	8.24	1.437
	中	19	11.26	0.653
	高	19	14.21	0.918
	總和	55	11.35	2.640
合計	低	35	7.91	1.522
	中	39	10.97	0.778
	高	36	13.86	1.175
	總和	110	10.95	2.671

註：學習成就測驗共有 17 題

先以「理化科學業成績分組」為固定因子，「靜電單元成就測驗」的前測分數為共變數，「靜電單元成就測驗」後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，簡定結果如下表 4-2-2 所示：

表 4-2-2

組內迴歸係數同質性考驗檢定

來源	平方合	自由度	平均平方合	F 檢定	顯著性
前測	12.48	1	12.48	9.40	0.003**
教材	7.60	1	7.60	5.73	0.019*
學業成就	57.68	2	28.84	21.73	0.000***
教材 × 學業成就	1.11	2	0.55	0.42	0.660
前測 × 教材 + 前測 × 學業成就 + 前測× 教材 × 學業成就	5.91	5	1.18	0.89	0.491
(Total)	814.00	110	7.40		

註：* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

上表為組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測 × 教材 + 前測× 學業成就 + 前測× 教材× 學業成就」欄)， F 值為.89， $p = .491 > .05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行二因子共變數分析。在下表 4-2-3 二因子共變數分析摘要表中，我們可以看到主要效果與交互效果的檢定結果。

表 4-2-3

二因子共變數分析摘要表(教學設計與學業成就對後測)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	8.384	1	8.384	6.631	0.011*
業成就	13.167	1	13.167	10.414	0.002**
教材	375.128	2	187.564	148.346	0.000***
學業成就 * 教材	0.268	2	0.134	0.106	0.900
誤差	130.230	103	1.264		
總和	13956.000	110			

註：* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

【假設驗證】

由表 4-2-3 二因子共變數分析摘要表中，我們可以發現教學設計與學業成就對學習成就的交互作用檢定結果， F 值為 0.106， p 值為 $0.900 > 0.05$ ，無法拒絕虛無假設 H_0 ，顯示教學設計與學業成就在學習成就的表現沒有顯著交互效果，假設一不成立。

【說明】

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

1. 不同學業成就的學生，其學習成就後測表現有顯著差異。
2. 不同教材設計的組別，其學習成就後測表現有顯著差異。

表 4-2-4

估記的邊際平均數(後測-教材設計-單變量檢定)

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
對比	13.167	1	13.167	10.414	.002**	.092
誤差	130.230	103	1.264			

註：** $p < .01$.

表 4-2-5

估記的邊際平均數(後測-教材設計-估計值)

教材	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
對照組	10.568(a)	0.152	10.266	10.870
實驗組	11.265(a)	0.152	10.963	11.567

在不同教材設計組別的比較方面，由表 4-2-4 單變量的檢定中，我們可以發現檢定的結果 F 值為 10.414， p 值為 $0.002 < 0.05$ ，顯示不同教材設計的組別，在學習成就後測表現上有顯著的差異。且淨相關 Eta 平方值=0.092，介於 0.138 與 0.59 之間，顯示教材設計因子與學業成就後測間具有中度關聯強度。由表 4-2-5 可看出實驗組與對照組經共變數分析調整後的後測成績平均數，對照組=10.568、實驗組=11.265，就答對題目的平均數來看，實驗組 > 對照組，顯示在提升學習成就的表現，實驗組優於對照組(值越大，表現越好)。

表 4-2-6

估記的邊際平均數(後測-學業成就-單變量檢定)

	平方和後測	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
對比	375.128	2	187.564	148.346	0.000***	0.742
誤差	130.230	103	1.264			

註：*** $p < .001$.

表 4-2-7

估記的邊際平均數(後測-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1=" 低分組"	8.147(a)	0.209	7.732	8.562
2=" 中分組"	10.982(a)	0.180	10.625	11.339
3=" 高分組"	13.621(a)	0.206	13.212	14.030

在不同學業成就學生的比較方面，由表 4-2-6 單變量的檢定中，我們可以發現檢定的結果 F 值為 148.346， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，顯示不同學業成就的學生，在學習成就後測表現上有顯著差異。且淨相關 Eta 平方值 $= 0.742 > 0.138$ ，顯示學業成就因子與學業成就後測間具有高度的關聯強度。由表 4-2-7 可看出各學業成就經共變數分析調整後的後測成績平均數，低學業成就組=8.147、中學業成就組=10.982、高學業成就組=13.621，就答對題目的平均數來看，高學業成就組 $>$ 中學業成就組 $>$ 低學業成就組，原因可歸就於學生本質必然的結果。

為了進一步針對不同學業成就的學生探討教材設計對學習成就的影響，將各別對高學業成就、中學業成就、低學業成就的學生進行檢定。

1. 高學業成就組

首先，以「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，簡定結果如下：

表 4-2-8

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測-高學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
教材	2.433	1	2.433	2.006	0.166
前測總計	4.118	1	4.118	3.395	0.075
教材 * 前測總計	0.756	1	0.756	0.623	0.436
誤差	38.814	32	1.213		
總和	6965.000	36			

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，*F* 值為 0.623，*p* 值為 0.436 > 0.05，未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定。

以教材設計為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-9

教學設計單因子共變數分析摘要表(後測-高學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	淨相關	Eta 平方
前測總計	3.823	1	3.823	3.188	.083		.088
教材	6.120	1	6.120	5.103	.031*		.134
誤差	39.570	33	1.199				
總和	6965.000	36					

註：**p* < .05.

從分析摘要表可得知，高學業成就組 *F* 值為 5.103，*p* 值為 0.031 < 0.05 有達顯著效果，可推知以步驟化動態呈現的教學設計能幫助理化科高學業成就組的學生學習。

2. 中學業成就組

首先，以「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，簡定結果如下：

表 4-2-10

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測-中學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
教材	0.665	1	0.665	1.234	0.274
前測總計	0.858	1	0.858	1.592	0.215
教材 * 前測總計	0.069	1	0.069	0.129	0.722
誤差	18.858	35	0.539		
總和	4720.000	39			

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，*F* 值為 0.129，*p* 值為 0.722 > 0.05，未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定。

以教材設計為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-9

教學設計單因子共變數分析摘要表(後測-中學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測總計	.957	1	.957	1.819	.186	.048
教材	3.583	1	3.583	6.816	.013*	.159
誤差	18.928	36	.526			
總和	4720.000	39				

註：**p* < .05.

從分析摘要表可得知，中學業成就組 *F* 值為 6.816，*p* 值為 0.013 < 0.05 有達顯著效果，可推知以步驟化動態呈現的教學設計能提升理化科中學業成就組的學生學習。

3. 低學業成就組

首先，以「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，簡定結果如下：

表 4-2-10

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測-低學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
教材	2.775	1	2.775	1.244	0.273
前測總計	6.078	1	6.078	2.724	0.109
教材 * 前測總計	1.373	1	1.373	0.615	0.439
誤差	69.167	31	2.231		
總和	2271.000	35			

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，*F* 值為 0.615，*p* 值為 0.439 > 0.05，未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-11

教學設計單因子共變數分析摘要表(後測-低學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測總計	4.796	1	4.796	2.176	.150	.064
教材	3.053	1	3.053	1.385	.248	.041
誤差	70.540	32	2.204			
總和	2271.000	35				

從分析摘要表可得知，低學業成就組 *F* 值為 1.385，*p* 值為 0.248 > 0.05 無達顯著效果。

(二) 不同類型題目的表現

由上述分析討論中我們可發現，實驗組的教材設計方式(步驟化動態呈現)有助於學生的學習效果，而本研究學習成就測驗題型共分為四類：記憶題、了解題、應用題與分析題，下表為各分組在學習成就測驗中記憶題、了解題、應用題、分析題答對平均數摘要：

表 4-2-12

各分組學習成就測驗記憶題、了解題、應用題、分析題平均數摘要表

學業成就			學習成就測驗題型			
			記憶	了解	應用	分析
教學設計組	對	高(17 人)	2.6	6.4	2.9	1.7
	照	中(20 人)	2.3	5.0	2.5	1.0
	組	低(18 人)	1.7	3.8	1.7	0.4
	實	高(19 人)	2.6	6.1	3.0	2.5
	驗	中(19 人)	2.1	5.0	2.4	1.8
	組	低(17 人)	2.2	3.4	1.8	0.8

因此以下便再進一步探討學業成就因子與教材設計因子在不同類型題目的表現是否有顯著的影響。

1. 後測記憶題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-13

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測記憶題型)

來源	平方合	自由度	平均平方合	F 檢定	顯著性
前測記憶	1.07	1	1.07	2.30	0.133
教材	1.20	1	1.20	2.57	0.112
學業成就	1.16	2	0.58	1.25	0.292
教材× 學業成就	0.32	2	0.16	0.34	0.709
前測記憶 × 教材 + 前測記憶× 學業成就 + 前測記憶× 教材 × 學業成就	1.50	5	0.30	0.64	0.668
(Total)	58.37	109	0.54		

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測× 教材 + 前測× 學業成就 + 前測×教材×

學業成就」欄)，知識題型 F 值為 .64， $P=.668>.05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-16

二因子共變數分析摘要表(後測記憶題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測記憶	0.957	1	0.957	2.088	0.152
教材	0.426	1	0.426	0.930	0.337
學業成就	4.964	2	2.482	5.416	0.006**
教材 * 學業成就	1.514	2	0.757	1.652	0.197
誤差	47.203	103	0.458		
總和	613.000	110			

註： ** $p < .01$.

表 4-2-17

估記的邊際平均數(後測記憶題型-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1=" 低分組 "	1.999(a)	0.120	1.762	2.237
2=" 中分組 "	2.179(a)	0.108	1.964	2.394
3=" 高分組 "	2.560(a)	0.118	2.326	2.794

由表 4-2-16「教材*學業成就」欄分析結果得知，在記憶題 F 值為 1.652， p 值為 0.197 >0.05 ，顯示教材設計與學生學業成就在各題型的表現上並沒有顯著交互效果。

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

(1) 不同學業成就的學生，在知識類型題目學習成就後測表現有顯著差異。

(2) 不同教材設計的組別，在知識類型題目學習成就後測表現有顯著差異。

在學業成就分組方面，記憶題 F 值為 5.416， p 值為 $0.006 < 0.05$ 有顯著的影響，且由估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數而言，高分組 $>$ 中分組 $>$ 低分組，顯示學習成就越高的學生，平均答對題數越高、學習效果越好。

在教材設計方面，記憶題 F 值為 0.930， p 值為 $0.337 > 0.05$ ，發現教材設計與答對題數間無顯著效果，顯示不同的教材設計對學生在記憶題的學習成效上並無明顯的差異。

2. 後測了解題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-14

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測了解題型)

來源	平方合	自由度	平均平方合	F 檢定	顯著性
前測理解	3.52	1	3.52	3.91	0.051
教材	0.32	1	0.32	0.35	0.555
學業成就	39.16	2	19.58	21.73	0.000***
教材 \times 學業成就	0.78	2	0.39	0.43	0.651
前測理解 \times 教材 + 前測理解 \times 學業成就 + 前測理解 \times 教材 \times 學業成就	1.19	5	0.24	0.26	0.931
(Total)	217.85	109	2.00		

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測 \times 教材 + 前測 \times 學業成就 + 前測 \times 教材 \times 學業成就」欄)，了解題型 F 值為 .26， $P=.931 > .05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-19

二因子共變數分析摘要表(後測了解題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測了解	3.741	1	3.741	4.305	0.040*
教材	1.371	1	1.371	1.578	0.212
學業成就	108.386	2	54.193	62.365	0.000***
教材 * 學業成就	0.943	2	0.471	0.542	0.583
誤差	89.503	103	0.869		
總和	2928.000	110			

註：* $p < .05$ *** $p < .001$.

表 4-2-15

估記的邊際平均數(了解題型-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1="低分組"	3.646(a)	0.160	3.330	3.962
2="中分組"	5.026(a)	0.149	4.730	5.322
3="高分組"	6.179(a)	0.158	5.867	6.492

由表 4-2-19「教材*學業成就」欄分析結果得知，在了解題 F 值為 0.542， p 值為 0.583 > 0.05 ，顯示教材設計與學生學業成就在各題型的表現上並沒有顯著交互效果。

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

- (1) 不同學業成就的學生，在了解類型題目學習成就後測表現有顯著差異。
- (2) 不同教材設計的組別，在了解類型題目學習成就後測表現有顯著差異。

在學業成就分組方面，了解題 F 值為 63.365， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，發現均有顯著的影響，且由估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數而言，高分組 $>$ 中分組 $>$ 低分組，顯示學習成就越高的學生，平均答對題數越高、學習效果越好。

在教材設計方面，了解題 F 值為 1.578， p 值為 $0.212 > 0.05$ ，發現教材設計與答對題數間無顯著效果，顯示不同的教材設計對學生在了解題的學習成效上並無明顯的差異。

3. 後測應用題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-21

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測應用題型)

來源	平方和	自由度	平均平方	F 檢定	顯著性
前測應用	0.34	1	0.34	0.57	0.453
教材	0.08	1	0.08	0.13	0.720
學業成就	1.23	2	0.61	1.01	0.366
教材 × 學業成就	0.47	2	0.24	0.39	0.678
前測應用 × 教材 + 前測應用 × 學業成就 + 前測應用 × 教材 × 學業成就	4.98	5	1.00	1.65	0.155
(Total)	88.19	109	0.81		

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測×教材 + 前測×學業成就 + 前測×教材×學業成就」欄)，應用題型 F 值為 1.65， $P=.155>.05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-16

二因子共變數分析摘要表(應用題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測應用	0.000	1	0.000	0.000	0.989
教材	0.120	1	0.120	0.193	0.662
學業成就	19.324	2	9.662	15.505	0.000***
教材 * 學業成就	0.325	2	0.162	0.261	0.771
誤差	64.184	103	0.623		
總和	717.000	110			

註：*** $p < .001$.

表 4-2-17

估記的邊際平均數(應用題型-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1=" 低分組"	1.772(a)	0.141	1.493	2.051
2=" 中分組"	2.461(a)	0.126	2.210	2.711
3=" 高分組"	2.912(a)	0.138	2.638	3.186

由表 4-2-22 「教材*學業成就」欄分析結果得知，應用題 F 值為 0.261， p 值為 0.771 > 0.05 ，顯示教材設計與學生學業成就在各題型的表現上並沒有顯著交互效果。

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

- (1) 不同學業成就的學生，在應用類型題目學習成就後測表現有顯著差異。
- (2) 不同教材設計的組別，在應用類型題目學習成就後測表現有顯著差異。

在學業成就分組方面，應用題 F 值為 15.505， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，發現均有顯著的影響，且由各類型題目估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數而言，高分組 $>$ 中分組 $>$ 低分組，顯示學習成就越高的學生，平均答對題數越高、學習效果越好。

在教材設計方面，應用題 F 值為 0.193， p 值為 $0.662 > 0.05$ ，發現教材設計與答對題數間無顯著效果，顯示不同的教材設計對學生在記憶題、理解題、應用題的學習成效上並無明顯的差異。

4. 後測分析題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-24

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析題型)

來源	平方合	自由度	平均平方合	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測分析	0.29	1	0.29	0.48	.489
教材	7.53	1	7.53	12.66	.001***
學業成就	10.95	2	5.48	9.21	.000***
教材 × 學業成就	0.23	2	0.12	0.19	.824
前測分析 × 教材 + 前測 分析 × 學業成就 + 前測 分析 × 教材 × 學業成就	3.18	5	0.64	1.07	.382
(Total)	117.45	109	1.08		

註：*** $p < .001$.

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測×教材 + 前測×學業成就 + 前測×教材×學業成就」欄)，分析題型 F 值為 1.07， $P=.382 > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-18

二因子共變數分析摘要表(分析題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測分析	0.003	1	0.003	0.005	0.942
教材	13.900	1	13.900	23.290	0.000***
學業成就	35.897	2	17.948	30.074	0.000***
教材 * 學業成就	1.081	2	0.541	0.906	0.407
誤差	61.472	103	0.597		
總和	322.000	110			

註：*** $p < .001$.

表 4-2-19

估記的邊際平均數(分析題型-教材-估計值)

教材	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
對照組	0.995(a)	0.105	0.786	1.203
實驗組	1.714(a)	0.105	1.506	1.922

表 4-2-20

估記的邊際平均數(分析題型-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1="低分組"	0.608(a)	0.132	0.346	0.870
2="中分組"	1.370(a)	0.124	1.124	1.617
3="高分組"	2.084(a)	0.133	1.821	2.348

由表 4-2-25「教材*學業成就」欄分析結果得知，在分析題 F 值為 0.906， p 值為 0.407 > 0.05 ，顯示教材設計與學生學業成就在各題型的表現上並沒有顯著交互效果。

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

- (1) 不同學業成就的學生，在分析類型題目學習成就後測表現有顯著差異。
- (2) 不同教材設計的組別，在分析類型題目學習成就後測表現有顯著差異。

在學業成就分組方面，分析題 F 值為 30.074， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，發現有顯著的影響，且由各類型題目估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數而言，高分組 $>$ 中分組 $>$ 低分組，顯示學習成就越高的學生，平均答對題數越高、學習效果越好。

在教材設計方面，分析題型 F 值為 23.290， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，發現教材設計，對答對題數的影響具有顯著效果。由表 4-2-26 估記的邊際平均數(分析題型-教材-估計值)可知各組修正前測影響後的平均數，對照組=0.995，實驗組=1.714，顯示實驗組的學習效果優於對照組，代表步驟化動態呈現此設計方式對分析題型的學習效果具有顯助的幫助。

為了進一步針對不同學業成就的學生探討教材設計對分析題型學習的影響，將各別對高學業成就、中學業成就、低學業成就的學生進行檢定：

- (1) 高學業成就組

以「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型後測分數」

為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下：

表 4-2-21

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析-高學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
教材	2.285	1	2.285	3.557	0.068
前測分析	0.057	1	0.057	0.088	0.769
教材 * 前測分析	0.001	1	0.001	0.001	0.970
誤差	20.556	32	0.642		
總和	188.000	36			

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，高學習就組 *F* 值為 0.001，*p* 值為 0.970 > 0.05 未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測分析題成績為共變項、後測分析題成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-29

單因子共變數分析摘要表(後測分析-高學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測分析	0.062	1	0.062	0.099	0.754	0.003
教材	6.712	1	6.712	10.774	0.002**	0.246
誤差	20.557	33	0.623			
總和	188.000	36				

註：***p* < .01.

由分析結果得知，在分析題型的表現上，高學業成就組 *F* 值為 10.774、*p* 值為 0.002 < 0.05 有達顯著效果。

(2) 中學業成就組

以「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下：

表 4-2-30

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析-中學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	4.290	1	4.290	7.702	0.009**
前測分析	0.608	1	0.608	1.091	0.303
教材 * 前測分析	0.032	1	0.032	0.057	0.813
誤差	19.492	35	0.557		
總和	99.000	39			

註： ** $p < .01$.

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，中學習成就組 F 值為 0.057， p 值為 0.813 > 0.05、低學習成就組 F 值為 0.907， p 值為 0.348 > 0.05，未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測分析題成績為共變項、後測分析題成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-22

單因子共變數分析摘要表(後測分析-中學業成就分組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測分析	0.584	1	0.584	1.077	0.306	0.029
教材	6.938	1	6.938	12.793	0.001***	0.262
誤差	19.524	36	0.542			
總和	99.000	39				

註： *** $p < .001$.

由分析結果得知，在分析題型的表現上，中學業成就組 F 值為 12.793、 p 值為 0.001 < 0.05 有達顯著效果。

(3) 低學業成就組

以「教材設計」為固定因子，「分析題型前測分數」為共變數，「分析題型後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下：

表 4-2-23

組內迴歸係數同質性考驗檢定(後測分析-低學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	1.829	1	1.829	3.108	0.088
前測分析	2.104	1	2.104	3.575	0.068
教材 * 前測分析	0.534	1	0.534	0.907	0.348
誤差	18.242	31	0.588		
總和	35.000	35			

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，低學習成就組 F 值為 0.907， p 值為 0.348 > 0.05，未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測分析題成績為共變項、後測分析題成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-24

單因子共變數分析摘要表(後測分析-低學業成就分組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測分析	1.972	1	1.972	3.361	0.076	0.095
教材	1.319	1	1.319	2.248	0.144	0.066
誤差	18.776	32	0.587			
總和	35.000	35				

由分析結果得知，在分析題型的表現上，低學業成就組 F 值為 2.248、 p 值為 0.144 > 0.05，未達顯著效果。

(三) 小結

1. 教材設計與學業成就對後測並無顯著交互作用。
2. 教材設計對後測有顯著效果，實驗組的表現優於對照組。
3. 在各學業成就分組下，高、中學業成就組有顯著差異，實驗組的表現均優於對照組。
4. 教材設計對分析題型表現有顯著效果，高、中學業成就組中實驗組的表現均優於對照組。

二、教學設計與學業成就對延後測驗的影響

(一)假設二：教材設計與學業成就在學習成就延後測驗的表現上有顯著交互效果。

考驗假設二的虛無假設 H_02 ：敘述如下

H_02 ：教學設計與學業成就在學習成就延後測驗的表現上沒有顯著交互效果。

【統計分析資料】

以下將教學設計與學業成就對學習成就延後測驗的 2×3 二因子共變數分析資料整理如下表，我們可以很清楚的看到每一個交叉分組的人數資料與平均數的資料。

表 4-2-25

教學設計與學業成就對延後測驗 2×2 二因子共變數分析資料

教材	學業成就	人數	學習成就延後測成績	
			平均數	標準差
對 照 組	低	18	4.89	2.166
	中	20	7.25	2.531
	高	17	8.76	2.513
	總和	55	6.95	2.844
實 驗 組	低	17	6.29	1.795
	中	19	8.16	2.500
	高	19	10.53	2.988
	總和	55	8.40	3.004
合 計	低	35	5.57	2.090
	中	39	7.69	2.525
	高	36	9.69	2.877
	總和	110	7.67	3.002

註：延後測驗共有 17 題

與表 4-2-1 相較，發現無論是實驗組還是對照組的學生，經過了一個月後，學習成就測驗答對的題數均有減少的趨勢，表示從教學完畢之後兩組的學生均因時間久遠而產生遺忘的現象。

先以學業成就與教材設計為固定因子，前測分數為共變數，延後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，簡定結果如下表所示：

表 4-2-26

組內迴歸係數同質性考驗檢定

來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	32.17	1	32.17	6.07	0.015*
教材	0.99	1	0.99	0.19	0.666
學業成就	2.54	2	1.27	0.24	0.787
教材 × 學業成就	6.41	2	3.20	0.60	0.548
前測 × 教材 + 前測 × 學業成就	36.81	5	7.36	1.39	0.235
(Total)	982.22	109	9.01		

註：* $p < .05$.

上表為組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測×教材 + 前測×學業成就 + 前測×教材×學業成就」欄)， F 值為 1.39， $p = 0.235 > 0.05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教學設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，進行二因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-27

二因子共變數分析摘要表(教學設計與學業成就對延後測驗)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平
前測	71.277	1	71.277	13.202	0.000***	0.114
教材	62.375	1	62.375	11.553	0.001***	0.101
學業成就	95.533	2	47.766	8.847	0.000***	0.147
教材 * 學業成就	3.944	2	1.972	0.365	0.695	0.007
誤差	556.103	103	5.399			
總和	7458.000	110				

註：*** $p < .001$.

【假設驗證】

由表4-2-36二因子共變數分析摘要表中，我們可以發現教學設計與學業成就對學習成就的交互作用檢定結果， F 值為 0.365， p 值為 0.695 > 0.05 ，無法拒絕虛無假設 H_0 2，顯示教學設計與學業成就在的表現沒有顯著交互效果，假設二不成立。

【說明】

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

1. 不同學業成就的學生，其學習成就延後測驗表現有顯著差異。
2. 不同教材設計的組別，其學習成就延後測驗表現有顯著差異

表 4-2-28

估記的邊際平均數(延後測-教材設計-估計值)

教材	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
對照組	6.893(a)	0.315	6.269	7.517
實驗組	8.409(a)	0.315	7.785	9.033

表 4-2-29

估記的邊際平均數(延後測-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1=" 低分組"	6.244(a)	0.432	5.387	7.101
2=" 中分組"	7.705(a)	0.372	6.967	8.443
3=" 高分組"	9.005(a)	0.426	8.160	9.850

在不同學業成就學生的比較方面，由表 4-2-36 中，我們可以發現檢定的結果 F 值為 8.847， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，顯示不同學業成就的學生，在學習成就後測表現上有顯著差異。且淨相關 Eta 平方值 $= 0.147 > 0.138$ ，顯示學業成就因子與學業成就後測間具有高度的關聯強度。由表 4-2-38 可看出各學業成就經共變數分析調整後的後測成績平均數，低學業成就組 $= 6.244$ 、中學業成就組 $= 7.705$ 、高學業成就組 $= 9.005$ ，就答對題目的平均數來看，高學業成就組 $>$ 中學業成就組 $>$ 低學業成就組，原因可歸就於學生本質必然的結果。

在不同教材設計組別的比較方面，由表 4-2-36 中，我們可以發現檢定的結果 F 值為 11.553， p 值為 $0.001 < 0.05$ ，顯示不同教材設計的組別，在學習成就後測表現上有顯著的差異。且淨相關 Eta 平方值 $= 0.101$ ，介於 0.138 與 0.59 之間，顯示教材設計因子與學業成就後測間具有中度關聯強度。由表 4-2-37 可看出實驗組與對照組經共變數分析調整後的後測成績平均數，對照組 $= 6.893$ 、實驗組 $= 8.409$ ，實驗組平均答對題數高於對照組，可看出雖然實驗組與對照組在延後測驗中均有退步的現象，但是實驗組的學習效果仍優於對照

組，顯示出以步驟化動態呈現設計模式的教材，在學生學習後記憶力的維持上具有較好的效果，表示步驟化動態呈現的教學設計方式在學習中更能讓學生掌握教材的重點、真正理解教材的內容，並確實加深學生對教材內容的印象。

故整體而言，實驗組在延後測的表現優於對照組，但為更進一步瞭解不同學業成就分組中教材設計對延後測驗的影響，將各別對高學業成就、中學業成就、低學業成就的學生進行檢定：

1. 高學業成就組

以「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下：

表 4-2-30

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測-高學習成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	1.943	1	1.943	0.313	0.580
前測總計	61.489	1	61.489	9.901	0.004**
教材 * 前測總計	0.252	1	0.252	0.041	0.842
誤差	198.731	32	6.210		
總和	3673.000	36			

註： ** $p < .01$.

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，高學習就組 F 值為 0.041， p 值為 0.842 > 0.05 未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測成績為共變項、延後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-31

單因子共變數分析摘要表(高學業成就組教材設計對延後測驗分析)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測	62.813	1	62.813	10.417	0.003**	.240
教材	40.427	1	40.427	6.705	0.014*	.169
誤差	198.983	33	6.030			
總和	3673.000	36				

註：* $p < .05$. ** $p < .01$.

從分析結果可知，高學業成就組 F 值為6.705、 p 值為 $0.014 < 0.05$ ，顯示對於高學業成就組的學生而言，教材設計對延後測驗的影響有達顯著效果。

2. 中學業成就組

以「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下：

表 4-2-32

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測-中學習成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	1.279	1	1.279	0.221	0.641
前測總計	29.574	1	29.574	5.113	0.030*
教材 * 前測總計	5.373	1	5.373	0.929	0.342
誤差	202.444	35	5.784		
總和	2550.000	39			

註：* $p < .05$.

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，中學習成就組 F 值為0.929， p 值為 $0.342 > 0.05$ 未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測成績為共變項、延後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-33

單因子共變數分析摘要表(中學業成就組教材設計對延後測驗分析)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測	26.460	1	26.460	4.584	0.039*	.113
教材	13.170	1	13.170	2.281	0.140	.060
誤差	207.816	36	5.773			
總和	2550.000	39				

註：* $p < .05$.

從分析結果可知，中學業成就組 F 值為2.281、 p 值為0.140 >0.05 ，顯示對於中學業成就組的學生而言，教材設計對延後測驗的影響均未達顯著效果。

3. 低學業成就組

以「教材設計」為固定因子，「前測分數」為共變數，「後測分數」為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下：

表 4-2-34

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測-低學習成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	4.504	1	4.504	1.182	0.285
前測總計	1.205	1	1.205	0.316	0.578
教材 * 前測總計	13.142	1	13.142	3.449	0.073
誤差	118.114	31	3.810		
總和	1235.000	35			

以上組內迴歸係數同質性考驗結果(教材*前測總計欄)，低學習成就組 F 值為3.499， p 值為0.073 >0.05 ，未達顯著水準，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項、前測成績為共變項、延後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如下所示：

表 4-2-35

單因子共變數分析摘要表(低學業成就組教材設計對延後測驗分析)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測	0.051	1	0.051	0.013	0.912	.000
教材	17.148	1	17.148	4.181	0.049*	.116
誤差	131.256	32	4.102			
總和	1235.000	35				

註：* $p < .05$.

從分析結果可知，低學業成就組 F 值為 4.181、 p 值為 $0.049 < 0.05$ ，顯示對於低學業成就組的學生而言，教材設計對延後測驗的影響均有達顯著效果，並且與表 4-2-10 分析結果相較，發現在施測結束後所實施之學習成就測驗中，低學業成就組的學生原本在教材設計對後測表現上是未達顯著水準，表示施測時實驗組與對照組的學習差異不大，但是經過一個月後再實施延後測驗，卻發現這組在教材設計對延後測表現上反而有達顯著水準，實驗組的表現均優於對照組，顯示步驟化動態呈現教學設計模式的教材實在有助於學生的學習成效。

(二) 不同類型題目的表現

以下將再進一步探討學業成就因子與教材設計因子對不同類型題目延後測驗的表現是否有顯著的影響。下表為各分組在學習成就測驗中記憶題、理解題、應用題、分析題答對平均數摘要：

表 4-2-36

各分組學習成就延後測驗記憶題、了解題、應用題、分析題平均數摘要表

		學業成就	學習成就測驗題型			
			記憶	了解	應用	分析
教學設計	對照組	高(17 人)	2.24	2.88	2.53	1.12
		中(20 人)	2.05	2.40	2.05	0.75
		低(18 人)	1.94	1.44	0.72	0.78
	實驗組	高(19 人)	2.26	3.63	2.58	2.05
		中(19 人)	2.16	2.95	1.68	1.37
		低(17 人)	1.47	2.59	1.88	0.35

1. 延後測記憶題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-37

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗記憶題型)

來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測記憶	0.00	1	0.00	0.00	0.997
教材	0.52	1	0.52	0.91	0.343
學業成就	0.77	2	0.38	0.67	0.516
教材 × 學業成就	0.18	2	0.09	0.15	0.858
前測 × 教材 + 前測 × 學業成就	0.97	5	0.19	0.34	0.889
(Total)	64.92	109	0.60		

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測 × 教材 + 前測 × 學業成就 + 前測 × 教材 × 學業成就」欄)，知識題型 F 值為 0.34， $p=0.889>0.05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，針對不同類型的題目進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-47

共變數分析摘要表(延後測驗記憶題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測記憶	0.011	1	0.011	0.020	0.889
教材	0.343	1	0.343	0.615	0.435
學業成就	4.599	2	2.300	4.127	0.019*
教材 * 學業成就	1.800	2	0.900	1.616	0.204
誤差	57.388	103	0.557		
總和	517.000	110			

註：* $p < .05$ 。

表 4-2-48

估記的邊際平均數(延後測驗記憶題型-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1=" 低分組"	1.713(a)	0.132	1.451	1.974
2=" 中分組"	2.104(a)	0.120	1.867	2.341
3=" 高分組"	2.244(a)	0.130	1.985	2.502

在記憶題型方面，由表 4-2-49「教材*學業成就」欄分析結果得知， F 值為 0.451， p 值為 0.638 > 0.05，顯示教材設計與學生學業成就在各題型的表現上並沒有顯著交互效果。在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

- (1) 不同學業成就的學生，在知識類型題目學習成就延後測驗的表現有顯著差異。
- (2) 不同教材設計的組別，在知識類型題目學習成就延後測驗的表現有顯著差異。

在學業成就分組方面， F 值為 4.127， p 值為 0.019 < 0.05，發現有顯著的影響，且由表 4-2-48 估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數，高分組 > 中分組 > 低分組，顯示學習成就越高的學生，在知識題型延後測驗的學習效果越好。

在教材設計方面， F 值為 0.615， p 值為 0.435 > 0.05，未達顯著水準，顯示實驗組與對照組，在知識題型延後測驗的學習成果並無顯著的差異。

2. 延後測了解題型

學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-38

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗了解題型)

來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測了解	3.93	1	3.93	3.35	0.070
教材	7.82	1	7.82	6.66	0.011*
學業成就	3.99	2	1.99	1.70	0.188
教材× 學業成就	1.63	2	0.81	0.69	0.503
前測× 教材 + 前測× 學業成就 + 前測× 教材 × 學業成就	1.67	5	0.33	0.28	0.921
(Total)	168.87	109	1.55		

註：* $p < .05$.

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測 × 教材 + 前測× 學業成就 + 前測× 教材 × 學業成就」欄)，了解題型 F 值為 0.28， $p=0.921 > 0.05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，針對不同類型的題目進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-39

共變數分析摘要表(延後測驗了解題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測了解	3.729	1	3.729	3.289	0.073
教材	19.501	1	19.501	17.202	0.000***
學業成就	21.799	2	10.899	9.614	0.000***
教材 * 學業成就	1.022	2	0.511	0.451	0.638
誤差	116.766	103	1.134		
總和	944.000	110			

註：*** $p < .001$.

表 4-2-40

估記的邊際平均數(延後測驗了解題型-教材-估計值)

教材	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
對照組	2.225(a)	0.144	1.939	2.511
實驗組	3.072(a)	0.144	2.787	3.358

表 4-2-41

估記的邊際平均數(延後測驗了解題型-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1="低分組"	2.068(a)	0.182	1.706	2.429
2="中分組"	2.675(a)	0.171	2.337	3.013
3="高分組"	3.204(a)	0.180	2.847	3.561

在了解題型方面，由表 4-2-50「教材*學業成就」欄分析結果得知， F 值為 1.616， p 值為 $0.204 > 0.05$ ，顯示教材設計與學生學業成就在各題型的表現上並沒有顯著交互效果。在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

- (1) 不同學業成就的學生，在理解類型題目學習成就延後測驗的表現有顯著差異。
- (2) 不同教材設計的組別，在理解類型題目學習成就延後測驗的表現有顯著差異。

在學業成就分組方面， F 值為 9.614， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，發現有顯著的影響，且由表 4-2-50 估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數，高分組 $>$ 中分組 $>$ 低分組，顯示學習成就越高的學生，在理解題型延後測驗的學習效果越好。

在教材設計方面， F 值為 17.202， p 值為 $0.000 < 0.05$ ，發現有顯著的影響，且由表 4-2-53 估計的邊際平均數來看，修正前測因素後答對平均題數，對照組=2.225、實驗組=3.072，實驗組 $>$ 對照組，顯示步驟化動態呈現得教材設計方式有助於學生在理解題型延後測驗的表現。

3. 延後測應用題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-42

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗應用題型)

來源	平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測應用	4.70	1	4.70	3.75	0.056
教材	0.00	1	0.00	0.00	0.977
學業成就	2.09	2	1.05	0.83	0.438
教材 × 學業成就	2.63	2	1.31	1.05	0.355
前測 × 教材 + 前測 × 學業成就 + 前測 × 教材 × 學業成就	13.40	5	2.68	2.14	0.068
(Total)	187.09	109	1.72		

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測 × 教材 + 前測 × 學業成就 + 前測 × 教材 × 學業成就」欄)，應用題型 *F* 值為 2.14， $p=0.068>0.05$ 未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，針對不同類型的題目進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-43

共變數分析摘要表(延後測驗應用題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測應用	8.949	1	8.949	6.760	0.011*
教材	2.389	1	2.389	1.805	0.182
學業成就	12.716	2	6.358	4.803	0.010*
教材 * 學業成就	11.943	2	5.971	4.511	0.013*
誤差	136.349	103	1.324		
總和	588.000	110			

註：* $p < .05$.

在應用題型方面，由表 4-2-54「教材*學業成就」欄分析結果得知，*F* 值為 4.511，*p* 值為 $0.013 < 0.05$ ，顯示排除前測成績後，教材設計與學生學業成就在應用題型延後測驗

的表現上有顯著的交互作用。因而要繼續進行共變數「單純主要效果」考驗。亦即要考驗調整後的細格平均數。由上述報表中，可以將細格及邊緣(際)調整後的平均數整理如下，其中括弧內的數字為應用題原始的延後測成績：

表 4-2-44

細格及邊緣(際)調整後的平均數(延後測驗應用題型)

		學業成就			邊緣平均數
		高	中	低	
教 對照組		2.385(2.53)	2.037(2.05)	0.865(0.72)	1.762(1.76)
材 實驗組		2.407(2.58)	1.692(1.68)	2.074(1.88)	2.058(2.05)
邊緣平均數		2.396(2.56)	1.865(1.87)	1.470(1.29)	1.910(1.91)

註：括弧內的數字原始的成績。

表 4-2-45

單純主要效果分析摘要表(延後測驗應用題型)

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F檢定	顯著性	事後比較
教材因子						
低學業成就水準	13.32	1	13.32	10.06	0.002**	實驗組>對照組
中學業成就水準	1.14	1	1.14	0.86	0.355	
高學業成就水準	0.05	1	0.05	0.04	0.846	
學業成就因子						
對照組水準	21.05	2	10.53	7.95	0.001***	高學習成就>低學習成就 中學習成就>低學習成就
實驗組水準	4.71	2	2.35	1.78	0.174	
誤差	136.35	103	1.32			

註： ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 4-2-46

學業成就因子單純主要效果考驗摘要表(延後測驗應用題型)

教材分組	學業成就分組	顯著性
對照組	低-中	0.00284
	中-高	0.33272
實驗組	低-中	0.35144
	中-高	0.06273
對照組	低-高	0.00026
	中-高	0.33272
實驗組	低-高	0.39498
	中-高	0.06273

在教材設計因子單純主要效果考驗之結果，在高學習成就(F 值=0.04、 p 值=0.864 $>$ 0.05)與中學習成就(F 值=0.86、 p 值=0.355 $>$ 0.05)分組中，均未達顯著水準。但在低學業成就分組中， F 值=10.06、 p 值=0.002 $<$ 0.05，表示對低學習成就的學生而言，採用不同的教材設計，對應用題型學習成就延後測驗的學習效果有顯著差異存在，從調整後的細格平均數得知，實驗組(2.074)顯著優於對照組(0.865)。

在學業成就因子單純主要效果考驗之結果，在實驗組中 F 值=1.78、 p 值=0.174 $>$ 0.05，未達顯著水準。但在對照組中 F 值=7.95、 p 值=0.001 $<$ 0.05，顯示在對照組中不同學業成就的學生間的應用題型延後測的學習效果有顯著差異存在。由表 4-2-57 中可知，對照組中低學習成就與高學習成就(p 值=0.00248 $<$ 0.05)有顯著性的差異存在，從調整後的細格平均數得知，高學習成就組(2.385)顯著優於低學習成就組(0.865)。對照組中低學習成就與中學習成就(p 值=0.00026 $<$ 0.05)有顯著性的差異存在，從調整後的細格平均數得知，中學習成就組(2.037)顯著優於低學習成就組(0.865)。

4. 延後測分析題型

先以學業成就、教材設計為固定因子，前測分數為共變數，後測分數為依變項，進行「迴歸係數同質性考驗」檢定，檢定結果如下表：

表 4-2-58

組內迴歸係數同質性考驗檢定(延後測驗分析題型)

來源	平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測分析	0.42	1	0.42	0.69	0.409
教材	1.96	1	1.96	3.24	0.075
學業成就	3.13	2	1.57	2.60	0.080
教材 × 學業成就	3.84	2	1.92	3.18	0.046*
前測 × 教材 + 前測 BY 學業成就 + 前測 BY 教材 BY 學業成就	5.28	5	1.06	1.75	0.131
(Total)	98.26	109	0.90		

註：* $p < .05$.

由以上組內迴歸係數同質性考驗結果(「前測 × 教材 + 前測 × 學業成就 + 前測 × 教材 × 學業成就」欄)，分析題型 *F* 值為 1.75， $p = 0.131 > 0.05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，表示回歸線的斜率相同，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個處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理的共變項(前測成績)來預測依變項(後測成績)所得到的個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，以下便繼續進行共變數分析。

以教材設計與學業成就為自變項、前測成績為共變項、後測成績為依變項，針對不同類型的題目進行二因子共變數分析，分析結果整理如下：

表 4-2-59

共變數分析摘要表(延後測驗分析題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測分析	1.443	1	1.443	2.306	0.132
教材	4.485	1	4.485	7.169	0.009**
學業成就	14.541	2	7.271	11.622	0.000***
教材 * 學業成就	9.480	2	4.740	7.577	0.001***
誤差	64.434	103	0.626		
總和	227.000	110			

註： ** $p < .01$. *** $p < .001$.

在分析題型方面，由表 4-2-59「教材*學業成就」欄分析結果得知，*F* 值為 7.577，*p* 值為 $0.001 < 0.05$ ，顯示排除前測成績後，教材設計與學生學業成就在應用題型延後測驗的表現上有顯著的交互作用。因而要繼續進行共變數「單純主要效果」考驗。亦即要考驗調整後的細格平均數。由上述報表中，可以將細格及邊緣(際)調整後的平均數整理如下，其中括弧內的數字為應用題原始的延後測成績：

表 4-2-47

細格及邊緣(際)調整後的平均數(延後測驗分析題型)

		學業成就			邊緣平均數
		高	中	低	
教	對照組	1.031(1.12)	0.763(0.75)	0.801(0.78)	0.865(0.87)
材	實驗組	2.042(2.05)	1.386(1.37)	0.392(0.35)	1.273(1.29)
邊緣平均數		1.537(1.61)	1.075(1.05)	0.569(0.57)	1.069(1.08)

註：括弧內的數字原始的成績。

表 4-2-48

單純主要效果分析摘要表(延後測驗分析題型)

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F檢定	顯著性	事後比較
教材因子						
在低學業成就水準	1.27	1	1.27	2.03	.157	
在中學業成就水準	3.78	1	3.78	6.05	.016 [*]	實驗組>對照組
在高學業成就水準	9.84	1	9.84	15.74	.000 ^{***}	實驗組>對照組
學業成就因子						
在對照組水準	0.84	2	0.42	0.68	.511	
在實驗組水準	25.03	2	12.51	20.00	.000 ^{***}	高>中>低
誤差	64.43	103	.63			

註：* $p < .05$. *** $p < .001$.

表 4-2-49

學業成就因子單純主要效果考驗摘要表(延後測驗分析題型)

教材分組	學業成就分組	顯著性
對照組	低-中	.82064
	中-高	.26461
實驗組	低-中	.00021
	中-高	.01224
對照組	低-高	.38293
	中-高	.26461
實驗組	低-高	.00000
	中-高	.01224

在教材設計因子單純主要效果考驗之結果，在低學業成就分組中， F 值=2.03、 p 值=.157 >0.05 ，未達顯著水準。而中學習成就(F 值=6.05、 p 值=.016 <0.05)與高學習成就(F 值=15.74、 p 值=.000 <0.05)分組中，均達顯著水準，表示對中、高學習成就的學生而言，採用不同的教材設計，對分析題型學習成就延後測驗的學習效果有顯著差異存在，從調整後的細格平均數得知，高學習成就組中實驗組(2.042)顯著優於對照組(1.031)，中學習成就組中實驗組(1.386)亦顯著優於對照組(0.7631)。

在學業成就因子單純主要效果考驗之結果，在對照組中 F 值=0.68、 p 值=.511 >0.05 ，未達顯著水準。但在實驗組中 F 值=20.00、 p 值=.000 <0.05 ，顯示在實驗組中不同學業

成就的學生間的分析題型延後測的學習效果有顯著差異存在。由表 4-2-62 中可知，實驗組中高學習成就與中學習成就(p 值=0.01224<0.05)、低學習成就與中學習成就(p 值=0.00021<0.05)、低學習成就與高學習成就(p 值=0.00000<0.05)，均有顯著性的差異存在，從調整後的細格平均數得知，高學習成就組優於中學習成就組、中學習成就組又優於低學習成就組。

(三) 小結

1. 教材設計與學業成就對延後測無顯著交互效果。
2. 教材設計對延後測有顯著效果，雖然均有退步的現象，但實驗組的表現仍優於對照組。
3. 在各學業成就分組下，高、低學業成就組有顯著差異，實驗組的表現均優於對照組。
4. 教材設計在了解、應用、分析題型方面有顯著效果：
 - (1) 了解題：實驗組的表現均優於對照組。
 - (2) 應用題：在低學業成就組，實驗組的表現優於對照組。
 - (3) 分析題：在高、中學業成就組，實驗組的表現均優於對照組。

三、教學設計與學業成就對認知負荷的影響

(一)假設三：教學設計與學業成就對認知負荷量有顯著交互效果。

考驗假設三的虛無假設 H_03 ，敘述如下

H_03 ：教學設計與學業成就在認知負荷量沒有顯著的交互效果。

【統計分析資料】

以下將教學設計與學業成就對認知負荷量的 2×3 二因子變異數分析資料整理如下表，我們可以很清楚的看到每一個交叉分組的人數資料與平均數的資料。

表 4-2-50

教學設計與學業成就對認知負荷量 2×3 二因子變異數分析資料

教材	學業成就	人數	認知負荷	
			平均數	標準差
對照組	低	18	11.94	4.556
	中	20	11.55	4.478
	高	17	9.65	4.152
	總和	55	11.09	4.436
實驗組	低	17	13.00	5.668
	中	19	10.32	4.865
	高	19	9.11	3.695
	總和	55	10.73	4.957
合計	低	35	12.46	5.078
	中	39	10.95	4.651
	高	36	9.36	3.870
	總和	110	10.91	4.686

註：認知負荷最低 4 分，最高 28 分。

以教學設計與學業成就為自變項、認知負荷量為依變項，進行二因子變異數分析。在下表二因子變異數分析摘要表中，我們可以看到主要效果與交互效果的檢定結果。

表 4-2-51

二因子變異數分析摘要表(教學設計與學業成就對認知負荷量)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
教材	1.580	1	1.580	0.075	0.785	.001
學業成就	169.802	2	84.901	4.021	0.021*	.072
教材 * 學業成就	25.081	2	12.541	0.594	0.554	.011
誤差	2195.672	104	21.112			
總和	15484.000	110				

註：* $p < .05$.

【假設驗證】

由表 4-2-64 二因子變異數分析摘要表中，我們可以發現教學設計與學業成就對認知負荷量的交互作用檢定結果， F 值為 0.594， p 值為 $0.554 > 0.05$ ，無法拒絕虛無假設 H_0 ，顯示教學設計與學業成就在降低認知負荷量的表現沒有顯著交互效果，假設二不成立。

【說明】

在二因子變異數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

1. 不同學業成就的學生，其認知負荷量有顯著差異。
2. 不同教材設計的組別，其認知負荷量有顯著差異。

表 4-2-52

估記的邊際平均數(認知負荷-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1=" 低分組"	12.472	.777	10.931	14.013
2=" 中分組"	10.933	.736	9.473	12.392
3=" 高分組"	9.376	.767	7.855	10.897

表 4-2-53

估記的邊際平均數(認知負荷-教材-估計值)

教材	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
對照組	11.047	.621	9.816	12.279
實驗組	10.807	.620	9.577	12.037

在學業成就因子方面，我們可以發現檢定的結果 F 值為 4.021， p 值為 $0.021 < 0.05$ ，具有顯著效果。由表 4-2-65 可知各學業成就分組的邊緣平均數，高學業成就組=9.376、中學業成就組=10.933、低學業成就組=12.472，顯示學業成就越高的組別對教材的認知負荷量便越小，關於此點，可歸就於學生本質必然的結果。

在教材設計因子方面，我們可以發現檢定的結果 F 值為 0.075， p 值為 $0.785 > 0.05$ 未達顯著效果。由表 4-2-66 可知，實驗組的認知負荷平均數=10.807，對照組的認知負荷平均數=11.047，雖然實驗組認知負荷平均數 < 對照組認知負荷平均數，但在分析上仍未達顯著差異水準。本測驗中認知負荷最低 4 分、最高 28 分，因此從實驗組與對照組的平均認知負荷量來看均偏低，表示學生對於教材內容的認知負荷量並不大。關於此點，可從實驗組與對照組兩組的教材設計的區別來看，對照組並不是坊間其它的教材，而乃省去實驗組中步驟化動態呈現的解說過程而成，因此就對照組本身而言，無論在顏色對比、大小調整、版面配置上其實已採用部分多媒體設計原則，因此對學習者而言，其認知負荷已有相當程度的減輕，因此當學習者在認知負荷量方面並不會因為教材設計不同而有顯著上的差異。

(二)小結

1. 教材設計與學業成就對降低認知負荷的表現無顯著交互效果。
2. 教材設計在降低認知負荷的表現無顯著效果，實驗組與對照組的認知負荷量均偏低。

四、教學設計與學業成就對課程感受的影響

(一)假設四：教學設計與學業成就對課程感受有顯著交互效果。

考驗假設四的虛無假設 H_04 ，敘述如下

H_04 ：教學設計與學業成就在課程感受沒有顯著的交互效果。

【統計分析資料】

以下將教學設計與學業成就對課程感受的 2×3 二因子變異數分析資料整理如下表，我們可以很清楚的看到每一個交叉分組的人數資料與平均數的資料。

表 4-2-54

教學設計與學業成就對課程感受 2×3 二因子變異數分析資料

教材	學業成就	人數	課程感受	
			平均數	標準差
對照組	低	18	98.22	9.626
	中	20	95.65	11.118
	高	17	97.65	10.517
	總和	55	97.11	10.331
實驗組	低	17	91.35	10.839
	中	19	92.42	14.253
	高	19	94.74	8.068
	總和	55	92.89	11.236
合計	低	35	94.89	10.665
	中	39	94.08	12.677
	高	36	96.11	9.285
	總和	110	95.00	10.950

註：課程感受最低分 16 分，最高分 112 分。

以教學設計與學業成就為自變項、課程感受為依變項，進行二因子變異數分析。在下表二因子變異數分析摘要表中，我們可以看到主要效果與交互效果的檢定結果。

表 4-2-55

二因子變異數分析摘要表(教學設計與學業成就對課程感受)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
教材	515.182	1	515.182	4.320*	0.040	0.040
學業成就	88.776	2	44.388	0.372	0.690	0.007
教材 * 學業成就	86.213	2	43.107	0.361	0.698	0.007
誤差	12401.742	104	119.248			
總和	1005820.000	110				

註：* $p < .05$.

表 4-2-56

估記的邊際平均數(課程感受-教材-估計值)

教材	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
對照組	97.173	1.476	94.247	100.100
實驗組	92.837	1.474	89.913	95.761

表 4-2-57

估記的邊際平均數(課程感受-學業成就-估計值)

學業成就	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
1="低分組"	94.788	1.847	91.126	98.449
2="中分組"	94.036	1.749	90.567	97.504
3="高分組"	96.192	1.823	92.577	99.807

【假設驗證】

由表 4-2-68 二因子變異數分析摘要表中，我們可以發現教學設計與學業成就對課程感受量的交互作用檢定結果， F 值為 0.361， p 值為 0.698 $>$ 0.05，無法拒絕虛無假設 H_0 ，顯示教學設計與學業成就在課程感受量的表現沒有顯著交互效果，假設二不成立。

【說明】

在二因子變異數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行主要效果的考驗，此時即直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。所要驗證的假設成為：

1. 不同學業成就的學生，其對課程的感受量有顯著差異。

2. 不同教材設計的組別，其對課程的感受量有顯著差異。

在學業成就因子方面， F 值為 0.372， p 值為 $0.690 > 0.05$ ，未具有顯著效果，代表隊不同學業成就的學生而言，對課程的感受度並沒有明顯的差異。

本測驗課程感受度最低分 16 分，最高分 112 分。由表 4-2-70 可知不同學業成就學生的課程感受估計邊際平均數，高學業成就組=96.192、中學業成就組=94.036、低學業成就組=94.788，顯示出無論是高、中、低學業成就的學生，對課程的感受度均偏高，代表學生們對於此次教材的內容均很喜歡。

教材設計因子方面， F 值為 4.320， p 值為 $0.040 < 0.05$ ，顯示教材設計在課程感受方面達顯著效果；由表 4-2-69 可以看出不同教材設計組別的課程感受估計邊際平均數，實驗組=92.837、對照組的平均課程感受度=97.173，顯示出對照組的平均課程感受程度優於實驗組。為更進一步瞭解不同學業成就分組中教材設計對課程感受的影響，以下將再針對不同學業成就分組的學生，以教材設計為自變數、課程感受度為依變數進行單因子變異數分析，檢定結果如下表所示：

表 4-2-58

單因子變異數分析摘要表(課程感受-高學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	75.989	1	75.989	0.878	0.355
誤差	2941.567	34	86.517		
總和	335562.000	36			

表 4-2-59

單因子變異數分析摘要表(課程感受-中學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	101.588	1	101.588	0.626	0.434
誤差	6005.182	37	162.302		
總和	351275.000	39			

表 4-2-60

單因子變異數分析摘要表(課程感受-低學業成就組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
教材	412.549	1	412.549	3.940	0.056
誤差	3454.993	33	104.697		
總和	318983.000	35			

從分析結果可知，高學業成就組 F 值為 0.878、 p 值為 0.355 > 0.05 未達顯著水準，中學業成就組 F 值為 0.626、 p 值為 0.434 > 0.05 未達顯著水準，低學業成就組 F 值為 3.940、 p 值為 0.056 > 0.05 未達顯著水準。顯示各別對於高學業成就組、中學業成就組與低學業成就組的學生而言，教材設計對課程感受的影響均未達顯著效果，且由表 4-2-70 可知實驗組與對照組中不同學業成就學生平均課程感受均很高，顯示不同學業成就分組中，學生對於實驗組與對照組的教材均很喜歡。

(二)小結

1. 教材設計與學業成就在提升課程感受的表現無顯著交互作用。
2. 教材設計對課程感受無顯著效果，實驗組與對照組的課程感受量均偏高。



第三節 結果摘要

將以上資料分析的重點與結果摘要如下表

表 4-3-1

分析結果摘要表

	分析重點	結果
後測	教材設計與學業成就在後測的表現	無顯著交互效果。
	教材設計在後測的表現	有顯著效果，實驗組的表現優於對照組。
	在各學業成就分組下，教材設計在後測的表現	高、中學業成就組有顯著效果，實驗組的表現均優於對照組。
	教材設計在各類型題目的後測表現	高、中學業成就組在分析題型有顯著效果，實驗組的表現均優於對照組。
延後測	教材設計與學業成就在延後測的表現	無顯著交互效果。
	教材設計在延後測的表現	有顯著效果，雖然均有退步的現象，但實驗組的表現仍優於對照組。
	在各學業成就分組下，教材設計在延後測驗的表現	高、低學業成就組均有顯著效果，實驗組的表現均優於對照組。
	教材設計在各類型題目的延後測表現	<p>在了解、應用、分析題型方面有顯著效果：</p> <p>了解題：實驗組的表現均優於對照組。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 應用題：在低學業成就組，實驗組的表現優於對照組。 ● 分析題：在高、中學業成就組，實驗組的表現均優於對照組。
認知負荷	教材設計與學業成就在降低認知負荷	無顯著交互效果。
	教材設計在降低認知負荷的表現	無顯著效果，實驗組與對照組的認知負荷量均偏低
課程感受	教材設計與學業成就在提升課程感受	無顯著交互作用。
	在各學業成就分組下，教材設計在課程感受的表現	無顯著效果，實驗組與對照組的課程感受量均偏高。

第五章 結論

本研究以準實驗法探討步驟化動態呈現輔以多媒體設計原則此教學設計對與不同學業成就的學生在學習成就、認知負荷與課程感受的影響。本章將針對本研究的結果作出結論與建議。本章共分成三節：第一節將依據第四章資料分析結果作出相關結論。第二節說明本研究貢獻。第三節將說明未來研究方向。

第一節 研究結論

綜合第四章的資料分析，本研究得到以下的結論：

1. 學習成效方面

- (1) 步驟化動態呈現輔以多媒體設計原則此教學設計方式，對於高、中學業成就的學生在靜電學之學習成效上的提升有顯著的水準。
- (2) 從後測與延後測分析結果可知，教材設計在了解、應用與分析題型的表現上有顯著的差異水準，實驗組的學習成效優於對照組。
- (3) 後測中不具顯著差異水準的教材(理解、應用題型)，在延後測驗中發現顯著的成效(實驗組優於對照組)，顯示步驟化動態呈現輔以多媒體設計原則此教學設計方式，能有效加深學生對教材的印象，學生能維持較久的學習效果。

2. 認知負荷方面

在考慮實驗組與對照組間是否具備恰當的比較基礎下，本研究決定修改實驗組以生成對照組，雖去除了激發式動態呈現的設計與大部分的多媒體設計原則，但仍有少部分設計符合多媒體設計原則，簡述如下：

- (1) 保留分割原則下大綱步驟的處理，對主題的呈現仍有作些許的分割。
- (2) 在正負電荷等重要物件上，仍保留部分信號原則的處理，以較深顏色表示之。
- (3) 投影片畫面上物件的編排依空間接近原則將相關的文字圖片置於相近位置。
- (4) 依多餘原則減少投影片上文字的描述，教學訊息多圖片與口語傳達。

因此若坊間廠商提供的教材相比較，對照組已屬不錯的教材設計範疇，對照組其實已具備降低學生對教材部分的認知負荷量的功效。

也因為如此，故無論是實驗組或是對照組，學生對教材的認知負荷量均偏低，導致教材設計對降低認知負荷量的效果並不顯著。

3. 課程感受方面

雖然教材設計對提升課程感受的效果並不顯著，但不同學業成就的學生對課程的感受均偏高，表示本實驗教材內容的設計方式能有效地引發學生的學習興趣。

第二節 研究貢獻

基於本研究所得的結論，我們可提出幾個研究貢獻：

1. 學習者在學習過程中本來就具有主動學習、有限能力的性質，一個好的多媒體教材，應具有幫助學生選取訊息、組織訊息、綜合訊息的功能，在教材設計上應考量當訊息進入時能相互為用，而並非不相關。因此本研究透過激發式動態呈現、注意力引導的方式來讓訊息有引導性、溝通性、建立關聯來達到降低認知負荷量，以期幫助學生學習。
2. 運用多媒體教學時，會湧入大量訊息，易造成學生的認知負荷量增加。故本研究實驗組教材，主要採取下列設計方式：
 - (1) 運用分割原則將摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等連續變化的過程有意義的分割成些許步驟。
 - (2) 訊息一旦切割，會增加學生在搜尋及關連上的負荷，切的太小(有效的學習中訊息必須整體呈現)會缺乏整體性與關聯性，必需透過訊息的區塊化及結構化建立關聯。因此在介紹摩擦起電、靜電感應、感應起電與接觸起電等不同靜電主題時，會先呈現此主題所含的主要步驟，把此主題的步驟大綱先呈現出來，並且於後續步驟化過程中，仍將步驟大綱保留在左側區塊以維持教材整體性，透過逐步引導的方式使學生獲得整體的概念。
 - (3) 步驟與步驟間採用動態呈現的方式銜接，讓學生能清楚的觀察到物體中電子的分佈變化過程。
 - (4) 依循時間接近原則，步驟間配合老師授課說明的進度作同步的切換。
 - (5) 投影片畫面上物件的編排依空間接近原則將相關的文字圖片置於相近位置，依多餘原則減少投影片上文字的描述，教學訊息多圖片與口語傳達。
 - (6) 為引導學生注意力專注在教學重點上，採用信號原則中指示手勢（Pointing gestures）與淡化（Graying out）的方式處理，讓學生的注意力留在欲觀察的物件上。

研究發現此種教材設計的方式，能有效引導學生的注意力，能讓訊息具備易得性便於學生選取，激發式動態呈現的方式能幫助學生更了解導體中電子的分佈變化情形，有助學生建立訊息之間的關連性，對學生在國中靜電學的學習效果之提升有顯著效果。

3. 本研究實驗組的設計，雖降低了學生在訊息選取、組織上的認知負荷，但同時也增加了訊息在工作記憶區內與舊有基模相互整合的負荷量，即本實驗設計中之增生認知負荷，研究發現學生在學習過程中增生認知負荷雖然增加，但於後測與延後測施測結果，發現能有效地增進學生的學習效果，此一結果符合認知負荷理論中對增生認知負荷功效的論

述。

4. 教學要有成效，首先必須要能引發學生在學習上的興趣，學生對教材有興趣、有意願學習，在學習成效上才有提升的空間。本研究在學習成效上雖僅對高、中學習成就的學生有顯著效果，但在提升教材感受方面，無論是高、中、低各學業成就的學生均具有偏高的教材感受，顯示大部分的學生均很喜歡本研究的教學設計方式，如此可避免學生因覺無趣而放棄學習。
5. 即使面對認知負荷量偏低的教材，仍可利用多媒體設計原則與步驟化動態呈現的方式來引導學生的注意力，讓學生能有效的掌握教學的重點，而進提升學習的效果。

第三節 未來研究方向

本研究以教材分析為主軸，將國中理化靜電學單元主題，以步驟化動態呈現並輔以多媒體設計原則之教學設計進行教學實驗，所得到的結論對理化教學是正向的。因此未來進一步的研究提出以下的建議：

1. 以步驟化動態呈現並輔以多媒體設計原則之教學設計去設計其他單元或學科的簡報教材，檢視學生在學習成就及認知負荷上的表現，是否也如本研究所觀察到的現象。
2. 好的多媒體教材應具有幫助學生選取訊息、組織訊息、綜合訊息以降低認知負荷的功能，因此如何能再降低學生選取、組織上的認知負荷，讓學生能有更多的認知資源來進行學習，亦是往後老師們設計多媒體教材須努力的方向。
3. 激發式動態步驟化呈現的過程中，在按鈕的設計上，有時為了隱藏反而不易尋找，往往是教學設計上的困擾。因此可針對按鈕如何設計才不會太複雜再作深入的討論與研究。
4. 由於本實驗施測班級屬常態編班，受測學生的學業成就有高低的差異存在，實驗發現同一教學設計並不能同時滿足各學業成就的學生，因此可再針對各別學業成就的學生作分析，探討教材輔助程度的需求與重點。
5. 可針對题目的難易度設計相關連的题目，檢測此教學設計方式適用的難度範圍為何。
6. 本研究的上課模式為課堂教學方式，在這網路學習發達的時代，老師們可嘗試建構相關網路平台，將此套課程發展成網路教學，採遠距教學的模式進行。
7. 利用網路線上學習的方式，除了點閱下載課堂老師授課的影音檔外，亦可透過網頁元件的設計發展成互動式的教學平台，透過學生利用鍵盤、滑鼠自行點擊操作的方式進行。因此如何將本研究中老師授課導向的設計，發展成以學習者為導向的教材設計，亦是利用網路進行遠距教學的一大挑戰。



第六章 參考文獻

中文部分

- 王文科、王智弘(2006)。教育研究法(第十版)。台北:五南。
- 王全興(2008)。認知負荷理論及在其 e 化學習的應用。慈濟大學教育研究學刊，4，173-194。
- 江郁星(2007)。歷年國中理化教科書電學單元及圖片演變的探討。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學 科學教育研究所在職進修碩士班。
- 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。
- 林容任(2006)。從認知負荷的觀點看學生學習的困境及解決方向。教師之友，47:5，54-61。
- 林美秀(2007)。九年級學生閱讀感應起電圖示理解情形之研究。未出版之碩士論文，國立台灣師範大學 科學教育研究所教學碩士班碩士論文。
- 邱皓政(2006)。量化研究與統計分析：SPSS 中文視窗版資料分析範例解析(第三版)。台北市：五南。
- 吳明隆(2003)。SPSS 統計應用學習實務：問卷分析與應用統計(初版)。台北市：知城數位科技。
- 郭生玉(1990)。心理與教育測驗(第五版)。台北：精華。
- 黃克文(1996)。認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。未出版之碩士論文，國立台北師範學院國民教育研究所，台北。
- 陳蜜桃(2003)。認知負荷理論及其對教學的啟示。高師大教育學刊，21，29-51。
- 陳明璋(2006，6月)。數學簡報系統——一個以克服數位落差之教師專業發展環境，第十屆全球華人電腦教育應用大會。北京清華大學。
- 郭璟諭(2003)。媒體組合方式與認知型態對學習成就與認知負荷之影響。國立中央大學 資訊管理研究所碩士論文。
- 葉連祺、林淑萍(2003)。布魯姆認知領域教育目標分類修訂版之探討。教育研究

月刊，105，94-106。

廖怡雯（1999）。改進學生對電化學了解之研究。未出版之碩士論文，國立高雄師範大學化學研究所碩士論文。

英文部分

- Bahar, Johnstone, & Hansell, (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84 - 86
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2007). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. Pfeiffer.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University press.
- Mayer, R. E. (2005). *The cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6(4), 351-371. doi:10.1007/BF02213420
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., and Paas, F.G.W.C. (1998). "Cognitive architecture and instructional design," *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-297.
- Sweller, J., & Sweller, S. (2006). Natural information processing systems. *Evolutionary Psychology*, 4, 434-458.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educ Psychol Rev*, 22, 123 - 138.

附錄一

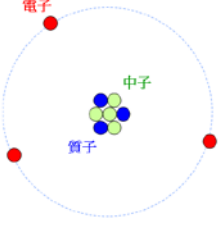
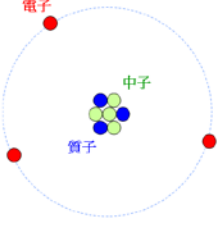
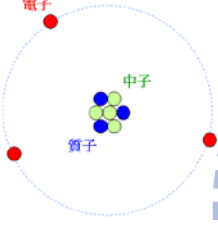
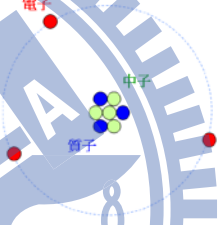
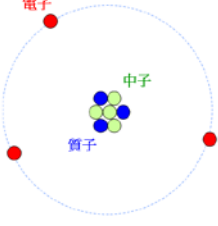
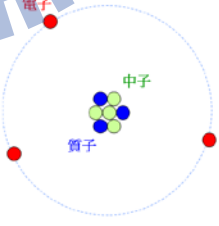
附錄一：各單元主題投影片教學過程簡述（教材分析）

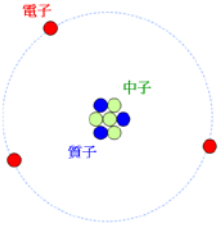
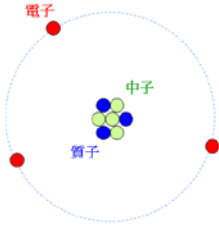
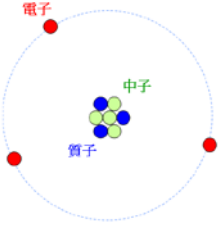

【第一主題單元：摩擦起電】

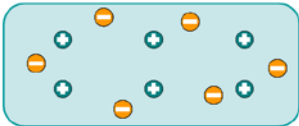
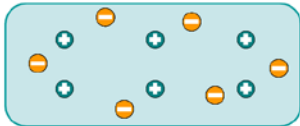


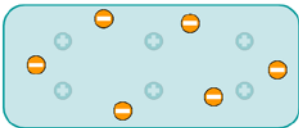
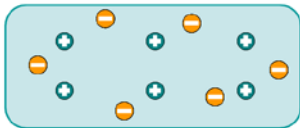
	投影片 1	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>你或許有類似的經驗.....</p> <p>影片1 吸管與衛生紙摩擦後可以吸引胡椒粒。</p> <p>影片2 科學小遊戲：觸摸靜電產生器後，頭髮會豎起來喔！</p> <p>影片3 脫毛衣的時候會產生小火花。</p>	<p>1.</p>  <p>你或許有類似的經驗.....</p> <p>影片1 吸管與衛生紙摩擦後可以吸引胡椒粒。</p> <p>影片2 科學小遊戲：觸摸靜電產生器後，頭髮會豎起來喔！</p> <p>影片3 脫毛衣的時候會產生小火花。</p>
講述內容	<p>今天我們準備了三段在活中與靜電相關的影片：</p> <p>影片 1：當塑膠吸管與衛生紙摩擦會吸引胡椒粒。</p> <p>影片 2：當小女孩觸摸靜電產生器時頭髮就會因為靜電豎起來喔!!</p> <p>影片 3：衣服摩擦產生的小火花</p>	<p>今天我們準備了三段在活中與靜電相關的影片：</p> <p>影片 1：當塑膠吸管與衛生紙摩擦會吸引胡椒粒。</p> <p>影片 2：當小女孩觸摸靜電產生器時頭髮就會因為靜電豎起來喔!!</p> <p>影片 3：衣服摩擦產生的小火花</p>
教材分析	複習舊經驗，並舉出生活中與靜電有關的常見例子。	複習舊經驗，並舉出生活中與靜電有關的常見例子。
多媒體教學原則	<p>1.空間接近原則</p> <p>2.個人化原則</p>	<p>1.空間接近原則</p> <p>2.個人化原則</p>

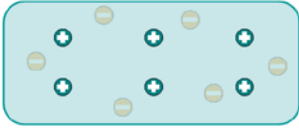

	投影片 2	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>但是你或許沒有這樣比較過.....</p> 	<p>1.</p> <p>但是你或許沒有這樣比較過.....</p> 
講述內容	生活中的例子往往是透過摩擦產生靜電而讓物體具有吸東西的特性，但是你或許沒有像下面這段影片中一樣比較過以下實驗。讓我們一起來看看吧。	生活中的例子往往是透過摩擦產生靜電而讓物體具有吸東西的特性，但是你或許沒有像下面這段影片中一樣比較過以下實驗。讓我們一起來看看吧。
教材分析	讓學生觀看實驗影片	讓學生觀看實驗影片
多媒體教學原則	<p>1.空間接近原則</p> <p>2.連貫原則</p>	<p>1.空間接近原則</p> <p>2.連貫原則</p>

投影片 3		
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>想想看</p>  <p>2.</p> <p>想想看</p> 	<p>1.</p> <p>想想看</p>  <p>2.</p> <p>想想看</p> 
講述內容	<p>從影片中我們可以看到兩個比較不同的現象：</p> <p>第一，只有經過摩擦的地方才有靜電的效果，沒有摩擦的地方是不具有靜電特性的。</p> <p>第二，同樣都與毛布摩擦後兩氣球之間竟然會互相排斥，跟習慣中常看到互相吸引的狀況相反。</p> <p>你能說說這兩相異點的原因為何嗎？</p>	<p>從影片中我們可以看到兩個比較不同的現象：</p> <p>第一，只有經過摩擦的地方才有靜電的效果，沒有摩擦的地方是不具有靜電特性的。</p> <p>第二，同樣都與毛布摩擦後兩氣球之間竟然會互相排斥，跟習慣中常看到互相吸引的狀況相反。</p> <p>你能說說這兩相異點的原因為何嗎？</p>
教材分析	製造認知衝突，讓學生思考問題	製造認知衝突，讓學生思考問題
多媒體教學原則	<p>1.空間接近原則</p> <p>2.時間接近原則</p> <p>3.連貫原則</p> <p>4.個人化原則</p>	<p>1.空間接近原則</p> <p>2.時間接近原則</p> <p>3.連貫原則</p> <p>4.個人化原則</p>

投影片 4	
實驗組	對照組
<div>1.</div> <div><p>原子模型</p><p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電</p></div>	<div>1.</div> <div><p>原子模型</p><p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電</p></div>
<div>2.</div> <div><p>原子模型</p><p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電 1個電子帶電量=1個質子帶電量</p></div>	<div>2.</div> <div><p>原子模型</p><p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電 1個電子帶電量=1個質子帶電量</p></div>
<div>3.</div> <div><p>原子模型</p><p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電 1個電子帶電量=1個質子帶電量 電子數目=質子數目</p></div>	<div>3.</div> <div><p>原子模型</p><p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電 1個電子帶電量=1個質子帶電量 電子數目=質子數目</p></div>
<div>4.</div>	<div>4.</div>

	<p>原子模型</p>  <p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電</p> <p>1個電子帶電量=1個質子帶電量 電子數目=質子數目 負電荷總電量=正電荷總電量</p>	<p>原子模型</p>  <p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電</p> <p>1個電子帶電量=1個質子帶電量 電子數目=質子數目 負電荷總電量=正電荷總電量</p>
5.	<p>原子模型</p>  <p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電</p> <p>1個電子帶電量=1個質子帶電量 電子數目=質子數目 負電荷總電量=正電荷總電量 原子呈電中性</p>	<p>原子模型</p>  <p>電子帶負電 質子帶正電 中子不帶電</p> <p>1個電子帶電量=1個質子帶電量 電子數目=質子數目 負電荷總電量=正電荷總電量 原子呈電中性</p>
講述內容	<p>在說明之前，先讓我們複習一下上學期學過的原子模型：</p> <p>原子內具有三種粒子，電子、中子、質子。中子與質子聚在原子的正中央形成原子核，電子則繞著原子核運轉</p> <p>電子帶負電、質子帶正電、中子不帶電。原子核內正電荷總帶電量等於負電荷總帶電量，原子呈現電中性。</p>	<p>在說明之前，先讓我們複習一下上學期學過的原子模型：</p> <p>原子內具有三種粒子，電子、中子、質子。中子與質子聚在原子的正中央形成原子核，電子則繞著原子核運轉</p> <p>電子帶負電、質子帶正電、中子不帶電。原子核內正電荷總帶電量等於負電荷總帶電量，原子呈現電中性。</p>
教材分析	複習電中性的概念。	複習電中性的概念。
多媒體教學原則	<ol style="list-style-type: none"> 1.空間接近原則 2.時間接近原則 3.事先訓練原則 	<ol style="list-style-type: none"> 1.空間接近原則 2.時間接近原則 3.事先訓練原則

	投影片 5	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> 	<p>1.</p> 
	<p>2.</p> <div data-bbox="379 801 608 965"> <p>正電荷數目 = 顆</p> <p>負電荷數目 = 顆</p> <p>物體呈電中性 (即不帶電)</p> </div> 	<p>2.</p> <div data-bbox="1018 801 1246 965"> <p>正電荷數目 = 顆</p> <p>負電荷數目 = 顆</p> </div> 
	<p>3.</p> <div data-bbox="384 1272 592 1413"> <p>正電荷數目 = 6 顆</p> <p>負電荷數目 = 顆</p> </div> 	<p>3.</p> <div data-bbox="1018 1272 1257 1435"> <p>正電荷數目 = 6 顆</p> <p>負電荷數目 = 6 顆</p> <p>物體呈電中性 (即不帶電)</p> </div> 
	4.	

	<p>正電荷數目 = 6 顆</p> <p>負電荷數目 = 6 顆</p> 	
	<p>5.</p> <p>正電荷數目 = 6 顆</p> <p>負電荷數目 = 6 顆</p> <p>物體呈電中性 (即不帶電)</p> 	
講述內容	<p>物質是由許多原子所構成，既然原子是電中性，物質當然也是電中性，也就是說物質內正電荷數目會等於負電荷數目。因為要詳細標示出物質中每一顆電荷非常複雜，因此以下我們就以幾顆電荷為代表。</p> <p>首先讓我們來看看物體中正負電荷間數量的關係，正電荷有幾顆？再來看負電荷有幾顆？</p> <p>因為正電荷數目等於負電荷數目，所以物體呈現電中性。</p>	<p>物質是由許多原子所構成，既然原子是電中性，物質當然也是電中性，也就是說物質內正電荷數目會等於負電荷數目。因為要詳細標示出物質中每一顆電荷非常複雜，因此以下我們就以幾顆電荷為代表。</p> <p>首先讓我們來看看物體中正負電荷間數量的關係，正電荷有幾顆？再來看負電荷有幾顆？</p> <p>因為正電荷數目等於負電荷數目，所以物體呈現電中性。</p>
教材分析	說明以少數並等量的正負電荷代表電中性的物體	說明以少數並等量的正負電荷代表電中性的物體
多媒體教學原則	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分割原則 2. 連貫原則 3. 空間接近原則 4. 時間接近原則 5. 多餘原則 6. 信號原則 7. 個人化原則 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 時間接近原則 2. 個人化原則

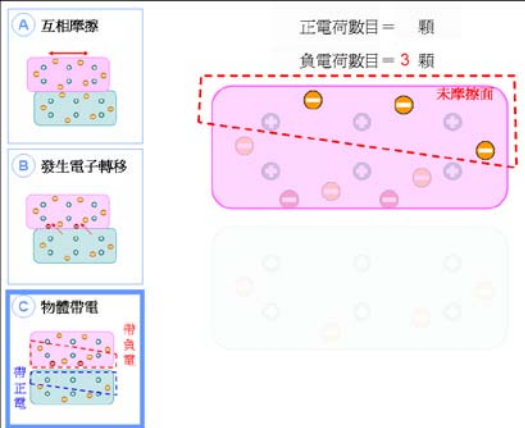
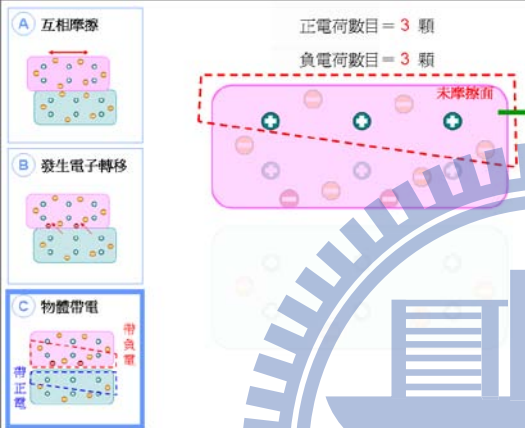
		
講述內容	<p>接下來，我們將剛剛摩擦的過程分為三個段落來看。</p> <p>首先，我們拿另一個物體與之摩擦。摩擦的過程中你有看到什麼產生變化嗎？</p> <p>摩擦過程中，物體表面的電子因摩擦而能量逐漸增加。</p>	<p>接下來，我們將剛剛摩擦的過程分為三個段落來看。</p> <p>首先，我們拿另一個物體與之摩擦。摩擦過程中，物體表面的電子因摩擦而能量逐漸增加。</p>
教材分析	說明物體表面電子因摩擦而能量增加。	說明物體表面電子因摩擦而能量增加。
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 多餘原則 時間接近原則 信號原則 個人化原則	1. 信號原則

	投影片 7	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>摩擦起電</p> 
講述內容	累積足夠能量之後，表面電子就會發生轉移而累積在另一個物體表面。	累積足夠能量之後，表面電子就會發生轉移而累積在另一個物體表面。
教材分析	說明電子轉移原因與過程	說明電子轉移原因與過程
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 時間接近原則 信號原則 多餘原則	1. 信號原則

	投影片 8	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <div data-bbox="239 313 766 739"> </div> <p>2.</p> <div data-bbox="239 784 766 1209"> </div> <p>3.</p> <div data-bbox="239 1254 766 1680"> </div> <p>4.</p>	<p>1.</p> <div data-bbox="853 313 1404 537"> </div>

講述內容	我們將這兩個物體分開來看他們電荷的分布情形。 先來看紅色這物體。有摩擦過的這一面， 負電荷數目有幾顆？ 正電荷數目有幾顆？ 所以你覺得帶什麼電？	我們將這兩個物體分開來看他們電荷的分布情形。 先來看紅色這物體。有摩擦過的這一面， 負電荷數目有 5 顆 正電荷數目有 3 顆 所以帶負電
教材分析	比較摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？	比較摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	多餘原則

	投影片 9	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>2.</p>	<p>1.</p>

	 <p>正電荷數目 = 1 顆 負電荷數目 = 2 顆</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 3 顆</p> <p>未摩擦面</p> <p>帶正電</p> <p>帶負電</p> <p>3.</p>	
	 <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 3 顆</p> <p>未摩擦面</p> <p>不帶電</p>	
講述內容	<p>1. 沒有摩擦過的這一面，負電荷數目有幾顆？</p> <p>2. 正電荷數目有幾顆？</p> <p>3. 所以你覺得帶什麼電？</p>	<p>1. 沒有摩擦過的這一面，負電荷數目有 3 顆</p> <p>2. 正電荷數目有幾 3 顆</p> <p>3. 所以呈電中性</p>
教材分析	比較未摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？	比較未摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？
多媒體教學原則	<p>分割原則</p> <p>連貫原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>時間接近原則</p> <p>多餘原則</p> <p>信號原則</p> <p>個人化原則</p>	多餘原則

	投影片 10	
	實驗組	對照組
	<div>1.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><div>正電荷數目 = 0 顆</div><div>負電荷數目 = 0 顆</div></div></div>	<div>1.</div> <div><div>摩擦起電</div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><div>正電荷數目 = 0 顆</div><div>負電荷數目 = 0 顆</div></div></div>
	<div>2.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><div>正電荷數目 = 0 顆</div><div>負電荷數目 = 1 顆</div></div></div>	<div>2.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><div>正電荷數目 = 0 顆</div><div>負電荷數目 = 1 顆</div></div></div>
	<div>3.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><div>正電荷數目 = 0 顆</div><div>負電荷數目 = 1 顆</div></div></div>	<div>3.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><div>正電荷數目 = 0 顆</div><div>負電荷數目 = 1 顆</div></div></div>
	<div>4.</div>	

	<p>5.</p>	
講述內容	<p>再來看藍色這物體。有摩擦過的這一面，負電荷數目有幾顆？正電荷數目有幾顆？所以你覺得帶什麼電？</p>	<p>再來看藍色這物體。有摩擦過的這一面，負電荷數目有 1 顆，正電荷數目有 3 顆，所以帶正電。</p>
教材分析	<p>比較另一個物體摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？</p>	<p>比較另一個物體摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？</p>
多媒體教學原則	<p>分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則</p>	<p>多餘原則</p>

	投影片 11	
	實驗組	對照組
	<div>1.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><p>正電荷數目 = 1 顆 負電荷數目 = 1 顆</p></div></div> <div>2.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><p>正電荷數目 = 2 顆 負電荷數目 = 3 顆</p></div></div> <div>3.</div> <div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div><div><p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 3 顆</p></div></div> <div>4.</div>	<div>1.</div> <div><div>摩擦起電</div><div><div>A 互相摩擦</div><div>B 發生電子轉移</div><div>C 物體帶電</div></div></div>

	<p>A 互相摩擦</p> <p>B 發生電子轉移</p> <p>C 物體帶電</p> <p>正電荷數目 = 3 顆</p> <p>負電荷數目 = 3 顆</p> <p>不帶電</p>	
講述內容	1. 藍色物體沒有摩擦過的這一面，負電荷數目有幾顆？ 2. 正電荷數目有幾顆？ 3. 所以你覺得帶什麼電？	藍色物體沒有摩擦過的這一面，負電荷數目有 3 顆，正電荷數目有幾 3 顆，所以呈電中性
教材分析	比較另一個物體未摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？	比較另一個物體未摩擦面正負電荷數目，判斷摩擦面是否帶電？電性為何？
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	多餘原則

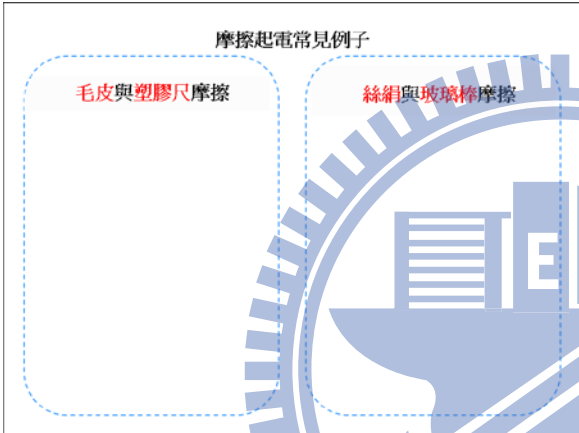
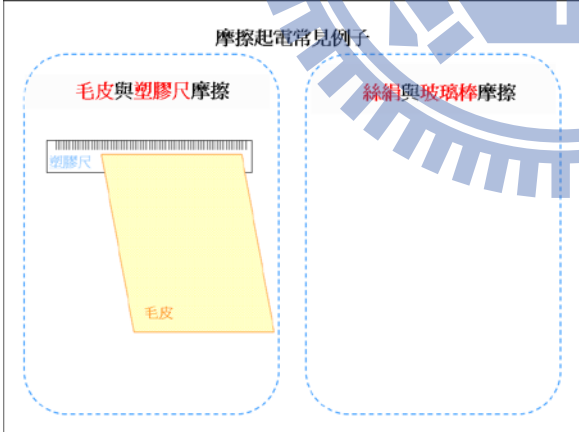
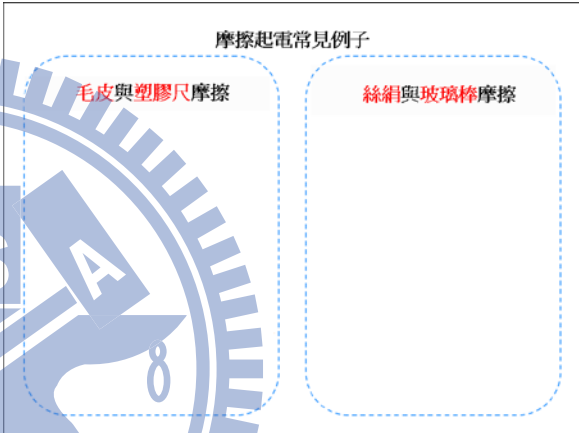
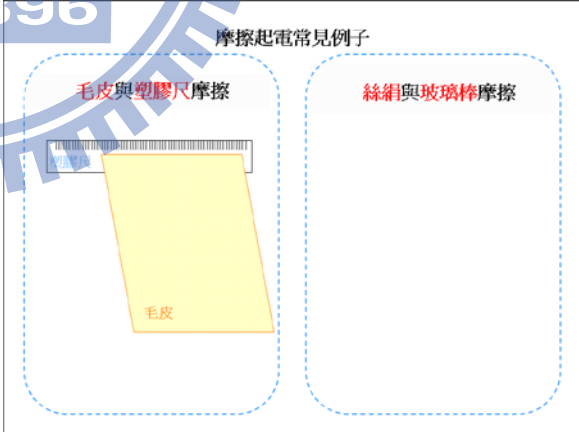
	投影片 12	
	實驗組	對照組
	1. <p>1. 摩擦起電</p> <p>A 互相摩擦</p> <p>B 發生電子轉移</p> <p>C 物體帶電</p> <p>正電</p> <p>負電</p>	1. <p>1. 摩擦起電</p> <p>A 互相摩擦</p> <p>B 發生電子轉移</p> <p>C 物體帶電</p> <p>正電</p> <p>負電</p>
	2.	2.

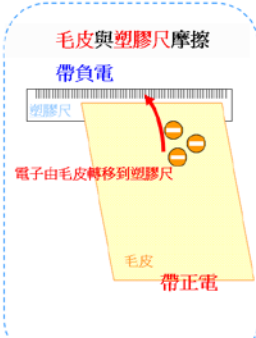

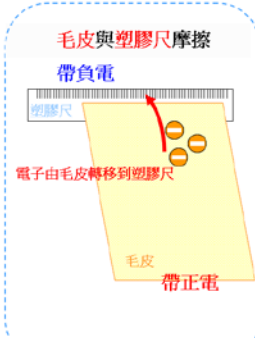

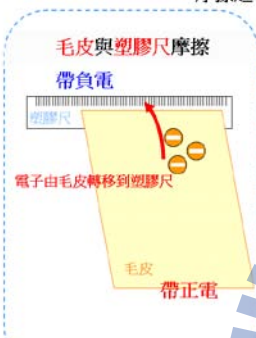
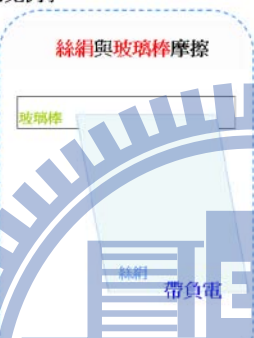

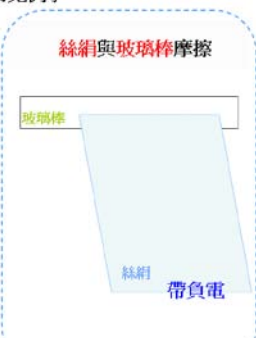


	<p>摩擦起電</p>  <p>摩擦的過程中不能創造額外的電荷 只是物體間電子的轉移</p>	<p>摩擦起電</p>  <p>摩擦的過程中不能創造額外的電荷 只是物體間電子的轉移</p>
3.	<p>摩擦起電</p>  <p>轉移的電子會累積在摩擦表面無法任意移動</p>	<p>摩擦起電</p>  <p>轉移的電子會累積在摩擦表面無法任意移動</p> <div data-bbox="874 958 1418 1093">  <p>實驗結果： 摩擦面可吸引小紙片 未摩擦無法吸引小紙片</p> </div>
4.	<p>摩擦起電</p>  <p>轉移的電子會累積在摩擦表面無法任意移動</p> <div data-bbox="245 1440 804 1585">  <p>實驗結果： 摩擦面可吸引小紙片 未摩擦無法吸引小紙片</p> </div>	<p>摩擦起電</p>  <p>轉移的電子會累積在摩擦表面無法任意移動</p> <div data-bbox="874 1440 1418 1585">  <p>實驗結果： 摩擦面可吸引小紙片 未摩擦無法吸引小紙片</p> </div>
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 從 A、B 可以清楚看到，摩擦的過程中不能創造額外的電荷，只是物體間電子的轉移 2. 而且電子轉移後只會累積在有摩擦的表面上，無法任意流動。 3. 因此在先前的影片中觀察到只有摩擦面才具有靜電吸引的特性、沒有摩擦那面就沒有這種特性，就是這個原因 	
教材	總結摩擦起電過程與結論	總結摩擦起電過程與結論

分析		
多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	多餘原則 時間接近原則

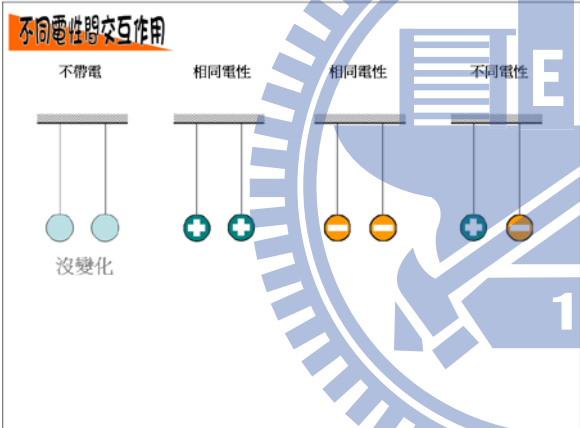
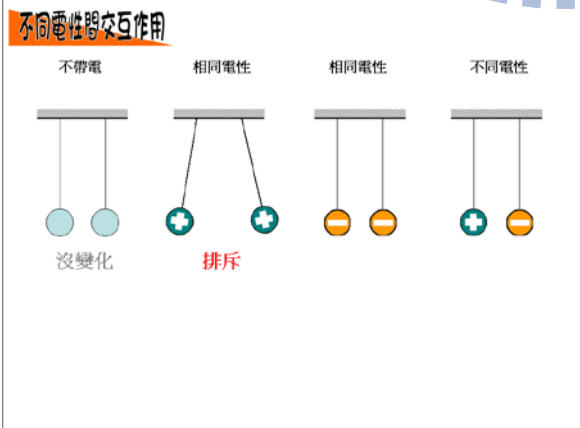
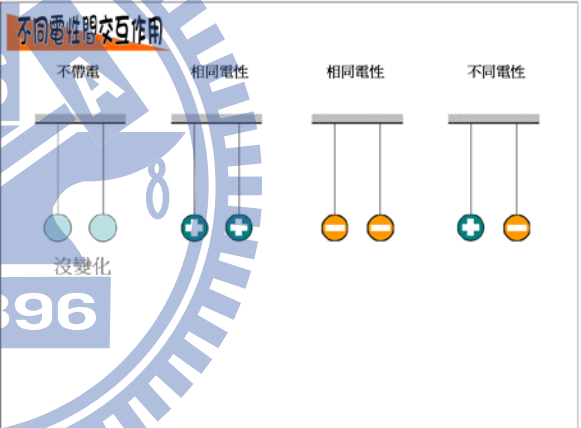
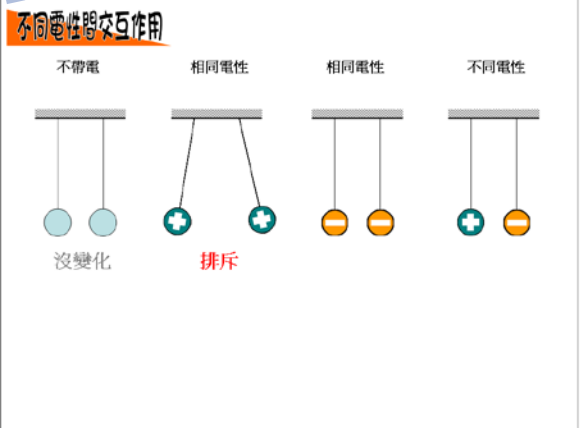
	投影片 13	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>2.</p> <p>得到電子的摩擦面帶負電 失去電子的摩擦面帶正電</p>	<p>1.</p> <p>2.</p> <p>得到電子的摩擦面帶負電 失去電子的摩擦面帶正電</p>
講述內容	原是電中性的物體，得到電子的便帶負電，失去的電子的就會帶正電。	原是電中性的物體，得到電子的便帶負電，失去的電子的就會帶正電。
教材分	總結摩擦起電過程與結論	總結摩擦起電過程與結論

析		
多 媒 體 教 學 原 則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則

	投影片 14	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p>	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p>

	<p>摩擦起電常見例子</p> <div> <div> <p>毛皮與塑膠尺摩擦</p> <p>帶負電</p>  <p>電子由毛皮轉移到塑膠尺</p> </div> <div> <p>絲絹與玻璃棒摩擦</p>  </div> </div>	<p>摩擦起電常見例子</p> <div> <div> <p>毛皮與塑膠尺摩擦</p> <p>帶負電</p>  <p>電子由毛皮轉移到塑膠尺</p> </div> <div> <p>絲絹與玻璃棒摩擦</p>  </div> </div>
4.	<p>摩擦起電常見例子</p> <div> <div> <p>毛皮與塑膠尺摩擦</p> <p>帶負電</p>  <p>電子由毛皮轉移到塑膠尺</p> </div> <div> <p>絲絹與玻璃棒摩擦</p> <p>帶正電</p>  </div> </div>	<p>摩擦起電常見例子</p> <div> <div> <p>毛皮與塑膠尺摩擦</p> <p>帶負電</p>  <p>電子由毛皮轉移到塑膠尺</p> </div> <div> <p>絲絹與玻璃棒摩擦</p> <p>帶負電</p>  </div> </div>
5.	<p>摩擦起電常見例子</p> <div> <div> <p>毛皮與塑膠尺摩擦</p> <p>帶負電</p>  <p>電子由毛皮轉移到塑膠尺</p> </div> <div> <p>絲絹與玻璃棒摩擦</p> <p>帶正電</p>  </div> </div>	<p>摩擦起電常見例子</p> <div> <div> <p>毛皮與塑膠尺摩擦</p> <p>帶負電</p>  <p>電子由毛皮轉移到塑膠尺</p> </div> <div> <p>絲絹與玻璃棒摩擦</p> <p>帶正電</p>  </div> </div>
講述內容	<div> <div> <p>1. 許多靜電實驗中最常舉的兩個例子，便是毛皮與塑膠尺摩擦實驗與絲絹與玻璃棒摩擦實驗。</p> <p>2. 毛皮與塑膠尺摩擦後，科學家發現毛皮帶正電、塑膠尺帶負電，同學你可以說說此時是誰失去電子?誰得到電子嗎?</p> <p>3. 絲絹與玻璃棒摩擦後，科學家發現玻璃棒帶正電、絲絹帶負電，同學你可以說說此時又是誰失去電子?誰得到電子</p> </div> <div> <p>1. 許多靜電實驗中最常舉的兩個例子，便是毛皮與塑膠尺摩擦實驗與絲絹與玻璃棒摩擦實驗。</p> <p>2. 毛皮與塑膠尺摩擦後，科學家發現毛皮帶正電、塑膠尺帶負電，同學你可以說說此時是誰失去電子?誰得到電子嗎?</p> <p>3. 絲絹與玻璃棒摩擦後，科學家發現玻璃棒帶正電、絲絹帶負電，同學你可以說說此時又是誰失去電子?誰得到電子</p> </div> </div>	

	嗎?	嗎?
教材分析	舉出靜電常見兩組例子	舉出靜電常見兩組例子
多媒體教學原則	時間接近原則 連貫原則 個人化原則	時間接近原則 連貫原則 個人化原則

	投影片 15	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>不同電性間交互作用</p>  <p>2.</p> <p>不同電性間交互作用</p>  <p>3.</p>	<p>1.</p> <p>不同電性間交互作用</p>  <p>2.</p> <p>不同電性間交互作用</p>  <p>3.</p>

	<div><div>不同電性間交互作用</div><div><div>不帶電</div><div>相同電性</div><div>相同電性</div><div>不同電性</div></div><div><div> 沒變化</div><div> 排斥</div><div> 排斥</div><div> 吸引</div></div></div>	<div><div>不同電性間交互作用</div><div><div>不帶電</div><div>相同電性</div><div>相同電性</div><div>不同電性</div></div><div><div> 沒變化</div><div> 排斥</div><div> 排斥</div><div> 吸引</div></div></div>
4.	<div><div>不同電性間交互作用</div><div><div>不帶電</div><div>相同電性</div><div>相同電性</div><div>不同電性</div></div><div><div> 沒變化</div><div> 排斥</div><div> 排斥</div><div> 吸引</div></div></div>	<div><div>不同電性間交互作用</div><div><div>不帶電</div><div>相同電性</div><div>相同電性</div><div>不同電性</div></div><div><div> 沒變化</div><div> 排斥</div><div> 排斥</div><div> 吸引</div></div></div>
5.	<div><div>不同電性間交互作用</div><div><div>不帶電</div><div>相同電性</div><div>相同電性</div><div>不同電性</div></div><div><div> 沒變化</div><div> 排斥</div><div> 排斥</div><div> 吸引</div></div><div><div>問題2</div><div> 實驗結果： 兩個各別與布摩擦過的氣球會互相排斥。</div></div></div>	<div><div>不同電性間交互作用</div><div><div>不帶電</div><div>相同電性</div><div>相同電性</div><div>不同電性</div></div><div><div> 沒變化</div><div> 排斥</div><div> 排斥</div><div> 吸引</div></div><div><div>問題2</div><div> 實驗結果： 兩個各別與布摩擦過的氣球會互相排斥。</div></div></div>
講述內容	<div><div>1. 不同電性物体間的交互作用亦不同，如下圖所示，不帶電的兩個物體間當然沒有影響。</div><div>2. 如果是兩個相同電性的物體呢？同學猜猜看有什麼反應？</div><div>3. 如果是兩個相反電性的物體呢？同學猜猜看有什麼反應？</div><div>4. 這就是所謂同性相斥、異性相吸。</div></div>	<div><div>1. 不同電性物体間的交互作用亦不同，如下圖所示，不帶電的兩個物體間當然沒有影響。</div><div>2. 如果是兩個相同電性的物體呢？同學猜猜看有什麼反應？</div><div>3. 如果是兩個相反電性的物體呢？同學猜猜看有什麼反應？</div><div>4. 這就是所謂同性相斥、異性相吸。</div></div>

教材分析	說明靜電具有同性相斥、異性相吸，並與先前實驗結果相對照。	說明靜電具有同性相斥、異性相吸，並與先前實驗結果相對照。
多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 個人化原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 個人化原則

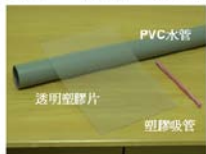


附錄二

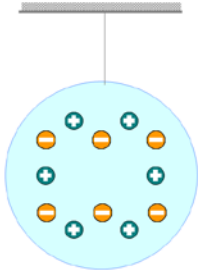
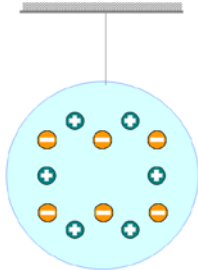
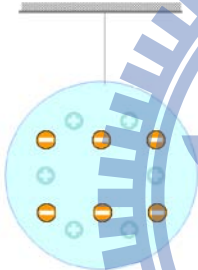
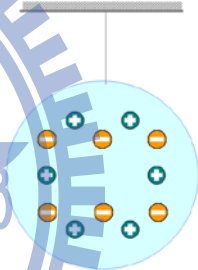
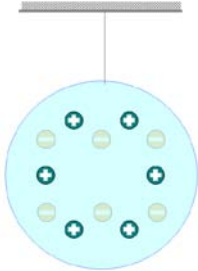
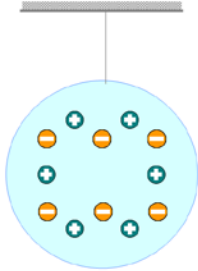
附錄二：各單元主題投影片教學過程簡述（教材分析）

【第二主題單元：靜電感應】

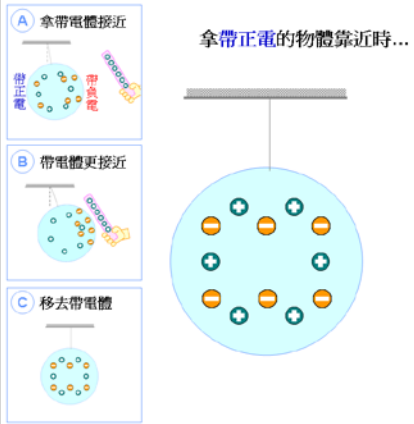
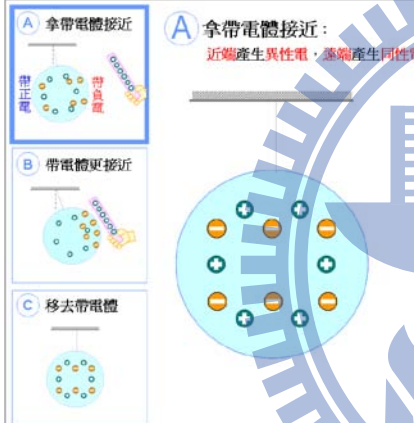
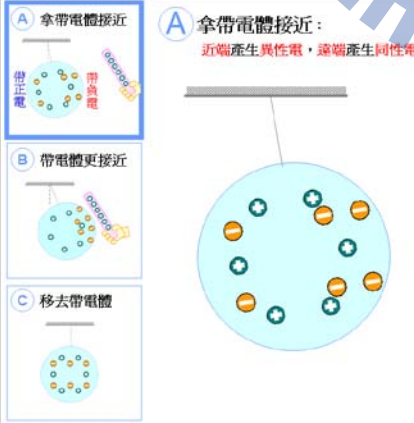
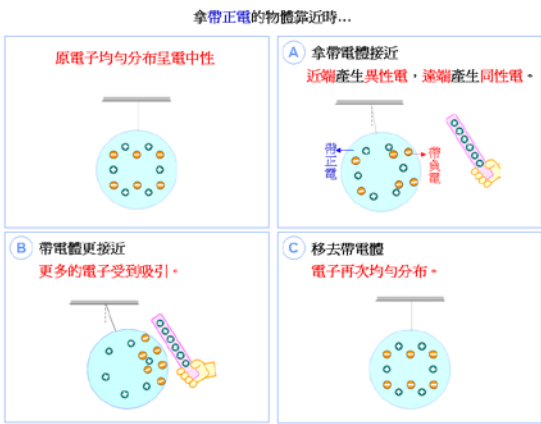
	投影片 1	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> 	<p>1.</p> 
講述內容	剛剛介紹了許多物體因摩擦而帶電的現象，那是不是所有的物體都能藉由摩擦產生靜電呢？讓我們來做個簡單的實驗，影片中將準備 6 種不同的東西個別與衛生紙摩擦，看看是不是都能產生靜電來吸引胡椒粒？	剛剛介紹了許多物體因摩擦而帶電的現象，那是不是所有的物體都能藉由摩擦產生靜電呢？讓我們來做個簡單的實驗，影片中將準備 6 種不同的東西個別與衛生紙摩擦，看看是不是都能產生靜電來吸引胡椒粒？
教材分析	實驗觀察	藉由實驗觀察，讓學生歸納金屬與非金屬摩擦後的帶電情況
多媒體教學原則	時間接近原則 空間接近原則 個人化原則	時間接近原則 空間接近原則 個人化原則

	投影片 2	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>問題一：影片中可藉由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>問題二：影片中無法由摩擦帶電的物體有哪些？</p> 	<p>1.</p> <p>問題一：影片中可藉由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>問題二：影片中無法由摩擦帶電的物體有哪些？</p> 
	<p>2.</p> <p>問題一：影片中可藉由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>問題二：影片中無法由摩擦帶電的物體有哪些？</p> 	<p>2.</p> <p>問題一：影片中可藉由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>問題二：影片中無法由摩擦帶電的物體有哪些？</p> 
	<p>3.</p> <p>問題一：影片中可藉由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>絕緣體： 物體中的電子無法自由移動。</p> <p>問題二：影片中無法由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>導體： 物質內部有些可自由流動的電子。</p>	<p>3.</p> <p>問題一：影片中可藉由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>絕緣體： 物體中的電子無法自由移動。</p> <p>問題二：影片中無法由摩擦帶電的物體有哪些？</p>  <p>導體： 物質內部有些可自由流動的電子。</p>
講述內容	<p>1. Q1：影片中有哪些東西可以藉由摩擦產生靜電?→有吸管、透明塑膠片、PVC水管。</p> <p>2. Q2：影片中有哪些東西無法藉由摩擦產生靜電?→有鐵罐、金屬製書架、金屬</p>	<p>1. Q1：影片中有哪些東西可以藉由摩擦產生靜電?→有吸管、透明塑膠片、PVC水管。</p> <p>2. Q2：影片中有哪些東西無法藉由摩擦產生靜電?→有鐵罐、金屬製書架、金屬</p>

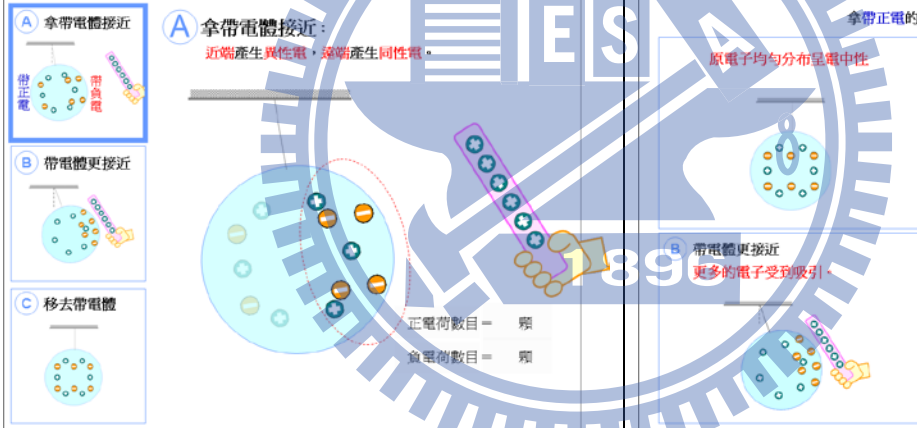
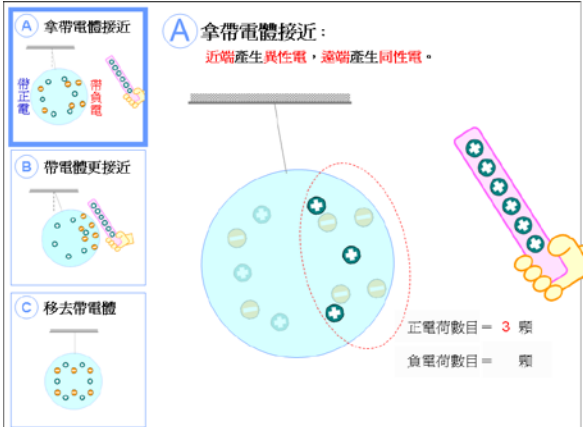
	<p>扳手。</p> <p>3. Q3：那這兩堆不同的物品間，在材質上有沒有誰麼共通點？是什麼樣材質的物體可以利用摩擦產生靜電？什麼樣材質的物體無法摩擦產生靜電？</p> <p>4. 絕緣體，就是物體中的電子無法自由的移動。所以當表面電子因摩擦得到能量而產生轉移時，也只能停留在摩擦面而已，所以也只有摩擦面才具有靜電的效果。</p> <p>5. 反觀導體內部就有許多可以自由流動的電子，因為手也是導體，因此即使摩擦的過程中有產生電子的轉移，也會瞬間藉由手流向地球或有電子經由手從地球流向導體，讓保持電中性而無法藉由摩擦帶電。</p>	<p>扳手。</p> <p>3. Q3：那這兩堆不同的物品間，在材質上有沒有誰麼共通點？是什麼樣材質的物體可以利用摩擦產生靜電？什麼樣材質的物體無法摩擦產生靜電？</p> <p>4. 絕緣體，就是物體中的電子無法自由的移動。所以當表面電子因摩擦得到能量而產生轉移時，也只能停留在摩擦面而已，所以也只有摩擦面才具有靜電的效果。</p> <p>5. 反觀導體內部就有許多可以自由流動的電子，因為手也是導體，因此即使摩擦的過程中有產生電子的轉移，也會瞬間藉由手流向地球或有電子經由手從地球流向導體，讓保持電中性而無法藉由摩擦帶電。</p>
教材分析	由實驗結果，讓學生歸納金屬與非金屬摩擦後的帶電情況	由實驗結果，讓學生歸納金屬與非金屬摩擦後的帶電情況
多媒體教學原則	<p>時間接近原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>個人化原則</p>	<p>時間接近原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>個人化原則</p>

投影片 3		
	實驗組	對照組
1.	<div><p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 6 顆</p></div>	<div><p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 6 顆</p></div>
2.	<div><p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 6 顆</p></div>	<div><p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 6 顆</p></div>
3.	<div><p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 6 顆</p></div>	<div><p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 6 顆 物體呈電中性 (即不帶電)</p></div>
4.		

		
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 也就是因為如此，所以導體與絕緣體比較起來，當我們拿另外一個帶電體靠近導體時，便會產生一個很特別的特性。 2. 首先，如圖所示，我們先把一個導體用絕緣的線吊起來，來看看導體中正負電荷間數量的關係，正電荷有幾顆？再來看負電荷有幾顆？ 3. 因為正電荷數目等於負電荷數目，所以導體呈現負電電中性。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 也就是因為如此，所以導體與絕緣體比較起來，當我們拿另外一個帶電體靠近導體時，便會產生一個很特別的特性。 2. 首先，如圖所示，我們先把一個導體用絕緣的線吊起來，來看看導體中正負電荷間數量的關係，正電荷有幾顆？再來看負電荷有幾顆？ 3. 因為正電荷數目等於負電荷數目，所以導體呈現負電電中性。
教材分析	先讓學生觀察電中性的金屬中正負電荷的數量關係	先讓學生觀察電中性的金屬中正負電荷的數量關係
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 事先訓練原則 信號原則 個人化原則	時間接近原則 多餘原則 事先訓練原則 個人化原則

	投影片 4	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p> 	<p>1.</p> 
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們把過程分成幾個部份 Q：當拿帶正電的物體靠近的時候，你看到什麼現象 首先，會注意到金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。 	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們把過程分成幾個部份 Q：當拿帶正電的物體靠近的時候，在圖 A 中，你看到什麼現象 首先，會注意到金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。 第二，帶負電的電子因帶正電體的吸引

	4. 第二，帶負電的電子因帶正電體的吸引而向右邊移動	而向右邊移動
教材分析	讓學生觀察當帶電體靠近導體時，導體內的電子如何變化	讓學生觀察當帶電體靠近導體時，導體內的電子如何變化
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則 多餘原則 個人化原則

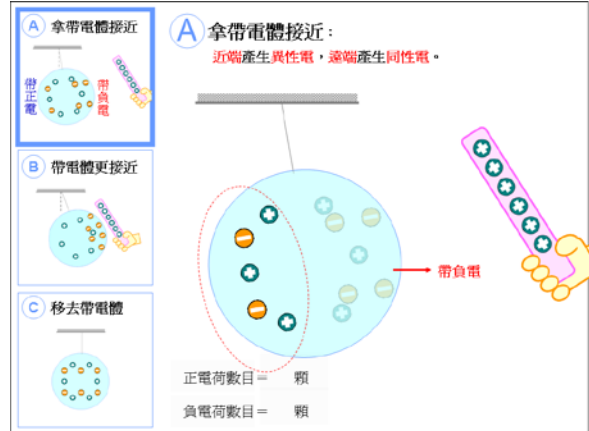
	投影片 5	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p>	

	<p>A 拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 帶電體更接近</p> <p>C 移去帶電體</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 4 顆</p>	
4.	<p>A 拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 帶電體更接近</p> <p>C 移去帶電體</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 4 顆</p>	
講述內容	<p>1. 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。</p> <p>2. Q1：正電荷有幾顆？</p> <p>3. Q2：負電荷有幾顆？</p> <p>4. 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在近端帶負電，電性與帶電體相異。</p>	<p>1. 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。</p> <p>2. 正電荷有 3 顆，負電荷有 4 顆，因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在近端帶負電，電性與帶電體相異。</p>
教材分析	讓學生比較導體近端正負電荷的數量，並推測此時所帶電性為何。	讓學生比較導體近端正負電荷的數量，並推測此時所帶電性為何。
多媒體教學原則	<p>分割原則</p> <p>連貫原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>時間接近原則</p> <p>多餘原則</p> <p>信號原則</p> <p>個人化原則</p>	空間接近原則

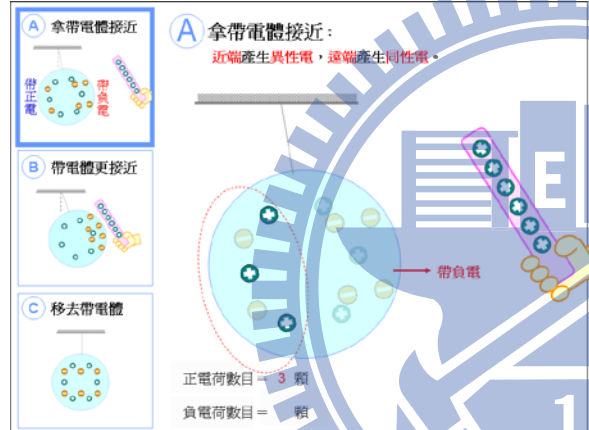
投影片 6

實驗組

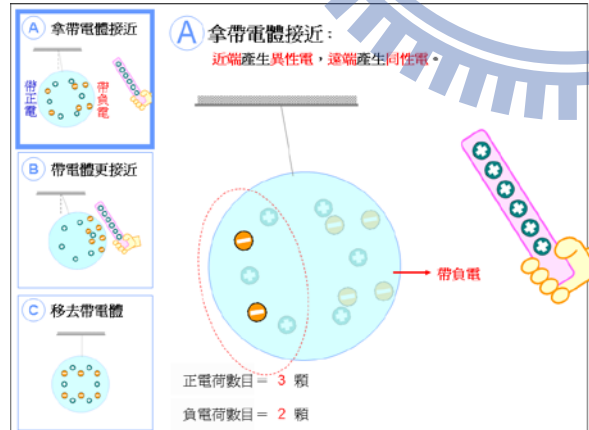
1.



2.



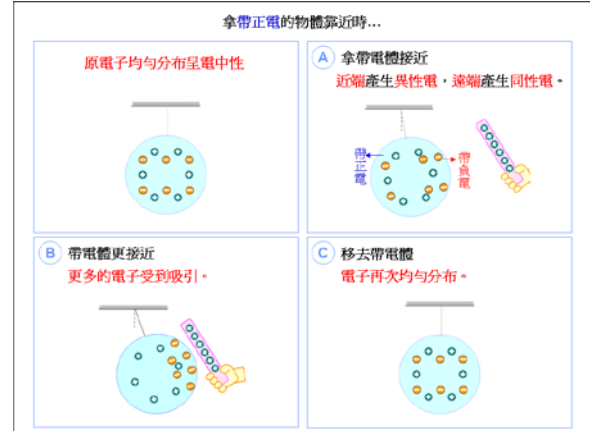
3.



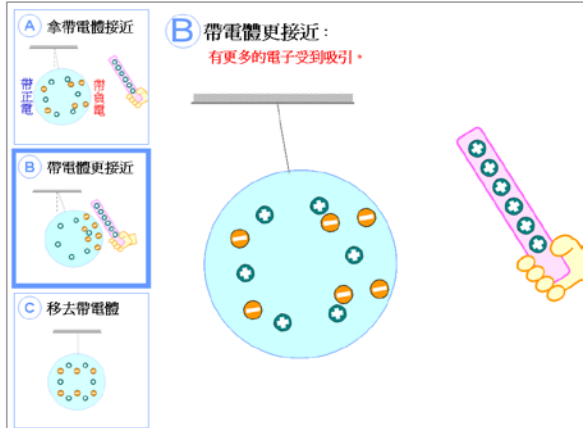
4.

對照組

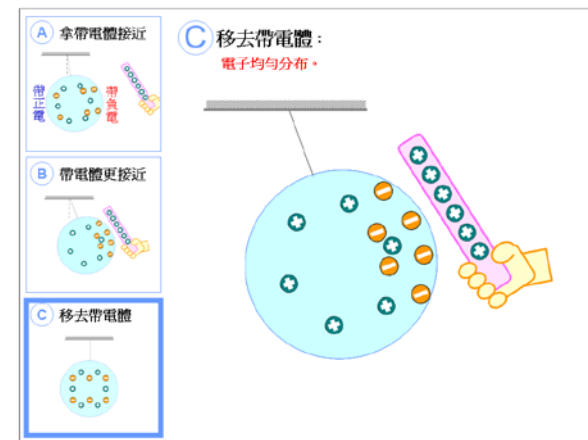
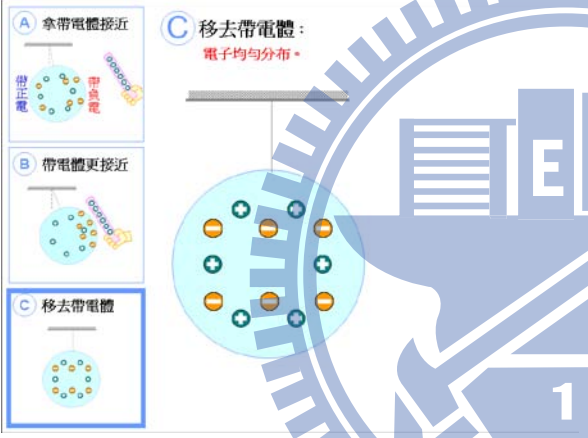
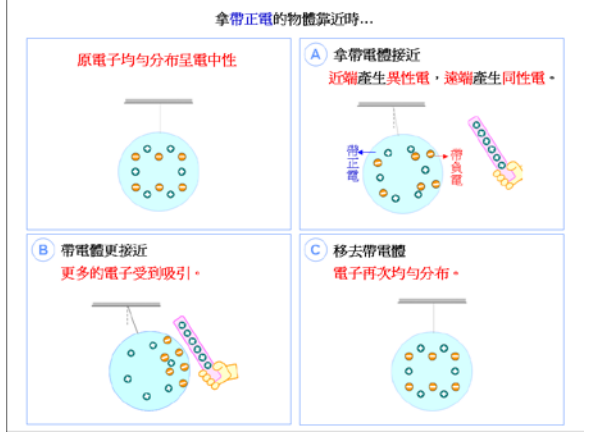
1.

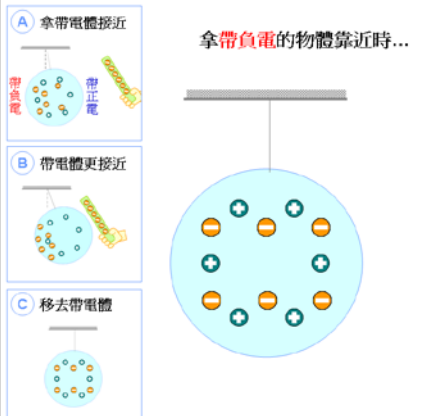
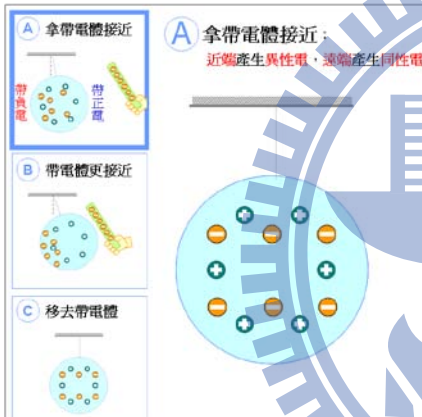
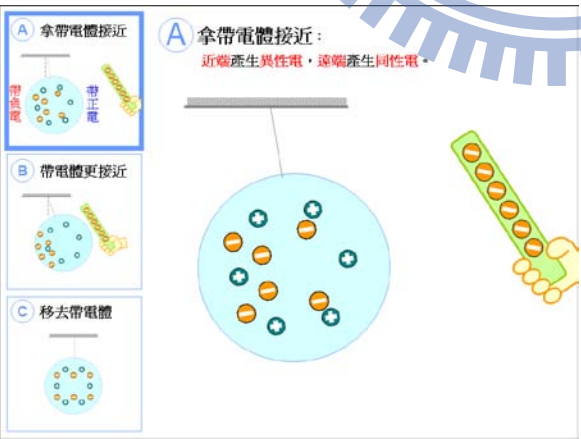
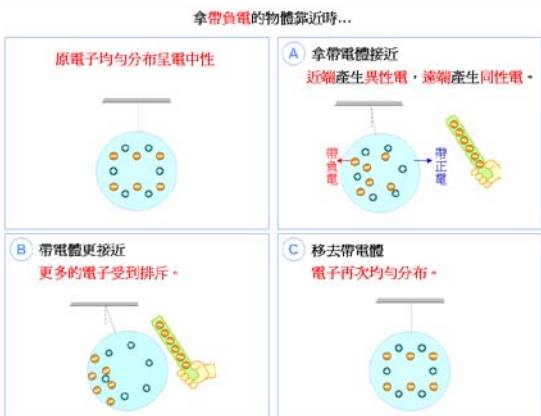


	 <p>拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>帶電體更接近： 更多的電子受到吸引。</p> <p>移去帶電體： 正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 2 顆</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 再看遠離帶電體的這端 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在遠端帶正電，電性與帶電體相同。 	<ol style="list-style-type: none"> 再看遠離帶電體的這端。 正電荷有 3 顆，負電荷有 2 顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相同。
教材分析	讓學生比較導體遠端正負電荷的數量，並推測此時所帶電性為何。	讓學生比較導體遠端正負電荷的數量，並推測此時所帶電性為何。
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

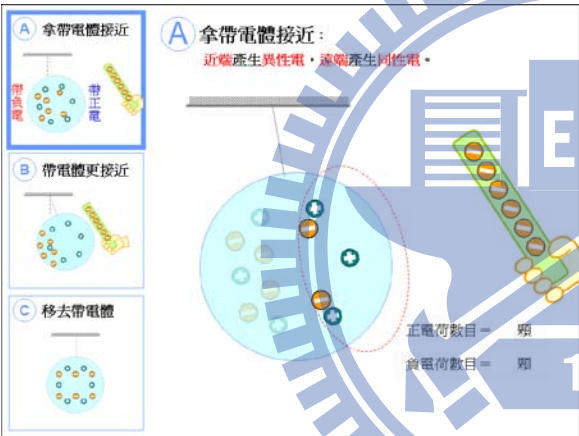
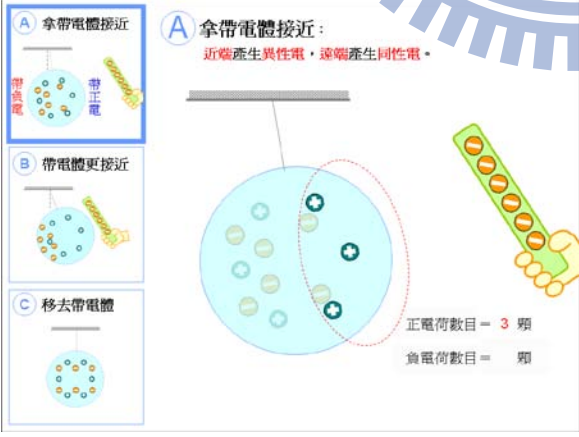
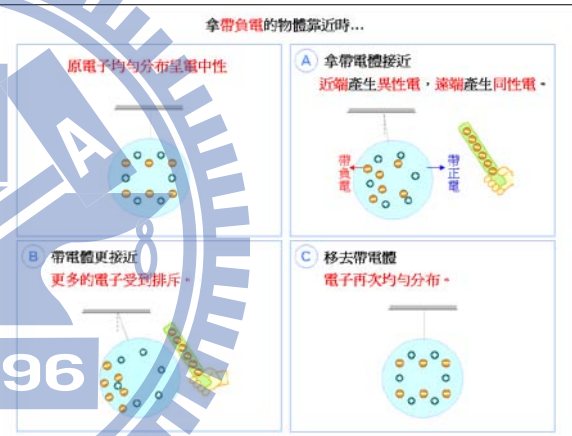

	投影片 7	
	實驗組	對照組
1.	 <p>拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>帶電體更接近： 更多的電子受到吸引。</p> <p>移去帶電體： 正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 2 顆</p>	<p>拿帶正電的物體靠近時...</p> <p>原電子均勻分布呈電中性</p> <p>拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>帶電體更接近： 更多的電子受到吸引。</p> <p>移去帶電體： 電子再次均勻分布。</p>

	2	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q: 當我再把帶電體更靠近金屬球時, 同學你看到什麼變化? 2. 金屬球會被吸引的更靠近帶正電體。 3. 金屬球中也會有更多的電子被吸引更靠近帶正電體。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q: 當我再把帶電體更靠近金屬球時, 如圖 B, 同學你看到什麼變化? 2. 金屬球會被吸引的更靠近帶正電體。 3. 金屬球中也會有更多的電子被吸引更靠近帶正電體。
教材分析	讓學生觀察當帶電體更靠近導體時, 導體中電子的變化。	讓學生觀察當帶電體更靠近導體時, 導體中電子的變化。
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 8	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> 
講述內容	<p>1. Q: 當我們移去帶電體之後, 你看到什麼?</p> <p>2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。</p> <p>3. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>	<p>1. Q: 當我們移去帶電體之後, 如圖 C, 你看到什麼?</p> <p>2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。</p> <p>3. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>
教材分析	讓同學觀察當帶電體遠離導體後, 導體中的電子有何變化。	讓同學觀察當帶電體遠離導體後, 導體中的電子有何變化。
多媒體教學原則	<p>分割原則</p> <p>連貫原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>時間接近原則</p> <p>多餘原則</p> <p>信號原則</p> <p>個人化原則</p>	空間接近原則

	投影片 9	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p> 	<p>1.</p> 
講述內容	<p>1. Q：當拿帶負電的物體靠近的時候，你看到什麼現象？</p> <p>2. 金屬球會被帶負電體吸引而微微靠近。</p> <p>3. 帶負電的電子因帶負電體的排斥而向左邊移動。</p>	<p>1. Q：當拿帶負電的物體靠近的時候，如圖 A，你看到什麼現象？</p> <p>2. 金屬球會被帶負電體吸引而微微靠近。</p> <p>3. 帶負電的電子因帶負電體的排斥而向左邊移動。</p>

教材分析	讓同學觀察當帶負電體靠近導體時，導體中金屬的變化情形	讓同學觀察當帶負電體靠近導體時，導體中金屬的變化情形
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

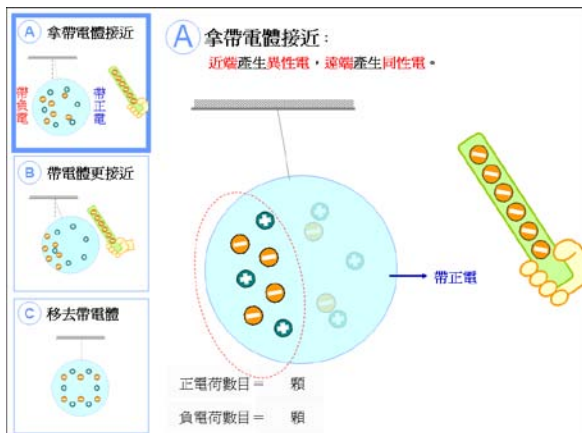
投影片 10		
實驗組	對照組	
<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p>	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p>	

	 <p>A 拿帶電體接近 帶正電</p> <p>B 帶電體更接近</p> <p>C 移去帶電體</p> <p>A 拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 2 顆</p>	
4.	 <p>A 拿帶電體接近 帶正電</p> <p>B 帶電體更接近</p> <p>C 移去帶電體</p> <p>A 拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>帶正電 正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 2 顆</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 此時，讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相異。 	<ol style="list-style-type: none"> 此時，讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 正電荷有 3 顆，負電荷有 2 顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相異。
教材分析	讓學生比較導體近端正負電荷的數量，並推測此時所帶電性為何。	讓學生比較導體近端正負電荷的數量，並推測此時所帶電性為何。
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

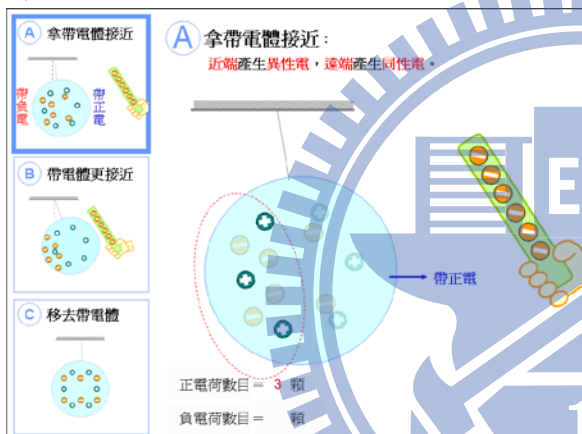
投影片 11

實驗組

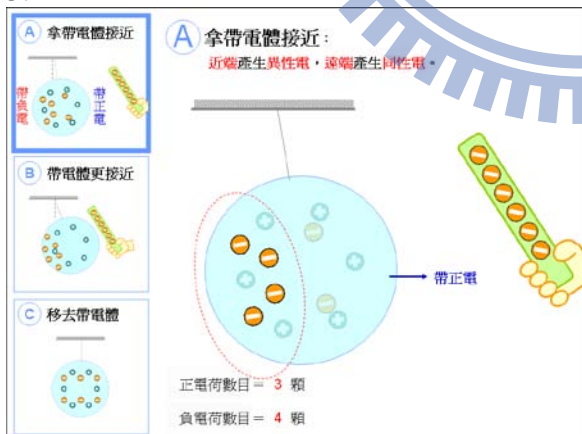
1.



2.



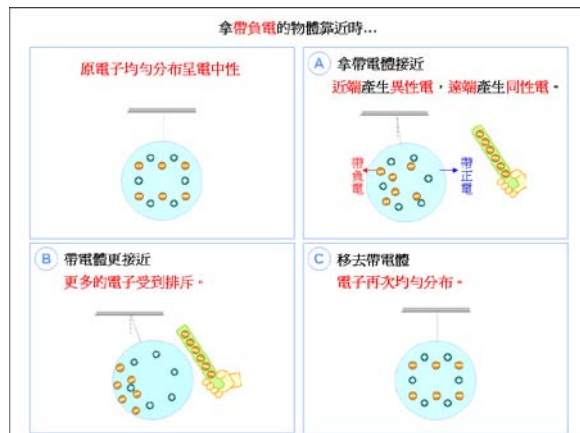
3.



4.

對照組

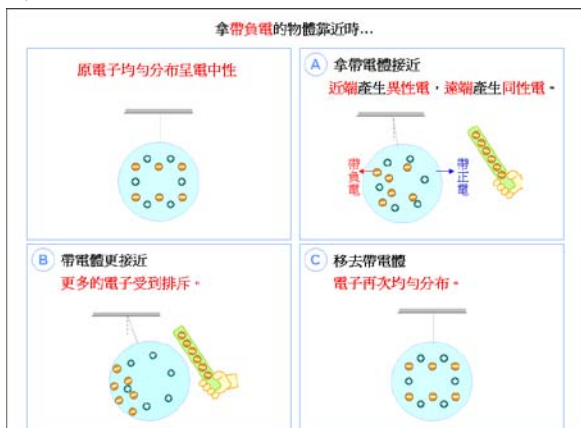
1.



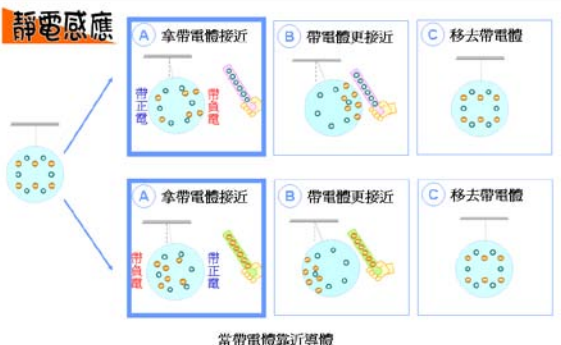
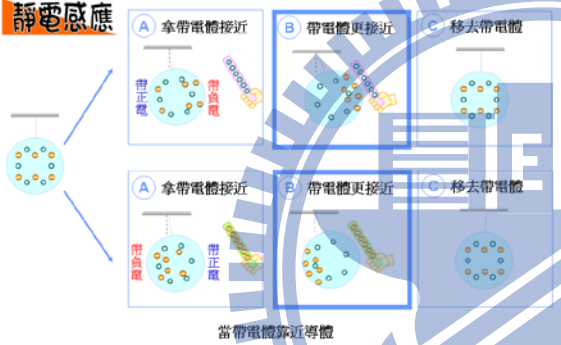
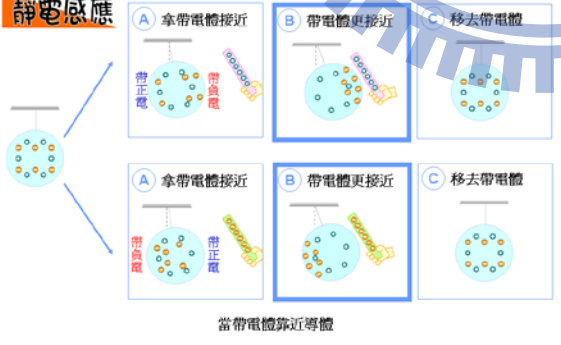
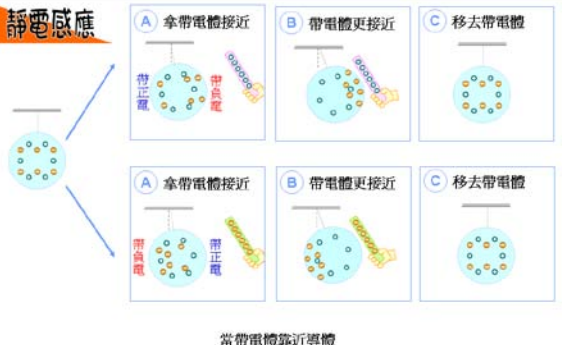
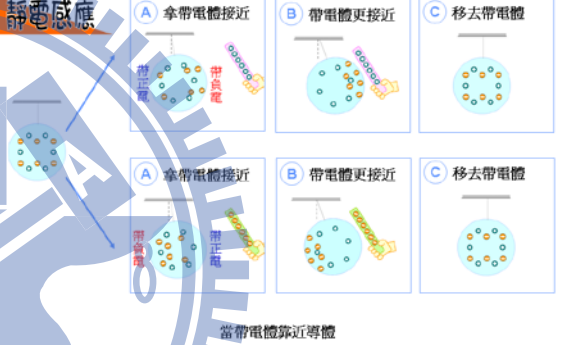
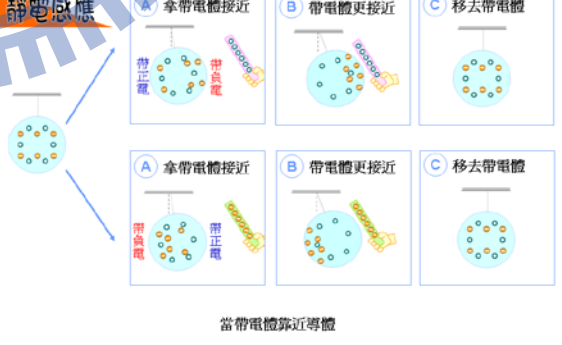
	<p>A 拿帶電體接近 帶正電</p> <p>B 帶電體更接近 帶正電</p> <p>C 移去帶電體 帶正電</p> <p>A 拿帶電體接近： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>帶正電</p> <p>帶負電</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 4 顆</p>	
講述內容	1. 再看遠離帶電體的這端。 2. Q1：正電荷有幾顆？ 3. Q2：負電荷有幾顆？ 4. 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在遠端帶負電，電性與帶電體相同。	1. 再看遠離帶電體的這端。 2. 正電荷有 3 顆，負電荷有 4 顆，因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在遠端帶負電，電性與帶電體相同。
教材分析	讓同學比較導體遠端正負電荷的數量關係，並推測所帶電性為何。	讓同學比較導體遠端正負電荷的數量關係，並推測所帶電性為何。
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 12	
	實驗組	對照組
1.	<p>A 拿帶電體接近 帶正電</p> <p>B 帶電體更接近： 有更多的電子受到排斥。</p> <p>C 移去帶電體 帶正電</p>	<p>拿帶負電的物體靠近時...</p> <p>原電子均勻分布呈電中性</p> <p>A 拿帶電體接近 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 帶電體更接近 更多的電子受到排斥。</p> <p>C 移去帶電體 電子再次均勻分布。</p>

	2.		
講述內容	1. Q：當我再把帶電體更靠近金屬球時，同學你看到什麼變化？ 2. 金屬球會被吸引的更靠近帶負電體。 3. 金屬球中也會有更多的電子被排斥而更遠離帶負電體。	1. Q：當我再把帶電體更靠近金屬球時，如圖 B，同學你看到什麼變化？ 2. 金屬球會被吸引的更靠近帶負電體。 3. 金屬球中也會有更多的電子被排斥而更遠離帶負電體	
教材分析	讓學生觀察當帶電體更靠近導體時的變化情形	讓學生觀察當帶電體更靠近導體時的變化情形	
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則	

	投影片 13	
	實驗組	對照組
1.		1. 

	 <p>2.</p> 	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q: 當我們移去帶電體之後, 你看到什麼? 2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。 3. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q: 當我們移去帶電體之後, 你看到什麼? 2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。 3. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。
教材分析	讓學生觀察當帶電體遠離導體後的變化情況	讓學生觀察當帶電體遠離導體後的變化情況
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 14	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>當帶電體靠近導體</p> <p>2.</p>  <p>當帶電體靠近導體 會使導體內的電子受到帶電體的吸引或排斥而移動</p> <p>3.</p>  <p>當帶電體靠近導體 會使導體內的電子受到帶電體的吸引或排斥而移動 這種現象稱為靜電感應</p>	<p>1.</p>  <p>當帶電體靠近導體</p> <p>2.</p>  <p>當帶電體靠近導體 會使導體內的電子受到帶電體的吸引或排斥而移動</p> <p>3.</p>  <p>當帶電體靠近導體 會使導體內的電子受到帶電體的吸引或排斥而移動 這種現象稱為靜電感應</p>
講述內容	<p>1. 如此因為帶電體的靠近，使得導體中可自由移動的自由電子產生吸引或排斥的現象。</p> <p>2. 距離越近，吸引或排斥的電子就越多。</p> <p>3. 當帶電體離開後，導體內的電子又會均</p>	<p>1. 如此因為帶電體的靠近，使得導體中可自由移動的自由電子產生吸引或排斥的現象。</p> <p>2. 距離越近，吸引或排斥的電子就越多。</p> <p>3. 當帶電體離開後，導體內的電子又會均</p>

	勻分布、恢復電中性的狀態。	勻分布、恢復電中性的狀態。
教材分析	對靜電感應做結論	對靜電感應做結論
多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 信號原則	空間接近原則 時間接近原則

	投影片 15	
	實驗組	對照組
		
講述內容	讓我們實際用驗電瓶操作靜電感應，並觀察驗電瓶中兩鋁箔片的變化	讓我們實際用驗電瓶操作靜電感應，並觀察驗電瓶中兩鋁箔片的變化
教材分析	透過實驗驗證原則	透過實驗驗證原則
多媒體教學原則	個人化原則	個人化原則

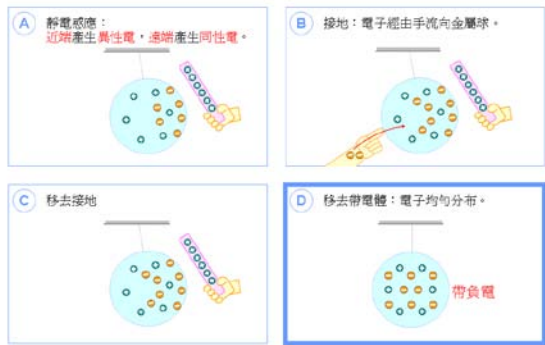
附錄三

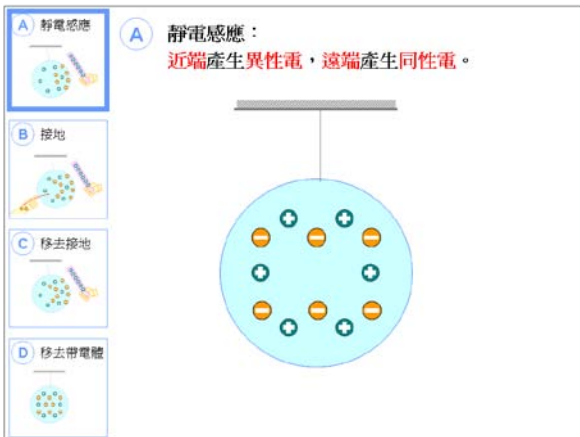
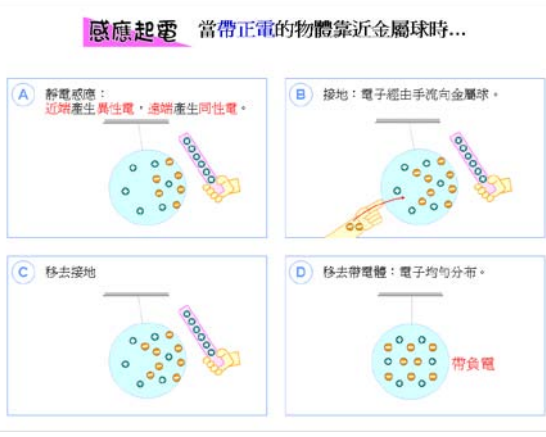
附錄三：各單元主題投影片教學過程簡述（教材分析）

【第三主題單元：感應起電】

	投影片 1	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; margin-top: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;"> <p>如何使金屬帶電呢？</p> </div>	<p>1.</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; margin-top: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;"> <p>如何使金屬帶電呢？</p> </div>
講述內容	<p>1. Q：如果你要向媽媽要零用錢，你會怎麼要呢？</p> <p>2. 像我爸跟我媽要零用錢時，一般會有兩種方式：一是迂迴曲折、旁敲側擊；二是單刀直入、直接了當。</p> <p>3. 同樣，讓金屬導體帶電的方法也有二種，第一種，便是迂迴曲折、旁敲側擊，我們稱為感應起電。第二種，便是單刀直入、直接了當，我們稱為接觸起電。先讓我們來看看感應起電吧。</p>	<p>1. Q：如果你要向媽媽要零用錢，你會怎麼要呢？</p> <p>2. 像我爸跟我媽要零用錢時，一般會有兩種方式：一是迂迴曲折、旁敲側擊；二是單刀直入、直接了當。</p> <p>3. 同樣，讓金屬導體帶電的方法也有二種，第一種，便是迂迴曲折、旁敲側擊，我們稱為感應起電。第二種，便是單刀直入、直接了當，我們稱為接觸起電。先讓我們來看看感應起電吧。</p>
教材分析	用生活問題引導出讓導體帶電的方法有感應起電與接觸起電兩種	用生活問題引導出讓導體帶電的方法有感應起電與接觸起電兩種
多媒體教學原則	個人化原則	個人化原則

	投影片 2	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> <div> <div> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  </div> <div> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  </div> <div> <p>C 移去接地</p>  </div> <div> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>  </div> </div>	<p>1.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> <div> <div> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  </div> <div> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  </div> <div> <p>C 移去接地</p>  </div> <div> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>  </div> </div>
	<p>2.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> <div> <div> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  </div> <div> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  </div> <div> <p>C 移去接地</p>  </div> <div> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>  </div> </div>	<p>2.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> <div> <div> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  </div> <div> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  </div> <div> <p>C 移去接地</p>  </div> <div> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>  </div> </div>
	<p>3.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> <div> <div> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  </div> <div> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  </div> <div> <p>C 移去接地</p>  </div> <div> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>  </div> </div>	<p>3.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> <div> <div> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  </div> <div> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  </div> <div> <p>C 移去接地</p>  </div> <div> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>  </div> </div>
	<p>4.</p>	

	<p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> 	
講述內容	感應起電的共分為四個步驟：1.靜電感應，2.接地，3.移去接地，4.移去帶電體。讓我們先用帶正電體來進行感應起電。	感應起電的共分為四個步驟：1.靜電感應，2.接地，3.移去接地，4.移去帶電體。讓我們先用帶正電體來進行感應起電。
教材分析	指出感應起電的步驟	指出感應起電的步驟
多媒體教學原則	空間接近原則 時間接近原則 信號原則	空間接近原則

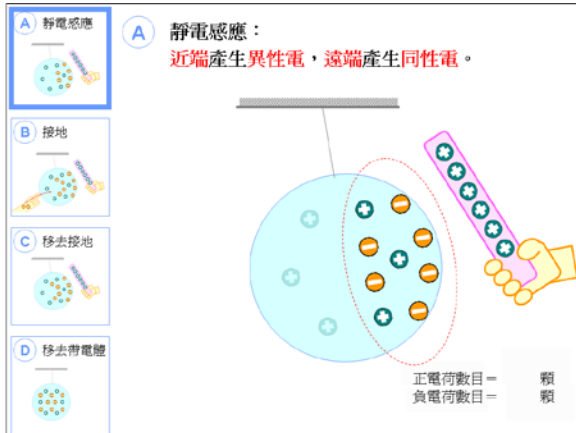
	投影片 3	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p>	<p>1.</p> 

	<p>靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q：當我們拿帶正電體靠近金屬球時，同學你看到什麼變化？ 2. 就如同先靜電感應的情形一樣，首先，會注意到金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。 3. 帶負電的電子因帶正電體的吸引而向右邊移動。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q：當我們拿帶正電體靠近金屬球時，如圖 A，同學你看到什麼變化？ 2. 就如同先靜電感應的情形一樣，首先，會注意到金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。 3. 帶負電的電子因帶正電體的吸引而向右邊移動。
教材分析	讓學生觀察當帶正電接近導體時的變化情形	讓學生觀察當帶正電接近導體時的變化情形
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則 個人化原則

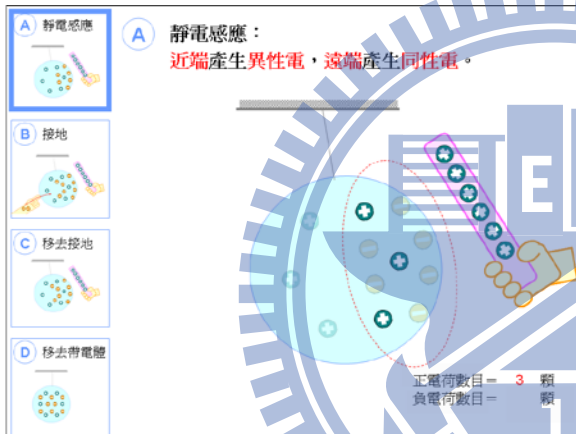
投影片 4

實驗組

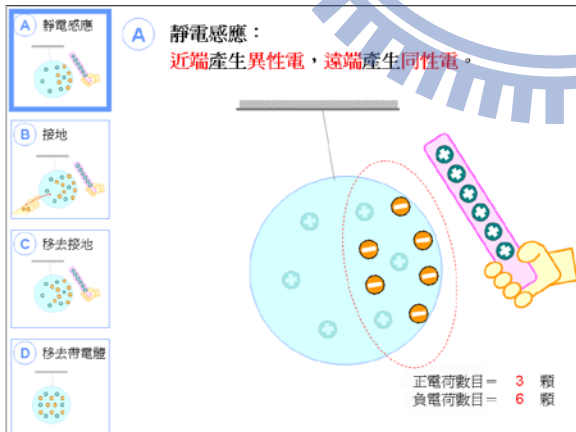
1.



2.



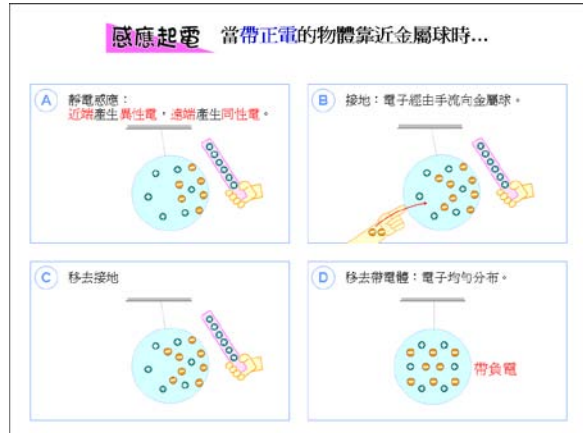
3.



4.

對照組

1.



	<p>靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 6 顆</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在近端帶負電，電性與帶電體相異。 	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們來看看圖 A 中原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在近端帶負電，電性與帶電體相異。
教材分析	讓學生觀察導體近端中正負電荷數量關係，並推測出導體近端的電性為何	讓學生觀察導體近端中正負電荷數量關係，並推測出導體近端的電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則 個人化原則

投影片 5

實驗組

1.

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

正電荷數目 = 3 顆
負電荷數目 = 0 顆

B 接地

C 移去接地

D 移去帶電體

2.

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

正電荷數目 = 3 顆
負電荷數目 = 0 顆

B 接地

C 移去接地

D 移去帶電體

3.

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

正電荷數目 = 3 顆
負電荷數目 = 0 顆

B 接地

C 移去接地

D 移去帶電體

4.

對照組

1.

感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

B 接地：電子經由手流向金屬球。

C 移去接地

D 移去帶電體：電子均勻分布。

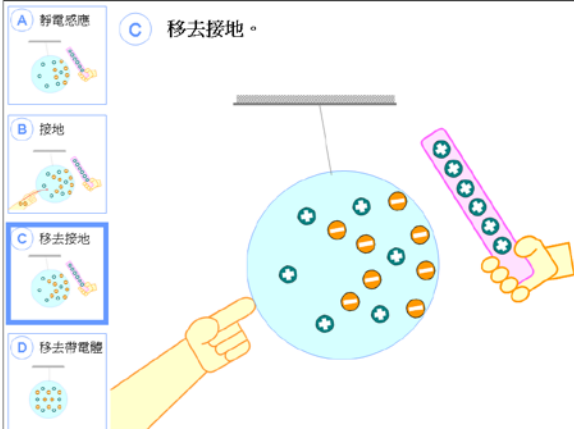
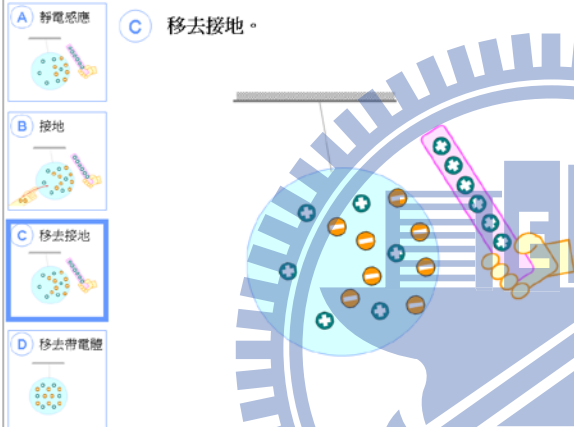
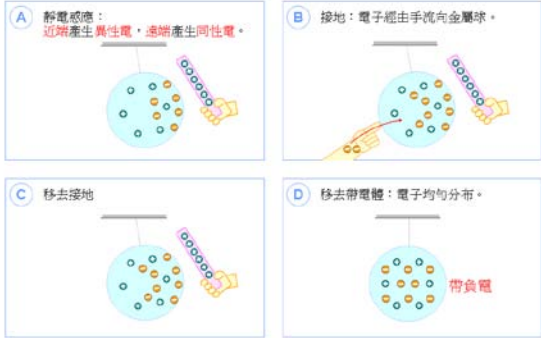
帶負電

講述內容	1. 再看遠離帶電體的這端。 2. Q1：正電荷有幾顆？ 3. Q2：負電荷有幾顆？ 4. 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在遠端帶正電，電性與帶電體相同。	1. 再看遠離帶電體的這端。 2. 正電荷有 3 顆，負電荷有 0 顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在遠端帶正電，電性與帶電體相同。
教材分析	讓同學觀察導體遠端正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何	讓同學觀察導體遠端正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則 個人化原則

	投影片 6	
	實驗組	對照組
	1.	1.
	2.	

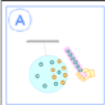
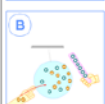


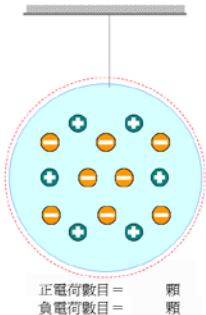

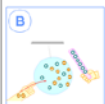

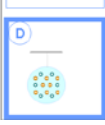
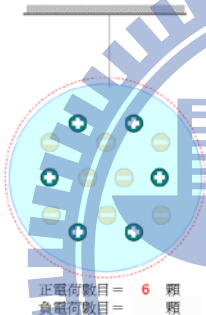

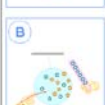
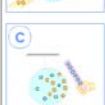

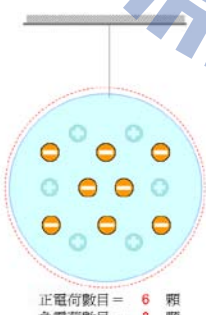
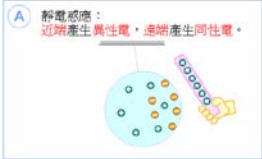
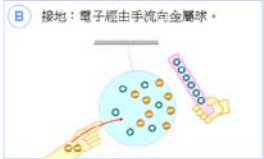
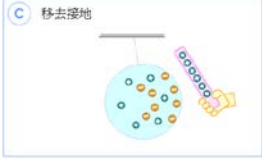

	 <p>3.</p> 	
講述內容	<p>1. 用手觸摸金屬球，使金屬球透過手這導體與地球連接，這動作稱為接地。</p> <p>2. Q：接地後你有看到什麼變化嗎？</p> <p>3. 會有更多的電子受到帶正電體的吸引，經由手從地球流向金屬球。</p>	<p>1. 圖 B 中，用手觸摸金屬球，使金屬球透過手這導體與地球連接，這動作稱為接地。</p> <p>2. 接地後會有更多的電子受到帶正電體的吸引，經由手從地球流向金屬球。</p>
教材分析	讓同學觀察接地後電子的變化情形	讓同學觀察接地後電子的變化情形
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 7
--	-------

	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p> 
講述內容	把手移開、移去接地。	把手移開、移去接地。
教材分析	移去接地	移去接地
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則	空間接近原則

投影片 8

	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>A 靜電感應 B 接地 C 移去接地 D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>2.</p>  <p>A 靜電感應 B 接地 C 移去接地 D 移去帶電體：電子均勻分布。</p>	<p>1.</p> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p>  <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。 B 接地：電子經由手流向金屬球。 C 移去接地 D 移去帶電體：電子均勻分布。 帶負電</p>
講述內容	<p>1. 再把帶正電體移開。</p> <p>2. Q：當我們移去帶電體之後，你看到什麼？</p> <p>3. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。</p> <p>4. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>	<p>圖 D 中，當我們移去帶電體之後，金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>
教材分析	觀察移去帶電體後的變化	觀察移去帶電體後的變化
多媒體教學原則	<p>分割原則</p> <p>連貫原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>時間接近原則</p> <p>多餘原則</p> <p>信號原則</p> <p>個人化原則</p>	空間接近原則
	投影片 9	

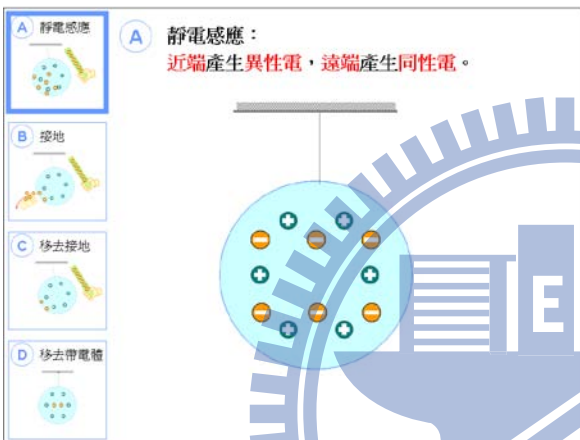
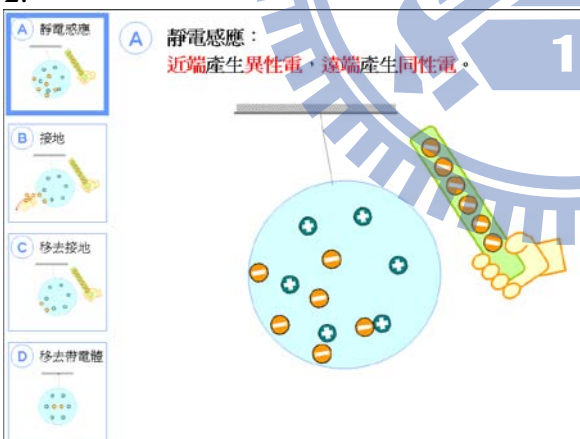
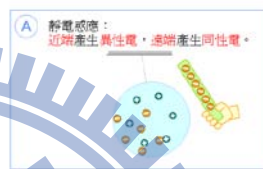
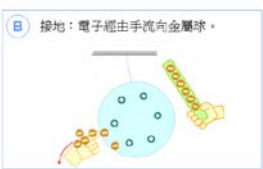

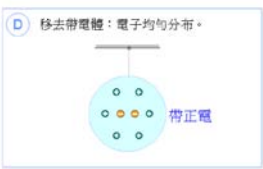
實驗組	對照組
<p>1.</p> <div data-bbox="245 286 660 719">  <p>A</p>  <p>B</p>  <p>C</p>  <p>D</p> <p>移去帶電體：電子均勻分布。</p>  <p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 8 顆</p> </div> <p>2.</p> <div data-bbox="245 775 660 1207">  <p>A</p>  <p>B</p>  <p>C</p>  <p>D</p> <p>移去帶電體：電子均勻分布。</p>  <p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 8 顆</p> </div> <p>3.</p> <div data-bbox="245 1249 660 1682">  <p>A</p>  <p>B</p>  <p>C</p>  <p>D</p> <p>移去帶電體：電子均勻分布。</p>  <p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 8 顆</p> </div> <p>4.</p>	<p>1.</p> <div data-bbox="874 300 1417 703"> <p>感應起電 當帶正電的物體靠近金屬球時...</p>  <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p>  <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p>  <p>C 移去接地</p>  <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。 帶負電</p> </div>

	<p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 8 顆</p> <p>金屬球帶負電</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 此時再比較金屬球中正負電荷的數目 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以金屬球帶負電，電性與帶電體相反。 	比較圖 D 中金屬球中正負電荷的數目，正電荷有 6 顆，負電荷有 8 顆，因為負電荷數目多於正電荷數目，所以金屬球帶負電，電性與帶電體相反。
教材分析	觀察移去帶電體後導體中正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何	觀察移去帶電體後導體中正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 10	
	實驗組	對照組
1.	<p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p> <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p> <p>C 移去接地</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>帶正電</p>	<p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p> <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接地：電子經由手流向金屬球。</p> <p>C 移去接地</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>帶正電</p>

	<p>2.</p> <p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p>  <p>3.</p> <p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p>  <p>4.</p> <p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p> 	
講述內容	反過來，讓我們用帶負電體靠近金屬球重複上述四個步驟，看看導體中電子的變化情形	反過來，讓我們用帶負電體靠近金屬球重複上述四個步驟，看看導體中電子的變化情形
教材分析	指出感應起電的步驟	指出感應起電的步驟

多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則	空間接近原則
---------	--	--------

	投影片 11	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> <p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p>    
講述內容	<p>1. Q：當我們拿帶負電體靠近金屬球時，同學你看到什麼變化？</p> <p>2. 就如同先靜電感應的情形一樣，首先，會注意到金屬球會被帶負電體吸引而微微靠近。</p> <p>3. 帶負電的電子因帶負電體的排斥而向左邊移動。</p>	<p>如圖 A，當我們拿帶負電體靠近金屬球時，就如同先靜電感應的情形一樣，金屬球會被帶負電體吸引而微微靠近。帶負電的電子因帶負電體的排斥而向左邊移動。</p>
教	觀察帶負電體接近導體時的變化情形	觀察帶負電體接近導體時的變化情形

材 分 析		
多 媒 體 教 學 原 則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

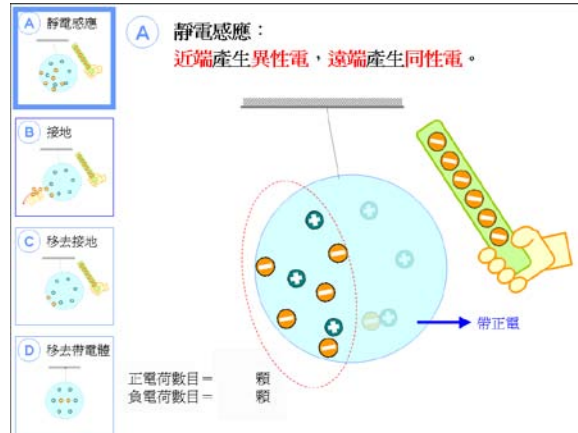
	投影片 12	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>2.</p> <p>3.</p>	<p>1.</p>

	<p>靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 1 顆</p> <p>4.</p>	
講述內容	<p>1. 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。</p> <p>2. Q1：正電荷有幾顆？</p> <p>3. Q2：負電荷有幾顆？</p> <p>4. 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相異。</p>	<p>1. 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。</p> <p>2. 正電荷有 3 顆，負電荷有 1 顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相異。</p>
教材分析	觀察導體近端正負電荷的分布情形，並指出所帶電性為何	觀察導體近端正負電荷的分布情形，並指出所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

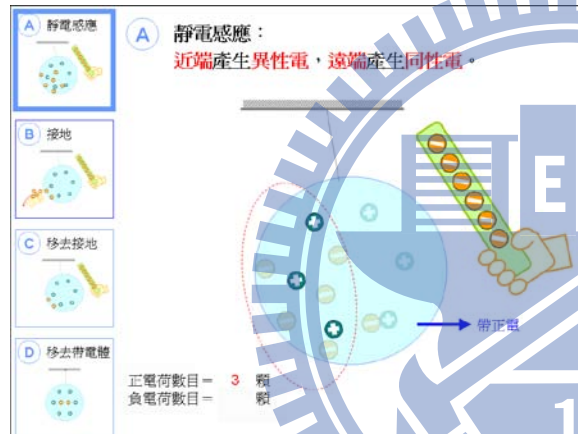
投影片 13

實驗組

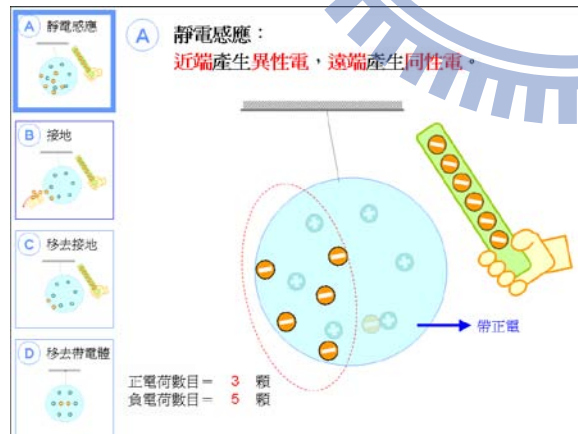
1.



2.



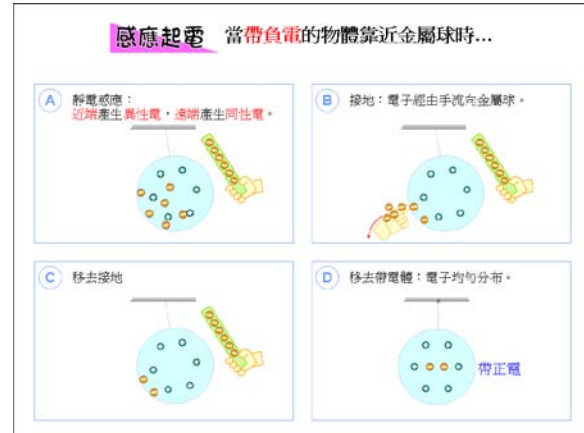
3.



4.

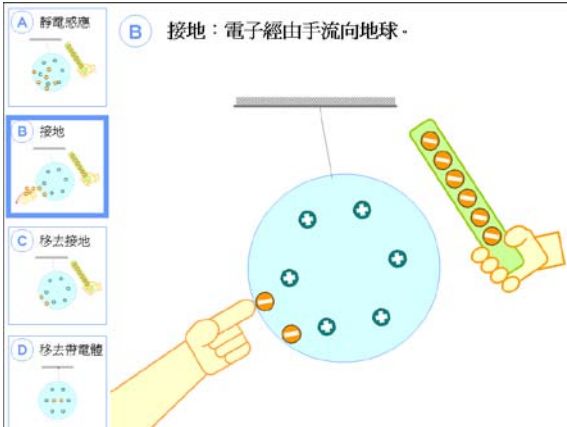
對照組

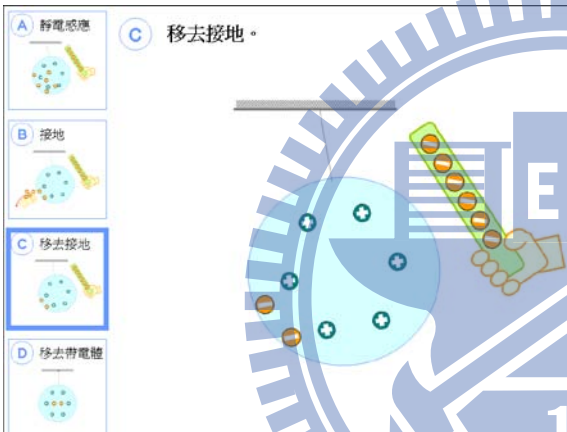
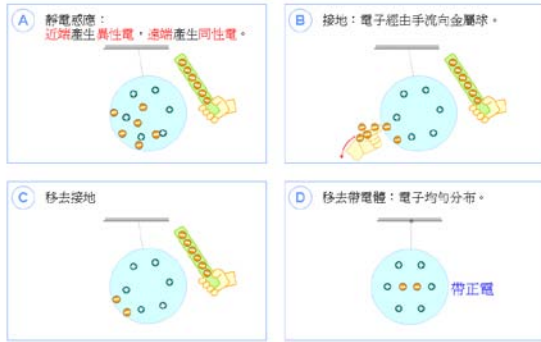
1.

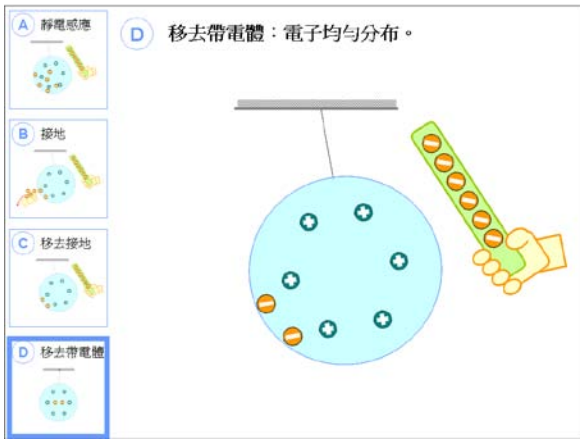
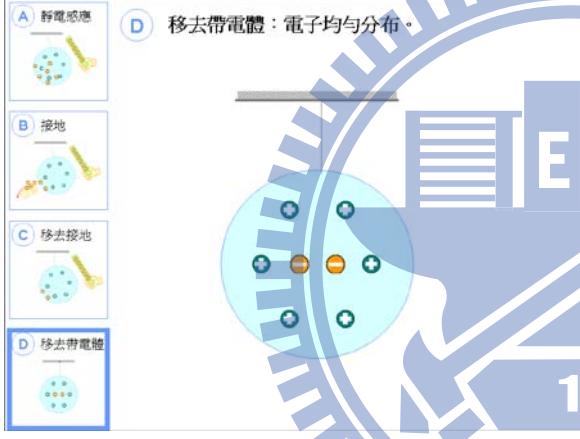
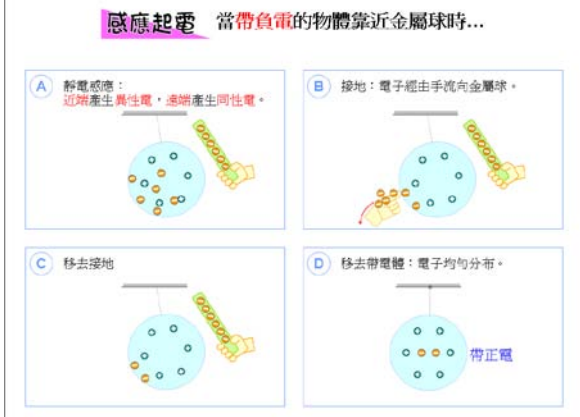


講述內容	1. 再看遠離帶電體的這端。 2. Q1：正電荷有幾顆？ 3. Q2：負電荷有幾顆？ 4. 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在遠端帶負電，電性與帶電體相同。	再看遠離帶電體的這端，正電荷有 3 顆，負電荷有 5 顆，因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在遠端帶負電，電性與帶電體相同。
教材分析	觀察導體遠端正負電荷的分布情形，並指出其所帶電性為何	觀察導體遠端正負電荷的分布情形，並指出其所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 14	
	實驗組	對照組
	1.	1. <p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p>

	<p>2.</p> 	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用手觸摸金屬球，使金屬球透過手這導體與地球接地。 2. Q：接地後你有看到什麼變化嗎？ 3. 原先被排斥到金屬球最左邊的電子，此時發現有一個新的出口，可以經由手跑到更遠的地球。 	<p>如圖 B 中，用手觸摸金屬球，使金屬球透過手這導體與地球接地。接地後金屬球最左邊的電子，可以經由手跑到更遠的地球。</p>
教材分析	觀察接地後導體中電子的變化情形	觀察接地後導體中電子的變化情形
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 15	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> <p>感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...</p> 
講述內容	把手移開、移去接地。	把手移開、移去接地。
教材分析	移去接地	移去接地
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則	空間接近原則

	投影片 16	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> 
講述內容	<p>1. Q: 當我們移去帶電體之後, 你看到什麼?</p> <p>2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。</p> <p>3. 金屬中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>	<p>圖 D 中, 當我們移去帶電體之後, 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>
教材分析	觀察移去帶負電體後導體以及其中電子的變化情形。	觀察移去帶負電體後導體以及其中電子的變化情形。
多媒體教學原則	<p>分割原則</p> <p>連貫原則</p> <p>空間接近原則</p> <p>時間接近原則</p> <p>多餘原則</p> <p>信號原則</p> <p>個人化原則</p>	空間接近原則

投影片 17

實驗組

1.

A 靜電感應

B 接地

C 移去接地

D 移去帶電體

D 移去帶電體：電子均勻分布。

正電荷數目 = 6 顆
負電荷數目 = 6 顆

2.

A 靜電感應

B 接地

C 移去接地

D 移去帶電體

D 移去帶電體：電子均勻分布。

正電荷數目 = 6 顆
負電荷數目 = 6 顆

3.

A 靜電感應

B 接地

C 移去接地

D 移去帶電體

D 移去帶電體：電子均勻分布。

正電荷數目 = 6 顆
負電荷數目 = 2 顆

4.

對照組

1.

感應起電 當帶負電的物體靠近金屬球時...

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

B 接地：電子經由手流向金屬球。

C 移去接地

D 移去帶電體：電子均勻分布。

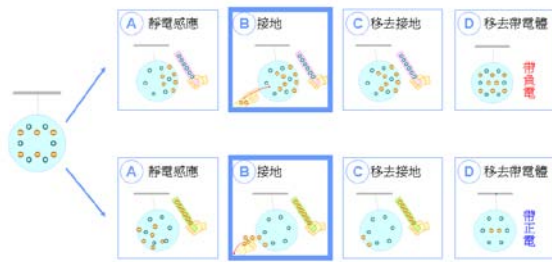
帶正電

	 <p>靜電感應</p> <p>接 地</p> <p>移去接地</p> <p>移去帶電體</p> <p>移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>金屬球帶正電</p> <p>正電荷數目 = 6 顆 負電荷數目 = 2 顆</p>	
講述內容	1. Q1：正電荷有幾顆？ 2. Q2：負電荷有幾顆？ 3. 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以金屬球帶正電，電性與帶電體相反。	圖 D 中，正電荷有 6 顆，負電荷有 2 顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以金屬球帶正電，電性與帶電體相反。
教材分析	觀察導體中正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何	觀察導體中正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 18	
	實驗組	對照組
	1.  感應起電	1.  感應起電 利用導體靜電感應原理使導體帶電的方式，稱為感應起電。

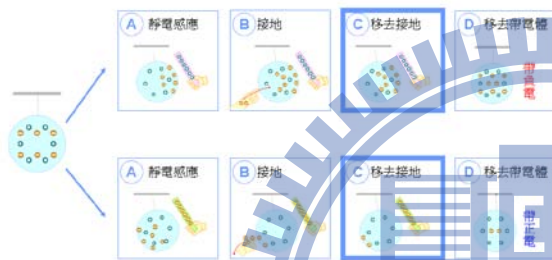
2.

感應起電



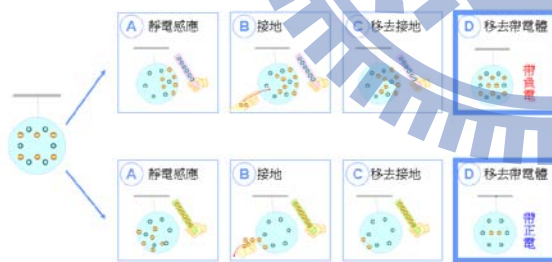
3.

感應起電



4.

感應起電

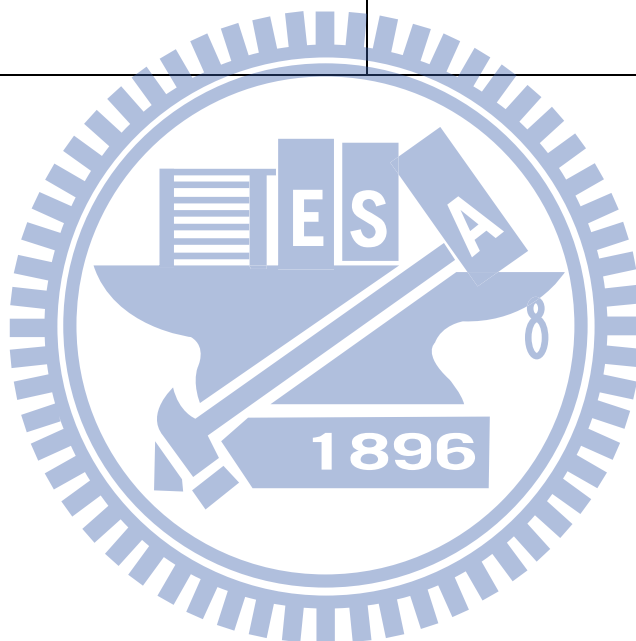


5.

	<p>感應起電</p>  <p>利用導體靜電感應原理使導體帶電的方式，稱為感應起電。</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 如此藉由靜電感應、接地、移去接地、移去帶電體這四個步驟，以增加或減少金屬球中電子的數目來使金屬帶電的方式，稱為感應起電。 金屬藉由感應起電的方式帶電後，所帶電性會與帶電體恰好相反。 	<ol style="list-style-type: none"> 如此藉由靜電感應、接地、移去接地、移去帶電體這四個步驟，以增加或減少金屬球中電子的數目來使金屬帶電的方式，稱為感應起電。 金屬藉由感應起電的方式帶電後，所帶電性會與帶電體恰好相反。
教材分析	總結感應起電	總結感應起電
多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則	空間接近原則

	投影片 19	
	實驗組	對照組
	 <p>利用感應起電使驗電瓶帶電並觀察驗電瓶中鉛箔運動變化。</p>	 <p>利用感應起電使驗電瓶帶電並觀察驗電瓶中鉛箔運動變化。</p>

講述內容	讓我們實際用驗電瓶操作感應起電，並觀察驗電瓶中兩鋁箔片的變化	讓我們實際用驗電瓶操作感應起電，並觀察驗電瓶中兩鋁箔片的變化
教材分析	透過實驗驗證原則	透過實驗驗證原則
多媒體教學原則	個人化原則	個人化原則



附錄四

附錄四：各單元主題投影片教學過程簡述（教材分析）

【第四主題單元：接觸起電】

	投影片 1	
	實驗組	對照組
	方法二：接觸起電	方法二：接觸起電
講述內容	第二種讓金屬帶電的方式就是接觸起電。	第二種讓金屬帶電的方式就是接觸起電。
教材分析	介紹接觸起電	介紹接觸起電
多媒體教學原則	多餘原則	多餘原則

	投影片 2	
	實驗組	對照組
1.	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接觸：電子由金屬球流向帶電體。</p> <p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。帶正電</p>	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接觸：電子由金屬球流向帶電體。</p> <p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。帶正電</p>
2.	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接觸：電子由金屬球流向帶電體。</p> <p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。帶正電</p>	
3.	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> <p>A 靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接觸：電子由金屬球流向帶電體。</p> <p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。帶正電</p>	
4.		

	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>B 接觸：電子由金屬球流向帶電體。</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> </div> </div>	
講述內容	<p>1. 我們把接觸起電分為四個步驟來看：1. 靜電感應，2.接觸，3.同性相斥，4.移去帶電體。</p> <p>2. 讓我們先用帶正電體來進行接觸起電</p>	<p>1. 我們把接觸起電分為四個步驟來看：1. 靜電感應，2.接觸，3.同性相斥，4.移去帶電體。</p> <p>2. 讓我們先用帶正電體來進行接觸起電</p>
教材分析	說明接觸起電步驟	說明接觸起電步驟
多媒體教學原則	<p>空間接近原則</p> <p>時間接近原則</p> <p>信號原則</p>	空間接近原則

	投影片 3	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接觸</p> <p>C 同性相斥</p> <p>D 移去帶電體</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> </div> </div>	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>B 接觸：電子由金屬球流向帶電體。</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> </div> </div>

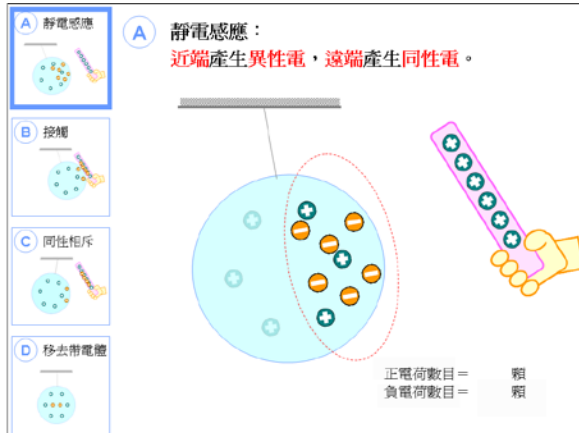
	<p>2.</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q：當我們拿帶正電體靠近金屬球時，同學你看到什麼變化？ 2. 就如同先靜電感應的情形一樣，首先，會注意到金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。 3. 帶負電的電子因帶正電體的吸引而向右邊移動。 	<p>當我們拿帶正電體靠近金屬球時，金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。帶負電的電子因帶正電體的吸引而向右邊移動。</p>
教材分析	觀察帶正電體接近導體後對導体的影響，以及導體內電子的變化	觀察帶正電體接近導體後對導体的影響，以及導體內電子的變化
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

投影片 4

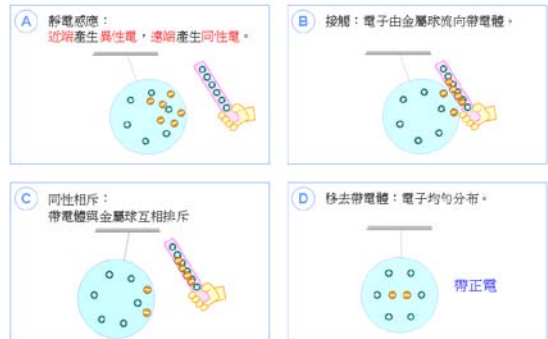
實驗組

對照組

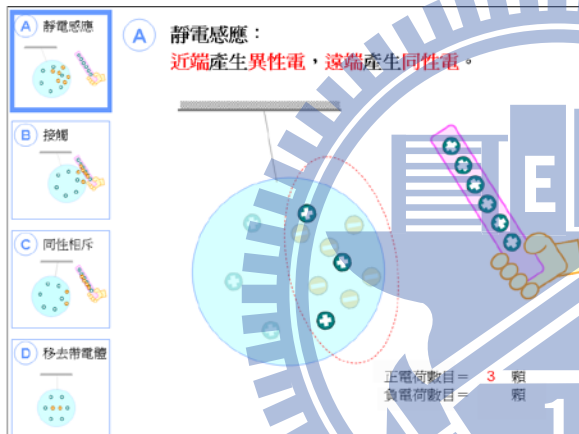
1.



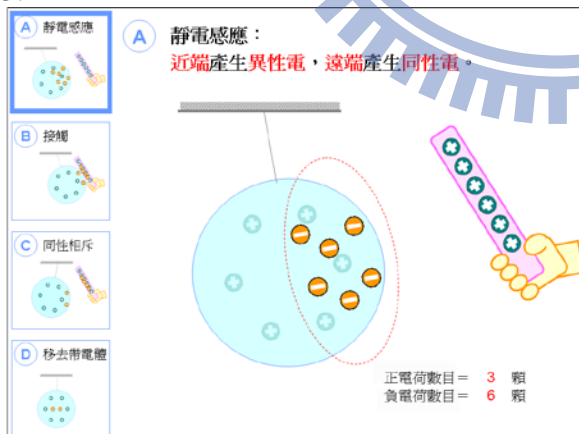
接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...



2.



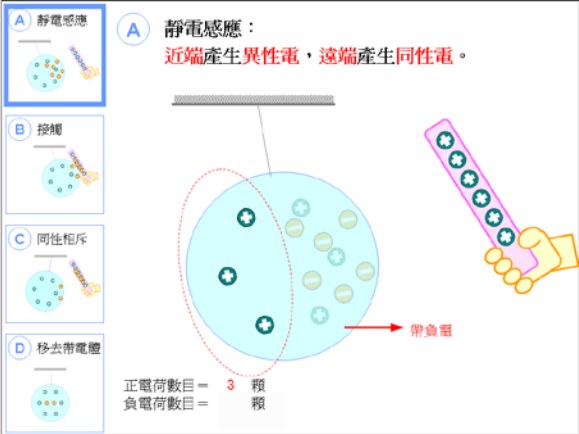
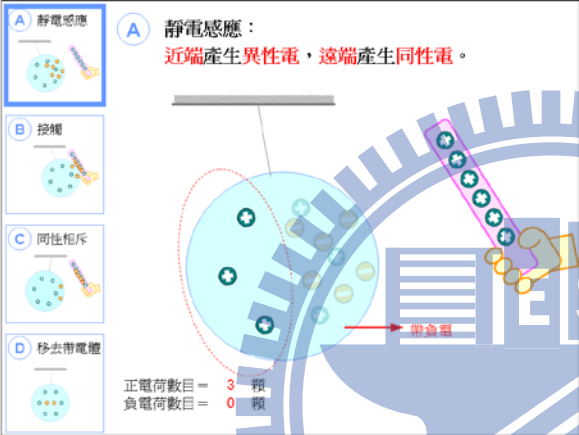
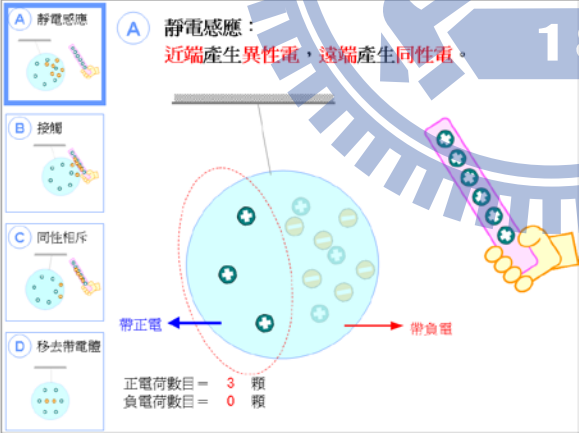
3.



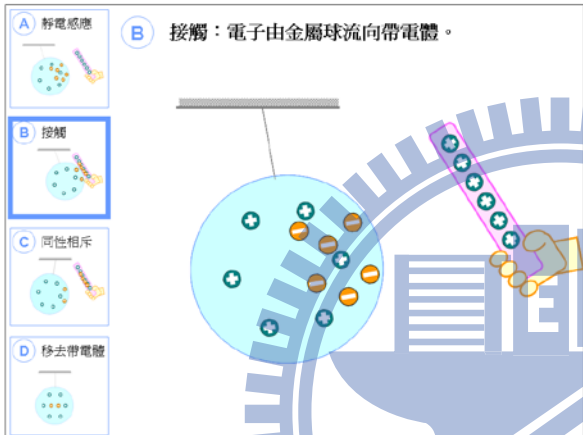
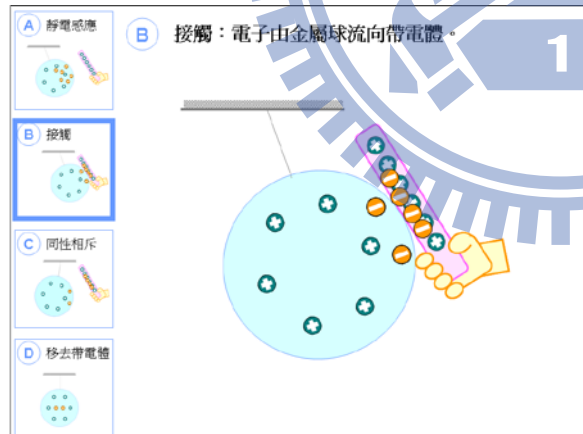
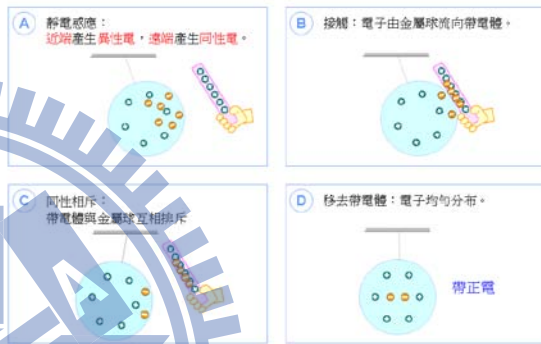
4.

講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在近端帶負電，電性與帶電體相異。 	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 圖 A 中，正電荷有 3 顆，負電荷有 6 顆，因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在近端帶負電，電性與帶電體相異。
教材分析	觀察導體中近端正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何。	觀察導體中近端正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何。
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

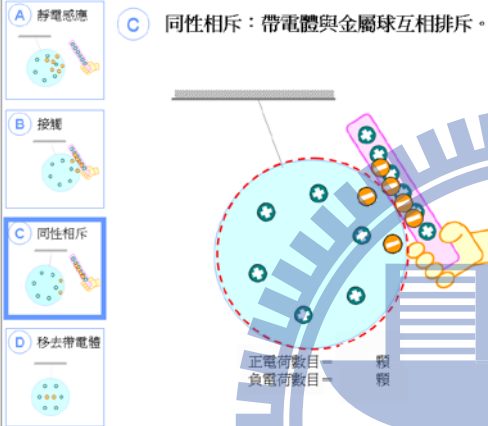
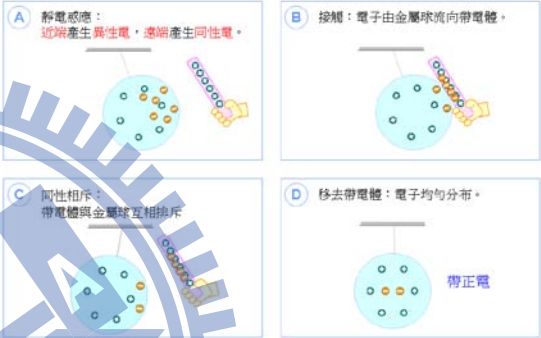
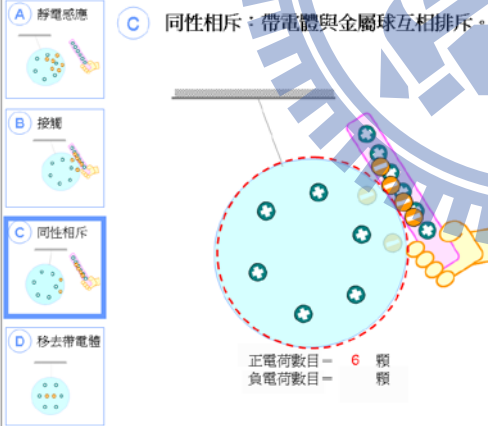
	投影片 5	
	實驗組	對照組
	<ol style="list-style-type: none"> 	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p>

	<p>2.</p>  <p>靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 3 顆</p> <p>3.</p>  <p>靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 0 顆</p> <p>4.</p>  <p>靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 0 顆</p>	
講述內容	<p>1. Q1：正電荷有幾顆？</p> <p>2. Q2：負電荷有幾顆？</p> <p>3. 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在遠端帶正電，電性與帶電體相同。</p>	<p>在圖 A 中導體的遠端，正電荷有 3 顆，負電荷有 0 顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在遠端帶正電，電性與帶電體相同。</p>
教材分析	<p>觀察導體遠端正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何</p>	<p>觀察導體遠端正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何</p>

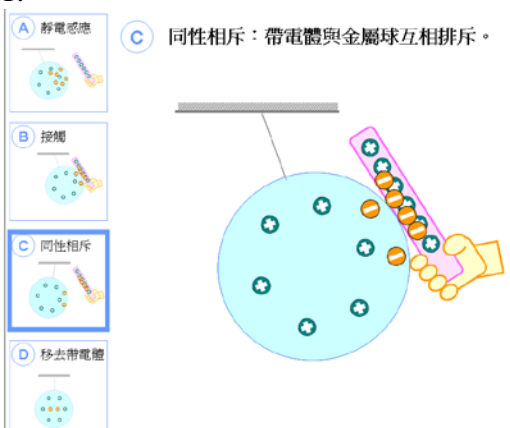
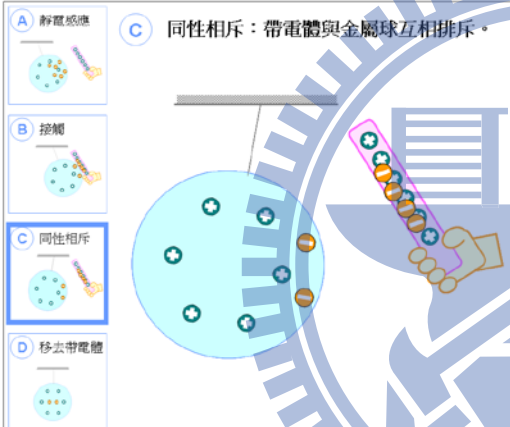
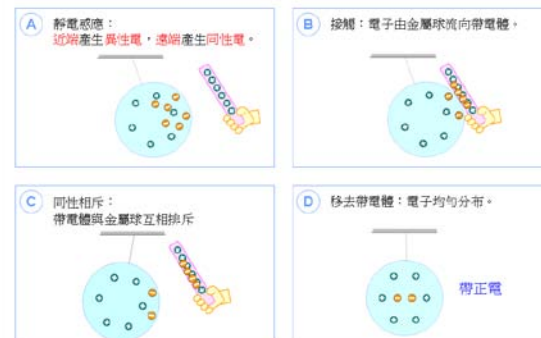
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則
---------	---	--------

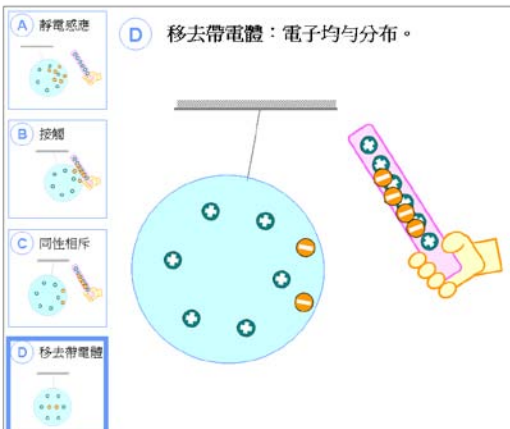
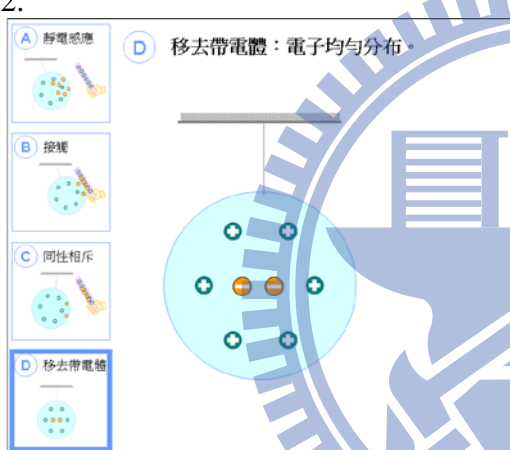
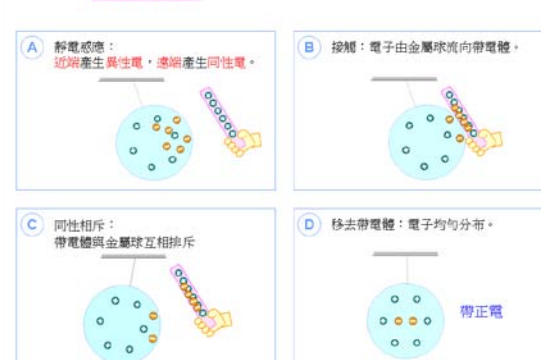
	投影片 6	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> 
講述內容	<p>1. Q：當把帶正電體接觸金屬球後，此時你看到金屬球中的電子如何運動呢？</p> <p>2. 金屬球的電子會轉流向帶正電體。</p>	<p>在圖 B 中，當把帶正電體接觸金屬球後，此時金屬球中的電子會轉流向帶正電體。</p>
教材分析	觀察帶正電體與導體接觸後電子的移動狀況	觀察帶正電體與導體接觸後電子的移動狀況

多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則
---------	---	--------

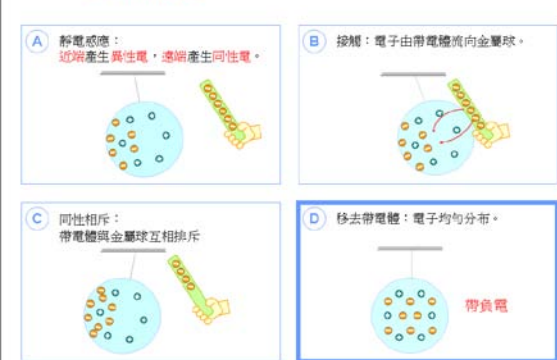
投影片 7		
	實驗組	對照組
1.		<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> 
2.		
3.		

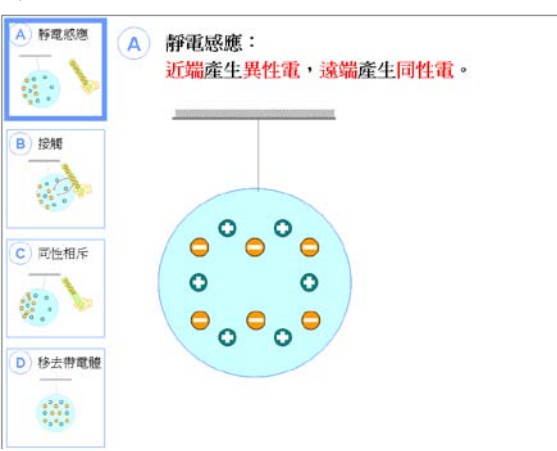
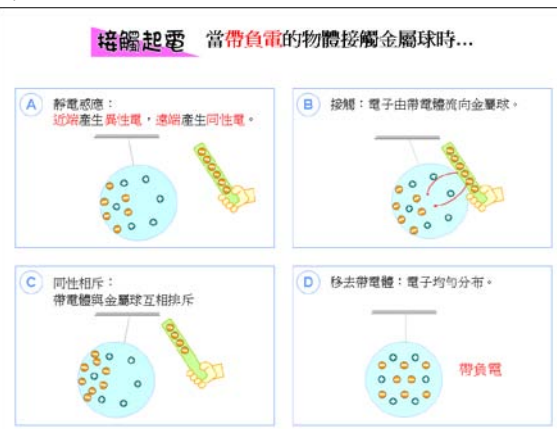
	 <p>4.</p>	
講述內容	<p>1. Q1：此時讓我們看看金屬球上正負電荷誰多誰少？正電荷有幾顆？再來看負電荷有幾顆？</p> <p>2. Q2：那你覺得此時金屬球帶何種電性？</p>	<p>金屬球上正電荷有 6 顆，負電荷有 2 顆，此時金屬球帶正電</p>
教材分析	判斷[導體所帶電性為何	判斷[導體所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 8	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> 
講述內容	Q：我們的帶電體是帶正電，所以此時兩者會繼續互相吸引還是轉為互相排斥啊？	帶電體是帶正電，所以此時兩者會繼續互相排斥
教材分析	同性相斥	同性相斥
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 9	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>接觸起電 當帶正電的物體接觸金屬球時...</p> 
講述內容	<p>1. Q：再把帶正電體移開。當我們移去帶電體之後，你看到什麼？</p> <p>2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。</p> <p>3. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>	<p>當我們移去帶電體之後，金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>
教材分析	觀察移去帶正電體之後，導體的變化與其中電子的分布情形	觀察移去帶正電體之後，導體的變化與其中電子的分布情形
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 10	
	實驗組	對照組
	<div>1.</div> <div><p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p><div><div><p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p></div><div><p>B 接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p></div><div><p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p></div><div><p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p></div></div></div> <div>2.</div> <div><p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p><div><div><p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p></div><div><p>B 接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p></div><div><p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p></div><div><p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p></div></div></div> <div>3.</div> <div><p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p><div><div><p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p></div><div><p>B 接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p></div><div><p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p></div><div><p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p></div></div></div> <div>4.</div>	<div>1.</div> <div><p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p><div><div><p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p></div><div><p>B 接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p></div><div><p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p></div><div><p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p></div></div></div>

	<p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p> 	
講述內容	反過來，讓我們用帶負電體接觸金屬球試試看	反過來，讓我們用帶負電體接觸金屬球試試看
教材分析	介紹接觸起電步驟	介紹接觸起電步驟
多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 信號原則	空間接近原則

	投影片 11	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> 	<p>1.</p> <p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p> 

	<p>2.</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. Q：當我們拿帶負電體靠近金屬球時，同學你看到什麼變化？ 2. 就如同先靜電感應的情形一樣，首先，會注意到金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。 3. 帶負電的電子因帶負電體的排斥而向左邊移動。 	<p>圖 A 中，當我們拿帶負電體靠近金屬球時，就如同先靜電感應的情形一樣，金屬球會被帶正電體吸引而微微靠近。帶負電的電子因帶負電體的排斥而向左邊移動。</p>
教材分析	觀察帶負電體接近導體後，對導體的影響以及導體中電子的分布變化	觀察帶負電體接近導體後，對導體的影響以及導體中電子的分布變化
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

投影片 12

實驗組

1.

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

B 接觸

C 同性相斥

D 移去帶電體

2.

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

B 接觸

C 同性相斥

D 移去帶電體

3.

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

B 接觸

C 同性相斥

D 移去帶電體

4.

對照組

1.

接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...

A 靜電感應：
近端產生異性電，遠端產生同性電。

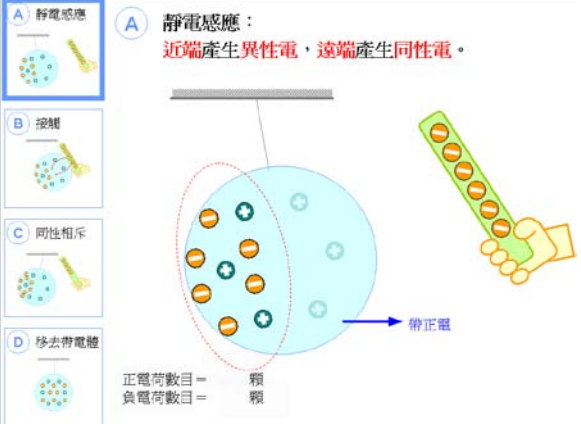
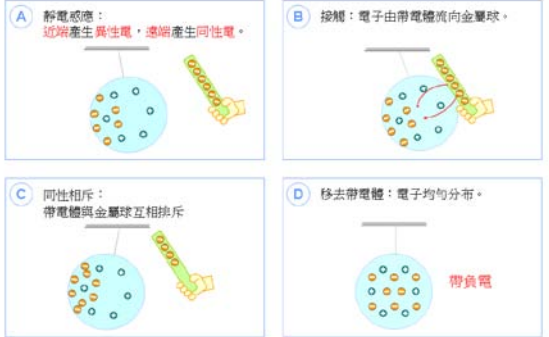
B 接觸：電子由帶電體流向金屬球。

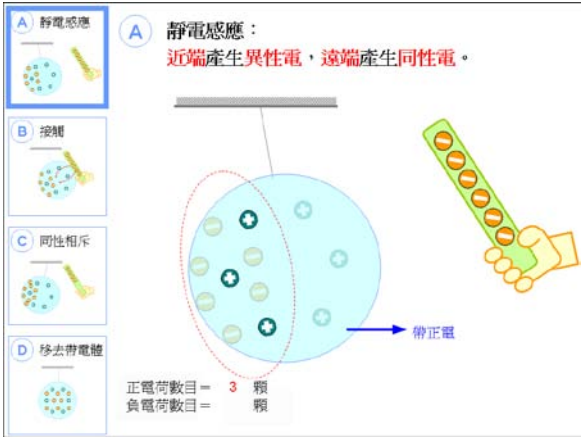
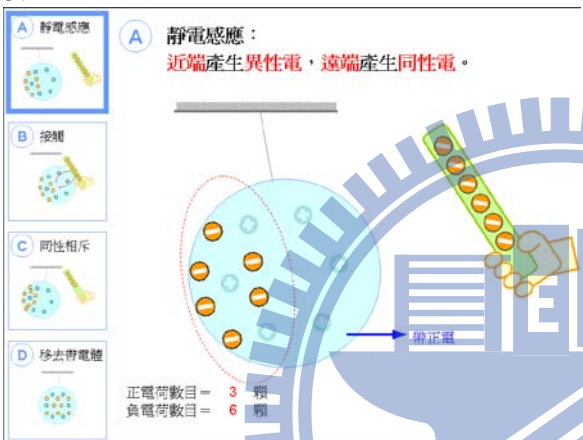
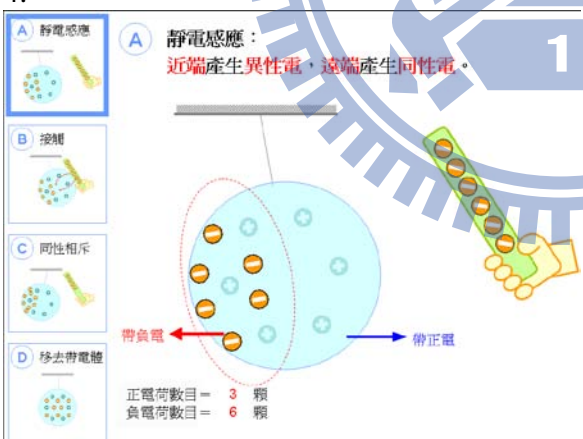
C 同性相斥：
帶電體與金屬球互相排斥

D 移去帶電體：電子均勻分布。

帶負電

	 <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 0 顆</p>	
講述內容	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 Q1：正電荷有幾顆？ Q2：負電荷有幾顆？ 因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相異。 	<ol style="list-style-type: none"> 讓我們來看看原本呈電中性的金屬球有何變化，先看靠近帶電體的這端。 正電荷有 3 顆，負電荷有 0 幾顆，因為正電荷數目多於負電荷數目，所以在近端帶正電，電性與帶電體相異。
教材分析	觀察導體中近端正負電荷數量的關係，並指出其所帶電性為何	觀察導體中近端正負電荷數量的關係，並指出其所帶電性為何
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 13	
	實驗組	對照組
1.	 <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>正電荷數目 = 3 顆 負電荷數目 = 0 顆</p>	<p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p>  <p>A 靜電感應： 近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>B 接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p> <p>C 同性相斥： 帶電體與金屬球互相排斥</p> <p>D 移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>帶負電</p>





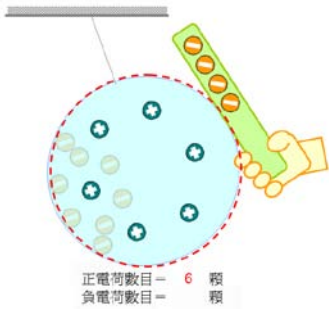
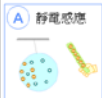
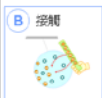
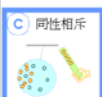

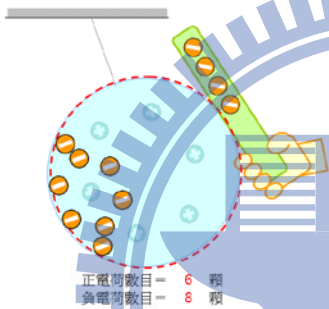
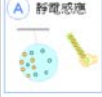

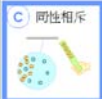

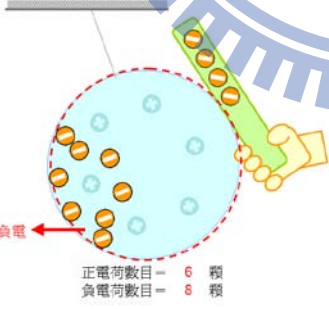
	<p>2.</p>  <p>3.</p>  <p>4.</p> 	
講述內容	<p>1. 再看導體中遠離帶電體的這端。</p> <p>2. Q：正電荷有幾顆？</p> <p>3. Q：負電荷有幾顆？</p> <p>4. 因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在遠端帶負電，電性與帶電體相同。</p>	<p>再看導體中遠離帶電體的這端。正電荷有 3 顆，負電荷有 5 顆，因為負電荷數目多於正電荷數目，所以在遠端帶負電，電性與帶電體相同。</p>
教材分	觀察導體遠端中正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何	觀察導體遠端中正負電荷的數量關係，並指出其所帶電性為何

析		
多 媒 體 教 學 原 則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

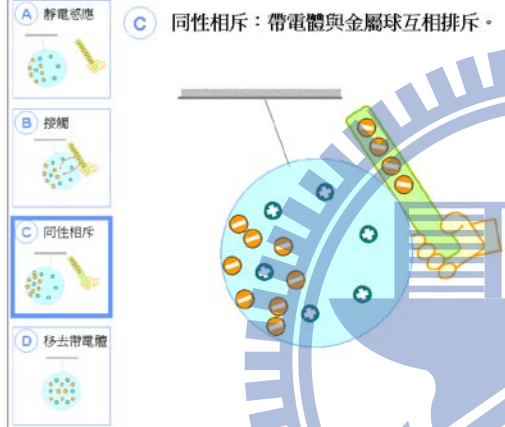
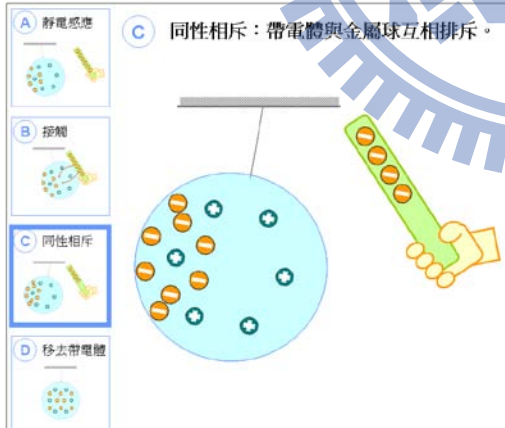
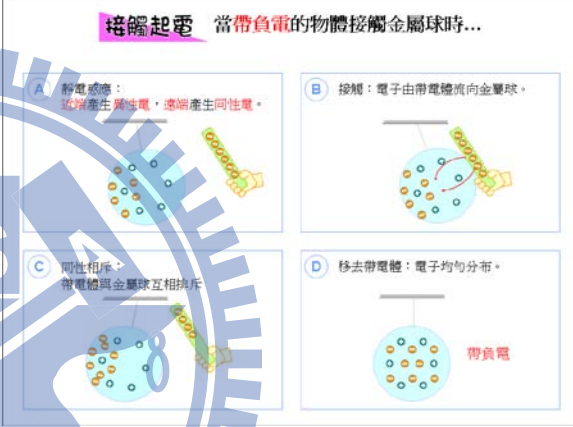
	投影片 14	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p> <p>2.</p> <p>3.</p>	<p>1.</p> <p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p>

	<p>靜電感應</p> <p>接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p> <p>接觸</p> <p>同性相斥</p> <p>移去帶電體</p>	
講述內容	<p>1. Q：當我們再把帶負電體向前移近直到接觸金屬球後，此時你看到金屬球中的電子如何運動呢？</p> <p>2. 帶負電體的電子會轉流向金屬球。</p>	當我們再把帶負電體向前移近直到接觸金屬球後，此時帶負電體的電子會轉流向金屬球。
教材分析	觀察帶負電體接觸導體後，電子的移動狀況	觀察帶負電體接觸導體後，電子的移動狀況
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

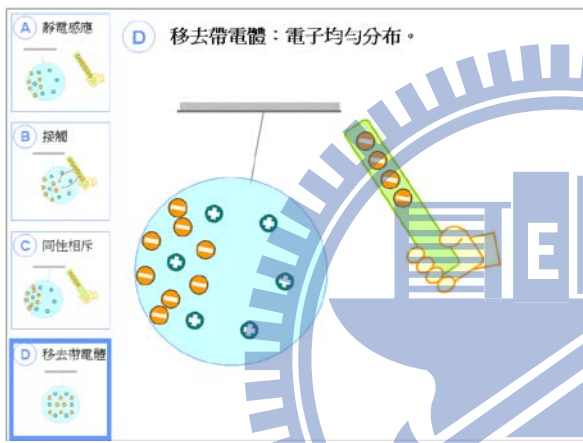
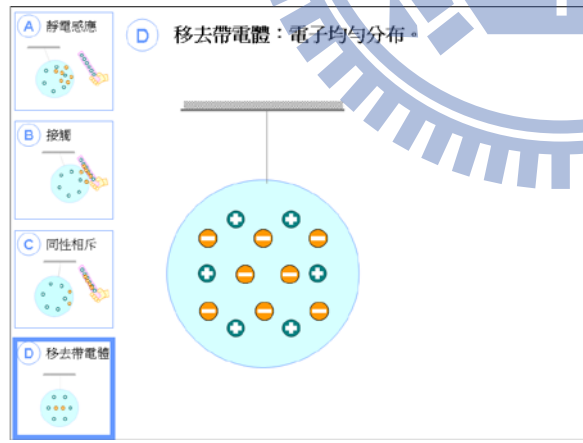
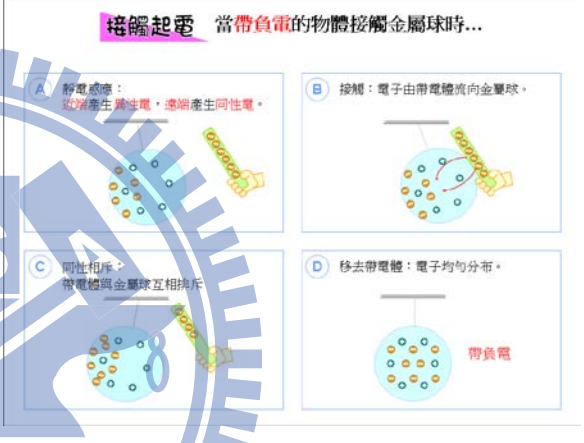

	投影片 15	
	實驗組	對照組
1.	<p>靜電感應</p> <p>同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p> <p>接觸</p> <p>同性相斥</p> <p>移去帶電體</p> <p>正電荷數目 = 顆 負電荷數目 = 顆</p>	<p>1.</p> <p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p> <p>靜電感應：近端產生異性電，遠端產生同性電。</p> <p>接觸：電子由帶電體流向金屬球。</p> <p>同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥</p> <p>移去帶電體：電子均勻分布。</p> <p>帶負電</p>

	<p>2.</p> <div><div><p>A 靜電感應</p></div><div><p>B 接觸</p></div><div><p>C 同性相斥</p></div><div><p>D 移去帶電體</p></div><div><p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p></div></div> <p>3.</p> <div><div><p>A 靜電感應</p></div><div><p>B 接觸</p></div><div><p>C 同性相斥</p></div><div><p>D 移去帶電體</p></div><div><p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p></div></div> <p>4.</p> <div><div><p>A 靜電感應</p></div><div><p>B 接觸</p></div><div><p>C 同性相斥</p></div><div><p>D 移去帶電體</p></div><div><p>C 同性相斥：帶電體與金屬球互相排斥。</p></div></div>	
講述內容	<p>1. 此時讓我們看看金屬球上正負電荷誰多誰少</p> <p>2. Q：正電荷有幾顆？</p> <p>3. Q：負電荷有幾顆？</p> <p>4. Q：那你覺得此時金屬球帶何種電性？</p>	<p>此時讓我們看看金屬球上正電荷有 6 顆，負電荷有 8 顆，金屬球帶負電</p>
教材分	<p>觀察導體中正負電荷數量的關係，並指出其所帶的電性為何</p>	<p>觀察導體中正負電荷數量的關係，並指出其所帶的電性為何</p>

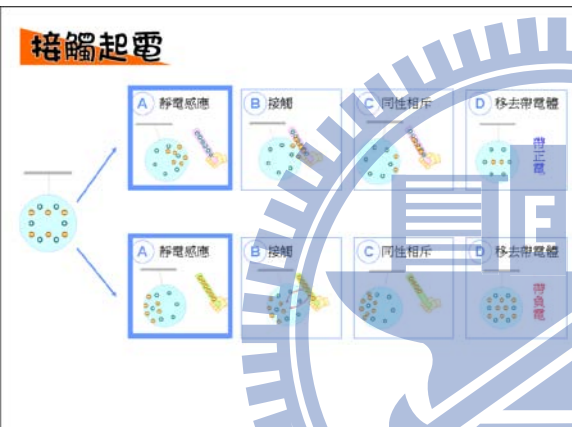


析		
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 16	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> <p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p> 
講述內容	Q: 我們的帶電體是帶負電，所以此時兩者會繼續互相吸引還是轉為互相排斥啊?	我們的帶電體是帶負電，所以此時兩者會互相排斥
教材分	同性相斥	同性相斥

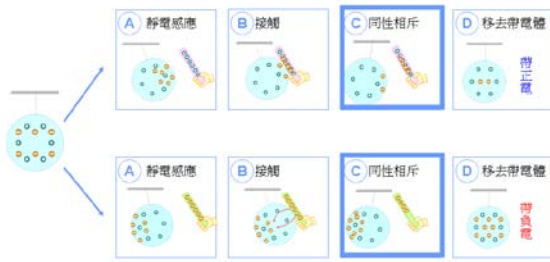
析		
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

	投影片 17	
	實驗組	對照組
	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>1.</p> <p>接觸起電 當帶負電的物體接觸金屬球時...</p>  <p>2.</p> 
講述內容	<p>1. Q：當我們移去帶電體之後，你看到什麼？</p> <p>2. 金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。</p> <p>3. 金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>	<p>當我們移去帶電體之後，金屬球少了帶電體的吸引而自然下垂。金屬球中的電子也因彼此互相排斥而均勻分布於金屬球中。</p>
教材	當移去帶負電體之後，觀察對導体的影響以及导体中電子的分布情形	當移去帶負電體之後，觀察對導体的影響以及导体中電子的分布情形

分析		
多媒體教學原則	分割原則 連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 多餘原則 信號原則 個人化原則	空間接近原則

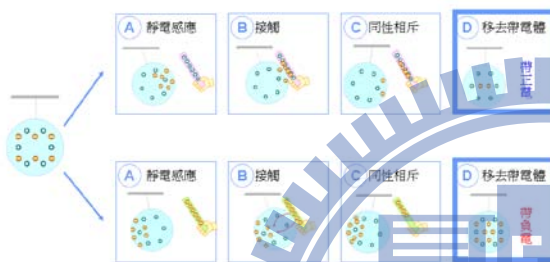
	投影片 18	
	實驗組	對照組
1.		 <p>利用導體與帶電體接觸使導體帶電的方式，稱為接觸起電。</p>
2.		
3.		

接觸起電



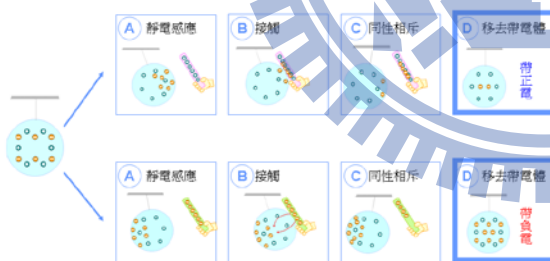
4.

接觸起電



5.

接觸起電



利用導體與帶電體接觸使導體帶電的方式，稱為接觸起電。

講述內容

1. 如此藉由帶電體直接接觸金屬球，以增加或減少金屬球中電子的數目來使金屬帶電的方式，稱為接觸起電。
2. 金屬藉由感應起電的方式帶電後，所帶電性會與帶電體恰好相同。

1. 如此藉由帶電體直接接觸金屬球，以增加或減少金屬球中電子的數目來使金屬帶電的方式，稱為接觸起電。
2. 金屬藉由感應起電的方式帶電後，所帶電性會與帶電體恰好相同。

教材分析

總結接觸起電

總結接觸起電

多媒體教學原則	連貫原則 空間接近原則 時間接近原則 信號原則	空間接近原則
---------	----------------------------------	--------

	投影片 19	
	實驗組	對照組
		
講述內容	讓我們實際用驗電瓶操作接觸起電，並觀察驗電瓶中兩鋁箔片的變化	讓我們實際用驗電瓶操作接觸應起電，並觀察驗電瓶中兩鋁箔片的變化
教材分析	透過實驗驗證原則	透過實驗驗證原則
多媒體教學原則	個人化原則	個人化原則

附錄五

親愛的同學你(妳)好：

這份測驗是用來瞭解你(妳)在學習「靜電」單元前，對於「靜電」概念的瞭解程度，請您放鬆心情，依據您的判斷回答問題，你的意見是非常有價值的，請不要留空白或是填錯唷！

國立交通大學

【你(妳)的基本資料】

班級： 座號： 姓名：

你(妳)是否參加理化課後補習課程 ：☐ 是 ☐ 否

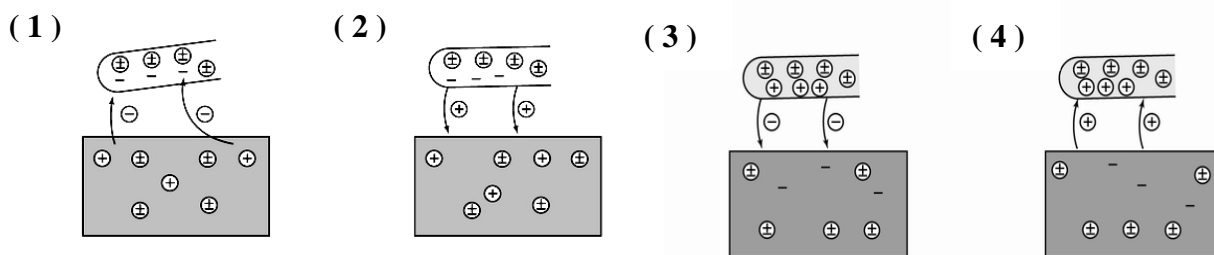
你(妳)是否已經學習過「靜電」單元：☐ 是 ☐ 否

靜電學習成就測驗

一、單一選擇題（共 15 題）

- 1、() 我們說某物體為電中性，是因為該物體內？
- (1) 不帶任何電荷
 - (2) 正電荷和負電荷一樣多
 - (3) 正電荷比負電荷多
 - (4) 正電荷比負電荷少。
- 2、() 關於導體的敘述，何者正確？
- (1) 導體內因為負電荷和比正電荷多，所以才可以導電。
 - (2) 導體內有正電荷和負電荷，正、負電荷均可自由移動。
 - (3) 導體內有正電荷和負電荷，僅有負電荷可以自由移動。
 - (4) 導體內僅有可以自由移動的負電荷。
- 3、() 關於絕緣體的敘述，何者正確？
- (1) 絕緣體內因為沒有任何負電荷，所以才無法導電。
 - (2) 絕緣體內有正電荷和負電荷，正、負電荷均無法自由移動。
 - (3) 絕緣體內有正電荷和負電荷，僅有負電荷可以自由移動。
 - (4) 絕緣體內有正電荷和負電荷，僅有正電荷可以自由移動。

4、() 有關絲絹摩擦玻璃棒的電荷移動情形，下列圖形何者才是正確的？

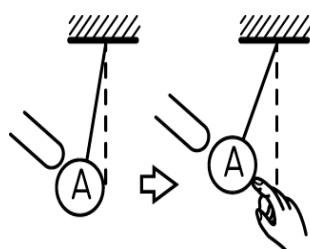


5、() 毛皮摩擦塑膠尺的過程，何者錯誤？

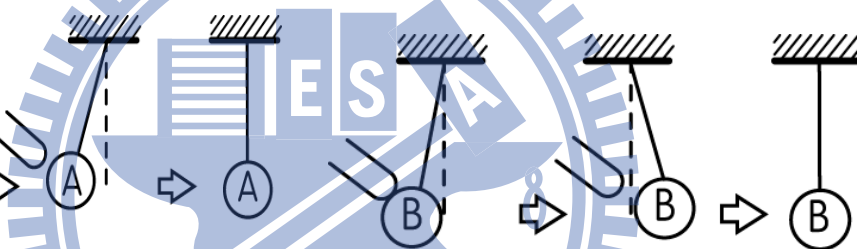
- (1) 摩擦的過程中，發生電子轉移的現象。
- (2) 摩擦的過程中，毛皮失去電子而塑膠尺獲得電子。
- (3) 摩擦的過程中，毛皮因為得到正電荷而帶正電。
- (4) 摩擦過後的毛皮帶正電、塑膠尺帶負電。

6、() 如圖(甲)、(乙)中的棒子都電性相同，金屬球原先都不帶電，最後這兩個金屬球的帶電情形會如何？

(甲)

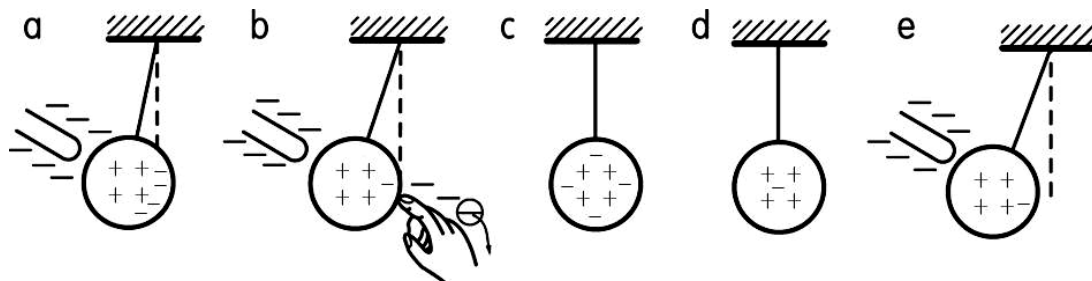


(乙)



- (1) 只有 A 帶電
- (2) 只有 B 帶電
- (3) A、B 帶同性電
- (4) A、B 都帶電，但帶異性電。

7、() 如圖為金屬球感應起電的實驗過程記錄，有關感應起電的先後順序，下列何者正確？



- (1) c→a→b→e→d
- (2) d→a→b→c→e
- (3) c→e→b→a→d
- (4) e→a→c→b→d。

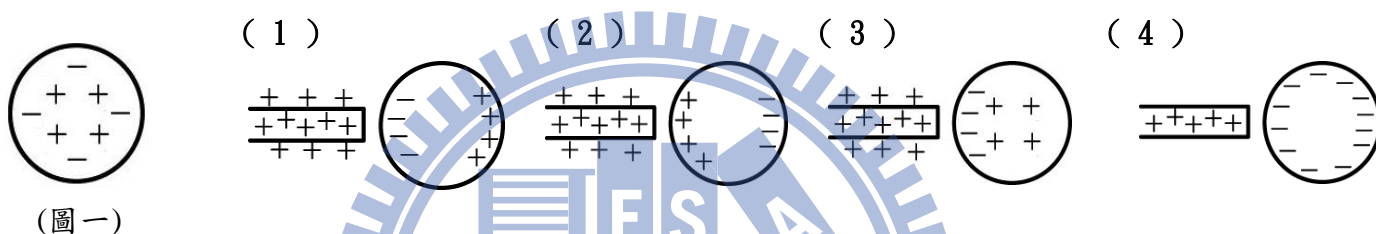
8、() 用一個帶正電的金屬棒，接觸一個呈電中性的小金屬球時，則有關兩者之間電荷轉移的情形為何？

- (1) 因為金屬棒的負電荷轉移到金屬球上，所以金屬球帶負電。
 (2) 因為金屬棒的正電荷轉移到金屬球上，所以金屬球帶正電。
 (3) 因為金屬球的負電荷轉移到金屬棒上，所以金屬球帶正電。
 (4) 因為金屬球的正電荷轉移到上金屬棒，所以金屬球帶負電。

9、() 一不帶電的導體置於一帶正電物體附近，受靜電感應而使部分正負電荷分離分布導體兩端，若將帶電體移開，則此導體的帶電情形為何？

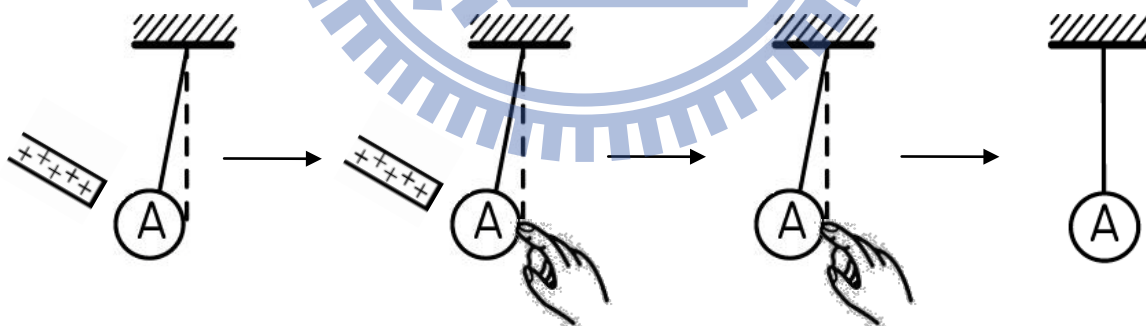
- (1) 電中性 (2) 負電 (3) 正電 (4) 無法判斷所帶之電荷電性。

10、() 帶正電的物體接近不帶電的金屬球(如下圖一)時，會發生靜電感應，下列何者為金屬球上感應電荷的合理分布圖？

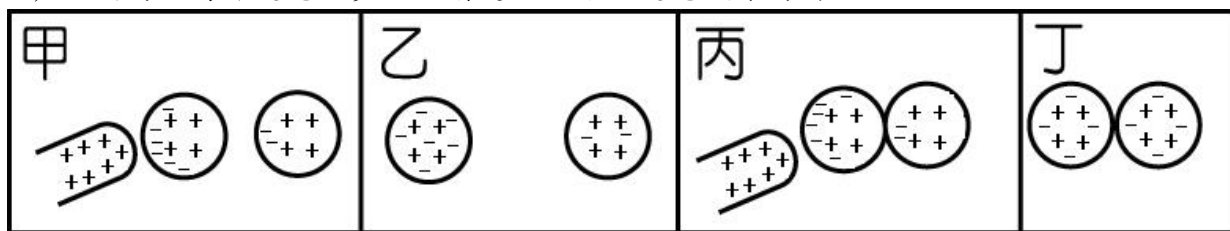


11、() 如圖中的棒子帶正電，金屬球 1 原先不帶電，請問最後這金屬球 1 的帶電情形會如何？


- (1) 電中性 (2) 負電 (3) 正電 (4) 無法判斷所帶之電荷電性。



12、() 如圖為金屬球起電的步驟，請選出正確的起電順序為何？



- (1) 丁→甲→丙→乙 (2) 丁→丙→乙→甲 (3) 丁→丙→甲→乙 (4) 丁→乙→甲→丙。

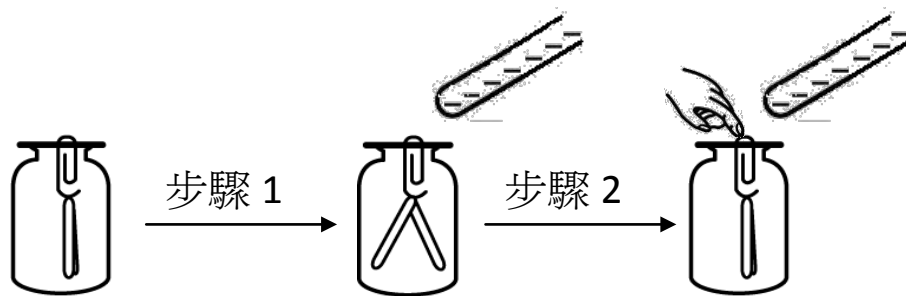
- 13、() 假設有一個未帶電的金屬球，被棉線懸吊著，下列哪一種方法，無法使金屬球帶電呢？
- (1) 以帶電的金屬球去碰它
 - (2) 以帶電的物體靠近它，但不接觸
 - (3) 以帶電的物體靠近它(不離開)，再以手碰觸金屬球
 - (4) 以帶電的物體接觸金屬球。
- 14、() 使原本不帶電的物體變成帶電的方法，下列敘述何者正確？
- (1) 接觸起電適用於絕緣體
 - (2) 摩擦起電適用於導體
 - (3) 感應起電適用於絕緣體
 - (4) 感應起電和接觸起電這兩種方法均用於導體。
- 15、() 右圖為兩相同塑膠材質的塑膠繩（將繩子一端打結，另一端撕成許多小細絲）與塑膠管，分別將兩者用同一毛皮摩擦後再彼此靠近會有何現象？
- (1) 塑膠繩因排斥而懸浮
 - (2) 互相吸引
 - (3) 塑膠繩會因地心引力而直接掉落
 - (4) 塑膠繩與塑膠管會先吸引後排斥。
- 

二、題組

16.關於驗電器實驗中有下述步驟：

步驟 1：以帶負電的棒子移近驗電器的上端之迴紋針頭，發現驗電器之鋁箔會張開。

步驟 2：在不將帶負電的棒子移開前，用手去觸碰驗電器的上端之迴紋針頭，發現鋁箔會向下閉垂。



請寫出鋁箔張開與垂閉的原因為何：

我認為步驟 1 鋁箔會張開的原因是_____

我認為步驟 2 鋁箔會垂閉的原因是_____

附錄六

親愛的同學你(妳)好：

這份測驗是用來瞭解你(妳)在學習「摩擦起電」、「靜電感應」概念後，對於「摩擦起電」、「靜電感應」概念的瞭解程度，請您放鬆心情，依據您的判斷回答問題，你的意見是非常有價值的，請不要留空白或是填錯唷！

國立交通大學

【你(妳)的基本資料】

班級：

座號：

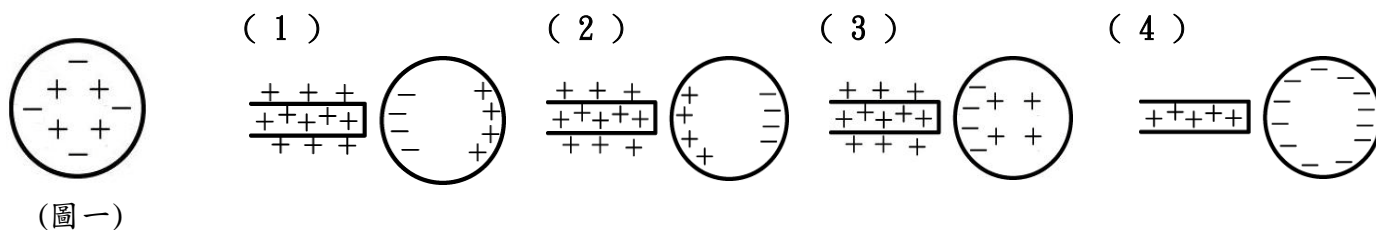
姓名：

靜電學習成就測驗(1)

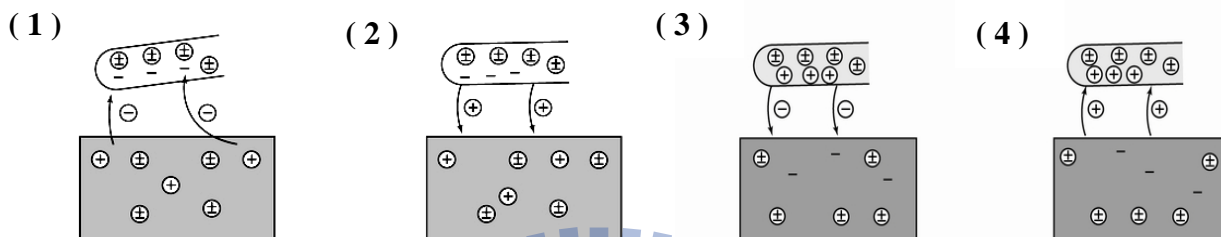
一、單一選擇題（共8題）

- 1、() 我們說某物體為電中性，是因為該物體內？
- (1) 不帶任何電荷
 - (2) 正電荷和負電荷一樣多
 - (3) 正電荷比負電荷多
 - (4) 正電荷比負電荷少。
- 2、() 關於導體的敘述，何者正確？
- (1) 導體內因為負電荷和比正電荷多，所以才導電。
 - (2) 導體內有正電荷和負電荷，正、負電荷均可自由移動。
 - (3) 導體內有正電荷和負電荷，僅有負電荷可以自由移動。
 - (4) 導體內僅有可以自由移動的負電荷。
- 3、() 關於絕緣體的敘述，何者正確？
- (1) 絕緣體內因為沒有任何負電荷，所以才無法導電。
 - (2) 絕緣體內有正電荷和負電荷，正、負電荷均無法自由移動。
 - (3) 絕緣體內有正電荷和負電荷，僅有負電荷可以自由移動。
 - (4) 絕緣體內有正電荷和負電荷，僅有正電荷可以自由移動。
- 4、() 一不帶電的導體置於一帶正電物體附近，受靜電感應而使部分正負電荷分離分布導體兩端，若將帶電體移開，則此導體的帶電情形為何？
- (1) 電中性
 - (2) 負電
 - (3) 正電
 - (4) 無法判斷所帶之電荷電性。

5、() 帶正電的物體接近不帶電的金屬球(如下圖一)時，會發生靜電感應，下列何者為金屬球上感應電荷的合理分布圖？



6、() 有關絲絹摩擦玻璃棒的電荷移動情形，下列圖形何者才是正確的？

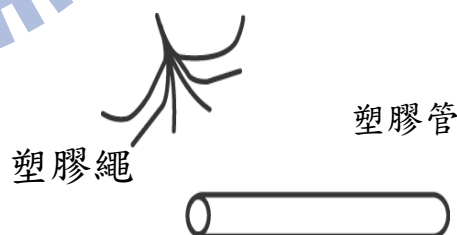


7、() 毛皮摩擦塑膠尺的過程，何者錯誤？

- (1) 摩擦的過程中，發生電子轉移的現象。
- (2) 摩擦的過程中，毛皮失去電子而塑膠尺獲得電子。
- (3) 摩擦的過程中，毛皮因為得到正電荷而帶正電。
- (4) 摩擦過後的毛皮帶正電、塑膠尺帶負電。

8、() 右圖為兩相同塑膠材質的塑膠繩(將繩子一端打結，另一端撕成許多小細絲)與塑膠管，分別將兩者用同一毛皮摩擦後再彼此靠近會有何現象？

- (1) 塑膠繩因排斥而懸浮
- (2) 互相吸引
- (3) 塑膠繩會因地心引力而直接掉落
- (4) 塑膠繩與塑膠管會先吸引後排斥。



附錄七

親愛的同學你(妳)好：

這份測驗是用來瞭解你(妳)在學習「感應起電」、「接觸起電」概念後，對於「感應起電」、「接觸起電」概念的瞭解程度，請您放鬆心情，依據您的判斷回答問題，你的意見是非常有價值的，請不要留空白或是填錯唷！

國立交通大學

【你(妳)的基本資料】

班級：

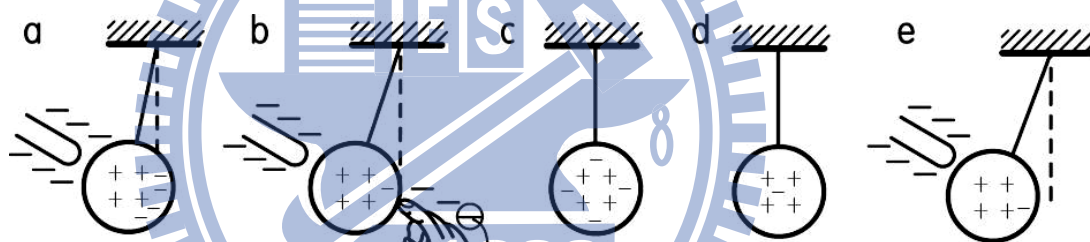
座號：

姓名：

靜電學習成就測驗(2)

一、單一選擇題（共 8 題）

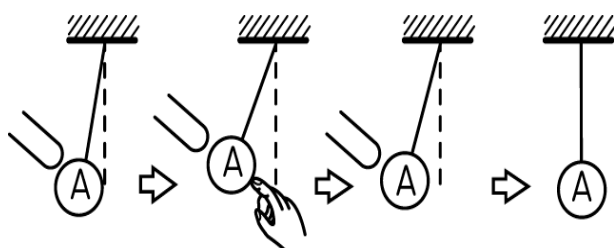
1、() 如圖為金屬球感應起電的實驗過程記錄，有關感應起電的先後順序，下列何者正確？



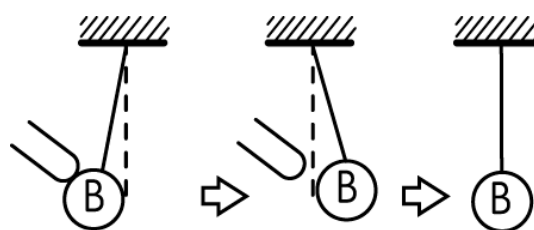
- (1) $c \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow d$
- (2) $d \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow e$
- (3) $c \rightarrow e \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow d$
- (4) $e \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow d$ 。

2、() 如圖(甲)、(乙)中的棒子都電性相同，金屬球原先都不帶電，最後這兩個金屬球的帶電情形會如何？

(甲)



(乙)



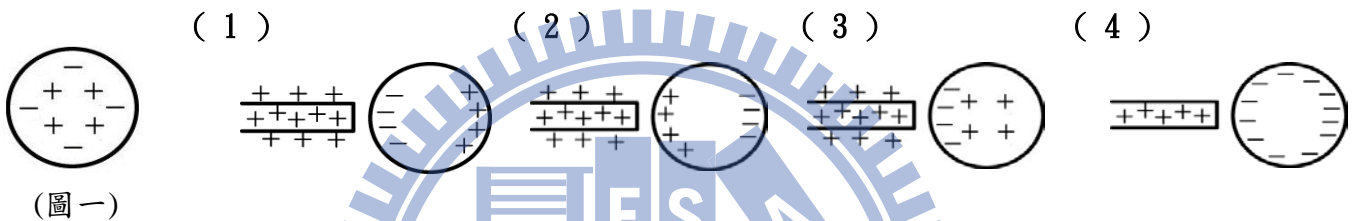
- (1) 只有 A 帶電

- (2) 只有 B 帶電
 (3) A、B 帶同性電
 (4) A、B 都帶電，但帶異性電。

3、() 用一個帶正電的金屬棒，接觸一個呈電中性的小金屬球時，則有關兩者之間電荷轉移的情形為何？

- (1) 因為金屬棒的負電荷轉移到金屬球上，所以金屬球帶負電。
 (2) 因為金屬棒的正電荷轉移到金屬球上，所以金屬球帶正電。
 (3) 因為金屬球的負電荷轉移到金屬棒上，所以金屬球帶正電。
 (4) 因為金屬球的正電荷轉移到上金屬棒，所以金屬球帶負電。

4、() 帶正電的物體接近不帶電的金屬球(如下圖一)時，會發生靜電感應，下列何者為金屬球上感應電荷的合理分布圖？

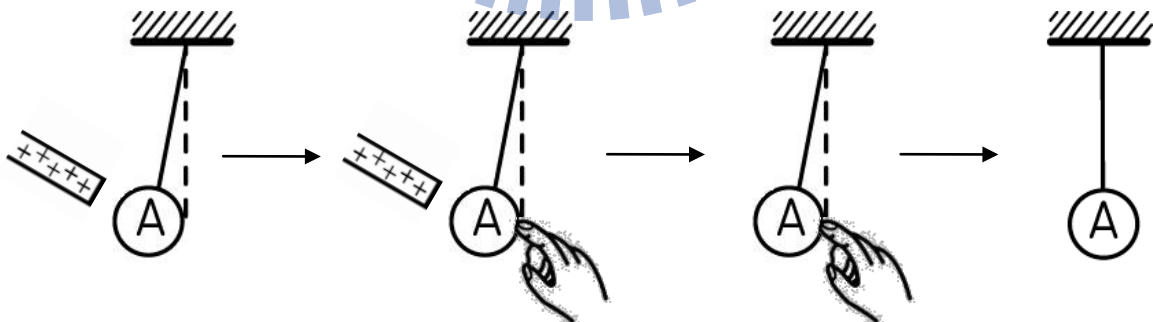


5、() 一不帶電的導體置於一帶正電物體附近，受靜電感應而使部分正負電荷分離分布導體兩端，若將帶電體移開，則此導體的帶電情形為何？

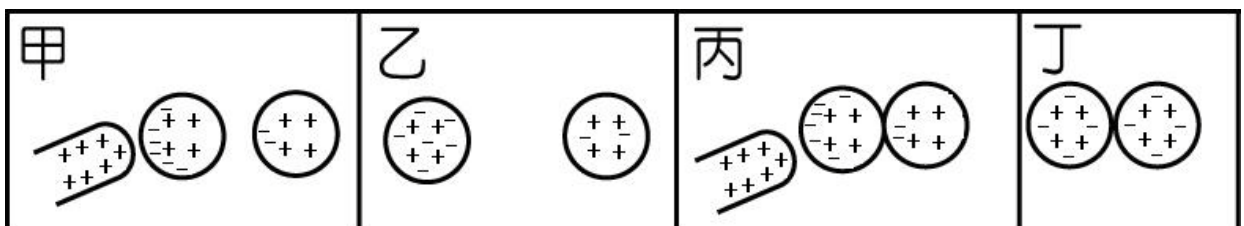
- (1) 電中性 (2) 負電 (3) 正電 (4) 無法判斷所帶之電荷電性。

6、() 如圖中的棒子帶正電，金屬球 1 原先不帶電，請問最後這金屬球 1 的帶電情形會如何？

- (1) 電中性 (2) 負電 (3) 正電 (4) 無法判斷所帶之電荷電性。



7、() 如圖為金屬球起電的步驟，請選出正確的起電順序為何？



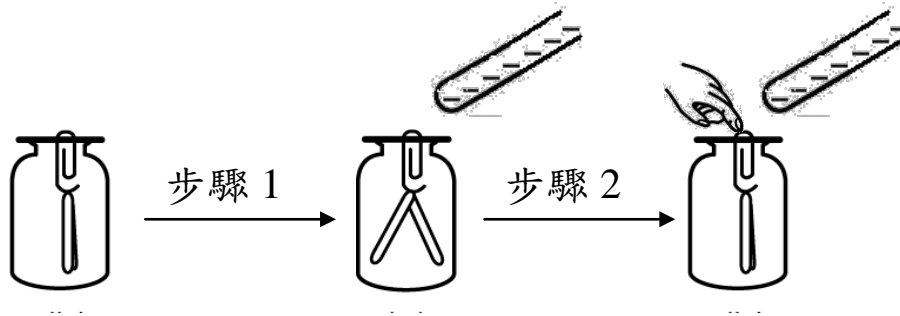
- (1) 丁→甲→丙→乙 (2) 丁→丙→乙→甲 (3) 丁→丙→甲→乙 (4) 丁→乙→甲→丙。

二、題組

8、關於驗電器實驗中有下述步驟：

步驟 1：以帶負電的棒子移近驗電器的上端之迴紋針頭，發現驗電器之鋁箔會張開。

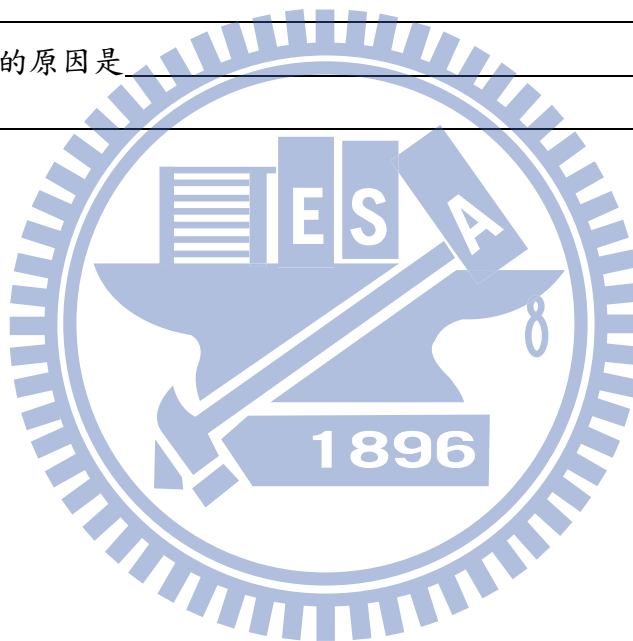
步驟 2：在不將帶負電的棒子移開前，用手去觸碰驗電器的上端之迴紋針頭，發現鋁箔會向下閉垂。



請寫出鋁箔張開與垂閉的原因為何：

我認為步驟 1 鋁箔會張開的原因是_____

我認為步驟 2 鋁箔會垂閉的原因是_____



附錄八

親愛的同學你(妳)好：

請你(妳)根據剛才上完課程內容後，回想一下剛才的學習過程，回答以下的問題。請在下表右方的選項中，選出你(妳)真實的感受，並在右方選項作圈選。請份問卷作答內容不會公開，請放心回答。

【你(妳)的基本資料】

填寫日期： 月 日

班級：

座號：

姓名：

認知負荷量表

題 號	問 卷 內 容	非常 不同意	不 同意	有 點 不 同意	無 法 判 斷	有 點 同 意	同 意	非常 同 意
1	我覺得此份教材在學習上是困難的。	1	2	3	4	5	6	7
2	我覺得花了很多的心力才能瞭解這堂課的內容。	1	2	3	4	5	6	7

課程使用問卷

題 號	問 卷 內 容	非常 不同意	不 同意	有 點 不 同意	無 法 判 斷	有 點 同 意	同 意	非常 同 意
1	今天課程的教學方式會加深我對課程的印象。	1	2	3	4	5	6	7
2	我覺得今天課程的教學方式簡單易懂。	1	2	3	4	5	6	7
3	我對於今天的課程無法了解。	1	2	3	4	5	6	7
4	我覺得今天的課程呈現很適當。	1	2	3	4	5	6	7
5	我沒辦法適應這樣的上課方式，我比較喜歡老師用黑板講解理化概念。	1	2	3	4	5	6	7
6	我喜歡今天的課程設計方式，並且希望以後都能盡量採取這樣的上課方式。	1	2	3	4	5	6	7
7	我覺得今天課程的設計是多此一舉，浪費時間。	1	2	3	4	5	6	7
8	我覺得今天的課程設計，和以往上理化課的方式很不同。	1	2	3	4	5	6	7