

國立臺灣師範大學理學院科學教育研究所碩士論文

Graduate Institute of Science Education

College of Science


National Taiwan Normal University

Master's Thesis

動畫的使用方式如何影響高二學生的化學學習

—以電化學單元為例

The Impact of Different Ways to Use Visualization on
High School Students' Learning in Electrochemistry.

The logo of National Taiwan Normal University is a circular emblem with a stylized design. In the center, the Chinese characters '師大' (Shi Da) are written vertically. Below the emblem, the author's name '林佳穎' (Lin Chia-Yin) is printed in Chinese characters.

林佳穎

Chia-Yin Lin

指導教授：吳心楷 博士

Advisor: Professor Hsin-Kai Wu

中華民國 109 年 1 月

January, 2020

謝辭

就讀科教所是從 104 學年度開始，中間休學一年，至今也讀了快四個年頭，感觸甚深。在科教所的期間，真的豐富了我很多關於教師之路的知識及能力，就在此感謝在科教所中一路給予我學習經驗以及陪伴我成長的人。

首先，有這本論文的產生，感謝從題目發想一路指導我的吳心楷老師，先前上過心楷老師關於科技融入教學的課程，感受到老師的嚴謹以及老師在研究領域上專業的態度，除了令我崇拜之外，也期望在老師的指導之下進行在科學教育領域的磨練，因此選擇了吳心楷老師。過程中，雖然偶爾蠻害怕令老師失望，但也因此更加鞭策自己，至少希望經過老師指導後，自己的論文能夠有較佳的品質，也算是在這些年，自己一個努力的成果，不愧對自己與老師，也謝謝老師在路上聽我分享一些關於兼課的事，給予我鼓勵。再來想感謝的是邱美虹老師，覺得受益良多的是老師開的科學學習心理學的課程，真的令我難忘。在課堂當中，了解關於在科學教育領域上重要的研究，理解與學習整理文獻，給予我很多對於科學教育的熱情，了解關於概念衝突、建模以及不同的教學方式對於學生的影響，再加上邱老師的博學多聞及在課堂當中分享的經驗，真是令我收穫滿滿，也曾參與與幫忙邱老師與科技部或其他教育單位辦理的活動，都更令我增廣見聞，看見邱老師在化學教育投入的心力，給予我更多的動力投入於未來的教師路上。在科教所的期間，雖然沒有修過所有老師的課，但以能身在其中而感到幸福，每位老師都有各自的專業，謝謝親切的顏妙璇老師當時在課程當中給予我鼓勵與建議，也謝謝張俊彥老師，在我研究上所需的平板工具給予支持，在科教所能遇見這些老師、上過他們的課，真的與有榮焉。

再來感謝在科教所的老同學們，與他們實際相處的時間其實算來僅有進科教所的第一年，但是可以感受到大家在自己領域的企圖心，以及都有份投注教育的熱忱在，與大家一起努力的那一年，也算是在科教所期間很快樂的時刻，雖然與同學們畢業的期限有所落差，但是看到同學們已在自己的崗位及領域上發光發熱，更促使我要更加努力達成自己的目標。謝謝好安，難得遇見的活力好夥伴，除了心靈相通之外還陪我上山下海？謝謝宜諺，是我搭訕成功的第一位科教所同學

^_< 謝謝你願意與我一同切磋學習然後一起耍廢，一起瞎聊一起度過科教所時光，也謝謝陪我度過可怕的美虹時光？謝謝郁璇、Max、靖晟、政修，一路的好同學們，還有同門師妹關岑樺，希望我們都能一起為教育有所貢獻；也謝謝協助我完成論文的學長，簡頌沛、李韋賢，給予我諸多建議及鼓勵。

當然最重要的總是放在後面講，就是我這生當中難能可貴的BFF，我最好的朋友們，#周陳許林曾，玟婷、珈瑋、庭瑀以及維雨，一路上對於我「老師」身份的支持，聽我述說學生的事、伴我度過還沒成氣候的這幾年，一起玩樂一起大笑一起厭世（我沒有）；還有#當我們一起走過十年的小菜慧宜、欣樺、佩瑾、大妹子穎，從學生時代一起走過且不可或缺的重要人物，給予我心靈上的支持與祝福；以及遠在台東工作的詠安，在忙碌之餘還偶爾捎來一份溫暖的問候，讓我知道她還是記得我，也在我半工半讀的期間，讓我能去小安比樂偷閒放鬆，暫時忘卻煩惱，享受台東的綠生活。我朋友真的不多，但幸好最重要的你們一直都在，真的一言難盡，只覺得很幸運，一路有你們對我的期望，才能繼續支持我在教師路上的堅持。

還有最重要的家人，沒有家人就沒有我，謝謝爸爸媽媽給予我的資源，讓我選擇我想走的路，不論是要完成學業，還是工作。雖然這段時間有點長，但是爸爸媽媽還是我最重要的後盾，更讓我想努力達成目標，不辜負家人的期望，謝謝爸爸媽媽讓我過著衣食無虞的日子，以及我最愛的弟弟，包容我的任性和脾氣，最親愛的爺爺，偉大地為家裡的付出，如此疼愛我們，讓我們從小到大都無憂無慮，沒有爺爺也沒有我們現在的成就，從小最照顧我最愛我的阿嬤，只希望爺爺奶奶能一直身體健康，陪我度過未來人生重要的階段。

最後最後，我的學生們。在就讀科教所的四年當中，其中除了在知識層面中的收穫之外，就是自己兼課所得的實務經驗了，在這段其間，一共待了三間學校，每間學校為我帶來的經驗都是難以忘懷且深刻，畢竟我還是教育領域的生手。我非常感謝在這三間學校，學生給予我的回饋，以及讓我學習到的事，雖然不全面是正向的，但是都給予我在教師之路的養分，從#我的第一屆高三生，不同的班級，讓我看見教學的現況，學生的處境以及我該面對的現實，給了我很大的學習課題；而隨著到了第二間，第三間學校，值得開心的是，在我的教學及課程上有了一些不同的轉變及進步，讓我更有自信地面對教師這份工作。當然，中途還是

免不了內心的一個聲音「我真的適合當老師嗎？」，不論是在哪間學校，偶爾都還是有想逃避的念頭，很想放棄，但是，一看到學生發光的眼神（是發光嗎？），還有終於學起來你反覆不停講的概念，有多神奇的是，什麼挫折什麼不想當老師的念頭，又會被拋在腦後，只想好好地做好「老師」這份工作，甚至有時我沒看成是工作，只是想帶給學生一些什麼，不論是化學知識或是正向的影響，只是想享受在教學的當下，我真的覺得，教師就是我的天賦職業了。謝謝我所教過的學生給予我的養分，其實我不知道在我成為正式教師的路上還會面臨什麼挑戰，或許我又有放棄的念頭，但我確定的是，我會不斷不斷被某一群學生又再重新燃起熱情，藉著這本論文的產生，希望自己永遠記得這份教學動力及初衷。最後附上總是在我心上，給予我動力，或許也能給其他人動力的幾句話，共勉之。

- Once you know which is the right path, how long it takes doesn't quite matter.
- When you feel like giving up, remember why you held on for so long in the first place.

更感謝一路堅持到現在的自己，願我繼續成長茁壯，往後在看這篇謝辭的同時，想到有這麼多人對我的期望，警惕自己，帶著知足感恩的心，繼續踏上人生的旅途，漫長且有意義。#我的教師路 #不是科教所太難讀，是我捨不得離開。

撰於 2019 年 11 月 27 日 林佳穎



摘要

本研究以中學所提到的電化學概念為例，欲探討不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫(Visualization)」（稱為 V 組），讓學生在「觀看動畫後畫圖(Drawing)」（稱為 VD 組），以及讓學生在「觀看動畫後製作動畫(Animation)」（稱為 VA 組），對於學生的學習成效及科學學習動機有何影響。本研究以一所市立高中，一類組的高二學生為研究對象，共三個班級，109 人，課程模式採用 VGEM（Visualize, Generate, Evaluate, Modify，觀看、產出、評析、修正四個階段），僅其中的 V 組無產出的階段，但三組教學時間一致。研究工具包含量化的概念診斷測驗、科學學習動機量表，進行前、後測及延宕測驗；質性資料來自焦點學生在課程中的對話錄音以及 VD 組、VA 組學生的成品。研究結果顯示，V 組、VD 組、VA 組之間在電化學概念上並無顯著差異，但是僅觀看動畫的 V 組，較無法提升關於電荷平衡的概念，而 VA 組對於微觀層次和多層次概念的記憶滯留是有顯著的效果，且透過製作動畫能夠有效地減少學生的另有概念；除此之外，VD 組、VA 組因產出方式的不同，在過程中也有很大的差異，VA 組比 VD 組有更高的比例是與化學概念相關的對話，且能夠應用更多的先備知識，雖然三組之間在科學學習動機上並無顯著差異，但是讓學生經過畫圖或是製作動畫的產出方式，經過組內前後測的比較，結果顯示有助提升其學習動機。

關鍵詞：多媒體、化學學習、電化學、動畫、畫圖、製作動畫、科學學習動機



Abstract

This study aims to explore how different ways of using visualizations influence students' conceptual understanding and learning motivation in electrochemical concepts. 109 eleventh graders from three classes in a municipal high school were assigned to three groups: “visualization only” (V group), “drawing after watching the visualization” (VD group), and “creating animation after watching the visualization” (VA group). The instruction sequence used for the three groups followed a VGEM model (Visualize, Generate, Evaluate and Modify), except V group which did not have the “Generate” stage. All groups spent the same amount of time learning the concepts. In this mixed-methods study, multiple sources of data were collected including pre-, post-, and delayed-tests of students' conceptual understanding, pre-, post-questionnaires of students' motivation toward science learning, video recordings of focus students' classroom conversations, and drawings and animations created by the VD and VA groups.

The research results showed no significant differences in the total scores of the concept tests between the three groups. However, the item analysis revealed that V group improved less on the concepts of charge balance while VA group showed a significant effect on the memory retention of the concepts at the microscopic level and across multiple levels. The results also suggested that creating animations could effectively reduce students' alternative conceptions. Additionally, VA and VD groups demonstrated different patterns in their conversations due to the different visualizations they created. VA group had a higher proportion of dialogues related to chemical concepts and applied more prior knowledge than VD group. Although no significant difference was found in the science learning motivation between the three groups, the paired sample t-tests within the groups showed significant increases in motivation in VA and VD groups. This suggested that drawing figures or making animations enhance students' motivation.

Keywords: multimedia learning, chemistry learning, electrochemistry, chemistry education, visualization, drawing, student-generated animation, motivation



目次

謝辭	I
摘要	V
ABSTRACT	VII
目次	IX
表次	XI
圖次	XIII
第壹章 緒論	1
第一節 研究動機與背景	1
第二節 研究目的與問題	3
第三節 名詞釋義	4
第四節 研究範圍與限制	5
第貳章 文獻探討	7
第一節 學生在電化學概念的學習	7
第二節 使用多媒體工具對於學習化學的幫助	14
第三節 學生建構表徵輔助動畫學習的影響	21
第參章 研究方法	29
第一節 研究設計	29
第二節 研究對象與研究流程	32
第三節 教學與教材設計	34
第四節 資料搜集	39
第五節 資料處理與分析	44
第肆章 研究結果與發現	55
第一節 學習成效的異同	55
第二節 在產出階段的異同	66

第三節 科學學習動機的異同	76
第五章 結論與建議	81
第一節 結論	81
第二節 討論	82
第三節 研究限制與建議	86
參考文獻	89
附錄	100
附錄一 概念診斷測驗	100
附錄二 科學學習動機量表	103
附錄三 課堂學習單 (V 組)	108
附錄四 課堂學習單 (VD 組)	109
附錄五 課堂學習單 (VA 組)	110
附錄六 評析學習單	111



表次

表 2.1.1 電化學的概念	7
表 2.1.2 化學層次與其相關的電化學概念.....	11
表 2.1.3 關於學生在學習電化學常見的另有概念	12
表 2.2.1 多媒體在教學和學習上的角色與說明	15
表 3.1.1 三個組別的教學設計	31
表 3.3.1 教學內容的說明.....	35
表 3.4.1 概念診斷試卷之題目	41
表 3.4.2 動機量表中的題目範例	42
表 3.5.1 VD 及 VA 組的成品編碼表.....	46
表 3.5.2 化學概念的評分表.....	47
表 3.5.3 VD 組、VA 組學生成品的編碼範例	48
表 3.5.4 VD 及 VA 兩組在產出階段的對話編碼表	51
表 3.5.5 資料處理及分析.....	54
表 4.1.1 成對樣本 T 檢定分析組內概念診斷測驗之結果	56
表 4.1.2 ANOVA 比較三組間概念診斷測驗結果	56
表 4.1.3 概念診斷測驗中的各項概念	57
表 4.1.4 成對樣本 T 檢定分析組內在測驗中的各個概念	58
表 4.1.5 以 ANOVA 分析比較三組在測驗中的各個概念	59
表 4.1.5 以 ANOVA 分析比較三組在測驗中的各個概念 (續)	60
表 4.1.6 含另有概念的題號及其選項	60
表 4.1.7 以成對樣本 T 檢定分析各組學生具有另有概念的比例.....	61
表 4.1.8 化學層次以及題號的對應	63
表 4.1.9 以成對樣本 T 檢定分析三組在微觀層次題目的表現	64
表 4.1.10 以 ANOVA 比較三組微觀層次題目的表現.....	65
表 4.1.11 以成對樣本 T 檢定分析三組在多層次題目的表現	65
表 4.1.12 以 ANOVA 比較三組多層次題目的表現.....	66

表 4.2.1 VD 組及 VA 組的成品結果.....	70
表 4.2.2 產出階段的對話編碼統計	72
表 4.2.3 VD 組及 VA 組在產出階段的對話在各項編碼中的百分比.....	73
表 4.3.1 以成對 T 檢定分析各組的動機量表在前測與後測的差異	77
表 4.3.2 各組之調整前後的量表平均分數.....	78
表 4.3.3 三組於後測量表在各向度之主要效果檢定.....	78



圖次

圖 3.2.1 詳細研究流程	34
圖 3.3.1 V 組的學習單	37
圖 3.3.2 VD 組的學習單.....	37
圖 3.3.4 評析項目的學習單.....	39
圖 4.1.1 三組在各題選取另有選項的學生比例在前後的變化.....	62
圖 4.2.1 VD 組及 VA 組的成品	69
圖 4.2.3 VD 組及 VA 組在兩階段的對話數量長條圖.....	74
圖 4.2.4 VD 組及 VA 組在兩階段的對話編碼其各項比例的圓餅圖.....	75
圖 4.3.1 三組在前後科學學習動機的高低比較長條圖	80



第壹章 緒論

本研究旨在探討不同的動畫使用方式，是否會影響學生對電化學的概念理解及學習動機。研究中設計三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」、「觀看動畫後畫圖」以及「觀看動畫後製作動畫」，以比較三組學生在學習之間的異同，以此提出在使用動畫的方式上對於教學的建議。本章則針對本研究的動機與背景、研究目的、研究問題、名詞釋義及研究範圍與限制做說明。

第一節 研究動機與背景

電化學單元被列為化學課程中最為困難的單元之一，而教師的教學方式，也會影響學生的學習，例如 O. De Jong, Acampo 與 Verdonk (1995) 在研究中指出，教師在教學電化學單元上會遇到的問題，Thompson 與 Soyibo (2002) 也提到，高中生認為化學中最難理解的主題為電解。然而這些研究顯示電化學單元之所以很難學習，除了有新的化學專有名詞之外，其中原因是因為概念都很抽象(Bojczuk, 1982)。在巨觀層次上，學生需要知道電解質和非電解質的概念，電解的過程以及伏打電池；微觀層次上，學生需要了解在電解過程中，離子和電子的移動；而在符號表徵上，學生還要將此過程轉換成化學式或反應式(Osman & Lee, 2014)。

學生會對於抽象的化學概念感到困難，尤其是在符號和微觀的表徵(Ciplickas et al., 2009; Patrick J Garnett, Garnett, & Hackling, 1995; Pamela J Garnett & Treagust, 1992; Hameed, Hackling, & Garnett, 1993; Hamza & Wickman, 2008; Lin, Yang, Chiu, & Chou, 2002; Michael J Sanger & Thomas J Greenbowe, 1997a, 1997b)，原因在於「不可見」，化學是一門可視的科學(Chemistry is a visual science.)(Wu

& Shah, 2004), 若要讓學生發展對於化學概念適當的理解, 可以做的的方法就是讓化學表徵富有意義, 將其「可視化(visualization)」(Gilbert, 2008)。

因此, 已有許多研究, 是透過電腦的 3D 模型或動畫的方式, 促進學生的科學學習及對於表徵的理解(Wu, Krajcik, & Soloway, 2001)。動畫的好處是除了能夠展示現象的連續性之外, 也可以將看不見的微觀層次, 包含原子、分子或離子間的化學反應過程, 表現出來, 而不只是讓學生「想像」。動畫著實有它有效之處, 然而在什麼情況下放置動畫, 更能促進學習者有效率的學習, 也是值得探討的(Hegarty, 2004)。由於動畫的播放畫面稍縱即逝, 因此學習者需要被更有效率地引導, 才能有效學習, 學生也需要具有一定的先備知識, 否則對於動畫的內容可能就只是瀏覽, 無法真正理解概念, 甚至是產生欺騙性清晰(deceptively clear), 亦即一段科學過程透過動畫的展現, 能夠讓學習者記憶住, 往往他們回憶起動畫的內容只停留在表面的特徵, 卻認為他們已經理解了(Gerard & Linn, 2010)。因此, Zhang 與 Linn (2011) 認為, 若讓學習者對於所看到的動畫, 畫出他們的理解, 能夠成功地加強動畫的學習, 能夠讓學生專注在動畫中關鍵的特徵, 使他們參與知識整合的過程。陸續有一些研究, 不是只讓學生看已經準備好的動畫或圖片, 而是讓學生建立自己的表徵(Tippett, 2016), 當學生在建立表徵的過程中, 有助於對科學概念更進一步的理解。例如, 學生在看完動畫之後, 能夠產出一些圖形, 對於動畫學習是有益的(Ainsworth, Prain, & Tytler, 2011; Hayes, Symington, & Martin, 1994; Van Meter & Garner, 2005), 因為學習者在畫圖過程中, 會使用自我監控的策略, 來產出一定品質的圖形, 也能夠促進學生的參與(Prain & Tytler, 2012), 但是畫圖這項工作, 也可能引起學生正向或負向的情意(Dalebroux, Goldstein, & Winner, 2008; De Petrillo & Winner, 2005); 除了畫圖, 讓學生製作動畫也是一種建立表徵的方式, Chang, Quintana, 與 Krajcik (2010)提到學生可以透過動畫繪圖軟體, 利用先備知識, 去建構出自己的理解, 並且對化學反應及現象有自己的詮釋, 而不是僅止於對看動畫的了解。Yaseen 與 Aubusson (2018)也指出許多研究說明製作動畫可以讓學習變得更有趣、實際以及富有動機, 同時建立出的動畫, 也能提供教師在學生學習情況的一個回饋。

因此, 綜合上述研究, 可得知「動畫」的使用, 已是化學教學上普遍使用的一種多媒體方式, 可協助化學概念上的可視化, 但是「使用方式」對於學生的學

習卻有不同的影響，無論是讓學生僅觀看動畫，或是讓學生有所產出，都有各自的研究結果顯示其優、缺點。因此本研究欲藉由學生普遍認為較為抽象的電化學單元，將過去研究中不同的動畫使用方式，分別設計不同的實驗組，來探討與比較學生在學習及動機的異同。

第二節 研究目的與問題

過去已有研究顯示動畫的使用或是以繪圖方式輔助動畫，甚至是做動畫，各自對學習所帶來的好處，但並沒有比較對於動畫使用方式的不同，對學生學習成效的影響。因此，本研究設計三個實驗組別，分別是「僅觀看動畫(Visualization)」(V組)的組別，一組為讓學生在「觀看動畫後並畫圖(Drawing)」(VD組)，最後一組為學生在「觀看動畫後製作動畫(Animation)」(VA組)，除了探討學生在電化學單元上的學習之外，在情意層面中，學生的學習動機是否有差異，期望能藉此研究，提供教師在教學中使用動畫方式的建議。

因此，本研究所發展的兩大研究問題為：

- (一) **研究問題一**：學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」(V組)、「觀看動畫後畫圖」(VD組)以及「觀看動畫後製作動畫」(VA組)之後，學生對於電化學單元的學習成效有何異同？

關於學生的學習成效，可再細分為三個子問題來回答之，分別為：

- 1-1 三組學生在不同的動畫使用方式前後，對於電化學的概念理解有何異同？
- 1-2 三組學生在不同的動畫使用方式前後，在化學中的三個層次理解有何異同？
- 1-3 關於有「產出」階段的VD組及VA組，兩組在產生成品過程中有何異同？

(二) 研究問題二：學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」(V組)、「觀看動畫後畫圖」(VD組)以及「觀看動畫後製作動畫」(VA組)之後，其在科學學習動機有何異同？

第三節 名詞釋義

一、動畫

以電腦科技為基礎的多媒體學習情境，除了真實的影片、電腦模擬，動畫也為其中一種方式，動畫是一個人造或想像的一些圖片所結合成的動態影像，目的在於傳達或描述肉眼不可見的現象，以化學反應而言，動畫的好處在於，可同時展現巨觀及微觀粒子的層次，以支持學生的理解及想像。本研究當中所使用的動畫，即為電池、電解及電鍍模擬微觀粒子的移動，包含溶液中離子、鹽橋及電子，展現其化學反應的過程。

二、電化學單元

本研究所採用的電化學概念包含國中自然與生活科技第六冊所提及之電池、電流的化學效應，以及高中基礎化學(一)之「化學與能源」的單元，而主要的教學內容則為其中的「鋅銅電池」、「以銅棒電解硫酸銅」以及「在鑰匙上鍍銅」的概念。

三、課程模式

本研究的課程模式為VGEM，為Visualize 觀看、Generate 產出、Evaluate 評析及Modify 修正，共四個階段，本模式是根據Khan(2007)提出的GEM，是以建立模型為基礎的一種探究模式，透過促進學生的參與，而提升學生在化學概念的學習，模型的建立與修正，可以加強師生之間的互動以及豐富學生的心智模型，

而本研究也透過讓學生畫圖或製作動畫的方式建立電化學概念的模型，因此採取此模式，希望也能達到提升學生的概念以及科學學習動機的效果。

第四節 研究範圍與限制

本研究受限於研究設計、研究內容、研究時間與研究參與者本身影響，因此推論可能會有以下限制：

1. 本研究對象為新北市某所公立高中的高二學生，此高中為地區高中，學生程度為常態分佈，高二學生的背景為文組學生，因此研究結果可能無法推論於所有高二年級的學生，僅可推論於相似情境下學習的學生。
2. 本研究受限於在學期中課程安排的限制，因此研究中的教學時長較為短暫，可能較無法全面了解所有電化學單元的學習成效，僅針對「電池」及「電鍍」的概念，去探討學生的學習差異。
3. 本研究的教學者即為本研究作者，使用三種動畫使用方式授課三個不同的班級，而本研究作者依據先前上課的觀察，對於挑選焦點組及分配實驗設計，無法避免產生研究者偏誤，或是因研究者本身的預期，而產生觀察者期望效應。
4. 本研究僅探討關於不同的動畫使用方式在學生學習上的影響，而無討論性別、社經地位等其他因素。

第貳章 文獻探討

本研究的研究問題主要為不同的動畫使用方式，對於學生在電化學概念的學習之影響，因此本章將針對與本研究問題相關的研究進行文獻的回顧與討論，一共分為三個章節，第一節先了解電化學主要的概念及學生可能遭遇到的另有概念，並回顧過去研究是以何種教學方式幫助學生學習；第二節則討論多媒體學習的方式，對於學生的學習有何影響，並探討與本研究相關的動畫教學方式在學習上的優缺點；第三節則進一步談論，不同的表徵在學習上的應用，以及讓學生建構表徵輔助動畫學習，在學習成效及學習動機上的影響為何。

第一節 學生在電化學概念的學習

一、電化學概念的相關研究

電化學的單元內容包含電池和電解電鍍，其主要概念如表 2.1.1 所示，分為基本概念及電流迴圈路徑兩部分。基本概念包含電池和電解槽的組成、氧化還原及正負極的判斷，電流迴圈路徑指的是內電路的離子移動與外電路中的電子移動。

表 2.1.1 電化學的概念

基本概念及組成	
	● 化學電池為自發的化學反應，會將化學能轉為電能
電 化 學	● 電池會發生氧化還原反應，氧化和還原通常各自發生在分開的兩個半電池中
	● 反應物的相對活性決定其發生氧化或還原反應

-
- 電池**
- 兩半電池以鹽橋連接
 - 惰性電極例如石墨或白金，都具有導電性，但不實際參與化學反應
 - 電極放在電解液中，提供氧化或還原半反應的一個介面電導體
 - 發生氧化反應的為陽極，還原反應的為陰極，陽極標示為－，陰極為＋

-
- 電解**
- 電解的電能需由外界提供，才能產生出化學能
 - 陽極和陰極，由外界提供的電池兩端來決定，若連接正端為陽極，連接負端為陰極
- 電鍍**
- 電解池包含兩電極和電解液，被鍍物需置於陰極，欲鍍物需置於陽極
 - 陽極發生氧化反應，陰極發生還原反應
 - 陽極標示為＋，陰極為－

電流迴圈路徑

-
- 電化學電池**
- 電子會透過外電路從陽極直接傳到陰極，而陽離子會釋放到陽極溶液附近
 - 陰極的物質會接受電子而還原
 - 陰離子從電解液中移動到陽極，而陽離子移到陰極
 - 電子在連接兩電極的導線中傳遞（外電路）
 - 鹽橋中的陰陽離子移動，完成了電路並維持電中性（內電路）

-
- 電解**
- 在外電路中，電子從外界提供電壓的負端流向陰極
 - 在內電路中，離子的移動完成電路並維持電中性
- 電鍍**
- 陰離子從電解液中流向陽極，而陽離子從電解液中流向負極

十二年國教自然科課綱在「氧化與還原反應」的學習內容

-
- 物質的反應**
- 由水溶液導電的實驗認識電解質與非電解質。
 - 電解質在水溶液中會解離出陰離子和陽離子而導電。
 - 鋅銅電池實驗認識電池原理與廣義的氧化與還原反應。
 - 化學電池的放電與充電。
 - 電解水與硫酸銅水溶液實驗認識電解原理。
-

由於本研究的其中一個研究問題為學生在經過不同的動畫使用方式之後，是否有利於電化學概念中微觀層次或多層次概念的學習成效，因此以 Johnstone (1993) 所提出的化學學習層次來區分電化學單元的概念，如表 2.1.2。學生在巨觀層次上除了需要知道電解質和非電解質的概念，以及電池和電解在過程中的變化；在微觀層次上，學生需要了解在電解過程中，離子和電子的移動；在符號表徵上，學生還要將此過程轉換成化學式或反應式(Osman & Lee, 2014)。

選擇電化學單元的原因為學生經常在此單元遭遇迷思概念(Ciplickas et al., 2009; Patrick J Garnett et al., 1995; Pamela J Garnett & Treagust, 1992; Hameed et al., 1993; Hamza & Wickman, 2008; Huann-Shyang Lin et al., 2002; Michael J Sanger & Thomas J Greenbowe, 1997a, 1997b)，尤其學生在面對微觀層次和符號表徵。以鋅銅電池為例，由於巨觀「可見」，學生可透過實驗直接觀察到鋅半電池的鋅片溶解、質量減少，而銅半電池有銅析出、溶液顏色也會改變；而微觀層次的離子移動、電子移動，並且轉換成化學反應式的符號表徵，這些都是不可見的，學生難以想像電池其中的分子、離子，以及內部的反應機制，自然而然就較難被學生理解。

因此有些研究指出，學生認為化學中最難理解的單元，其中之一即為電化學(O. De Jong et al., 1995; Thompson & Soyibo, 2002)，因為其概念多為抽象(Bojczuk, 1982; Huann-Shyang Lin et al., 2002)，以及具有新的專有名詞，例如氧化或還原、氧化劑或還原劑等。

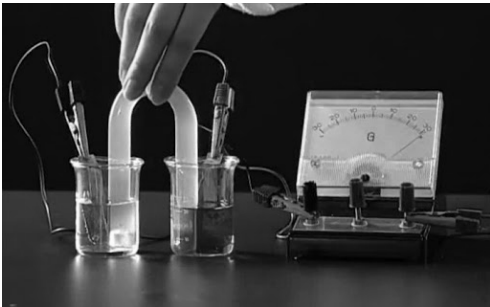
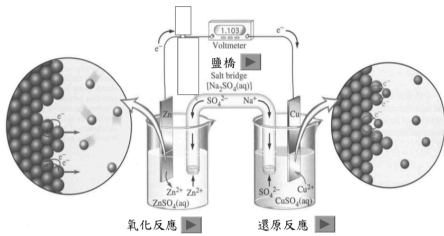
Jong 與 Treagust (2002) 整理出學生在學習化學電池會面臨到的困難，有分為概念性以及過程性，本文僅針對欲研究的電化學概念，摘要出以下四個：

1. 電解質的傳導 (Conduction in the electrolyte): 指的是學生認為電子會出現在溶液中，因為受到溶液中帶正電的離子吸引而在鹽橋中流動，完成了整個電流路徑。
2. 電解質的電中性 (Electrical neutrality of the electrolyte): 學生認為的電中性是其中一個半電池的正電荷的數目和另一半電池負電荷的數目相等 (意即正負電荷是分離的)，或者是將電中性認為是兩半電池的離子濃度要相等。

3. 陰陽極的帶電 (Charge on the anode and the cathode in galvanic cells) : 學生對於陰陽極的正負電判斷會有困難，並發展出自己的一套想法，例如學生會認為陽極帶負電是因為陽極吸引溶液中的陽離子，陰極反之；或是陽極帶正電是因為陽極會失去電子。
4. 辨別陰陽極 (Identifying the anode and the cathode) : Michael J Sanger 與 Thomas J Greenbowe (1997b)指出，學生對於辨別陰陽極主要依靠課本上所提供的電池圖片，其物體的配置去做判斷，除此之外有些課本上的圖片，對於電子的流動標示的並不明確，而讓學生對電子移動產生其他的另有概念。



表 2.1.2 化學層次與其相關的電化學概念

化學層次	定義	Content Knowledge (內容知識)	範例
Macroscopic nature of matter (巨觀)	(1) 可直接觀察到的現象或經驗， 例如顏色變化或是三態。 (2) 可以儀器直接被測量到的特性， 例如質量、溫度、pH 值。	電池中或電解槽中， 陰陽極質量變化、溶液變化 或顏色等	
Particulate or submicroscopic nature of matter (微觀)	(1) 用來描述、解釋和預測粒子現象的 模型表徵，例如圖形或球棍模型。 (2) 通常與反應內容中的粒子相關， 例如結構或反應機制。	粒子觀：電子、離子的移動 (內電路、外電路)	
The symbolic representations of matter (符號)	能夠代表粒子的，包含模型、化學式、 化學反應式、數學式或電價數等。	解離反應式、電池總反應 離子、電子、陰陽極的正負	$\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$ $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$

根據上述所提到的困難，學生在學習電化學概念常遭遇到的另有概念，整理如表 2.1.3。

表 2.1.3 關於學生在學習電化學常見的另有概念

電化學電池
<ul style="list-style-type: none">● 一般說的電流即是正電荷的移動● 陰陽離子會互相吸引，而影響電極中離子的移動● 陽極帶負電，因為其會吸引陽離子，陰極反之● 離子和電子都在電解液中移動● 電子會流向電解液中，因為溶液中陽離子的吸引● 電子會進入陰極的電解液中，在電解液中移動然後出現在陽極● 鹽橋會協助電子流，因為在鹽橋中的陽離子會吸引電子從一個半電池移到另一個半電池● 在電池中，陰陽離子會一直移動直到兩半電池的濃度一致（與電中性的概念搞混）
電解及電鍍
<ul style="list-style-type: none">● 電解時，所提供電壓的兩端，對於陰陽極的位置不影響● 惰性電極的表面不會發生反應● 陰陽極的氧化還原反應，在電池和電解是完全相反的，在電池陽極發生氧化反應，電解時陰極發生氧化反應● 電子從陽極的電極端流向陰極● 其餘與電化學電池的另有概念相似

二、電化學概念的教學方式

抽象、不可見的概念，學生因為無法想像而遭遇學習困難，因此若要幫助學生對於電化學的概念有更好的理解，尤其針對微觀和符號表徵，就是要讓學生能夠「看得見」。在教學實作上，雖然可以透過做實驗，讓學生實際看到檢流計的

數字變化，或是電極、溶液顏色的改變，但其中的化學過程也只停留在巨觀層次，無法展現微觀層次，除此之外，實驗時間的長短，以及實驗過程中不可控制的外在因素，例如同儕間的互動，或是教師的實驗說明等，皆會影響學生對於觀察實驗的重點，因而較無法直接有效地將概念傳達給學習者。

為了能夠加強學生在微觀概念的學習，有一些研究透過讓學生使用電腦模擬及觀看動畫的方式，來讓學生看到電池中的反應過程，幫助他們學習(Osman & Lee, 2014)。

例如Yang, Andre, Greenbowe, 與 Tibell (2003) 以Paivio (1990)的二元碼理論(dual-coding theory) 為基礎，應用聲音和圖像同時存在，較好被記憶和理解的原則，讓學生在有教學引導的情況下看電池的動畫，研究結果發現，相較於以靜態圖示教學的控制組，看動畫的組別較能夠提升學生的學習，也更能夠讓學生看見在微觀層次上的化學反應，除此之外，還能夠提高學生的學習興趣。

Doymus, Karacop, 與 Simsek (2010)的研究有兩個實驗組（一個是使用合作學習的教學方式，另一個是讓學生觀看動畫）和一個對照組（傳統教學法），在此僅針對觀看動畫的組別進行討論。觀看動畫的組別是老師讓學生在邊看動畫的過程，邊逐步解釋動畫的內容，一共包含四個類別（電化學電池、燃料電池、電解以及生鏽），結果顯示讓學生觀看有關電化學概念的動畫，相較於另外兩組，學生對於粒子微觀層次有較佳的理解，雖然如此，但是觀看動畫的學生，同時也會產生其他的迷思概念或誤解，因此研究也提到，若讓學生只看動畫或是只看靜態的圖片，都不足以讓學生對於電化學概念有全盤的了解。

Osman 與 Lee (2014)是使用一個電化學單元的互動式媒體模組（interactive multimedia module with the pedagogical agent (IMMPA)），並輔以模組內建的學習助理(pedagogical agents, PAs)，來促進學生對於概念的理解與動機，模組內容包含個別指導(tutorial)、實驗(experiment)、練習(exercise)、小測驗(quiz)、筆記(memo)以及遊戲(game)。研究發現，使用此模組的學生，有比較高的成就表現，尤其是在微觀和符號層次的概念，此結果也能對應先前之研究(Atkinson, 2002; Kizilkaya & Askar, 2008; Moreno, Mayer, & Lester, 2000)。

在國內研究部分，張秀澂 (2002)將電化學概念製成電腦動畫的教材，再融入不同的教學方式(講解式教學、實驗教學、小組示範實驗教學)，研究結果顯示，

電腦動畫教材搭配實驗教學法，最能有效提高學生的學習成效，除此之外，也提到動畫輔助學習，可提高學生的學習興趣以及幫助學生進入粒子微觀世界。

柯明志 (2002)以電流的化學效應(電解)為主題，以引導式探究的教學模式，搭配微觀粒子的模擬動畫，來幫助國三學生建立其心智模型，結果顯示此教學方式達顯著成效。劉漢欽 (2006)也根據過去的研究提出，電腦模擬可能是一個有力的工具，可以被應用在一個主動學習的環境，提升學生之間的互動，來達成對於一個科學概念的理解；其研究欲在一個主動學習策略的架構下，來了解學生如何使用電腦模擬來理解電化學的概念，研究結果顯示，電腦模擬可提供一些可視化的資訊，尤其是分子微觀的動畫，可以幫助學生連結對於化學反應到以符號表示的反應式之間的理解；除此之外，還能提升學生之間和與電腦間的互動。蘇金豆 (2018)更將電化學動畫應用在概念圖上，採用此種「動畫融入概念圖」的教學策略，能讓學生主動思考，提升學習成效和成就、減少另有概念的產生，並促使學生的學習態度更正面積極。

第二節 使用多媒體工具對於學習化學的幫助

一、多媒體工具的使用對於學習的影響

多媒體工具的使用可以幫助學習者理解複雜的科學概念，例如影片、動畫、模擬以及動態圖片，可以提供學習者不同的方式以看見科學現象，幫助學習者間接地經驗到在教學環境中很難直接體驗到的現象，將不可能在真實世界看到的現象（例如原子與分子的世界）可視化。

多媒體工具常被應用在科學教育上，因為科學概念常常涉及複雜又不可見的過程，例如生物的基因轉錄過程、物理的行星運動到化學反應、原子結構等。Mayer 與 Moreno (2002a)以認知心理學的觀點，指出有些多媒體同時具有聲音和圖像，減少學生工作記憶的處理，可降低學生的認知負荷，其目的就是將不可見的現象「可視化」。可視化的概念，即是要透過不同的表徵形式，讓學生看見

在真實世界中或是教學現場無法直接看到的現象，因為看見總比看不見來的好理解。

以化學上來說，為了建立學生對於化學概念的理解，尤其針對微觀及符號層次，Chiu 與 Wu (2009)提出，多媒體的使用可有不同的目的來加強學生在化學三個層次的學習，見表2.2.1，而文中提到的多媒體工具指的是以電腦為基礎，整合多樣符號形式的系統(Salomon, 1979)（包含文字、聲音、影片、圖片及動畫來展示三個不同層次的化學物質或過程），本研究也將動畫整合表中四個不同的角色來進行教學，以促進學生對於電化學概念的理解。

表 2.2.1 多媒體在教學和學習上的角色與說明

建模工具 (Multimedia as a modeling tool)

學習科學的困難歸因於科學概念的本質是複雜且觀察不到的，因此多媒體的使用在解釋現象上扮演一個重要的角色，可以幫助學習者對於一系列抽象科學概念的想像，讓概念變得實質化、有意義的，讓學習者能夠建立自己的心智模型，以提升學習者發展概念及想法。

學習工具 (Multimedia as a learning tool)

多媒體即是設計用來幫助學生可視化不可見的化學物質(原子與分子)，並以化學符號表示之，用來加強學生對於三個層次關係間的理解。

例如4M:Chem，是將電腦畫面分為四格視窗，分別顯示實際的實驗影片、分子層次的動畫、符號表徵以及巨觀性質或是結構的圖或表。其目的是要加強學生對於不同層次的連結，然而後續有研究顯示，讓學生同時處理不同的表徵形式可能會造成學生的認知負荷，尤其是對於在空間能力較低落的學生。(Kozma & Russell, 1997)

另一個為ChemSense，整合了建模和多媒體的特徵，能夠讓學生自己建立模型、蒐集資料、製作圖表和動畫，然而透過這樣的方式，不僅讓學生的想法能夠外顯出來，學生也似乎能專注在化學反應的動態過程上，以及當以微觀層次表徵出科學現象，有較顯著的學習表現。(Schank & Kozma, 2002)

評量工具 (Multimedia as an assessment tool)

學習是一個複雜的認知活動，然而隨著教學方式的多元，傳統的紙筆測驗皆是以描述性的文字或是靜態的圖片組成，可能不足以了解學生對於化學不同層次概念上的認知，若要得知學生在不同層次的理解程度，因此可利用科技的輔助當作一個評量工具，例如WISE的平台，其內容除了可提供微觀分子的動畫，還有嵌入式的提問、測驗，或是簡易的繪圖板，最後教師可蒐集學生對於測驗的回覆以進行評量。

教學工具 (Multimedia as an instructional tool)

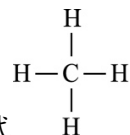
模型的使用在化學教學上常常被忽略，因而讓學生缺乏發展建模的能力。因此多媒體可以當作一個教學工具來幫助學生對於模型概念的發展，並讓他們在心中能夠建立自己的模型。

教師可以營造一個以多媒體為基礎的教學環境，可以配合小組合作學習或探究的教學模式來促進學生的學習。為了要讓教學更有效率，教師必須要了解多媒體這類的科技所能發揮的力量，除了科技的學科內容知識 (technology pedagogical content knowledge, TPCK) 之外，以及不同科技所能提供的功能，來達到有意義的學習。

陸續有學者提出多媒體的學習方式以及設計多媒體學習的原則來促進學生的學習 (Mayer & Moreno, 2002a; Robinson, 2004)，在化學教育方面較常運用到的多媒體工具，分為下列三種：

1. 原子分子模型(model/ball & stick)：屬於行動操作表徵，是一種實體模型，又稱球棍模型，在化學教育上用來展示無機或是有機分子的結構或形狀。

由於紙上所表示的化學式或是結構式皆是平面，常常會讓學生誤以為分



子結構是平面的，例如CH₄分子（結構式 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ），實際甲烷的形狀為正四面體，學生常會被「所看見的」誤導，因此可使用模型來幫助學生建立心智模型中的立體概念，尤其針對視覺空間能力較為低落的學生。

2. 電腦模擬(simulation)：屬於視覺圖像表徵，電腦模擬是一個包含系統的模型或過程的程式，可以概分為以下兩種模式：概念模式的模擬和操作

型的模擬。前者是持有欲被模擬出的原則、概念或是事實；後者是具有序列性可操作模擬系統的按鈕，包含認知和非認知的操作(T. De Jong & Van Joolingen, 1998)。例如前面文獻所提及的4M:Chem，或是分子模型的3D模擬，融合原子模型與符號表徵。

3. 動畫(visualization/animation)：屬於視覺圖像表徵，動畫指的是一個模擬式的移動圖像(simulated motion picture)，動畫中的圖像，是以一個人造的、或是模擬物體所畫出來的圖，結合這些圖片，製成一個動態的影像(Mayer & Moreno, 2002a)，用來描述某種現象與反應。因此相較於影片(video)，雖然也是動態，但影片內容呈現出的是真實的物體。與電腦模擬相比，動畫傳達的概念可能較為複雜及連續。

本文針對不同的**動畫使用方式**對學生在學習化學上的影響進一步探討。

二、 觀看動畫對於學生學習化學的影響

對於科學學習而言，圖像和動作對於理解和記憶都是必須的。動畫所展示的動態圖像，提供了很多不同的教學目的。若是學習描述性的科學概念，例如原則或是公式，動畫可以當作一個記憶性的工具；若是學習有關過程的科學概念，動畫在解讀有關空間或是程序性的資訊，也扮演很重要的角色(ChanLin, 2000)。Grubaugh et al. (2017)以STEM的主題為例，例如有機化學和地球科學，提及有關空間的概念(例如海洋板塊或隱沒等)，若同樣的內容以靜態圖和動畫去表示，動畫更能夠強調概念之間的關係，而不是單獨的概念。動畫不僅只強調視覺空間(visuospatial)的概念，也為概念之間的交互作用提供一個外顯的表徵，在學習上提供很大的外在支持。

而在化學學習上，以電腦為基礎的科技，能夠提供一個有利的方法來去促進分子的理解，因為電腦可以展現化學中不同層次的概念，呈現出不同的資訊，但又具有協調各符號系統的能力(Kozma, 1991)。因此，動畫主要提供的協助，就是要使學生能夠看見那些「不可見」的原子、分子，以及化學反應進行的過程，教科書僅擁有2D平面且靜態的特質，在某些單元來說，是無法提供足夠的鷹架來

幫助學生理解微觀層次的現象。Johnson (1998)也推論，當前傳統的教學方式不足以滿足學生的需求，也指出教學者需要改善對於粒子理論的教學。因此已有許多研究是讓學生觀看動畫或是與電腦動畫互動，來促進學生在化學三個層次中的學習，尤其針對微觀概念。

例如Vickie M. Williamson (1995)是研究關於使用微觀粒子的電腦動畫是否有助於化學系的大學生，對於化學現象的心智模型。電腦動畫的使用為其中一個實驗變因，測量學生在概念理解、課程達成度以及對於教學的態度是否有差異。測驗概念理解的工具是使用Novick 與 Nussbaum (1981)、Haidar 與 Abraham (1991)、Yarroch (1985) 和Gabel, Samuel, 與 Hunn (1987)所得出的一個關於粒子物質概念的評估測驗 (Particulate Nature of Matter Evaluation Test (PNMET))，內容包含要學生畫圖、提出解釋以及從多重選擇選出答案來對一個化學現象做解釋。課程達成度是學習者依據教學者在課堂上所做的單元測驗所得之分數，由十題多重選擇題所組成。學生對於教學上的態度是使用Birnie-Abraham-Renner Quick Attitude Differential, the BAR(Abraham & Renner, 1983)，有兩個關於態度的因素可被測量，一個是滿意因素，指的是學生對於特定單元的滿意程度，另一個是理解因素，指的是學生對於理解單元概念的察覺或感知。所使用的動畫內容皆為描述微觀的粒子過程，包含「擴散、混合和理想氣體」的單元，以及「沉澱和氧化還原」。研究結果發現，相較於只看靜態圖，觀看動畫的組別，在概念理解上有較顯著的進步 (effect size= 0.5)，動畫提供了一個微觀化學過程，因此減少了學生的迷思概念。

Ardac 與 Akaygun (2004)的研究目的是比較以多媒體為基礎並配合可記錄式的講義教學 (實驗組)，與按照傳統教學 (教授與問答的方式) 的控制組，這兩組在「化學變化(chemical change)」單元中，對於分子微觀表徵的理解是否有差異，其中多媒體呈現的內容是強調分子微觀對應巨觀及符號的動畫。研究結果顯示，實驗組的學生對於分子微觀層次的化學概念理解，比控制組有更高的學習表現，並且在事後訪談中也較容易使用粒子的表徵，這對應到先前的研究(Gabel, 1993; Haidar & Abraham, 1991; Johnstone, 1993; Lee, 1999)，說明教學方式應該要連結化學三個層次間的關係，才能改善學生對於化學的理解。除此之外，作者還發現如此的教學環境，其新穎程度可能會影響學生在課堂上的情意表現，實驗組

的學生比控制組的學生在學習上更具有熱忱。

而接續上述的研究, Ardac 與 Akaygun (2005)除了比較讓學生觀看靜態圖像和動畫的差異, 並更進一步探討教師使用的教學方式或呈現方式, 是否影響學生的學習, 因此設計了三種不同的情況進行比較。情況一為讓學生使用個人電腦觀看動畫(學生在教師指導下個別觀看), 情況二為教師在前方以大螢幕播放動畫讓學生觀看(全班式教學), 情況三為教師在前方以大螢幕播放投影片, 但圖像為靜態的。結果顯示, 第一, 動畫比靜態圖更能夠有效地提升物質變化中微觀層次的理解; 第二, 相較於全班式的教學, 能夠個別操作動畫的組別, 學生較能正確地畫出有關粒子狀態的圖型。Barak 與 Hussein-Farraj (2012) 也歸結出類似的發現, 在學習環境中整合電腦模型和動畫, 能夠增強學生在化學理解層次之中的轉換, 並且改善學生對於蛋白質結構和功能的理解, 也建議要讓學生能夠有自行操作動畫的機會, 來達到更高層次的認知發展。除此之外, 研究者也透過對話和課堂表現發現, 此種學習環境能夠提升學生的學習興趣和動機。

國內研究方面, 江文瑋 與 劉嘉茹 (2013)以化學單元中的氣體概念為例, 運用不同的教學方式比較高中生的學習差異。實驗組為使用嵌入動畫的投影片進行教學, 對照組則使用傳統式教學, 兩組授課時數皆相同, 測驗工具為學習態度量表與成就測驗。研究結果顯示, 透過學習態度量表, 可發現實驗組的學生對於自我學習成果的認同度以及學習熱忱比對照組的學生還高, 因此推論使用動畫教學較能引起學生的學習興趣; 依據成就測驗的前後測分析, 兩組學生在後測成績上有顯著差異, 顯示使用動畫教學能夠讓抽象的概念具體呈現, 因此較能提升學生對於氣體概念的理解。

會有上述提及的研究發現, 是因為動畫對於學習的益處可歸因於兩個因素, 第一, 動畫能夠幫忙建立在概念、現象及過程的心智模型; 第二, 動畫能夠替代較具挑戰性的認知過程(例如部分學習者可能較為缺乏的抽象化、想像能力和創造力)(García, Quirós, Santos, González, & Fernanz, 2007; Höffler & Leutner, 2007)。因此, 若要讓學生整合化學中的三個層次, 促進其化學概念的理解, 多媒體動畫的使用可看作一個具有潛力的替代方式, 比靜態圖像或是模型, 更能夠提供一個較具有說明力的動態表徵。

然而，仍有一些證據顯示動畫對於科學學習上的劣勢。第一，有趣的動畫，其較引人注意的情節會讓學生放較少的注意力在處理文字上的想法(Harp & Mayer, 1997; Sanchez & Wiley, 2006; J Wiley, Ash, Sanchez, & Jaeger, 2011)。第二，雖然動畫在傳達系統間的關係上是一個有力的工具，但學習者往往會因為覺得看完動畫流暢的過程，導致理解的錯覺(illusion of comprehension)，他們說出自己認為已懂的概念比實際上理解的還多(Serra & Dunlosky, 2010; Jennifer Wiley, 2003; Jennifer Wiley, Sanchez, & Jaeger, 2014)。第三，媒體呈現的資訊是被動的，學習者是否能夠從中學習到內容知識，或是促進建構式的學習，讓學生主動參與認知的過程，也是一項挑戰(Mayer & Moreno, 2002a)。第四，動畫的動態特徵是其優點，亦有可能成為缺點。動畫短暫地呈現資訊，一段畫面、一個時間就過了，由於學習者的工作記憶有限，對其可能造成認知負荷(Höffler & Leutner, 2007)，過多的認知負荷，是來自於資訊呈現的量和複雜性(Mayer & Sims, 1994)。因此更需要學習者對該主題有很充足的先備知識或是教師的協助。第五，也有一些研究提到，學習者的空間想像能力(spatial visualization ability) 也會影響對於動畫的理解(ChanLin, 2000; Yang et al., 2003)。

因此陸續有研究者開始利用不同的方式來使用動畫以促進學習(Mayer & Moreno, 2002b; Vermaat, Kramers-Pals, & Schank, 2003)，也就是讓學生不僅只觀看動畫，還要學生建構表徵(例如評析動畫、總結想法、或是產生圖畫等)，目的都是讓學生能夠主動參與知識整合的過程，而不是被動地接受知識，建立一個建構式學習的環境。Ardac 與 Akaygun(2004)亦建議當學生在看這些化學動畫的過程中，教師可以提供學生建立自己表徵的機會，除了讓學生能夠檢視自己是否在化學三個層次之間的一致性，也提供教師一個具有價值的參考資訊，來去理解學生如何解釋、連結以及整合這些表徵。

依據上述文獻，本研究推論，讓學生觀看動畫有助於學生的化學微觀概念，以及提升學生的學習動機，但是對於概念的記憶滯留或長期效應，可能不如讓學生進行產出來得有效。因此，就本研究所提出的 V 組、VD 組及 VA 組來看，這三組都能透過觀看動畫，在微觀的電化學概念皆有顯著的學習成效，但是在延宕測驗中，僅 VD 及 VA 組有顯著差異。而下一節則探討有關學生若在使用動畫的環境中加上建構表徵的過程，其對於科學學習的影響為何。

第三節 學生建構表徵輔助動畫學習的影響

學生常常對於表徵的理解以及對其做出連結是有困難的(Keig & Rubba, 1993; Kozma, 2003; Nakhleh, Samarapungavan, & Saglam, 2005)。因此，僅只讓學生看動畫，再加上上述所提到的一些挑戰，無法得知學生是否真正理解其科學概念。Zhang 與 Linn (2011)提到，雖然動畫提供一種新的方式去讓學生理解科學現象，但是學習者需要被更有效率地引導才能有效學習。建構表徵能夠成功地讓學生加強動畫的學習，能夠讓學生專注在動畫中關鍵的特徵，也能使他們參與知識整合的過程，例如添加、評析和精煉對於科學的想法。Harrison 與 Treagust (2000)也提到，建構表徵的過程具有學習和引發動機的益處，若讓學生在看完動畫後能夠做一些產出，例如畫圖，可以幫助學生理解概念。雖然學習者在產出過程中可能較為困難、或是降低學習速度，但是可以加強記憶的滯留以及知識轉移。在課室研究顯示，若讓學生有所產出，相對於只有讀，更能提升知識的整合(Richland, Bjork, Finley, & Linn, 2005)，且由學生產出的表徵可以是一個有力的學習工具，能夠展現他們對科學概念的理解以及直覺的想法(Camacho & Cazares, 1998)。創造和修正視覺表徵的過程，可以引起對科學概念更深一層的理解，因為透過將習得的科學知識轉為另一種模式(Ainsworth, 2008; Gilbert & Treagust, 2009)。除了學習上的成效之外，建構表徵，也可能是一種新的方式來讓學生學習科學知識，並且提供學習動機(Hoban, Loughran, & Nielsen, 2011)。例如，在 Marbach-Ad、Rotbain 和 Stavy (2008)的研究中，讓學生觀看電腦動畫以及進行畫圖活動可以促進學生在分子遺傳學的學習成就，也提到可能的原因，是因此種教學方式有助於學生在分子層次的學習動機，學生對於視覺的表徵、可視的分子模型，是持有正向態度的。

在 2000 年以前，大部分的研究都是洞悉學習者如何理解已經準備好的圖片或是動畫，近期已有越來越多的研究將興趣轉移至讓學生建立自己的表徵(Tippett, 2016)，若對符號層次的反應粒子產出圖形，可以幫助學生理解動畫和連

結想法(Ainsworth et al., 2011; Zhang & Linn, 2011)。近年科學教育的趨勢，除了培養學生在科學實作的能力之外，還要讓學生主動參與科學過程，因此表徵能力在化學上也被定義成一種重要的技能，包含使用和轉譯不同的表徵，來去執行推論、解決問題、溝通想法和建立理論(Kozma & Russell, 1997)。讓學生「使用」表徵(learning with representation)，並不妨礙學生對表徵的學習(learning from visualization)，但前者更能夠反映出「建構和互動(constructive-interactive)」的觀點，而讓知識建構成為一個主動的過程，並在先備知識、現有經驗與外在資訊之間的互動(Tippett, 2016)。建構表徵，除了能夠提供評量學生的機會，還可以幫助學生對於該概念的思考，以及建立理解、了解意義被建立的過程(meaning making)。

Ainsworth (2008)提出不同表徵的功能有以下三點。第一，表徵可當作一個互補的角色(complementary roles)，例如圖和表之間的轉換，可以相輔相成，但是又能提供不同的功能性，但前提是要讓學習者充分了解各個表徵所代表的意義，才能充分發揮其效果。第二，表徵是一種限制性的理解(constrain interpretation)，主要是提供一個與原本不同的表徵形式，通常新的表徵是較為簡化或是學習者較熟悉的例子，來讓學習者理解原本較複雜或較易被誤解的概念，嘗試解決學生的迷思概念，因此選用的表徵不能太過複雜，否則會造成學生的認知負擔。第三，表徵能幫助建立更深一層的理解(construct deeper learning)，主要透過提取(abstraction)、延伸(extension)以及關聯(relation)的方式，提取的過程是要讓學生能以一個較高層次的組織方式建立自己的心智模型；延伸是一種知識的移轉，希望學習者能夠將已知的表徵應用到未知的表徵；最後的關聯，是將不同的表徵間做連結。雖然表徵能夠幫助學習者發展較複雜的概念，但是這些表徵仍需要在適當的情境下使用，以及必須要小心的處理，才能發揮不同表徵的最大效益。

而表徵被廣泛應用在科學教育上，是隨著二元碼理論(dual-coding theory)以及認知彈性理論(cognitive flexibility theory)的發展，用來解釋不同的表徵形式對學習的益處，Wu 與 Puntambekar (2012)說明多種的表徵，包含語言文字(verbal-textual)、數學符號(symbolic-mathematical)、視覺圖像(visual-graphical)及行動操作(actional-operational)的表徵，在科學過程中提供不同的能供性(affordances)，可以使用不同的表徵，相輔相成以帶給學習者最大的成效，但是若少了學習者的主動參與，這些表徵的功能無法發揮，因此可以透過小組討論的方

式促進學生參與，而老師在使用這些表徵時，除了要提供鷹架的支持還要配合學習者的發展層次。若是針對化學的表徵，則是使用Johnstone所提出的三個層次，分別是巨觀、微觀及符號表徵，其定義整理如表2.1.2。學生的學習困難在於理解這些不同的表徵層次、對於化學過程的解釋以及在表徵之間的轉換，這些都指出學生在化學現象、表徵及相關概念之間缺乏連接。因此當學生若要對化學概念建立理解，他們可能需要在不同表徵與生活經驗間做協調與轉換(Wu, 2003)。三個化學層次中，對學生來說，理解微觀和符號表徵特別困難(e.g. Gabel et al., 1987)，原因可歸因於很多種因素，例如對於原子與分子的不可見(Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1986)，學生不完整或不正確的心智模型(Vickie M Williamson & Abraham, 1995)或是學校所學的科學知識與現實生活經驗的落差(Osborne & Freyberg, 1985)。

一、 畫圖對於學生學習化學的幫助

Van Meter 與 Garner (2005)以「Generative Theory of Drawing construction (GTDC)」此理論說明讓學生畫圖的好處，畫圖可以幫助學習者藉由限制注意力對文字上有更佳的理解，關鍵在於學習者為了要產出圖像，當他們在計畫一張圖時，必須選擇和組織所得到的資訊，整合字句和非字句的表徵。畫圖的好處是由於學習者的建構行為而產生出的自我解釋(Chiu & Wu, 2009)，學習者在畫圖過程中，也會採取自我監控策略(self-regulation strategies)，為了要產出圖的需求，會迫使學習者去設定畫圖的品質目標，以及當他們在產出圖形時去自我審視對於圖畫理解的品質。

Mason, Lowe, 與 Tornatora (2013)根據動畫處理模式「APM (Animation Process Model)」的觀點提到自我產出圖畫的優勢，能夠引起學習者對於動畫更進一步的處理。若以一個已經成形、資訊已被設定好的動畫，會嚴重地限制學習者去提取和內在化關鍵資訊的機會。由於要對一個概念「理解」，是需要有效的資訊提取和內化，而這些通常伴隨能夠提升心智模型建立的認知過程。若對於內容缺乏理解或有誤解，通常是因為當所建立的心智模型是不足夠的，而這正好是動畫隨著時間變化、資訊短暫呈現的特徵，也就是讓觀看者在處理動畫過程中花

費心思，而與心智模型的品質妥協，尤其是當動畫概念複雜時，學習者要建立一個高品質的動態心智模型是很困難的。

若當學習者在觀看動畫過程中，沒有以分析性的視角去觀看，學生很有可能只是輕描淡寫地瀏覽動畫，學習者可能只會提取動畫中較為顯著的特徵，而忽略較細微但可能與概念相關的資訊，若讓學習者自我產出圖畫來讓學習者對於呈現的動畫做更深一步的轉化或操作，就能充當一個檢核表，可以防止學生由於動畫環境所忽視掉的重要概念。

因此Mason et al. (2013)以三個不同的組別探討畫圖對於支持動畫的理解是否有效。動畫的內容為「牛頓擺(Newton's Cradle)」，一組為提供學生空白的紙，讓學生對於所看到的動畫，畫出六張圖畫；第二組為提供已經設定好格式的六張圖，讓學生在看到動畫之後，運用那些圖試著模仿畫一遍；第三組則是只觀看動畫。完成之後，各組學生都被要求要寫出對於動畫的解釋（當下的理解）；兩個月後，各組會再被要求寫出事後對於動畫的記憶和理解（延宕的理解）。研究結果顯示，自我畫出圖畫的組別，對於動畫的理解程度，優於其他兩組，尤其是在延宕的理解上；除此之外，研究者也發現，產生越豐富和越正確的圖畫，在動畫的理解上有正向的關係，因此能夠藉由學生所產出的圖畫，預測學生對於動畫的理解品質。這樣的結果是由於學生要對於所看到的動畫，畫出自己的圖形，學生必須在動畫和自己的圖畫中來來回回，這樣的循環會使學生更仔細的觀察並且需要更大的心智操作，支持學生對於所提供的外在表徵選取關鍵的要素，以及組織、建立內在表徵的過程。Chi (2009)也說到，建構式學習的活動即是要讓學生將原本的學習內容轉化為另一個不同的產出，能有助於學習內容的精緻化。

此外，Schwamborn, Mayer, Thillmann, Leopold, 與 Leutner (2010)不僅探討了學生畫圖與否，以及學生畫圖搭配的教學活動，如何影響學生的學習成效。因此本研究一共分為五組，其中一組為控制組（僅從課本文字上學習）；第二組為讓學生看完一段文字後產出圖畫；第三組是在閱讀完文字後，在重點地方畫線，接著再畫圖；第四組是讓學生閱讀完文字後，要先在心中想像文字的內容（組織和整合）之後再畫圖；最後一組為結合三、四兩組的方法，最後再畫圖。單元內容為化學中的界面活性劑的概念，提到肥皂和水的清潔過程。研究結果顯示，有畫圖的組別在測驗分數明顯都優於控制組，除此之外，也印證了畫圖具有預兆的

效應(*prognostic drawing effect*)，亦即學生所畫出的圖形的品質若越高，學生在後測分數表現上就越好。

因此以化學學習方面來說，學生若要對所看到的動畫產出較「正規」的圖形，學生勢必需要把具有的先備知識和化學動畫所呈現的資訊連結起來，學生能有目的地參與，如此一來，也可能更進一步地理解化學反應(Zhang & Linn, 2011)。

若以畫圖輔助動畫學習，除了支持學習者對於科學內容的學習之外(Ainsworth et al., 2011; Hayes et al., 1994; Van Meter & Garner, 2005)，更能激發學習者去理解動畫並產生更多解釋(Zhang & Linn, 2011)，還能促進學生的參與(Prain & Tytler, 2012)。

二、 做動畫對於學生學習化學的幫助

除了畫圖，讓學生自己做動畫也是一種建構表徵的方式。Chang 與 Quintana (2006)透過研究，使用「建構式的觀點」，以 Chemation 這個動畫工具(Chemation 是一個掌上型電腦的程式，能讓學生建立 2D 的分子模型以及像翻書型式的動畫)，透過前後測、課室觀察、學生製作的動畫以及晤談學生，來去了解在使用 Chemation 這個動畫工具的教學情境下，是否能夠支持學生在化學現象或反應的呈現、理解及推論。研究對象為七年級的學生，研究結果也顯示，使用此工具對大部分學生的學習是有正面的效果，因為學生在使用工具時，是作為一個知識的主動建構者，而繪圖工具可以當作一個建構工具，去支持學生對於抽象過程的呈現及詮釋，也能當作問題解決的工具，有了教師的適當支持與輔助，即使是七年級的學生，也能利用動畫，讓他們進行更高層次的思考，例如理解及推論。作者認為使用電腦繪圖工具能夠保存學生當下的作業，好讓學生能夠進行思考、推理和反思，相較於真實物體或模型，缺乏過程，動畫的成品能夠支持學生去比較不同的過程。而 Chang et al. (2010)接續的研究，同樣應用 Chemation，但使用不同的教學方式，對於學生的學習成效又是如何。因此作者將學生分為三個實驗組別，T1 組的教學內容包含設計、理解以及評析，T2 組為設計和理解(無評析)，最後一組 T3 僅有觀看和理解教師所做的動畫，教學為期十週，來完成 14 個單元

的化學課程，內容包含讓學生探究或探索巨觀的化學現象，包含沸騰、混合和化學反應，然後引導學生使用分子模型來去解釋現象，Chemation 僅應用在其中的三個單元。研究結果顯示，T1 和 T2 以及 T1 和 T3 間對於化學表徵的理解有較顯著的差異，令人注意到的是，T2 和 T3 間，並無顯著差異，若讓學生只觀看動畫和只讓學生設計出動畫的學習成效是差不多的，此研究揭露 T1 組的表現較為優異的原因是多了「同儕間的評析」，鼓勵學生之間互相評析，能夠使他們使用到自製動畫中的特徵，來幫助他們在巨觀和分子表徵之間的連結。

同樣地，Yaseen (2016)亦探討學生自製動畫如何影響對於化學的學習。本研究建立在三個理論基礎，一為維高斯基的社會建構論，二為表徵建構方法 Representation Construction Approach (RCA)(Tytler, Prain, Hubber, & Waldrup, 2013)，三為透過類比學習，將製作動畫視為一種類比，呈現出物質三態的化學現象。將十一年級的學生分為三人一組，在教師的支持下，利用K-sketch（非專門應用在科學上的一種電腦繪圖工具），讓學生畫出分子在固體、液體和氣體的狀態，教師也會引領學生進行討論及分析，並且評論教師專家做的動畫。透過前後測的資料對比、課室觀察、學生晤談以及動畫，顯示讓學生自製動畫會改善學生在此單元的學習。

讓學生建立表徵的過程，不要僅只於背誦，而是要去使用、協調觀念，建立表徵的過程，還必須要搭配有意義的教學活動(Hubber, Tytler, & Haslam, 2010)。動畫若是運用適當的教學方法，能夠促進主動學習，把抽象的化學過程呈現出來，提升理解或是推理。此外，讓學生自製動畫，也可以讓學習變得更有趣、實際以及富有動機，同時建立出的動畫，也能提供教師在學生學習情況的一個回饋，因為建立表徵就類似一種放聲思考(Stieff, Bateman, & Uttal, 2005)，幫助學生去創造、修正和討論表徵，而不是被動地吸收設定好的科學知識。學生在建構動畫的過程中，需要思考該採取什麼樣的策略，例如選擇、組織所要的資訊，以及在新舊知識之間建立連結，再加上建立動畫，即是將化學反應的微觀層次呈現出來，使學生能夠看見化學反應的過程，並思考過程中的重要特徵。

本研究認為讓學生有建立表徵的機會，可使學生放更多注意力於呈現好的動畫當中，而反應在概念測驗的結果上，因此推論VD組及VA組在學習成效皆比V組佳，而VA組相較VD組，以動態的工具進行產出，在學習過程中會比VD組更專

注於化學反應過程，也會促進其微觀層次及多層次概念的連結。

而本研究採用VGEM的教學模式，是根據Khan (2007)提出以建模為基礎的GEM模式，再多增加一個V(Visualize)的步驟。在Khan (2007)的研究中發現，此種教學策略能夠成功地豐富學生對於分子結構的心智模型，除了能夠促進學生投入課堂當中，也有益於師生之間的互動，產出、評析、修正也會成為一個循環，幫助學生形成問題、解決問題。因此，雖然V組並未參與「產出」的步驟，但是三組都有經歷「評析」的步驟，有一些研究顯示(Chang et al., 2010; Clark et al., 2012; Matuk, Zhang, Uk, & Linn, 2019)，讓學生評論給定好的圖片或動畫，對於學習的幫助不亞於有建構表徵的學生，學生進行評析，需要整合並組織想法，Chang et al. (2010)的研究即是發現有讓同儕間彼此評析的組別，表現較為優異，有益於學生在分子與巨觀表徵間的連結。



綜合以上的文獻可以得知，雖然觀看動畫可以幫助學生在化學概念中微觀層次的學習，但是僅止於觀看動畫，無法了解學生是否真的理解，且無法讓學生能夠當一個知識的建構者，增加學生的學習動機。然而本研究欲了解使學生主動參與建構表徵的過程，是否有何異同，因此讓學生在觀看動畫之後，讓學生畫圖以及製作動畫，透過兩種不同的產出方式，除了可以提升學生主動學習的機會，還能透過小組學習及同儕間的評析，來幫助學生思考、使用所呈現的表徵，增加學生在化學層次之間的連結與理解，同時也能當作一種教師的評量工具。

因此，針對欲探討的研究問題提出下列的研究假說：

(一) **研究問題一**：學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」(V 組)、「觀看動畫後畫圖」(VD 組) 以及「觀看動畫後製作動畫」(VA 組) 之後，學生對於電化學單元的學習成效有何異同？

1-1 三組學生在不同的動畫使用方式前後，對於電化學的概念理解有何異同？

➤ V 組與 VD、VA 兩組學生，在電化學概念的後測及延宕測驗具有顯著差異。

1-2 三組學生在不同的動畫使用方式前後，在化學中的三個層次理解有何異同？

➤ 在微觀層次的概念，三組之間無顯著差異，而在多層次概念上，V 組在後測與延宕測驗與 VD、VA 兩組間具有顯著差異。

1-3 關於有「產出」階段的 VD 組及 VA 組，兩組在產生成品過程中有何異同？

➤ VD 組及 VA 組，由於透過不同的工具來建立表徵，在過程之中應該會有很大的差異，預期使用動態工具的 VA 組，能夠有較多在微觀層次的對話，且學習成效比 VD 組佳。

(二) **研究問題二**：學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」(V 組)、「觀看動畫後畫圖」(VD 組) 以及「觀看動畫後製作動畫」(VA 組) 之後，其在科學學習動機有何異同？

➤ 應用多媒體的表徵於教學之中，皆會促進三組的科學學習動機，至於有進行產出階段的 VD 組及 VA 組，由於參與知識建構的過程，組間的互動及對話會較多，與 V 組之間應具有顯著差異。

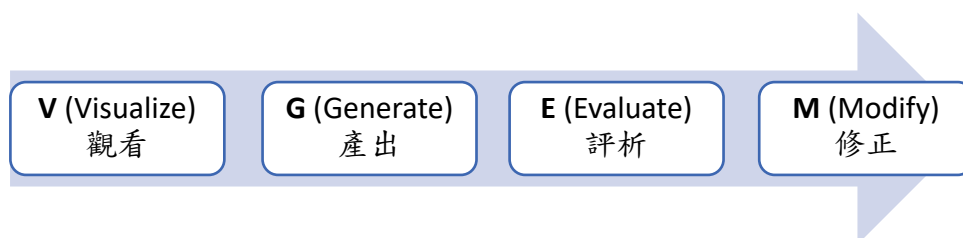
第參章 研究方法

本研究以「電化學」的概念，設計三種不同動畫使用方式的教學情境，本章一共分為六節介紹所採取的研究方法和設計。第一節為研究設計，說明本研究設計的理由與原則；第二節為研究對象與研究流程，說明本研究之研究對象及其背景，並說明本研究的研究程序；第三節為教學與教材內容的設計，包含所應用的教學法及課程單元；第四節為資料搜集，說明本研究資料蒐集所使用的研究工具，包含量前測、後測之概念診斷測驗以及科學動機量表等量化資料，以及課室中焦點學生的錄音檔、學生的圖畫及動畫成品等質性資料；第五節為資料處理與分析，說明本研究針對所蒐集到的量化與質性資料，所欲進行之分析方式。

第一節 研究設計

在前一章的文獻探討中，有指出在教師的引導下讓學生觀看或是製作動畫對於學生的學習會有正面的影響，也提到不同的教學方式會影響學生的學習成效，但是鮮少有研究將不同的動畫使用方式進行比較，尤其是以較抽象的「電化學概念」為教學單元，電池或電解的概念，學生常常是死記知識而非理解，其中指的即是陰陽極及正負極的判斷，還有電子或離子的移動方向。因此本研究者透過三種不同的教學設計，來比較不同的動畫使用方式是否能夠促進學生在電化學單元的學習，更進一步討論，學生若在看完動畫之後，再產出自己的圖畫或是動畫會如何影響其學習。依據研究問題，一共設計三個實驗組別(三個班級)進行比較，一組為讓學生「僅觀看電池及電解的動畫(Visualization)」(以下簡稱V組)，一組為讓學生「觀看動畫後並畫圖(Drawing)」(以下簡稱VD組)，最後一組為讓學生「觀看動畫後再以 Alchemie Animator 應用程式製作電池及電解的動畫(Animation)」(以下簡稱VA組)。

為了讓學生能夠投入於課程當中，也依據 Chang (2006, 2010) 的研究結果，若在教學上使用以建模為基礎的教學方式，例如同儕間的評析，可以促進學生的知識整合以及增加科學投入的程度，因此本研究主要採用 Khan (2007) 提出的教學模式「GEM」，再增加一個 V (Visualize)，觀看動畫的步驟，如下。



三組教學模式一致，除了 V 組沒有第二步的「產出」，其他皆相同，此外，三個實驗組別的進行方式皆以小組單位進行，每組約五至六人，教學時間一共四節課，每節課皆為 50 分鐘。在第一節課，先讓三個組別觀看與電化學概念無關的微觀粒子動畫，動畫內容為物質三態的分子間距離變化以及甲烷燃燒的反應（原子間的重新排列組合），並且讓 VD 組在看完動畫後以紙筆作圖，而 VA 組則使用 Alchemie Animator 應用程式（以下簡稱此 app）製作化學動畫，主要是希望讓三個組別熟悉接下來兩堂課的課程設計，而不影響正式研究中的主題。第二節課開始進入研究所欲探討之課程，以研究者預先準備好的鋅銅電池動畫來複習電池單元的概念，V 組由於只有觀看動畫，為了讓三組教學時間一致，因此 V 組會再另外看兩個動畫，一個同樣為鋅銅電池，另一個即為本研究者以 Alchemie Animator 製作的鎳銀電池，並輔以學習單；VD 組則是在觀看完鋅銅電池動畫之後，以紙筆畫出鎳銀電池的微觀反應過程（學習單上有給予空白電池的格式）；VA 組則是觀看動畫後，要以 app 製作鎳銀電池，此 app 適用於手機及平板，而研究者為了使學生在使用上方便討論，給予兩人一台平板操作之。而在評析的階段，也一樣以學習單的方式，包含裝置配置，電子、離子移動方向正確性，以及美觀程度都納入評析的考量，以學生互評的方式進行；V 組由於無產出，因此研究者讓 V 組評析 VA 組所製作好的動畫，最後提出修正的建議，並觀看由本研究者以 app 製作的鎳銀電池的動畫。第三節課同第二節課的教學流程，觀看動畫的內容為銅棒電解硫酸銅溶液以及鑰匙上鍍銅，使學生的產出為在鐵湯匙上鍍銀。於第四節課進行後測，一個半月後進行延宕測驗，測驗項目僅概念診斷測驗，詳細流程可見表 3.1.1。

表 3.1.1 三個組別的教学設計

組別	教學階段	教學時間 ¹	V	VD	VA
研究設計			僅觀看動畫 (Visualization)	觀看完動畫後 畫圖 (Visualization + Drawing)	觀看完動畫後做動 畫 (Visualization + Animation)
第一節		35分	前測 (概念診斷測驗及科學學習動機量表)		
		15分	觀看化學微觀的動畫	觀看化學微觀的 動畫後畫圖	動畫工具的說明與使 用及觀看化學微觀的 動畫後製作動畫
第二節	V1	10分	複習化學電池的概念並觀看鋅銅電池動畫 (包含正負極、氧化還原等，以鋅銅電池為例)		
	G1	25分	寫學習單 (無產出)	畫圖	製作動畫
	E1	10分	評析 VA 組做的動畫	評析彼此所畫的 圖	評析彼此所做的動畫
活	M1	5分	提出修正的建議(寫於學習單)		
第三節	V2	10分	複習電解和電鍍的概念 (以銅棒電解硫酸銅及在鑰匙上鍍銅為例)		
	G2	25分	觀看動畫並寫學習單 (無產出)	觀看動畫後 畫圖	觀看動畫後 製作動畫

節	E2	10分	評析 VA 組做的動畫 評析彼此所畫的 評析彼此所做的動畫 圖
	M2	5分	提出修正的建議 (寫於學習單)
第 四 節		35分	後測 (概念診斷測驗及科學學習動機量表)

一個半月後

於課堂中進行延宕測驗 (概念診斷測驗)

註 1: 教學時間為大致的時長, V 組由於未有產出階段, 僅寫學習單, 且觀看的動畫比 VD、VA 組多, 因此在產出階段多出的時間會併入評析及修正階段。

第二節 研究對象與研究流程

研究對象參與預試工具修正階段以及正式教學研究階段, 兩階段的研究對象皆為新北市某市立高中的學生, 此高中編班方式為成績及性別皆按常態分班, 各班人數介在 35 至 40 位學生。本研究將設計好的概念診斷測驗進行預試工具的修正, 參與預試工具修正的對象為該校第二類組的高三學生, 這些學生皆未使用過本研究所採用的動畫教學以及 app, 但是皆已學過電化學單元的概念, 共計兩個班, 一共收回 59 份有效資料。而正式教學研究階段的對象為本研究者所任教的高二第一類組的學生, 一共三個班, 在採用本研究的教學法之前, 三個班的學生未曾接觸相關的教學方式 (看動畫、畫圖或做動畫), 但在高一時皆已學過基礎化學 (一) 化學與能源的單元 (包含電化學且非本研究者所教授)。

參與人數	前測	後測	延宕
V 組	37	37	36
VD 組	35	35	33
VA 組	37	37	32
總人數	109	109	101

而本研究流程主要可分為三個階段，第一為研究準備，第二為資料蒐集，第三為資料分析，可見下圖 3.2.1。研究準備歷時最長，經歷發想題目、搜尋相關文獻及發展研究問題等，再依研究問題準備相關的教材，以及前測、後測的題目；由於本研究的研究對象同時為本研究者兼課的班級，因此在研究實施中，除了上課亦同時搜集學生的量化及質性資料；最後來到資料分析的階段，依據研究問題，將量化及質性資料進行分析及比較三組的結果，在各階段中，仍須參閱相關文獻，最後撰寫成論文。



圖 3.2.1 詳細研究流程

第三節 教學與教材設計

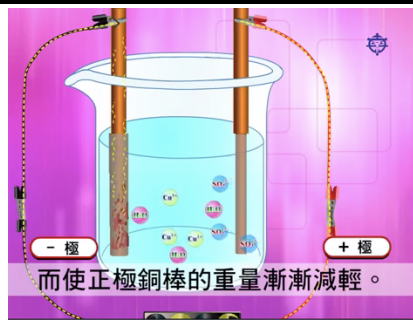
本研究所實施的課程皆符合現行課綱，且教學者為本研究作者，為國立台灣師範大學化學系畢，而在此研究實施前已在該校兼課半年，對於該校風氣及班級皆有一定的瞭解，教學模式主要依據 Khan (2007) 所提出的「產出、評析及修正」三個階段，再加上「觀看動畫」來去進行教學，以下分為教學內容與教材設計兩部分進一步說明之。

一、 教學內容

本研究主要針對「電化學」的概念，內容涵蓋國中自然與生活科技第六冊所提及之「電池」、「電流的化學效應」，以及高中基礎化學(一)之「化學與能源」的單元，上述課程為本研究對象在此研究實施之前皆學過之內容，由於本研究的教學時數有限，以複習「鋅銅電池、電解以及電鍍」的概念為主，課程當中所使用的動畫如表 3.3.1，並搭配表 3.1.1 所提及的教學階段。依據研究問題，本研究者所教學的概念及所使用的動畫，較針對微觀層次以及符號，如兩半電池的氧化與還原反應式、導線中的電子與溶液中離子的移動、電極的判斷等。

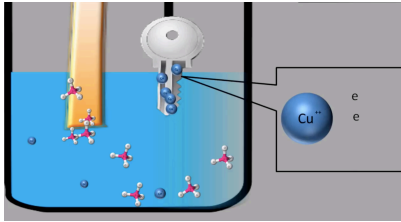
表 3.3.1 教學內容的說明

教學所使用之動畫截圖	教學階段	使用組別	教學說明
 <p>鋅溶解，質量變輕 所以稱為氧化反應。</p> <p>(南一書局)</p>	V1	V VD VA	內容為鋅銅電池，搭配本研究者的講解，主要針對微觀概念部分。
 <p>An Electrochemical Cell</p> <p>(WC Learning Network)</p>	V1	V	此動畫亦為鋅銅電池，並搭配本研究者的講解。 (為使教學時間一致)
 <p>(Alchemie Animator)</p>	G1 E1	V VD VA	此動畫為本研究者以 app 製作的鎳銀電池動畫，V 組在觀看後寫學習單，VD 及 VA 組則是在產出圖畫和動畫之後觀看。



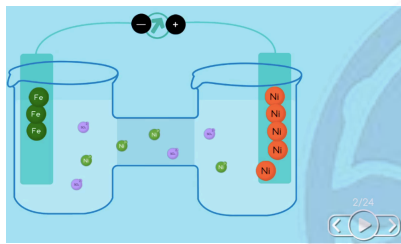
(南一書局)

V2 V 內容為以銅棒電解硫酸銅
VD 的概念，搭配本研究者的
VA 講解。



(Learning Hub Academy)

V2 V 此動畫為在鑰匙上鍍銅的
VD 概念。
VA



(Alchemie Animator)

G2 V 此動畫為本研究者以 app
VD 製作的在鐵湯匙上鍍鎳的
E2 VA 動畫，V 組在觀看之後寫
學習單，VD 及 VA 組則是在
觀看之後要畫圖或製作
動畫。

二、 教材設計

為使學生了解課程之進行，教學中亦輔以研究者所設計之學習單，其內容皆依據課綱及所教學的課程概念。由於三組教學方式不一，因此略有不同，以下進行說明。

1. V 組僅觀看動畫，為得知學生是否理解所觀看的動畫而設計學習單的內容。

如圖 3.3.1，底線處需學生依據動畫進行填空。

一、關於影片中的鋅銅電池，回答以下問題：

1. 請問鋅電極放置在什麼溶液中？_____
2. 電子由_____極移向_____極（外電路）
3. 陽極為_____，亦為_____極，半反應式為_____
4. 陰極為_____，亦為_____極，半反應式為_____
5. 哪一極的重量會減輕？_____
6. 溶液中的 Cu^{2+} 是在何處得到電子而還原成 Cu？_____
7. 鹽橋內的溶液為_____，陽離子游向_____極，陰離子游向_____極（內電路）

圖 3.3.1 V 組的學習單

2. VD 組則是在觀看動畫後畫圖，因此本研究者會提供設定好的電池格式，學生需自行完成其離子或電子移動的「過程」，並設定學生須至少畫滿三張圖以上，除此之外，同 V 組，須完成兩半電池之反應式，如圖 3.3.2。

並完成以下表格

鋅半電池	銅半電池
陰 / 陽極，+ / - 極	陰 / 陽極，+ / - 極
半反應式	半反應式
淨離子全反應式	

圖 3.3.2 VD 組的學習單

3. VA 組在觀看完動畫之後，要以「Alchemie Animator」這個應用程式製作出動畫，此程式的好處即是可以直接在手持裝置，例如手機或平板上使用，不受教學地點限制，而此 app 只針對有關化學概念的動畫製作，介面中可自行新增原子或鍵結，亦提供一些化學模板，例如本研究使用的電池模板，如圖 3.3.3，做完之後，仍須列出學習單上的反應式並判斷正負極。

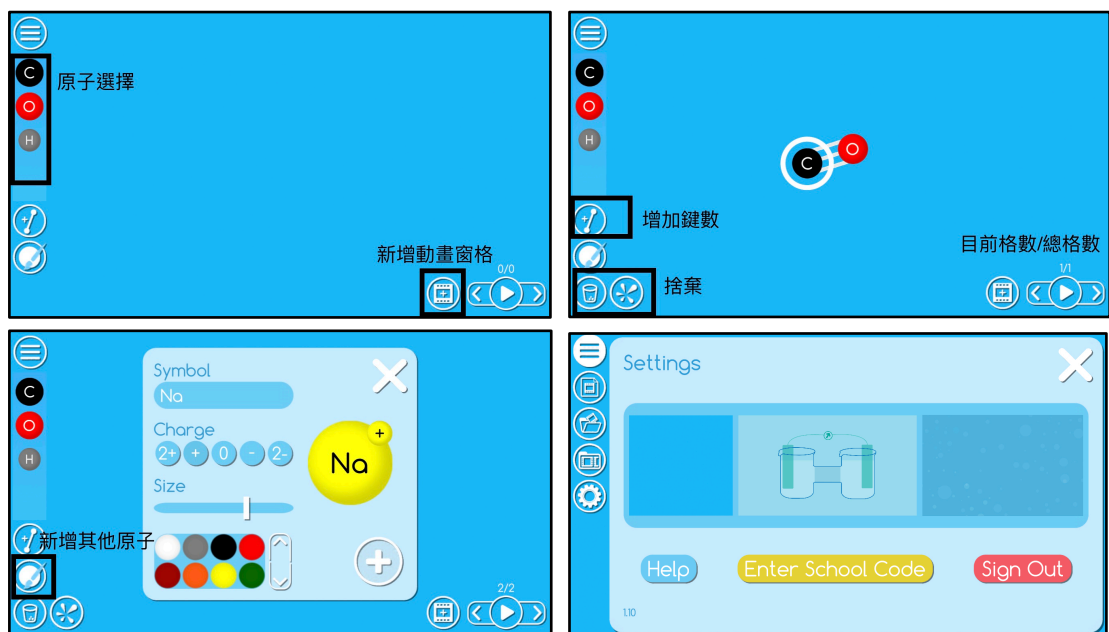


圖 3.3.3 Alchemie Animator 版面

App from Alchemie Solutions, Inc, Alchemie Animator:

Chemistry. <https://www.alchem.ie/animator> (access 10/2018).

在評析階段，為使學生的評析是有方向且有效，因此本研究者也設計學習單，請學生針對其他小組的動畫或圖畫中的內容進行評析，例如裝置的配置或是電化學之相關概念，以及對產出的動畫或圖形的美觀或流暢度進行評分，如圖 3.3.4。三組的評析項目皆相同。

請問你評析的對象為 _____

一、請針對同學所畫的圖，分析以下幾點是否符合：

- 1. 裝置是否配置正確
 - (銀電極(Ag)置於硝酸銀溶液、鎳電極(Ni)置於硝酸鎳溶液)
- 2. 溶液中解離出的陰陽離子是否符合電中性
 - (硝酸銀解離出 Ag^+ 和 NO_3^- (比例 1:1)、硝酸鎳解離出 Ni^{2+} 和 2 個 NO_3^- (比例 1:2))
- 3. 電子移動的方向、位置是否正確
 - (電子(e⁻)由鎳電極移至銀電極，不會出現於溶液中)
- 4. 溶液中離子的移動是否正確
 - (Ni 失去電子變成 Ni^{2+} 至溶液中，溶液中 NO_3^- 會靠近；另一杯 Ag^+ 會靠近銀電極而得到電子，變成(Ag)析出)
- 5. 鹽橋中的離子移動方向是否正確
 - (K^+ 移至銀半電池， NO_3^- 移至鎳半電池)

	非常不好	不好	普通	好	非常好
1. 圖之間的流暢度	1	2	3	4	5
2. 對於此圖的理解程度	1	2	3	4	5
3. 美觀程度	1	2	3	4	5
4. 整體評價	1	2	3	4	5

圖 3.3.4 評析項目的學習單

第四節 資料搜集

本節針對研究問題所使用的研究工具進行介紹，分為前測、後測及延宕測驗所使用的概念診斷試卷、科學動機量表等量化資料的搜集，以及課室錄音及錄影、VD 組學生的圖畫成品、VA 組的動畫成品等質性資料進行說明。

一、 概念診斷試卷

本試卷題目主要參考過去研究中 Acar 與 Tarhan (2007)、Lin, Yang, Chiu 與 Chou (2002)、Michael J. Sanger 與 Thomas J. Greenbowe (1997)、Sanger 與 Greenbowe (2000) 針對學習者對於電化學的相關迷思概念或另有概念去設計，主要檢視學生在電化學概念的進步以及其是否對於電化學含有另有概念，主要內容有電池中的電流、水溶液中的電解質與鹽橋，以及其相關對應的化學層次，可見表 3.4.1。本試卷設計完成後，已請兩位任教於本研究對象之所屬學校五年以上的資深化學教師審視過，並請兩位老師的兩個高三理組班級進行預試，一

共收回 59 份有效資料，經 SPSS 25.0 工具分析，得到該份試卷的 Cronbach's α 值為 0.816。正式參與研究的班級，為本研究者任教的三個一類組班級，分為前測、後測及延宕測驗，最後進行分析的試卷，僅採用三個測驗皆有進行的學生，因此與樣本數不一致，而其收回的有效資料份數分別為，V 組 33 份、VD 組 30 份，而 VA 則為 32 份。

二、 科學學習動機量表

本研究採用段曉林 (2005) 所發展的科學學習動機問卷 (STMSL)，一共分為六個向度，此份問卷根據先前研究已得知 Cronbach's α 為 0.89，而各向度的 α 範圍從 0.70 至 0.89。本研究僅採用其中與本研究較為相關的四個向度讓學生填寫，包含自我效能 (self efficacy, SE, 7 題)、「主動學習策略」(active learning strategy, ALS, 8 題)、「成就目標」(achievement goal, AG, 5 題)，以及「學習環境誘因」(learning environment stimulation, LES, 6 題)，可見表 3.4.2 關於各向度的題目範例。本研究使用三個班級的前測以 SPSS 25.0 計算出此份量表的 Cronbach's α 為 0.87，而各向度的 α 值範圍為 0.70 至 0.83。本量表亦有前測、後測，前測設定的情境主要是在本研究所採用的教學模式之前，學生對於化學學科所持有的動機；而後測則是針對透過本研究的教學情境(分為 V 組、VD 組及 VA 組的教學設計)之下，來探討三組不同學生在經過不同的教學設計學習之後，其科學動機是否有異同。資料收回的有效份數其 V 組、VD 組、VA 組分別為 33 份、30 份及 32 份。

表 3.4.1 概念診斷試卷之題目

電化學概念 (Osman & Lee, 2014)	題號 (配分) ¹		化學層次
	電池	電解 電鍍	
概念一			
學生能了解電極及溶液內的作用	14-1 (1)	11-1 (1)	
1.1 電子從陽極釋出，經外電路流向陰極	3(2), 4(2),		微觀
1.2 鹽橋中的電解質移動	6(2), 7 (2), 8(3)		巨觀、微觀
概念二			
學生能指出陰陽極，+、-端及裝置的配置	13 (1)	9 (2), 10 (1)	巨觀、符號
概念三			
學生能了解陰陽極發生的反應	1(2), 2 (2)		巨觀、微觀
3.1 陰極得到電子，溶液中的陽離子會靠近陰極而發生還原反應	14-2 (2)	11-2 (2)	微觀
3.2 陽極失去電子，釋出陽離子，而溶液中陰離子會靠近			
概念四			
學生能寫出氧化和還原反應過程的反應式	15 (2)	12 (2)	符號
概念五			
學生能了解電解質的概念 溶液的電中性、電荷平衡	5 (2)		微觀、符號

註 1: 其中屬於開放式問題的題號，以灰底表示之，其餘為選擇題。

表 3.4.2 動機量表中的題目範例

題號	題目敘述	向度
3	我有信心在化學考試中取得好的成績。	自我效能
7	對於較難的化學內容，我不會跳過不碰它。	自我效能
10	當有一些化學觀念無法瞭解時，我會找相關資料來幫助理解。	主動學習策略
12	在學習的過程中，我會企圖瞭解所學到的化學知識之間的關聯性。	主動學習策略
17	在學習化學時，我覺得最有成就感的時候是，當我對此單元內容能夠完全了解時。	成就目標
19	在學習化學時，我覺得最有成就感的時候是，當我的想法被老師接受時。	成就目標
21	我願意參與化學課，是因為課程內容生動。	學習環境誘因
26	我願意參與化學課，因為同學能互相討論。	學習環境誘因

三、 VD 組、VA 組焦點學生的錄影錄音資料

本研究欲比較及觀察有參與產出階段的 VD 組及 VA 組學生在學習過程中的異同，因此在這兩組各安排一組焦點學生，此組焦點學生的人數為 6 人，其中在 VA 組，因為平板裝置數量的限制，為每兩人使用一台，因此一組共三台。此焦點組內的學生為本研究者依據在進入此研究之前對於各班學生的觀察，挑選其發言較為踴躍或是成就測驗表現落差較大的學生所組成，在正式進入此研究之前，學生並未得知被挑選，事後皆同意在研究當中施予錄影及錄音。在教學流程中的第二節課及第三節課，針對焦點組擺放一台錄影機及兩支錄音筆，搜集焦點學生的學習過程影像及對話，而 VD 組及 VA 組在兩節課的錄音檔長度分別為 49 分鐘及 62 分鐘左右，事後將此對話轉譯成逐字稿進行分析。

四、 VD 組、VA 組學生的成品

a. VD 組學生的紙筆圖畫

此組學生於觀看動畫後，要將電池或電解電鍍的微觀粒子畫於本研究者事先準備的學習單上（學習單上皆有固定的模板，可見圖 3.3.2），並於課堂後回收，五至六人為一組，每人繳交一份。其中在 G1 階段所回收的有效資料一共 29 份，而在 G2 階段回收的資料一共 27 份。

b. VA 組學生製作的動畫

此組學生在觀看動畫之後，使用 Alchemie Animator 製作電池及電鍍的動畫，此應用程式出自 Alchemie Solutions, Inc, Alchemie Animator: Chemistry. <https://www.alchem.ie/animator> (access 10/2018)，是一個可在手機或平板上（android 或 ios）製作出化學動畫的應用程式，當學生使用此 app 製作出電池和電鍍的動畫，並無法將學生製作好的動畫原檔輸出，僅能留在原裝置中，由於本研究者便於資料的分析，因此以翻拍螢幕的方式，蒐集 VA 組學生所製作出的動畫影片，以兩至三人為一組使用平板製作，每台平板繳交一個動畫，原應收回 19 個動畫，但因為平板裝置的蓄電力及 app 使用問題，因此在 G1 階段所回收的有效資料僅有 11 個動畫，而 G2 階段則有 16 個動畫。

第五節 資料處理與分析

本研究所蒐集的資料包含概念診斷測驗及科學學習動機量表的量化資料，以及焦點學生的錄影錄音、學生的成品等質性資料，本節即針對欲回答的研究問題，來說明如何處理與分析所蒐集的資料。

(一) **研究問題一**：學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」(V 組)、「觀看動畫後畫圖」(VD 組) 以及「觀看動畫後製作動畫」(VA 組) 之後，學生對於電化學單元的學習成效有何異同？

關於學生的學習成效，可再細分為三個子問題來回答之，分別為：

1-1 三組學生在不同的動畫使用方式前後，對於電化學的概念理解有何異同？

此部分欲了解三組學生對於電化學的概念有何異同，可利用概念診斷測驗的結果分析之。本研究使用 SPSS 25.0 統計分析軟體，組內的比較以成對樣本 T 檢定分析，而組間的比較，在前測中三組無顯著差異的情況下，以 ANOVA 單因子變異數分析來比較三組的前測、後測及延宕測驗。

1-2 三組學生在不同的動畫使用方式前後，在化學中的三個層次理解有何異同？

在概念診斷測驗中的題目，依照不同的表徵層次（可見表 3.4.1），挑選部分題目，以成對樣本 T 檢定分析組內在化學微觀層次及多層次的得分差異，組間在前測中無顯著差異的情況，下以 ANOVA 分析比較，以理解三組在表徵層次的異同。

1-3 關於有「產出」階段的 VD 組及 VA 組，兩組在產生成品過程中有何異同？

除了三組在概念上的差異之外，本研究欲了解使用不同的產出方式，畫圖或是做動畫，學生的學習過程中有何異同。因此，以質性分析的方式，將兩組在課堂中小組的成品（圖畫或動畫）進行編碼，VD 組圖畫，在 G1

階段收回 29 份，G2 階段收回 27 份，以每份圖為分析單位；VA 組由於是兩至三人使用平板裝置操作，受限於裝置等外在因素，在 G1 階段僅收回 11 個動畫，而在 G2 階段收回 16 個動畫，以每個完整動畫為分析單位，編碼表見表 3.5.1。一共分為三個類別，第一為作者想得知兩組在成品當中所呈現的化學概念為何，依照表 3.5.2 的概念做評分，以兩組所有成品所得的評分，來區分高、中、低三個層級的範圍；第二為完整性或流暢性，因畫圖及做動畫仍略有不同，因此有名詞上的區別，但兩組在高、中、低三個層級的區分並無太大差異；第三為格數，兩組皆須呈現化學反應的過程，因此皆有格數，但區分層級的標準就不大一樣，VD 組由於以紙筆做圖，而作者為使學生能呈現較多的化學過程，而規定至少要畫出三格，因此以三格當作區分標準，而 VA 組是製作動畫，則無設限最低影格數，區分標準以該組的所有成品使用格數推出其範圍值，編碼範例可見表 3.5.3。



表 3.5.1 VD 及 VA 組的成品編碼表

VD 組		
項目	編碼	定義
化學概念 (見表 3.6.2)	高	化學概念的評分總分為 8~9 分
	中	化學概念的評分總分為 6~7 分
	低	化學概念的評分總分為 1~5 分
完整性	高	該化學反應的離子、箭頭以及電極質量變化皆有標出，且畫出的反應過程完整。
	中	該化學反應的離子、箭頭以及電極質量變化有一處未標出，或畫出的反應過程不完整。
	低	該化學反應的離子、箭頭以及電極質量變化未標出，或是看不出其畫的化學過程為何。
格數	高	圖畫格數 6 格以上
	中	圖畫格數 4~5 格
	低	圖畫格數 ≤ 3 格
VA 組		
化學概念 (見表 3.6.2)	高	化學概念的評分總分為 8~9 分
	中	化學概念的評分總分為 6~7 分
	低	化學概念的評分總分為 1~5 分
流暢性	高	化學反應的過程完整，以及動畫中沒有原子隨意跳動及出現。
	中	化學反應的過程不完整，動畫中有一處出現原子跳動。
	低	沒有展現應有的化學反應，動畫不知所云，且原子突然出現。
格數	高	影格數目 13 格以上
	中	影格數目 7~12 格
	低	影格數目 1~6 格

表 3.5.2 化學概念的評分表

#	內容	定義	編碼	
1	巨觀/ 符號層次	原子的元素符號、離子的電荷標示，或是裝置的配置。	2	標示清楚且完全正確
			1	一處標示不清或有誤
			0	兩處以上有誤
2	巨觀/ 微觀層次	電子及離子的流動方向及位置。	2	標示清楚且完全正確
			1	一處標示不清或有誤
			0	兩處以上有誤
3	電中性	電子得失數目以及電荷平衡（鹽橋）。	2	標示清楚且完全正確
			1	一處標示不清或有誤
			0	兩處以上有誤
4	另有概念	動畫或圖畫中是否含有另有概念。例如：電子出現於溶液中。	1	無
			0	有
5	巨觀/ 符號層次	電池和電鍍的陰陽極及正負極的判斷，並寫出反應式。	2	完全正確
			1	有一個部分錯誤
			0	兩者皆錯

將上述五個概念的編碼相加，可得一總分，用於辨別表 3.6.1 中化學概念為高、中或低。

表 3.5.3 VD 組、VA 組學生成品的編碼範例

範例 1
鎳銀電池
(VD 組)

第一、二格

第三格

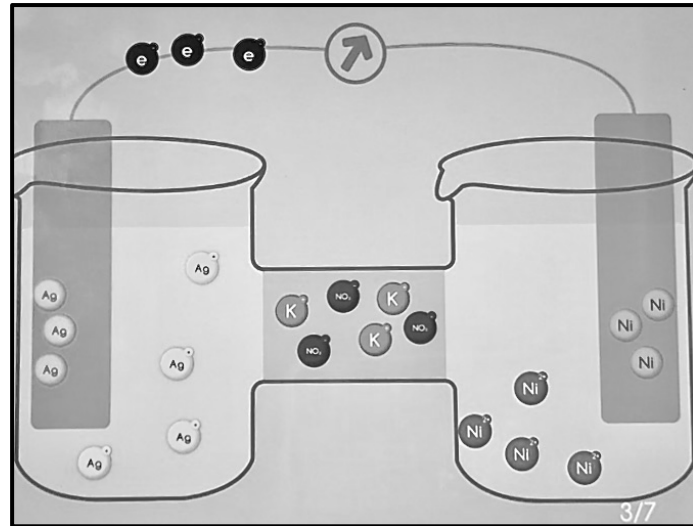
並完成以下表格

鎳半電池		銀半電池	
陰 / 陽極	· + / - 極	陰 / 陽極	· + / - 極
半反應式	$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^{-}$	半反應式	$2Ag^{+} + 2e^{-} \rightarrow 2Ag$
淨離子全反應式	$Ni + 2Ag^{+} \rightarrow Ni^{2+} + 2Ag$		

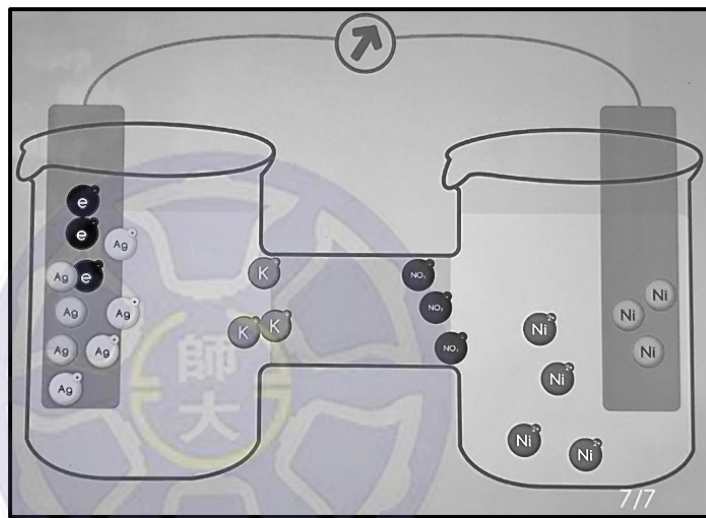
說明	化學概念評分：	編碼
	1. 原子及離子的電荷標示及裝置皆正確。	2
	2. 鎳離子釋出，電子在導線上且往銀極移動，銀離子附上電極。	2
	3. 有考慮到溶液內的電中性，但未標明電子得失數目。	1
	4. 無另有概念。	1
	5. 未圈出陰陽正負極，但反應式正確。	1
	化學概念 (總分為 7)	中
	完整性 (可由三格圖畫看出，化學過程完整，箭頭、電極質量增減皆有標示。)	高
	格數 (三格)	低

範例 2
鎳銀電池
(VA 組)

第
三
格



第
七
格



完成以下表格：

鎳半電池	銀半電池
陰 / 陽極, + / - 極	陰 / 陽極, + / - 極
半反應式 $Ni \rightarrow 2e^- + Ni^{2+}$	半反應式 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
淨離子全反應式 $Ni + Ag^+ \rightarrow Ni^{2+} + Ag$	

說明

化學概念評分：

編碼

1. 原子及離子的電荷標示及裝置皆正確。 2
2. 電子在導線上且往銀極移動，銀離子附上電極，但 1
是可由最後一格看出，並未將 Ag^+ 還原為銀原子。
3. 鹽橋內離子移動正確（正離子往銀極，負離子往鎳 1
極），但電子為三顆，卻有四個銀離子還原。
4. 無另有概念。 1

5. 陰陽正負極正確，但反應式未平衡。	1
化學概念 (總分為 6)	中
流暢性 (可由原動畫看出，化學過程不完整。)	中
格數 (七格)	中

除了 VD 及 VA 兩組成品的比較外，尚有焦點學生於產出階段 (G1 及 G2) 的對話錄音檔，將此轉為逐字稿進行分析，藉由分析組內中的對話內容，來理解其在產出過程中或是在化學概念上的差異。根據兩組在產出階段所得的成品及編碼，作者也欲從對話當中得知焦點學生在產出過程中對於化學的參與以及理解為何，因此，依照對話內容，主要分為兩個主類別，一個是與化學概念相關的對話，另一個為與化學概念無直接相關；與化學概念相關的對話，其又可分為四個次類別，分別是同學之間對於化學概念的問與答、有連結先備知識的對話、產出成品當中所提及的反應流程，以及對於電化學反應的微觀描述，以每句話作為分析單位，編碼及定義可見表 3.5.4。

表 3.5.4 VD 及 VA 兩組在產出階段的對話編碼表

項目	編碼	定義	對話範例 ¹
與化學概念相關	概念問答	對於化學概念上的提問及回答。	<ul style="list-style-type: none"> - VD1 硝酸鎳怎麼寫？ - VD2 負極是放陰極。 - VA1 硫酸銀，硫酸，硫酸是幾負還正？ - VA1 鎳銀哪個活性比較大？
	先備知識	連結過去所學的化學概念，並敘述出來。(包含對與錯)	<ul style="list-style-type: none"> - VD3 然後因為他的活性大，所以他放電子。(對) - VD2 Na...NiNO₃。(錯) - VA6 鹽橋是什麼？AgCO₃喔？(錯) - VA4 我記得銀的活性很小。(對)
	反應流程	在產出的過程中(製作動畫或畫圖)，描述和製作其化學反應所需的粒子以及相關對話。	<ul style="list-style-type: none"> - VD2 圈圈的，Ag 還有 NO₃ 圈圈。 - VD2 你不是應該要畫離子嗎？ - VA4 那我們還要做電子，還怎樣嗎？ - VA4 換個顏色，中間鹽橋好像是鉀跟什麼 NO，鹽橋裡頭我已經做出來了。

	微觀描述	對於產出該目標的化學反應做出微觀過程的敘述。	<ul style="list-style-type: none"> - VD2 他是負的，然後他是正的，應該是負的要往正的對不對？ - VD6 這邊是銀變成銀離子，然後移過去。 - VA6 鎳放電的話，要補負的進去。 - VA4 溶液中... 然後 Ag，Ag 移到溶液中變成離子。
與化學概念無直接相關	討論表徵	在產出過程中，針對同學間產出的表徵作出評論，或是專注在所呈現的表徵特徵。	<ul style="list-style-type: none"> - VD4 為什麼你的毛有箭頭啊？不是隨便畫就好了。 - VD5 那個是什麼？為什麼要包起來？ - VA1 一樣是 2-嗎？換個顏色吧，給他一個全新的顏色。 - VA4 那他綠色小顆是什麼？鐵離子還是 Ag？
	工具的疑問	對於在工具使用上的疑惑，不知道該怎麼做、如何做，或是對之給予負面的價值。	<ul style="list-style-type: none"> - VD4 怎麼畫？ - VD2 好難喔。 - VA4 我們電子會動，但下面的東西不會動？ - VA4 新增是按哪裡啊？
	說明或敘述	在產出過程中，對於某事或某目標的說明與描述。	<ul style="list-style-type: none"> - VD5 這是銀啊，這是鐵啊，所以銀會這樣子，銀要去鍍鐵啊，不是啦，鍍銀啦。 - VD5 只要有銀就好，所以你剛剛那個可以啊。 - VA1 我們是鎳銀電池，所以呢要自己創建一個鎳。

- VA4 只是我們要做動畫，就要讓他們會動。

其他 無關課堂上的對話，或是複誦同學說的話。

- VD4 他說什麼活性大的是得電子對不對？（複誦）
- VD4 欸，誰化學最高？這裡。
- VA6 你有什麼感想？
- VA4 從這邊往這邊跑？（複誦）

註：對話範例各舉例四個，前兩個為 VD 組，後兩個為 VA 組。



(二) 研究問題二：學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」(V組)、「觀看動畫後畫圖」(VD組) 以及「觀看動畫後製作動畫」(VA組) 之後，其在科學學習動機有何異同？

本資料來源為本研究採用的動機量表，有前測與後測的量化資料，同樣以 SPSS 25.0 統計分析軟體分析之。本研究針對整體量表以及各向度的結果，以成對樣本 T 檢定分析組內的差異，並以 ANCOVA 單因子共變數分析，將其量表前測作為共變數，比較三組間的差異。

將本研究所搜集的資料與對應的研究問題，整理如表 3.5.5。

表 3.5.5 資料處理及分析

研究問題	資料來源	分析方法
(一) 學習 成效	1-1 量化 概念診斷測驗(全)	ANOVA、成對樣本 T 檢定
	1-2 量化 概念診斷測驗 (依化學層次挑題)	ANOVA、成對樣本 T 檢定 (表 3.4.1)
	1-3 質性 學生的成品及對話	編碼(表 3.5.1 至 3.5.4)
(二) 學習 動機	量化 科學動機量表	ANCOVA、成對樣本 T 檢定

第肆章 研究結果與發現

本研究的研究目的是想探討動畫經過不同的教學方式，分別是「僅觀看動畫」(V 組)、「觀看動畫後畫圖」(VD 組) 以及「觀看動畫後製作動畫」(VA 組) 之後，對於學生在電化學概念上的學習成效以及科學學習動機上面的影響。本章分為三個小節討論，第一節主要以三組在概念診斷測驗的結果，包含前測、後測及延宕，進行量化的處理與分析，包含概念以及化學層次的異同；第二節主要針對 VD 及 VA 兩組，在「產出」步驟過程中的質性資料分析，探討兩組的差異；第三節則探討三組在科學學習動機的異同，以各組在動機量表的前測、後測結果，進行量化的處理與分析。

第一節 學習成效的異同

本節針對研究問題一，關於學生在經由三種不同的動畫使用方式，學生對於電化學單元的學習成效有何異同。將概念診斷測驗的結果，以 SPSS 25.0 進行 ANOVA 以及成對樣本 T 檢定分析之，分為兩個部分來回答此研究問題，第一是三組在電化學概念上的異同，第二為在化學層次的異同。

一、 三組在電化學概念的異同

(一) 測驗總分的比較

本部分可透過分析本作者所設計的概念診斷測驗，學生在前測、後測及延宕測驗的分數，以成對樣本 T 檢定來分析組內透過該種教學方式，在前後測及延宕的差異，見表 4.1.1。由表中資料可看出，三組在前測至後測皆有顯著的進步，且根據 Cohen's d 算出的效果量值(Effect Size, ES)，可知數值若呈 0.2 為低度效果，0.5 為中度，大於 0.8 則為高度，由表中數據看出三組效果量的值皆大於 0.8；而在後測至延宕測驗的表現中，三組退步的分數沒有顯著差異，表示三組沒有顯著

退步，延宕相較於前測，三組皆有進步，因此這三種動畫使用方式，對於學生在電化學概念上的學習都是有益的。

表 4.1.1 成對樣本 T 檢定分析組內概念診斷測驗之結果

組別	V		VD		VA	
n	33		30		32	
項目	平均分數的差值 (標準差)					
後測-前測	6.92	(6.29)	9.10	(8.01)	7.66	(5.92)
顯著性 (雙尾)	< .001***		< .001***		< .001***	
ES	1.15		1.47		1.35	
延宕-後測	-2.14	(6.65)	-2.20	(8.08)	-1.28	(6.30)
顯著性 (雙尾)	.074		.147		.258	
延宕-前測	4.79	(8.07)	6.90	(7.56)	6.38	(6.88)
顯著性 (雙尾)	< .01**		< .001***		< .001***	
ES	0.71		1.33		1.01	

註： *: p<.05 ** : p<.01 ***: p<.001

在前測三組間沒有顯著差異之下，以 ANOVA 比較三組之間在後測與延宕測驗是否有顯著的差異，如表 4.1.2 所示。由表中結果可得知，透過不同的動畫使用方式的教學實施之後，在後測及延宕測驗中，V 組、VD 組及 VA 組之間並無顯著差異。可見整體而言，三種動畫使用方式對於電化學概念並無顯著的影響。

表 4.1.2 ANOVA 比較三組間概念診斷測驗結果

組別	V	VD	VA	F 值	顯著性
n	33	30	32		
前測	5.39	4.82	6.22	0.95	.390
總分	(4.45)	(2.96)	(4.43)		
後測	12.32	13.92	13.88	0.49	.616
平均值	(7.29)	(8.25)	(6.70)		
(標準差)					

延宕	10.18 (8.38)	11.72 (6.72)	12.59 (7.77)	0.82	.443
----	------------------------	------------------------	------------------------	------	------

(二) 測驗中各個概念的分數比較

而在本測驗中，包含了不同的電化學概念（可見表 3.4.1 及下表 4.1.3），因此，除了總分的比較之外，作者也欲得知在經由不同的動畫使用方式之後，對於在不同的概念上是否有差異或影響，於是將題目依照概念區分之後，再以成對樣本 T 檢定及 ANOVA 分析之，可得表 4.1.4 及 4.1.5。

概念	內容	題號
概念一	學生能了解電極及溶液內的作用	3, 4, 6, 7, 8, 11-1, 14-1
概念二	學生能指出陰陽極，+、- 端及裝置的配置	9, 10, 13
概念三	學生能了解陰陽極發生的反應	1, 2, 11-2, 14-2
概念四	學生能寫出氧化和還原反應過程的反應式	12, 15
概念五	學生能了解電解質及電荷平衡的概念	5

表 4.1.3 概念診斷測驗中的各項概念

依照表 4.1.4 中的結果，可發現幾乎所有概念在前測至後測都有顯著的進步，但是唯獨在「概念五」，V 組在後測-前測的分數上並無顯著的進步，可得知僅觀看動畫，對於在概念五的幫助不大；接著再看至延宕-後測，雖然三組在總分上都沒有顯著的退步，但是區分概念之後，發現在「概念二」，三組竟然都有顯著的退步，可能概念二，關於讓學生指出電極的陰陽正負，僅依靠記憶而非理解；而「概念五」，僅 VA 組無顯著退步，V 組和 VD 組也有顯著退步，因而推測讓學生製作動畫或許較有助於學生了解電解質及電荷平衡的概念，不論是在概念的進步，以及記憶滯留時間，都較佳。

表 4.1.4 成對樣本 T 檢定分析組內在測驗中的各個概念

組別		V	VD	VA
n		33	30	32
概念一	後測-前測	2.88 (3.80)	3.30 (4.24)	3.38 (3.70)
	顯著性 ¹	< .001***	< .001***	< .001***
	ES	0.94	1.01	1.09
二	延宕-後測	-0.94 (3.54)	-0.53 (4.63)	-0.72 (4.11)
	顯著性	.138	.533	.331
	ES	1.30	2.05	1.24
三	後測-前測	1.77 (2.49)	2.25 (2.93)	2.05 (2.64)
	顯著性	< .001***	< .001***	< .001***
	ES	0.85	0.94	0.93
四	延宕-後測	0.09 (2.99)	0.48 (3.04)	-0.08 (2.54)
	顯著性	.863	.391	.863
	ES	1.08	1.30	0.64
五	後測-前測	0.67 (0.82)	0.87 (1.31)	0.66 (1.12)
	顯著性	< .001***	< .01**	< .01**
	ES	0.75	0.96	0.76
六	延宕-後測	0.06 (1.66)	-0.23 (1.68)	0.25 (1.59)
	顯著性	.835	.452	.379
	ES	1.30	2.05	1.24
七	後測-前測	0.42 (1.39)	0.87 (1.01)	0.50 (1.24)
	顯著性	.090	< .001***	< .05*
	ES	0.43	0.95	0.52
八	延宕-後測	-0.36 (0.78)	-0.60 (0.93)	-0.13 (1.34)
	顯著性	< .05*	< .01**	.601
	ES	0.23	0.62	0.12

註：1. 顯著性為雙尾。2. *: p< .05 ** : p< .01 ***: p< .001

同樣以 ANOVA 分析比較三組之間在各個概念的前測、後測以及延宕測驗是否有顯著差異，見表 4.1.5，但與總分所得的結果一致，並無有任何一組在概念上有顯著突出的表現，三組之間比較起來是差不多的，因此從各概念比較的結果，較無法直接判斷何種動畫使用方式是特別有益學生的學習。

表 4.1.5 以 ANOVA 分析比較三組在測驗中的各個概念

組別		V	VD	VA	F 值	顯著性
	n	33	30	32		
概念一	前測	2.67 (2.48)	2.70 (2.51)	3.31 (2.86)	0.61	.544
	後測	5.55 (3.55)	6.00 (3.87)	6.69 (3.33)	0.83	.438
	延宕	4.61 (4.22)	5.47 (3.79)	5.97 (4.01)	0.96	.388
概念二	前測	0.50 (0.79)	0.22 (0.31)	0.44 (0.56)	1.93	.151
	後測	1.68 (1.01)	2.03 (1.21)	1.52 (1.10)	1.76	.178
	延宕	0.70 (0.79)	0.72 (0.75)	0.91 (0.79)	0.71	.496
概念三	前測	1.44 (1.62)	1.33 (1.60)	1.81 (1.76)	0.72	.491
	後測	3.21 (2.48)	3.58 (2.98)	3.86 (2.58)	0.48	.622
	延宕	3.30 (3.18)	4.07 (3.08)	3.78 (3.13)	0.48	.619
概念四	前測	0.18 (0.58)	0.03 (0.18)	0.09 (0.39)	0.98	.380
	後測	0.85 (1.12)	0.90 (1.27)	0.75 (1.16)	0.13	.879
	延宕	0.91 (1.42)	0.67 (1.42)	1.00 (1.61)	0.41	.663

表 4.1.5 以 ANOVA 分析比較三組在測驗中的各個概念 (續)

組別		V	VD	VA	F 值	顯著性
概 念	前測	0.61 (0.93)	0.53 (0.90)	0.56 (0.91)	0.05	.951
	後測	1.03 (1.02)	1.40 (0.93)	1.06 (1.01)	1.32	.272
五	延宕	0.67 (1.95)	0.80 (1.00)	0.94 (1.01)	0.61	.546

(三) 測驗中的另有概念

而在概念診斷測驗的設計當中，有部分的題目選項裡包含了另有概念，依照本測驗所涵蓋的概念 (表 3.5.1)，在概念一、三及五會出現學生常見的另有概念，而在概念二及四，由於屬於開放性的問答，要學生判斷陰陽極及正負極，或是寫出反應式，因此較無法直接判斷是否含另有概念，下表 4.1.6 整理出測驗中含另有概念的題目及其對應的選項。

表 4.1.6 含另有概念的題號及其選項

概念	另有概念	包含的題號及其選項
概念一	電子出現於溶液中、在鹽橋中出現或通過鹽橋	3(c, d), 4(c, d), 6(c, d), 7(b), 8(a, b, c), 11-1, 14-1
概念三	電子出現於溶液中	1(b, d), 2(b, d)
概念五	電池的兩杯溶液，一杯為正，另一杯為負，無維持電中性或出現電子。	5(a, b, d)

而動畫使用方式的不同，除了想了解是否能讓學生在概念上的進步之外，也欲得知哪一種使用方式能有效地減少學生對於電化學的另有概念。因此，依照上表各題中含另有概念的選項，將各組選擇的人數相加，再除以該組總人數，可得

一個平均百分比，例如，VD 組選擇第 3 題的 c、d 選項一共有 15 人，該組總人數為 30 人，可得知 VD 組學生在第 3 題含另有概念的百分比為 50%。將各組各題的百分比（一共十題），輸入 SPSS 25.0 的統計分析軟體，以成對樣本 T 檢定分析之，可得知選取另有概念的學生平均百分比是否有差異，見表 4.1.7。

表 4.1.7 以成對樣本 T 檢定分析各組學生具有另有概念的比率

組別	選取另有概念選項的學生平均百分比 (%)		顯著性 (雙尾)
	前測	後測	
V	35.4	25.5	.130
VD	30.4	20.1	.114
VA	35.5	19.5	< .05*

註： *: p< .05 **: p< .01 ***: p< .001

由表中結果可看到，選取另有概念選項的學生平均百分比，從前測至後測，整體而言僅有 VA 組有顯著的差異，因此將三組各題的比例在前及後的變化做一個比較，以了解為何僅有 VA 組達顯著差異，可見下圖 4.1.1，前測的比例以虛線表示，後測以實線表示，且為清楚比較該組在前測至後測中選取另有選項學生比例的變化，以漲跌長條線表示其比例的變化量，深色塗滿的長條跌線表示由前測至後測比例減少的量，未塗滿顏色之長條漲線表示由前測至後測比例增加的量。

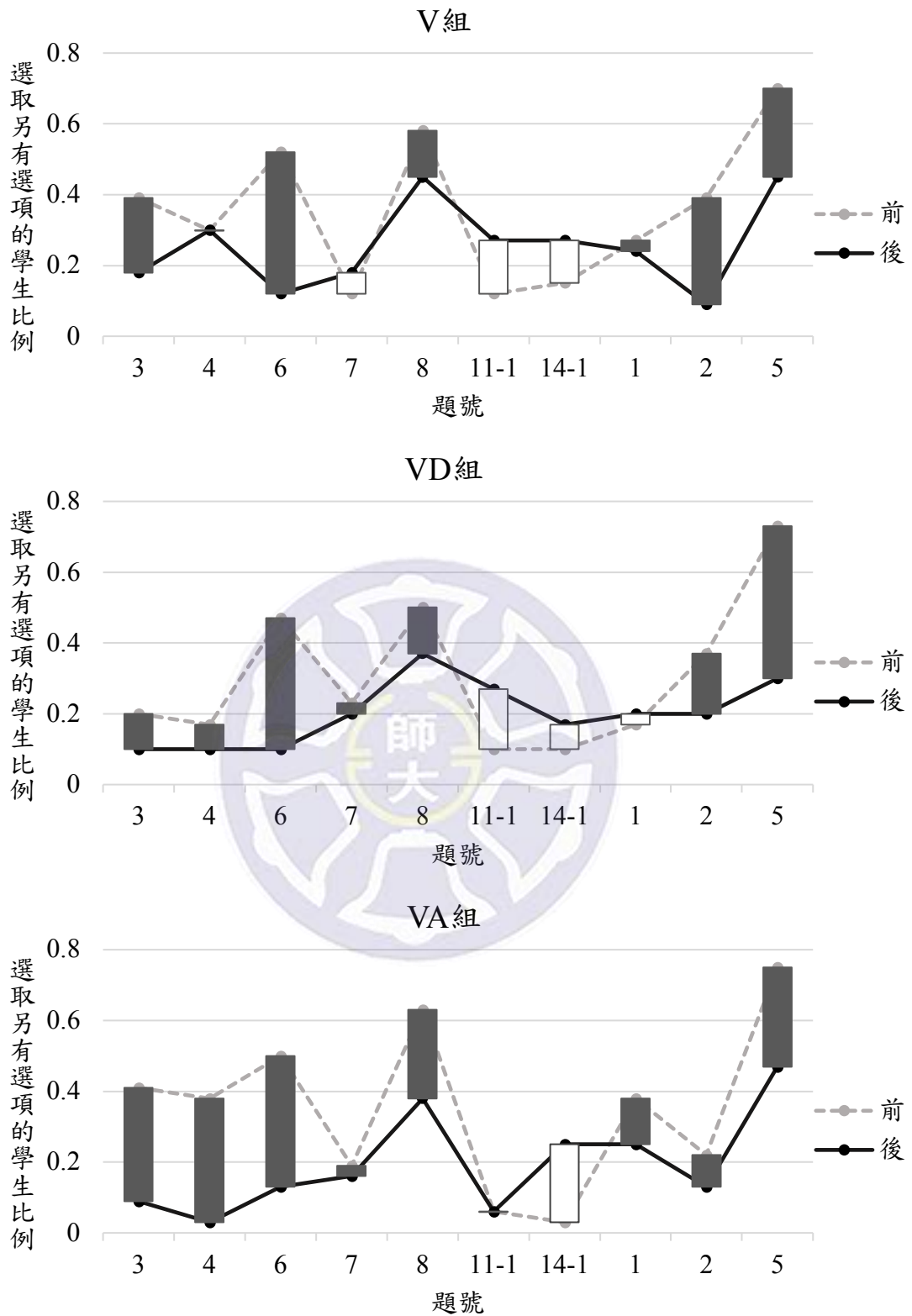


圖 4.1.1 三組在各題選取另有選項的學生比例在前後的變化

依照圖 4.1.1 所示，大部分的題目在後測學生選取另有概念的比例都有降低，其中在 11-1 及 14-1 題，後測中可能比例提高的原因是因為此兩題為開放式問題，學生在前測未作答，而在後測才出現另有概念的答案，由圖中的長條變化量，可看見相較於 V 組及 VD 組，VA 組在前後的落差較大，尤其是在 3、4、6、8 題的幅度特別明顯，且除了 14-1 題，並未有其他題有另有概念增加的傾向。由此推測或許讓學生自行製作電化學概念的動畫，能有效地幫助他們減少另有概念。

二、 三組在化學層次的異同

欲探討研究問題一的第二個子問題，關於在不同的動畫使用方式之後，學生在化學中的三個層次理解有何異同。電化學的各個概念，包含巨觀、微觀及符號表徵，可見表 3.4.1，將不同層次的題目區分開來檢視三組學生是否具有差異，而在先前的文獻當中已提到觀看動畫對於學生在微觀層次的概念學習是有影響的，因此本研究也挑選「微觀」層次的題目檢視之，但是化學概念大部分不僅含其中一個層次，而本研究也除了讓學生觀看動畫，亦有讓學生產出額外的表徵（VD 的圖及 VA 組的動畫），因此除了微觀層次的探討外，也欲得知涵蓋不只一個層次，也就是「多層次」的題目上，三組是否有差異，見表 4.1.8。

表 4.1.8 化學層次以及題號的對應

化學層次	概念內容	題號
微觀	電子以及鹽橋內離子的流動。	3, 4, 11, 14
多層次 (包含巨觀、 微觀及符號)	陰陽極發生的反應、電中性、電荷平衡 的概念。	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13

因此，根據表中的題目分類，將微觀的題目得分相加，以成對樣本 T 檢定分析組內在前測、後測及延宕的差異，見表 4.1.9。

表 4.1.9 以成對樣本 T 檢定分析三組在微觀層次題目的表現

組別	V	VD	VA
n	33	30	32
後測-前測 (標準差)	1.92 (3.28)	2.58 (3.60)	2.61 (2.74)
顯著性(雙尾)	< .01**	< .001***	< .001***
ES	0.78	0.84	1.05
延宕-後測 (標準差)	-0.45 (1.89)	-1.45 (3.49)	-0.98 (2.89)
顯著性(雙尾)	.176	< .05*	.063
ES	0.15	0.45	0.35
延宕-前測 (標準差)	1.47 (3.56)	1.13 (3.32)	1.63 (2.63)
顯著性(雙尾)	< .05*	.072	< .01**
ES	0.57	0.49	0.67

註： *: p< .05 **: p< .01 ***: p< .001

由上表結果可得知三組在微觀層次的題目，從前測至後測皆有顯著的進步，其中以 VA 組的效果量值最大，再看至從後測至延宕的表現，僅有 VD 組有顯著的退步，而且 VD 組的延宕和前測相比，竟沒有很顯著的進步，而 V 組及 VA 組的延宕測驗與前測相比，都有顯著的進步，又以 VA 組最為顯著。

接著以 ANOVA 比較三組間在微觀層次的題目是否存在顯著差異，見表 4.1.10，但根據表中結果所示，三組在前測、後測及延宕測驗間都沒有顯著差異。

表 4.1.10 以 ANOVA 比較三組微觀層次題目的表現

組別	V	VD	VA	F 值	顯著性
n	33	30	32		
前測	1.50	2.00	2.19	0.99	.377
微觀題目的 分數平均值 (標準差)	(1.90)	(2.15)	(2.07)		
後測	3.42	4.58	4.80	1.72	.185
	(2.95)	(3.79)	(2.85)		
延宕	2.97	3.13	3.81	0.84	.436
	(3.09)	(2.45)	(2.71)		

上述僅探討含微觀此種單一層次的題目，但有其他另一部分的題目，牽涉到不同層次間的轉換，可能是巨觀及微觀，或是微觀及符號等，將此種「多層次」的題目得分相加，以成對樣本 T 檢定分析組內在前測、後測及延宕測驗的變化，可得表 4.1.11。由表中結果，得知三組從前測至後測皆有顯著的進步，但是在延宕-後測的比較中，僅觀看動畫（無產出）的組別 V 組，有較顯著的退步，而且與其他兩組相比，延宕-前測雖有達顯著，但是效果量的值僅呈中度。

表 4.1.11 以成對樣本 T 檢定分析三組在多層次題目的表現

組別	V	VD	VA
n	33	30	32
後測-前測 (標準差)	3.94 (4.16)	5.08 (4.18)	3.98 (3.14)
顯著性(雙尾)	< .001***	< .001***	< .001***
ES	1.12	1.65	1.34
延宕-後測 (標準差)	-2.11 (4.86)	-0.95 (3.99)	-1.13 (3.84)
顯著性(雙尾)	< .05*	.202	.108
ES	0.49	0.24	0.30
延宕-前測 (標準差)	1.83 (4.39)	4.13 (4.92)	2.86 (4.06)
顯著性(雙尾)	< .05*	< .001***	< .001***
ES	0.49	1.28	0.83

同樣以 ANOVA 分析比較三組間在多層次题目的差異，得到表 4.1.12 的結果，三組在前測、後測及延宕測驗中，並無顯著的差別，但從表中數據可看出 V 組的標準差與其他兩組相比都比較大。

表 4.1.12 以 ANOVA 比較三組多層次题目的表現

組別	V	VD	VA	F 值	顯著性
n	33	30	32		
前測	3.65 (2.83)	2.75 (2.20)	3.84 (2.62)	1.58	.211
多層次题目 分數平均值 (標準差)					
後測	7.59 (4.08)	7.83 (3.77)	7.83 (3.28)	0.05	.956
延宕	5.48 (4.50)	6.88 (4.00)	6.70 (4.12)	1.04	.356

第二節 在產出階段的異同

除了量化資料的比較外，與 V 組的教學設計不同的是，VD 組及 VA 組有產出的階段 (G1, G2)，分別是在觀看完動畫後畫圖，以及用 app 製作動畫，因此將兩組在產出階段，學生所畫的圖、製作的動畫，以及在過程中所錄下的對話進行分析，以了解這兩種方式在產出的過程中有何差異，以比較兩組間的異同。

一、成品的分析

兩組的成品，分別是 VD 組作的圖以及 VA 組做的動畫，在兩階段中 (G1、G2) 各舉例一個成品置於圖 4.2.1，但由於 VA 組的動畫影格數較多，無法一一列出，因此僅放上四張由始至末較為關鍵的截圖。將兩組成品經過表 3.5.1 及 3.5.2 的編碼及評分後，可得表 4.2.1 的結果，表中數字為每個成品依照其在各項目中

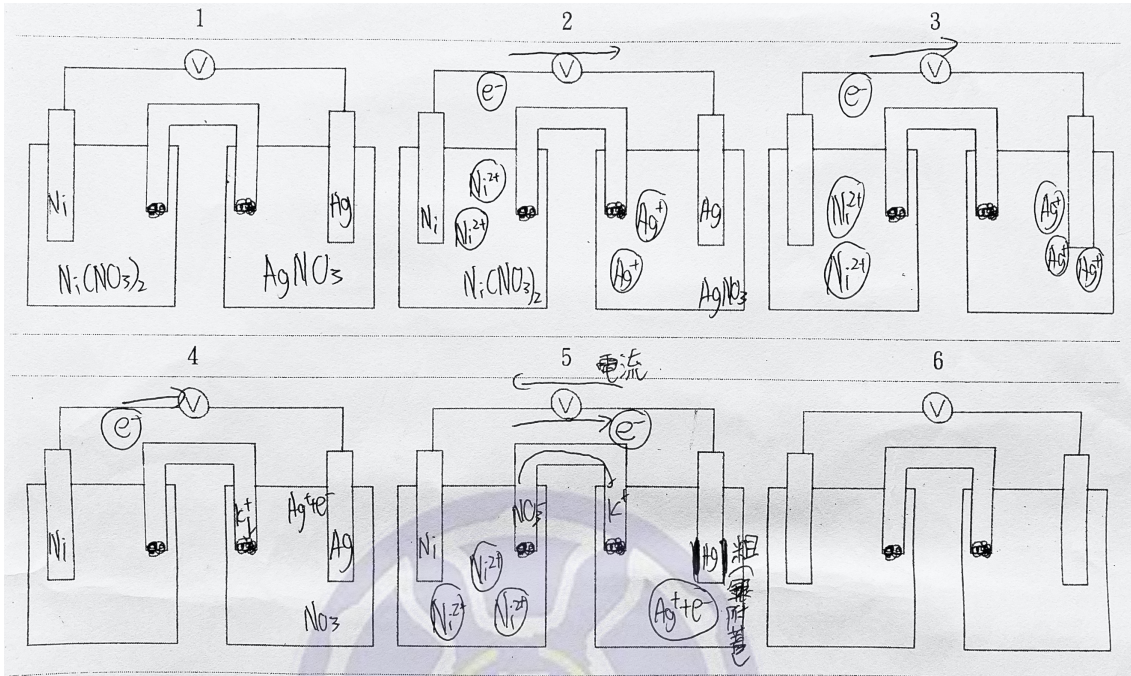
所佔的比例得之，例如，VD 組在 G1 的 29 份成品中，有 6 份圖符合化學概念高，因此所佔比例為 20.7%。VA 組由於受制於平板裝置，成品數比 VD 組還少，除此之外，仍可從共同的分析項目，化學概念、流暢性或完整性以及格數，來看出一些差異，可見圖 4.2.2。先從化學概念來看，兩組在 G1 及 G2 階段，具有化學概念高的成品比例沒有落差太大，但是在化學概念低的成品比例，VA 組比 VD 組高出許多，推測可能是由於 VA 組對於 app 的使用不熟悉，但是從 G1 至 G2，VD 組反而在化學概念低的比例略微提升，而 VA 組則大幅下降。再來從完整性或流暢性的項目來看，很明顯的是，VA 組在 G2 階段的流暢性大幅提高，而 VD 組的 G1 及 G2 階段差異不大；格數的部分，VD 組以紙筆做圖，格數可理解會較少，但從 G1 至 G2，兩組很明顯的差異，VD 組的成品格數低的變多，而 VA 組格數低的成品不僅變少，格數高的成品比例也大幅提高，表示兩組在面對使用不同方式的產出，有很大的差異。



G1

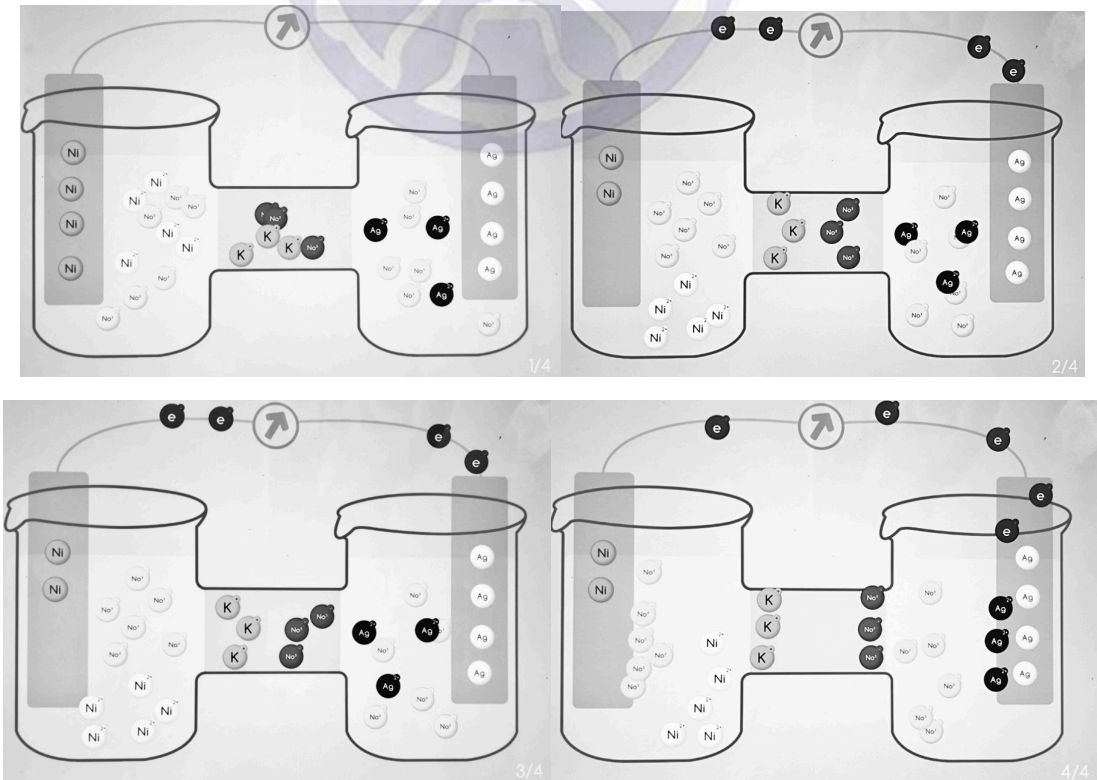
VD

VD30



VA

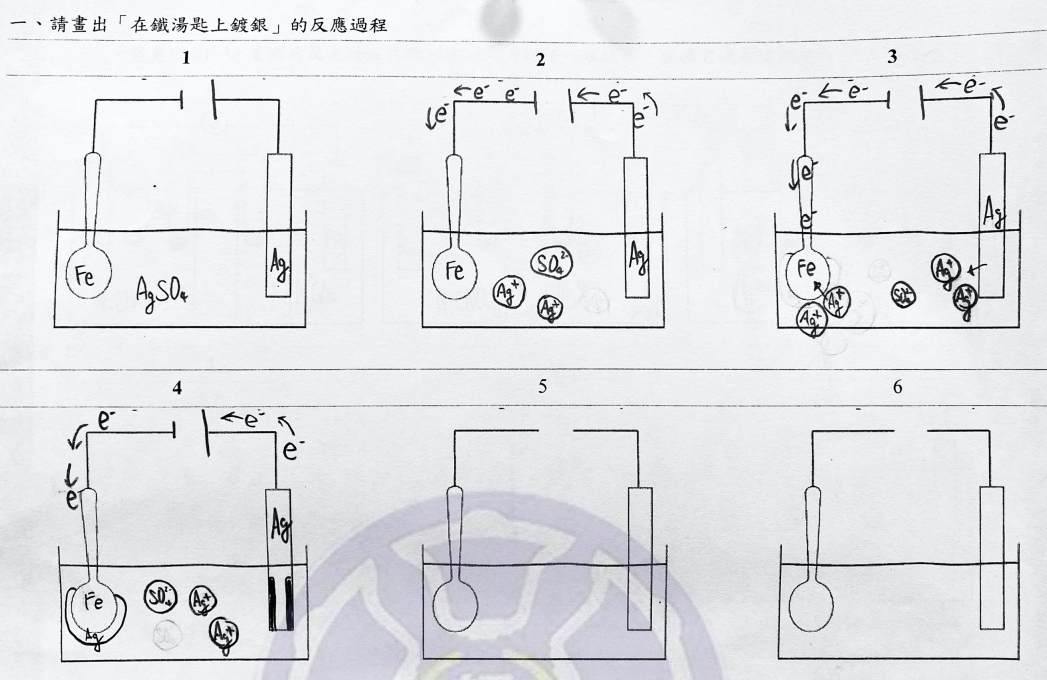
VA8, 9, 12



G2

VD

VD29



VA

VA8, 9, 12

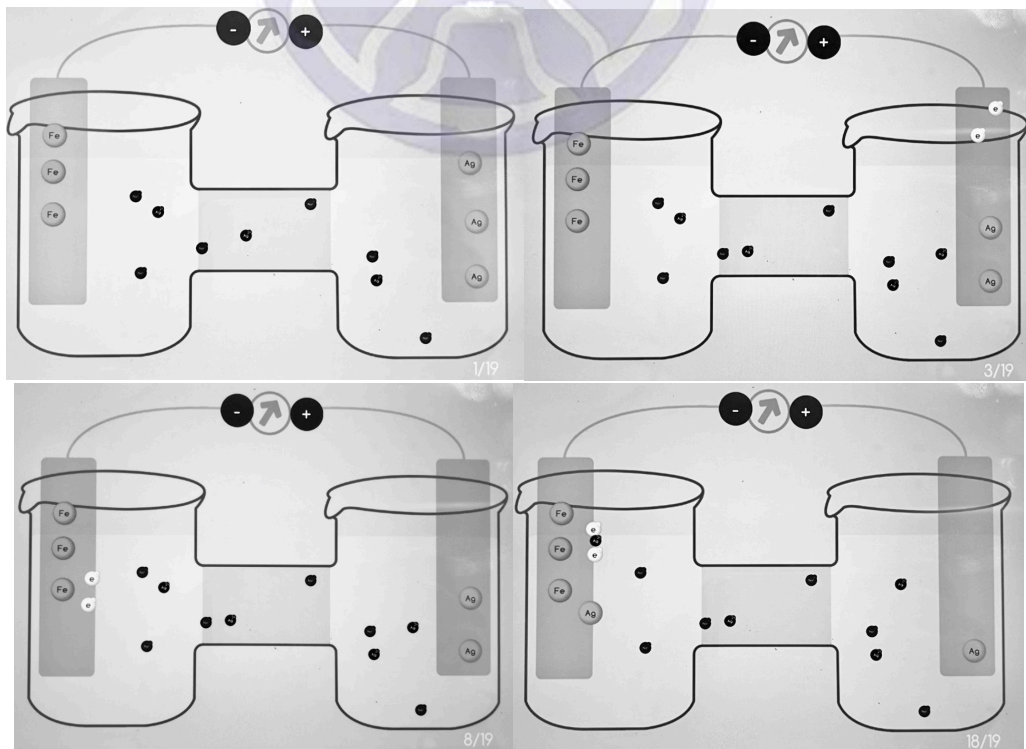


圖 4.2.1 VD 組及 VA 組的成品

表 4.2.1 VD 組及 VA 組的成品結果

所佔比例 (%)		VD 組 (紙筆作圖)	VA 組 (製作動畫)
項目			
G1 階段的成品數		29 份圖	11 個動畫
化學概念	高	20.7	18.2
	中	55.2	27.3
	低	24.1	54.5
流暢性 完整性	高	6.9	18.2
	中	34.5	63.6
	低	58.6	18.2
格數	高	0	0
	中	48.3	54.5
	低	51.7	45.5
G2 階段的成品數		27 份圖	16 個動畫
化學概念	高	25.9	25.0
	中	44.4	43.8
	低	29.6	31.3
流暢性 完整性	高	11.1	43.8
	中	44.4	43.8
	低	44.4	12.5
格數	高	0	50.0
	中	33.3	18.8
	低	66.7	31.3

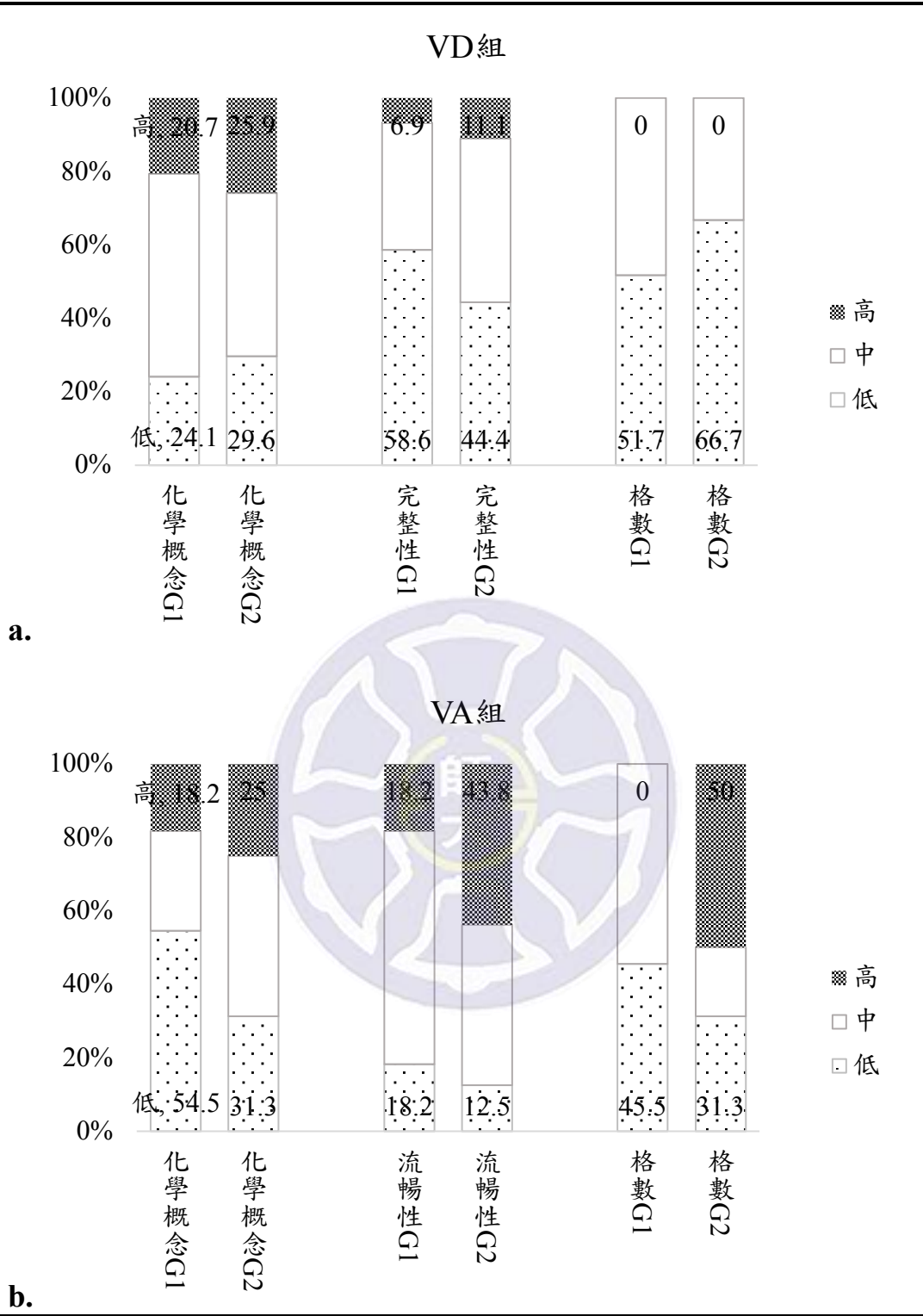


圖 4.2.2 VD 組及 VA 組的成品在三個項目中的比例長條圖

二、 對話的分析

將 VD 組及 VA 組在產出成品過程中的對話轉成逐字稿，根據表 3.5.4 進行分析，以每一句作為分析單位，兩組在兩階段被編碼的一共有 409 句，與化學概念相關的有 193 句，與化學概念無直接相關的有 216 句，其餘項目的統計資料可見表 4.2.2。

表 4.2.2 產出階段的對話編碼統計

項目	編碼 (句/總數, 所佔百分比%)	定義
與化學概念相關	概念問答 (70/193, 36.3%)	對於化學概念上的提問及回答。
	先備知識 (28/193, 14.5%)	連結過去所學的化學概念，並敘述出來。 (包含對與錯)
	反應流程 (62/193, 32.1%)	在產出的過程中(製作動畫或畫圖)，描述和製作其化學反應所需的粒子以及相關對話。
	微觀描述 (33/193, 17.1%)	對於產出該目標的化學反應做出微觀過程的敘述。
與化學概念無關	討論表徵 (61/216, 28.2%)	在產出過程中，針對同學間產出的表徵作出評論，或是專注在所呈現的表徵特徵。
	工具的疑問 (38/216, 17.6%)	對於在工具使用上的疑惑，不知道該怎麼做、如何做，或是對之給予負面的價值。
	說明或敘述 (54/216, 25.0%)	在產出過程中，對於某事或某目標的說明與描述。
	其他 (63/216, 29.2%)	無關課堂上的對話，或是復誦同學說的話。
(193/409, 47.2%)		
(216/409, 52.8%)		

資料中，VD 組在 G1 有 85 句，G2 有 117 句，VA 組在 G1 有 151 句，G2 有 56 句，將各組的對話依照編碼表進行分類之後，將屬於各項目中的句數除以該階段的總句數可得一個百分比，以此比例來端看兩組在產出過程中的對話內容為何，如下表 4.2.3 所示的結果。

表 4.2.3 VD 組及 VA 組在產出階段的對話在各項編碼中的百分比

項目 \ 對話所佔百分比%	VD 組 (紙筆作圖)	VA 組 (製作動畫)
<i>G1 階段對話數量</i>	<i>85 句</i>	<i>151 句</i>
與化學有關	34.1 (%)	45.7 (%)
- 概念問答	18.8	9.3
- 先備知識	5.9	9.3
- 反應流程	1.2	20.5
- 微觀描述	8.2	6.6
與化學無關	65.9 (%)	54.3 (%)
- 討論表徵	16.5	10.6
- 工具疑問	7.1	18.5
- 說明或敘述	10.6	18.5
- 其他	31.8	6.6
<i>G2 階段對話數量</i>	<i>117 句</i>	<i>56 句</i>
與化學有關	47.0 (%)	71.4 (%)
- 概念問答	23.9	21.4
- 先備知識	1.7	12.5
- 反應流程	15.4	21.4
- 微觀描述	6.0	16.1
與化學無關	53.0 (%)	28.6 (%)
- 討論表徵	23.9	5.4
- 工具疑問	0	7.1
- 說明或敘述	12.0	5.4
- 其他	17.1	10.7

先從對話數量來看，兩組在兩階段的對話量有明顯的差距，可見圖 4.2.3。在 G1，VA 組將近 VD 組的一倍，而在 G2 卻相反，因此為了更了解兩組在對話上的內容為何而造成此差異，從上表將各組完成編碼後的比例轉成圓餅圖 4.2.4。

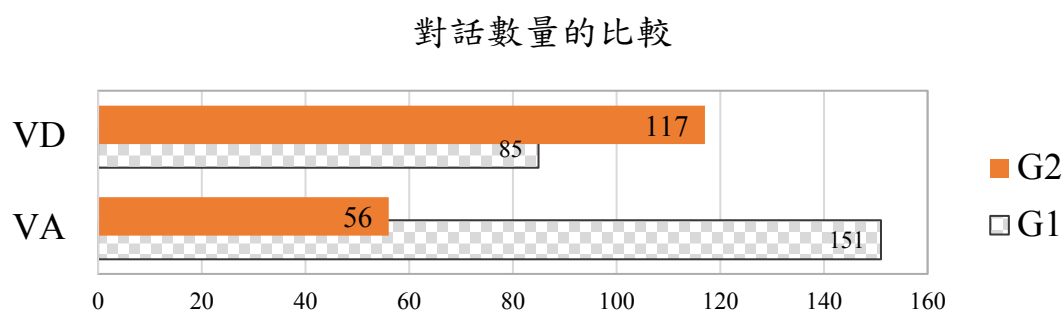
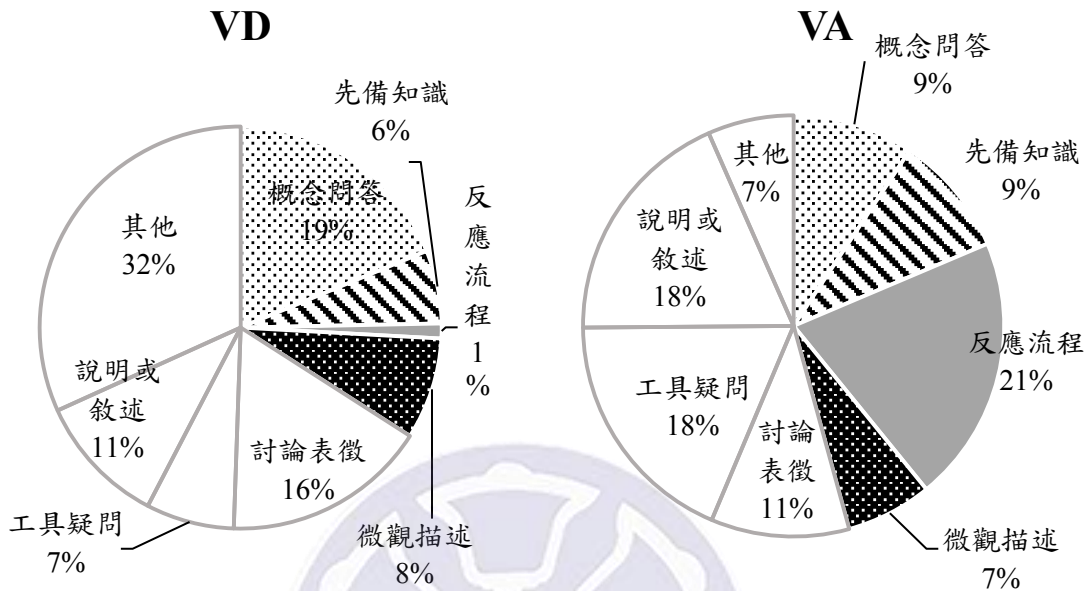


圖 4.2.3 VD 組及 VA 組在兩階段的對話數量長條圖

看至圖 4.2.4，為了清楚比較兩組在化學概念對話的多寡，因此將「與化學概念相關」的項目以帶有顏色的區塊顯示之，所得的結果可看到不論是在 G1 還是 G2 階段，VA 組關於化學概念的對話比例都比 VD 組還高。再來比較兩組在 G1 階段對話比例佔最高的部分，VD 組是在「其他」，而 VA 組則是「反應流程」，推測由於兩組使用了不同的工具進行產出，VD 組以相較熟悉且較無認知負荷的紙筆作圖，而 VA 組則是使用接觸不久的 app，要製作出電化學反應的動畫，因此 VA 組則更專注在製作動畫所需的反應流程當中，而此項目在 VD 組僅佔 1% 的比例，由圖中也可看到，VA 組對於工具的疑問自然也比 VD 組還多。至於本研究者欲看到兩組在產出過程中，是否會對於電化學當中微觀的概念進行描述，在 G1，兩組的比例差不多，且證實的確在產出的過程中，是會使學生從微觀的角度去檢視化學反應。從 G1 至 G2，可看到兩組在化學概念的對話比例都有增多，VD 組有很大的比例在討論表徵，根據逐字稿的內容，是由於以紙筆繪圖，每個人所呈現出來的表徵較不相同，而增加學生之間的問答與討論，而 VA 組仍然在反應流程佔有很大的比例，且在電化學概念微觀描述的比例增加，對於工具的疑問也減少了。

G1 階段



G2 階段

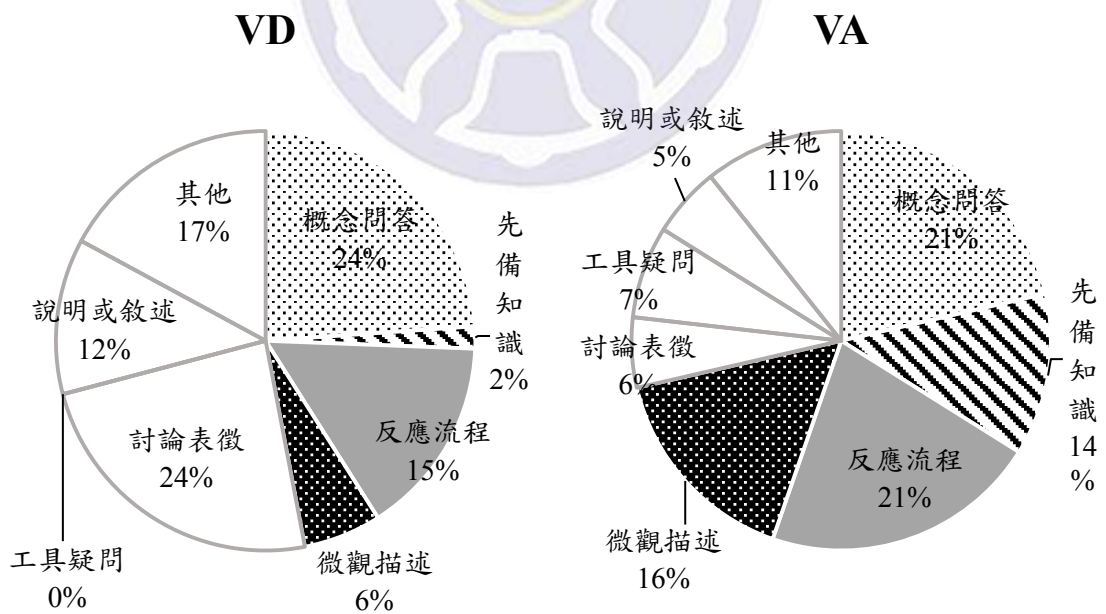


圖 4.2.4 VD 組及 VA 組在兩階段的對話編碼其各項比例的圓餅圖

因此，可從 VD 組及 VA 組在產出階段的差異，來了解兩組在學習成效的異同。雖然兩組在總分上沒有顯著差異，但是在過程當中，從分析所得的結果可看到 VA 組確實比 VD 組更投入在電化學的概念當中，而且其在成品的「品質」從 G1 至 G2 階段也有很大的進步，因此在前一節關於組內的成對樣本 T 檢定的結果，得到 VA 組無論是微觀層次還是多層次的概念測驗，都有顯著進步，且在延宕的表現都是較佳的，反之，VD 組的長期效應就不顯著。再者，值得一提的是，可從圓餅圖 4.2.4 看見，VA 組或許因為製作動畫的緣故，在應用先備知識的比例也比 VD 組多，因此，對於使用不同的方式進行產出，仍是有一些差異的。

第三節 科學學習動機的異同

本研究除了探討電化學的概念之外，也欲得知不同的動畫使用方式，是否會對學生的情意層面產生影響，亦即研究問題二，因此以下以科學學習動機量表的結果進行說明。

本研究將學生所填寫的科學學習動機量表所得的分數量化，並以成對樣本 T 檢定分析三組從前測至後測的差異，除了總得分之外，並將量表中各個向度區分，得表 4.3.1。由表中結果，先看至總分，相較於 V 組，VD 組及 VA 組在後測有較顯著的差異，可推測讓學生在經由畫圖或是製作動畫，整體而言可能會提升他們對於學習科學的動機，但由於標準差太大，效果量值較低；再看自我效能的向度，自我效能是有關於學生在此學習情境中對於自我的期望，有信心及有意願能夠面對課程上的挑戰，會發現到對 VA 組而言，前後具有顯著差異，表示讓學生製作動畫，有助於提升自我效能；主動學習策略及成就目標，三組在前後皆未具有顯著差異，可能受限於此研究流程的長度，學生在使用此種動畫教學方式的時間還不夠久，無法讓學生能夠主動學習或是產生較明顯的成就感，雖然沒有達到顯著性，但是可從資料看到，僅有 V 組學生在後測的這兩個向度，整體而言是略為退步的；而在學習環境誘因的向度，本研究期望在提供不同的動畫使用方式進行教

學，能夠營造一個較佳的學習環境，讓學生能夠更投入於課堂當中，但是僅有 V 組在前後測是具有顯著性，反而 VD 組及 VA 組對於該種學習環境及氣氛並無太大的感受及傾向。

表 4.3.1 以成對 T 檢定分析各組的動機量表在前測與後測的差異

組別	V	VD	VA
n	33	30	32
項目	後測-前測的分數平均值 (標準差)		
總分	2.33 (8.52)	3.50 (9.35)	3.06 (8.48)
顯著性(雙尾)	.126	.050*	.050*
ES	0.18	0.26	0.31
自我效能	1.18 (4.33)	1.23 (4.00)	1.28 (3.06)
顯著性(雙尾)	.126	.102	< .05*
ES	0.27	0.24	0.25
主動學習策略	-0.27 (3.81)	0.27 (3.92)	0.69 (3.60)
顯著性(雙尾)	.684	.712	.289
成就目標	-0.21 (2.86)	0.80 (2.57)	0.41 (2.87)
顯著性(雙尾)	.673	.098	.430
學習環境誘因	1.64 (6.30)	1.20 (3.83)	0.69 (3.48)
顯著性(雙尾)	< .001***	.097	.272
ES	0.51	0.29	0.24

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

接著以量表各向度的前測總分作為共變項、後測分數為應變項，組別為自變項，可見表 4.3.2 調整過後的分數，進行單因子多變量共變數分析(ANCOVA)，

來比較三組在科學學習動機量表在總分以及各向度間是否存在差異，見表 4.3.3 的結果。由表中資料顯示，三組之間在總分及各個向度，彼此是無顯著差異的，因此推測，透過不同的動畫使用方式，在短時間內對於學生的科學學習動機並無顯著影響。

表 4.3.2 各組之調整前後的量表平均分數

平均分數 組別	總分		自我效能		主動學習策略	
	原始	調整後	原始	調整後	原始	調整後
V	90.79	91.25	21.76	22.09	29.36	29.34
VD	94.00	92.83	23.20	22.59	30.40	30.03
VA	91.31	91.94	22.16	22.37	29.75	30.12

平均分數 組別	成就目標		學習環境誘因	
	原始	調整後	原始	調整後
V	17.48	17.51	22.18	22.21
VD	18.97	18.66	21.43	21.65
VA	17.75	18.02	21.66	21.43

表 4.3.3 三組於後測量表在各向度之主要效果檢定

	來源	第 III 類 平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
總分	修正模型	8119.26	3	2706.42	37.33	< .001***	.552
	截距	663.95	1	663.95	9.16	< .01**	.091
	組別	38.88	2	19.44	0.268	.765	.006
	誤差	6596.70	91	72.49			
	校正後總和	14715.96	94				

	來源	第 III 類 平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
自我效能	修正模型	1085.32	3	361.77	29.13	< .001***	.490
	截距	296.76	1	296.76	23.89	< .001***	.208
	組別	3.75	2	1.88	0.151	.860	.003
	誤差	1130.22	91	12.42			
	校正後總和	2215.54	94				
	來源	第 III 類 平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
主動學習策略	修正模型	997.83	3	332.61	27.31	< .001***	.474
	截距	210.05	1	210.05	17.25	< .001***	.159
	組別	11.87	2	5.94	0.488	.616	.011
	誤差	1108.13	91	12.18			
	校正後總和	2105.96	94				
	來源	第 III 類 平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
成就目標	修正模型	477.60	3	159.20	23.21	< .001***	.433
	截距	91.63	1	91.63	13.36	< .001***	.128
	組別	20.91	2	10.45	1.524	.223	.032
	誤差	624.24	91	6.86			
	校正後總和	1101.83	94				
	來源	第 III 類 平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
學習環境誘因	修正模型	360.55	3	120.18	13.56	< .001***	.309
	截距	206.98	1	206.98	23.36	< .001***	.204
	組別	10.47	2	5.24	0.591	.556	.013
	誤差	806.35	91	8.86			
	校正後總和	1166.91	94				

除了量表在前測至後測的分數比較之外，為了瞭解不同的動畫使用方式對於該組學生在科學學習動機低或高的變化情形，因此以三組在量表前測的總分平均值（89.03）為標準，高於一個標準差（ $>89.03+11.53$ ）定義為科學學習動機高，低於一個標準差（ $<89.03-11.53$ ）則定義為科學學習動機低，得到其高、中、低範圍的人數，再除以該組總人數，可得到百分比，如圖 4.3.1 所示。雖然各組經過不同的教學設計之後在量表分數上並無顯著差異，但是三組在科學學習動機高的比例皆有增加，又以 V 組及 VA 組的差距較為明顯，但由於 V 組在學習動機低的比例也提升，如此才導致組內在前後測的分數上無顯著差異。

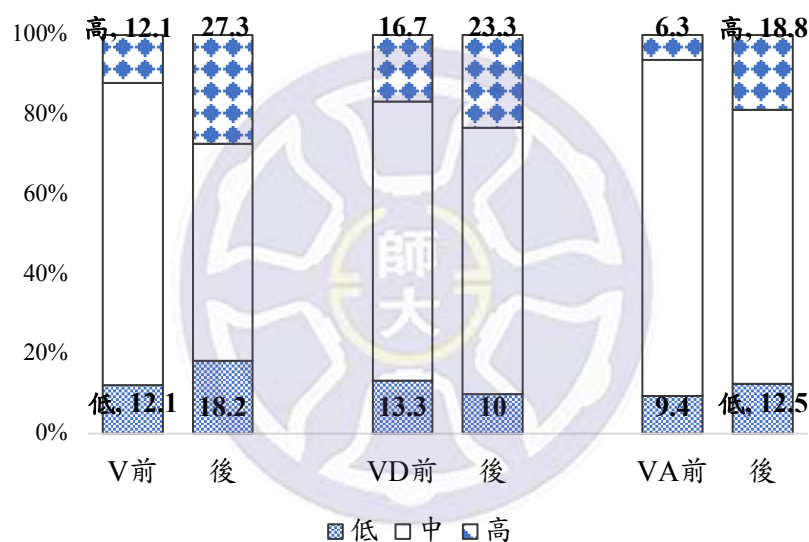


圖 4.3.1 三組在前後科學學習動機的高低比較長條圖

第五章 結論與建議

本章一共分為三節，第一節將根據研究問題所得的結果進行歸納，形成結論；第二節再進一步將本研究的結果與文獻之間的連結進行討論；第三節則對未來在進行此相關研究或是化學教學上給予建議。

第一節 結論

本研究主要探討高二學生在經由不同的動畫使用方式之後，對於其在電化學的概念上或是科學學習動機有何異同，因此以量化的概念診斷測驗、科學學習動機量表以及質性的焦點學生的對話逐字稿以及成品，將其分析後所得的結果來回答本研究的兩個研究問題。

- 一、學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」、「觀看動畫後畫圖」以及「觀看動畫後製作動畫」之後，學生對於電化學單元的學習成效的異同。

本研究發現，學生不論經由何種動畫使用方式，皆有助於整體電化學概念上的提升，而且能夠幫助記憶滯留，但是對於讓學生指出陰陽極、正負極及裝置或溶液的配置，無論使用何種方式，皆較無法讓學生真正的理解，僅能維持短暫的記憶。此外，三種動畫使用方式皆能促進學生在微觀層次概念的進步，但是涉及層次之間轉換的概念，讓學生有產出的機會，能夠提升其記憶滯留的時間，且能夠透過產出，得知學生在學習過程中的概念理解，提供教師一個有力的評量工具。

至於產出的方式，要使用畫圖還是製作動畫，本研究發現，此兩種方式雖然在概念診斷測驗中無顯著的結果差異，但是讓學生畫圖或是製作動

畫在過程中有很明顯的不同，隨著課程的進行，學生在製作動畫上更感受到成就感，成品的品質，以及學生之間在化學概念的對話都比畫圖來的好，讓學生製作動畫，不僅可以讓學生應用較多的先備知識，也能有效地幫助學生減少另有概念，且動畫的優點在於能夠提供一個連續性的過程，讓教師較全面地了解學生在電化學概念當中的問題。

二、學生在經由三種不同的動畫使用方式，分別是「僅觀看動畫」、「觀看動畫後畫圖」以及「觀看動畫後製作動畫」之後，學生對於電化學單元的科學學習動機的異同。

本研究發現三種不同的動畫使用方式在科學學習動機上並無顯著差異，但是讓學生經歷產出階段，有助於提升學生整體的科學學習動機。除此之外，學生喜歡透過觀看動畫來學習化學概念，但是若再進一步進行產出，也就是進行認知負荷較大的工作時，無論是畫圖或是製作動畫，學生的意願會降低，不過藉由製作動畫的方式，能給予學生在化學學習上的正向回饋，讓學生願意從中學習與挑戰，進而提升其自我效能，但若是教學時間不夠長，無論使用何種方式，欲使學生產生主動學習的意向以及成就目標都是有限的。

第二節 討論

本節依據本研究的研究問題與上一節的結論，進一步詮釋與討論，分為兩個部分來進行說明，第一為使用動畫教學對於學習化學的影響，第二為建構表徵對於學習化學的影響，第三為針對三組在學習成效及動機上進行整體的討論。

一、 使用動畫教學對於學習化學的影響

本研究的三個組別，皆以觀看電化學的動畫來複習先前所學的電化學概念，可以由前測結果得知，即使學過電化學概念，但是學生仍存在另有概念，且對於微觀的化學概念較弱，而使用動畫的優點在於透過其連續性，描繪動態的現象，讓學生能夠探索不易直接觀察到的現象，幫助學習者發展模型、提升概念理解(Linn & Eylon, 2011)，尤其在化學上，可幫助學生對於微觀層次的概念理解。從研究結果當中，三個組別在概念診斷測驗中的總分以及微觀層次題目的前、後測，在成對樣本 T 檢定的結果中都有顯著的進步，效果量也都大於 0.7，因此，讓學生觀看動畫對於學習化學概念是有益的，而且此種教學的環境，也會影響學生在課堂上的情意表現(Ardac & Akaygun, 2004)，本研究也從 V 組在科學學習動機量表上，關於學習環境誘因的向度，看到了顯著差異。但是，僅讓學生觀看動畫，學生是否能夠完整地理解電化學概念，或是改變其另有概念？從結果發現到，V 組對於不同層次間的概念（多層次的概念），特別針對溶液中電中性的概念，無法僅透過觀看動畫來學習，且其記憶滯留的時間也較短；除此之外，在後測學生對於另有概念選取的比例，雖然有減少，但是並沒有大幅度地降低。由於本研究讓學生觀看動畫的方式是以投影片在教室前放映，而有很多研究顯示，相較於全班式的教學，能夠讓學生有自行操作動畫的機會，對於學生概念的學習有較多的幫助(Ardac & Akaygun, 2005; Barak & Hussein-Farraaj, 2012)，但是僅讓學生觀看動畫，教學者又從何而得知學生概念改變的過程？除了測驗以外，缺乏過程當中的評量工具，或許導致學生自以為理解的錯覺，其實仍保有錯誤的概念，本研究還是希望學生能夠主動參與認知的過程，主動建構知識，發展較完整的心智模型。

二、 建構表徵對於學習化學的影響

本研究透過另外兩組的教學設計，欲了解建構表徵的與否對於學習化學的差異為何，使用兩種產出方式，分別是紙筆畫圖以及製作動畫，學生產出的成品，可以提供教師一個具有價值的參考資訊，亦是一種評量工具，因為建立表徵，如同一種放聲思考，可以了解學生在過程中如何解釋、連結化學中的概念。目的是

希望透過建構表徵的方式，能夠成功地讓學生加強動畫的學習，能夠讓學生專注在動畫中關鍵的特徵，幫助學生理解動畫，而且能夠加強學生的記憶滯留(Ainsworth et al., 2011; Zhang & Linn, 2011)。從研究結果當中，VD 組及 VA 組在概念測驗中，與 V 組不同的是，對於多層次的概念，從後測至延宕並無顯著的退步，顯示讓學生建構表徵，能夠加強學生在不同層次間的連結，且能促進情意層面的學習動機。

但是，產出方式的不同，對於學生的學習仍有差異，可從先前的研究得知，讓學生畫圖，是希望學習者在建構過程中，能夠產生自我解釋，採取自我監控的策略(Van Meter & Garner, 2005)，以對於自我產出的圖形有較佳的品質，而在先前的文獻當中，都提到「圖畫品質」的重要(Mason et al., 2013; Schwamborn et al., 2010)，越豐富且概念正確的圖，對於學生的概念理解才有益，因為學生對於所看到的動畫要能夠產出圖形，必須在兩者之間來回，且仔細觀察，才有助於學生表徵的建立，而藉由圖畫的品質，也能預測其在後測分數上的表現。然而本研究可從 VD 組在產出階段的質性資料，而得知為何 VD 組不僅只在微觀層次的題目延宕表現不佳，且學生對於另有概念也無大幅減少，原因在於「圖畫的品質」，VD 從 G1 至 G2 階段，圖畫不僅沒有進步還退步，亦從焦點學生的對話分析結果發現，學生專注於化學概念的過程比例不高，或許因為如此，而影響學生的學習表現。至於讓學生製作動畫的方式，如同圖畫，品質也是同等重要，結果看到 VA 組在 G1 至 G2 階段的進步，還有學生在過程中對於化學概念對話的比例，進而解釋 VA 組學生不論在記憶滯留的時間，以及減少另有概念的程程度，都較佳。


近年也有越來越多研究是讓學生自行製作動畫，除了能夠支持學生對於抽象概念過程的呈現與詮釋，也能夠進一步去比較與評析(Chang & Quintana, 2006)，Yaseen (2016)也透過讓學生製作動畫的方式，促進學生在化學概念的學習。但是，鮮少研究去比較，同樣是讓學生建構表徵，動態與靜態、製作動畫與畫圖有何差異？而對學生的學習又有何影響。與畫出的靜態圖不一樣，動畫更能夠看出粒子間的移動過程與連結，由 VD 組及 VA 組的成品，研究者更可以了解 VA 組對於學生在電化學概念當中，電流迴圈、離子移動的路徑，提供教師一個有力的評量工具。除此之外，可從焦點學生的對話分析結果發現，學生確實在製作動畫的過程中，更需要在新舊知識之間連結，且對於微觀的化學過程，有更多的描述

(Chang et al., 2010)，且能夠透過動畫的製作，有效地減少學生的另有概念，可能是因為學生必須在「動畫與動畫」之間來回，為了能夠製作動畫，而專注於本研究者所播放之化學動畫，使學生主動參與知識整合的過程，也因此讓 VA 組在科學學習動機量表上，關於自我效能的向度有顯著的進步，而製作動畫促使概念轉變的結果也可在 Hoban 與 Nielsen (2013) 研究當中看到。

三、 三組在學習成效及科學學習動機上的表現

然而，從 ANOVA 的比較結果中，發現三組在概念診斷測驗中並無顯著的差異，即使三組之間有些結果的差異，但是整體而言，三種動畫的使用方式，對於學生都有顯著的學習成效，雖然本研究認為透過建構表徵的方式，亦即 VD 組及 VA 組學生的學習表現可能會較 V 組佳，但是，仍有研究顯示讓學生進行建構表徵(construct)和讓學生進行評析(critique)，對於學習是同等重要的(Matuk et al., 2019)。例如 Clark et al. (2012) 在研究中，將學生分為畫圖及評論兩組，以知識整合的模式學習一個以科技融入的教學課程，研究發現兩組的學習成效差異不大，無論畫圖或是評論，皆有助於學生的學習，評論能夠促使學生針對提供好的表徵，去分析、比較彼此的想法；Matuk et al. (2019) 以細胞分裂的單元，比較讓學生畫圖和讓學生評析對於學習的影響，有進行評析的學生在整體的表現上甚至比僅進行畫圖的學生好，尤其是對於圖形的描述和想法。因此，雖然 V 組未建構表徵，但或許他們評析的時間較充裕，彼此進行討論和激盪想法，而使得他們的表現與有進行產出的 VD、VA 組有一樣的學習成效。除此之外，也有研究提到，以畫圖的方式讓學生學習動畫不見得有效，例如 Ploetzner & Fillisch (2017) 以畫圖輔助動畫學習是有限制的，若當呈現的動畫太過複雜，學生要做這層轉換，事實上會容易只專注在動畫中物件的特徵，而忽略了整個動畫中時空的呈現，還關乎學生的畫圖能力，動畫的複雜讓學生消耗大部分的心力在畫圖上，而影響畫圖真正的正面效果。但是，無論使用何種方式，三組在巨觀及符號之間的連結(概念二)，記憶停留的時間也不長，或許藉由製作動畫或是畫圖都無法讓學生真正地理解陰極、陽極，正極、負極的概念。

而在科學學習動機方面，本研究也未在三組之間看見顯著差異，亦即無論學生是否參與建構表徵，對於學習動機並無太大的影響，僅讓學生觀看動畫，也能提升其學習動機。Tsui 與 Treagust (2004) 透過互動式媒體「*BioLogica*」(Concord Consortium, 2001) 教授基因學，發現此種具有多重表徵的模組，例如提供立即的回饋或動畫，除了能夠提升學生內在的動機，還能幫助學生對於自己的推理過程有較好的理解。因此，本研究認為若讓學生處於多媒體的學習環境中，皆有利於提升學習動機，學習動機確實有助於讓學生投入學習(Tsui & Treagust, 2004)，學習成效與動機是可相輔相成的。雖然讓學生建構表徵是希望學生不是被動地接受知識，而能主動參與，但是未來在教學的設計上，仍需考慮到學生的認知負荷與其工作記憶，因為過程中的認知負荷，也有可能造成 VD 組及 VA 組在學習動機上跟 V 組並無區別。



第三節 研究限制與建議

一、 研究限制

本研究在概念診斷測驗中無法看到三組之間的顯著差異，以下提出幾項可能的原因。第一，本研究根據先前文獻，針對電化學的另有概念測驗再經修正後，可能無法區分本研究所設計三個組別間的差異，較無針對關於動畫使用方式的差別，而未看出顯著差異。第二，研究對象為一類組的高二學生，而這些學生之前已學過電化學的概念，不算第一次接觸，也有可能影響學生在研究過程中的概念理解或是學習動機。第三，本研究的受限於教學實施時間，包含前後測，一共僅四節課，讓學生在觀看動畫或進行產出、評析、修正等過程的時間有限，或許不足以讓學生完全發揮，也影響到所蒐集焦點學生的資料量，也僅能夠針對該節課做最大的解釋；除此之外，由於實施時間不夠長，對於學生情意面向的學習動

機影響也有限。第四，教學者亦為本研究者，同時授課且要搜集資料，可能較無法全面顧及班級情況，且不排除有觀察者效應。

而關於製作動畫的組別，研究者為確保資料的完整性及讓學生便於操作，而使學生兩至三人共用一台平板，因此無法使學生每人產出一個成品，且因為裝置的外力因素，在第一階段的所蒐集到的成品量較少，且資料搜集是研究者以手機翻拍學生在平板上的動畫進行分析，並無保存動畫的原始檔案。因此，在成品的質性資料分析上，畫圖和製作動畫的組別，其成品數量會有差別。除了上述所提及之外，研究者在學生的科學學習動機上，除了科學學習動機量表外，並無其他質性資料可以佐證之，未來研究應可加入晤談，以比較及了解學生對於不同動畫使用方式的情意及動機為何。

二、 未來研究之建議

本研究是比較三種不同的動畫使用方式，分別是觀看動畫、觀看動畫後畫圖，觀看動畫後製作動畫，且皆以五至六人的小組學習方式進行，觀看動畫是在教室前方以投影幕的方式觀看。然而，在本研究問題 1-3，僅觀看動畫的組別，由於無產出階段，因此無法一起比較。因此本研究建議未來之研究可從以下幾個方向進行改善，第一，可以比較皆有產出階段，但是分為個人學習與小組學習的異同。第二，觀看動畫的方式，不要僅讓全班以大螢幕觀看，而是能由平板或個人行動裝置觀看，使學生有自行操作播放或暫停的可能，或許此種觀看動畫的方式，更有利於學生在概念上的進步或學習動機的提升。第三，教學實施的時間可以再更長一些，甚至能涵蓋一個完整的課程，而不是僅有片段的概念，在使用 VGEM 的教學模式時，各階段的時間應該充裕，能讓學生有更多的機會進行評析或是修正，可配合小組學習活動或是上台演示等，且焦點學生的錄音錄影可以再增加一組學生，以較全面了解學生在產出過程中的學習情況。第四，本研究是讓學生在觀看動畫後進行產出，或許未來的研究可以更改教學順序，先讓學生針對化學概念進行產出之後再觀看動畫，可能有不同的學習成效，因為 Wu 與 Puntambekar (2012) 有提到，外在表徵提供的順序，也會影響教學成效或學習效果。最後，可以透過

晤談學生，以了解學生在這幾節課程當中，經由不同的動畫使用方式其感想與收穫，也能幫助研究者了解學生在情意層面或是學習動機的異同。

三、教學之建議

本研究結果顯示，讓學生觀看電化學的動畫能有助於學生學習電化學概念，建議教師未來在教學較抽象的電化學概念時，可以將動畫教學融入於課程當中。然而動畫或其他表徵的使用，都希望不只是讓學生應用表徵學習（learning with representation），也要讓學生能從表徵之中學習所欲傳達的概念（learning from representation），而這些都有賴於教師使用的教學方式及策略(Brooks, 2009; Waldrip, Prain, & Carolan, 2010)，例如，張欣怡，張淑苑，羅慶璋，與洪振方(2015)以知識整合為設計原則的數位科學課程，有助於學生在化學反應單元的科學素養。教師可鼓勵學生在課堂當中討論想法，驗證觀點、做假設或是宣稱，對學生發展科學概念的理解是有益的(Berland & Hammer, 2012; Chin & Osborne, 2010; Hogarth, Bennett, Campbell, Lubben, & Robinson, 2005; Lemke, 1998)。

除了將動畫融於教學之中，學生的評量也是重要的，評量工具可以幫助教師理解學生在學習科學概念過程中所遇到的困難，本研究建議可以透過讓學生製作動畫產出成品，教師可以依照學生在成品當中所呈現的概念或品質，除了可以當作診斷概念的依據之外，學生也可在製作過程中得到挑戰及完成後的成就感，並且更了解自己對於概念的理解程度是否完全，也能將成品在學生之間互相交換想法及建議。

本研究僅針對電化學的概念，未來可以將此種不同的動畫使用方式應用在更多較為抽象的化學概念上，甚至其他的科學概念。然而，雖然研究發現，觀看動畫有利於學生在微觀層次的概念理解，但是可以透過產出讓學生有更多表徵轉換的機會，以加強不同層次間的連結，不過在巨觀及符號間的連結容易被忽略，學生常常僅靠記憶而非真的理解，因此，教師的教學方式，也要連結化學中三個層次間的關係，這樣才能改善學生對於概念的長期效應。

參考文獻

中文文獻

- 江文璋、劉嘉茹(2013)。運用嵌入式動畫 PPT 簡報教學之有效性探究-以高中生氣體概念學習為例。《科學教育研究與發展季刊》，67，51-72。
- 柯明志(2002)。從心智模式的角度分析模型教學成效—以電流化學效應為例。臺灣師範大學化學系學位論文，1-136。
- 張秀澂(2002)。電腦動畫融入教學對國中生電化學學習成就影響之研究。臺灣師範大學化學系在職進修碩士班學位論文，1-162。
- 張欣怡、張淑苑、羅慶璋、洪振方(2015)。知識整合數位課程促進學生科學素養：以化學反應概念為例。《教育科學研究期刊》，60(3)，153-181。
doi:10.6209/JORIES.2015.60(3).06
- 劉漢欽(2006)。大學生如何應用電腦模擬學習電化學概念之研究。《高雄師大學報：自然科學與科技類》，20，23-42。
- 蘇金豆(2018)。應用創意電化學動畫概念圖學習探究學生認知能力。《教育傳播與科技研究》，118，15-28。

英文文獻

- Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1983). Sequencing Language and Activities in Teaching High School Chemistry. A Report to the National Science Foundation.
- Acar, B., & Tarhan, L. (2007). Effect of Cooperative Learning Strategies on Students' Understanding of Concepts in Electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 349-373.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208): Springer.

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096-1097.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2005). Using Static and Dynamic Visuals to Represent Chemical Change at Molecular Level. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1269-1298. doi:10.1080/09500690500102284
- Atkinson, R. K. (2002). Optimizing learning from examples using animated pedagogical agents. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 416-427.
- Barak, M., & Hussein-Farradj, R. (2012). Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function. *Research in Science Education*, 43(2), 619-636. doi:10.1007/s11165-012-9280-7
- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64-66.
- Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94.
- Bojczuk, M. (1982). Topic Difficulties in O-and A-Level Chemistry. *School Science Review*, 63(224), 545-551.
- Brooks, M. (2009). Drawing, visualisation and young children's exploration of "big ideas". *International Journal of Science Education*, 31(3), 319-341.
- Camacho, F. F., & Cazares, L. G. (1998). Partial possible models: An approach to interpret students' physical representation. *Science Education*, 82(1), 15-29.
- Chang, H.-Y., & Quintana, C. (2006). Student-generated animations: supporting middle school students' visualization, interpretation and reasoning of chemical phenomena. . In *Proceedings of the 7th International Conference of the Learning Sciences.*, 71-77.

- Chang, H.-Y., Quintana, C., & Krajcik, J. S. (2010). The impact of designing and evaluating molecular animations on how well middle school students understand the particulate nature of matter. *Science Education*, 94(1), 73-94.
- ChanLin, L.-J. (2000). Attributes of animation for learning scientific knowledge. *Journal of Instructional Psychology*, 27(4), 228-228.
- Chi, M. T. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in cognitive science*, 1(1), 73-105.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883-908.
- Chiu, M.-H., & Wu, H.-K. (2009). The roles of multimedia in the teaching and learning of the triplet relationship in chemistry. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 251-283): Springer.
- Ciplickas, D., Davis, J., Hess, C., Lee, S., Malavasi, E., Mohammad, A., . . . Zanella, S. (2009). Designing an integrated circuit to improve yield using a variant design element. In: Google Patents.
- Clark, D. B., Sampson, V., Chang, H.-Y., Zhang, H., Tate, E. D., & Schwendimann, B. (2012). Research on critique and argumentation from the technology enhanced learning in science center. In *Perspectives on Scientific Argumentation* (pp. 157-199): Springer.
- Dalebroux, A., Goldstein, T. R., & Winner, E. (2008). Short-term mood repair through art-making: Positive emotion is more effective than venting. *Motivation and Emotion*, 32(4), 288-295.
- De Jong, O., Acampo, J., & Verdonk, A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1097-1110.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201. doi:10.3102/00346543068002179

- De Petrillo, L., & Winner, E. (2005). Does art improve mood? A test of a key assumption underlying art therapy. *Art Therapy, 22*(4), 205-212.
- Doymus, K., Karacop, A., & Simsek, U. (2010). Effects of jigsaw and animation techniques on students' understanding of concepts and subjects in electrochemistry. *Educational Technology Research and Development, 58*(6), 671-691. doi:10.1007/s11423-010-9157-2
- Gabel, D. L. (1993). Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education, 70*(3), 193-194.
- Gabel, D. L., Samuel, K., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education, 64*(8), 695-697.
- García, R. R., Quirós, J. S., Santos, R. G., González, S. M., & Fernanz, S. M. (2007). Interactive multimedia animation with macromedia flash in descriptive geometry teaching. *Computers & Education, 49*(3), 615-639.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studeies in Science Education, 25*(1), 69-96.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(2), 121-142.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3-24): Springer.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education* (Vol. 4): Springer.
- Grubaugh, N. D., Ladner, J. T., Kraemer, M. U., Dudas, G., Tan, A. L., Gangavarapu, K., . . . Magnani, D. M. (2017). Genomic epidemiology reveals multiple introductions of Zika virus into the United States. *Nature, 546*(7658), 401.
- Haidar, A. H., & Abraham, M. R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(10), 919-938.

- Hameed, H., Hackling, M., & Garnett, P. J. (1993). Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *International Journal of Science Education, 15*(2), 221-230.
- Hamza, K. M., & Wickman, P. O. (2008). Describing and analyzing learning in action: An empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education, 92*(1), 141-164.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology, 89*(1), 92-102.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education, 84*(3), 352-381.
- Hayes, D., Symington, D., & Martin, M. (1994). Drawing during science activity in the primary school. *International Journal of Science Education, 16*(3), 265-277.
- Hegarty, M. (2004). Dynamic visualizations and learning: Getting to the difficult questions. *Learning and Instruction, 14*(3), 343-351.
- Hoban, G., Loughran, J., & Nielsen, W. (2011). Slowmation: Preservice elementary teachers representing science knowledge through creating multimodal digital animations. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(9), 985-1009. doi:10.1002/tea.20436
- Hoban, G., & Nielsen, W. (2013). Learning Science through Creating a 'Slowmation': A case study of preservice primary teachers. *International Journal of Science Education, 35*(1), 119-146.
- Hogarth, S., Bennett, J., Campbell, B., Lubben, F., & Robinson, A. (2005). A systematic review of the use of small-group discussions in science teaching with students aged 11–18, and the effect of different stimuli (print materials, practical work, ICT, video/film) on students' understanding of evidence. *Research evidence in education library.*

- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education, 40*(1), 5-28.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education, 20*(4), 393-412.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education, 70*(9), 701.
- Jong, O. D., & Treagust, D. (2002). The Teaching and Learning of Electrochemistry. In J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*: Kluwer Academic Publishers.
- Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(8), 883-903.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education, 91*(6), 877-905. doi:10.1002/sci.20226
- Kizilkaya, G., & Askar, P. (2008). The effect of an embedded pedagogical agent on the students' science achievement. *Interactive Technology and Smart Education, 5*(4), 208-216.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research, 61*(2), 179-211.
- Kozma, R. B. (2003). Technology and classroom practices: An international study. *Journal of research on technology in education, 36*(1), 1-14.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 34*(9), 949-968.

- Lee, K.-W. L. (1999). A comparison of university lecturers' and pre-service teachers' understanding of a chemical reaction at the particulate level. *Journal of Chemical Education*, 76(7), 1008-1012.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning. *Reading science: Critical and functional perspectives on discourses of science*, 87-113.
- Lin, H.-S., Yang, T.-C., Chiu, H.-L., & Chou, C.-Y. (2002). Students' Difficulties in Learning Electrochemistry. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)*, 12(3), 100-105.
- Lin, H.-S., Yang, T. C., Chiu, H.-L., & Chou, C.-Y. (2002). Students' difficulties in learning electrochemistry. *Proceedings National Science Council Republic of China (D): Mathematics Science and Technology Education*, 12(3), 100-105.
- Linn, M. C., & Eylon, B.-S. (2011). *Science learning and instruction: Taking advantage of technology to promote knowledge integration*: Routledge.
- Marbach-Ad, G., Rotbain, Y., & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 273-292. doi:10.1002/tea.20222
- Mason, L., Lowe, R., & Tornatora, M. C. (2013). Self-generated drawings for supporting comprehension of a complex animation. *Contemporary Educational Psychology*, 38(3), 211-224.
- Matuk, C., Zhang, J., Uk, I., & Linn, M. C. (2019). Qualitative graphing in an authentic inquiry context: How construction and critique help middle school students to reason about cancer. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(7), 905-936. doi:10.1002/tea.21533
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002a). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107-119.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002b). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.

- Moreno, R., Mayer, R., & Lester, J. (2000). *Life-like pedagogical agents in constructivist multimedia environments: Cognitive consequences of their interaction*. Paper presented at the EdMedia+ Innovate Learning.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(5), 581-612.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science. The Implications of Children's Science*: ERIC.
- Osman, K., & Lee, T. T. (2014). Impact of Interactive Multimedia Module with Pedagogical Agents on Students' Understanding and the Motivation in the Learning of Electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 395-421.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach* (Vol. 9): Oxford University Press.
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751-2773. doi:10.1080/09500693.2011.626462
- Richland, L. E., Bjork, R. A., Finley, J. R., & Linn, M. C. (2005). *Linking cognitive science to education: Generation and interleaving effects*. Paper presented at the Proceedings of the twenty-seventh annual conference of the Cognitive Science Society.
- Robinson, S. (2004). *Simulation: the practice of model development and use* (Vol. 50): Wiley Chichester.
- Salomon, G. (1979). Media and symbol systems as related to cognition and learning. *Journal of Educational Psychology*, 71(2), 131-148.

- Sanchez, C. A., & Wiley, J. (2006). An examination of the seductive details effect in terms of working memory capacity. *Memory & cognition*, 34(2), 344-355.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997a). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997b). Students' misconceptions in electrochemistry regarding current flow in electrolyte solutions and the salt bridge. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 819-823.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (2000). Addressing student misconceptions concerning electron flow in aqueous solutions with instruction including computer animations and conceptual change strategies. *International Journal of Science Education*, 22(5), 521-537. doi:10.1080/095006900289769
- Schank, P., & Kozma, R. (2002). Learning chemistry through the use of a representation-based knowledge building environment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21(3), 253-279.
- Schwaborn, A., Mayer, R. E., Thillmann, H., Leopold, C., & Leutner, D. (2010). Drawing as a generative activity and drawing as a prognostic activity. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 872-879.
- Serra, M. J., & Dunlosky, J. (2010). Metacomprehension judgements reflect the belief that diagrams improve learning from text. *Memory*, 18(7), 698-711.
- Stieff, M., Bateman, R. C., & Uttal, D. H. (2005). Teaching and learning with three-dimensional representations. In *Visualization in science education* (pp. 93-120): Springer.
- Thompson, J., & Soyibo, K. (2002). Effects of lecture, teacher demonstrations, discussion and practical work on 10th graders' attitudes to chemistry and understanding of electrolysis. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 25-37.
- Tippett, C. D. (2016). What recent research on diagrams suggests about learning with rather than learning from visual representations in science.

- International Journal of Science Education*, 38(5), 725-746.
doi:10.1080/09500693.2016.1158435
- Tsui, C.-Y., & Treagust, D. F. (2004). Motivational aspects of learning genetics with interactive multimedia. *The American Biology Teacher*, 66(4), 277-285.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrup, B. (2013). *Constructing representations to learn in science*: Springer Science & Business Media.
- Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285-325. doi:10.1007/s10648-005-8136-3
- Vermaat, H., Kramers-Pals, H., & Schank, P. (2003). *The use of animations in chemical education*. Paper presented at the Proceedings of the international convention of the association for educational communications and technology.
- Waldrup, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65-80.
- Wiley, J. (2003). Cognitive and educational implications of visually-rich media: Images and imagination. *Eloquent images: Writing visually in new media*, 201-218.
- Wiley, J., Ash, I., Sanchez, C., & Jaeger, A. (2011). Clarifying readers' goals for learning from expository science texts. *Text relevance and learning from text*, 353-374.
- Wiley, J., Sanchez, C. A., & Jaeger, A. J. (2014). The individual differences in working memory capacity principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd edn, pp. 598–619). New York, N.Y.: Cambridge University Press.
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.
- Wu, H.-K. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87(6), 868-891. doi:10.1002/sce.10090

- Wu, H.-K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754-767. doi:10.1007/s10956-011-9363-7
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.
- Wu, H.-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Yang, E.-m., Andre, T., Greenbowe, T. J., & Tibell, L. (2003). Spatial ability and the impact of visualization/animation on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25(3), 329-349.
doi:10.1080/09500690210126784
- Yarroch, W. L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449-459.
- Yaseen, Z. (2016). *Student-generated animations and the teaching and learning of chemistry*. (Doctoral dissertation, University of Technology Sydney). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10453/44196>
- Yaseen, Z., & Aubusson, P. (2018). Exploring Student-Generated Animations, Combined with a Representational Pedagogy, as a Tool for Learning in Chemistry. *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-018-9700-4
- Zhang, Z. H., & Linn, M. C. (2011). Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1177-1198. doi:10.1002/tea.20443

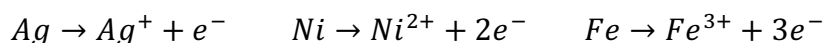
附錄

附錄一 概念診斷測驗

電化學 概念測驗

班級：_____ 座號：_____

金屬活性順序：Na > Mg > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > Cu > Hg > Ag

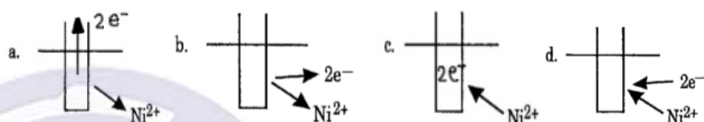
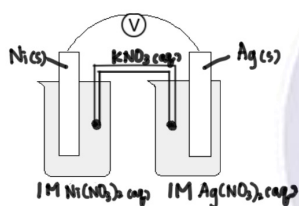


一、

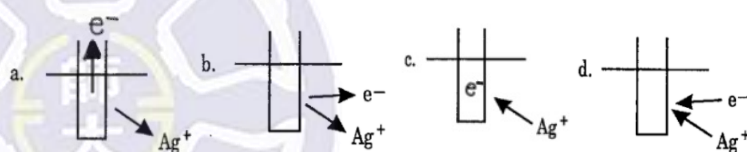
1. 哪張圖最能表示鎳電極在左半電池溶液中的情形？

請依照下圖，回答右列 1~4

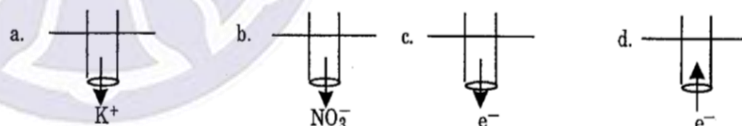
題。(皆為單選)



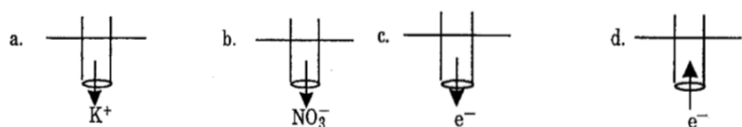
2. 哪張圖最能表示銀電極在右半電池溶液中的情形？



3. 哪張圖最能表示鹽橋在左半電池中溶液的情形？

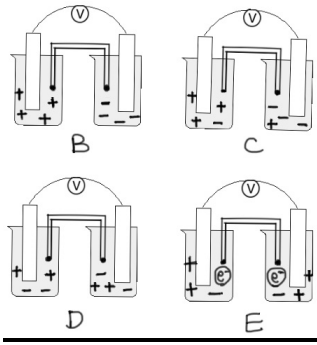


4. 哪張圖最能表示鹽橋在右半電池中溶液的情形？



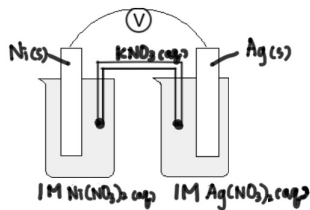
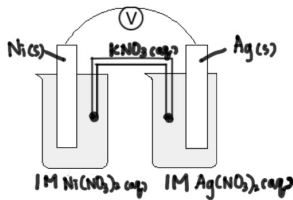
二、請問，下列哪一個圖，最能代表下圖兩半電池，反應進行時電荷分佈情形？(以

+ 代表陽離子，- 代表陰離子， e^- 代表電子)



5. (單選)
- B 或 C
 - 只有 E
 - 只有 D
 - D 或 E
- 答案：_____

三、以下圖電池為例，回答右列問題：(皆為單選)



6. 在這個電化學電池中，電子在電池中會流經__ I __，而往__ I I __移動。
- I：導線，I I：銀電極
 - I：導線，I I：鎳電極
 - I：導線、銀電極和鹽橋，I I：鎳電極
 - I：導線、鎳電極和鹽橋，I I：銀電極
7. 關於電池中發生的反應，下列敘述何者正確？
- 一般說的電流即是正電荷的移動
 - 電子會進入陰極的電解液中，在電解液中移動然後出現在陽極
 - 鹽橋會協助電子流，因為在鹽橋中的陽離子會吸引電子從一個半電池移到另一個半電池
 - 氧化和還原通常各自發生在分開的兩個半電池中
8. 若在兩電極之間，接一顆燈泡，則此燈泡會發亮，若換為下列情境，試分析下列陳述的主張與理由：

主張

如果上圖的鹽橋以一石墨(為導體)填滿的管柱替代，則燈泡仍會發亮...

理由

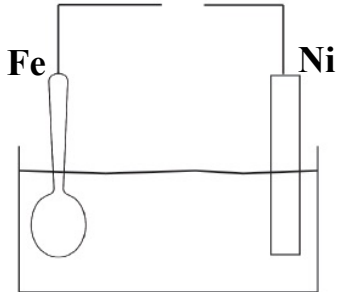
...會有連續的電子，在溶液中流經石墨管柱。


- 主張和理由皆正確
- 主張正確，理由錯誤
- 主張錯誤，理由正確
- 主張和理由皆錯誤

請分別針對主張和理由說明原因：

四、下圖為電鍍槽，欲將鐵(Fe)湯匙鍍上鎳(Ni)。

請依照右列指示作答。



9. 請問該如何配置此裝置的電池 () 和溶液，請在圖上標示。

10. 標示出陰陽極和正負極。

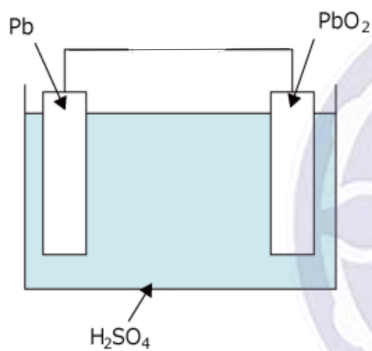
11. 請盡可能完整地在左圖中畫出電鍍過程中，
(1) 電子的移動和溶液中 (2) 離子的移動。

12.

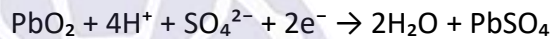
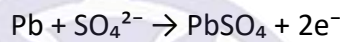
陽極半反應式 _____

陰極半反應式 _____

五、鉛蓄電池



鉛蓄電池的兩極半反應式如下：



請根據此反應式，完成左圖。

13. 請在圖上標示出陰陽極和正負極

14. 請畫出

(1) 電子流動和溶液中

(2) 離子流動的情形

15. 請寫出全反應式

附錄二 科學學習動機量表

科學動機量表 1

班級_____ 座號_____

量表範例：

A. 自我效能	非常 不同意	不同意	沒意見	同意	非常 同意
1. 不論化學的內容簡單或困難，我都有把握能學會。	1	2	3	4	5

以下附上 V 組、VD 組、VA 組在各題之前測及後測的平均得分。



A. 自我效能		V		VD		VA	
平均分數	前測	後測	前測	後測	前測	後測	
1. 不論化學的內容簡單或困難，我都有把握能學會。	2.33	2.70	2.40	3.00	2.56	2.84	
2. 我對較難的化學觀念沒有把握學會。	2.03	2.58	2.27	2.60	2.25	2.62	
3. 我沒有信心在化學考試中取得好的成績。	2.70	2.94	2.77	3.07	3.25	2.94	
4. 不管我多努力也沒有把握學好化學。	3.61	3.70	3.63	3.93	3.56	3.91	
5. 在化學課堂中所進行的活動(或寫作業)有點難時，我不是放棄就是只做簡單的部份。	3.15	3.42	3.47	3.60	3.22	3.47	
6. 在進行化學活動(或寫化學作業)時，我喜歡直接問別人而不是自己想出答案。	3.70	3.24	3.67	3.77	3.19	3.28	
7. 對於較難的化學內容，我會跳過不碰它。	3.06	3.18	3.77	3.23	2.84	3.09	
B. 主動學習策略		V		VD		VA	
平均分數	前測	後測	前測	後測	前測	後測	

8. 我在學習新的化學知識時，會企圖理解它。	3.97	3.76	3.90	4.07	3.69	3.75
9. 我在學新的化學知識時，會嘗試跟自己以前的經驗做連結。	3.61	3.76	3.80	3.73	3.91	3.78
10. 當有一些化學觀念無法瞭解時，我會找相關資料來幫助理解。	3.03	3.24	3.27	3.77	3.19	3.50
11. 當有一些化學觀念無法瞭解時，我會找人(老師或同學)討論來幫助理解。	4.06	3.85	4.07	3.87	3.72	3.91
12. 在學習的過程中，我會企圖瞭解所學到的化學知識之間的關聯性。	3.64	3.73	3.47	3.50	3.66	3.50
13. 當我寫錯答案時，我會努力了解寫錯的原因。	3.73	3.55	3.80	3.80	3.44	3.69
14. 當我有一些化學觀念無法瞭解時，我會試著去弄懂這些觀念。	3.73	3.82	4.00	3.93	3.69	3.81
15. 當所學的化學觀念，與我以前所了解的觀念有差別	3.88	3.67	3.83	3.73	3.78	3.81

時，我會試著去弄 懂兩者的差異						
C. 成就目標	V		VD		VA	
平均分數	前測	後測	前測	後測	前測	後測
16. 在學習化學時，我 覺得最有成就感的 時候是，當我完成 課堂作業時。	3.24	3.09	2.87	3.40	2.91	3.44
17. 在學習化學時，我 覺得最有成就感的 時候是，當我對此 單元內容能夠完全 了解時。	3.88	3.97	3.93	4.10	3.78	3.84
18. 在學習化學時，我 覺得最有成就感的 時候是，當我解決 一個難題時。	3.82	3.76	4.27	4.03	3.84	3.69
19. 在學習化學時，我 覺得最有成就感的 時候是，當我的想 法被老師接受時。	3.33	3.24	3.57	3.70	3.34	3.22
20. 在學習化學時，我 覺得最有成就感的 時候是，當我的想 法被同學認可時。	3.42	3.42	3.53	3.73	3.47	3.56
D. 學習環境誘因	V		VD		VA	
平均分數	前測	後測	前測	後測	前測	後測

21.我願意參與化學課，是因為課程內容生動。	3.48	3.76	3.27	3.47	3.53	3.66
22.我願意參與化學課，因為老師教學有變化。	3.76	4.03	3.77	3.83	3.81	3.94
23.我願意參與化學課，因為老師沒有給我壓力。	3.76	4.06	3.77	3.90	3.94	3.88
24.我願意參與化學課，因為老師重視我。	3.45	3.52	3.30	3.53	3.41	3.41
25.我願意參與化學課，因為課程的挑戰性高。	2.76	2.97	2.70	3.00	2.81	3.03
26.我願意參與化學課，因為同學能互相討論。	3.33	3.85	3.43	3.70	3.47	3.75

附錄三 課堂學習單 (V 組)

一、關於影片中的鋅銅電池，回答以下問題：

1. 請問鋅電極放置在什麼溶液中？_____
2. 電子由_____極移向_____極 (外電路)
3. 陽極為_____，亦為_____極，半反應式為_____
4. 陰極為_____，亦為_____極，半反應式為_____
5. 哪一極的重量會減輕？_____
6. 溶液中的 Cu^{2+} 是在何處得到電子而還原成 Cu ？_____
7. 鹽橋內的溶液為_____，陽離子游向_____極，陰離子游向_____極 (內電路)

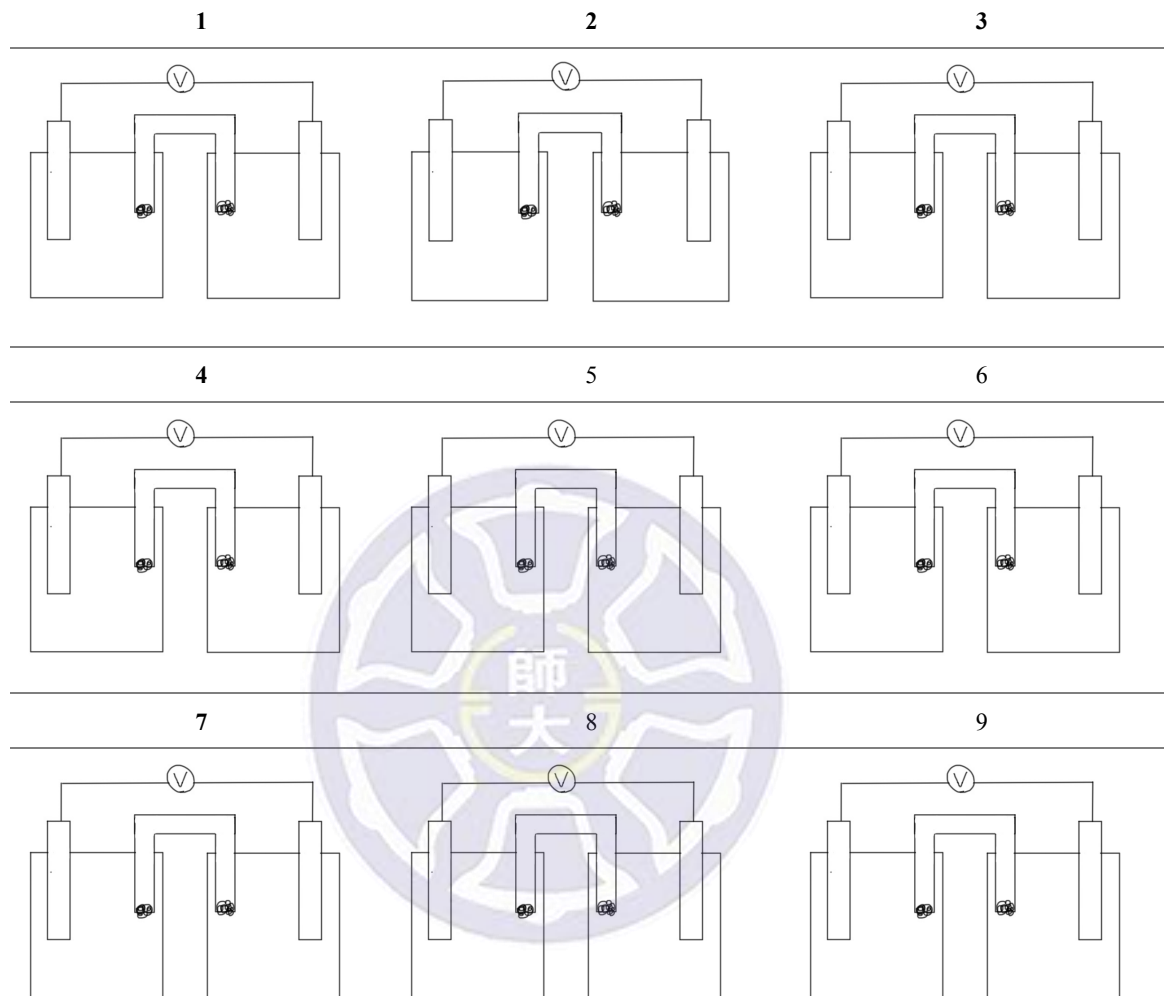
二、請看鎳銀電池的動畫，回答以下問題：

1. 請問銀電極放置在什麼溶液中？_____
2. _____失去電子，電子由_____極移向_____極，是否會存在於溶液中？_____
3. 陽極為_____，亦為_____極，半反應式為_____
4. 陰極為_____，亦為_____極，半反應式為_____
5. 哪一極的重量會變重？_____
6. 溶液中的 Ag^+ 是在何處得到電子而還原成 Ag ？_____
7. 鹽橋內的溶液為_____，陽離子游向_____極，陰離子游向_____極
8. 請問電池中，內電路和外電路指的分別是？請描述之。

內電路_____ 外電路_____

附錄四 課堂學習單 (VD 組)

一、請畫出 Ni-Ag 電池的反應過程 (兩杯溶液為硝酸鎳、硝酸銀，鹽橋溶液為硝酸鉀)



並完成以下表格

鎳半電池	銀半電池
陰 / 陽極 , + / - 極	陰 / 陽極 , + / - 極
半反應式 _____	半反應式 _____
淨離子全反應式 _____	

附錄五 課堂學習單 (VA組)

一、請製作出 Ni-Ag 電池的動畫 (兩杯溶液為硝酸鎳、硝酸銀)

並簡單描述各個影格的內容。

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15



完成以下表格：

鎳半電池	銀半電池
陰 / 陽極 ， + / - 極	陰 / 陽極 ， + / - 極
半反應式 _____	半反應式 _____
淨離子全反應式 _____	

附錄六 評析學習單

請問你評析的對象為_____

一、請針對同學做的動畫，分析以下幾點是否符合：

1. 裝置是否配置正確
(銀電極 Ag 置於硝酸銀溶液、鎳電極 Ni 置於硝酸鎳溶液)
2. 溶液中解離出的陰陽離子是否符合電中性
(硝酸銀解離出 Ag^+ 和 NO_3^- (比例 1:1)、硝酸鎳解離出 Ni^{2+} 和 **2 個** NO_3^- (比例 1:2))
3. 電子移動的方向、位置是否正確
(電子 \ominus 由鎳電極移至銀電極，不會出現於溶液中)
4. 溶液中離子的移動是否正確
(Ni 失去電子變成 Ni^{2+} 至溶液中，溶液中 NO_3^- 會靠近；另一杯 Ag^+ 會靠近銀電極而得到電子，變成 Ag 析出)
5. 鹽橋中的離子移動方向是否正確
(K^+ 移至銀半電池， NO_3^- 移至鎳半電池)

二、請針對同學所做的動畫，給予評分

	非常不好	不好	普通	好	非常好
2. 動畫的流暢度	1	2	3	4	5
3. 對於此動畫的理解程度	1	2	3	4	5
4. 美觀程度	1	2	3	4	5
5. 整體評價	1	2	3	4	5

三、你認為同學的動畫該如何做修正會更好？請建議之。