

小學科學教室中運用無線回應輔具進行同儕教學之研究

學生：俞明宏

指導教授：陳德懷 博士

周 倩 博士

國立交通大學理學院網路學習學程碩士班

摘 要

九年一貫課程強調孩子多元學習的能力，教師應靈活的運用各式各樣的教學法，來引起學生的學習興趣及提升教室中學生學習的專注力。「同儕教學法」在大學教學上已有顯著效果，但小學確少有研究以作為驗證，本研究嘗試探討其在小學教學上的影響及其價值。

本研究探討國小的自然科領域實施同儕教學之情形，及在小學科學教室中如何運用無線科技 (EduClickII) 來改善同儕教學，目的在研究自然科領域實施同儕教學的學習效果，提出建議作為教師實施同儕教學時之參考。

本研究以小學三年級中，兩班學生為研究對象，採用量化統計與質性研究的方法進行探討，在分析所蒐集之前測後測及延宕後測成績、現場觀察紀錄、錄影、錄音、訪談及相關文件等資料後，本研究提出以下結論：

一、在小學裡老師帶領學生到圖書室完成課前閱讀可提升學生的同儕教學課前閱讀學習成效。

二、小學生經常因缺乏證據支持與良好陳述而無法完成討論活動，老師可以在實施同儕教學討論活動前先加入實驗觀察活動，使學生有足夠證據進行討論活動

三、藉由 29 位小學三年級學生之優異學習成效驗證小學實施同儕教學的有效性。

四、參與實驗的老師非常支持使用無線回應學習輔具，因為無線回應學習輔具 (EduClickII) 可以增加優質的教學，只需花費在設備和電子教材製作的金錢與時間，仍為落實教學上的阻力。



關鍵字：同儕教學、課前學習、面對面互動、科技當作媒介工具

A Study on Elementary Science Classroom Learning with Peer Instruction via Wireless Response Devices

Student : Ming-Hung Yu

Advisor : Dr. Tak-Wai Chan

Dr. Chien Chou

Degree Program of E-Learning, College of Science,
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The Grade 1-9 Curriculum Guidelines highlight the important of students' learning ability in multiple disciplines. The teacher may use the teaching method of all kinds flexibly, which can engage students' learning interest and improve student to pay attention to learning. "Peer Instruction (PI)" has been proven apparent result in university education. However, few studies have been done to clarify the methodologies and effectiveness of implementing PI for elementary school students. This study aims at exploring its influence and value about students' learning.

This research studies the scenario of PI in Nature and Life Technology to 3-grade students in elementary school. How to use wireless technology (EduClickII) to improve the elementary science classroom learning with PI? The main purpose is to examine the learning outcome of PI and intends to provide suggestions for teachers who may one day need to implement this method.

This research regards students of third graders from two classes in elementary school as the subjects. In addition to the qualitative research paradigm, the quantitative method is also applied to conduct the analysis. With analysis of the data collection includes the pre-, post- and postponed-test of the concept achievement exam, observation recording, audio and video tape

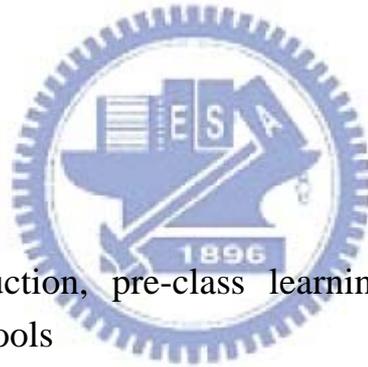
recording, interviews, and relevant documents, the findings of this study were summarized as follows:

(1) By bringing kids to perform pre-class reading activity in the library, teacher can engage elementary school students in PI pre-class reading.

(2) Elementary school students are lack of supporting evidence and good expression on discussion always, so the teacher can implement PI on elementary school by demonstrating an experiment before discussion.

(3) The evaluation of 29 3-grades elementary school students learning achievement supports PI pedagogical model on elementary science classroom.

(4) Teacher's opinions supports that PI pedagogical model via wireless response system (EduClickII) can increase instructional quality substantially but the cost.



Key-words: peer instruction, pre-class learning, face-to-face interaction, technologies as mediating tools

誌 謝

從身負交大網學在職碩士班第一屆新鮮人，到代表個人第一份學術著作碩士論文的順利產出，細細回想這幾年一路走來的點點滴滴，身兼教師與研究生雙重身份的我，在所上師長們的醍醐灌頂與同學們的相互扶持下，能順利走過人生中一個重要的階段，心中的感謝非筆墨所能形容！

首先，我最要感謝的是我的指導教授陳德懷博士，不論是他的認真教學、對研究的態度以及待人處事一直都是值得我學習效法的好榜樣，這一年多以來，他不斷的以自己豐富的學術涵養澆溉著我這棵學術幼苗，讓我得以一窺學術研究的堂奧，也帶領我進入科學教育的領域，而且在我進行論文寫作的這一段時間，對我論文的指導與建議，讓我能夠完成我的論文。接下來，我要感謝的是劉晨鍾教授，給予我許多在系統開發、實驗設計、實驗分析以及寫作技巧上許多寶貴的建議，讓我著實從中獲益良多。我也要特別感謝周倩教授，一直給予我最多的自由以及最需要的協助，每當我遇到論文上的瓶頸或是心情低潮時，她總是不斷地鼓勵、支持著我，讓我能夠繼續完成我的論文。再者要感謝口試委員李榮耀教授及蔡今中教授，兩位老師對我的論文提供了很多寶貴的建議與指導，讓我的碩士論文能夠更臻完善。

我要感謝帶我兩年的玉芬學姊，這兩年來和你們有許多的討論和互動，

我受益良多；還有松濱學長在實驗室裡陪我一起討論文獻上，與在尋找研究主題上幫助。也在此一併感憲銘、一凡、文信等同學平時對我的照顧與幫忙。感謝實驗的呂老師在實驗與教學設計上的幫助，並幫助我六次的錄音與訪談，還有陳老師以多年教學經驗支持實驗，並給我們很多寶貴的意見。更感謝實驗班級那群小學生陪伴一起的快樂的日子。在此也要實驗學校吳校長他對學習肯定與支持，不斷的支援教學上的設備與需求。

除此之外，我也要感謝桃園縣平鎮國中彭校長對於我進修的支持，也感謝的是秀玲、宗仁老師時常為我打氣加油。更感謝交大同學貽隆、小媛、煜庭、勝鈺等這段期間時常為我打氣加油，及班上同學們的協助讓我可以順利完成論文相關資料的蒐集。

當然，最要感謝的還是我的家人們，不論是我的媽媽、美貞、美華都一直全心全意支持著我，親愛的美芳也是一直在我身邊陪著我，默默陪我度過一個又一個的難關，對我而言，你們都是我人生中最重要支柱，在此願與你們一同分享我的喜悅與小小成就。最後，希望我的論文對於國內的國民教育能有一點點貢獻，也希望所有我認識的人都能健康快樂！

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VII
表目錄.....	X
圖目錄.....	XII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究動機與目的.....	5
第三節 研究問題.....	7
第四節 名詞界定.....	7
第五節 研究範圍與限制.....	9
第二章 文獻探討.....	10
第一節 小學科學概念的學習.....	10
第二節 建構式的概念學習.....	16
第三節 實驗活動的重要性.....	23

第四節 MAZUR 同儕教學方法.....	28
第三章 研究方法.....	33
第一節 研究對象.....	33
第二節 研究設計.....	35
第三節 實驗活動設計.....	39
第四節 研究流程.....	43
第五節 研究工具.....	45
第六節 資料處理與分析.....	53
第四章 研究結果與討論.....	54
第一節 小學實施同儕教學的情形.....	54
第二節 實驗組與控制組學習成效分析.....	72
第三節 實驗組概念考驗的成效分析.....	78
第四節 教師行為之改變.....	79
第五節 教師訪談記錄分析.....	81
第六節 綜合討論.....	84
第五章 結論與建議.....	86
第一節 結論.....	86

第二節 建議.....	88
參考文獻.....	90
附錄一、課前學習單.....	96
附錄二、學生課前學習單回饋.....	103
附錄三、概念成就測驗前測、後測、延宕後測試卷.....	106
附錄四、實驗教師心得.....	131



表目錄

表 2.1、「一般傳統教學」與「建構式概念學習」差異比較表.....	19
表 3.1、受測學生人數分配.....	34
表 3.2、實驗組與控制組三年級自然成績之T考驗摘要表.....	35
表 3.3、實驗設計.....	36
表 3.4、課程內容對照表.....	38
表 3.5、實驗組活動與同儕教學及即時教學活動設計之課前與課中活動比較 表.....	40
表 3.6、EDUCLICKII各設備說明.....	47
表 3.7、「概念成就測驗之一」試題分析結果 (N= 60).....	50
表 3.8、「概念成就測驗之二」試題分析結果 (N= 60).....	51
表 3.9、「概念成就測驗之三」試題分析結果 (N= 60).....	52
表 4.1、溫度與溼度概念第一組對話分析表.....	58
表 4.2、樣本學生的地位表.....	60
表 4.3、溫度與溼度概念第四組對話分析表.....	61
表 4.4、實驗組與控制組前測獨立樣本T考驗摘要表.....	73
表 4.5、實驗組與控制組前測、後測成對樣本T考驗摘要表.....	74
表 4.6、實驗組與控制組後測獨立樣本T考驗摘要表.....	75

表 4.7、實驗組與控制組前測、延宕後測成對樣本T考驗摘要表..... 76

表 4.8、實驗組與控制組延宕後測獨立樣本T考驗摘要表..... 77



圖目錄

圖 2.1、學習環的三階段教學模式 (引自鍾聖校，1999).....	15
圖 2.2、同儕教學概念考驗流程圖.....	29
圖 3.1、不相等前-後測控制組實驗設計之流程圖.....	35
圖 3.2、研究概念圖.....	39
圖 3.3、同儕教學課前、課中活動流程圖.....	42
圖 3.4、研究流程圖.....	44
圖 3.5、EDUCLICKII設備及使用示意圖.....	46
圖 4.1、全班第一次及第二次回答正確率分析圖.....	56
圖 4.2、小學同儕教學概念考驗活動流程圖.....	62
圖 4.3、小學同儕教學的課前活動及課中活動流程圖.....	63
圖 4.4、無線學習輔具配置圖.....	65
圖 4.5、分享課前學習單回饋情形圖.....	66
圖 4.6、概念考驗佈題情形圖.....	67
圖 4.7、使用遙控器回答問題情形圖.....	67
圖 4.8、顯示全班答對率情形圖.....	68
圖 4.9、本研究實驗組課中活動之教學流程圖.....	69
圖 4.10、示範實驗情形圖.....	70

圖 4.11、分組討論情形圖 70

圖 4.12、小學同儕教學概念考驗正確率分析圖 79

圖 4.13、一位學生學習單的回答圖 80



第一章 緒論

本章共分為五節，主要說明本研究之背景、研究動機與目的、研究問題、研究範圍與限制，並對本研究中所提及之重要名詞予以定義與解釋。

第一節 研究背景

1991 年，美國哈佛大學教授 Eric Mazur 發展出「同儕教學法」(peer instruction)，老師在上課前指定一些閱讀測驗 (reading quiz)，讓學生去自行閱讀教材，上課時只花了幾分鐘時間講授關鍵的概念，接下來就進行概念考驗 (conceptests) 的活動。概念考驗的活動就是老師丟出一個問題，讓同儕之間彼此說服對方，學生藉由討論釐清自己想法以學得知識。在他過去的十年實驗研究中，成功運用「同儕教學法」在大學物理課程的教學上，有顯著的效果。「同儕教學法」改善了傳統物理教學缺點，對於物理學的概念學習不再只憑記憶，而能充分了解並加以應用，增進概念學習的效率。因此，「同儕教學法」強調以學生為中心 (learner-centered) 的學習環境，有效增進同儕及師生間的互動，提升學生對於科學學習的興趣。Fantuzoo (1989) 認為同儕在課業上相互的指導、支持與合作，有助於解決課業上的困惑，並分享學習中的喜悅及挫折，因此，同儕交互指導有助於學生提昇其學業成就與減輕學習焦慮。

在傳統的學校教育系統中，是以講述法來教學，有一定的課程進度，這種授課方式有其優點，但在每班人數高達 40 個學生時，教師往往無法顧及所有學生的原有程度，且無法立即糾正學生在學習過程中的所有錯誤，傳統教學限制了每位學生的學習進度與學習者間的互動，無法面面俱到，這是老師心中的遺憾。Mazur (1997b) 指出，傳統教學法老師只是照本宣科的當個獨白者，學生在台下只能當個被動的聆聽者，這樣沒有辦法引起學生的學習興趣，學習的效率更是不彰。傳統教學法，老師是學習的主導者，學生的學習依然只有知識的累積，而非學習方法的改變，也沒有辦法提升學生的學習能力。在教學過程中學生才是學習的主角，但是傳統教學無法有效建立學生主動學習，因此，如何引起學生學習的興趣，及增進師生間的互動已成為教育改革的焦點。



九年一貫課程「國民教育階段課程綱要」中列出十大基本能力，最重視的是「尊重、關懷與團隊合作」、「表達、溝通和分享」、「獨立思考與問題解決」的能力（教育部，1998）。因此，教師應靈活的運用各式各樣的教學法，來引起學生的學習興趣及提升教室中學生學習的專注力，儘管每個教師都有教好每一位學生的理想，但是要面面俱到實屬不易。而且，現在的學生背負著多元的、沉重的升學壓力，在課業上的競爭激烈可想而知，許多家長及學生對於學習的成就感，多半自於評量的成績能夠優於其他同學，造成了學生養成「自掃門前雪」的心態及只求分數的惡性競爭，而忽

略人際關係、溝通合作及情緒處理等方面的學習，也就是只重是成績分數而不注重學習過程。

Novak 和 Patterson (1997) 提出即時教學 (just-in-time teaching) 方法，是希望師生能有效利用全球資訊網 (world wide web, WWW) 來作課前的學習，增加老師跟學生、學生和學生之間的互動，藉由搜集學生的先備知識與同儕互評機制 (Marrs, Blake & Gavrin, 2003)，教師可以即時補救學生學習的觀念偏差，運用分組解題活動 (Gavrin, Watt, Marrs & Blake, 2003)，來提升同儕間互動及學習興趣。即時教學方法應用在許多學科領域上 (物理學、數學、生物學、化學、寫作) 皆有顯著的效果。

「同儕教學法」改變了一般傳統教學的方式，教學者角色由老師轉為學生，老師則是扮演專業輔導者的角色，將全班學生異質分組來進行討論，學生在討論中將自己了解的知識、內容，經轉化後再交給同組的同學，自己也經由討論覺察到自己知識之不足或偏差，同儕教學者與受教者，都能從分組同儕教學中獲益，老師也與學生教學相長。Olmscheid (1999) 認為同儕教學者能從教學中的到基本概念，強化自既對學科的理解力與表達技巧能力，並分享學得知識及經驗，建立自信、發展出責任感。因為學習時同儕語言較接近，所以，學生間的互動較佳，較易理解上課內容，易建立同儕間的良好競爭，舒解學習壓力等優點。

有經驗的老師可以發現，很多時候老師所教的並不等於學生所學的，尤其是自然科學的學習方面更是如此 (張美玉, 2001)。就身為人師的我而言，希望找尋最適當的方式來引導學生學習，就必須瞭解概念學習在科學學習的重要性，如何讓學生真正理解科學概念而不是記憶公式來解題，如何讓學生學習帶著走的能力而不只是知識而已。以筆者任教多年累積的經驗認為：「教學活潑化、多元化以吸引學生學習，進而學生學習能主動化、學習進度與學習範圍能自主化」，這時學習成果會最為理想。

從現今科技發展迅速的情況來看，運用科技產品融入教學中已是個趨勢，但是在教學活動中使用科技產品應該做審慎評估，綜觀國內外在科技融入教學的領域中，已不勝枚舉，例如 PDA、筆記型電腦、平板電腦、掌上型電腦、等，都有教育工作者在應用。然而，Roschelle (2003) 強調「教學應用方式經常會因複雜的科技觀點和過分簡化的社會工作觀點，而走向錯誤方向。...我們需要透過更進一步的研究，才能了解如何應用簡單的無線和行動科技，來創造教學工作的豐富性」

源於以上的想法，研究者便選擇「同儕教學法」的學習模式作為研究主題，但是，在國小實施同儕教學時老師有建立學生討論機制之任務，對於安排概念考題、比較學生回答後要迅速進行同儕討論變成老師的沉重負擔，因此，本研究希望能在同儕教學模式中尋找一個簡單、易用、好操控

的輔具替代複雜的輔具是有其必要性。本研究採用 EduClick 無線回應系統促進師學間的互動，它是一個科技應用的學習環境，在一般教室內 EduClick 系統可以藉由傳送、蒐集、紀錄、展示學生回應的方式來提升學習互動 (Huang, Liang & Wang, 2001)。本研究希望了解運用無線回應輔具在國小自然與生活科技領域中實施「同儕教學法」時，學生的學習成效，並探究「同儕教學法」此種教學法有何正向影響、負向影響？在使用「同儕教學法」時，有哪些需要注意的地方？最後提供個人建議，希望能作為教師日後在實施「同儕教學法」的參考。

第二節 研究動機與目的

傳統的大班級自然科老師在教學時，為了課程進度上需要，幾乎用整節課講演方式書本上知識，以快速方式傳授給學生，學生習慣等待老師在上課時給予正確的答案，雖然上課有時許多的疑問，老師沒有足夠時間來照顧到每位學生的題問，學生為了成績漸漸的只背誦知識不求甚解；而老師也常為了班級間的成績比較及上課方便，將該有的實驗課以口述傳達代替，這樣完全犧牲學生「做中學」(learning by doing) 的權利，導致學生覺得自然課是一門很無聊的課，也不會主動去發問、思考、進而以自己的力量解決問題與建構知識。

現代知識論者認為知識是學生主動建構出來的，學習是個人創造有意義學習的歷程(莊明真，1998)。而從教學的發展來看，傳統的班級教學是以老師為中心，學生處於被動的地位，學習只是建立在硬梆梆的實徵事實上而已，忽略人類的好奇心即主動學習的慾望。所以我們必須調整我們教學的方法，培養學生主動學習的精神，使其能自發且有意識的選擇學習機會與方式，以具備適應環境在各種環境中學習的能力，充分發展潛能和促進自我實現。因此，身為教育工作者，我們應極思改進，如何讓學生成為知識的主動建造者，把學習的主動權歸還給學生，讓學生成為一個快樂、積極、且能自動自發的永續學習者。



根據上述的研究動機，本研究之目的在於將 Mazur 所提出的「同儕教學法」導入小學的自然課程，設計一個課前與課中教學方法，協助與促進學生課前學習，並且利用教室內分組討論的優點促進學生在課中中互動與學習，以驗證同儕教學法教學的科學學習在小學實施的成效。依此，本研究的目的有三項：

- 一、探討「同儕教學」對於改進小學科學的教材教法是否為可行之策略。
- 二、探討運用無線回應輔具的方式來輔助教師實施「同儕教學」是否為可行之策略。
- 三、提昇小學生科學學習在認知方面的學習成就、增進人際關係之社會

技能等方面的能力。

第三節 研究問題

基於研究的動機與目的，本研究的研究問題為：

1. 「同儕教學」學習模式於小學科學教室，其有效的實施方式如何？
2. 提供無線回應系統輔助「同儕教學」學習模式，是否解決老師教學所遭遇到的困難？如何克服及解決問題的方式為何？
3. 運用無線回應輔具輔助教師實施「同儕教學」於小學科學教室，其實施成效為何？



第四節 名詞界定

壹、傳統式教學

教室是傳統式教學的場域，教師藉由黑板的板書及口述來傳授知識，而書籍是師生主要的資訊來源，教師是整個學習活動的主導者，學習比較缺乏學習動機及互動性。

貳、同儕教學法

「同儕教學法」(peer instruction) 是由美國哈佛大學物理系教授 Mazur 在 1991 年所發展出來的教育方法，老師在上課前指定一些閱讀測驗(reading quiz)，這些題目都是多項選擇題，讓學生去自行閱讀教材，上課時只花了幾分鐘時間講授關鍵的概念，接下來就進行概念考驗 (conceptests) 的活動，概念考驗的活動就是老師丟出一個問題，讓學生回答再進行討論活動，學生藉由討論釐清自己想法以學得知識。而概念考驗的步驟分述如下：



1. 提出問題 (老師)；
2. 讓學生思考 (1-2 分鐘)；
3. 學生個別紀錄答案 (可選擇)；
4. 與鄰近同學討論 (1-2 分鐘)；
5. 學生修正回答 (可選擇)；
6. 對老師回饋 (答案的計算)；
7. 解釋正確的答案 (老師)。

第五節 研究範圍與限制

一、就研究對象與範圍而言

本研究受限於時間與經費上的緣故，無法大範圍的使用研究。以學生來說，班級的選擇皆配合實驗教師與該班上課時間的便利性。就教師選擇而言，實驗的兩班皆為同一位自然科任教師，因此教學方式與技巧大致相同。

二、學習輔具以提供教師輔助教學為主

本研究以輔助教學為主軸，教師可用來輔助教學，無法取代教師在教學上的地位，所以將本學習輔具定位於教學輔助的工具。



第二章 文獻探討

本章共分為四節，將依序針對小學科學概念的學習、建構式的概念學習、實驗活動的重要性、同儕教學法的理論基礎等本研究有重大相關的議題進行分析探討。

第一節 小學科學概念的學習

壹、概念學習的重要



概念一詞對於不同領域有不同的意義，行為學派將概念視為一群能產生某特定反應之相似刺激，而認知學派則視概念為一個心智活動。王美芬和熊召弟 (1995) 指出：認知心理學家認為概念學習非常重要，因為概念是知識架構的主幹，概念是由眾多經驗所形成的抽象想法，概念可以是一種物體、事件、一種類別、一種法則；概念也包括了語言、文學的符號。

Howe (1996) 指出兒童的科學概念來源有兩種：日常生活概念、科學概念。所謂的日常生活概念是來自於個人的獨立思考與生活經驗，而科學概念指的是學校中所教的有系統的知識，Howe 認為在教授兒童科學學習時應該將學生的日常生活概念整合到書本內有系統、有組織的知識中。

Glynn, Yeany and Britton (熊召弟等譯，1996) 指出，概念形成的歷程，也就是學習的歷程。認知心理學者認為兒童是知識的主動學習者 (Hibert, Carpenter, Fennema, Fuson, Human, Murray, Olivier, 1996)，學生在進行科學學習時，會運用他們個人的先備知識與問題解決的經驗，對當前的學習材料或是關於特殊領域的問題，加以解釋或重組，然後再將他們所組織的知識表徵，表現於他們對於問題的解決上面。

洪志明 (1993) 引用 Bruner 的觀點認為概念的學習有以下幾點益處：

1. 概念的學習有助於記憶；
2. 概念學習有助於學科的瞭解；
3. 概念有助於學習轉移；
4. 概念教學有助於分辨教材的初級與高級知識。



Arnone (1971) 曾經以認知的觀念，說明概念具有以下種功能 (引自歐陽鍾仁，1987)：

1. 概念的發展對理解力極為重要。
2. 概念是溝通思想的捷徑。
3. 概念有助於轉變學習。

4. 概念可以幫助個體決定其態度、意見和行為。
5. 了解概念可促進回憶，以及有效利用回憶。

美國科學教育學者帕拉 (Milton O. Pella) 在其著作「科學的概念學習」(Concept Learning in Science) 中，認為科學概念可分為三種類型：

- 1.分類性概念：例如，物質佔有空間，具有特性及質量。
- 2.關係型概念：例如，物質因加減而起三態變化。
- 3.理論型概念：例如，物質均由極微小的粒子即原子造成的，等三種 (引自魏明通，1997)。



林顯輝等 (2000) 提出科學知識結構模式是階層式的組織結構，且愈高層次的有效性越具短暫性，學生在學習過程中建構認知架構是有其層次性，低層為高層次之基礎，若基礎概念認知不明確時，往往會阻礙及影響到高層次概念的建構，其低層至高層次為：

1. 知覺 (perceptions)：觀察、測量有誤差存在。
2. 事實 (facts)：人類發現的事實，非真正的事實，事實有不確定的屬性，如：旭日東昇、雷雨交加。
3. 真實的概念 (real concepts)：具有實物特性，如：狗、時間、天空。

4. 定律 (laws)：在說明事實的趨勢、型態及方向，有可能是虛構的，常以方程式表之。
5. 人工概念 (invented concepts)：是屬於假想的概念沒有特定的實物可以對應，如：模型、原子。
6. 原理原則 (principles)：至少是兩個或兩個以上的概念所組成，但其中必含有一個或一個以上的人工概念。
7. 理論學說 (theory)：通則化的程度是科學知識結構中最高階的，具有解釋、預測自然現象特性。

從上述了解，整個科學知識是由概念所構築的，概念是學習的基本單位，所以概念學習就是科學的學習。

科學學習時要注意學習情境的營造，才能觸發學生的概念學習及概念轉變，如 Pintrich, Marx, and Boyle (1993) 指出，教室的學習不應是冰冷 (cold) 或孤立 (isolate) 的，概念學習時應考慮學習動機、教室情境、及同儕和師生互動的影響。因此，教學者如何營造學習情境來引發概念衝突，激發學生的概念轉變，成為教學過程中重要的環節。

從經驗學習的角度來看科學概念學習，不同學習風格的學生，會有不同的概念學習方法，我們在做分組活動時可以利用學習風格的差異來分組，

可以充分發揮異質分組的優點，讓科學概念學習更有效率。

小結：從本節整理的文獻來看，可以得到三點結論：

1. 小學生科學概念來自於日常生活概念、科學概念，因此，在編制學習教材時應注重小學生的生活經驗與先備知識。
2. 科學知識是階層式，低層為高層次之基礎，若基礎概念認知不明確時，往往會阻礙及影響到高層次概念的建構，所以小學生基礎科學概念學習很重要。
3. 科學學習時要注意學習情境的營造，才能觸發學生的概念學習及概念轉變，利用分組學習可以促進學生間互動，發揮異質分組的優點，讓科學概念學習更有效率。



貳、學習環 (Learning cycle) 教學

1960 年美加州柏克萊大學就小學自然科課程提出科學課程改進計劃 (Science Curriculum Improvement Study, SCIS, 1962-1973)，主持人 Karplus (1977) 認為，小學自然科的學習應以兒童本身的觀察和經驗為基礎，以概念發展的學習環 (learning circle) 來教學是很合適的，這樣學習科學概念是與小孩的心智成長、發展抽象程度的階段相吻合的，藉由與自然接觸、觀察，讓孩子去搜尋、累積可以有效地提升概念的學習。

鍾聖校 (1999) 整理出學者 Karplus 提出的學習環，將學習環分為三個階段：探索(exploration)、概念引導 (concept introduction)、概念應用 (concept application)，如下圖 2.1 所示：

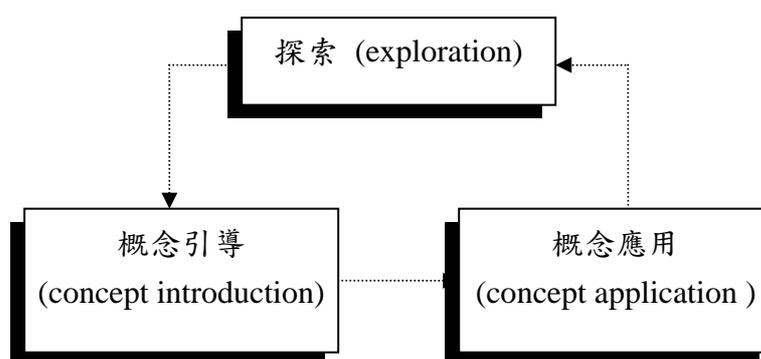


圖 2.1、學習環的三階段教學模式 (引自鍾聖校，1999)

1. 探索階段：這是學習環的第一個階段，每一個學習環教學皆由活動開始，藉由活動提供學生一些對於現象的直接經驗。老師分派任務或問題給學生，學生以動手操作或動腦思考的方式，透過概念的探討活動，給予學生有機會發表對該主題的先備知識，使老師可以矯正學生一些不正確的觀點，透過這樣的活動讓師生與同儕的互動熱絡。
2. 概念引導階段：學生對於先前探索階段所蒐集的資料與先前概念，可能造成概念衝突，老師引導學生進行概念的重組與建構。這階段教師用簡單、直接的方式提供相關名詞定義，進而介紹與概念相關的專有名詞。

3. 概念應用階段：這個階段的學生已經對該課程概念，並能應用所學的概念去解決新的問題。教師可以分派一個新的、學生不熟的任務，來強化學生在第二階段所習得的概念，加深對理論與模型的了解，這個階段技巧是活潑多元的，同儕之間可以互相言詞討論、激盪想法、圖書室參考資料、網際網路去獲得進一步的解釋。

小結：

學習環教學是以學生為中心，從生活經驗出發來引領學生去探索問題、學習知識，教師應有效利用學習情境，增進學生對科學概念及知識的獲得，因此，我們可以採用學習環教學法，來設計一個課程讓學生能真正理解科學概念。



第二節 建構式的概念學習

提出建構主義學習的學者甚多（如 Piaget, 1970; Pope & Gilbert, 1983; Osborne & Wittrock, 1985）。而 Piaget (1970) 提出的認知建構學習論 (cognitive constructivism)，其重點如下：

1. 知識是學習者與客觀環境的相互作用形成的；
2. 學習過程是個平衡狀態；

3. 學習者把新知識同化到舊思想結構中；

4. 知識的發展是通過對認知結構的不斷進行意義建構中獲得的。

建構論者認為知識是由學生自我觀察外在事物後探索、體會與省思等思考活動而建立的，強調以學生為中心 (learner-centered) 的學習環境，老師的角色由知識的傳授者蛻變成知識建立的協助者。所以建構論者認為教室裡的教學必須考慮到學生的先備概念或經驗，認為學生必須發展提出假設、預測、操作、發現問題、尋找答案、想像、探究和發明的能力，以便於建構一個新的概念 (Pfundt et al., 1991)。

Dochy (1994) 更具體地定義先備概念為—先備概念是個體的實際知識，且具有五項特點：

1、在執行特定學習任務前，先備概念本身是可用的；

2、先備概念建構在個體的概念基模 (schemata) 中；

3、先備概念可以是陳述性或程序性的知識；

4、先備概念可能有部分是明確的，有部分是模糊的；

5、先備概念的本質是動態的，可供個體用以存取，且儲存在個體的知識基礎架構中。

Spires、Donley 和 Penrose (1990) 在其研究結果指出，若能在學習活動前先活化先備概念，有助於學習者激發先備概念的存取性及可用性，使其在進行學習活動時，能更有效地運用相關概念 (引自劉嘉茹，2000)。Dochy (1999；引自劉嘉茹，2000) 在歸納其他學者的研究結果時指出，學習者的學習成效和先備概念兩者之間具有相當高的相關性，而且先備概念可以合理解釋約 30%~60% (或更多) 與學習相關的研究結果。Pressley 和 McCormick (1995；引自劉嘉茹，2000) 認為先備概念對學習過程的影響效果可能有：1、先備概念可促使學習者運用學習策略；2、學習者致力於以知識為基礎的思考與策略會推動學習活動的進行；3、先備概念利於學習者推論外在的新訊息；4、充足的先備概念基礎有時甚至可以取代學習策略。

Vygotsky (1978) 主張學習的過程是帶動潛能發展的歷程，而任何高層次心理功能的發展，都是從外在的社會活動開始，然後將外在的社會活動轉化為內在的心理過程，即所謂的內化作用 (internalization)。Vygotsky 是以社會建構 (social constructivism) 的觀點，認為知識是個人與別人互動與磋商而形成共識的。強調個人建構知識是在社會文化的環境下所建構的 (Rogoff, 1990；Vygotsky, 1978)，也就是說個人所獲得的知識，並非學習者任意建構的，而是一般人活在相同社會下所產生的共識。

茲整理「一般傳統教學」與「建構式概念學習」的差異，如表 2.1 所示：

表 2.1、「一般傳統教學」與「建構式概念學習」差異比較表

一般傳統教學	建構式概念學習
只重視知識的架構，不重視學習者的先備概念或經驗	重視學習者的先備概念或經驗
學習是被動吸收知識的現象	學習是主動建構知識的歷程
學習是在發現真理和認識真理	認知在適應與建構概念不是在發現真理
知識有恆真的價值	知識由社會協調而來
教學者主控流程	學習者主控流程
概念是由教師來統整	概念是由學習者建構

Driver 及 Oldham (1986) 從建構學習觀點提出教學須重視三個重要因素：1.學生在學習前所抱持的概念；2.學生是主動地建構知識；3.學習是概念的改變。

綜上所述，建構主義學習觀點的主要內涵，及其對自然科概念學習的可能影響，整理如下：

一、知識是學習者主動建構的

雖然建構主義有眾多派別，但有一個共同點，就對於個體的學習而言，可以用一句話來陳述其主張：「知識是學習者主動建構的」(Bodner, 1986)。以建構主義觀點，兒童有他們自己一套理解自然現象的說法，稱之為「先備經驗」，如兒童認識火山是「活的」，因為它會出聲、會動、有光等；教師對於兒童這種錯誤的想法（迷失概念，misconception），應該給予了解並尊重。

二、重視先備知識



先備知識是概念發展的橋樑。教學前學生以先備知識來理解學校裡的正式概念，然後以學校的正式概念來增加與修正先備知識的內容及架構，兩者是交互作用的歷程(Howe, 1996; 引自 Mintzes, Wandersee & Novak, 1998)。因此，建構論者認為人類的學習是一種主動建構的過程；學習不僅僅是儲存一些老師所提供的零碎的過程，更是學生以他自己已經存在的先備概念為基礎去主動建構知識的歷程（鍾聖校，1999）。若學生具有另有概念 (alternative conception)，則因先備知識根深蒂固的性質，而將不易改變 (Wandersee, Mintzes & Novak, 1994; Eylon & Linn, 1998)，因此在教學時應該注意學生概念的發展，加強新舊知識的關連性。

三、學習者為學習中心

如前言所述，學習者的先備概念影響知識的習得，意義存在於個人的心靈，對於事物的解讀亦是個人化的，因此，世界上的知識是多元的，對於學習者建構的知識是基於個人經驗，教師應該以開放多元的態度，鼓勵學習者以自己的方法建構知識，學生之間的知識「不可共量」(incommensurable)的，教師應以學生的觀點去考慮教學活動的設計，學生才是學習的主人。

四、重視學習的真實性

知識的建構基於學習者的經驗，而這個意義的建造過程必須是在情境脈絡下的活動促成的探索活動；透過問題導向、情境式的學習，結合學習者的生活經驗，習得的知識才能活化(active)的，更有助於知識的遷移；學生學到的知識更不只為敘述性的知識累積，更有領域獨特的知識程序性知識，運用於真實的情境。

五、重視合作協商過程

在 1980 年代之前強調「精熟學習」(mastery learning)，但是許多學者發現個別化精熟學習的重要缺失，是忽略同儕之間的機發動機和協商過程，因而精熟學習逐漸式微，代之而起的是分組策略、同儕合作。Tasi (1998) 認為在學生同儕討論活動中，學生必須以語言表達自己的看法，他們就必須學會如何反映出自我的思考，藉由同儕說明的同時，學生能更清楚的瞭解概念，並且發現此概念與先前概念的差異。同儕的溝通過程中，學生必須

更積極的參與整個學習活動，學生能明辨彼此間想法的不同，而加以辯証，以達到相同的看法，此亦為社會建構的過程 (Mintzes, Wandersee & Novak, 1998) 在社會群體中，個體經由批判、確認等社會協商的過程，以產生該社群所協定的概念、系統及通用的方法 (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994; Tsai, 1998)。但是，按照建構主義的科學學習觀點，學生與老師之間的想法也是「不可共量」 (incommensurable) 的，因此，想要瞭解學生的學習和思考必須從他們的觀點考量 (Tasi, 1998)。

總結，根據建構主義的觀點來實施教學時，教師不該使用傳統講述的方式，而應以學生的舊經驗為基礎，以日常生活經驗相關的事物來進行佈題的工作，教師為了使學生發展正確的概念，可以為學生搭建學習的鷹架，或運用策略讓學生發現自己想法上的錯誤，然後再幫助學生進行概念重組的工作 (胡志偉，1997)，根據此點，本研究是從社會建構的角度出發，認為社會性的互動會促使學生對其內在的知識系統進行重整的工作，教師要在教室中鼓勵學生學習，了解正確的科學概念，除了要瞭解兒童的科學觀，亦要瞭解學生如何看待他們的世界與要學習的知識，因此，教師應該給予學生充分的學習時間，讓學生可以思考、彼此討論，由學生自己建構，在腦海中形成科學知識網路，促進科學概念的形成。

第三節 實驗活動的重要性

實驗活動在科學教育中已經有一段很長的時間，它幾乎被視為科學教育中最重要且神聖的一環，學童經由實驗活動能夠學習科學探究的方法，進而瞭解科學的本質及培養從事科學研究的態度，而好的實驗活動可以提供學童進行知識建構的機會 (Tobin, 1990)。

目前九年一貫課程暫行綱要 (2000) 中的自然與科技學習領域中也強調了探究能力培養之重要性。其在基本理念中即提到：



自然科學的學習，宗旨在於讓我們學習如何去進行探究活動，藉著這些探究活動，使我們學習到如何去觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養出我們的批判、創造等各種能力。特別是以實驗或實地觀察的方式去進行學習，使我們獲得處理事務、解決問題的能力。了解到探究過程中細心、耐心與確實的重要性，也經過此探究活動獲得科學知識，體會到科學的發現、科技的發明對人們生活的影響。

由此我們可以瞭解，科學學習強調探究學習，實驗活動是科學探究學習最好的方法，藉由科學實驗學生能夠培養多元能力，由此可見科學實驗的重要性。

在不同時期，受不同則學觀點的影響，人們對科學實驗的目的，有著不同的看法。Wilson 與 Stensvold (1991) 整理出不同年代，人們對實驗教學目的的不同看法，如下說明：

1.1890 年代：實用主義者 (Pragmatism) 強調實驗活動是驗證課程內容，及培養特殊技能的最佳途徑，以驗證教材上的結果。

2.1930 年代：杜威提倡「從做中學」(learning by doing)。這時期人們普遍認為，讓學生從實際參與中去體驗真正的科學。

3.1950~1960 年代：重視從活動中培養「科學過程技能」，試圖藉由實驗活動過程中，讓學習者學習類似科學家探究科學的模式及思考方法。



而這裡所謂的「科學過程技能」是由美國科學促進學會所提出的 SAPA (Science-A Process Approach) 課程的十三項從事科學研究的技能，包含觀察 (observing)、應用時間或空間 (using spacing/time relations)、建立模式 (formulating models)、應用數字 (using numbers)、測量 (measuring)、實驗 (experiment)、預測 (predicting)、推理 (inferring)、形成假設 (formulating hypotheses)、控制變因 (controlling hypotheses)、下操作型定義 (defining operationally) 及解釋資料 (interpreting data) 等基本的科學技能及統整的科學過程技能 (Collette & Chiappetta, 1984)。由此可知，實驗活動是涵蓋了整個科學學習的歷程，因此，科學實驗就是科學學習的關鍵。

張惠博 (1993) 綜合國內外科學教育研究者的研究，將實驗目的歸類成五個方向：

- 1.概念學習：將理論與實際配合，加深對內容的了解。
- 2.技能目標：熟練儀器操作；培養處理數據及表現結果的能力。
- 3.認知能力：引起學習動機及提高學習興趣；培養分析的思考能力；

經由實際體驗產生概念的轉變。

- 4.瞭解科學的本質：認識科學知識建立的方式。
- 5.培養正確的科學態度：強調「合作學習」；不畏懼學習解決問題。

研究者認為，實驗教學中最重要的特點，就是自己動手做 (hands-on) 的過程。

周崇儒 (2000) 指出建構主義就是一個探究學習的過程。因此，我們可以發現「科學實驗活動」正是奠基在此理論再加以發展，因為科學實驗活動最主要的目的，意即在讓學童能夠透過實驗活動，主動的去探索問題藉由討論與實驗去解決問題，進而建構出自己的科學知識。

在實驗教學法提出後，雷勒 (Renner) 等人曾對大一主修物理的學生做了調查，並有底下結論。

1. 在學生們從自己的實驗得到數據之前，他們並不喜歡討論物理觀念。

2. 學生們相信，如果他們先使用實驗儀器取得數據，而後討論數據的意義，並再有了擴充概念的經驗後，將可較容易學習到更多的物理內容。

3. 當多數的學生抵達至形式抽象階段時，他們即可從老師的教導獲得益處，縱使該教學內容並未在實驗的初探層次教過。

4. 當建立概念時的主要來源，不是來自學生從實驗室得來的數據，而是用讀或被告知的方式來取代實驗經驗，學生們並不喜歡如此，且很快地就變得乏味無聊。



綜合多位研究者的看法，實驗教學對於學生學習科學所具有的重要性的目的，有以下五點 (Renner, 1984；張惠博，1993；周崇儒，2000；Collette & Chiappetta，1984；Wilson & Stensvold, 1991；Tobin, 1990； White, 1996)：

1.學習科學的知識：實驗教學可以透過真實過程的操作或呈現，提供學生具體的經驗，藉由實驗來驗證理論，使學生了解科學中複雜抽象的概念，加深對科學內容的認識。

2.學習科學的技能：所謂科學的技能包括了觀察、分類、溝通、推論、預測、形成假說和解釋資料等科學過程技能，以及裝置處理、儀器操作、

測量等實驗技能。實驗活動提供學生動手實作的練習機會，由活動過程中與儀器互動、同儕和教師的回饋，學生可熟悉各種科學技能。

3.學習科學的探究：透過科學實驗的探究活動，使學生體驗科學探究的精神及方法，藉此訓練學生獨立解決問題的能力。

4.瞭解科學本質：認識科學知識建立的方式，從科學的世界觀、探究和科學志業的角度瞭解科學究竟是什麼。

5.發展應有的態度與社會技能：不僅止於科學學習，生活中也應具備的態度，例如誠實、不畏懼面對問題、好奇心、客觀和自信心等，以及表達意見、與人溝通討論、互助合作、聆聽、給予回饋等社會技能。實驗教學可提供情境以培養應有的態度與良好的社會技能。

總結，學生對科學概念的學習是實驗教學的重要目標之一，從文獻中發現從實驗進行的方式、透過實驗的操作、參與實驗和小組間的討論、教師和學生的互動情形均能促進學生對概念方式的瞭解。因此，在本研究中，要提昇學生對科學概念學習的成效，實驗進行的方式、小組間的討論也是研究者必須去思考的面向。Tamir (1991) 也指出，實驗室的效果不彰的原因之一是沒有實驗後的討論，因為實驗後的討論能促進概念理解。

第四節 Mazur 同儕教學方法

「同儕教學法」(peer instruction) 是由哈佛大學物理系教授 Eric Mazur (1997a) 所發展出來的教學法。使用傳統教學法來教授大學的物理學(力學、電與磁學)時，無法提高學習者的興趣，因為傳統教學老師只是將書中的內容演示給學生看，學生常常只是記憶一些解題的公式，這樣的傳統教學法是無法讓學生真正了解物理學的重要概念。為此，他發展了同儕教學法，老師在上課前指定一些閱讀測驗 (reading quiz)，讓學生去自行閱讀教材，老師整理學生的課前作業當作授課時重要參考，上課時只花了幾分鐘時間講授關鍵的概念，接下來就進行概念考驗 (conceptests) 的活動。概念考驗的活動就是老師丟出一個問題，讓同儕之間彼此說服對方，學生藉由這個討論建構彼此的知識，如圖 2.2 所示。

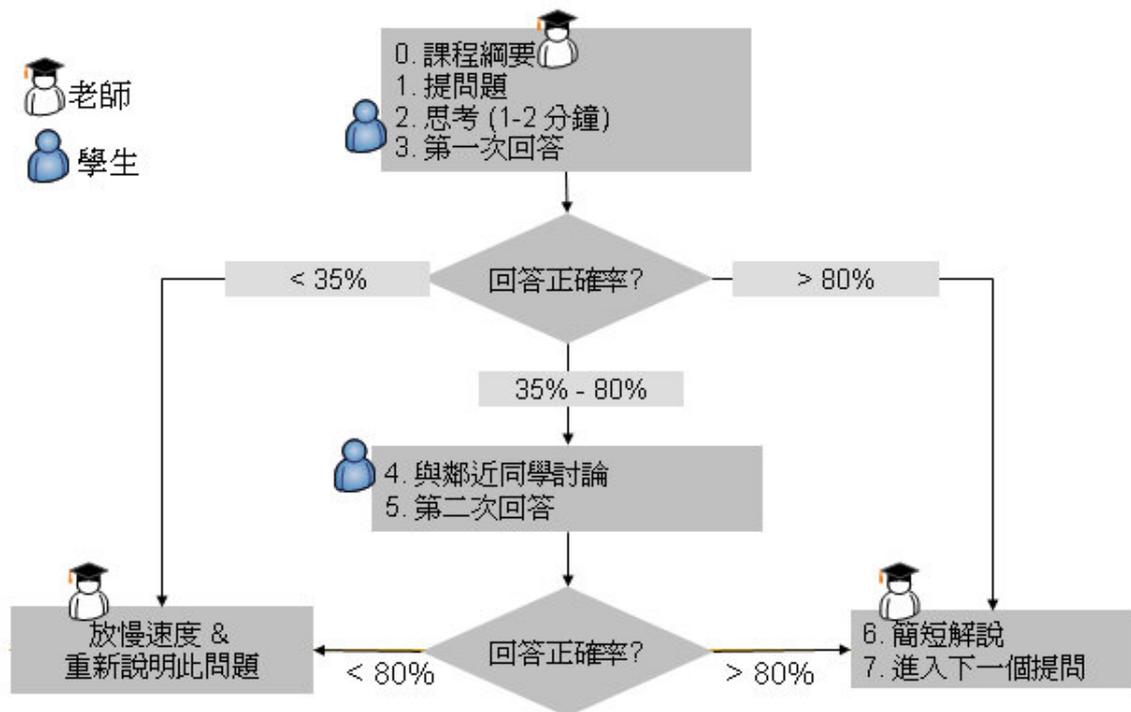


圖 2.2、同儕教學概念考驗流程圖

同儕教學是以學習者為中心 (learner-centered) 的學習模式，運用策略來增加討論時的互動性，希望建立學習者的主動學習 (active learning)，來有效地學習科學的概念。不只在大學物理課，其他如：大學化學課、醫學病理課程、大氣課程、微積分、生物學等，實施同儕教學法都有顯著的成效。茲就同儕教學法之主要特點及其理論基礎，分述如下：

一、重視課前學習

Mazur 在實施同儕教學法時，授課前會先公佈下次上課的授課範圍，並且提供這授課範圍的相關閱讀測驗 (reading quiz)，讓學生可以依照這些題目自行閱讀下次授課範圍。而這些課前閱讀題目為多項選擇題以方便老師

批改。為了鼓勵學生課前閱讀，同儕教學法在課中一開始會先抽一至二題的課前題目測驗同學，若答對者則給予獎勵。

同儕教學法非常重視課前學生學習，Mazur (1997b) 認為如果要在課中進行活動，那麼在課中就不可能有時間去推論及示範解題。而且大部分的研究都指出，學生只在課中看著老師解題是無法有太多收穫的。Novak 和 Patterson (1997) 指出，藉由讓學生課前自我學習，減低上課學習的負擔，老師就可以專注在指導學生不懂的地方，而降低講授的機會。課前學習可以讓老師建構出課外的時間，使學生做個主動的學習者，利用課前學習的機制可使學生的學習成果更加有效。

建構主義學者普遍認為，學生的學習成效與其先備概念是息息相關，適當活化學習者的先備概念，對於學習成效會有相當大的幫助，因此，課前學習幫助學生知識建構的重要方法。課前閱讀設計，讓老師可以充分了解學生課前閱讀瞭解的程度與先備知識，藉由分享學生課前回饋至課中活動，這種方法，充分利用學生帶進教室內的先備知識。

二、重視概念考驗與應用

同儕教學的課中活動部份分成兩個階段，上課一開始教師只花幾分鐘對於授課內容骨架式的講授要點 (lecture outline)，接下來，就讓學生進行所謂的概念考驗(conceptest)，讓學生透過說服你左右的同學 (convince your

neighbor) 的方法，讓學生互相講明彼此的想法，從這過程中，去澄清彼此的概念想法 (Mazur, 1997a, 1997b)。概念考驗是要讓學生在課中思考，讓學生的焦點擺在目前所討論的概念上。而概念考驗有三種實施方法，舉手表決 (show of hands)、檢視表格 (scanning forms)、互動反應系統 (interactive computer response system, *ClassTalk*) (Mazur, 1997b)。

概念考驗讓學習者全神貫注於概念上，因此，概念考驗容易引發學習者的概念衝突，依照學習環論者 Karplus (1977) 認為概念衝突有助於學生概念引導，幫助學習者的概念學習。

三、運用討論提高學習成效

經過概念考驗之後，接下來要求學生在教室內跟坐在自己附近的同學彼此討論正確答案為何。Mazur 指出，這種方法可以強迫學生在彼此辯論的過程中進行批判性思考並且提供一個機會讓學生對於他們所了解的概念進行評價。

「學習原理」 (How People Learn) (National Research Council [NRC], 1999) 書中也有提到，如果學生在單元活動中，有機會去利用回饋修正自己既有的概念時，這個回饋是非常珍貴的。書上亦提到，如果提供團體合作完成一件工作的機會可以亦可有效增加學生回饋的品質。

Wilson 和 Redish (1992) 認為學生從討論和實際操作 (discussing and doing) 中可以學習得比僅是坐在台下聽和看 (listening and watching) 更多。

學生藉由討論瞭解他人想法引發概念衝突，可以提高學習者的學習動機，透過說服彼此、闡述彼此概念過的程，可以藉此澄清與建構彼此概念，提高學習成效。

四、知識由學習者建構

科學的學習是一連貫概念與探索的學習，課前學習可知學生先備概念及引發學生的學習動機，概念考驗加深學生概念衝突及引發學生的概念轉變 (Karplus, 1977)，同儕討論提供學生澄清概念及知識建構。

總結，本研究同儕教學是重視課前學習、課中概念考驗及同儕討論的模式，有效利用課前學習及課中概念考驗，可以讓學生學習更有效率，同儕討論增加教師與學習者間的互動，提昇學生科學概念的學習。所以，本研究在設計課前學習教材時，應注意學生的先備經驗，並提供學生充足的學習資源；進行概念考驗命題時，也應注意學生的課前學習經驗；同儕教學相當重視討論活動，培養小學生討論活動經驗也變得非常重要。

第三章 研究方法

本研究的主要目的在瞭解同儕教學學習活動對國小學生科學學習成效之影響，研究中採用成就測驗與教師訪談方式來蒐集資料。本章將就本研究的研究對象、研究設計、實驗活動設計、研究流程、研究工具、資料處理與分析等共分成六節分別加以說明。

第一節 研究對象

本研究是以國小三年級學生為研究對象。參與本研究的自然科教師是一位有五年實際教學年資，並且有三年國小自然科教學的年資。

本研究從此位教師所任教的三年級班級中，選取兩班學生總共 59 人，男生 29 人，女生 30 人，將兩班學生分為實施「同儕教學的科學學習」的實驗組與實施「傳統講述式教學」的控制組，來教授自然與生活科技，每組人數分配如表 3.1 所示。參與學生之自然與生活科技平均成績在全國國小中大約屬最後 20% 的程度。

表 3.1、受測學生人數分配

研究組別	男生人數 (人)	女生人數 (人)	總人數 (人)
實驗組	14	15	29
控制組	15	15	30

實驗組活動分為課前及課中，整個實驗進行了七週的時間，課前活動使用學習單在教學前一週完成，而課中活動時教室為無線網路環境，每位學生皆持有一台行動學習輔具每週進行三個小時的課中活動。

為了確保實驗組和控制組兩個班級在教學前並無差異存在，研究者收集這兩班學生實驗前的三年級上、下學期自然科的平均成績進行 t 考驗的統計分析，結果發現兩班在三年級上、下學期自然科的平均成績之表現上並未達顯著水準 ($P>.05$)，因此可視為這兩班在教學前並無差異存在，表 3.2 為實驗組與控制組三年級自然成績之 t 考驗摘要表，如表 3.2 所示。

表 3.2、實驗組與控制組三年級自然成績之 t 考驗摘要表

組別	平均數	標準差	t 考驗	P
實驗組(N=29)	89.9	6.56	0.893	.376
控制組(N=30)	88.1	9.05		

第二節 研究設計

根據本研究之研究目的與參考相關文獻，研究者考慮在研究進行時無法隨機選取或分派受試者，為了就現有情境做最有效控制，因此本研究採用準實驗設計的不相等前-後測控制組的實驗設計，如圖 3.1 所示。



圖 3.1、不相等前-後測控制組實驗設計之流程圖

本研究是由同一位教師分別對兩個班級實施兩種不同的教學法，在實驗前先實施「自然科概念成就測驗」之前測，經過兩個單元的教學後再實施「自然科概念成就測驗」之後測，為了解學習延宕情形兩個月後再實施「自然科概念成就測驗」之延宕後測。因此，本研究採用現有班級作為實驗的分組，實驗設計如表 3.3 所示。

表 3.3、實驗設計

時間	第一週	第二週	第五週	第九週 兩個月後
組別	控制變項	自變項		依變項
實驗組	前測	 同儕教學的科學 學習：水和我們 生活環境 學習：氣象觀測		後測 延宕後測
控制組	前測	傳統講述式教學： 水和我們生活環 境 傳統講述式教學： 氣象觀測		後測 延宕後測

本研究的變項中，將受試者的背景因素納為類別變項，自變項為教學方法，依變項為學業成就。現在將本研究中所包含的背景因素、自變項、依

變項與控制變項分別來說明：

一、背景因素：

本研究的背景因素是指受試者的類別變項，這包括受試者的性別和受試者自然科的學業成就，其中受試者自然科的學業成就是依照實驗前三年級自然學業平均成績。

二、自變項：

本研究的自變項為教學方法，實驗組採取同儕教學的科學學習活動，而控制組採取傳統講述式教學活動。同儕教學的科學學習活動是依照 Mazur (1997b) 所提出的「同儕教學法」學習模式(詳見第二章)作為教學活動設計之依據；而傳統講述式教學法是依據南一版三年級下學期自然與生活科技教學指引實施的教學活動。

三、依變項：

本研究的依變項為受試者的學業成就，根據受試者自然科概念成就測驗的前測、後測與延宕後測成績比較，並訪談教師受試者的學習態度的分析。

四、控制變項：

為了減少其它變因對於本研究所造成的影響，本研究將實驗組與控制組

教材內容與教學時間控制保持一致。教材內容為南一版自然與生活科技之第二冊的兩個單元內容，分別為「水和我們生活環境」與「氣象觀測」單元，如表 3.4 所示。

表 3.4、課程內容對照表

前測/ 後測	課程大 綱	課程 教材	Reading Quizzes (題數)	Concept Test (題數)	Concept Exam (題數)
我和 生活、 環境、 氣象 觀測	1. 水和 我們 生活 環境	三下 第 三 單 元	1. 河水往哪而流 (4)	1. 河水往哪 而流(12)	1. 河水往哪而 流(6)
			2. 毛細現象(3)	2. 毛細現象 (14)	2. 毛細現象(7)
			3. 水的溶解作用 (3)	3. 水的溶解 作用(18)	3. 水的溶解作 用(9)
	2. 氣象 觀測	三下 第 四 單 元	1. 天氣狀況(3)	1. 天氣狀況 (14)	1. 天氣狀況(7)
			2. 氣溫(3)	2. 氣溫(14)	2. 氣溫(7)
			3. 降雨量(3)	3. 降雨量(16)	3. 降雨量(8)
			4. 風向風力(3)	4. 風向風力 (16)	4. 風向風力(8)

各單元的教學時間都是 450 分 (十節課)，研究概念如圖 3.2 所示。

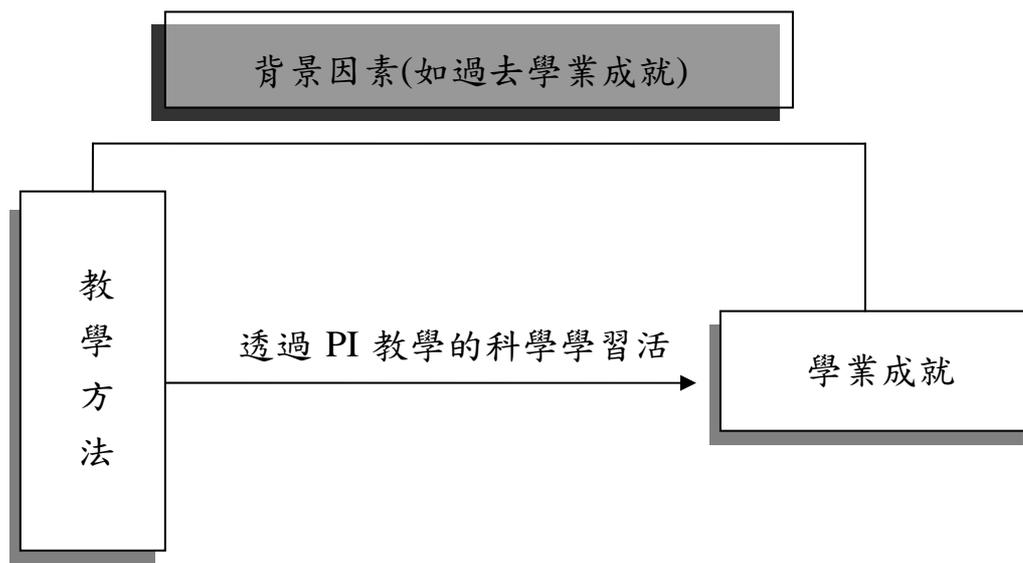


圖 3.2、研究概念圖

在實施結束後藉由實驗組與控制組對於前測-後測與延宕後測之成效進行交叉分析，並在實驗過程中對學生錄影，及實驗後對教師訪談，進行質性研究的分析，以驗證「同儕教學」對小學生的自然科學學習成效。

第三節 實驗活動設計

本研究是以國小三年級學生為研究對象，目的在瞭解國小自然科實施同儕教學活動的學習成效，因此，實驗組活動設計是根據同儕教學與即時教學活動設計所改良的，表 3.5 為本研究實驗活動設計與 Mazur (1997a) 所提出的同儕教學及 Novak, Patterson, Gavrin 和 Christian (1999) 所提出的即時教學方法三種活動課前、課中活動之比較，為了方便比較，其中即時教

學方法課前活動僅以熱身題 (warm-up quiz) 列示之，接下來，針對課前及課中活動進行比較分析如下：

表 3.5、實驗組活動與同儕教學及即時教學活動設計之課前與課中活動比較表

	課前活動	課中活動		
本實驗之同儕教學	閱讀測驗 (開放式問答题)	簡短分享課前 回饋	概念考驗 (整班活動)	小組討論 (實驗觀察)
同儕教學活動	閱讀測驗 (多項選擇題)	簡短介紹重要 概念	概念考驗 (整班活動)	鄰近同儕 討論
即時教學活動	熱身題 (開放式問題)	簡短討論課前 問題	小組合作 問題解決	小組討論

一、課前活動部分

同儕教學法是非常重視課前學習 (第二章)，學生課前閱讀是非常重要的

的，然而，同儕教學必須用課中抽考加分方式來促進學生課前學習。而且，同儕教學所使用的課前閱讀題目為多項選擇題，這種方式雖然方便老師批改，但是，卻不能更深入的看出學生的先備概念，而且學生會有猜題的可能性。

根據建構主義的理論，許多學者 (Dochy, 1999, Pressley& McCormick, 1995, Spires, Donley& Penrose, 1990) 都認為學習成效和先備概念兩者之間具有相當高的相關性，因此科學學習必須重視學習者的先備概念。

因此課前閱讀我們採用即時教學法的設計，以簡答題來當課前閱讀題目，這樣由學生答題內容，老師可以更可以了解學生課前閱讀瞭解的程度。並且在上課前，大略看過學生所作答結果，瞭解學生哪些概念不懂，可以作為老師授課時重要的參考，如圖3.3所示。

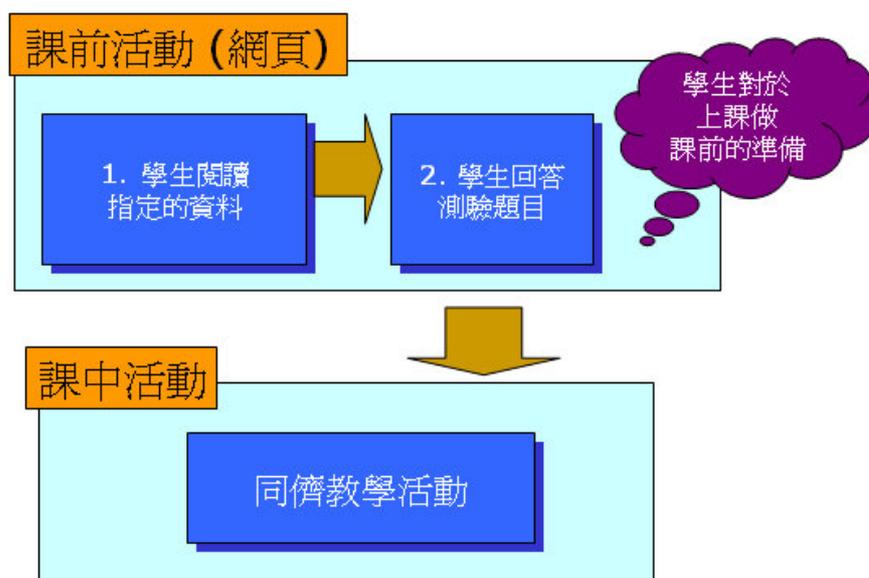


圖 3.3、同儕教學課前、課中活動流程圖

二、課中活動部分

同儕教學的課中活動部份分成兩個階段，一開始教師只給予骨架式的講授要點 (lecture outline)，僅講授四到五個關鍵要點。接下來，就讓學生進行所謂的概念考驗，讓學生透過說服你左右的同學 (convince your neighbor) 的方法，讓學生互相講明彼此的想法，從這過程中，去澄清彼此的概念想法 (Mazur, 1997a, 1997b)。

而即時教學方法在課中上的活動也是分成兩個階段。首先，會先簡短的討論學生在課前概念所不足的部份，然而接下來，就是進行分組活動。每組小組由二到四個人所組成，每小組會被分派一系列他們所不熟悉的題目，一開始小組要討論出他們的解決方法，而助教會協助討論出一致方法，並且讓小組有系統的解決這個問題。學生從中可以學習到問題解決、團隊工作、溝通技巧 (Novak et al., 1999; Novak, Patterson, Gavrin & Enger, 1998)。

而本研究實驗活動在課中活動設計，則分成兩個階段。首先，教師用簡短時間來分享學生課前閱讀測驗的回饋。第二階段，跟同儕教學一樣進行概念考驗，並利用無線回應輔具 EduClickII 系統，將學生四到六個人進行小組討論，學生只是互相講明彼此的想法，從這過程中，去澄清彼此的概念想法。如此一來，老師即可輕鬆透過電腦即時監控學生答題結果，學生

也可以利用這方法，建構彼此的知識。有時需要透過科學實驗，來讓學生能從實驗觀察中了解科學學習的本質，建構理論者認為科學實驗，可以增進概念的轉變與應用。

第四節 研究流程

本研究之流程如圖 3.4 所示：



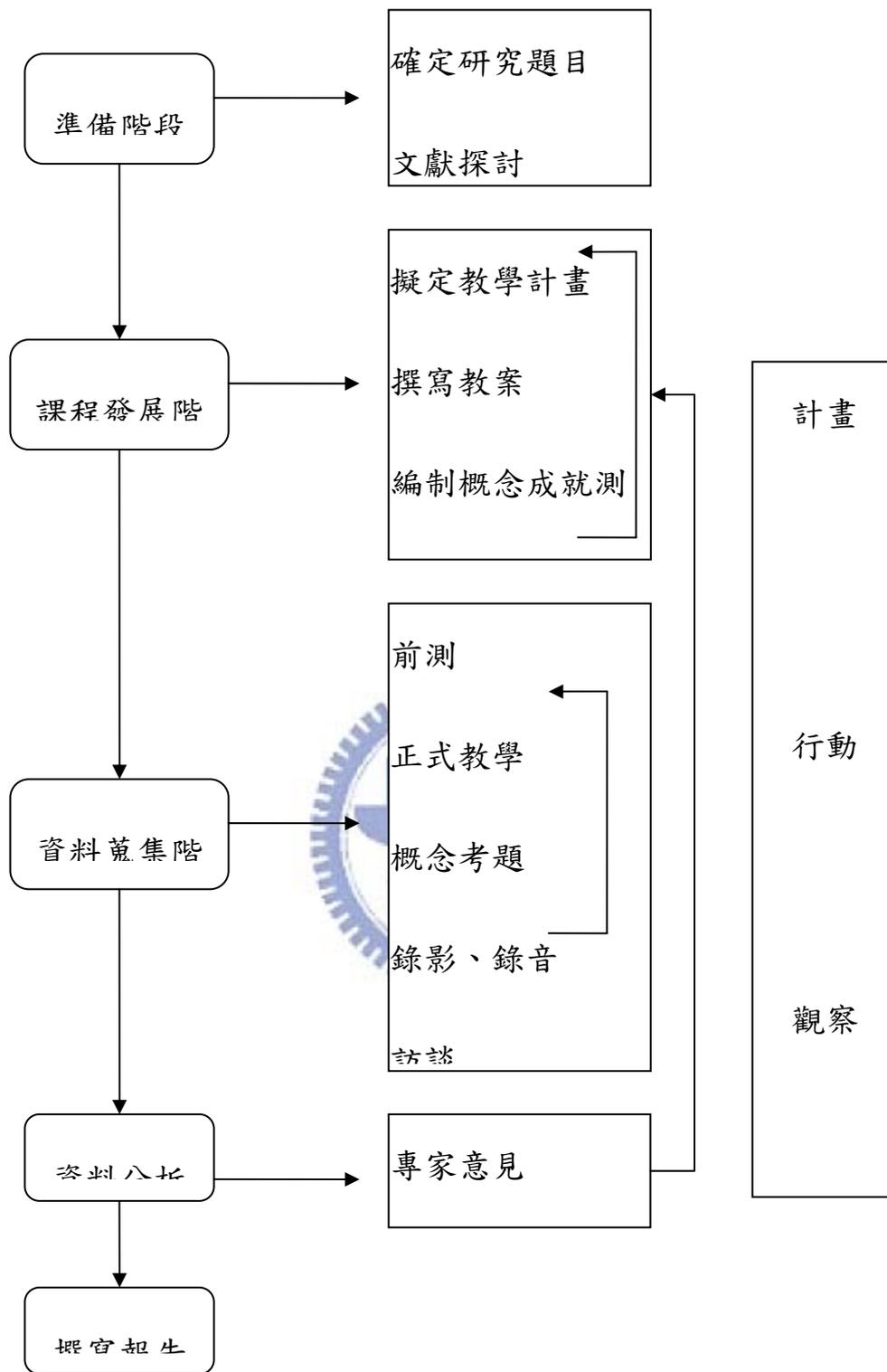


圖 3.4、研究流程圖

第五節 研究工具

壹、互動式回應系統

互動式回應系統的發展已經有一段時間[2003LIU]，其中有一套是由國立中央大學學習科技中心發展，並藉由中央大學育成中心技術轉移給松博股份有限公司(<http://www.aiclass.com.tw/>)的系統，名為EduClickII。

EduClickII 主要應用於教室課堂上，學生每人手中拿著一個遙控器，與一個與電腦連線的接收器，就可以進行隨堂測驗活動或遊戲比賽活動，如圖 3.5 所示。EduClickII 易學易用、方便、便宜，打破傳統老師講、學生聽的課堂學習生態，提高老師與學生間的互動，增進活潑生動課堂氣氛；老師也能馬上診斷學生的學習成效，及時做補救教學。EduClickII 能自動改卷，把學習記錄保留在網路上，統計及分析學生答案，省卻老師人力，並提供老師及學生學習進度報告，協助監督學生學習，也能自動點名，協助課堂管理。



(a) EduClickII 設備

(b) EduClickII 使用示意圖

圖 3.5、EduClickII 設備及使用示意圖

EduClickII 包含互動回應系統光碟、遙控接收器、老師遙控器與數個學生遙控器，配備說明如表 3.6 所示：

表 3.6、EduClickII 各設備說明

項目	配備	數量	用途
	<p>遙控接收器</p> 	1 個	<p>以 RS-232 或 USB 介面連接到個人電腦主機上，用來接收遙控器的紅外線信號，在左右 45 度角之間，可以有效識別 128 個信號。</p>
	<p>老師遙控器</p> 	1 個	<p>老師用來主控教學活動系統，以紅外線訊號傳輸 15 個按鍵指令，控制學習活動的進行或呈現教學素材。有效遙控距離可達 10 公尺以上。</p>
	<p>學生遙控器</p> 	60 個	<p>每一個都具有唯一的識別碼，教室內的每位學生配備一個。對準接收器按下按鈕發送信號時，接收器可以識別誰按了什麼按鈕。教學活動系統得以因應個別的輸入狀況，進行教學活動。</p>

貳、概念成就測驗試卷

(一) 測驗內容

研究者根據南一版國小三年級自然與生活科技課本、習作、教施手冊中教學目標與概念結構，和專家學者的指導及研究者本身構想、相關文獻參考發展封閉式紙筆測驗試題。將「水和我們的生活環境」、「氣象觀測」

兩單元編制成三份試卷，各設計二十五題作為預試題目。在實驗教學前先找兩班共 60 位學生預試，對預試結果進行分析後，篩選每份各二十題作為正式題目，作為實驗教學之前測、後測及延宕後測之試卷，以評量學生科學概念學習成效。

（二）編製過程

科學概念成就測驗編製過程分為六個階段：

1. 確認教學單元中之教學目標、內容分析作為編製題目的基礎；
2. 初步草擬科學概念測驗試卷；
3. 與資深專家學者共同修訂合適的試題；
4. 與資深教師確定題意敘述是否符合國小三年級學生的語言能力；
5. 進行預試、試題分析及題目篩選；
6. 編製正式科學概念成就測驗試卷。

（三）實施與記分方式

本研究概念成就測驗試卷(預試)將學習單元「水和我們的生活環境」、「氣象觀測」的學習目標編制成選擇題（如附錄三），採兩班統一的團體方式來施測，施測時間為三十分鐘。記分方式為每題四分，共一百分。

(四) 試題分析

三份預試知識題之試題分析分別作難度與鑑別度分析。預試兩班學生共 60 人，選擇與正式施測對象同質性較高的學生施測，依照回收之預試問卷作難度與鑑別度分析，由分析結果剔除太難和鑑別度不佳的試題，修訂後的試題將作為正式施測試題。表 3.7、3.8、3.9，分別列出預試的試題分析結果。

「概念成就測驗之一」正式試題共二十題，難度為 0.383~0.850(題目難度是指答對人數的百分比)，鑑別度為 0.300~0.533(題目鑑別度是指高分組通過的百分比減去低分組通過的百分比)；「概念成就測驗之二」正式試題共二十題，難度為 0.383~0.817，鑑別度為 0.333~0.533；「概念成就測驗之三」正式試題共二十題，難度為 0.383~0.817，鑑別度為 0.333~0.533。三份測驗試卷如附錄三。

表 3.7、「概念成就測驗之一」試題分析結果 (N= 60)

原題號	難度	鑑別度	刪去的題	正式題本編
1	.850	.300		1
2	.783	.417		2
3	.983	.017		
4	.800	.417	×	3
5	.833	.333		4
6	.833	.400		5
7	.733	.433		6
8	.950	-.050	×	
9	.500	.400		7
10	.417	.533		8
11	.900	.100	×	
12	.383	.317		9
13	.600	.417		10
14	.600	.383		11
15	.800	.417		12
16	.783	.433		13
17	.783	.383		14
18	.967	0	×	
19	.650	.433		15
20	.933	.033	×	
21	.483	.400		16
22	.733	.400		17
23	.817	.433		18
24	.783	.333		19
25	.667	.383		20

表 3.8、「概念成就測驗之二」試題分析結果 (N= 60)

原題號	難度	鑑別度	刪去的題	正式題本編
1	.950	.017	×	
2	.700	.417		1
3	.750	.383		2
4	.717	.433		3
5	.683	.400		4
6	.800	.383		5
7	.250	.050	×	
8	.817	.350		6
9	.383	.400		7
10	.567	.533		8
11	.800	.333		9
12	.883	.050	×	
13	.517	.517		10
14	.650	.417		11
15	.983	-.017	×	
16	.667	.383		12
17	.817	.383		13
18	.783	.383		14
19	.650	.433		15
20	.733	.400		16
21	.500	.450		17
22	.817	.383		18
23	.983	.017	×	
24	.567	.400		19
25	.600	.383		20

表 3.9、「概念成就測驗之三」試題分析結果 (N= 60)

原題號	難度	鑑別度	刪去的題	正式題本編
1	.650	.417		1
2	.667	.383		2
3	.833	.333		3
4	.783	.383		4
5	.467	.433		5
6	.733	.400		6
7	.950	.050	×	
8	.750	.433		7
9	.917	.050	×	
10	.783	.333		8
11	.567	.400		9
12	.700	.417		10
13	.833	.367		11
14	.717	.433		12
15	.417	.533		13
16	.800	.383		14
17	.600	.417		15
18	.883	.017	×	
19	.817	.350		16
20	.383	.400		17
21	.950	.050	×	
22	.567	.533		18
23	.700	.417		19
24	.983	.017	×	
25	.600	.417		20

第六節 資料處理與分析

本研究在資料分析上分為兩大部分：

一、量的分析

1. 蒐集實驗組與控制組概念成就測驗之前測、後測、延宕後測，利用 SPSS for Windows 對兩組概念成就測驗之前測、後測、延宕後測成績進行 t 考驗，比較兩組學生概念成就測驗得分上的差異；
2. 蒐集實驗組概念考驗之前後兩次回答平均成績，以 Excel 繪製圖表來分析，比較概念考驗前後兩次回答成績差異。

二、質化分析

蒐集實驗過程實驗組分組討論錄音、紀錄教學之錄影帶與教師訪談內容分析。

第四章 研究結果與討論

本章將針對本研究中所收集兩組的概念成就測驗、實驗組概念考驗的成效等進行量化分析及實驗組概念考驗錄音與錄影、教師行為之改變、教師訪談紀錄分析等進行質化分析，並做成最後結論。

第一節 小學實施同儕教學的情形

壹、同儕教學之設計特色



本研究實驗的課前閱讀測驗採用問答題，老師可以充分了解學生課前閱讀瞭解的程度與先備知識，藉由分享學生課前回饋至課中活動，這種方法，充分利用學生帶進教室內的先備知識，學生學習起來也特別有效率。由於課前閱讀沒有明確的邊界，因此，課前閱讀是一種獨立的學習，其中學習者能建立個人學習需要之機制，這樣的過程能培養學生成為有能力、靠自己、積極、終身學習的學習者 (Kesten, 1987)。

本研究活動設計上也參考在第二章中所提到的學習環 (Karplus, 1977)。學生在課前探索完教材後，課中老師藉由分享活動，製造學生先前概念的衝突，有利其概念轉變的學習，接下來讓學生進行學習環的第二階段之概念引導與第三階段之概念應用，也就是本研究實驗之課中活動第二

階段概念考驗。並利用分組的科學實驗觀察，讓學生可以更正確的建構知識，加深對概念的了解與應用。在同儕教學學習模式中，學生必須跟其他同學討論概念考驗時他的答案。當學生們有不同的答案時，學生學習就會發生認知衝突。當學生以概念及理由致力於辯論時，個人經驗與他人概念衝突時，就呈現與個人原來立場不一致情形。同儕分組的討論活動可以幫助概念衝突的解決，這樣的過程讓學生得到高品質的學習，與讓學生學習到做決策過程 (Johnson & Johnson, 1995)。透過科學實驗的探究活動，使學生體驗科學探究的精神及方法，藉此也訓練了學生獨立解決問題的能力。

貳、課中教學遭遇之問題與改進

一、教學遭遇的問題

本研究為了更深入了解「小學同儕教學的科學學習」的成效，蒐集實驗過程中實驗組在概念考驗之成績資料。經過兩週的同儕教學實驗過程後，將蒐集有進行兩次回答的 21 次概念考驗的進行分析，這些概念考驗在第一次回答後先進行分組討論再進行第二次回答，茲將兩次回答之全班正確率整理比較如圖 4.1 所示。

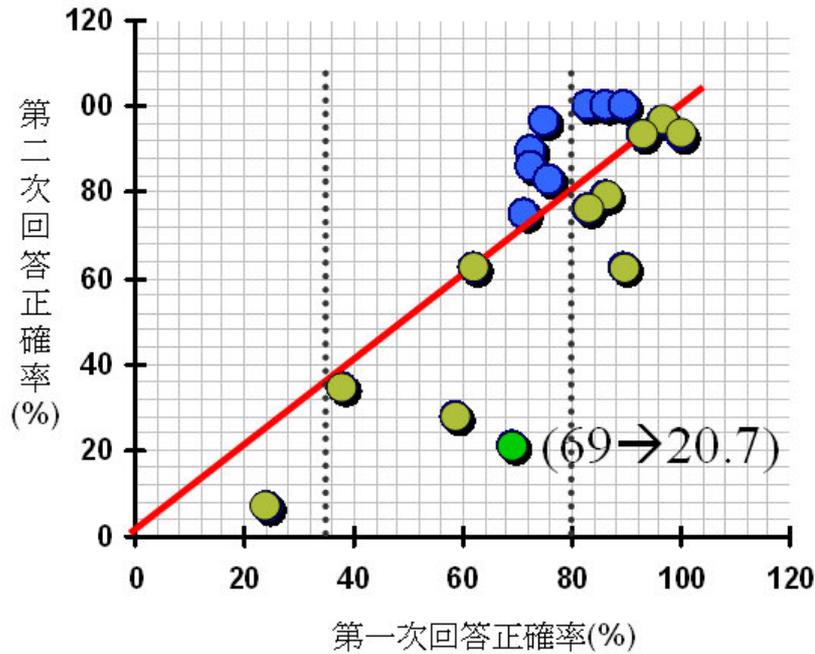


圖 4.1、全班第一次及第二次回答正確率分析圖

從這 21 次概念考驗的回答正確率分析後，得到三種情形：(1)有 9 次回答正確率下降；(2)有 3 次回答正確率保持不變；(3)有 9 次回答正確率上升。就第一種情形而言，同儕教學活動是失敗的。於是，研究者希望能從更深入的分析與推論中，找出失敗可能的原因，而能夠改善小學實施同儕教學的學習成效。

在同儕教學學習模式中，當學生說服其他同學時，學生也必須去聽其他同學的想法、概念、感想及經驗，從同儕中去探索、擴展、澄清與反省自己，對於當其他學生有不同的觀點時，他們必須用有說服力的證據來支持與護衛他們的主張。但是，在同儕教學的討論中，國小學生很少有好的表

現，當他周圍同學來說服他時小學生沒有能力提供足夠證據反駁，可知小學階段學生還未具備討論互動的技巧，因此，小學生從討論中學生無法斷然地學習所有的知識。

二、討論時小學生沒有足夠的社交技巧

在 9 次回答正確率下降情形中，研究者找到一個代表性的例子：概念考驗第一次回答正確率有 69%，但是，經過討論後再進行第二次回答時，正確率卻下降到只有 20.7%，如圖 4.1 所示。現將此題目列出如下：

問題：在何種溫度和溼度的狀況下，汗水不易蒸發，所以常讓人覺得又溼又熱，而感到不舒服？



	城市①	城市②	城市③	城市④
溫度	25°C	30°C	40°C	32°C
溼度	80%	10%	10%	75%

答案：④

從他們討論的對話錄音中我們許多重要的發現，整理分析如下。表 4.1 是第一組對話分析表，在第一次回答時座號 20 號及 2 號學生是答對的。當學生討論時，他們並不知道答案。從表 4.1 顯示 20 號學生成功的反駁 14 號

學生，但沒有成功反駁 1 號學生。儘管 20 號學生正確地回答問題，因為它沒有提出強而有說服力的理由來支持他的觀點，所以其他同學沒有認同他。從表 4.2 中考量學生在校成績表現，我們看出 1 號學生仍然堅定他自己的選擇，即使成績比他好的 20 號學生有不同答案時。在我們研究的討論中竟然發現這樣的對話。

表 4.1、溫度與溼度概念第一組對話分析表

對話內容(學 1,學 14,學 18,*學 20)	狀態觀察
學 14：我選①	陳述
學 1：為什麼？	詢問
學 18：你為什麼選①？	詢問
學 14：那你知道我為什麼選①？因為	陳述
*學 20：可是他說又熱，25°C 應該還	陳述(反駁)
學 1：25°C 還好啊！	支持
*學 20：25°C 應該還好	支持
學 1：我覺得③，因為他溫度 40°C	陳述(解釋)
*學 20：因為他溫度 40 是不是，才 40	陳述(反駁)
學 14：那你選什麼？	詢問

續下頁

續表 4.1

*學 20：我選④	陳述
學 18：為什麼？	詢問
*學 20：因為 75 蠻濕的，32 蠻熱的，	陳述(解釋)
學 14：那這一題是④	確定
*學 20：我想看解答	
學 1：他問是什麼因素	詢問
*學 20：因為 32 蠻熱的 75 應該也蠻	陳述(解釋)
學 1：是嗎？那其他的呢？	詢問
*學 20：②跟③好像比較沒有可能，	陳述(解釋)
學 1：40°C 很熱，我覺得是③	不確定

表 4.2、樣本學生的地位表

學生					
座號	名次*	人格特質			
		積極的	熱情的	活潑的	用功的
1	第 9~11	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
14	第 9~11	★★	★	★★	★★
18	第 9~11	★★	★	★	★★
20	第 5 名	★	★	★	★★★★
2	第 15 名	★★★★	★★	★★★★	★★
5	第 22 名	★	★	★	★
8	第 7~8 名	★★★★	★★	★★★★	★★
17	第 12 名	★★★★	★★	★★★★	★★★★

*學生名次是在校成績

表 4.3 為第四組的對話分析，從表中發現 2 號學生無法陳述他的觀點，這一組中在第一次回答時他是唯一正確的，相反的，17 號學生即使他只從溫度觀點不完整的考慮，在他持續不斷的陳述下讓其他同學感覺有考慮到溼度條件。從表 4.2 中考量，從 5 號學生舉的例子來陳述她的觀點發現，他是比較敏銳但是缺乏自信的。從 17 號、2 號和 8 號在討論時他們都頻繁

的陳述看出，他們是積極、活潑、用功的個性。尤其是 17 號學生，對於他所不知道的事是充滿好奇的。但是，對話中 2 號學生比較少陳述看出他對這個問題的回答沒有自信，因此，17 號學生的陳述使他啞口無言以對。

表 4.3、溫度與溼度概念第四組對話分析表

對話內容(*學 2,學 5,學 8,*學 17)	狀態觀察
學 17：我選③	陳述
學 5：我也選③	支持
學 17：因為①②溫度比較小，40°C 比	陳述(解釋)
學 8：而且要看溼度	陳述
學 5：很熱又很濕，流汗要流很多的	陳述(舉一例)
學 17：有沒有選①	詢問
學 5：我選③因為它比較熱那我們出	陳述(解釋)
*學 2：我選④	陳述
學 17：你講啊！	
學 5：我講完了	
學 17：①②，我選溫度高的，氣溫高	陳述(解釋)

我們推論在小學階段，學生在與其他同學討論時是比較沒有成績權威

的，他們會全神灌注在如何求出答案，而非無理的盲從。小學生在討論中沒有學術權威這是很好的優點，但是，若因為缺乏證據支持而小學生沒有好的表達時，學生正確的見解就會有不受他人重視的缺點。因此，根據推論研究者大膽假設：在小學實施同儕教學時，必須先讓學生獲得足夠的證據才能進行討論活動，這樣才能確保小學實施同儕教學的學習成效。根據第二章文獻瞭解科學學習時實驗觀察是有其重要性，我們修正同儕教學概念考驗的流程，如圖 4.2 所示。

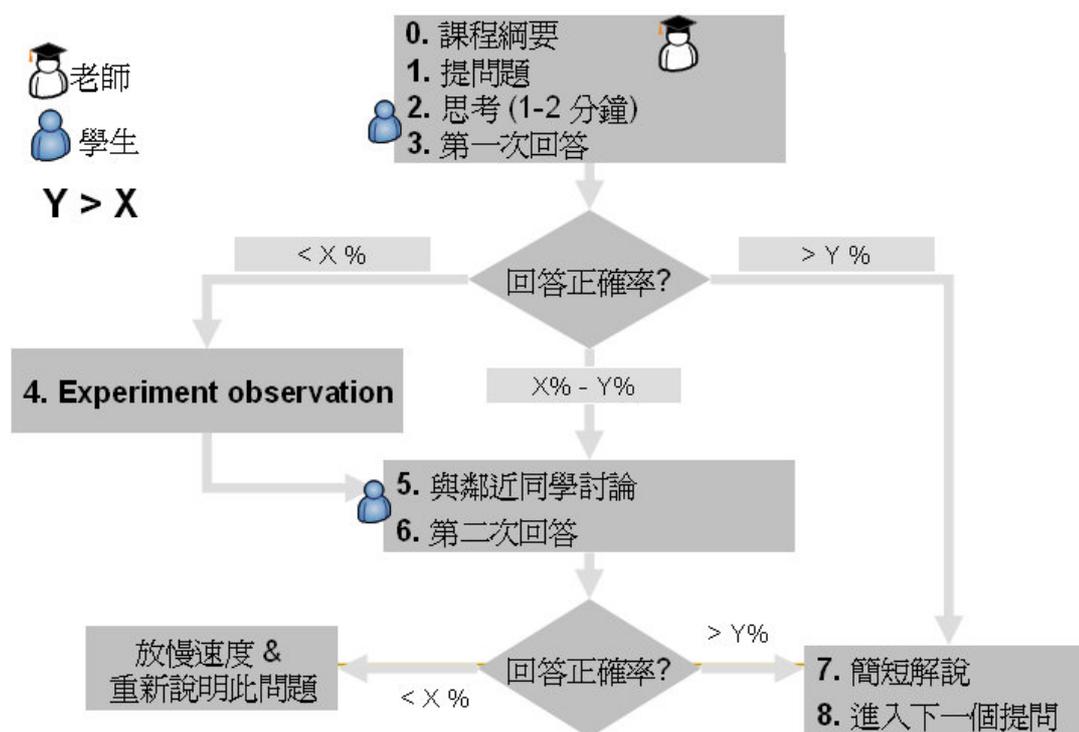


圖 4.2、小學同儕教學概念考驗活動流程圖

為了彌補討論時小學生沒有足夠的社交技巧，本研究第三週實驗中於討論活動前先加入實驗觀察的學習後，再進行討論活動。

參、小學同儕教學的活動設計

如圖 4.3 所示，本研究是小學同儕教學模式設計的實驗活動，建置在 EduClickII 無線回應系統的數位教室中，主要分為課前活動及課中活動兩階段活動兩部分，分述如下：

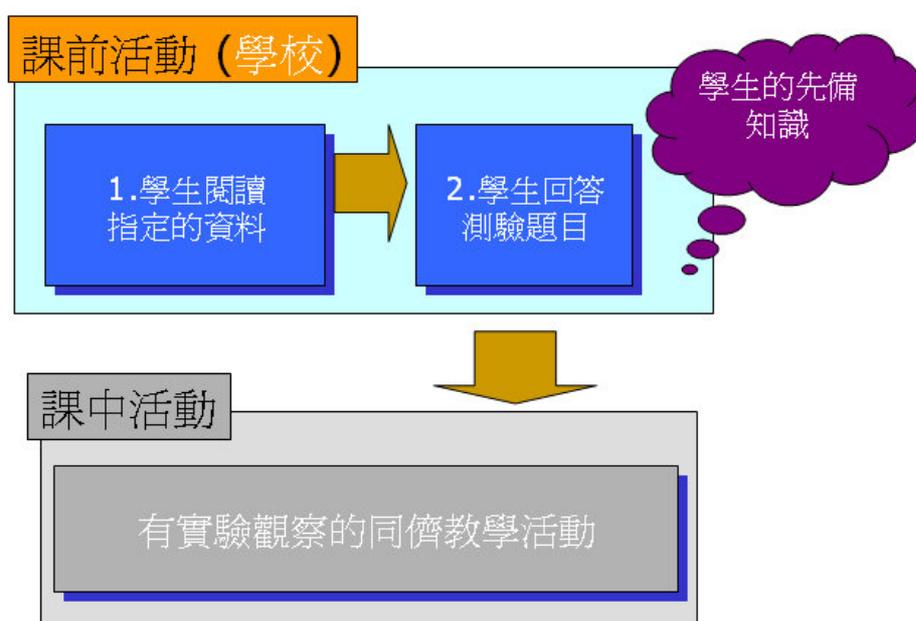


圖 4.3、小學同儕教學的課前活動及課中活動流程圖

一、課前活動設計

課前活動的主要目的是要創造出課前環境，讓學生課前可以在家裡自行閱讀預習教材，讓學生學習當著自主的學習者，這是許多學者提出的想法 (Mazur, 1997b; Novak & Patterson, 1997)。在家裡自行閱讀預習教材雖然對於大學生是不成問題，但是對於台灣小學生這樣做是行不通的。在訪問兩

位國小老師後發現，小學生沒有能力自行閱讀預習教材，就會求助於家長，家長會將這些視為回家作業，而幫助孩子們完成功課。

因此，我們採用學習單(附錄一)的方式來進行。首先，依照課本內容，我們將單元重要概念用簡短的語句，以動動腦的發問方式來引發孩子們的思考，利用早自修或休息時間 20~30 分鐘讓學生完成課前學習，並有效利用學校的圖書室等資源來進行課前學習。讓學生利用圖書資源，自己找資料作答，這樣可以培養學生自我學習。在課前活動中，教師並非將它視為授課，但老師必須扮演引導的角色：(1)幫助學生理解這些問題的意思；(2)審慎回答問題；(3)反映出他們相關先備的知識；(4)尋找相關的數據和資訊讓學生自己回答測驗。藉由整理課前學習單，教師可以瞭解學生的舊經驗與概念，作為備課與授課之重要參考。

二、課中活動

本實驗的課中活動，採用即時教學方法及同儕教學的設計理念。並且建置在 EduClickII 無線回應系統的數位教室中，如圖 4.4 所示。

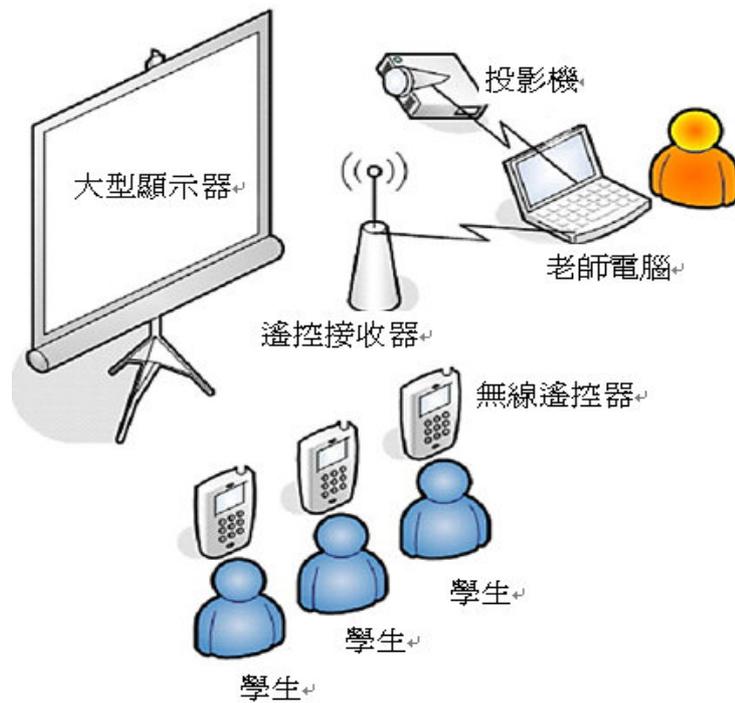


圖 4.4、無線學習輔具配置圖

而在課中活動大概可以區分成底下三個階段，分別討論如下：

(1) 簡短地分享學習單回饋：

課中活動的第一階段，先利用 5~6 分鐘來分享課前學習單的回饋，我們將學生答案整理並條列出來（附錄二），使用單槍投影機投影到大型顯示器上，不解答也不對這些答案做評價，只是讀給全部學生聽，如圖 4.5 所示。



圖 4.5、分享課前學習單回饋情形圖

(2) 概念考驗：

課中活動的第二階段，係利用無限回應系統 EduClickII (第三章第五節) 來輔助概念考驗活動之進行。首先，我們將課本重要概念製作成概念考題，也可以是多媒體的考題，每節課進行 4~6 次概念考驗。我們會將 EduClickII 無線遙控器事先發給學生。

概念考驗開始時會先將題目投影在大型顯示器上，老師會唸出題目並解釋名詞，這些題目都是多項選擇題，如圖 4.6 所示。

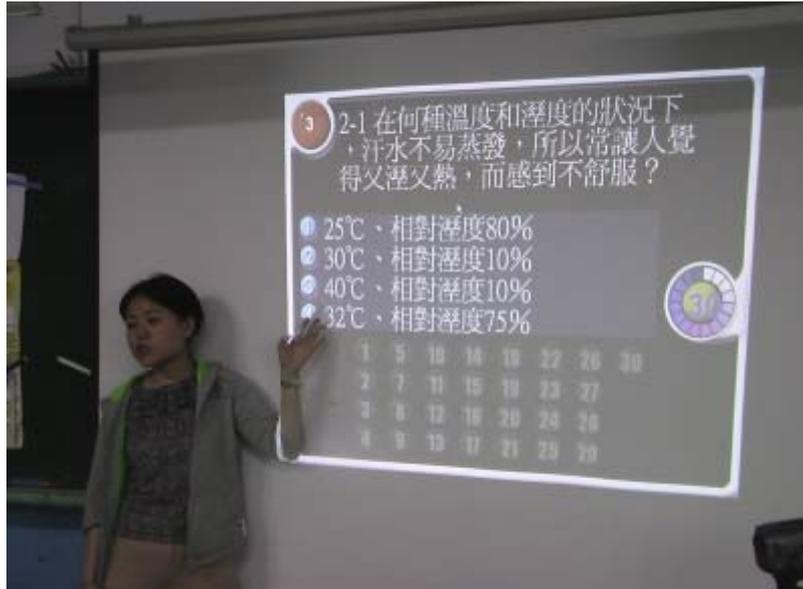


圖 4.6、概念考驗佈題情形圖

接下來讓學生各自思考 1-2 分鐘之後，學生有 30 秒的作答時間，每位學生可以使用無線遙控器來回答，如圖 4.7 所示。



圖 4.7、使用遙控器回答問題情形圖

透過遙控接收器將答案傳到筆記型電腦作為個人回答紀錄，EduClick 系統迅速整理學生的回答作成統計，雖然沒有顯示正確答案但大型顯示器會立即統計出該題全班的答對率，如圖 4.8 所示。



圖 4.8、顯示全班答對率情形圖

按照課中活動之教學流程圖 4.9 所示，由答對率的百分比老師採取不同的措施：

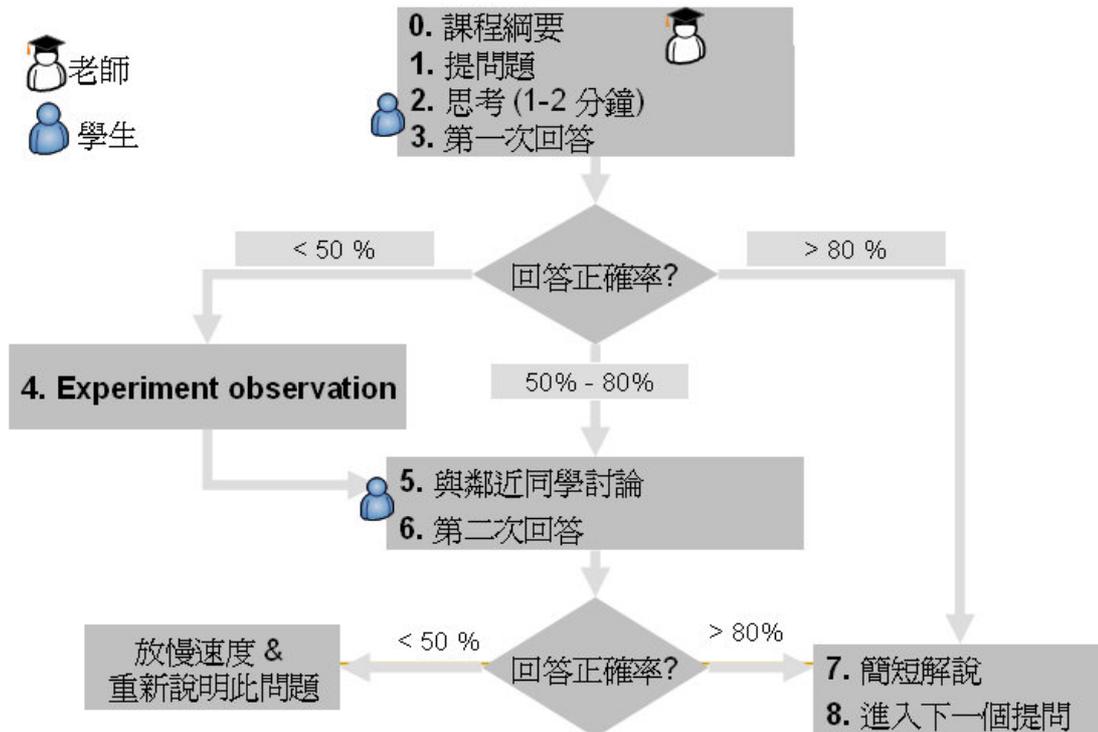


圖 4.9、本研究實驗組課中活動之教學流程圖

1. 答對率低於 50% 時：老師會將題目意義再解釋一遍，接下來讓學生作分組實驗觀察，有時是老師做實驗示範給全班學生觀察，如圖 4.10 所示。



圖 4.10、示範實驗情形圖

接下來，學生進行 1~2 分鐘的分組討論，老師希望學生透過說服你左右的同學之方式來進行討論，如圖 4.11 所示。



圖 4.11、分組討論情形圖

接著，再進行該概念的另一題考驗，依照此題的全班答對率再採取適當措施，如圖 4.9 所示之流程。

2. 答對率在 50~80% 之間時：老師讓學生進行 1~2 分鐘的分組討論後，再進行該概念的另一題考驗，依照此題的全班答對率再採取適當措施。
3. 答對率高於 80% 時：老師引導全班學生討論，在對學生答案作回饋之後，接著才會進行下一個概念的考驗。

在實施同儕教學進行課中活動時，我們利用互動學習輔具 EduClickII 系統。EduClickII 系統能自動改卷，把學習記錄保留在網路上，統計及分析學生答案，省卻老師人力，並提供老師及學生學習進度報告，協助監督學生學習。因此，使用 EduClickII 使概念考驗活動的進行更加方便，能幫老師能立即診斷學生的學習成效，及時做補救教學，也能幫助了解學生學習歷程，更增加師生間的學習互動，。

雖然有許多方法可以引導學生學習正確概念，但是為了不介入在討論活動中學生知識的建構，因此，我們藉由老師示範實驗來讓學生觀察。在小學自然科學課程中，學生的概念形成主要是來自於透過觀察自然、實驗或影片等，在老師實驗示範後，老師可以藉由詢問學生他們觀察到什麼來觸發學生討論，如圖 4.10 所示。跟其他同學討論時學生可以更具體來陳述他

們的經歷，來建構他們的知識，實驗示範在討論時能夠提供學生堅定的證據與例子。因此，在課中活動之概念考驗學習流程中，概念考驗進行第一次回答後，若答對率低於 50% 時，我們修正了同儕教學模式以適用於小學自然科學的學習，在分組討論前增加實驗觀察活動，這樣可以讓小學生有足夠的論證來討論，更正確地建構他們的知識，如圖 4.9 所示。

(3) 老師領導簡短討論：

在課中活動的最後一個階段，教師利用概念考驗的結果去權衡哪些觀念是學生表現比較差的，並且領導全班進行簡短的討論，讓教師去加強學生較弱的觀念或者澄清學生有可能有迷思或者困惑的概念，然而，這討論只要進行短暫的解釋即可，因為幾乎大部分的學生都已經在共同找出正確答案的過程中，被彼此說服過了。

第二節 實驗組與控制組學習成效分析

本研究採用準實驗研究設計，對於受試對象進行了概念成就測驗前測、後測及延宕後測，底下將分別對實驗組與控制組進行學習成效分析。除此之外，研究者蒐集了實驗組在實驗過程中概念測驗的成績資料，底下將對實驗組學生進行更深入學習成效分析。

本研究在實驗的前、後分別對實驗組與控制組進行了概念成就測驗前

測、後測及延宕後測的概念成就測驗，測驗題目均為 20 題選擇題，測驗時間均為 30 分鐘。先將資料分別進行成對樣本 t 考驗，來了解兩組樣本各自在實驗前後三次測驗間的改變是否有顯著差異，並採用兩組樣本之獨立樣本 t 考驗變異數分析，將統計的 α 值（顯著水準）設定為 0.05，茲分析如下：

壹、實驗組與控制組概念成就測驗之前測分析

本研究為了要了解實驗前實驗組與控制組學生在自然與生活科技的成績差異情形，因此在實驗前一週對兩組進行了概念成就測驗之前測，現在就以兩組學生在自然與生活科技的前測成績，進行獨立樣本 t 考驗如表 4.4 所示。



表 4.4、實驗組與控制組前測獨立樣本 t 考驗摘要表

組別	平均數	標準差	t 考驗	P
實驗組 (N=29)	60.5	13.12	.647	.520
控制組 (N=30)	58.3	12.82		

雖然實驗組平均分數 (60.5 分) 略高於控制組平均分數 (58.3 分)，但是，從表中我們可以發現實驗組與控制組的概念成就測驗之前測平均成績

差異未達顯著水準 ($P>.05$)。

小結：由上述分析結果，我們可以了解實驗組與控制組學生的先備知識水準是相似的，兩組學生在實驗前是沒有差異的。

貳、實驗組前測-後測分析

為了分別了解實驗組與控制組中學生自然與生活科技在實驗前後之差異情形，現在將兩組學生概念成就測驗之前測、後測成就測驗成績進行成對樣本 t 考驗，結果如表 4.5 所示。

表 4.5、實驗組與控制組前測、後測成對樣本 t 考驗摘要表

組別		前測	後測	前測-後測	t 考驗	p
實驗組 (N=29)	平均數	60.5	83.6	-23.1	-9.902	.000
	標準差	13.12	11.17			
控制組 (N=30)	平均數	58.3	76.2	-17.8	-7.990	.000
	標準差	12.82	16.54			

從表 4.5 得知，接受「同儕教學的科學學習」的實驗組在自然與生活科

技的概念成就測驗前測、後測成就測驗中，後測平均分數 (83.6 分) 高於前測平均分數 (60.5 分)，且前後測的平均分數差異達顯著水準 ($p<.001$)；接受「傳統講述式教學」的控制組在自然與生活科技的前測、後測成就測驗中，後測平均分數 (76.2 分) 高於前測平均分數 (58.3 分)，且前後測的平均分數差異達顯著水準 ($p<.001$)。

小結：實驗組學生的學習成就有顯著提升。

參、實驗組與控制組概念成就測驗之後測分析

為了要了解實驗組與控制組中學生自然與生活科技在實驗後之差異情形，現在將兩組學生概念成就測驗之後測成績進行獨立樣本 t 考驗，結果如表 4.6 所示。



表 4.6、實驗組與控制組後測獨立樣本 t 考驗摘要表

組別	平均數	標準差	t 考驗	P
實驗組 (N=29)	83.6	11.17	2.034	.047
控制組 (N=30)	76.2	16.54		

從表 4.6 得知，在實驗後測中實驗組平均分數 (83.6 分) 高於控制組平

均分數 (76.2 分)，且發現實驗組與控制組的後測成績差異達顯著水準 ($P<.05$)。

小結：兩組學生的學習成就均有提升，且同儕教學的學習效果明顯優於傳統講述式教學的學習效果。

肆、實驗組與控制組前測與延宕後測分析

為了分別了解實驗組與控制組中學生自然與生活科技在實驗後之延宕情形，在實驗結束的三個月後進行了概念成就測驗之延宕後測，現在將兩組學生概念成就測驗之前測、延宕後測成就測驗成績進行成對樣本 t 考驗，結果如表 4.7 所示。

表 4.7、實驗組與控制組前測、延宕後測成對樣本 t 考驗摘要表

組別		前測	延宕後測	前測-延宕後測	t 考驗	p
實驗組 (N=29)	平均數	60.5	81.6	-21.0	-8.916	.000
	標準差	13.12	12.18			
控制組 (N=30)	平均數	58.3	73.3	-15.0	-6.523	.000
	標準差	12.82	14.10			

從表 4.7 得知，接受「同儕教學的科學學習」的實驗組在自然與生活科技的概念成就測驗之前測、延宕後測測驗中，延宕後測平均分數 (81.6 分) 高於前測平均分數 (60.5 分)，且前測-延宕後測的平均分數差異達顯著水準 ($p<.001$)；接受「傳統講述式教學」的控制組在自然與生活科技的概念成就測驗之前測、延宕後測測驗中，延宕後測平均分數 (73.3 分) 高於前測平均分數 (58.3 分)，且前測-延宕後測的平均分數差異達顯著水準 ($p<.001$)。

為了要了解實驗組與控制組中學生自然與生活科技在實驗後之延宕差異情形，現在將兩組學生概念成就測驗之延宕後測成績進行獨立樣本 t 考驗，結果如表 4.8 所示。

表 4.8、實驗組與控制組延宕後測獨立樣本 t 考驗摘要表

組別	平均數	標準差	t 考驗	P
實驗組 (N=29)	81.6	12.18		
			2.392	.020
控制組 (N=30)	73.3	14.10		

從表 4.8 得知，在實驗延宕後測中實驗組平均分數 (81.6 分) 高於控制組平均分數 (73.3 分)，且發現實驗組與控制組的延宕後測成績差異達顯著

水準 ($P<.05$)。

無論是接受「同儕教學的科學學習」或「傳統講述式教學」學生在自然與生活科技的概念成就測驗前測、延宕後測中，延宕後測平均分數均高於前測平均分數，且前測-延宕後測的平均分數差異達顯著水準。

小結：同儕教學的延宕學習效果優於傳統講述式教學的延宕學習效果，且同儕教學能維持超過兩個月的學習效果。

第三節 實驗組概念考驗的成效分析



本研究第三週實驗中於討論活動前先加入實驗觀察的學習後，為了更深入了解「同儕教學的科學學習」的學習成效，蒐集實驗過程中實驗組在概念考驗之成績資料，後5週的實驗過程中15次的概念考驗有進行同儕討論活動，這些概念考驗在第一次回答後先進行實驗觀察再分組討論後，進行第二次回答，茲將兩次回答之全班正確率整理比較如圖4.12所示。

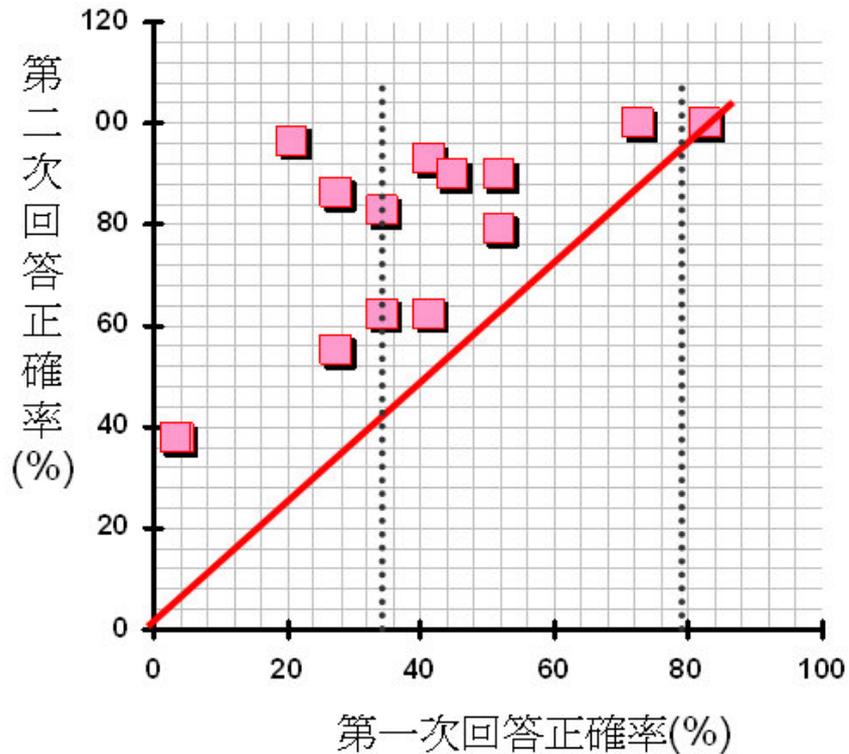


圖 4.12、小學同儕教學概念考驗正確率分析圖

由圖 4.12 可以得知，學生經過實驗觀察後的討論學習活動，第二次概念考驗成績都比第一次進步。因此，在實施小學生同儕教學的科學學習時，加入實驗觀察是有其必要性。

第四節 教師行為之改變

國小自然科學教室在實施同儕教學實驗後，任課老師在教學上有許多重要的改變，分述如下：

1. 重視學生的先備知識與課前預習

因為不知道課前學習要如何來做，剛開始老師也很排斥，同儕教學提供老師課前學習的方法，老師從學生的學習單回饋瞭解學生先備知識，雖然很累但課前學習對於教學非常有用。小學生的先備知識雖然不足，但他們的學習動機卻是很強的，從學習單的回饋中發現，當小學生文字無法描述清楚時，他們會利用畫圖等方式來盡量表達概念，如圖 4.13。

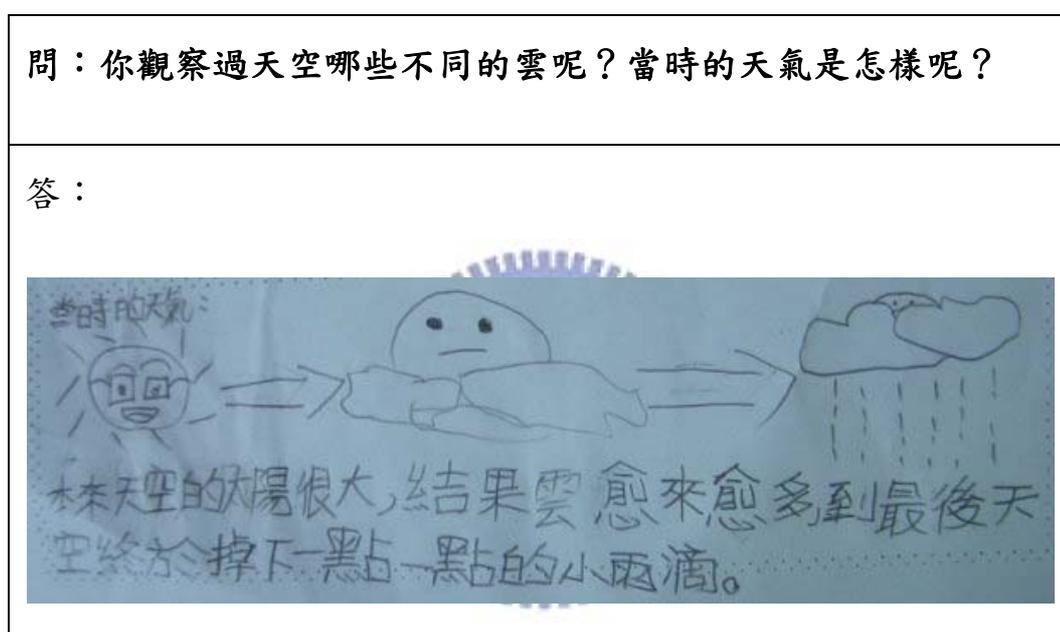


圖 4.13、一位學生學習單的回答圖

研究者發現老師更重視學生的先備知識，老師會帶學生到圖書室進行課前學習，學生自己可以很快找到學習資料，建立學生主動學習與概念發展。老師瞭解學習者先備知識之不足，準備更多概念考驗與實驗準備來讓學生來學習，老師從學生討論互動中了解，學生已經能自主學習與主動的學習機制，讓老師的教學更有信心。

2.對學生提出來的問題，想盡辦法讓他了解

EduClickII 系統即時診斷每位學生學習時的問題，老師發現能夠更靈活的掌控教學進度，因此有更多的時間來照顧孩子學習的問題，對於孩子提出來的問題，老實都能及時回答，能給予個別的回饋。

3.重視學生之間的互動

老師瞭解學生學習是透過討論來個別建構知識，因此老師重視學生的討論活動，對於學生的分組非常注意，希望用學生異質分組來督促學生討論，以增進學生學習成效。



第五節 教師訪談紀錄分析

實驗後我們訪問了實驗老師的感言—「一位實驗老師的心路歷程」之摘要如下：

Q: 實驗老師(先驅者)的歷程 (心路歷程和教學歷程)

A: 與其娓娓敘述我的心路歷程，不如簡言我的教學信念:「我認為追尋知識的過程，如果是由自我主動建置的，那將是多麼一件興奮且刺激的事，而我們為學生能做的事是提供足夠的誘因，給予適度的壓力 (推力)，給予很多的鼓勵和支持，然後讓他們相信跟隨你學習適值得期待的」。

Q: 實驗老師對於其他後進老師(跟隨者)該如何採用這個新的教學模式的想法和建議呢?

A: 1.放空學習，先調整心態，隨時更新自己.學習質疑自己的教學習慣，讓慣性不會漸漸變成惰性。

2.徹底做好課程準備，在教學現場裡更要隨著學生的回饋做修正，調整自己的教學節奏。

Q: 實驗老師認為研究者還能做些什麼來幫助實驗老師進一步的發展新的教學模式呢?或是幫助後進老師採用以發展出來的新教學模式。

A: 1.PI 電腦操作系統更方便操作，甚至可以進化到教師獨自一人使用遙控器即可進行教學。

2.因課程性質的需要才選擇 PI 的輔助。

3.勿貿然使用 PI，宜先瞭解學生的學習特質，習慣，作異質性分組，如此實施 PI 效果會比較看的出來，實施前期的效果不明顯，難免沮喪，但要有耐心和堅持，只要前進的方向是對的就好。

4.實施過程中的題目不只能統計量化，亦能轉化成個人學習成長的曲線統計圖表.建議的理由是大部分學生不會讓數字說話，但能看圖說話.所以其使用時機可以是在段考前，讓學生針對自己的弱勢的學

習概念作重點加強，也可以是向家長說明這一學習階段的學習情況的課程評鑑中一部份，總而言之，瞭解自己的學習曲勢，掌握自己的學習趨勢，深化主動學習。

從「一位實驗老師的心路歷程」與「教室裡的革命」(附錄四)，我們發現國小實施同儕教學對於學生、老師有許多的優點，分別敘述如下：

一、同儕教學對學生的優點

1. 學生上課更專心，學習態度變好；
2. 學生上課更積極與主動；
3. 學生跳脫完全依賴經驗來作自然的題目，他們已經可以依照科學證據去判斷結果，學生的思考更廣泛；
4. 可以對學生提出更多特殊的探究；
5. 建立學生分享與討論機制。

二、同儕教學對老師的優點

1. 讓老師更容易來控制教學流程；
2. 使老師、學生和教材三者間的互動更流暢與有效；

3. 幫助老師引導學生往正確方向思考。

第六節 綜合討論

本研究的目的為設計小學科學教室實施同儕教學模式，根據前面四節的量化與質性資料分析結果，歸納出下列幾點：

壹、小學自然實施同儕教學法與傳統教學法學習成效之差異

一、「概念學習」成就方面

在小學自然科的教育是非常重視概念學習。從本研究量化分析中發現，實施同儕教學後不論在概念學習成就與延宕學習成就，均優於傳統教學的學習成就。尤其，實驗組在概念考驗時的長足進步，顯示了實驗組概念學習成效之優異。

二、實驗組學生學習態度

同儕教學實現小學科學教室的主動學習模式，從本研究的質性分析與教師訪談中發現，不論在課前閱讀學習、分組討論與在實驗觀察中，發現學生的學習態度表現更為積極主動。

三、實驗組師生互動較佳

從教師訪談與課堂錄影中分析結果，實施同儕教學藉由概念考驗及討論活動，創造更多師生與學生間的互動機會，也培養學生表達的能力，讓學生學得更充實與快樂！

貳、實驗教師實施同儕教學前後之差異

實驗教師一直扮演著學習的靈魂，雖然由課程的教授者變為學習的陪伴者，但老師對於學生學習過程有了更高的靈敏度。實施同儕教學後老師變得更重視學生的課前學習，對於學生間的討論活動變得更重視實驗的驗證，老師變成了學生學習策略的專家，對於孩子的學習老師是從不缺席。



第五章 結論與建議

本章共分為兩節，首先根據第四章第五節的綜合討論進一步彙整成本研究的結論，接下來則是對本論文未來可能的發展，提出未來研究的建議。

第一節 結論

本研究以運用無線回應輔具在小學科學教室實施同儕教學，經過兩個單元七週的實驗，分析結果歸納以下幾點結論：

- 一、 在小學裡實施同儕教學的課前學習時，老師帶領學生到圖書室找資料完成課前閱讀功課，可以提升學生的課前閱讀的成效。進行課中學習時我們發現，在學生闡述科學概念的同儕討論中，加入科學實驗觀察後的同儕教學，使學生有強而有力的證據來進行討論活動的論證，這樣可以改善小學科學教室實施同儕教學，提升學生的學習成效。
- 二、 實施同儕教學課中的概念考驗活動時有了無線回應系統讓老師更容易來控制教學流程，使老師、學生和教材三者間的互動更流暢與有效，讓老師有更多的時間引導學生往正確方向思考。有圖形、影片題目加入讓題目的類型多樣化，也讓學習更深入。將學習結果

的即時量化統計，亦能轉化成個人學習成長的曲線，讓學生針對自己的弱勢的學習概念作重點加強，瞭解自己的學習曲勢，掌握自己的學習趨勢，深化主動學習。

三、 進行同儕教學的概念學習成就明顯優於傳統教學的學習成就。

學生將所知道藉由討論分享，將自己學習所得教導他人，孩子們透過這樣的過程學生更精通他們學習，也分享了學習的成果與喜悅，孩子們的社交能力變得更好。無線回應輔具的使用讓實驗觀察活動能即刻驗證學習成果，加深學生對科學概念的瞭解與活用。

我們引用 Silberman (1996) 書中的一句話，就是



Active learning is effective for the following reasons:

“What I hear, I forget. What I hear and see, I remember a little. What I hear, see, and ask questions about or discuss with someone else I begin to understand. What I hear, see, discuss, and do, I acquire knowledge and skill. What I teach to another, I master.”

他認為學生主動學習的理由：學生將所知道藉由討論分享，將自己學習所得教導他人，透過這樣的過程學生才能精通的學習。藉由 29 位小學生實

驗成功地驗證小學實施同儕教學的學習信念，在課前閱讀、概念討論、實驗觀察等活動的教學後，學生概念成就測驗的成績進步了，孩子們的社交能力變得更好，學生更喜歡上自然課了。

尤其，我們從學生對話的質性分析中發現，雖然小學生的言詞總是缺乏社交能力，沒有強而有力的證據小學生在討論中可能會被誤導，因此，如果沒有加入實驗與觀察活動，無法發揮概念討論的功效將使得同儕教學在小學窒礙難行。在實施同儕教學的學習模式時，參與實驗的老師非常支持使用無線回應學習輔具，因為無線回應學習輔具可以增加優質的教學，只需花費在設備和電子教材製作的金錢與時間，仍為落實教學上的阻力。



研究者在此提供未來三點研究建議：

一、研究對象與學科領域

本研究給了我們在小學實施同儕教學之信心，未來研究應可擴及其他年級和學科領域。

二、學習評量應採多元評量

本研究對於同儕教學在小學教室提供一個學習模式參考，未來研究應可

建立各種同儕學習活動，學習評量除了成就測驗評量外，可以運用表達式評量能肯定學習的多元性，引發學生多元潛能並激發學習動機。

三、科技的輔助

本研究運用學習輔具來輔助教學，但學生課前學習的回饋，耗費老師很多時間整理分析，希望能有效運用科技來輔助課前學習的回饋整理與分析。



參考文獻

中文參考書目：

- 王美芬、熊召弟 (1995)。國小自然科教材教法。台北市：心理。
- 何俊青 (2003)。台東師院學報，14 期(上)，111~138 頁。建構式概念教學在國小社會科之實驗研究
- 周崇儒 (2000)。談建構主義的教學。研習資訊，17(3)，43-49。
- 林顯輝 (1994)。國小兒童蒸發與凝結概念之研究。行政院國家科學委員會八十三學年度科學教育研究計畫成果討論彙編。
- 姚珩 (1994 年 4 月)。中等教育雙(月)刊 第 45 卷第 2 期。
- 洪志明 (1993)。蒸餾實驗技能之概念學習模式。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 胡志偉 (1997)。國小教師對建構教學的看法。教育資料與研究，第 18 期，頁 21-25。
- 張美玉 (2001)。國小學童的科學概念改變機制之研究(1/2)子計畫一溫度相關概念(1/2)。國科會，未出版。

張惠博 (1993)。邁向科學探究的實驗教學。教師天地，62，12-20。

張惠博 (1995)。學習的社會層面觀點：科學教師的基本見解。成人教育，40。

教育部 (2000)。國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北：教育部。

教育部 (1998)。國民教育階段九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。

莊明真 (1998)。真實性評量在教育改革中的相關論點——一個多元文化教育觀點的思考。教育資料與研究，20，19-23。

郭鴻銘 (1977)。概念形成的教學法。國民小學自然科學研習教師手冊，233頁。



熊召弟、王美芬、段曉林與熊同鑫譯 (1996)。科學學習心理學。(原作者：Glynn S. M., Yeany R. H. & Britton B. K.)。台北：心理出版社。

劉嘉茹 (2000)。以研究綱領與本體分類論探究其相關迷思概念之探究。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。

歐陽鍾仁 (1988)。科學教育概論。台北：五南。

鍾聖校 (1999)。自然與科技課程教材教法。台北市：五南圖書出版社。

魏明通 (1997)。科學教育。台北：五南圖書出版公司。

英文參考書目：

- Bodner, G. M. (1996). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.
- Collette, A. T. & Chiappetta, E. L. (1984). *Science instruction in the middle and secondary schools*. St. Louis: Times Mirror/ Mosby.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), p5-12.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Student in Science Education*, 13, 105-122.
- Eylon, B. S., & Linn, M. C. (1998). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Education Research*, 58, 251-301.
- Fantuzoo, J. W., Davis, G. Y., & Ginsburg, M. D. (1995). Effects of parent involvement in isolation or in combination with peer tutoring on student concept and mathematics achievement. *Journal of Educational Psychology*, 87, 272-281.
- Gavrin, A., Watt, J.X., Marrs, K.A., & Blake, R.E. (2003). Just-in-Time Teaching (Just-in-Time Teaching): Using the Web to Enhance Classroom Learning. *Computers in Education Journal*, Vol. XIV (2).
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hibert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Eds.) *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp.65-97). New York: Macmillan. Hibert, J., Carpenter, T. P., Fennema, E., Fuson, K., Human, P., Murray, H., Olivier.
- Howe, Ann C. (1996). Development of science concepts within a vygotskian framework. *Science Education*, 80(1), 35-51.

- Huang, C.W., Liang, J.K., & Wang, H.Y. (2001). EduClick: A Computer-Supported Formative Evaluation System with Wireless Devices in Ordinary Classroom. *Proceedings of International Conference on Computers in Education (ICCE), 2001*, 1462-1469.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T. (1995). *Teaching students to be peacemakers*, Edina, MN, Interaction Book Company.
- Karplus, R. (1977). Science Teaching and the Development of Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175.
- Kesten, C. (1987). *Independent Learning*. Regina: Saskatchewan Education.
- Kolb, David A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Marrs, K.A., Blake, R., & Gavrin, A. (2003). Use of Warm Up Exercises in Just in Time Teaching: Determining Students' Prior Knowledge and Misconceptions in Biology, Chemistry, and Physics. *Journal of College Science Teaching*, 42-47.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Mazur, E. (1997). Understanding or memorization: Are we teaching the right thing?. In Wilson, J. (Ed.), *Conference on the Introductory Physics Course*, New York, 113-124.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1998). *Teaching Science for Understanding*. NY: Academic Press.
- National Research Council. (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School* (Bransford, J.D., Brown, A.L., & Cocking, R.R., Eds.). Washington, DC: National Academy Press.
- Novak, G.M., & Patterson, E.T. (1997). World Wide Web Technology As a New Teaching And Learning Environment. *International Journal of Modern Physics C*, 8, 19-39.
- Novak, G.M., Patterson, E.T., Gavrin, A., & Christian, W. (1999). *Just-in-Time Teaching: Blending Active learning with Web Technology*. Upper Saddle

River, NJ: Prentice-Hall.

- Olmscheid, Carey (1999). *The effectiveness of peer tutoring in the elementary grades*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED430959)
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for learning in science. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Phillips, D. C., & Soltis, J. (1991). *Perspectives on learning*. New York: Teachers College Press.
- Piaget, J. (1970). Piaget's theory. In P. Mussen (Ed.), *Carmichael's Manual Child Psychology* (pp. 61-84). New York: Wiley.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of educational research*, 63, 2, 167-199.
- Pope, M., & Gillbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science education*, 67(2), 193-203.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
- Roschelle, J. (2003). "Unlocking the learning value of wireless mobile devices." *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3), 260-272.
- Silberman, M. (1996). *Active Learning: 101 Strategies to Teach Any Subject*. Boston: Allyn & Bacon.
- Smith, Donna. & Kolb, David. A. (1985). *User guide for the learning-style inventory*. Boston: McBer and Company.
- Tamir, P. (1991). Practice work in school science: An analysis of current practice. In B. E. Woolnough (ed.), *Practical science* (pp.89-100). Great Britain : Open University Press.
- Tasi, C. C. (1998). Science learning and constructivism. *Curriculum and Teaching*, 13(1), 31-52.

- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better question to improve learning. *School Science and Mathematics*, 70(1), 61-72.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Translated by Knox and Carol. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (eds.), *Handbook of research on science teaching and learning*. NY: Macmillan.
- Wilson, J. T., & Stensvold, M. S. (1991). Improving laboratory instruction: An interpretation of research. *Journal of College Science Teaching*, 20(6), 350-353.
- Wilson, J.M., & Redish, E.F. (1992). The Comprehensive Unified Physics Learning Environment. *Computers in Physics*, 6(2), 202-209.
- Yu-Fen Chen, Chen-Chung Liu, Ming-Hung Yu, Sung-Bin Chang, Yun-Chen Lu, and Tak-Wai Chan, "Elementary Science Classroom Learning with Wireless Response Devices - Implementing Active and Experiential Learning," wnte, pp. 96-103, *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)*, 2005.

附錄一、課前學習單

學習單

班級： _____ 座號： _____ 姓名： _____

前言

河水往哪兒流？

我們喜歡大自然，在你去過的溪邊、海邊有曾經看到美麗的風景，和許多自然的變化，留心的話你可以發現更多自然界的神奇力量。

動動腦

1. 說說看在溪邊、海邊的兩岸曾經看到些什麼？

.....

2. 溪邊的石頭和河口的泥沙是從哪裡來的呢？

.....

3. 颱風豪雨來臨時，為什麼在山區時常發生土石流，是什麼力量造成的呢？

.....

4. 下雨過後地面上的積水很快就不見了，那些水跑哪兒去了？想一想河水往哪而流了？

.....



毛細現象

水是我們生活中，最常看到而且也是最常使用的東西，那你觀察過水的神奇力量嗎？它對許多事物都會有神奇的幫助。



1. 衛生紙可以吸水嗎？還有哪些東西可以吸水？為什麼他們可以吸水呢？

.....

.....

.....

.....

.....

2. 準備一張衛生紙，將他分成兩半後，將一半衛生紙卷成條狀，把等長的兩半一端放到水中，觀察衛生紙會發生什麼變化，兩半的變化有沒有差別呢？

.....

.....

.....

.....

.....

3. 水會在細縫中流動的現象叫做毛細現象。你可以舉出幾個發生毛細現象的例子嗎？並說明一下。

.....

.....

.....

.....

.....



學習單

班級： 座號： 姓名：

前言

水的溶解作用

我們喜歡大自然，所以應該愛護自然環境，避免將垃圾與有毒的

東西倒入河中，讓河水能清澈讓魚蝦可以快樂的悠遊其中。



1. 將砂糖加入水中，經過攪拌後糖為什麼會不見呢？(必須超過 15 字)

Answer box for question 1, consisting of a dotted-line border with three arrows on the left side pointing downwards.

2. 想一想將哪些東西加入水裡，經過一翻攪拌後就會溶解於水中呢？(必須超過 15 字)

Answer box for question 2, consisting of a dotted-line border.

3. 哪一些東西倒入河裡後會造成河流的汙染呢？若河流已經被嚴重汙染後，這樣會對我們造成什麼樣的影響呢？(必須超過 15 字)

Answer box for question 3, consisting of a dotted-line border.



班級： 座號： 姓名：

天氣狀況

今天會不會下雨呢？是每天出門前我們都會問自己，提醒自己留心天氣的情況，就可以為自己安排適當的戶外活動。

動動腦

1. 看過氣象報告吧！你發現每天的氣象報告會告訴我們哪些訊息？(超過 15 字)

.....

.....

.....

.....

2. 天氣的晴、陰、雨變化，主要是受哪些原因影響呢？是雲量？陽光強弱？還是雨呢？(超過 15 字)

.....

.....

.....

.....

3. 你觀察過天空哪些不同的雲呢？當時的天氣是怎樣呢？(超過 15 字)

.....

.....

.....

.....

學習單

班級： 座號： 姓名：

前言 4-2 氣溫

氣象時間都有各地的氣溫報告，那你知不知道天氣氣溫是怎麼知道的？用什麼儀器測量出來的呢？

動動腦

1. 氣象觀測站是用什麼設備來測量天氣的氣溫呢？(超過 15 字)

2. 如果使用溫度計來測量氣溫時，那麼應該將溫度計放在什麼地方測量出來的氣溫會比較準確呢？挑選這樣的位置為什麼會比較準確？(超過 15 字)

3. 為了適應天氣的氣溫變化，在天氣變熱時我們會用什麼方法讓自己不要中暑？天氣變冷時我們會用什麼方法讓自己不要凍著？(超過 15 字)

學習單

班級： 座號： 姓名： ..

前言

降雨量

新聞時間會有一些氣象資訊的快報，每當下大雨、豪雨，常會造成一些傷害與損失，那你知不知道降雨量是如何測量的？用什麼儀器測量出來的呢？

動動腦

1. 要測量降雨量我們可以用什麼容器來承接雨水？這些大大、小小的容器承接雨水後，如何計算出降雨量呢？(超過 15 字)

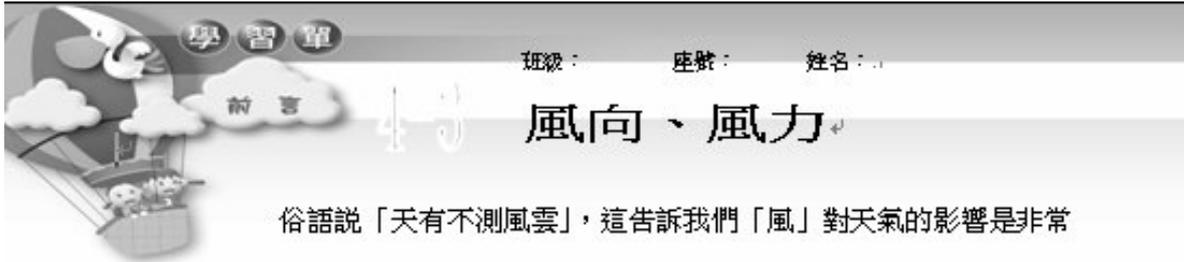
.....

2. 你觀察過每當新聞發佈大雨、豪雨特報時，會造成那些地區的損失與人們的傷害呢？(超過 15 字)

.....

3. 請問雨量不夠時會對我們產生什麼影響呢？哪我們在乾旱時，大家應該如何做呢，可以讓大家都水用呢？(超過 15 字)

.....



班級： _____ 座號： _____ 姓名： _____

前言

風向、風力

俗語說「天有不測風雲」，這告訴我們「風」對天氣的影響是非常大，我們時常注意風向、風力的變化，也可以觀察出天氣的變化。

動動腦

1. 國旗為什麼會飄動，是什麼力量造成的？(超過 15 字)

.....

.....

.....

.....

2. 看過帆船吧？他是靠風力來行駛的，但是帆船為什麼需要時常改變船上帆的方向才能向前走呢？(超過 15 字)

.....

.....

.....

.....

3. 風力如果太強時會造成什麼樣的災害？我們也可以利用風力來做什麼？玩什麼？(超過 15 字)

.....

.....

.....

.....

附錄二、學生課前學習單回饋

學習單元：天氣狀況

1. 看過氣象報告吧！你發現每天的氣象報告會告訴我們哪些訊息？

- 預告明天氣溫
- 天氣晴、陰、雨天狀況
- 各地天氣
- 一週天氣預測
- 海面的風浪



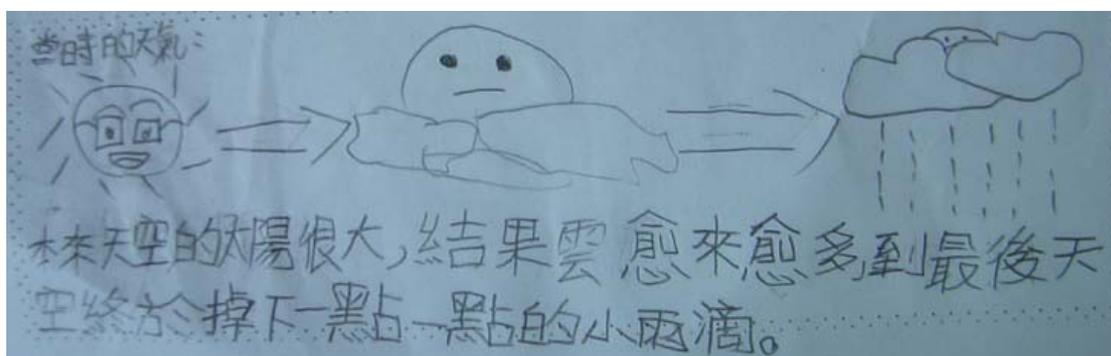
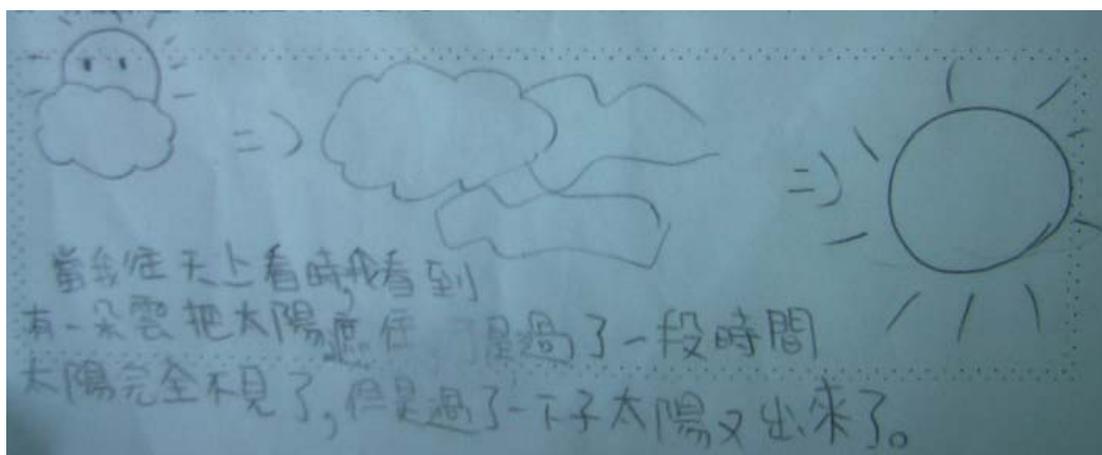
2. 天氣的晴、陰、雨變化，主要是受哪些原因影響呢？是雲量？陽光強弱？還是雨呢？

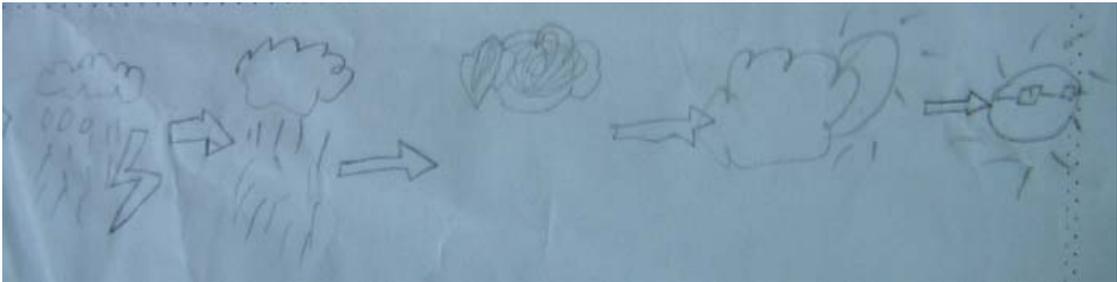
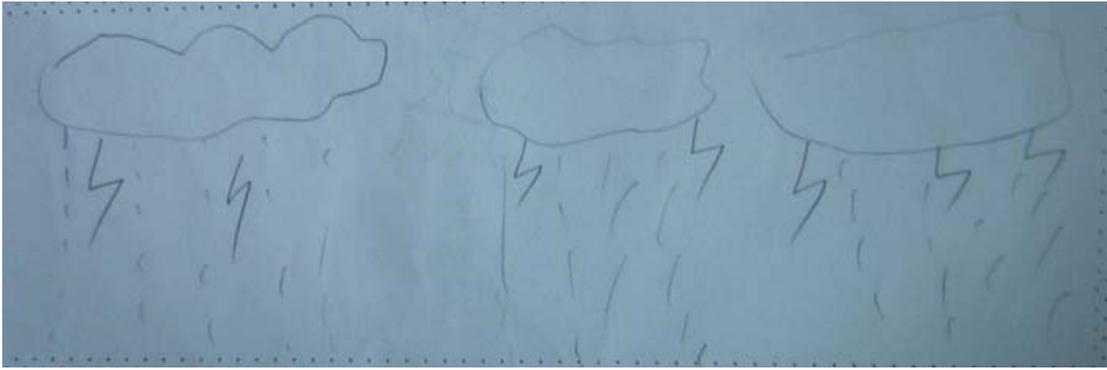
- 地球繞著太陽公轉同時又繞著地軸自轉
- 是因為雲的影響
- 是因為陽光的影響
- 是因為水蒸氣的影響

- 是因為高山阻擋的影響

3. 你觀察過天空哪些不同的雲呢？當時的天氣是怎樣呢？

烏雲會下雨、白雲是晴天





當雲黑黑的時候就快下雨了。
 當雲藍藍的時候就是晴天。





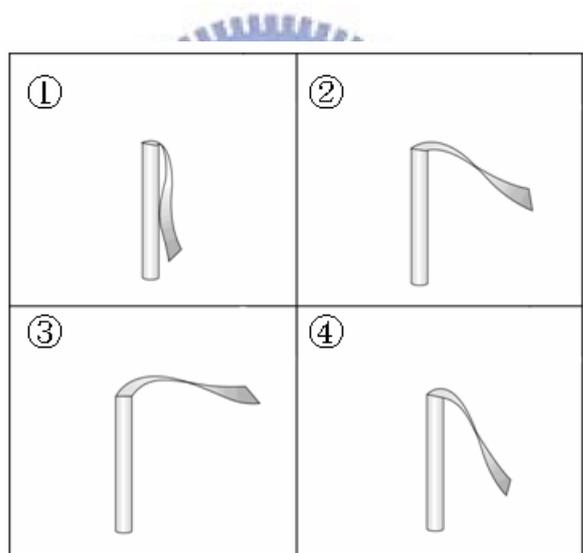
附錄三、概念成就測驗前測、後測、延宕後測試卷

概念成就測驗之一(預試)試題

國小三年 班 號 姓名：

選擇題：填入適當的選項

() 1. 飄帶被風吹的情形如下，下列哪一個風力較大呢？



() 2. 哪一種行為是節約用水的表現？ ①洗完手不必關水龍頭 ②洗米的水直接倒掉 ③用淋浴的方式洗澡 ④洗菜的水直接拿來喝。

() 3. 咖啡翻倒的時候，不可以拿下列何者擦拭？ ①抹布 ②衛生紙 ③塑膠袋 ④報紙。

() 4.哪一個地方容易有砂石和土壤堆積？ ①河邊 ②海邊 ③溪流下游 ④以上皆是。

() 5.下列哪一種東西不可以讓水自動往上移動？ ①鐵尺 ②毛巾 ③衛生紙 ④報紙。

() 6.下列哪一種東西會溶解於水中？ ①鹽 ②石頭 ③鐵屑 ④樹葉。

() 7.為什麼陰天的時候，物體的影子會不清楚呢？ ①被風吹走了 ②雲遮住影子 ③雲遮住陽光 ④雨水把影子沖淡。

() 8.糖放入水中，攪拌後糖看不見了，為何會這樣？ ①毛細現象 ②糖溶解在水中 ③糖消失了 ④糖被蒸發了。

() 9.測量氣溫時，溫度計最適當放置的高度是多少？ ①約 100 公尺 ②約 200 公分 ③約 100 公分 ④約 12 公分。

() 10.哪個簡易風向計測得的是「西風」？ ①布條飄向西方 ②布條飄向東方 ③布條飄向北方 ④布條飄向南方。

() 11.哪種情形會使河水變質？ ①工廠污水 ②家庭廢水 ③垃圾污水 ④以上皆會。

() 12.如果雨量太少容易造成下列哪一項災害？ ①引發土石流 ②車子被水給淹沒 ③農作物乾枯 ④河水氾濫。

() 13.小新把水倒在溜滑梯上，請問水會往哪裡流呢？ ①往溜滑梯上面流 ②水不會流動 ③往有風的地方流 ④往溜滑梯下面流。

() 14.將粗細不同的玻璃管插入水中，何者正確？ ①管子愈細水上升愈低 ②管子愈細水上升愈高 ③管子愈粗水上升愈高 ④管子粗細跟水上升高度沒關係。

() 15.為何測量雨量時需要用上下粗細相同的雨量器呢？ ①測出來才會正確 ②方便 ③美觀 ④可節省承接時間。

() 16.雲和天氣變化的敘述，下列何者正確？ ①雲愈多，影子愈清楚 ②雲愈少，影子愈不清楚 ③雲層愈厚，越愈容易看見星星 ④雲層愈厚，就愈容易下雨。

() 17.下列哪一種行為不會汙染河水？ ①在河中清洗農藥罐 ②家庭污水經過處理再排入河中 ③在河裡養鴨 ④工廠廢水直接排入河中。

() 18. 哪一種天氣才可以看見清楚的影子？ ①晴天 ②陰天 ③雨天 ④每一天都可以。

() 19.雲很多、遮住了藍天，擋住了大部分的陽光，物體影子不

清楚且沒有雨，最有可能是怎樣的天氣？ ①晴天 ②多霧天 ③陰天 ④雨天。

() 20.測量雨量時，雨量的多少都是用什麼單位？①毫米②厘米③米④千米。

() 21.要了解同一時間不同高度溫度的變化，觀測的時間最好選在什麼時候？ ①半夜沒有太陽時 ②接近中午時 ③清晨太陽剛出來時 ④靠近黃昏時。

() 22.為什麼百葉箱的外表必須是白色的？ ①白色的美觀大方 ②白色不容易吸熱 ③白色會吸收太陽光 ④白色的比較醒目，容易尋找。

() 23.哪一項是風力的應用呢？ ①滑雪 ②滑草 ③滑翔翼 ④溜冰。

() 24.可由下列哪種現象知道河水沒有被汙染？ ①魚群死亡 ②河水清澈可見底 ③河水烏黑不見底 ④一股臭味。

() 25.甲、乙兩杯分別加入不同量的糖，用什麼方法可以知道哪一杯加的糖較多呢？ ①秤重量 ②聞氣味 ③看顏色 ④嘗味道。

概念成就測驗之二(預試)試題

國小三年 班 號 姓名：

選擇題：填入適當的選項

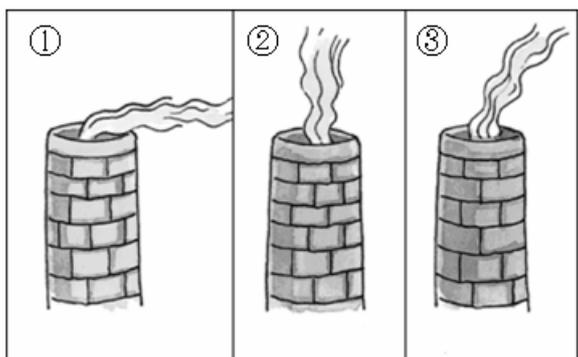
() 1. 下面哪一項不是夏天溫度高時人們的做法？①吹冷氣 ②穿厚衣服 ③吃冰 ④吹電風扇。

() 2. 我們用下列哪一種物品畫在濾紙上，顏色不會隨著水散開？
①油性色筆 ②藍墨水 ③水性色筆 ④墨汁。

() 3. 下列哪一種行為不會汙染河水？①在河中清洗農藥罐 ②在河裡養鴨 ③工廠廢水直接排入河中 ④家庭汗水經過處理再排入河中。

() 4. 下列何者是屬於溶解作用？①冰塊變成水 ②飯煮熟了 ③糖加入水中不見 ④木材變灰燼。

() 5. 由煙囪上的煙可以知道風力最大的是：



() 6.下列哪種器材的操作不需要靠風力？ ①風車轉動 ②輪船 ③風力發電④放風箏。

() 7.下列何種現象跟溶解有關？①水汙染 ②土壤流失 ③地震 ④泥沙堆積。

() 8.晴天的天空是怎樣的？ ①雲層很厚，顏色很深 ②雲很少，陽光強烈 ③雲很多，除遮住陽光外，還會下雨 ④雲多，遮住大部分的陽光。

() 9.關於兩個口徑大小不同的簡易雨量器，同時收集雨量時的敘述，何者 正確？ ①兩個雨量器所收集的雨水高度都相同 ②口徑小的所收集的雨水高度高 ③口徑大的所收集的雨水高度低 ④口徑大的所收集的雨水高度高。

() 10.臺灣民俗歌謠「天黑黑，欲落雨…」這句話點出何種因素和天氣變化有相當大的關係？ ①氧氣 ②風 ③雲 ④閃電。

() 11.發生豪大雨後，山區容易發生何種災害？ ①走山 ②地震 ③土石崩落④乾旱。

() 12.雨量太少時會發生下列哪一種情況？①水庫的水位下降 ②限制民生用水 ③農田裡農作物枯死④以上皆是。

() 13.美美在斜坡上倒了一桶水，如果你不想被水弄溼鞋子，應該站在哪裡呢？ ①斜坡下方有洞的地方 ②美美的上方 ③美美的下方 ④斜坡底端。

() 14.測量溫度的時候下列哪一個是錯誤的？ ①觀察溫度計時，眼睛要平視 ②避免陽光直接照射溫度計 ③手要握在溫度計的上方 ④使用溫度計之前要先甩一甩。

() 15.氣象播報員說：「今天雲很少，天氣很熱，出門要注意防晒。」表示今天是哪一種天氣呢？ ①陰天 ②雨天 ③晴天 ④颱風天。

() 16.兩杯等量的水，一杯加入三匙糖，一杯加入一匙糖，我們要如何分辨哪一杯水加入三匙糖呢？ ①嘗味道 ②聞氣味 ③秤重量 ④看顏色。

() 17.為什麼海邊或河口容易有土壤或砂石堆積？ ①風吹過來的 ②被河水沖刷下來的 ③本來就在那裡的 ④被樹木撐破的。

() 18.下列哪一種行為不會污染河水？ ①在河中清洗農藥罐 ②在河裡養鴨 ③工廠廢水直接排入河中 ④家庭污水經過處理再排入河中。

() 19.雲很多、遮住了藍天，擋住了大部分的陽光，物體的影子不清楚且沒有雨，最有可能是怎樣的天氣？ ①晴天 ②多霧天 ③陰天 ④雨

天。

() 20. 為什麼百葉箱的外表必須是白色的？ ①白色美觀大方 ②白色比較不會吸熱 ③白色會吸收太陽光 ④白色的比較醒目，容易尋找。

() 21. 看到國旗飄向南方，表示現在風向是 ①東風 ②西風 ③南風 ④北風。

() 22. 下列哪一種河水最有可能沒有受到污染？ ①看起來黑黑的 ②聞起來臭臭的 ③很多魚游來游去的 ④河水上面有很多泡泡的。

() 23. 下列哪一項是用來測量氣溫的工具？ ①體溫計 ②溫度計 ③耳溫槍 ④體重計。



() 24. 在下列哪一個地點和高度所測量出來的溫度，會和氣象站測量出來的氣溫最接近？ ①水泥地的地面附近 ②草地上站著的高度 ③水泥地站著的高度 ④草地的地面附近。

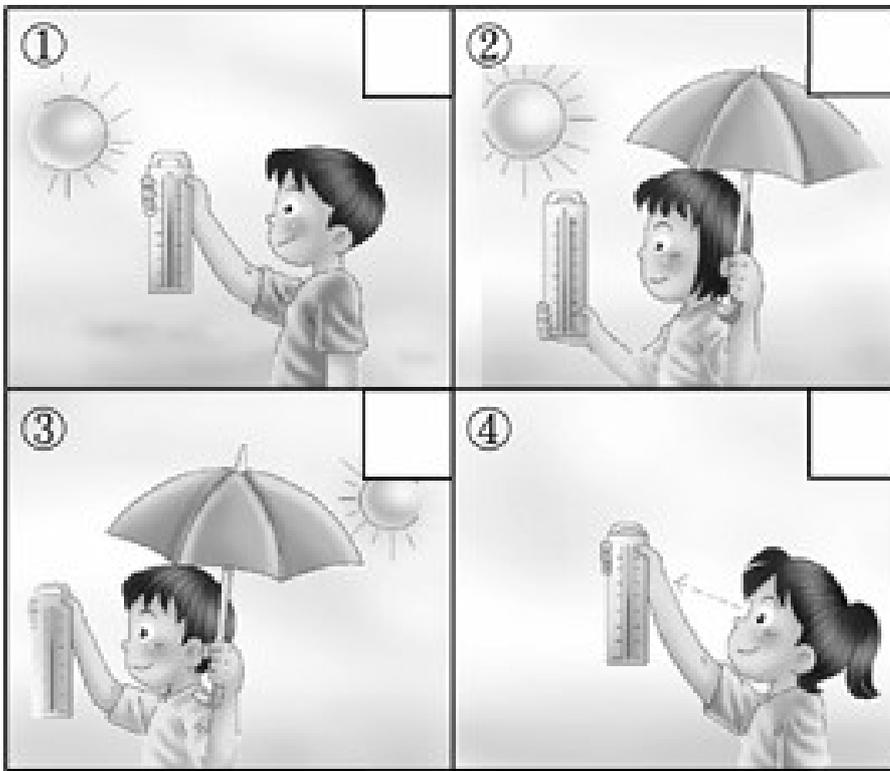
() 25. 毛細現象的敘述，下列哪一個是正確的？ ①細縫愈小，水上升的愈低 ②細縫愈小，水上升的愈高 ③細縫愈多水愈不容易上升 ④水上升的高度和細縫的大小沒有關係。

概念成就測驗之三(預試)試題

國小 年 班 號 姓名：

選擇題：填入適當的選項

() 1. 使用溫度計的方法，下列哪一個是正確的呢？



() 2. 兩杯等量的水，一杯加入三匙糖，一杯加入一匙糖，我們要如何分辨哪一杯水加入三匙糖呢？ ①嘗味道 ②看顏色 ③聞氣味 ④秤重量。

() 3. 下列哪一種東西不可以讓水自動往上移動？ ①鐵尺 ②毛巾

③衛生紙 ④報紙。

() 4.下列哪一種行為不會污染河水？ ①在河裡養鴨 ②工廠廢水直接排入河中 ③家庭污水經過處理再排入河中 ④在河中清洗農藥罐。

() 5.要了解同一時間不同高度溫度的變化，觀測的時間最好選在什麼時候？ ①清晨太陽剛出來時 ②接近中午時 ③靠近黃昏時 ④半夜沒有太陽時。

() 6.為什麼百葉箱的外表必須是白色的？ ①白色的比較醒目，容易尋找 ②白色美觀大方 ③白色比較不會吸熱 ④白色會吸收太陽光。

() 7.下列哪一項是屬於禦寒的方式？ ①去游泳池游泳 ②到冰店吃冰 ③用電暖爐取暖 ④穿輕薄一點的衣服。

() 8.為什麼陰天的時候，物體的影子會不清楚呢？ ①被風吹走了 ②雨水把影子沖淡 ③雲遮住影子 ④雲遮住陽光。

() 9.哪一項是風力的應用呢？ ①水車 ②風車 ③牛車 ④馬車。

() 10.可由下列哪種現象知道河水沒有被污染？ ①河水烏黑不見底 ②河水清澈可見底 ③魚群死亡 ④一股臭味。

() 11.在下列哪一個地點和高度所測量出來的溫度，會和氣象站測

量出來的氣溫最接近？ ①水泥地的地面附近 ②水泥地站著的高度 ③草地的地面附近 ④草地上站著的高度。

() 12.我們用下列哪一種物品畫在濾紙上，顏色不會隨著水散開？
①墨汁 ②藍墨水 ③水性色筆 ④油性色筆。

() 13.下列哪一種行為不會污染河水？ ①在河中清洗農藥罐 ②在河裡養鴨 ③工廠廢水直接排入河中 ④家庭污水經過處理再排入河中。

() 14.下列何者是屬於溶解作用？ ①冰塊變成水 ②糖加入水中不見 ③飯煮熟了 ④木材變灰燼。

() 15.哪個簡易風向計測得的是「西風」？ ①布條飄向西方 ②布條飄向東方 ③布條飄向北方 ④布條飄向南方。

() 16.下列哪種器材的操作不需要靠風力？ ①風力發電 ②風車轉動 ③輪船 ④放風箏。

() 17.大雄在斜坡上倒了一桶水，如果你不想被水弄溼鞋子，應該站在哪裡呢？ ①大雄的上方 ②大雄的下方 ③斜坡下方有洞的地方 ④斜坡底端。

() 18.如果想知道明天天氣狀況，下列何種方法不適合？ ①看氣象預報 ②上網查詢 ③到廟裡求神問卜 ④觀察天空中雲的狀況。

() 19.晴天的天空是怎樣的？ ①雲層很厚，顏色很深 ②雲多，遮住大部分的陽光 ③雲很多，除遮住陽光外，還會下雨 ④雲很少，陽光強烈。

() 20.關於兩個口徑大小不同的簡易雨量器，同時收集雨量時的敘述，何者 正確？ ①口徑小的所收集的雨水高度高 ②口徑大的所收集的雨水高度高 ③兩個雨量器所收集的雨水高度都相同 ④口徑大的所收集的雨水高度低。

() 21.造成石頭破裂的原因，不可能是下列哪一項？ ①地震 ②風力 ③水流沖刷 ④空氣汙染。

() 22.臺灣民俗歌謠「天黑黑，欲落雨…」這句話點出何種因素和天氣變化有相當大的關係？ ①閃電 ②氧氣 ③風 ④雲。

() 23. 河邊會有土石堆積，主要原因是什麼？ ①被風吹下來的 ②被水沖刷下來的 ③本來就在河邊 ④被動物搬運下來的。

() 24.下面哪種情況，不容易下雨？ ①雲很多 ②雲層很厚 ③雲遮住大部分陽光 ④陽光強，無雲。

() 25. 靜香將一張棉紙分成兩張，一張捲成條狀，另一張不碰，同時浸入水中，數分鐘後觀察看看，結果會怎樣？ ①兩張綿紙水上升的速

度一樣 ②沒有搓成條狀的綿紙上升較快 ③搓成條狀的綿紙上升較快 ④
搓成條狀的綿紙水不會上升。

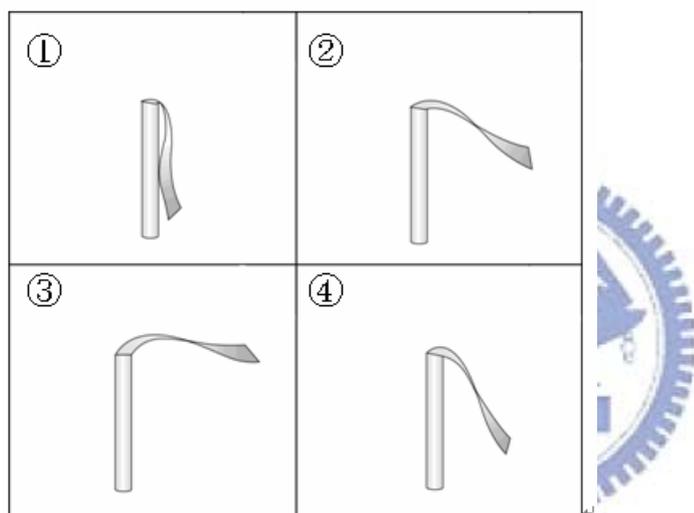


概念成就測驗之前測試題

國小三年 班 號 姓名：

選擇題：填入適當的選項

() 1. 飄帶被風吹的情形如下，下列哪一個風力較大呢？



() 2. 哪一種行為是節約用水的表現？ ①洗完手不必關水龍頭 ②洗米的水直接倒掉 ③用淋浴的方式洗澡 ④洗菜的水直接拿來喝。

() 3. 哪一個地方容易有砂石和土壤堆積？ ①河邊 ②海邊 ③溪流下游 ④以上皆是。

() 4. 下列哪一種東西不可以讓水自動往上移動？ ①鐵尺 ②毛巾 ③衛生紙 ④報紙。

- () 5.下列哪一種東西會溶解於水中？ ①鹽 ②石頭 ③鐵屑 ④樹葉。
- () 6.為什麼陰天的時候，物體的影子會不清楚呢？ ①被風吹走了 ②雲遮住影子 ③雲遮住陽光 ④雨水把影子沖淡。
- () 7.測量氣溫時，溫度計最適當放置的高度是多少？ ①約 100 公尺 ②約 200 公分 ③約 100 公分 ④約 12 公分。
- () 8.哪個簡易風向計測得的是「西風」？ ①布條飄向西方 ②布條飄向東方 ③布條飄向北方 ④布條飄向南方。
- () 9.如果雨量太少容易造成下列哪一項災害？ ①引發土石流 ②車子被水給淹沒 ③農作物乾枯 ④河水氾濫。
- () 10.小新把水倒在溜滑梯上，請問水會往哪裡流呢？ ①往溜滑梯上面流 ②水不會流動 ③往有風的地方流 ④往溜滑梯下面流。
- () 11.將粗細不同的玻璃管插入水中，何者正確？ ①管子愈細水上升愈低 ②管子愈細水上升愈高 ③管子愈粗水上升愈高 ④管子粗細跟水上升高度沒關係。
- () 12.為何測量雨量時需要用上下粗細相同的雨量器呢？ ①測出來才會正確 ②方便 ③美觀 ④可節省承接時間。

() 13.雲和天氣變化的敘述，下列何者正確？ ①雲愈多，影子愈清楚
②雲愈少，影子愈不清楚 ③雲層愈厚，越愈容易看見星星 ④雲層愈
厚，就愈容易下雨。

() 14.下列哪一種行為不會汙染河水？ ①在河中清洗農藥罐 ②家庭汗
水經過處理再排入河中 ③在河裡養鴨 ④工廠廢水直接排入河中。

() 15.雲很多、遮住了藍天，擋住了大部分的陽光，物體的影子不清楚
且沒有雨，最有可能是怎樣的天氣？ ①晴天 ②多霧天 ③陰天 ④雨
天。

() 16.要了解同一時間不同高度溫度的變化，觀測的時間最好選在什麼
時候？ ①半夜沒有太陽時 ②接近中午時 ③清晨太陽剛出來時 ④
靠近黃昏時。

() 17.為什麼百葉箱的外表必須是白色的？ ①白色的美觀大方 ②白色
不容易吸熱 ③白色會吸收太陽光 ④白色的比較醒目，容易尋找。

() 18.哪一項是風力的應用呢？ ①滑雪 ②滑草 ③滑翔翼 ④溜冰。

() 19.可由下列哪種現象知道河水沒有被汙染？ ①魚群死亡 ②河水清
澈可見底 ③河水烏黑不見底 ④一股臭味。

() 20.甲、乙兩杯分別加入不同量的糖，用什麼方法可以知道哪一杯加

的糖較多呢？ ①秤重量 ②聞氣味 ③看顏色 ④嘗味道。

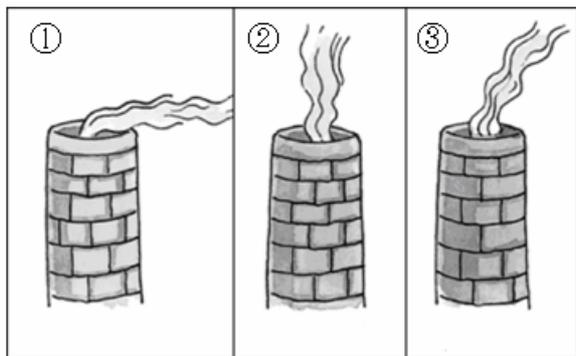


概念成就測驗之後測試題

國小三年 班 號 姓名：

選擇題：填入適當的選項

- () 1.我們用下列哪一種物品畫在濾紙上，顏色不會隨著水散開？①油性色筆 ②藍墨水 ③水性色筆 ④墨汁。
- () 2.下列哪一種行為不會汙染河水？①在河中清洗農藥罐 ②在河裡養鴨③工廠廢水直接排入河中 ④家庭汙水經過處理再排入河中。
- () 3.下列何者是屬於溶解作用？①冰塊變成水 ②飯煮熟了 ③糖加入水中不見 ④木材變灰燼。
- () 4.由煙囪上的煙可以知道風力最大的是：



- () 5.下列哪種器材的操作不需要靠風力？①風車轉動 ②輪船 ③風力發電 ④放風箏。

- () 6.晴天的天空是怎樣的？ ①雲層很厚，顏色很深 ②雲很少，陽光強烈 ③雲很多，除遮住陽光外，還會下雨 ④雲多，遮住大部分的陽光。
- () 7.關於兩個口徑大小不同的簡易雨量器，同時收集雨量時的敘述，何者正確？ ①兩個雨量器所收集的雨水高度都相同 ②口徑小的所收集的雨水高度高 ③口徑大的所收集的雨水高度低 ④口徑大的所收集的雨水高度高。
- () 8.臺灣民俗歌謠「天黑黑，欲落雨…」這句話點出何種因素和天氣變化有相當大的關係？ ①氧氣 ②風 ③雲 ④閃電。
- () 9.發生豪大雨後，山區容易發生何種災害？ ①走山 ②地震 ③土石崩落 ④乾旱。
- () 10.美美在斜坡上倒了一桶水，如果你不想被水弄溼鞋子，應該站在哪裡呢？ ①斜坡下方有洞的地方 ②美美的上方 ③美美的下方 ④斜坡底端。
- () 11.測量溫度的時候下列哪一個是錯誤的？ ①觀察溫度計時，眼睛要平視 ②避免陽光直接照射溫度計 ③手要握在溫度計的上方 ④使用溫度計之前要先甩一甩。

- () 12.兩杯等量的水，一杯加入三匙糖，一杯加入一匙糖，我們要如何分辨哪一杯水加入三匙糖呢？①嘗味道 ②聞氣味 ③秤重量 ④看顏色。
- () 13.為什麼海邊或河口容易有土壤或砂石堆積？①風吹過來的 ②被河水沖刷下來的 ③本來就在那裡的 ④被樹木撐破的。
- () 14.下列哪一種行為不會污染河水？①在河中清洗農藥罐 ②在河裡養鴨 ③工廠廢水直接排入河中 ④家庭污水經過處理再排入河中。
- () 15.雲很多、遮住了藍天，擋住了大部分的陽光，物體的影子不清楚且沒有雨，最有可能是怎樣的天氣？①晴天 ②多霧天 ③陰天 ④雨天。
- () 16.為什麼百葉箱的外表必須是白色的？①白色美觀大方 ②白色比較不會吸熱 ③白色會吸收太陽光 ④白色的比較醒目，容易尋找。
- () 17.看到國旗飄向南方，表示現在風向是 ①東風 ②西風 ③南風 ④北風。
- () 18.下列哪一種河水最有可能沒有受到污染？①看起來黑黑的 ②聞起來臭臭的 ③很多魚游來游去的 ④河水上面有很多泡泡的。
- () 19.在下列哪一個地點和高度所測量出來的溫度，會和氣象站測量出



來的氣溫最接近？ ①水泥地的地面附近 ②草地上站著的高度 ③水泥地站著的高度 ④草地的地面附近。

() 20.毛細現象的敘述，下列哪一個是正確的？ ①細縫愈小，水上升的愈低②細縫愈小，水上升的愈高 ③細縫愈多水愈不容易上升 ④水上升的高度和細縫的大小沒有關係。

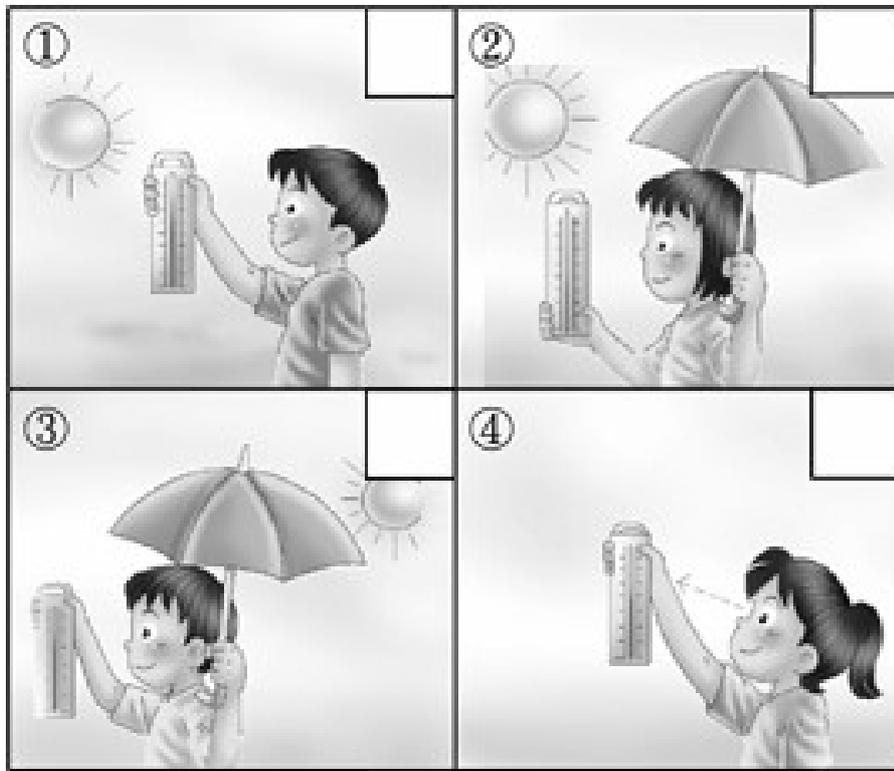


概念成就測驗之延宕後測試題

國小 年 班 號 姓名：

選擇題：填入適當的選項

() 1. 使用溫度計的方法，下列哪一個是正確的呢？



() 2. 兩杯等量的水，一杯加入三匙糖，一杯加入一匙糖，我們要如何分辨哪一杯水加入三匙糖呢？ ①嘗味道 ②看顏色 ③聞氣味 ④秤重量。

() 3. 下列哪一種東西不可以讓水自動往上移動？ ①鐵尺 ②毛巾 ③

衛生紙 ④報紙。

() 4.下列哪一種行為不會污染河水？ ①在河裡養鴨 ②工廠廢水直接排入河中 ③家庭污水經過處理再排入河中 ④在河中清洗農藥罐。

() 5.要了解同一時間不同高度溫度的變化，觀測的時間最好選在什麼時候？ ①清晨太陽剛出來時 ②接近中午時 ③靠近黃昏時 ④半夜沒有太陽時。

() 6.為什麼百葉箱的外表必須是白色的？ ①白色的比較醒目，容易尋找 ②白色美觀大方 ③白色比較不會吸熱 ④白色會吸收太陽光。

() 7.為什麼陰天的時候，物體的影子會不清楚呢？ ①被風吹走了 ②雨水把影子沖淡 ③雲遮住影子 ④雲遮住陽光。

() 8.可由下列哪種現象知道河水沒有被汙染？ ①河水烏黑不見底 ②河水清澈可見底 ③魚群死亡 ④一股臭味。

() 9.在下列哪一個地點和高度所測量出來的溫度，會和氣象站測量出來的氣溫最接近？ ①水泥地的地面附近 ②水泥地站著的高度 ③草地的地面附近 ④草地上站著的高度。

() 10.我們用下列哪一種物品畫在濾紙上，顏色不會隨著水散開？ ①墨汁 ②藍墨水 ③水性色筆 ④油性色筆。

- () 11.下列哪一種行為不會汙染河水？ ①在河中清洗農藥罐 ②在河裡養鴨 ③工廠廢水直接排入河中 ④家庭汙水經過處理再排入河中。
- () 12.下列何者是屬於溶解作用？ ①冰塊變成水 ②糖加入水中不見 ③飯煮熟了 ④木材變灰燼。
- () 13.哪個簡易風向計測得的是「西風」？ ①布條飄向西方 ②布條飄向東方 ③布條飄向北方 ④布條飄向南方。
- () 14.下列哪種器材的操作不需要靠風力？ ①風力發電 ②風車轉動 ③輪船 ④放風箏。
- () 15.大雄在斜坡上倒了一桶水，如果你不想被水弄溼鞋子，應該站在哪裡呢？ ①大雄的上方 ②大雄的下方 ③斜坡下方有洞的地方 ④斜坡底端。
- () 16.晴天的天空是怎樣的？ ①雲層很厚，顏色很深 ②雲多，遮住大部分的陽光 ③雲很多，除遮住陽光外，還會下雨 ④雲很少，陽光強烈。
- () 17.關於兩個口徑大小不同的簡易雨量器，同時收集雨量時的敘述，何者正確？ ①口徑小的所收集的雨水高度高 ②口徑大的所收集的



雨水高度高 ③兩個雨量器所收集的雨水高度都相同 ④口徑大的所收集的雨水高度低。

() 18. 臺灣民俗歌謠「天黑黑，欲落雨…」這句話點出何種因素和天氣變化有相當大的關係？ ①閃電 ②氧氣 ③風 ④雲。

() 19. 河邊會有土石堆積，主要原因是什麼？ ①被風吹下來的 ②被水沖刷下來的 ③本來就在河邊 ④被動物搬運下來的。

() 20. 靜香將一張棉紙分成兩張，一張捲成條狀，另一張不搓，同時浸入水中，數分鐘後觀察看看，結果會怎樣？ ①兩張綿紙水上升的速度一樣 ②沒有搓成條狀的綿紙上升較快 ③搓成條狀的綿紙上升較快 ④搓成條狀的綿紙水不會上升。

附錄四、實驗老師心得

教室裡的革命

呂老師

2005年4月在台灣，座落在桃園縣中正國際機場旁的一所小學---竹圍國小，其中的一間自然教室內，老師和學生正在上演一場寧靜的革命。

深入現場後，我們發現一件史無前例的事——我們看不到老師在進行教學，桌上也看不到教科書，只有看到一組組學生正在熱烈討論，然後，老師讓學生使用一下遙控器，學生隨即便知道自己得到的課程概念是否有誤。整個教學過程令人摸不著頭緒：吵雜的教學現場怎麼學習？遊走組別間卻不教書的自然老師到底在玩什麼把戲？更令人好奇的是，一節課後，孩子竟然表現出學習飽滿的樣子，而且真的得到課程概念。之後的每一堂自然課，都是如此……

這是怎麼一回事？我們得找出原因，我們得找出這場革命決定開啟的理由。

讓我來帶你重回現場，請你一起來幫忙找出孩子可以得到學習的原因，瞧瞧這位老師到底玩弄什麼把戲，來確保教學品質，也許，聰明的你可以幫忙判斷，這場革命的發生到底有沒有必要？

重回教學現場

兒童是三年級的學生（約十歲），課程單元是『水和我們的生活環境』，核心概念依序有「河水往哪兒流？」「毛細現象」「水的溶解作用」需要探討瞭解。

此刻是進入課程的第一堂課，前五分鐘，老師正利用大螢幕與學生分享，同學之前先寫的學習單內容（Reading Quiz）【如附圖 1】，內容都以開放性問答題為主，鼓勵學生思考，尋找資料（從教科書、圖書館、網路）來作課前準備。之後，老師將學生的回饋整理在 PowerPoint 中，和學生分享結果。分享時，老師不評斷對錯，只有尊重、鼓勵學生所有擴散性思考後的結果。



例如：針對「將糖加入水中，經過攪拌後，糖為什麼不見了？」，當時，全班 29 人中，有 23 人回答砂糖溶解於水中；有 5 人回答砂糖遇到熱水會化掉；有 3 人回答砂糖被打散了；2 人回答砂糖因為透明，所以看不見。

然後，再進一步問：「將哪些東西加入水裡，經過一陣攪拌後，就會溶解於水中呢？」有 8 人能回答出糖、鹽、味精、維生素 C、醋等 2 種以上會溶解於水中的物質；有 15 人回答糖、鹽等 1~2 種會溶解於水中的物質；有 15 人回答冰塊會溶化於水中。

這些回饋都是經老師整理後，公開展示其他同學思考後的結果，老師只有讚賞和解說，並不做價值澄清。但有一個地方很特別，過程中，老師不時地傳遞一個訊息：「老師也不知道誰說的對，我只知道你們都想到我沒想過的，好厲害啊！」

接著，我們發現一個規則。

開始進入課程時，老師從課本、習作中選擇概念型題目，放置在 Educlick 中，請學生作答。再依作答結果，決定學生的學習策略。假使答對率在 40% 以下，即進行實驗後再做相似性題目一次；若答對率介於 40%--80%，即進行同儕討論後再做相似性題目一次；80% 以上，教師自行作簡要澄清概念。因所有的題目都是按課程概念的學習順序作鋪陳，所以，只要依循整體學生的答對率作策略調整，學生觀念稍不清楚，便又回頭，重新開始學習，再討論、再實驗。

當時，學習「河水往哪兒流」，有一道題目是這樣：「為什麼海邊或河口容易有土壤或砂石堆積？1. 風吹過來的 2. 被河水沖刷下來的 3. 本來就在那裡的 4. 被樹木撐破的。」學生第一輪回答後，經過

Educlick 統計，只有 42% 的學生回答正確，老師什麼都不說，開始讓孩子討論自己的答案。

這時，這位自然老師難得顯露出他的堅持，他要求每個孩子都要說出自己的答案，並儘可能說出理由，最好還要讓別人相信你，無法反駁你，而聽的人最好有一個清楚的理由來反駁。

一分鐘後，教室裡的大螢幕又出現另一道概念相同、難度相似的題目：「溪流兩岸的砂石是被風吹下來的？ 1.○ 2. ×」學生答對率有 82%，然後，老師直接說明，做進一步的價值澄清。

確保絕大多數孩子都學會概念一後，進入「毛細現象」。老師又出一道題目：「下列哪一種東西不可以讓水自動往上移動？1.鐵尺 2.毛巾 3.衛生紙 4.報紙」有 90% 學生答對，老師說明後。接著，螢幕又出現：「下列哪些物品可以觀察到毛細現象？1.毛筆 2.墊板 3.直尺 4.襪子」有 80% 答對，老師依然只說明。

然後，又出現另一道題目：「毛細現象的敘述，下列哪一個是正確的？1.細縫愈小，水上升的愈低 2. 細縫愈小，水上升的愈高 3.細縫愈小，水愈不容易上升 4.水上升的高度和細縫大小沒有關係」只有 25% 的學生答對，老師什麼也不說，只請學生做有關於各種物體（報紙、衛生紙、直尺、鐵尺）的毛細現象實驗後，又將衛生紙分成 2 張，一張捲成條狀，另一張不捲，來觀察毛細現象，並讓每個學生都告訴組員，他的觀察與發現。

然後，又出現一道題目：「將粗細不同的玻璃管插入水中，何者正確？

1.管子愈細，水上升愈低 2.管子愈細，水上升愈高 3.管子愈粗，水上升愈高 4.管子粗細跟水上升高度沒關係」有 68% 的答對率。老師還是什麼都不說，開始讓學生同儕討論 2 分鐘後，螢幕又出現：「酒精燃燒時，酒精會沿著棉線上升到燈芯上端，此現象稱為什麼？1.蒸發現象 2.燃燒現象 3.毛細現象 4.溶解現象」有 90% 的學生答對，老師開始說話教書，做最後的價值澄清。

學生的觀念經過一陣渾沌、衝擊後，渡過討論過程、及實驗觀察支援理解後，老師又出難度相似的題目檢核一次，再次確保絕大多數學生都釐清觀念了，然後進入學習「水的溶解作用」。

按照慣例，當時老師又出一道題目：「兩杯等量的水，一杯加入三匙糖，一杯加入一匙糖，我們要如何分辨哪一杯水加入三匙糖呢？1.嚐味道 2.聞氣味 3.秤重量 4.看顏色」有 51% 學生答對，老師還是只讓學生同儕討論，再出題目…再討論或再實驗…接下來的課程節奏都依循規則，一步一步地緩緩來，一旁該使用的實驗材料也彷彿已經過排演過似的，等著隨時上場……

好了，課程學習完畢，各位看官們，你們發現這位老師，利用什麼方法來確保它的教學品質呢？你還會覺得他偷懶不教書嗎？你還會形容出現在這間教室裡的聲音，叫做「吵雜」嗎？假如你是教室中的學生，你會有

空作白日夢，當學習的客人嗎？

接著，我想問，你覺得發生在這間教室裡的革命有沒有必要？又是誰關係著革命的成敗？

學習策略讓『Peer Instruction』來決定

Peer Instruction，又稱『同儕教學法』，它是美國著名學府——哈佛大學裡的物理教授 Eric Mazur 所發展出的教學方法。這種互動式的教學方式，藉由課程前的學習單預習 Reading Quiz 和課堂中的 ConcepTest 來激發學生在課堂上思考，和同學討論，並且仔細聆聽老師的解惑說明。

這套教學法正是這位自然老師利用來確保學習品質的教學法寶，你看出來了嗎？學生接受不同於以往的被動式聽講，老師也放下教室中知識權威的角色，轉化成學生學習的視導者。學生的課程知識完全由自己的生活經驗、實驗觀察及同儕討論去建構出來。

支援『Peer Instruction』的幕後推手—— EduClick

科技創新改變教學活動的本質。Interactive Response System（互動式回應系統）中的 EduClick

就是一例。這也是這位老師給人偷懶不教書的錯覺。

以往運用在教室中，EduClick 常很稱職的幫老師評量學生的學習效益，但它只能是評鑑工具嗎？如果它不僅是評鑑工具而已呢？在教學中，老師總希望教室裡，師與生及學生之間互動頻繁，學生學習態度積極。若能借用 EduClick 系統中題庫的設計和應答者匿名機制，試圖顛覆它以往在教室中的刻板定位，使其帶有目的性的評鑑功能，轉化為幫助學習概念的思考前導工具，那不是能影響學生更深遠嗎？

EduClick 的立即傳輸及統計機制也正得以用來支援 Peer Instruction 的教學方式。進行課程時，發現學生在做過實驗、歷經同儕討論、難度相近的題目檢核後，經過 EduClick 的統計結果告知，學生學習成效還是未超過 80% 的通過標準，而必須重新開始學習時，結果固然讓人有挫折感，但不得不承認，學生在學習時，的確有某些小問題被忽視了。誠實的面對它的存在，正是 EduClick 讓 Peer Instruction 能確保教學品質的幕後功臣。

革命後，綻放的花朵

「小女生說，她好喜歡上自然課，因為可以和別人說話，聽到別人想法，而且老師會逼我們去想，我以前不會去想的事情。」

「我覺得作實驗很好玩，但是我不知道作實驗有這麼重要，最有趣的是答案都在實驗中。」

「如果沒有 EduClick+Peer Instruction，我將無法見證一個調皮的孩子，因為好奇與探索，搖身一變，成為學習專注的孩子，尤其是沒碰上自然課時，他彷彿正在哪兒等著接受挑戰...」

「如果沒有 EduClick+Peer Instruction，也許我將無法使一向學業成績傑出的孩子，有機會發覺，其他同學在發表與觀察上的長處，而那是自己需要學習與修正的，這樣的自我察覺是最直接又最有力量的輔導，尤其是對紙筆成績一向優異的孩子。」

這些摘自現場的告白，只能說明一件事：教室裡的孩子，經歷這場革命後，平安無恙，而且學得自得其樂，竟然毫無察覺的說出自己的成長；而開啟這場戰役的老師，不僅看到孩子成長的喜悅，也找到精準的方法來拿捏教學的節奏。

可是，遊走教室，等待學習的這位老師，難道心中從不忐忑嗎？

謀定而後動 才能風雨中見寧靜

「忐忑？！整個教學方式轉變，豈是一顆心七上八下來形容？但我仍然要說，沒有相當的破壞，孩子堅若磐石的刻板印象，是不容易被打破的，而我也無法發現；再來，孩子獨立思考的能力，是需要一些設計來誘發出來的，而那也正是我的專業所在。」自然老師仍不畏怯地說。

過程中，對師生而言都充滿挑戰。老師怕因重複實驗、討論做價值澄清，而延宕課程進度，來不及學生寫習作及回顧複習；學生則因 EduClick 的協助修正，一再面臨本身觀念破壞、知識重整的混亂，然後才豁然開朗，得到清晰的概念。但若不如此，老師也許會錯失掉，顛覆學生刻板印象及錯誤經驗的機會；也沒有機會讓學生的思考說話；更無法見證，學生積極主動的學習態度，不但讓學習效益提升且持續發酵中；最後，重要的是，老師在調整課程前進方向，變得更敏捷，更有自信，不需要費時的填鴨式診斷工具，亦能向學生學習負責。

深入現場中，你會發現，不論老師或學生，都忙著運用感官，搜尋所有的學習訊息，沒有人可以置身於室外，沒有人有時間作教室的客人。

聽完這則佚聞。我想聽聽看你的看法。

你覺得這間教室裡的革命有沒有必要？

它會不會引起其他人的響應？

如果有，會是誰？