

國立交通大學教育研究所
碩士論文

探討中學生在不同想像力層次之理化與生
物問題解決歷程與成效之研究

Explore the impact of scientific problem solving with
different level of imagination on 8th grade students'
performance of problem solving

研究生：李汝紋

指導教授：佘曉清 博士

中華民國一〇〇年七月

探討中學生在不同想像力層次之理化與生物問題解決歷程

與成效之研究

Explore the impact of scientific problem solving with different level of imagination on 8th grade students' performance of problem solving

研 究 生：李汝紋

Student：Ju-Wen Lee

指導教授：佘曉清 博士

Advisor：Hsiao-Ching She, Ph. D

國立交通大學



Submitted to Institute of Education

College of Humanities and Social Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Education

July 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇〇年七月

探討中學生在不同想像力層次之理化與生物問題解決 歷與成效之研究

研究生：李汝紋

指導教授：余曉清 博士

國立交通大學教育研究所論文研究計畫

摘要

本研究期望探討學生的先備知識與問題解決有效性、創造力開放性、獨創性、標題能力對於其解決兩種不同想像力層次(仰賴想像力及不仰賴想像力)的生物與理化共四個問題解決活動的解題歷程影響。期望深入了解仰賴想像力及不仰賴想像力之問題解決活動之解題歷程異同，生物與理化學科分別在仰賴想像力問題解決活動和不仰賴想像力問題解決活動之解題歷程異同。本研究之研究對象為新竹市某國中的國二學生，共三十三人，其中男生為 16 人，女生為 17 人。全部的學生在參與此兩種問題解決活動前，均接受科學概念測驗、新編問題解決測驗及威廉斯創造力測驗，而後均進行兩種不同想像力層次的生物和理化共四個問題解決活動。在兩種不同想像力層次的問題解決活動中，全部的學生皆先進行「不仰賴想像力問題解決活動」(生物及理化兩個活動)後，再進行「仰賴想像力問題解決活動」(生物及理化兩個活動)。

研究結果顯示，在兩種不同想像力層次的問題解決活動中，學生在不仰賴想像力的理化問題表現優異於生物學科。但在仰賴想像力的問題解決活動中，則以生物學科的表現優異於理化學科。根據研究結果也指出科學概念測驗、新編問題解決測驗(有效性)及創造力測驗(開放性、獨創性與標題)與兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決表現有相關。而迴歸結果發現科學概念成績對於不同想像力層次問題解決最具影響力。進一步研究顯示，科學概念測驗對兩種不同想像力層次的生物及理化問題之解題歷程影響均達顯著性差異。同時此結果顯示高成就的學生在問題解決的連結概念、解釋及產生可行方法均優異於低成就的學生。

關鍵字：科學問題解決、先備知識、國中生



Explore the impact of scientific problem solving with different level of imagination on 8th grade students' performance of problem solving

Student : Ju-Wen Lee

Advisor : Hsiao-Ching She, Ph. D.

National Chiao Tung University, Institute of Education

Abstract

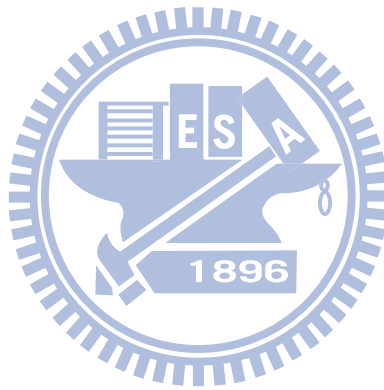
This study explores how prior knowledge, problem solving ability and creativity affect the students' performance in problem solving. The purpose of this study is to investigate the impact of scientific problem solving with different level of imagination (imagination dependent problem and imagination independent problem) on 8th grade students' performance in problem solving. These two levels of imagination problem, including biology and physics, consist of four activities. There were 33 junior high school students involved in this study from Hsinchu City of Taiwan, of which 16 are boys, 17 are girls. All of the students received the science concept test, problem solving test and creativity test before they participated in two different levels of problem solving activity (total of four activities). In this study, all of the students first participated in the unimaginative problem solving activity (biology and physics), and then participated in the imaginative problem solving activity (biology and physics).

Results showed that the unimaginative physics performance of students was better than biology. However, the imaginative biology performance of students was better than physics. According to the results, science concept test, problem solving test (effectiveness) and the creativity test (openness, originality and topic) were related to students' performance in two different levels of imagination problem solving. The regression results found that the impact of science concept to different level problem is much higher than other tests.

In addition, the impact of science concept test to two different levels of biology and physics problem was significant. The results also showed that high-achieving

students' linked concepts, explanations and methods during problem-solving were better than low-achieving students.

Key word : scientific problem-solving 、 prior knowledge 、 junior high school student



誌謝

人生就是一段又一段的旅行，而不可思議的這段交大學海之旅也即將畫下句點。還記得當初來到交大，面對一切的未知，興奮、期待又戰戰兢兢的心情。一千多個風風雨雨的日子過去了，曾經幾度以為自己會走不到終點，看不見這背後的美好風景。幸好，這段旅行中有許多的夥伴，陪我走完這一趟想忘也忘不了的美好。

在這段旅程中，最要感謝的便是導遊余曉清老師，老師總是對我不離不棄，在研究的路上，指引了我許多方向，讓我有機會一窺研究的迷人風采。當然，在805奮戰的日子裡，也少不了老師的噓寒問暖，老師的爽朗笑聲也彷彿還迴盪在耳邊。此外還要感謝楊文宗老師、張秀澂老師在研究中測驗及問題解決活動的指導與建議，幾個月的討論，逐字逐句修改，還借我學生做 pilot，以及林裕民老師在施測時的大力幫忙，讓我在上課時間把學生借出來訪談，讓我深深感受到老師們的實力與熱情。還有謝謝 Kevin 老師撥空幫我修改的英文摘要，真是讓你辛苦了！此外，還要感謝口試委員張文華教授與邱國力教授對於論文提供了許多寶貴意見，並且細心的針對論文中的疏忽之處給予指正，讓我的論文能更臻完善。

也感謝領隊們文己學長、聖昌學長、莉郁學姐及明樺學長，在研究及統計碰到瓶頸時，總是能夠提供我另一個思考方向，有你們在實驗室一起奮鬥的時光總是特別令人安心。尤其是明樺學長，在口試前的特訓，統計上的指導，還有在口試時幫忙打點一切，只能說，我們真是太幸運了！也特別感謝兩位夥伴，米珊和筱嵐，很喜歡我們一起熬夜念書，然後在課堂上胡言亂語，想盡辦法偷時間去大吃大喝、玩樂跟瘋狂抱怨的時光。謝謝妳們早起陪我搬器材，然後在大家都爆炸的時期陪我到學校訪談學生，想起那段不知道怎麼過的日子，很慶幸有妳們。特別是蕭米珊這一路教會了我許多事，若要細數，大概可以出一本書了吧！還要感謝君婷學姐，在最後這段撰寫論文的日子陪著我，不斷的鼓勵我、督促我，讓我有信心能夠完成這不思議的旅程。我們都畢業了，真好！還有另外兩位的科教

夥伴晏如和力升，一起修課在 MSN 上比晚下線的日子已經過去，謝謝晏如總是在夜深人靜捎來溫暖的問候，論文加油！期待你們的好消息~

另外感謝老師的助理群，思瑋、佩樺、秉叡跟誼騰，幫我處理了大大小小的瑣碎事務，還能夠適時的在我跟老師 meeting 完後給予加油打氣。還有所辦的嘉凌姐、佩萱姐跟雅怡姐，這三年來真的受到你們的照顧了。也要感謝梅香學姐、佩蓉學姐還有婷婷在口試的幫忙，有妳們的幫忙，讓我更加感受到 SHE 實驗室的溫暖！當然少不了高中學弟李泱寰，慶幸在新竹的七年裡有你的陪伴，總是能聽我抱怨東抱怨西，還可以在我需要發洩時陪我打球，現在也是你的論文關鍵期，不管未來決定怎麼走，請加油。☺

最後要感謝一直陪伴在我身邊給予我最大支持的家人，謝謝爸爸媽媽當初鼓勵我考研究所，無條件的支持我，總是在我一身疲憊回到家時，用滿桌的好菜替我加油打氣，也謝謝肥二姐、肥妹跟肥弟，和我分享家裡大大小小一籬筐蠢到爆炸的傻事，讓我沒有機會錯過家裡的點點滴滴。我愛你們！

新的冒險又即將啟程，謝謝這一路上的貴人，帶著你們的祝福，我會勇敢前進。

百年 仲夏

汝紋

目錄

中文摘要	i
英文摘要	iii
誌謝	v
目錄	vii
表目錄	ix
圖目錄	xi
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與研究動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究問題	3
第四節 名詞釋義	4
第五節 研究範圍與限制	6
第二章 文獻探討	7
第一節 問題解決	7
第二節 科學問題解決	9
第三節 創造力	12
第四節 想像力	16
第三章 研究方法	19
第一節 研究對象	19
第二節 研究設計與架構圖	19
第三節 研究工具	21
第四節 仰賴想像力及不仰賴想像力之問題解決活動設計	25
第五節 資料蒐集與分析	26
第四章 研究結果與討論	27
第一節 兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決歷程差異之質性資料分析	27
第二節 科學概念測驗、問題解決測驗與創造力測驗各項度相關分析	31
第三節 高低先備知識與高低問題解決有效能力在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異分析	34
第四節 高低先備知識與高低創造力開放性在仰賴想像力與不仰賴想像力的生物與理化問題解決活動之解題差異分析	39
第五節 高低先備知識與高低創造力獨創性在仰賴想像力與不仰賴想像力的生物與理化問題解決活動之解題差異分析	44
第六節 高低先備知識與高低創造力標題成績在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題差異分析	49

第七節	高低先備知識在兩種不同想像力層次之生物與理化問題活動之解決差異分析.....	54
第五章	結論與建議.....	63
第一節	結論.....	63
第二節	建議.....	65
參考文獻	67
附錄	
附錄一	科學概念測驗.....	73
附錄二	兩種不同想像力層次之問題解決題目.....	85
附錄三	兩種不同想像力層次之問題解決活動訪談大綱.....	89
附錄四	兩種不同想像力層次之問題解決活動比較.....	91
附錄五	兩種不同想像力層次之問題解決活動編碼表.....	93



表目錄

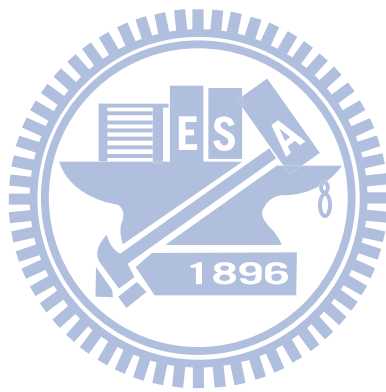
表 4-1-1	學生（33 人）在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程-認定問題、形成策略、監控與評估的描述性統計.....	28
表 4-2-1	科學概念測驗、新編問題解決測驗、威廉斯創造力測驗各項度相關係數表.....	31
表 4-2-2	科學概念測驗、新編問題解決測驗、威廉斯創造力測驗與兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決各分析項度相關係數表.....	33
表 4-3-1	不仰賴想像力生物問題解決敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及問題解決有效性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	35
表 4-3-2	不仰賴想像力理化問題解決敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及問題解決有效性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	36
表 4-3-3	仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及問題解決有效性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	37
表 4-3-4	科學概念測驗及問題解決有效性在仰賴想像力之生物問題解釋項度之單因子變異數分析.....	38
表 4-3-5	仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及問題解決有效性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	38
表 4-4-1	不仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力開放性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	40
表 4-4-2	不仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力開放性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	41
表 4-4-3	仰賴想像力之生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力開放性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	42
表 4-4-4	仰賴想像力之理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力開放性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	43
表 4-5-1	不仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力獨創性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	45
表 4-5-2	不仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力獨創性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	46
表 4-5-3	仰賴想像力之生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力獨創性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	47
表 4-5-4	仰賴想像力之理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力獨創性組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	48
表 4-6-1	不仰賴想像力生物問題解決敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力標題成績組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	50
表 4-6-2	不仰賴想像力之理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力標題成績組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	51

表 4-6-3	科學概念測驗及創造力標題成績在不仰賴想像力之理化問題解釋項度之單因子變異數分析.....	51
表 4-6-4	仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力標題成績組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	52
表 4-6-5	仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子(科學概念測驗組別及創造力標題成績組別)單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法.....	53
表 4-6-6	科學概念測驗及創造力標題成績在仰賴想像力之理化問題連結概念項度之單因子變異數分析.....	54
表 4-7-1	科學概念測驗、新編問題解決測驗(有效性)、創造力測驗(開放性、獨創性、標題)與兩種不同想像力層次的生物與理化各分析項度的逐步迴歸摘要表.....	55
表 4-7-2	學生(22人)在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程-連結概念、解釋與方法的次數統計.....	58
表 4-7-3	高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力生物問題解決之描述性統計.....	59
表 4-7-4	高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力之生物問題之單因子變異數分析.....	59
表 4-7-5	高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力之理化問題解決之描述性統計.....	60
表 4-7-6	高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力之理化問題之單因子變異數分析.....	60
表 4-7-7	高低概念測驗成就學生在仰賴想像力之生物問題解決之描述性統計.....	61
表 4-7-8	不同概念測驗成就學生在仰賴想像力之生物問題之單因子變異數分析.....	61
表 4-7-9	不同概念測驗成就學生在仰賴想像力之理化問題解決之描述性統計.....	62
表 4-7-10	不同概念測驗成就學生在仰賴想像力之理化問題之單因子變異數分析.....	62

圖目錄

圖 3-2-1	研究架構圖.....	20
圖 3-2-2	研究設計圖.....	21





第一章 緒論

本章共分為五節，其內容之目的主要在說明本研究之研究背景與動機、研究目的、研究問題、名詞釋義與研究範圍及限制。

第一節 研究背景和研究動機

在科學的發展過程中，解決問題一直是科學家尋求科學進步的原動力，科學知識的建構從不斷的遭遇問題、解決問題、不斷的嘗試錯誤，然後再經歷無數次的修正之後繼而推動文明的演進。科學家是如此，學生的科學學習也應該是如此。然而在真實的教學現場中，在教材內容的限制或是教學進度壓力下，學生在科學學習的過程中往往只停留在接受知識或是食譜式實驗步驟的學習，因此很難進行有意義的學習，或將所學的知識有效的運用於解決問題上。所以如何讓學生在建立基本的科學知識之外，同時能靈活運用所學到的知識，進而轉化成解決問題的能力，則更顯重要。同時教育部（2002）也指出就科學教學與學習而言，應以「問題解決」為學習核心，並培養學童運用探究能力及所具備之先備知識、提出假設到設計實驗，以運用這樣高層次的問題解決能力於現實生活之中。

在科學發展的歷史中，科學家的想像力在科學的演進中扮演了關鍵性的角色，而愛因斯坦也說過：「想像力比知識更重要」，因為知識是有限的，而想像力是無限的。但是，想像力並不能只是天馬行空，還必須要能夠實踐，無法實踐的想像力只是幻想，因科學的發展需仰賴可執行的想像力。

Beveridge（1957）在 *The Art of Scientific Investigation* 也說明想像力之所以重要，不僅僅引導我們發現新的事實，更是激發我們做出新的研究的動力之一，因為想像力使我們看見可能產生的結果。那什麼是想像力呢？想像力就是從既有的實體材料出發，學生藉由這個實體材料想像從未經歷過的事或超越感官及現實的界線並產生預測，進而連結腦中相離較遠的概念，將所學到的知識加以重組、應用。也就是 Dewey（1910）所提倡『思考性思維』的東西，即反覆思考一個問

題，給予有步驟的及連貫的思考，用以區別在腦海中自由運行的各種想法。因此我們必須透過問題的解決歷程來將學生腦海中的科學想像力進行具體、有步驟性的描寫。

然而在傳統的科學學習課程中，大多數的問題均屬於定義明確的問題（well-defined problem），例如計算定量水水解後的熱量。因此當學生在遭遇陌生的問題情境時，無法有效的運用高層次的思考來進行分析問題、界定問題到提出問題解決的方法。是以本研究希望藉由仰賴想像力的問題解決活動也就是定義不明確的問題（ill-defined problem），讓學生透過問題解決的過程引發學生的想像力，進而連結關係遠，也就是跨單元或跨領域的科學概念並產生解決問題的方法。

第二節 研究目的

本研究嘗試探討生物及理化兩門學科，藉由兩種不同想像力層次的問題解決活動，分別為「仰賴想像力之問題解決活動」及「不仰賴想像力之問題解決活動」，其中「仰賴想像力之問題解決活動」及「不仰賴想像力之問題解決活動」都包含了生物及理化兩學科共四個問題解決活動，藉此了解學生在兩種不同想像力層次的問題解決活動的解題歷程。

第三節 研究問題

基於上述之研究背景與動機及研究目的，本研究之待答問題如下：

一、探討學生在兩種不同想像力層次的生物和理化的問題解決活動之解題歷程異同為何？

二、探討先備知識、問題解決能力及創造力與仰賴想像力及不仰賴想像力的問題解決之相關性為何？

三、「高低先備知識」與「高低問題解決有效性」的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異。

3-1「高低先備知識」與「高低問題解決有效性」在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題交互作用是否達顯著水準。

四、「高低先備知識」與「高低創造力開放性」的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異。

4-1「高低先備知識」與「高低創造力開放性」在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題交互作用是否達顯著水準。

五、「高低先備知識」與「高低創造力獨創性」的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異。

5-1「高低先備知識」與「高低創造力獨創性」在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題交互作用是否達顯著水準。

六、「高低先備知識」與「高低創造力標題成績」的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異。

6-1「高低先備知識」與「高低創造力標題成績」在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題交互作用是否達顯著水準。

七、探討高低先備知識的學生在兩種不同想像力層次的生物與理化的問題解決活動之解題異同為何？。

第四節 名詞釋義

本研究相關的主要名詞解釋如下：

一、創造力

根據 Williams (1979) 的創造力發展可得知，創造力可分為認知與情意兩大部分。前者分別指流暢力、變通力、獨創力與精密性。後者則包含冒險性、挑戰性、好奇心與想像力。

二、想像力

根據 Williams (1979) 的創造力發展可得知，在情意部分中的想像力意義指的是，學生能有下列行為之表現：(1) 能將其視覺化並建立心像、(2) 能想像從未發生過的事、(3) 能直覺的感受及 (4) 能超越感官及現實的界線。而 Johnson 和 Giorgis (2003) 則將想像力定義為創造影像、事件、角色或是可能的情境。

本研究則將想像力定義為學生能夠針對未經歷過的事物進行預測，產生超越已知的想法，想像出可能的科學現象並且能夠連結與原本關係較遠的概念，即跨單元之概念或跨領域概念。

三、問題解決

Sternberg (1996) 認為問題解決是個體利用學過的既有知識去解決問題的過程。也就是問題解決即為個體遭遇問題後，蒐集相關資料並整合，尋求方法以解決問題的過程。

四、仰賴想像力的問題解決活動

依據上述理論，本研究中「仰賴想像力的問題解決活動」是屬於 Reitman (1964) 針對問題分類中定義不明的問題 (ill-defined problem) 的一種，而定義不明的問題指的是問題裡所給予的條件或者要達成的目標具有一定的不確定性，或者沒有明確的解決方案。而我們在此類型的問題解決活動中，學生必須能想像從未經歷過的事或能超越單元之界線的概念進行預測，且本研究更強調學生在進行解題的過程中，須能連結跨越多個沒有直接相關的單元知識概念，並連結這些

概念進而整合產生解決方法。

本研究提供生物及理化兩個問題解決活動，在此兩個活動中，均先提供相關的科學現象實體，學生必須由所提供的科學現象實體之題目，連結差異性較大的概念進而產出解決方法。學生在此活動過程中，必須先對問題產生預測並能提出可能的相關概念。並依「預測」、「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」及「評估」等六個部份進行此活動。

五、不仰賴想像力的問題解決活動

本研究中的「不仰賴想像力的問題解決活動」亦為 Reitman (1964) 針對問題分類中的定義不明的問題 (ill-defined problem)，然而此類型的問題解決活動與仰賴想像力的問題解決活動主要差異為學生所需連結之科學概念之間差異性較小，也就是這些科學概念彼此可能屬於同單元相近的概念。且在此類型的問題解決活動，學生不需針對題目進行預測，僅依「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」及「評估」等五個部份進行此活動。

同樣每位學生均須接受生物及理化兩個不仰賴想像力的問題解決活動，在此兩個活動中，均先提供相關的科學現象實體，學生必須由所提供的科學現象實體題目連結與之相關的科學概念進而形成解決方法。

六、關係近的概念

本研究兩種不同想像力層次的活動中，學生在解決問題時，運用該問題所在課本單元之概念，即為關係近的概念。

六、關係遠的概念

本研究兩種不同想像力層次的活動中，需要學生連結關係遠的概念進而解決問題，而關係遠的概念即課本中跨單元概念或跨領域之概念。

第五節 研究範圍與限制

本研究因應研究之人力、時間之限制，僅選取新竹市某國中八年級一個班的學生，不具有全國國中生之代表性，因此研究結果的推論有其限制性，不宜做廣泛或大樣本的推論亦無法推論到其他年齡層的學生，且仰賴想像力問題設計僅針對生物、理化兩學科之特定概念，研究結果若要推論到其他學科或其他概念時，尚需謹慎衡量其適切性。



第二章 文獻探討

本章將依序針對問題解決、科學問題解決、創造力及想像力等四項與本研究之相關議題進行探討。

第一節 問題解決

不論是在日常生活或是學習過程中，學生經常會不斷的產生問題，遭遇問題。有些問題是可以利用過往已知的知識或經驗來解決，但有些問題則是需要複雜思考，積極的尋求可能的解決途徑。

一、問題

「問題」是指個人在有待追求而尚未找到適當手段時所感到的心理困境（張春興，1996）。根據 Ritman（1965）、Chi 和 Glaser（1985）的分類，依照問題是否有清楚的解決途徑，將問題分為結構式問題（well-structured problems）。而沒有清楚解決途徑的問題則定義為非結構式問題（ill-structured problem）。針對這兩種類型問題的說明如下：

- （一）結構式問題：就是具有清楚解決途徑的問題。這種問題通常在問題的定義與欲達成之目標都有明確的限制，而解決方法也是確定甚至是有標準答案的。例如：如何計算 100 公克的米飯含有多少熱量？
- （二）非結構式問題：就是沒有清楚解決途徑的問題，又稱為定義不清楚的問題。這種問題是指問題中的定義和欲達成的目標當中具有不確定性，問題的特性較為開放且沒有特殊的限制，且具有多種解決方法或是沒有標準答案。例如：如何從台北到高雄？

但是學校中的科學課程通常由結構清楚的問題所建立，許多研究建議調整學校課程，提供結構不清楚的問題，使學生能連結其生活中的真實事件，透過教學，發展學生必要的科學知識與技能（AAAS, 1990; Bartel et al., 1992; Blumenfeld et al., 1991; Lipman, 1991）。

二、問題解決

問題解決即個體在面對問題困境時，透過已知的知識、經驗或既有的資源找出解決方法的過程。就認知心理學的觀點來說，問題解決是一個重要需要高層次思考的活動。而 Gagne' (1985) 也認為問題解決就是個體利用學過的知識、概念重新組合後，用以解決問題的過程。

在問題解決的過程中，Sternberg (2003) 描述了問題解決的循環 (problem-solving cycle)，包含認定問題、定義問題、形成策略、組織訊息、分配資源、監控和評估。問題解決的歷程亦是思考的心理活動歷程，Dewey (1910) 在「我們如何思考」(How we think) 一書中描述了問題解決的歷程，發展了以下五個步驟：(1) 困難或問題的發現、(2) 確定問題困難所在、(3) 提出假設、演繹推理可能的解決方法、(4) 驗證假設、(5) 選擇最佳方案。而 Newell 及 Simon (1972) 則認為問題解決是當個體在遭遇新的情境時，能利用他們的知識去處理及解釋新情境，並連結舊有概念及能提供新的事實與建議。

根據 Osborn (1953) 的研究，將創造思考的過程分成下列七項步驟：(一) 問題定向階段 (orientation)：就是將發現問題，指出問題的困難處。(二) 問題準備階段 (preparation)：進行問題相關的蒐集。(三) 問題分析階段 (analysis)：針對問題進行剖析、瞭解相關的資料。(四) 提出概念構成 (ideation)：針對問題提出各種想法。(五) 籌劃階段 (incubation)：將問題相關資訊組織、消化並嘗試提出解決方案。(六) 綜合階段 (synthesis)：將分析資料進行整理歸納，並釐清解決方案。(七) 評鑑階段 (evaluation)：藉由分析判斷後獲得的思想，評估其價值與功用。

Treffinger 和 Isaksen (1992) 針對 Parnes 的理論做出了修正。他們認為創造性問題解決的過程可以分成下列六部份：(一) 發現挑戰 (mess finding)：個體能從各種情境中找出挑戰並以系統性的方案解決。(二) 發現資料 (data finding)：進行資料收集，能由各個面向考量問題情境並找出與問題相關的資料。(三) 發現問題 (problem finding)：了解問題的各個面向，及欲達成之目標。以便提出

問題的方向及尋求解決之方案。(四)發現點子(idea finding)：針對問題，發展出各種可能的點子並從中選擇具有獨特性、新穎的點子。(五)發現解答(solution finding)：尋找各種可能解決的方法，亦即找出最符合評量標準的解決方法。(六)尋求接受(acceptance finding)：考量問題相關的情境，找出最可能被執行的問題解決方案，並形成步驟執行以驗證。

有許多研究針對影響問題解決能力的因素進行探討，認為主要原因在於學生未能建構問題的意義，且無法將問題與其知識結構做連結，或是缺少適當的知識內容(Frazer, 1982; Osborne & Wittrock, 1983; Selvratnam, 1983; Gabel. et al, 1984; Lee, 1985)。由這些研究中，研究者認為個人知識的建構對於成功的解決問題是不可或缺的。

因此本研究中兩種不同想像力層次的問題解決活動所使用的問題皆為結構不明的問題，題目的解決方法不只一種，亦沒有所謂的標準答案。所以需要學生能運用其先備知識及技能，重新整合後進而解決問題。然而這類型的問題對於國中生而言是較為困難的。因此在本研究中依據 Sternberg (2003) 中問題解決的步驟為主軸，進行增減及修改，用以協助學生進行問題解決活動。而本研究也期望透過此兩種不同想像力層次的問題解決活動了解學生的先備知識及問題解決能力與問題解決之間的關係。

第二節 科學問題解決

在科學問題解決中，因問題的種類及問題解決者本身的差異，其所需的科學知識與技能具有很大的差異。Taconis (1995) 指出，根據問題的複雜性及問題解決者對於問題的熟悉程度而言，科學問題可就下列幾個面向做探討：

(一)問題的複雜性：問題的複雜性取決於問題中所包含的變數，也就是個體在解決最終問題前所必須解決的次要問題數量。而問題解決者必須透過分析、計畫及定義這些次要問題，並選擇其所需之概念做為解決最終問題之基準。

(二)問題的熟悉程度：問題的熟悉程度則取決於問題解決者本身。當個體

遭遇問題時，可能選擇慣用的技巧解決新情境問題。也可能將此情境問題視為挑戰，透過新技能去解釋新的情境。

（三）問題的開放性或封閉性：也就是問題是否具有唯一解答或是具有多種解決方法。然而科學問題通常都是封閉性問題，也就是 Weerene, Mul, Peters, Kramers-Pals 和 Roossink（1982）所提出的詳述性問題（specification problem）。而開放性問題則是指問題本身要求對其結果或過程提出解釋，或者是設計型問題。

張俊彥及翁玉華（2000）探討了高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性。研究結果發現高一學生的問題解決能力與其科學過程技能表現達中度相關，且高、低問題解決能力不同者在解釋資料、觀察、及形成假設等科學過程技能表現上皆有顯著的差異。其研究結果也指出，不同問題解決能力者在問題解決的思考流程上，其表現有顯著的差異。

Shepardson（1991）曾經針對八年級學生在五項不同的生活化科學問題解決活動之表現進行研究。他以路徑分析（path analysis procedures）的方式推測學生在解題步驟與學生間互動和思考技巧的關係。其研究結果指出，學生間的互動無法增進學生在解決問題時的思考技巧，而學生的解題步驟才是主要影響解決問題的因素。若是學生在解決問題時使用了不適當的思考技巧，則無法以有效的計畫來解決問題，並且無法評估在解決問題過程中所收集的資料是否正確。除此之外，學生在解決問題的過程中，會將所學過的科學知識結合，用來進行分析問題解決的過程及最後推論的解釋與評估。

Chang（2010）曾針對 260 個十年級的學生，研究其問題解決能力與特定領域知識（domain-specific knowledge）及推理能力（reasoning skills）之間的關係。其研究結果指出，學生若想要成功的解決問題，必須具備基本的特定領域知識、良好的發散性思考（divergent-thinking ability）、推理能力及足夠的課外經驗。他並且強調，學生若擁有較多的特定領域知識與推理技巧時，在問題解決過程中會比較容易成功。因為推理技巧能夠促進學生的發散式思考，而擁有越多的特定

領域思考時則有助於學生在問題解決過程中分析、評估，也就是所謂的聚歛式思考（divergent-thinking ability）。

Yu, She, 和 Lee(2010)的研究則探討不同模式(以網路學習及非網路學習)與不同學業成就對於學生問題解決能力及生物學成就的影響，研究中將 156 個七年級的學生被隨機分配到不同模式進行學習並解決結構不明的問題，其研究結果顯示，不同模式的學習方式與其不同的學業成就對於問題解決之間並無交互作用，但是高成就學習者在所有的測驗表現上皆優異於低成就學習者，此研究顯示個人知識對於問題解決的重要性。

在 Fortus, Krajcik, Dersheimer, Marx,和 Mamlok-Naaman (2005) 的研究曾以 149 個九年級及十年級的學生，透過以科學知識及問題解決技巧等內容所設計的教學法，了解學生在此過程中，透過設計活動（design problem）的課程，將所建構的知識轉換並解決真實世界中的問題。David 和 Joseph (2005) 等認為，在此教學課程中，成功的成品創造並不是最終目的，而是學生能夠應用科學知識到真實世界中的問題。其研究結果也顯示，知識能在此設計活動中被有效的建立。

Pizzini 和 Shepardson (1991) 及 Zoller (1987) 則提出「發問」是問題解決歷程中重要的一環。因為此步驟能有效的提升學生的學習動機且能讓學生進行有意義的學習。發問除了能夠引導學生做進一步的思考之外，亦能夠促進學生對於日常生活產生連結。

簡而言之，科學問題解決中包含了許多訊息的處理，個體必須整合其既有知識並分析問題。因此科學問題解決一直以來都被視為是在學習上的重要歷程，而促進學生問題解決能力也是長久以來科學教育重要的目的之一。因此本研究主要目的在設計兩種不同的問題解決活動，透過有步驟的發問，並且讓學生在實驗室進行實際操作的過程，統整其既有科學概念，進而提升其概念學習與整體科學問題解決的能力。

第三節 創造力

隨著資訊科技迅速的發展，處在這個快速變遷的社會中，我們在未來可能都必須面臨現在無法預知的問題，而學生在現階段所學習的知識或技能卻可能在不久的將來變得毫無用處。因此，在教育上能因應的對策即為提升學生問題解決的能力，培養其在面對問題時具有變通性，具備能夠適應改變及容忍模糊不明事物的能力。

因此，培養學生創造思考的能力，已經成為近年來我國教育的重要目標之一。Sternberg 和 Lubart (1999) 也強調了創造力的重要，他們分別就三個面向提出創造力的重要性，分別為：(1) 個人：創造力有助於個人解決在工作中或日常生活裡的產生的問題。(2) 社會：創造力可引發科學新知的發現、藝術創作的產生、新發明或者實現新的社會計畫。(3) 經濟：新產品或服務可透過創造力而產生，甚至開創新的就業機會。

然而創造力的定義卻是困難的，教育部(2002)在創造力教育白皮書中，將廣義的創新能力包含創造力、創新機制與創業精神，其中創造力被認為是學習成效之教育指標。而狹義的定義創造力(creativity)是指創新的知識基礎，創新是(innovation)創造力的具體實踐。也有學者認為創造力就是敢於與眾不同(Claxton, 1984)。或者將創造力定義成一個思考及回應的過程，且這個過程包含了聯結先前的經驗，回應並歸納出獨特的結果(Parnes, 1963)。

Osborn(1953)則是將人類心智活動的能力以下四種：分別為：吸收的能力、保留的能力、推理的能力及創造的能力。其中創造的能力定義為能夠想像及構思新奇概念的能力。有些心理學家則認為創造是一種行為，這種行為表現具有新奇性及其價值存在。而Guilford(1959)的智力結構理論(Structure of Intellect Theory)則認為智力結構中包含收斂式思考(convergent thinking)與發散式思考(divergent thinking)。收斂性思考是指個人在解決問題時，能對想法產生的洞察力，並能做綜合、歸納及選擇的能力。而發散式思考則是著重於產生新的想法及其可能，也

就是代表人類的創造力。

後來的心理測驗學家 Torrance (1962) 依據 Guilford (1959) 的智力結構理論中的發散性思考發展出評量創造能力的測驗，其測驗內容認為創造力具有下列特性：(一) 流暢性 (fluency)：指在面對問題時，能夠產生大量的觀念。(二) 變通性 (flexibility)：指在面對問題時，能產生不同的思考。(三) 獨創性 (originality)：指在面對問題時，能產生具有新意、與眾不同的觀念。(四) 精密性 (elaboration)：指在面對問題時，能針對既有的觀念加以擴展或加入新的想法。

Williams (1972a, 1972b) 則依據 Guilford 和 Torrance 創造力理論，將創造力定義為在認知方面是指思考的獨創性、變通性、精密性以及開放性，而在情態度方面則包含冒險性、好奇心、想像力與挑戰性等四項特質。其情意態度方面意義分述如下：(一) 冒險性：只能勇於面對問題，能在缺乏結構的任務中，加以猜測，並能為自己的意念辯護。(二) 好奇心：指在面對問題時富有追根究底的精神，樂於接觸撲朔迷離的情境，並能把握特定的特徵觀察其結果。(三) 想像力：指面對問題時，能將其視覺化並建立心像，具有想像從未發生過的事的能力。(四) 挑戰性：指面對問題時能勇於挑戰，尋求更多的可能性，並能理解現實與理想間的差距。對於複雜的問題具有深究的決心。

Sternberg 和 Lubart (1999) 與 Mayer (1999) 也都認為創造力是在執行工作時展現了其原創性與實用性的能力。而大多數的創造力研究者也廣義的將創造力視為具獨創性並產生具有價值事物的歷程 (Csikszentmihalyi, 1999；Csikszentmihalyi & Wolfe, 2000；Runco, 1998；Sternberg & Lubart, 1996)。

由上述可知各家學者對於創造力的解釋及定義皆不相同，也無法描繪出創造力的全貌。因此 Sternberg 和 Lubart (1999) 研究中說明，創造力的定義必須採用匯流方法 (confluence approaches) 才能看到創造力整體面向。其中 Amabile、Csikszentmihalyi、Sternberg 和 Lubart 等學者對於創造力的理論研究皆屬於匯流取向，下列將針對各學者之研究分述說明：

（一）Amabile的脈絡取向

Amabile（1997）的創造力理論是由「產品」（product）的角度出發，他認為影響創造力的核心因素包括（一）工作動機（task motivation）、（二）領域相關技能(domain-relevant skills)及(三)創造力相關技能(creativity-relevant skills)。他將創造力生產過程的工作動機分為內在動機與外在動機，內在動機力如單純的享受創造力的過程或者個體具有解決問題的慾望。而外在動機例如對於聲譽或財富等慾望。根據Amabile的主張，他認為內在動機是創造力的必要條件，而外在動機在某些情況之下反而是阻礙創造力發展的因素。

在此三要素中，領域相關技能是最基本，他認為創造力產生的基本條件是必須了解、熟悉某一領域，才有機會產生創意，也就是所謂的「專業」。「專業」則主要包括領域知識（knowledge about the domain）、特定領域相關技能（special domain relevant talent）與專業技術（technical skills required）等。與創造力相關的技能是指個體在工作領域時，能突破個人既有的模式來處理複雜性的問題，並且能以不同的觀點看待問題，進而產生新奇而有效的創意想法。Amabile認為，唯有當「領域相關技能」、「創造力相關技能」與「工作動機」三者間充分交互作用才能使個體產生越高的創造力。

（二）Csikszentmihalyi的系統取向

Csikszentmihalyi（1999）在創造力系統模式中指出創造力是由個體(individual people)、領域(domain)與學門(field)三個重要的核心因素互動的過程，他認為無法將個人及其創造力產物從工作的社會及歷史環境分離，在創造力發揮產生新想法或產物後，必須要透過現有的社會系統進行傳播。其中領域是指領域內的專業知識或其所依據之文化系統。而學門是指領域內負責鑑定、篩選的專家，亦即守門人（gatekeeper）的角色。Csikszentmihalyi（1999）將個人認為個體所展現的創造力產物必須經過學門內專業領域的人員也就是所謂守門人

（gatekeeper）的選擇，藉由其所具備之專業知識判斷決定是否讓其進入領域中。

（三）Sternberg和Lubart 的投資取向

Sternberg和Lubart（1996）他們主張多重的個人與環境因素必須聚集時，創造力才會發生。以投資的觀點來解釋創造力，他們認為創造力個體要使創造力有所表現和發展，必須採取「買低賣高」（buy low sell high）的策略。所謂的「買低」是指創造者一開始能主動看到他人不重視的具潛力之想法，並能持續關注。而「賣高」則是指這個想法出現發展的可能或是展現其價值時，就要放手賣掉，以進行新的創造。

他們提出六項影響創造力的因素，分別為（1）個人知識（knowledge）、（2）智能（intellectual abilities）、（3）思考型態（thinking styles）、（4）環境（environment）、（5）動機（motivation）及（6）人格（personality）。「知識」又可分為正式知識及非正式知識，Sternberg和Lubart認為個體若要在思考或是解決問題上有所突破的話即必須具備該領域的專業知識。綜合上述所言，Sternberg和Lubart認為個體必須妥善運用這六項資源才能有效發揮創造力。

Osborn（1953）也認為創造力是可以經由訓練而提升的，他主張利用腦力激盪法（brainstorming）來提升創造思考。腦力激盪法具有下列特質：（一）在發散思考過程中，不加以評斷其想法。（二）在思考問題時，鼓勵自由聯想及想像。（三）尋求各種不同可能的解決方法。後來 Osborn（1953）將創造思考的過程由七項修改為三階段，分別為：發現事實（Fact Finding）、發現點子（Idea Finding）、尋求解答（Solution Finding）。在過往的研究中，也將創造的歷程也視為解決問題的歷程。Parnes（1987）則提出了創造性問題解決（Creative Problem Solving，CPS）的五階段過程，分別為：發現事實（fact-finding，FF）、發現問題（problem-finding，PF）、發現想法（idea-finding，IF）、發現解答（solution-finding，SF）及尋求接受（acceptance-finding，AF）。

由問題解決及創造力的文獻回顧中可看出，許多學者們認為創造力與問題解決的過程息息相關，亦有學者將創造性思考的過程是為問題解決的過程，而創造性思考對於解決問題時也通常能提供獨具創意、別出心裁的解決方法。因此本研

究期望透過兩種不同層次之想像力的問題解決活動，了解創造力與問題解決之間的相關性。

第四節 想像力

在科學的發展過程中，好奇心及想像力一直是科學進步的原因之一。好奇心使科學家能察覺生活周遭的問題並具有追根究底的精神。而想像力也並非只是天馬行空的能力，他使科學家在面對問題時，能了解問題所提供的訊息並詳細分析後，超越既有的知識與想法而產生預知。Beveridge (1957) 也認為具有潛力的研究人才與他人相較之下較有遠見，因為他們能對研究工作產生未知的可能結果，這些人通常能夠運用想像力，超脫自己既有的知識及問題情境。

然而想像力的定義是抽象的，各家學者對於想像力的描述也不盡相同。Dewey (1910) 對想像的描述如下，他認為想像能使人類超越現實而看見未知的事物，能將熟悉的事物轉變為新的經驗。也就是說，想像力是一種看見可能的能力。Beveridge (1950) 認為想像力是腦中突然閃過特別的想法，但並不與過去的概念為基礎，也就是可能突然看見了不同事物之間的關聯性。而Johnson和Giorgis (2003) 也將想像力定義為創造影像、事件、角色或是可能的情境。Reichling (1990) 則進一步提出，將想像力分為下列四個不同的面向，分別為：直覺 (intuition)、知覺 (perception)、思考 (thinking) 及感受 (feeling) 等四個面向。Passmore (1985) 則認為想像力不同於我們實際所見到的事物、是超乎我們就有經驗的意象能力。Reichling (1990) 則認為想像是一種特殊的思考方式，是察覺力和信念的來源，想像的素材便是想法。

因此本研究根據 Dewey、Beveridge 及 Passmore 的研究將想像力的定義為學生能夠針對未經歷過的事物進行預測，產生超越已知的想法，想像出可能的科學現象並且能夠連結與原本差異性大的概念，即跨單元之概念或跨領域概念。

然而想像力與創造力的差異為何呢？由創造力的文獻回顧中可看出，想像力其實是創造力的一環，例如 Williams (1972a, 1972b) 將創造力分為認知與情意

兩部分，其中情意部分包含冒險性、好奇心、想像力以及挑戰性。Williams (1972a, 1972b) 也特別提出想像力是指面對問題時，能將其視覺化並建立心像，具有想像從未發生過的事的能力。Osborn (1953) 也認為可透過腦力激盪法中不斷自由聯想與想像來提升創造力。Torrance (1964) 則認為創造力是一種發明能力、產出的能力、擴散是思考的能力也可以是想像力的一種。而 Polya (1957) 認為創造力也可能是想像力，他將創造思考視為一系列的過程，包括察覺問題、分析知識、資訊的遺漏，進而發覺困難、尋求答案、提出假設、驗證及再驗證假設，最後得到結論。

但是根據不同的創造力定義，卻不一定有包含想像力的要素，然而在科學學習的過程中，需要學生發揮想像力，想像出各種可能或超越特定領域相關知識的科學問題解決方法。The School Curriculum and Assessment Authority (1996) 也指出教學環境應該要能提供學生想像力、溝通能力及富創意的表達能力的發展。在科學學習時，Johnson 和 Giorgis (2003) 認為，孩童的心智能力不同於成人，他們並不能夠每次都從新的事件中接受新的想法。基於這個理由，教給學生正確的概念不見得都是一件好事。他們強調，科學理解是重要的，但想像力也同樣的需要被鼓勵。

如何在教學過程培養學童的想像力？Carlson (1964) 認為，要促進原創想像力，需能提供學生下列的教育經驗：(1) 強調自由及開放的學校及家庭教育。(2) 強調環境對感官的刺激。(3) 發展好奇心及懷疑的精神。(4) 透過反思及冥想增進其想像力及創造性思考。(5) 能辨識情境及能力方面促進正向思考的動機。(6) 能沉浸於學習之中。(7) 師生在任何創造性的任務中都能保有同理心。(8) 發展學生的擴散性思考及自發性回應。(9) 培育能產生「有效驚奇」的創造力。此外，Passmore (1985) 也提出教師應提供學生另類思考與多樣化生活經驗的機會，藉以刺激學生的想像力，超脫原有的信念以加強新事物的可能。

在解決科學問題時，如何將想像力運用於其中？Dewey (1910) 則將「自覺

思維」分為下列幾個階段：先意識到某種困難或問題，從而連成刺激。接著，一個想像的解決方法躍入腦中，而理智這時候才開始作用，對這一想法進行考察，決定取捨。因此 Dewey 提倡「思考性思維」，也就是針對一個問題，不斷的思考，然後將思考的過程步驟化。用來和腦海中天馬行空的想發最為區隔。因此我們必須透過問題的解決歷程來將學生腦海中的科學想像力進行具體、有步驟性的描寫。

那仰賴想像力的問題解決活動主要特性為何呢？最主要的特性在於仰賴想像力的問題會給學生一個科學現象實體，透過這個實體和情境的描述，提供給學生想像的空間。學生在問題解決的歷程中必須連結關係遠的概念，這些概念通常是課本中跨單元或是跨領域的科學概念。因此學生必須將觀念連結、重新組合或者採取新奇獨特的觀點，尋求多元的解決方案。由文獻回顧我們可得知創造力與問題解決的關係及創造力與想像力的差異，因此，本研究試圖了解學生在解決仰賴想像力與不仰賴想像力問題解決活動之解題歷程差異，進而探討仰賴想像力問題與教學上的關係。



第三章 研究方法

本研究主要在探討需運用想像力及不需運用想像力的問題解決活動中，學生的解題歷程。

本章共分為五節，將針對研究對象、研究設計與架構圖、研究工具、仰賴想像力及不仰賴想像力之問題解決活動設計、資料蒐集與分析等分別進行說明。

第一節 研究對象

本研究之研究對象是新竹某國中二年級的一個班級（33 人），其中男生為 16 人，女生為 17 人。全部學生在國一上學期生物課程第三單元「養分」，學習過澱粉、葡萄糖的檢驗方法以及酵素的概念，並在國二下學期理化課程第六單元「壓力」，學習過大氣壓力及表面張力概念。全部的學生在參與此兩種問題解決活動前，均接受科學概念測驗、新編問題解決測驗（詹秀美、吳武典, 2007）及威廉斯創造力測驗（Williams, 1994）。

第二節 研究設計與架構圖

本研究的研究目的在探討學生之先備知識、問題解決能力及創造力在生物兩個和理化兩個共四個問題解決活動中之解題歷程為何。以國二的學生作為研究樣本，兩種問題解決活動中所運用到的概念為國一生物學科，上學期第三章「養分」單元中的澱粉、葡萄糖檢驗及酵素概念，以及國二理化學科，下學期第六章「壓力」單元中的大氣壓力及表面張力的概念。

本研究先以科學概念測驗（生物養分概念及理化壓力概念測驗）、新編問題解決測驗及威廉斯創造力測驗了解學生之先備能力，接著進行兩種不同想像力層次的問題解決活動，進而探討學生在兩種不同想像力層次的問題解決活動的解題歷程。

針對研究目的及相關文獻提出之研究問題所發展的研究架構如圖 3-2-1，因此本研究的自變項為「先備知識」、「問題解決能力」及「創造力」三項，依變項

為「解題歷程」。此外，本研究蒐集學生在問題解決歷程之訪談錄音檔資料，並轉錄為逐字稿進行內容分析。

一、自變項

自變項為學生的先備能力，分別為「先備知識」、「問題解決能力」及「創造力」

二、依變項

本研究之依變項為學生在兩種問題解決活動中所展現之「解題歷程」其中「解題歷程」分別就「連結概念」、「形成策略」及「解釋」進行分析。本研究之研究架構如圖 3-2-1

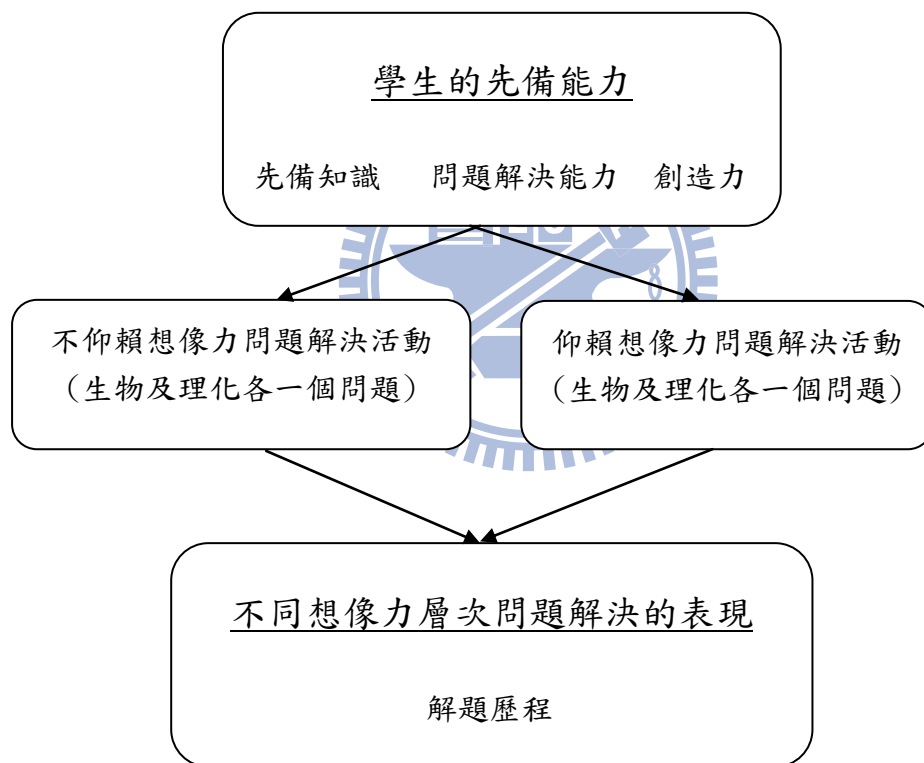


圖 3-2-1 研究架構圖

根據研究問題及研究架構所規劃之研究設計如圖 3-2-2，在進行前測之前，透過學校正規課程建立學生生物「養分」及理化「壓力」等科學概念，並在前測進行「科學概念測驗」、「新編問題解決測驗」及「威廉斯想像力測驗」，以取得學生科學概念測驗分數、問題解決能力分數、創造力及想像力傾向分數。

在兩種不同想像力層次的問題解決活動中，全部的學生皆先進行「不仰賴想像力問題解決活動」（生物及理化兩個活動）後，再進行「仰賴想像力問題解決活動」（生物及理化兩個活動）。在此過程中，學生皆為單獨在實驗室中進行半結構訪談及實驗操作。

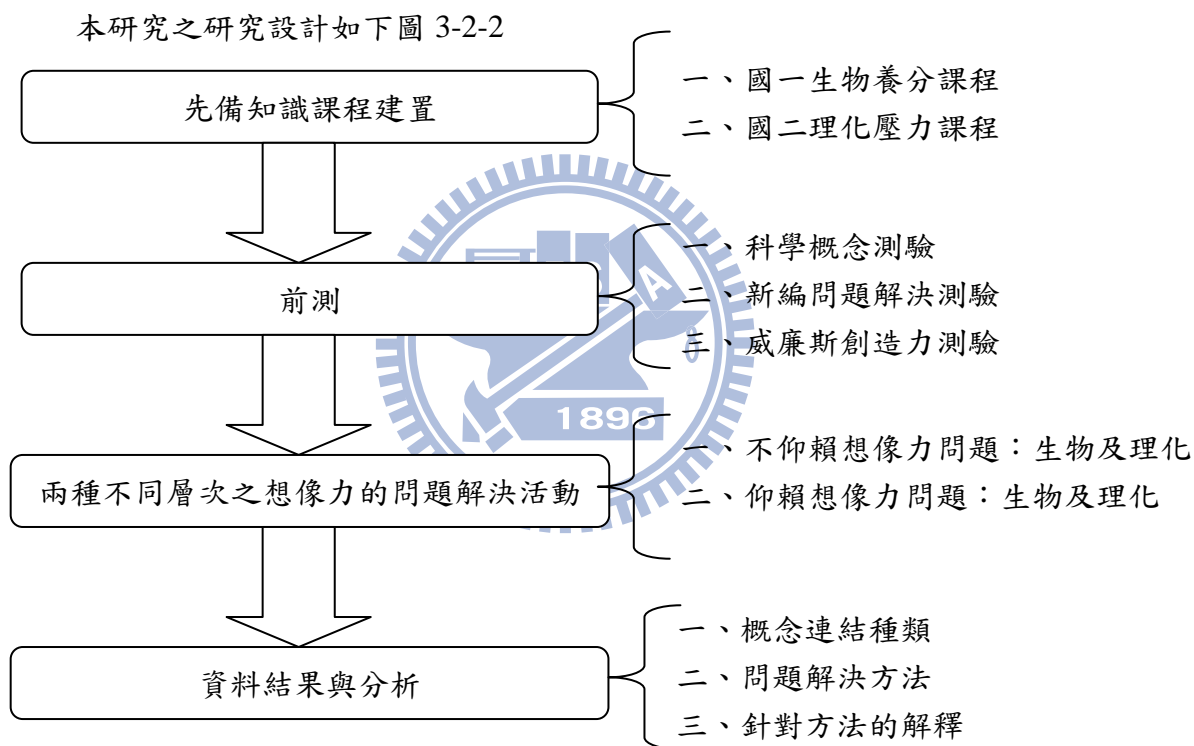


圖 3-2-2 研究設計圖

第三節 研究工具

本研究使用的研究工具包含「科學概念測驗」、「新編問題解決測驗」、「威廉斯創造力測驗」、「不仰賴想像力之問題解決題目」、「仰賴想像力問題解決題目」及「半結構式訪談大綱」六種。

一、科學概念測驗

本研究的研究目的之一為探討不同先備知識的學生在兩種不同想像力層次之生物與理化共四個問題解決活動中所展現之解題歷程差異，因此由研究者與兩位資深中學理化及生物教師編製與兩種問題解決活動中相關科學概念測驗，並由一位科學教育學者檢測，以求其專家效度。本測驗內容採二階層單一選擇題，可分為生物科 16 題，理化科 20 題，總共 36 題。(題目詳見附錄一)

本測驗主要目的用於檢核學生在兩種不同想像力層次的問題解決活動中所具備之科學概念。此測驗於兩階段問題解決活動前一周進行施測，測驗時間為 45 分鐘。科學概念測驗（生物養分及理化壓力概念測驗）如附錄一。生物養份概念試卷以 Cronbach's α 值求其信度，生物測驗之 α 值為 0.82。理化壓力概念之 Cronbach's α 值為 0.81，整體科學概念測驗之 α 值 0.90。

二、新編問題解決測驗

本研究的研究目的之一為探討先備知識、問題解決能力及創造力與兩種不同想像力層次的問題解決之相關性，因此利用詹秀美、吳武典於 2007 年所編製之新編問題解決測驗，用以評量學生問題解決的能力。其測驗內容共有六大題，每大題包含一段問題情境敘述和二至三個與問題情境相關的開放式問題，要求受試者就每一個問題提出至多三項最好的答案。測驗時間為 45 分鐘。

全測驗共有十五個問題，分別屬於「界定原因」、「解決方法」及「預防問題」等三個分測驗，且包含有效性與變通性兩項度，此測驗能反應學生在解決問題思考上的周密性與在問題情境中所展現之「變通性」與「有效性」。整體試卷以 Cronbach's α 值求其信度，整份測驗之 α 值為 0.91。其中評分者信度為 0.95。

三、威廉斯創造力測驗

本研究的研究目的之一為探討創造力在兩種不同想像力層次的問題解決活動之歷程差異，因此利用 Williams 編制，林幸台、王木榮修訂之威廉斯創造力測驗，用以評量學生之創造能力。其測驗內容包含（一）威廉斯創造性思考活動：

學生需將既有的線條完成為有意義的圖畫。(二) 威廉斯創造性傾向量表：學生自評之三點量表。(三) 威廉斯創造性思考和傾向評定量表：師長評定之三點量表以及開放式問題，評估學生的創造性行為。本研究僅使用「創造性思考活動」及「創造性傾向量表」兩部分。威廉斯創造性思考活動測驗及威廉斯創造性傾向量表學生需在四十五分鐘內完成。

其中威廉斯創造性思考活動測驗包含十二題未完成的刺激圖形，其目的在於評量學生語文能力與非語文視覺知覺能力。本活動在測驗上可得六種評分，分別為流暢力、開放性、變通力、獨創力、精密性及標題。整體試卷以 Cronbach's α 值求其信度。其中在國二學生所得之流暢力、開放性、獨創力、精密性及標題之 α 值分別為 0.76、0.73、0.52、0.64 及 0.80。評分者信度在流暢力、開放性、變通力、獨創力、精密性及標題分別為 0.94、0.94、0.95、0.93、0.97 及 0.94。

威廉斯創造性傾向量表為五十題的陳述句，由受試者依自己在冒險性、好奇心、想像力及挑戰性四方面行為特質的程度勾選，故可得四種分數及一總分。題目包括正向（40 題）、反向（10 題）兩種。其中冒險性與挑戰性各為 12 題，好奇心與想像力各為 13 題。本研究針對其想像力項度做探討，整體試卷以 Cronbach's α 值求其信度。其中在國二學生所得之想像力傾向 α 值為 0.69。

四、不仰賴想像力之問題解決題目

不仰賴想像力的問題解決題目是指一般結構不明的問題。不仰賴想像力之問題解決題目包含生物及理化兩學科，每學科各包含一題，共兩題。在此問題解決活動中所使用之題目為由研究者及兩位資深中學理化與生物教師協助編製，並由一位科學教育學者檢驗，求其專家效度。本測驗題目形式為開放式問答題，測驗學生在解決問題時所連結之科學概念與其所應用之方法。

其中生物學科之問題情境為：有三種粉末，分別是澱粉、葡萄糖和蔗糖，你能不能區別出這三樣東西？（題目詳見附錄二及附錄四）

理化學科之問題情境為：有一個已經封口的氣球，你能不能讓這個封口的氣

球能夠自由的變大和變小呢？（題目詳見附錄二及附錄四）

五、仰賴想像力問題解決題目

仰賴想像力的問題解決題目是指在問題解決的過程中，會提供給學生一個科學現象實體，透過這個科學現象實體的暗示和情境的描述，使學生產生想像的空間。而學生在問題解決的歷程中必須連結跨單元或是跨領域等關係較遠的概念，將觀念重新組合或者採取新奇獨特的觀點，因此學生必須發揮其想像力並嘗試提出解決問題的方法。

仰賴想像力之問題解決題目包含生物及理化兩學科，每學科各包含一題，共兩題。在此問題解決活動中所使用之題目為由研究者、三位資深中學理化與生物教師及其他四位科教研究生協助編製，並由一位科學教育學者檢驗，求其專家效度。本測驗題目形式為開放式問答題，測驗學生在解決問題時所產生之想像力想法、學科概念之連結與其所應用之方法。

其中生物學科之問題情境為：你認為把鳳梨放在果凍上面，會發生什麼現象？你認為為什麼會這樣？（題目詳見附錄二及附錄四）

理化學科之問題情境為：你認為將這個瓶子倒過來後，水有沒有可能不流出來？你認為為什麼會這樣？（題目詳見附錄二及附錄四）

六、半結構式訪談大綱

本研究在兩種問題解決活動中採用質性訪談及實驗操作的模式，檢驗學生在兩種問題解決活動中科學概念之連結及其解決問題之方法。

由研究者根據兩種問題解決活動內容編製相關的訪談題目（訪談大綱詳見附錄三），皆採用半結構式訪談的方式進行，期望學生能在回答問題的答案之外，亦能找出其答案所根據之理由及其連結之科學概念。

全部的學生皆須接受兩種共四個問題解決活動之訪談，總共 33 位學生。在第一種不仰賴想像力共兩個問題解決活動中，先對受試者進行訪談，而總訪談與實驗操作時間為 25 分鐘。第二種仰賴想像力共兩個的問題解決活動先對受試者

進行訪談，而總訪談與實驗操作時間為 45 分鐘，以了解學生對於兩種問題解決活動所連結之概念、方法及其理由。訪談過程中，皆進行全程錄音，並於事後轉錄成逐字稿。

七、兩種不同想像力層次之問題解決活動編碼系統

本研究在兩種不同想像力層次問題解決活動中採用質性訪談及實驗操作的模式，檢驗學生在兩種問題解決活動中科學概念之連結及其解決問題之方法。由研究者及一位科學教育學者根據兩種問題解決活動內容編製相關的編碼表(編碼系統詳見附錄五)，依據學生在問題解決過程中所連結之概念、方法及解釋，將其質性資料轉為量化資料並依其連結概念之關係遠近給分。在連結概念關係近給 1 分，連結概念關係遠給 2 分。在可行方法解釋正確連結概念關係近部分給 2 分，在可行方法解釋正確連結概念關係遠部分給 3 分，可行方法解釋部分正確連結概念關係近部分給 1 分，可行方法解釋部分正確連結概念關係遠部分給 2 分。方法亦依層次計分。(詳見附錄五)其中評分者信度在不仰賴想像力的生物與理化問題為 0.93 及 0.91，在仰賴想像力的生物與理化問題為 0.96 與 0.96。

第四節 仰賴想像力及不仰賴想像力之問題解決活動設計

本研究在國中二年級升三年級之暑期輔導進行研究，學生為單獨進行兩種不同想像力層次之問題解決活動，各分為生物兩個及理化兩個共四個問題解決活動，全部的學生先進行第一種不仰賴想像力之問題解決活動後，再進行第二種仰賴想像力之問題解決活動。

兩種不同層次之想像力的問題解決活動主要涉及的科學概念為國中生物一上「養分」單元中的澱粉、葡萄糖檢驗及酵素概念。以及國中理化二下「壓力」單元中的大氣壓力及表面張力的概念。兩種不同層次的問題解決活動皆在國中實驗室中進行，在實驗器材輔助下，學生先進行由研究者根據問題解決活動內容編製相關的半結構式訪談，再進行實驗操作。

第五節 資料蒐集與分析

本研究的資料蒐集包含科學概念測驗結果、新編問題解決測驗結果、威廉斯創造力測驗結果及訪談資料。當兩種問題解決活動結束後，開始進行資料的整理與分析。

本研究的多種測驗數據資料分析皆是利用統計軟體進行分析。而兩種不同想像力層次的問題解決活動所得之質性資料，先將錄音檔轉成逐字稿，再由研究者根據受訪者訪談資料及編碼表分析學生所表達之概念、解釋及方法。以下就質化與量化兩大部分分別說明資料分析方式：

壹、質性資料

主要在評量學生在兩種不同想像力層次的問題解決活動中所展現解題歷程差異。

一、兩種問題解決活動

將學生個別進行之半結構式訪談的錄音檔轉錄為逐字稿，依照訪談大綱內的問題及編碼表分別進行統整，就「學生所連結的科學概念」、「學生產生解決問題的方法」及「學生對於產生方法之解釋」共三大項目並依層次計分，轉為量化資料再分別進行統整與分析。

貳、量化資料

一、科學概念測驗、威廉斯創造力測驗及問題解決測驗

先以科學概念測驗、威廉斯創造力測驗及問題解決測驗各項度作為因子進行相關分析。接著利用二因子（先備知識、問題解決能力；先備知識、創造力）變異數分析(2-factor ANOVA)，與兩種不同想像力層次之問題解決分別比較分析，以探討其交互作用是否達顯著關係。之後再進行單因子（先備知識、問題解決能力及創造力）變異數分析與兩種不同想像力層次之問題解決分別進行比較分析，藉以了解影響學生在兩種不同問題解決之因素，並利用描述性統計比較學生在兩種不同想像力層次的問題解決活動之解題歷程有何差異。

第四章 研究結果與討論

本研究主要是根據科學概念測驗、新編問題解決測驗、威廉斯創造力測驗、兩個不仰賴想像力之理化與生物問題解決題目與兩個仰賴想像力之理化與生物問題解決題目之結果，進行統計與質性分析。藉此了解中學生在兩種不同想像力層次之理化與生物問題解決歷程是否有所差異。

本章共分為七節，依照學生在「兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決歷程之差異分析」、「科學概念測驗、問題解決測驗、創造力測驗與兩種不同想像力層次之生物與理化問題各項度相關分析」、「高低先備知識與高低問題解決有效性能力在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異分析」、「高低先備知識與高低創造力開放性在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異分析」、「高低先備知識與高低創造力獨創性在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異分析」、「高低先備知識與高低創造力標題成績在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異分析」及「高低先備知識在兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決之差異分析」以下分別進行詳細說明。

第一節 兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決歷程差異之

質性資料分析

本節主要目的是比較學生（共 33 人）在兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程差異，針對其連結之科學概念、產生方法之解釋及產生之可行方法進行分析比較。本研究利用學生進行兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程，將其質性資料轉為量化資料，並依據問題解決階段依層次給分。並依據研究問題一「探討學生在兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程異同為何」進行分析與討論，比較學生在面對四個問題解決活動所連結之科學概念次數、提出的方法、解釋次數、監控與評估進行統整分析。敘述性統計之分析結果如表 4-1-1。

表 4-1-1 學生（33 人）在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程-認定問題、形成策略、監控與評估的描述性統計

問題 解決 階段	分析項目		不仰賴想像 力生物		不仰賴想像 力理化		仰賴想像力 生物		仰賴想像力 理化	
			次數	%	次數	%	次數	%	次數	%
預測	預測現象數量		0	0%	0	0%	30	65.2%	16	34.8%
已知	相關知識	關係近的	49	25.8%	40	21.1%	71	37.4%	30	15.8%
		關係遠的	10	11.2%	24	27.0%	42	47.2%	13	14.6%
	不相關知識		23	39.7%	1	1.7%	33	56.9%	1	1.7%
形成 策略	可 行 方 法	解釋 關係近	29	37.2%	29	37.2%	13	16.7%	7	9.0%
		正確 關係遠	6	20.7%	16	55.2%	6	20.7%	1	3.4%
	部分 正 確	解釋 關係近	9	17.0%	11	20.5%	24	45.3%	9	17.0%
		正確 關係遠	1	4.8%	7	33.3%	9	42.9%	4	19.0%
		解釋不正確	3	23.1%	0	0%	6	42.6%	4	30.8%
	可行方法數量		28	14.2%	61	31.0%	81	41.1%	27	13.7%
	不可行方法數量		48	40.7%	9	7.6%	8	6.8%	53	44.9%
監控	實際選擇 操作方法	可行 方法	13	13.5%	33	34.3%	33	34.3%	17	17.7%
		不可行 方法	17	51.5%	0	0%	0	0%	16	48.5%
評估	學生 自我評估	成功	22	20.2%	28	25.7%	33	30.3%	26	23.9%
		不成功	11	47.8%	5	21.7%	0	0%	7	30.4%
	評分者 評估	成功	10	11.0%	33	36.3%	33	36.3%	15	16.5%
		不成功	23	56.0%	0	0%	0	0%	18	43.9%

一、學生在生物學科的仰賴想像力與不仰賴想像力之問題解決歷程差異分析

由表 4-1-1 可以看出，在連結相關概念的部分，仰賴想像力的生物問題在連結概念關係近部分高於不仰賴想像力的生物問題（71.7%>49.4%）。連結概念關係遠的部分，仰賴想像力生物問題比例也高於不仰賴想像力的生物問題（42.4%>30.3%）。在形成可行方法的解釋部分，在解釋正確連結概念關係近，不仰賴想像力的生物問題高於仰賴想像力的生物問題（37.2%>16.6%），顯示在這兩種不同層次的問題解決而言，不仰賴想像力的生物題目對於學生是較為容易

解釋。

在可行方法解釋部分正確連結概念關係近，則是仰賴想像力生物問題(45.3%)高於不仰賴想像力生物問題(17.0%)，可行方法解釋部分正確連結概念關係遠也是仰賴想像力生物問題(42.9%)高於不仰賴想像力生物問題(4.8%)，顯示了學生在嘗試解決仰賴想像力的生物問題時，雖然能夠連結較多的概念，但牽涉到問題的複雜程度較高，因此在解釋上較為困難。在形成可行的方法數量上是仰賴想像力生物問題(61.3%)高於不仰賴想像力生物問題(28.2%)，推論其可能的因素在於，學生能夠連結關係較遠的概念多於關係較近的概念。

二、學生在理化學科的仰賴想像力與不仰賴想像力之問題解決歷程差異分析

由表 4-1-1 可以看出，在連結相關概念部分，不仰賴想像力的理化問題在連結概念關係近高於仰賴想像力的理化問題(21.1%>15.8%)。在連結概念關係遠的部分，也是不仰賴想像力的理化問題高於仰賴想像力的理化問題(27.0%>1.7%)。這點與生物的仰賴想像力及不仰賴想像力問題相反，推測可能原因是該班學生在學習「壓力單元」時，任課老師曾舉例利用壓力使氣球變大及變小的範例，因此學生在面對此問題時，皆能快速且正確的連結科學概念。

在形成可行方法的解釋部分，在解釋正確連結概念關係近，不仰賴想像力的理化問題高於仰賴想像力的理化問題(37.2%>9.0%)，解釋正確連結概念關係遠的部分，也是不仰賴想像力的理化問題高於仰賴想像力的理化問題(55.2%>3.4%)。

在可行方法解釋部分正確連結概念關係近的部分，是不仰賴想像力理化問題(20.8%)高於仰賴想像力理化問題(17.0%)，可行方法解釋部分正確連結概念關係遠也是不仰賴想像力理化問題(33.3%)高於仰賴想像力理化問題(19.0%)，顯示在這兩種不同層次的問題解決而言，不仰賴想像力的理化題目對於學生是較為容易解釋。在形成可行的方法數量上是不仰賴想像力理化問題(31.0%)高於仰賴想像力理化問題(13.7%)，推論可能的原因在於學生在面對仰賴想像力的理化問題，由於所能連結之關係遠的概念較不仰賴想像力理化問題來的少，因此在

形成可成功解決問題的方法也較少。

四、小結

由此節的結果可看出，仰賴想像力的生物問題較不仰賴想像力的生物問題無論在連結概念及形成策略上都有較佳表現，而不仰賴想像力的理化問題則較仰賴想像力的理化問題在連結概念及形成策略上也都有較佳的表現。



第二節 科學概念測驗、問題解決測驗與創造力測驗各項度相關

分析

本節主要目的在於了解「科學概念測驗」、「新編問題解決測驗」、「威廉斯創造力測驗」對兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決分析項度的相關性。依據研究問題二「探討先備知識、問題解決能力及創造力與仰賴想像力及不仰賴想像力的問題解決之相關性為何？」進行分析與討論，我們將研究中的所採用測驗的各項度採用相關分析，其結果整理如表 4-2-1。

表 4-2-1 科學概念測驗、新編問題解決測驗、威廉斯創造力測驗各項度相關係數表

	科學概念測驗	創造力想像力傾向	問題解決變通性	問題解決有效性	創造力流暢力	創造力開放性	創造力變通力	創造力獨創性	創造力精密力	創造力標題
科學概念測驗	1									
創造力想像力傾向	.18	1								
問題解決變通性	.54***	.01	1							
問題解決有效性	.53**	.03	.87***	1						
創造力流暢力	.07	.13	-.19	.04	1					
創造力開放性	.11	.40**	.18	.15	.25	1				
創造力變通力	-.37	-.28	-.13	-.14	.01	-.20	1			
創造力獨創性	.13	.25	.14	.16	-.17	.41**	-.44	1		
創造力精密力	.22	.36**	.15	.09	.17	.63***	-.24	.21	1	
創造力標題	.35**	.63***	.22	.17	-.05	.42**	-.57	.29	.18	1

註：** $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

一、三個測驗各項度的相關 (Correlation) 分析

由表 4-2-1 我們可以知道科學概念測驗與問題解決測驗中的變通性($p=.001$)、有效性($p=.002$)及創造力測驗中的標題成績($p=.049$)之皮爾森相關達顯著，而創造力的想像力傾向成績則與創造力之開放性($p=.023$)、精密力($p=.039$)及標題($p<.001$)成績之皮爾森相關達顯著，問題解決測驗之變通性與問題解決測驗有效性($p=.001$)之皮爾森相關達顯著，創造力測驗開放性與其獨創性($p=.018$)、精密力($p<.001$)、標題成績($p=.015$)之皮爾森相關也達顯著性差異。

二、三個測驗與兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決表現各分析項度之相關 (Correlation) 分析

為了瞭解科學概念測驗、新編問題解決測驗與威廉斯創造力測驗各項度之間與兩種不同想像力層次之生物與理化各分析項度(連結概念、解釋、方法)之間是否有相關性，我們將研究中的所採用測驗的各項度與兩種不同想像力層次的生物與理化各分析項度採用相關分析，其結果整理如表 4-2-2。

由表 4-2-2 我們可以知道科學概念測驗與不仰賴想像力生物問題的連結概念($p<.001$)、解釋($p<.001$)、方法($p<.001$)，不仰賴想像力理化問題的解釋($p=.030$)及仰賴想像力生物問題的連結概念($p=.006$)與解釋($p=.005$)之皮爾森相關均達顯著。問題解決有效性成績與不仰賴想像力生物問題的解釋($p=.043$)、仰賴想像力生物問題的解釋($p=.033$)之皮爾森相關達顯著。創造力測驗開放性與仰賴想像力生物問題解釋($p=.042$)之皮爾森相關達顯著。創造力測驗獨創性與不仰賴想像力理化問題之解釋($p=.050$)及仰賴想像力生物問題的解釋($p=.040$)之皮爾森相關達顯著。創造力測驗的標題成績則與不仰賴想像力生物問題的連結概念($p=.045$)、解釋($p=.099$)及不仰賴想像力理化問題的解釋($p=.074$)之皮爾森相關達顯著。

表 4-2-2 科學概念測驗、新編問題解決測驗、威廉斯創造力測驗與兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決各分析項度相關係數表

	科學概 念測驗	創造力 想像力 傾向	問題解決 變通性	問題解決 有效性	創造力 流暢力	創造力 開放性	創造力 變通力	創造力 獨創性	創造力 精密力	創造力 標題
不仰賴想像 力生物 連結概念	.62***	.19	.11	.22	.18	.06	-.33*	-.03	-.02	.35**
不仰賴想像 力生物解釋	.70***	.08	.23	.36**	.03	.08	-.38**	.20	.07	.30*
不仰賴想像 力生物方法	.63***	.19	.09	.22	.12	-.07	-.34*	.02	.02	.26
不仰賴想像 力理化連結 概念	.18	.01	.109	-.02	-.13	.08	.05	-.04	.14	-.04
不仰賴想像 力理化解釋	.38**	.10	.29	.15	-.13	.14	-.22	.34**	.033	.32*
不仰賴想像 力理化方法	.25	-.15	.22	.16	-.20	.07	.01	.21	-.10	.05
想像力生物 連結概念	.47**	.06	.23	.28	.09	.27	-.25	.20	.10	.22
想像力生物 解釋	.48**	.18	.28	.37**	.07	.36**	-.35**	.36**	.22	.25
想像力生物 方法	.07	.07	-.05	-.03	.05	-.01	-.04	-.06	.27	.02
想像力理化 連結概念	.14	.12	.11	-.03	.02	.15	.04	-.15	.07	.13
想像力理化 解釋	-.01	.05	.16	.08	-.17	.19	-.01	.09	.15	.06
想像力理化 方法	-.13	-.21	.15	.08	-.30*	.00	-.09	.15	.14	-.17

註：* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

由表 4-2-2 可看出，除了科學概念測驗對於兩種不同想像力層次問題的分析項度具有中度相關，新編問題解決測驗的有效性，威廉斯創造力測驗的開放性、獨創性與標題對於兩種不同想像力層次問題的分析項度也有相關。因此進一步將科學概念測驗、問題解決有效性、創造力開放性、獨創性及標題做二因子的單變

量變異數分析(two factor ANOVA)。

三、小結

由科學概念測驗、新編問題解決測驗(有效性)、威廉斯創造力測驗(開放性、獨創性及標題)與兩種不同想像力層次的生物與理化問題之各項度的相關分析，我們可以看出科學概念測驗、問題解決測驗有效性、創造力測驗開放性、獨創性及標題對於兩種不同想像力層次的問題解決有相關，其中以科學概念測驗有中度相關。

第三節 高低先備知識與高低問題解決有效性能力在不同想像力

層次的生物與理化問題解決活動之解題差異分析

本節主要目的在於比較高低先備知識與高低問題解決有效性能力在不同想像力層次的問題解決活動中之解題差異分析，針對其連結之科學概念、產生方法之解釋及產生之可行方法進行分析比較。將學生依照科學概念測驗成績前 30% 的學生分為高成就學生，成績後 30% 的學生分為低成就學生。依據研究問題三「高低先備知識與高低問題解決有效性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題差異」進行分析與討論，並在下列呈現描述性統計與推論性統計之分析結果。其結果分析如下。

一、高低先備知識與高低問題解決有效性在不仰賴想像力問題解決活動差異分析

為了瞭解高低先備知識的學生與高低問題解決有效性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動的成效差異為何，將其在兩種不同的問題解決活動期間所連結之「科學概念」、對於產生方法之「解釋」及所產生之「可行方法」分別給予計分。並進行描述性統計及推論性統計分析。

推論性統計以學生的科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其問題解決有效性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「問題解決有效性成績組別」為自變項，依變項為不仰賴想像力之生物及理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行

二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-3-1 及 4-3-2。

表 4-3-1 不仰賴想像力生物問題解決敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及問題解決有效性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	3.36	1.03	24.25***	.000	高>低
		低 11	0.91	1.14			
	問題解決有效性成績	高 12	2.33	1.78	0.00	.983	
		低 10	1.90	1.52			
	交互作用				0.15	.707	
解釋	科學概念成績	高 11	4.91	1.58	57.36***	.000	高>低
		低 11	0.36	1.21			
	問題解決有效性成績	高 12	3.00	2.56	0.01	.918	
		低 10	2.00	2.94			
	交互作用				1.99	.175	
方法	科學概念成績	高 11	2.09	0.94	25.15***	.000	高>低
		低 11	0.27	0.65			
	問題解決有效性成績	高 12	1.33	1.23	0.00	.982	
		低 10	1.00	1.24			
	交互作用				0.43	.519	

註：*** $p < 0.01$

由表 4-3-1 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念（ $F=24.25, p<.001$ ）、解釋（ $F=57.36, p<.001$ ）及方法（ $F=25.15, p<.001$ ）等三項皆達到顯著性差異。而高低問題解決有效性能力的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異，且先備知識高低與問題解決能力有效性兩者之間的交互作用未達顯著。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決不仰賴想像力之生物問題差異之因素。

表 4-3-2 不仰賴想像力理化問題解決敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及問題解決有效性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.91	0.83	1.98	.176	
		低 11	2.45	0.82			
	問題解決	高 12	2.67	0.89	0.14	.718	
		有效性成績	低 10	2.70	0.82		
	交互作用				1.20	.288	
解釋	科學概念成績	高 11	4.55	1.70	5.49**	.031	高>低
		低 11	2.91	1.45			
	問題解決	高 12	3.75	1.87	0.13	.722	
		有效性成績	低 10	3.70	1.70		
	交互作用				0.01	.934	
方法	科學概念成績	高 11	2.55	1.57	1.94	.181	
		低 11	1.73	0.79			
	問題解決	高 12	2.33	1.50	0.26	.619	
		有效性成績	低 10	1.90	0.99		
	交互作用				0.14	.709	

註：** $p < 0.05$

由表 4-3-2 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力之理化問題解決活動的解釋（ $F=5.49, p=.031$ ）達到顯著性差異。而高低問題解決有效性能力的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異，且先備知識高低與問題解決能力有效性兩者之間的交互作用均未達顯著。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決不仰賴想像力之理化問題解釋差異之因素。

二、高低先備知識與高低問題解決有效性在仰賴想像力問題解決活動差異分析

將學生依其科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其問題解決有效性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「問題解決有效性成績組別」為自變項，依變項為仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「聯結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-3-3 及 4-3-5。

表 4-3-3 仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及問題解決有效性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	5.91	1.70	10.26 ^{***}	.005	高>低
		低 11	3.45	1.57			
	問題解決 有效性成績	高 12	5.25	2.05	1.56	.228	
		低 10	4.00	1.89			
	交互作用				1.93	.181	
解釋	科學概念成績	高 11	3.55	1.92	6.59 ^{**}	.019	高>低
		低 11	1.64	1.21			
	問題解決 有效性成績	高 12	2.92	2.15	0.40	.538	
		低 10	2.20	1.40			
	交互作用				3.32 [*]	.085	
方法	科學概念成績	高 11	2.64	0.67	0.33	.570	
		低 11	2.45	0.69			
	問題解決 有效性成績	高 12	2.50	0.67	0.18	.680	
		低 10	2.60	0.70			
	交互作用				1.28	.272	

註：* $p<0.1$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$

由表 4-3-3 的結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念 ($F=10.26, p=.005$) 及解釋 ($F=6.59, p=.019$) 等達到顯著性差異，但在方法上未達顯著性差異。而高低問題解決有效性能力的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異，但先備知識高低與問題解決有效性兩者之間在解釋 ($F=3.32, p=.085$) 部分交互作用達顯著性差異。因此在下列呈現兩者之間的單純主要效果檢驗 (one factor ANOVA)，如表 4-3-4。

表 4-3-4 科學概念測驗及問題解決有效性在仰賴想像力之生物問題解釋項度之單因子變異數分析

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	η^2
解釋	科學概念成績	高 11	3.55	1.91	7.82**	.011	0.28
		低 11	1.64	1.21			
	問題解決有效性成績	高 12	2.92	2.15	0.82	.377	0.04
		低 10	2.20	1.39			

註：** $p < 0.05$

由表 4-3-4 結果可知，高低先備知識的學生在仰賴想像力的生物問題解釋（ $F=7.82, p=.011$ ）項度上達到顯著性差異，而高低問題解決有效性成績的學生則未達顯著性差異，顯示在仰賴想像力生物問題之解釋項度上主要影響因素為科學概念測驗而非問題解決有效性成績。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決仰賴想像力之生物問題差異之因素。

表 4-3-5 仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及問題解決有效性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.27	1.10	4.57**	.047	高>低
		低 11	1.27	0.79			
	問題解決有效性成績	高 12	2.00	1.04	0.68	.422	
		低 10	1.50	1.08			
	交互作用				1.30	.269	
解釋	科學概念成績	高 11	1.55	1.51	0.32	.581	
		低 11	1.09	1.76			
	問題解決有效性成績	高 12	1.50	2.07	0.18	.674	
		低 10	1.10	0.88			
	交互作用				0.11	.744	
方法	科學概念成績	高 11	1.55	1.29	0.12	.730	
		低 11	1.82	1.72			
	問題解決有效性成績	高 12	1.67	1.83	0.00	.993	
		低 10	1.70	1.06			
	交互作用				0.22	.643	

註：** $p < 0.05$

由表 4-3-5 的結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之理化問題解決

活動的連結概念解釋 ($F=4.57, p=.047$) 達顯著性差異，而高低問題解決有效性能力的學生在連結概念、解釋及方法上未達顯著性差異。且先備知識高低與問題解決能力有效性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識為影響學生在仰賴想像力的理化問題之連結概念之因素。

三、小結

由研究結果可推論在科學概念測驗上為高成就的學生，除了在仰賴想像力的理化問題外，無論在不仰賴想像力或仰賴想像力的生物與理化問題解決活動中，其連結概念與解釋都優於低成就的學生，雖然在仰賴想像力生物問題的方法上未達顯著。但就質性資料（表 4-7-1）我們仍可看出高成就的學生在連結關係遠的概念數量上較低成就的學生來的多（ $18>0$ ），且在解釋正確關係遠部分數量也較多（ $4>0$ ）。

而問題解決有效性能力則無論在不仰賴想像力或仰賴想像力的活動解題上，在連結概念、解釋及方法上皆無顯著差異，而問題解決有效性能力與科學概念成績在仰賴想像力的生物問題解釋項度出現交互作用，但經過單純效果檢驗後即可發現影響學生解決問題的主要因素在於科學概念測驗。因此可推論若要成功的解決科學問題，先備知識的重要性遠高於問題解決能力。這點在高先備知識的學生在連結概念及解釋上多優異於低先備知識的學生得以印證。

第四節 高低先備知識與高低創造力開放性在仰賴想像力與不仰

賴想像力的生物與理化問題解決活動之解題差異分析

本節主要目的在於比較高低先備知識與高低創造力開放性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異，針對其連結之科學概念、產生方法之解釋及產生之可行方法進行分析比較。將學生依照科學概念測驗成績前 30% 的學生分為高成就學生，成績後 30% 的學生分為低成就學生。依據研究問題四「高低先備知識與高低創造力開放性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題差異」進行分析與討論，並在下列呈現描述性統計與推論性統

計之分析結果。其結果分析如下。

一、高低先備知識與高低創造力開放性在不仰賴想像力的問題解決活動差異分析

為了瞭解高低先備知識的學生與高低創造力開放性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動差異為何，將其在兩種不同的問題解決活動期間所連結之「科學概念」、「對於產生方法之「解釋」及所產生之「可行方法」分別給予計分，並進行描述性統計及推論性統計分析。

推論性統計以學生的科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其創造力測驗開放性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「創造力測驗開放性成績組別」為自變項，依變項為不仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-4-1 及 4-4-2。

表 4-4-1 不仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力開放性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	3.36	1.03	24.28***	.000	高>低
		低 11	0.91	1.14			
	創造力	高 12	2.50	1.57	0.53	.475	
		低 10	1.70	1.70			
	交互作用				0.13	.721	
解釋	科學概念成績	高 11	4.91	1.58	54.61***	.000	高>低
		低 11	0.36	1.21			
	創造力	高 12	2.75	2.70	0.91	.352	
		低 10	2.50	2.84			
	交互作用				0.11	.918	
方法	科學概念成績	高 11	2.09	0.94	25.41***	.000	高>低
		低 11	0.27	0.65			
	創造力	高 12	1.25	1.22	0.27	.610	
		低 10	1.10	1.29			
	交互作用				0.03	.876	

註：*** p<0.01

由表 4-4-1 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念 ($F=24.28, p<.001$)、解釋 ($F=54.61, p<.001$) 及方法 ($F=25.41, p<.001$) 等達到顯著性差異。而高低創造力開放性的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異，且先備知識高低與創造力開放性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決不仰賴想像力之生物問題差異之因素。

表 4-4-2 不仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力開放性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.91	0.83	1.51	.236	
		低 11	2.45	0.82			
	創造力	高 12	2.83	0.94	0.46	.508	
		開放性成績	低 10	2.50			
	交互作用				1.14	.299	
解釋	科學概念成績	高 11	4.55	1.70	6.06**	.024	高>低
		低 11	2.91	1.45			
	創造力	高 12	4.00	1.65	0.16	.690	
		開放性成績	低 10	3.40			
	交互作用				2.12	.163	
方法	科學概念成績	高 11	2.55	1.57	1.98	.177	
		低 11	1.73	0.79			
	創造力	高 12	2.25	1.49	0.03	.860	
		開放性成績	低 10	2.00			
	交互作用				0.00	.957	

註：** $p<0.05$

由表 4-4-2 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力的理化問題解決活動的解釋 ($F=6.06, p=.024$) 達到顯著性差異。而高低創造力開放性的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異。且先備知識高低與創造力開放性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決不仰賴想像力之理化問題解釋差異之因素。

二、高低先備知識與高低創造力開放性在仰賴想像力的問題解決活動差異分析

將學生依其科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其創造力開放性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「創造力測驗開放性成績組別」為自變項，依變項為仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-4-3 及 4-4-4。

表 4-4-3 仰賴想像力之生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力開放性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	5.91	1.70	9.90 ^{***}	.006	高>低
		低 11	3.45	1.57			
	創造力	高 12	5.17	1.85	0.79	.385	
		低 10	4.10	2.18			
	交互作用				0.28	.605	
解釋	科學概念成績	高 11	3.55	1.92	6.15 ^{**}	.023	高>低
		低 11	1.64	1.21			
	創造力	高 12	3.33	1.88	4.39 [*]	.051	高>低
		低 10	1.70	1.42			
	交互作用				1.12	.303	
方法	科學概念成績	高 11	2.64	0.67	0.12	.730	
		低 11	2.45	0.69			
	創造力	高 12	2.67	0.65	0.73	.403	
		低 10	2.40	0.70			
	交互作用				1.43	.248	

註：* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

由表 4-4-3 結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念（F=9.90, p=.006）及解釋（F=6.15, p=.023）等達到顯著性差異，而高低創造力開放性的學生在解釋（F=4.39, p=.051）上達顯著差異，但先備知識高低與創造力開放性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識與開放性成績確實會影響學生在解決仰賴想像力之生物問題差異之因素，但

彼此之間並不互相干擾。

表 4-4-4 仰賴想像力之理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力開放性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.27	1.10	6.22**	.023	高>低
		低 11	1.27	0.79			
	創造力	高 12	1.67	1.07	1.00	.330	
		低 10	1.90	1.10			
	交互作用				1.18	.291	
解釋	科學概念成績	高 11	1.55	1.51	0.09	.772	
		低 11	1.09	1.76			
	創造力	高 12	1.83	1.95	2.52	.130	
		低 10	0.70	0.82			
	交互作用				0.60	.449	
方法	科學概念成績	高 11	1.55	1.29	0.69	.416	
		低 11	1.82	1.72			
	創造力	高 12	2.17	1.58	3.41*	.081	高>低
		低 10	1.10	1.20			
	交互作用				0.55	.467	

註：* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$

由表 4-4-4 結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之理化問題解決活動的連結概念（ $F=6.22, p=.023$ ）達顯著性差異。而高低創造力開放性的學生在方法（ $F=3.41, p=.081$ ）上達顯著差異，然而先備知識高低與創造力開放性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識與開放性成績確實會影響學生在解決仰賴想像力之理化問題成效差異之因素，但彼此之間並不互相干擾。

三、小結

由以上結果可推論在科學概念測驗上為高成就的學生，無論在不仰賴想像力或仰賴想像力的生物與理化問題解決活動中，其連結概念與解釋多優於低成就的學生。而創造力開放性僅在仰賴想像力的生物問題解釋上出現顯著，但在不仰賴想像力生物問題的解釋上卻未出現顯著，因此可推論在仰賴想像力的問題中，因

高開放性的學生能針對問題提供較為正確的解釋性。

第五節 高低先備知識與高低創造力獨創性在仰賴想像力與不仰

賴想像力的生物與理化問題解決活動之解題差異分析

本節主要目的在於比較高低先備知識與高低創造力獨創性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異，針對其連結之科學概念、產生方法之解釋及產生之可行方法進行分析比較。將學生依照科學概念測驗成績前30%的學生分為高成就學生，成績後30%的學生分為低成就學生。依據研究問題五「高低先備知識與高低創造力獨創性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題差異」進行分析與討論，並在下列呈現描述性統計與推論性統計之分析結果。其結果分析如下。

一、高低先備知識與高低創造力獨創性在不仰賴想像力的問題解決活動差異分析

為了瞭解高低先備知識的學生與高低創造力獨創性的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動的差異為何，將其在兩種不同的問題解決活動期間所連結之「科學概念」、對於產生方法之「解釋」及所產生之「可行方法」分別給予計分，並進行描述性統計及推論性統計分析。

推論性統計以學生的科學概念測驗分為高成就（11人）與低成就（11人）兩組，並依照其創造力測驗獨創性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「創造力測驗獨創性成績組別」為自變項，依變項為不仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-5-1 及 4-5-2。

表 4-5-1 不仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力獨創性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	3.36	1.03	27.43***	.000	高>低
		低 11	0.91	1.14			
	創造力	高 13	2.15	1.68	0.35	.561	
		低 9	2.11	1.69			
	交互作用				0.53	.475	
解釋	科學概念成績	高 11	4.91	1.58	52.40***	.000	高>低
		低 11	0.36	1.21			
	創造力	高 13	2.62	2.73	0.37	.553	
		低 9	2.67	2.83			
	交互作用				0.09	.774	
方法	科學概念成績	高 11	2.09	0.94	29.20***	.000	高>低
		低 11	0.27	0.65			
	創造力	高 13	1.08	1.11	0.04	.847	
		低 9	1.33	1.41			
	交互作用				2.00	.175	

註：*** $p < 0.01$

由表 4-5-1 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念 ($F=27.43, p<.001$)、解釋 ($F=52.40, p<.001$) 及方法 ($F=29.20, p<.001$) 等達到顯著性差異。而高低創造力獨創性的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異，且先備知識高低與問題創造力獨創性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決不仰賴想像力之生物問題差異之因素。

表 4-5-2 不仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力獨創性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.91	0.83	2.28	.148	
		低 11	2.45	0.82			
	創造力	高 13	2.85	0.80	1.62	.219	
		低 9	2.44	0.88			
	交互作用				0.51	.483	
解釋	科學概念成績	高 11	4.55	1.70	7.25**	.015	高>低
		低 11	2.91	1.45			
	創造力	高 13	4.15	1.52	3.35*	.084	高>低
		低 9	3.11	1.97			
	交互作用				0.10	.750	
方法	科學概念成績	高 11	2.55	1.57	3.29*	.086	高>低
		低 11	1.73	0.79			
	創造力	高 13	2.54	1.27	4.38*	.051	高>低
		低 9	1.56	1.13			
	交互作用				0.02	.891	

註：* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$

由表 4-5-2 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力的理化問題解決活動的解釋（ $F=7.25, p=.015$ ）及方法（ $F=3.29, p=.086$ ）達到顯著性差異。而高低創造力獨創性的學生在解釋（ $F=3.35, p=.084$ ）及方法（ $F=4.38, p=.051$ ）上達到顯著性差異。但先備知識高低與創造力獨創性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識與獨創性成績確實會影響學生在解決不仰賴想像力之理化問題解釋與方法差異之因素，但兩者之間並不互相干擾。

二、高低先備知識與高低創造力獨創性在仰賴想像力的問題解決活動差異分析

將學生依其科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其創造力獨創性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「創造力測驗獨創性成績組別」為自變項，依變項為仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變

量變異數分析結果如表 4-5-3 及 4-5-4。

表 4-5-3 仰賴想像力之生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力獨創性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	5.91	1.70	14.13 ^{***}	.001	高>低
		低 11	3.45	1.57			
	創造力	高 13	5.15	1.99	4.25 [*]	.054	高>低
		低 9	4.00	2.00			
	交互作用				0.17	.683	
解釋	科學概念成績	高 11	3.55	1.92	9.82 ^{***}	.006	高>低
		低 11	1.64	1.20			
	創造力	高 13	3.15	1.82	6.21 ^{**}	.023	高>低
		低 9	1.78	1.64			
	交互作用				0.78	.388	
方法	科學概念成績	高 11	2.64	0.67	0.11	.741	
		低 11	2.45	0.69			
	創造力	高 13	2.54	0.66	0.00	.959	
		低 9	2.56	0.73			
	交互作用				2.33	.145	

註：^{**} $p < 0.05$, ^{***} $p < 0.01$

由表 4-5-3 結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念（ $F=14.13, p=.001$ ）及解釋（ $F=9.82, p=.006$ ）等達到顯著性差異。而高低創造力獨創性的學生在連結概念（ $F=4.25, p=.054$ ）及解釋（ $F=6.21, p=.023$ ）上達顯著差異性差異，但創造力獨創性在不仰賴想像力的生物問題連結概念與解釋上卻未出現顯著，因此可推論在仰賴想像力的問題中，高獨創性的學生較能針對問題連結較多有關解決問題的概念並提供較正確的解釋。

然而先備知識高低與創造力獨創性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識及獨創性確實會影響學生在解決仰賴想像力之生物問題差異之因素，但兩者之間並不互相干擾。

表 4-5-4 仰賴想像力之理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力獨創性組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.27	1.10	4.93**	.039	高>低
		低 11	1.27	0.79			
	創造力	高 13	1.85	1.14	0.39	.543	
		低 9	1.67	1.00			
	交互作用				2.22	.154	
解釋	科學概念成績	高 11	1.55	1.51	0.46	.508	
		低 11	1.09	1.76			
	創造力	高 13	1.54	1.94	.063	.439	
		低 9	1.00	1.00			
	交互作用				0.00	.948	
方法	科學概念成績	高 11	1.55	1.29	0.10	.758	
		低 11	1.82	1.72			
	創造力	高 13	1.85	1.73	0.31	.587	
		低 9	1.44	1.13			
	交互作用				0.03	.868	

註：** $p < 0.05$

由表 4-5-4 結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之理化問題解決活動的連結概念（ $F=4.93, p=.039$ ）達顯著性差異。而高低創造力獨創性的學生在連結概念及解釋及方法上均未達顯著差異。而先備知識高低與問題創造力獨創性兩者之間的交互作用亦未達顯著性差異。僅能推論先備知識會影響學生在解決仰賴想像力之理化問題連結概念差異之因素。

三、小結

由以上結果可推論在科學概念測驗上為高成就的學生，無論在不仰賴想像力或仰賴想像力的生物與理化問題解決活動中，其連結概念與解釋多優於低成就的學生。而創造力獨創性在不仰賴想像力的理化問題解釋及方法及仰賴想像力的生物問題連結概念與解釋出現顯著，但在仰賴想像力理化問題或不仰賴想像力生物問題的解釋上卻未出現顯著，因此可看出獨創性與兩種不同想像力層次的問題解決並沒有的一致性。

第六節 高低先備知識與高低創造力標題成績在仰賴想像力與不

仰賴想像力的問題解決活動之解題差異分析

本節主要目的在於比較高低先備知識與高低創造力標題成績的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動中之解題差異，針對其連結之科學概念、產生方法之解釋及產生之可行方法進行分析比較。將學生依照科學概念測驗成績前 30% 的學生分為高成就學生，成績後 30% 的學生分為低成就學生。依據研究問題六「高低先備知識與高低創造力標題成績的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動之解題差異」進行分析與討論，並在下列呈現描述性統計與推論性統計之分析結果。其結果分析如下。

一、高低先備知識與高低創造力標題成績在不仰賴想像力問題解決活動差異分析

為了瞭解高低先備知識的學生與高低創造力標題成績的學生在仰賴想像力與不仰賴想像力的問題解決活動差異為何，將其在兩種不同的問題解決活動期間所連結之「科學概念」、對於產生方法之「解釋」及所產生之「可行方法」分別給予計分，並進行描述性統計及推論性統計分析。

推論性統計以學生的科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其創造力測驗標題成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「創造力測驗標題成績組別」為自變項，依變項為不仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-6-1 及 4-6-2。

表 4-6-1 不仰賴想像力生物問題解決敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力標題成績組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	3.36	1.03	19.81***	.000	高>低
		低 11	0.91	1.14			
	創造力標題成績	高 11	2.82	1.66	0.36	.555	
		低 11	1.45	1.37			
	交互作用				1.55	.230	
解釋	科學概念成績	高 11	4.91	1.58	47.25***	.000	高>低
		低 11	0.36	1.21			
	創造力標題成績	高 11	3.45	2.66	0.60	.447	
		低 11	1.82	2.60			
	交互作用				0.00	.953	
方法	科學概念成績	高 11	2.09	0.94	20.46***	.000	高>低
		低 11	0.27	0.65			
	創造力標題成績	高 11	1.64	1.36	0.07	.793	
		低 11	0.73	0.91			
	交互作用				1.50	.237	

註：*** $p < 0.01$

由表 4-6-1 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念（ $F=19.81, p<.000$ ）、解釋（ $F=47.25, p<.000$ ）及方法（ $F=20.46, p<.000$ ）等達到顯著性差異。而高低創造力標題成績的學生在連結概念、解釋及方法上皆無顯著性差異，且先備知識高低與問題創造力獨創性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決不仰賴想像力之生物問題差異之因素。

表 4-6-2 不仰賴想像力之理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力標題成績組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.91	0.83	1.68	.212	
		低 11	2.45	0.82			
	創造力	高 11	2.73	0.65	0.13	.721	
		低 11	2.64	1.03			
	交互作用				1.18	.291	
解釋	科學概念成績	高 11	4.55	1.70	7.50**	.013	高>低
		低 11	2.91	1.45			
	創造力	高 11	3.82	1.66	0.98	.335	
		低 11	3.64	1.91			
	交互作用				3.26*	.088	
方法	科學概念成績	高 11	2.55	1.57	7.10**	.016	高>低
		低 11	1.73	0.79			
	創造力	高 11	1.82	1.25	5.89**	.026	低>高
		低 11	2.45	1.29			
	交互作用				1.94	.181	

註：* $p<0.1$, ** $p<0.05$

由表 4-6-2 的結果顯示，高低先備知識的學生在不仰賴想像力的理化問題解決活動的解釋（ $F=7.50, p=.013$ ）及方法（ $F=7.10, p=.016$ ）達到著性差異。而高低創造力標題成績的學生在方法（ $F=5.89, p=.026$ ）上達到顯著性差異。先備知識高低與創造力標題成績兩者之間在解釋（ $F=3.26, p=.088$ ）部分交互作用達顯著性差異。因此在下列呈現兩者之間的單純主要效果檢驗（one factor ANOVA），如表 4-6-3。

表 4-6-3 科學概念測驗及創造力標題成績在不仰賴想像力之理化問題解釋項度之單因子變異數分析

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	η^2
解釋	科學概念成績	高 11	4.55	1.70	5.93**	.024	0.23
		低 11	2.91	1.45			
	創造力	高 11	3.82	1.66	0.06	.815	0.01
		低 11	3.64	1.91			

註：** $p<0.05$

由表 4-6-3 結果可知，高低先備知識的學生在不仰賴想像力的理化問題解釋（ $F=5.93, p=.024$ ）項度上達到顯著性差異，而高低創造力標題成績的學生則未達顯著性差異，顯示在不仰賴想像力的理化問題之解釋項度上主要影響因素為科學概念測驗而非創造力測驗標題成績。

二、高低先備知識與高低創造力標題成績在仰賴想像力的問題解決活動成效分析

將學生依其科學概念測驗分為高成就（11 人）與低成就（11 人）兩組，並依照其創造力獨創性成績分為高低兩組，以「科學概念測驗成績組別」及「創造力測驗標題成績組別」為自變項，依變項為仰賴想像力之生物與理化問題解決活動之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，分別進行二因子單變量變異數分析（two factor ANOVA）。敘述性統計和推論性統計之二因子單變量變異數分析結果如表 4-6-4 及 4-6-5。

表 4-6-4 仰賴想像力生物問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力標題成績組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	5.91	1.70	12.14***	.003	高>低
		低 11	3.45	1.57			
	創造力標題成績	高 11	5.00	2.49	0.60	.451	
		低 11	4.36	1.50			
	交互作用				1.43	.247	
解釋	科學概念成績	高 11	3.55	1.91	10.93***	.004	高>低
		低 11	1.64	1.20			
	創造力標題成績	高 11	2.55	2.07	2.64	.121	
		低 11	2.64	1.69			
	交互作用				0.62	.443	
方法	科學概念成績	高 11	2.64	0.67	1.00	.329	
		低 11	2.45	0.69			
	創造力標題成績	高 11	2.45	0.69	1.00	.329	
		低 11	2.64	0.67			
	交互作用				0.25	.622	

註：*** $p<0.01$

由表 4-6-4 結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之生物問題解決活動的連結概念 ($F=12.14, p=.003$) 及解釋 ($F=10.93, p=.004$) 等達到顯著性差異。而高低創造力標題成績的學生在連結概念、解釋及方法上均未達顯著差異性差異，且先備知識高低與問題創造力獨創性兩者之間的交互作用均未達顯著性差異。因此可推論先備知識確實會影響學生在解決仰賴想像力之生物問題差異之因素。

表 4-6-5 仰賴想像力理化問題解決之敘述性統計及推論性統計二因子（科學概念測驗組別及創造力標題成績組別）單變量變異數分析表：連結概念、解釋、方法

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	Post-hoc
連結概念	科學概念成績	高 11	2.27	1.10	9.87 ***	.006	高>低
		低 11	1.27	0.79			
	創造力標題成績	高 11	1.73	0.91	2.71	.117	
		低 11	1.82	1.25			
	交互作用				3.41 *	.082	
解釋	科學概念成績	高 11	1.55	1.51	1.44	.245	
		低 11	1.09	1.76			
	創造力標題成績	高 11	1.00	1.61	1.85	.190	
		低 11	1.64	1.63			
	交互作用				0.31	.582	
方法	科學概念成績	高 11	1.55	1.29	0.10	.752	
		低 11	1.82	1.72			
	創造力標題成績	高 11	1.18	1.40	2.39	.139	
		低 11	2.18	1.47			
	交互作用				0.45	.511	

註：* $p<0.1$, *** $p<0.01$

由表 4-6-5 結果顯示，高低先備知識的學生在仰賴想像力之理化問題解決活動的連結概念 ($F=9.87, p=.006$) 達顯著性差異。而高低創造力標題的學生在連結概念及解釋及方法上均未達顯著差異。但先備知識高低與高低問題創造力標題兩者之間的交互作用在連結概念 ($F=3.41, p=.082$) 上達顯著性差異。因此在下列呈現兩者之間的單純主要效果檢驗 (one factor ANOVA)，如表 4-6-6。

表 4-6-6 科學概念測驗及創造力標題成績在仰賴想像力之理化問題連結概念項度之單因子變異數分析

項目	分組	N	Mean	SD	F.	p.	η^2
連結概念	科學概念成績	高 11	2.27	1.10	5.99**	.024	0.23
		低 11	1.27	0.79			
	創造力標題成績	高 11	1.73	0.91	0.04	.847	0.01
		低 11	1.82	1.25			

註：** $p < 0.05$

由表 4-6-6 結果可知，高低先備知識的學生在仰賴想像力的理化問題連結概念（ $F=5.99, p=.024$ ）項度上達到顯著性差異，而高低創造力標題成績的學生則未達顯著性差異，顯示在仰賴想像力的理化問題之連結概念項度上主要影響因素為科學概念測驗而非創造力測驗標題成績。

三、小結

由以上結果可推論在科學概念測驗上為高成就的學生，無論在不仰賴想像力或仰賴想像力的生物與理化問題解決活動中，其連結概念與解釋多優於低成就的學生，但在不仰賴想像力的理化問題之連結概念部分未達顯著，推論可能是因為該訪談班級的理化任課老師在課堂時有帶領學生做過相似的實驗，因此學生在面臨問題時多能喚起舊經驗進而連結其概念，但在解釋部分即可看出高低成就具有顯著性差異。而創造力標題成績與先備知識在不仰賴想像力的理化問題方法及仰賴想像力理化問題的連結概念上產生交互作用，但經過單純效果檢驗後即可發現影響學生解決問題的主要因素皆在於科學概念測驗，也就是說當具有越高先備知識的學生越能成功的解決科學問題。

第七節 高低先備知識在兩種不同想像力層次之生物與理化問題活動之解決差異分析

為了瞭解科學概念測驗、新編問題解決測驗（有效性）、創造力測驗（開放性、獨創性、標題）是否對於兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決有解釋力，分別進行逐步迴歸分析。其統計結果如表 4-7-1。

表 4-7-1 科學概念測驗、新編問題解決測驗（有效性）、創造力測驗（開放性、獨創性、標題）與兩種不同想像力層次的生物與理化各分析項度的逐步迴歸摘要表

選入變項	標準化係數 (Beta 分配)	解釋變異 量	<i>t</i>	<i>p</i>
預測變項：不仰賴想像力生物連結概念				
科學概念測驗	0.62	0.39	4.44***	<i>p</i> <.001
<i>R</i>	0.62			
<i>R</i> ²	0.39			
預測變項：不仰賴想像力生物解釋				
科學概念測驗	0.70	0.49	5.42***	<i>p</i> <.001
<i>R</i>	0.70			
<i>R</i> ²	0.49			
預測變項：不仰賴想像力生物方法				
科學概念測驗	0.63	0.39	4.49***	<i>p</i> <.001
<i>R</i>	0.63			
<i>R</i> ²	0.39			
預測變項：不仰賴想像力理化解釋				
科學概念測驗	0.38	0.14	2.28**	.030
<i>R</i>	0.38			
<i>R</i> ²	0.14			
預測變項：仰賴想像力生物連結概念				
科學概念測驗	0.47	0.22	2.93**	.006
<i>R</i>	0.47			
<i>R</i> ²	0.22			
預測變項：仰賴想像力生物解釋				
科學概念測驗	0.48	0.23	3.00**	.005
<i>R</i>	0.48			
<i>R</i> ²	0.26			

註：* *p*<0.1, ** *p*<0.05, *** *p*<0.001

(一) 以不仰賴想像力的生物問題連結概念項度為預測變項，進行以科學概念測驗、問題解決測驗（有效性成績）、創造力測驗（開放性成績、獨創性成績、標題成績）各項度的逐步迴歸分析，其結果如表 4-1-3 所示。根據逐步迴歸數據估計顯示，科學概念測驗的 Beta 值為 0.62，*t* 值為 4.44 (*p*<.001)，問題解決測驗及創造力測驗項度均未被選入。預測不仰賴想像力的生物問題連結概念部

分的最佳變項是科學概念測驗，其可解釋不仰賴想像力生物問題連結概念 38.9%的變異量。

(二) 以不仰賴想像力的生物問題解釋項度為預測變項，進行以科學概念測驗、問題解決測驗（有效性成績）、創造力測驗（開放性成績、獨創性成績、標題成績）各項度的逐步迴歸分析，其結果如表 4-1-3 所示。根據逐步迴歸數據估計顯示，科學概念測驗的 Beta 值為 0.70，t 值為 5.42 ($p<.001$)，其餘測驗項度未被選入。預測不仰賴想像力的生物問題解釋項度的最佳變項是科學概念測驗，其可解釋不仰賴想像力生物問題解釋項度 48.7%的變異量。

(三) 以不仰賴想像力的生物問題方法項度為預測變項，進行以科學概念測驗、問題解決測驗（有效性成績）、創造力測驗（開放性成績、獨創性成績、標題成績）各項度的逐步迴歸分析，其結果如表 4-1-3 所示。根據逐步迴歸數據估計顯示，科學概念測驗的 Beta 值為 0.63，t 值為 4.49 ($p<.001$)，其餘測驗項度未被選入。預測不仰賴想像力的生物問題方法項度的最佳變項是科學概念測驗，其可解釋不仰賴想像力生物問題方法項度 39.4%的變異量。

(四) 以不仰賴想像力的理化問題解釋項度為預測變項，進行以科學概念測驗、問題解決測驗（有效性成績）、創造力測驗（開放性成績、獨創性成績、標題成績）各項度的逐步迴歸分析，其結果如表 4-1-3 所示。根據逐步迴歸數據估計顯示，科學概念測驗的 Beta 值為 0.38，t 值為 2.28 ($p=.030$)，其餘測驗項度未被選入。預測不仰賴想像力的理化的解釋項度最佳變項是科學概念測驗，其可解釋不仰賴想像力理化解釋項度 14%的變異量。

(五) 以仰賴想像力的生物問題連結概念項度為預測變項，進行以科學概念測驗、問題解決測驗（有效性成績）、創造力測驗（開放性成績、獨創性成績、標題成績）各項度的逐步迴歸分析，其結果如表 4-1-3 所示。根據逐步迴歸數據估計顯示，科學概念測驗的 Beta 值為 0.47，t 值為 2.93 ($p=.006$)，其餘測驗項度未被選入。預測仰賴想像力的生物問題連結概念的最佳變項是科學概念測驗，其可解釋仰賴想像力生物問題連結概念 21.7%的變異量。

(六) 以仰賴想像力的生物問題解釋項度為預測變項，進行以科學概念測驗、問題解決測驗（有效性成績）、創造力測驗（開放性成績、獨創性成績、標題成績）各項度的逐步迴歸分析，其結果如表 4-1-3 所示。根據逐步迴歸數據估計顯示，科學概念測驗的 Beta 值為 0.48，t 值為 3.00 ($p=.005$)，其餘測驗項度未被選入。預測仰賴想像力的生物問題解釋項度的最佳變項是科學概念測驗，其可解釋仰賴想像力生物問題解釋項度 22.5% 的變異量。

因此本節主要目的在比較高低先備知識在兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異，針對其連結之科學概念、產生方法之解釋及產生之可行方法進行分析比較。利用研究中學生所進行的兩種不同想像力層次之問題解決活動解題過程將其質性資料轉為量化資料，依據問題解決階段依層次計分，並依據學生科學概念測驗的前 30% 分為高成就（11 人）與後 30% 低成就兩組（11 人），並依據研究問題七「探討高低先備知識的學生在兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題異同為何」進行分析與討論，並在下列呈現描述性統計與推論性統計之分析結果。高成就與低成就學生在兩種不同想像力層次的生物與理化問題解題之描述性統計結果如 4-7-2。

表 4-7-2 學生（22 人）在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題歷程-連結概念、解釋與方法的次數統計

			高成就				低成就			
問題解決階段	分析項目		不仰 賴想 像力 生物 次數	不仰 賴想 像力 理化 次數	仰賴 想像 力 生物 次數	仰賴 想像 力 理化 次數	不仰 賴想 像力 生物 次數	不仰 賴想 像力 理化 次數	仰賴 想像 力 生物 次數	仰賴 想像 力 理化 次數
預測	預測現象數量		0	0	11	11	0	0	9	3
已知	相關知識	關係近	25	12	27	13	8	13	22	8
		關係遠	6	10	19	6	1	7	8	3
	不相關知識		5	0	17	2	12	0	10	1
形成 策略	可行 方法	解釋正確 關係近	19	11	7	5	0	4	3	2
		解釋正確 關係遠	3	7	4	1	1	4	0	0
	可行 方法	解釋部分 關係近	5	1	7	2	1	6	8	5
		解釋部分 關係遠	1	1	3	0	0	3	2	1
	解釋不正確		0	0	2	0	1	0	4	3
	可行方法數量		18	21	29	8	2	16	27	11
	不可行方法數量		16	5	4	24	23	3	3	17
監控	實際選擇操 作的方法	可行方法	9	11	11	4	1	11	11	7
		不可行方法	2	0	0	7	7	0	0	4
評估	學生 自我評估	成功	7	10	11	10	6	9	11	10
		不成功	4	1	0	1	5	2	0	1
	評分者評估	成功	6	11	11	3	1	11	11	7
		不成功	5	0	0	8	10	0	0	4

由表 4-7-2 可看出高成就的學生在兩種不同想像力層次的生物與理化問題中的連結概念及解釋皆明顯高於低成就學生，此結果顯示，在解決科學問題的活動中，先備知識遠重要於其他因素。

一、高低先備知識在不仰賴想像力之生物問題解決差異分析

將學生依照其科學概念測驗分為高成就（11 人）及低成就（11 人）兩組學生，以「科學概念測驗成績組別」變項進行單因子變異數分析（one factor ANOVA）。資料分析時，以「科學概念測驗組別」為自變項，依變項為不仰賴想像力之生物

問題解決之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，敘述性統計和推論性統計之單因子變異數分析結果如表 4-7-3 及表 4-7-4。

表 4-7-3 高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力生物問題解決之描述性統計

	N	連結概念		解釋		方法	
		M	SD	M	SD	M	SD
高成就	11	3.36	1.03	4.91	1.58	2.10	0.94
低成就	11	0.91	1.13	0.36	1.21	0.27	0.65

由科學概念測驗成績來看，依據表 4-7-3，在科學概念測驗高成就的學生在「連結概念」、「解釋」及「方法」上平均分數分別為「3.36」、「4.91」及「2.10」，低成就的學生的分數為「0.91」、「0.36」及「0.27」，可看出高成就的學生在三個項度皆高於低成就的學生。

表 4-7-4 高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力之生物問題之單因子變異數分析

	M	SD	df	MS	F	p	η^2
連結概念	2.14	1.64	1	33.14	28.26***	.000	0.59
解釋	2.64	2.70	1	113.64	57.60***	.000	0.74
可行方法	1.18	1.22	1	18.18	27.78 ***	.000	0.58

註：*** $p < 0.01$

由表 4-7-4 可看出，高低成就的學生在不仰賴想像力生物問題的「連結概念」($F=28.26, p<.001$)、「解釋」($F=57.60, p<.001$)及「可行方法」($F=27.78, p<.001$)上皆達到顯著性差異。由此可知，在不仰賴想像力的生物問題解決上，成就高的學生優異於成就低的學生。

二、高低先備知識在不仰賴想像力之理化問題解決差異分析

將學生依據科學概念測驗分為高成就(11 人)及低成就(11 人兩組)，以「科學概念測驗成績組別」變項進行單因子變異數分析(one factor ANOVA)。資料分析時，以「科學概念測驗組別」為自變項，依變項為不仰賴想像力之理化問題解決之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，敘述性統計和推論

性統計之單因子變異數分析結果如表 4-7-5 及 4-7-6

表 4-7-5 高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力之理化問題解決之描述性統計

	N	連結概念		解釋		方法	
		M	SD	M	SD	M	SD
高成就	11	2.91	0.83	4.55	1.70	2.55	1.57
低成就	11	2.45	0.82	2.91	1.45	1.73	0.79

由科學概念測驗成績來看，依據表 4-7-5，在科學概念測驗高成就的學生在「連結概念」、「解釋」及「方法」上平均分數分別為「2.91」、「4.55」及「2.55」，低成就的學生的分數為「2.45」、「2.91」及「1.73」，可看出高成就的學生在三個項度皆高於低成就的學生。

表 4-7-6 高低概念測驗成就學生在不仰賴想像力之理化問題之單因子變異數分析

	M	SD	df	MS	F	p	η^2
連結概念	2.68	0.84	1	1.14	1.67	.211	0.08
解釋	3.73	1.75	1	14.72	5.93**	.024	0.23
方法	2.14	1.29	1	3.68	2.38	.138	0.11

註：** $p < 0.05$

由表 4-7-6 可看出，高低成就的學生在不仰賴想像力之理化問題上在「解釋」（ $F=5.93, p=.024$ ）部分達到顯著性差異。而高低成就在連結概念及方法部分未達顯著的原因可能在於，由於理化題目所需連結的概念為「大氣壓力」、「水壓」等。此單元在國二下理化課程最後一單元，且該班級之理化教師在課堂上有舉例以針筒使氣球變大變小，而本活動在於學生的國二升國三的暑假進行訪談，因此對於高低成就的學生而言，而在連結概念及方法上無法看到顯著性差異。但是在解釋項度上仍可看見高成就學生顯著優異於低成就的學生。

三、高低先備知識在仰賴想像力之生物問題解決差異分析

將學生依據其科學概念測驗成績分為高成就（11 人）及低成就（11 人）兩組學生，以「科學概念測驗組別」為變項進行單因子變異數分析（one factor ANOVA）。資料分析時，以「科學概念測驗組別」為自變項，依變項為仰賴想像力之生物問題解決之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，敘述

性統計和推論性統計之單因子變異數分析結果如表依序呈現於表 4-7-7、4-7-8。

表 4-7-7 高低概念測驗成就學生在仰賴想像力之生物問題解決之描述性統計

	N	連結概念		解釋		方法	
		M	SD	M	SD	M	SD
高成就	11	5.91	1.70	3.55	1.91	2.64	0.67
低成就	11	3.45	1.57	1.64	1.21	2.45	0.69

由概念測驗成績來看，依據表 4-6-6，在概念測驗高成就的學生在「連結概念」、「解釋」及「方法」上平均分數分別為「5.91」、「3.55」及「2.64」，低成就的學生的分數為「3.45」、「1.64」及「2.45」，可看出高成就的學生在三個項度皆高於低成就的學生。

表 4-7-8 不同概念測驗成就學生在仰賴想像力之生物問題之單因子變異數分析

	M	SD	df	MS	F	p	η^2
連結概念	4.68	2.03	1	33.14	12.36***	.002	0.38
解釋	2.59	1.84	1	20.05	7.82**	.011	0.28
方法	2.55	0.67	1	0.18	0.39	.538	0.02

註：** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

由表 4-7-8 可得知，高低成就的學生在仰賴想像力之生物問題上在「連結概念」($F=12.36, p=.002$) 及「解釋」($F=7.82, p=0.11$) 部分達到顯著性差異。但在方法部分並沒有顯著性差異。但我們能從質性資料上發現，高成就的學生在連結關係遠的概念及解釋關係遠概念正確性上皆高於低成就的學生。由此可知，若要成功的解決問題，成就高的學生在解決問題時所連結的概念及解釋皆優異於成就低的學生。

四、高低先備知識在仰賴想像力之理化問題解決差異分析

將學生依據其科學概念測驗成績分為高成就（11 人）及低成就（11 人）兩組學生，以「科學概念測驗組別」為變項進行單因子變異數分析（one factor ANOVA）。資料分析時，以「科學概念測驗組別」為自變項，依變項為仰賴想像力之理化問題解決之「連結概念分數」、「解釋分數」及「可行方法分數」，敘述

性統計和推論性統計之單因子變異數分析結果如表依序呈現於表 4-6-8、4-6-9。

表 4-7-9 不同概念測驗成就學生在仰賴想像力之理化問題解決之描述性統計

	連結概念			解釋		方法	
	N	M	SD	M	SD	M	SD
高成就	11	2.00	1.27	1.55	1.51	1.55	1.29
低成就	11	1.27	0.79	1.09	1.76	1.82	1.72

由概念測驗成績來看，依據表 4-7-9，在概念測驗高成就的學生在「連結概念」、「解釋」及「方法」上平均分數分別為「2.27」、「1.55」及「1.55」，低成就的學生的分數為「1.27」、「1.09」及「1.82」，可看出高成就的學生在連結概念及解釋兩個項度皆高於低成就的學生。

表 4-7-10 不同概念測驗成就學生在仰賴想像力之理化問題之單因子變異數分析

	M	SD	df	MS	F	p	η^2
連結概念	1.77	1.07	1	5.50	5.99**	.024	0.23
解釋	1.32	1.62	1	1.14	0.42	.522	0.02
方法	1.68	1.49	1	0.41	0.18	.679	0.01

註：** $p < 0.05$

由表 4-7-10 可得知，高低成就的學生在仰賴想像力之理化問題上僅在「連結概念」($F=5.99, p=.024$)部分達顯著性差異。但在解釋部分卻未達顯著性差異，此結果顯示，雖然高低成就的學生在連結概念上雖達顯著，但由於高成就的學生在解釋部分並未顯著優於低成就的學生，因此在仰賴想像力的理化問題解決上，成就高的學生並沒有優異於成就低的學生。

八、小結

由此節的結果顯示，先備知識高低為影響解決兩種不同想像力層次問題的主要因素，學生若需要成功的解決科學問題，必須具備基本的科學概念。

第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要根據第四章的資料分析結果，整合成本研究的結論。第二節主要是針對後續相關的研究提出建議，以下分別進行詳細說明。

第一節 結論

本節針對在第四章的研究結果與討論，針對質性資料及各研究工具說明本研究的主要發現，並分別就兩種不同想像歷程的問題解決歷程差異及不同先備能力對於學生在解決兩種不同想像力層次的解題歷程差異的影響進行討論。

一、兩種不同想像力層次之生物與理化問題解決歷程之差異

由研究結果可看出，在不仰賴想像力的問題解決活動中，學生在理化學科表現優異於生物學科，推論可能的原因可能在於學生接受該單元課程時，理化教師有提供類似的實驗課程，因此學生在連結概念與解釋上也較生物學科敏銳。而在仰賴想像力的問題解決活動中，學生在生物學科能夠連結關係較遠的概念並依此概念產生方法，所以在解題上優異於理化學科，研究結果也顯示，若學生能連結關係較遠或跨單元的概念時，則越容易成功的解決問題。此結果尚無其他研究可支持，因此在未來仍需要更進一步的探討。

二、不同先備能力對兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決的影響

本節依序以先備知識、問題解決能力（有效性）、創造力（開放性、獨創性及標題）對兩種不同想像力層次之生物與理化問題解題歷程差異進行探討。

（一）先備知識與問題解決有效能力在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異影響

由研究結果可得知，在科學概念測驗上為高成就的學生，除了在仰賴想像力的理化問題外，無論在不仰賴想像力或仰賴想像力的生物與理化問題解決活動中，其連結概念與解釋都優於低成就的學生。

問題解決有效能力則在兩種不同想像力層次的問題有相關但未達顯著差

異。問題解決有效性與科學概念測驗在仰賴想像力的生物問題之解釋項度產生交互作用，但經過單純效果檢驗後即可發現影響學生解決問題的主要因素皆在於科學概念測驗。

此結果與張俊彥及翁玉華（2000）的研究結果略有差異，推論其原因可能是新編問題解決測驗所考驗的問題解決能力並非完全只針對科學，因此僅能對本研究中的科學問題產生相關但無法達顯著性差異。

（二）先備知識與創造力開放性、獨創性及標題成績在不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題差異影響

由研究結果可得知高成就的學生在兩種不同想像力層次的問題解決活動有較佳的表現。而創造力開放性在仰賴想像力的生物問題解釋上出現顯著，此結果顯示高開放性的學生能在仰賴想像力的生物物題上提供較佳的解釋。

創造力獨創性在不仰賴想像力的理化問題解釋方法及仰賴想像力的生物問題連結概念與解釋出現顯著，其結果顯示獨創性在兩種不同想像力層次的問題解決上並無較一致的趨勢。

創造力標題成績與科學概念測驗在不仰賴想像力的理化問題之解釋項度及仰賴想像力理化問題連結概念項度產生交互作用，但經過單純效果檢驗後即可發現影響學生解決問題的主要因素皆在於科學概念測驗。

此結果與以往研究較為不同，推論可能原因在於，由於本研究中的兩種不同層次的問題解決活動主要目的在於需要連結科學概念才能解決問題，相較之下，創造力在兩種不同層次的問題解決活動是以未達顯著性差異。這樣的結果同時也強調了科學知識對於解決科學問題的重要性，這也呼應了 Amabile（1997）的創造力理論，也就是創造力產生的基本條件是必須具有一定專業。「專業」則是指領域知識(knowledge about the domain)、特定領域相關技能(special domain relevant talent)與專業技術(technical skills required)等。

（三）高低先備知識的學生在兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動之解題影響

由研究結果可看出高成就的學生在兩種不同想像力層次的生物與理化問題中的連結概念、解釋及可行方法上皆明顯高於低成就學生，此結果顯示，在解決科學問題的活動中，先備知識遠重要於其他因素。此結果也呼應 Yu, She,和 Lee (2010) 的研究，即高成就學習者在測驗表現上皆優異於低成就學習者。

第二節 建議

本節針對研究過程及結論，提出以下建議，期盼能提供教學者及後續研究者作為參考

一、針對兩種不同想像力層次之問題解決活動設計上的建議

(一) 本研究所設計的兩種不同想像力層次的生物與理化問題解決活動，其中仰賴想像力的問題解決活動主要希望學生在解決問題的過程中，必須能夠連結關係遠或是跨單元的概念，進而形成方法來解決問題。結果顯示，在這樣的活動中，高成就概念的學生在這樣仰賴想像力的問題解決活動中的確能夠連結較多關係遠的概念。

然而研究者在進行訪談過程中，發現學生已學過類似的問題，因此在解題上會受到先前教師示範實驗的影響，導致在結果看不出差異。因此在問題解決活動設計上除了要符合仰賴想像力的問題解決題目設計外，可是先與任課教師討論，以減少影響研究結果之可能。

(二) 在研究者進行訪談過程中，發現部分學生能依據所提供的科學現象實體進行概念連結與分析，建議未來研究可加入科學推理 (Scientific reasoning)，了解學生在運用科學方法 (包含觀察、分類、操弄具體實物、控制變因、假設與推理等)，建構科學知識的過程。

二、針對問題解決活動訪談之建議

由於本研究主要是透過一對一的單獨訪談，雖然先前已和學生說明研究目的，但多數學生在訪談過程中，仍然會透露很緊張、壓力很大、怕表現不好，或者表現出與研究者之間的距離感。進而在解決問題碰到瓶頸時很容易放棄，或者拒絕

回答。建議在未來研究可再研究前多和學生熟悉彼此，建立默契，以其學生在進行活動時能有較為自然的表現。

三、形成有意義的學習

在研究者訪談的過程中，發現許多高成就的學生，在問題解決活動的歷程裡，能夠連結科學概念並提供合理正確的解釋，進而形成解決問題的方法，然而多數低成就的學生在問題解決的過程卻一再的遭受挫折，因其無法連結有效解決問題的概念，僅能透過較為直觀的方式進行問題解決。

因此，研究者建議，待全部學生活動進行結束後，可利用一至兩節課的時間，與學生分享研究目的與研究結果，使學生有機會重新連結與此問題解決活動之相關概念。



參考文獻

一、中文部分

教育部 (2002)。全國第一次科學教育會議資料。台北：教育部。

教育部 (2002)。創造力教育白皮書。台北：教育部。

張春興 (1996)。教育心理學。台北：東華書局。

張俊彥、翁玉華(2000)。我國高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性研究。科學教育學刊, 8(1), 35-55。

二、英文部分

AAAS (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

Amabile, T. M. (1997). Entrepreneurial creativity through motivational synergy. *Journal of Creativity Behavior*, 31(1), 18-26.

Bartel, A. P., Lichtenberg, F.R., & Vaughan, R.J. (1992). *Technological change, trade, and the need for educated employees: Implications for economic policy* (NCEE Brief). Washington, DC: National Center on Education and Employment.

Beveridge, W. I. B. (1957). *The Art of Scientific Investigation*. Vintage Books, New York.

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M., & Palincsar, A.S. (1991). Motivating project-based learning. *Educational Psychologist*, 26(3 & 4), 369-398.

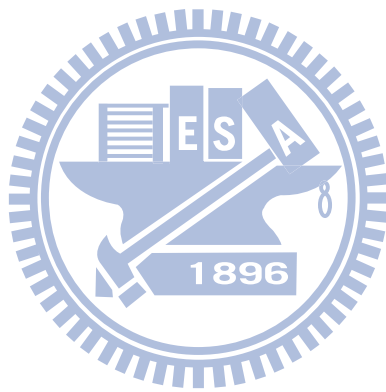
Carlson, F. K. (1964). Developing an original person. *Elementary English*, 41, 268-278.

- Chang, C. Y. (2010). Does Problem Solving = Prior Knowledge + Reasoning Skill in Earth Science? An Exploratory Study. *Research in Science Education*, 40, 103-116.
- Chi, M.T.M., Glaser, R., & Glaser, R. (1985). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Claxton, G. (1984). *Live and learn*. London: Harper and Row.
- Csikszentmihalyi, M. (1999). Implications of a Systems Perspective for the Study of Creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *The Handbook of Creativity* (pp. 313-335). Cambridge University Press.
- Csikszentmihalyi, M., & Wolfe, R. (2000). New conceptions and research approach to creativity: Implications of a systems perspective for creativity in Education. In K. A. Heller, F. J. Monk, R. J. Sternberg, & R. F. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (pp. 81-94). NY: Elsevier.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D. C. Heath.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Frazer, M. J. (1982). Nyholm lecture: solving chemical problems. *Chemical Society Reviews*, 11, 171-190.
- Fortus, D., Dershimer, R.C., Krajcik, J., Marx, R.W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-Based Science (DBS) and Real-World Problem-Solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), pp. 855-879.
- Gabel, D., Sherwood, R. and Enochs, L. (1984). Problem solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 221-233.
- Gagne', E. D. (1985). *The cognitive psychology of school learning*. Boston: Little, Brown and Company.

- Guilford, J. P. (1959). Three faces of intellect. *American Psychology*, 14,569-579.
- Johnson, N. J. & Giorgis, C. (2003). Imagination. *The Reading Teacher*, 56(5), 504-505
- Lee, K. W. (1985). Cognitive variables in problem solving in chemistry. *Research in Science Education*, 15, 43–50.
- Lipman, M. (1991). *Thinking in education*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.449-460). New York: Cambridge University Press.
- Newell, A. , & Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Osborn, A. F. (1953). *Applied imagination*. New York: Scribner.
- Osborne, R. J. , & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67, 489–508.
- Parnes, S. (1963). Development of individual creative talent. In C. W. Taylor & F. Barrons (eds.), *Scientific creativity: Its recognition and development*. (pp.311-320) New York: Wiley.
- Parnes, S. J.(1987). Visioneering-state of the art. *The Journal of Creative Behavior*, vol:21 (3), 283-299.
- Passmore, J. (1985). *Recent philosophers: A supplement to a hundred years of philosophy*. New York: Duckworth.
- Pizzini, E. L., & Shepardson, D. P. (1991).Student questioning in the presence of the teacher during problem solving in science. *School Science and Mathematics*, 1, 348-352.
- Polya, G. (1957). *How to solve it*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

- Reichling, M. J. (1990). Images of imagination. *Journal of Research in Music Education*, 38, 282-293.
- Reitman, W. R. (1964). *Heuristic Decision Procedures Open Constraints and the Structure of Ill-Defined Problems*. New York. John Wiley & Sons Inc.
- Reitman, W. (1965). *Cognition and thought*. New York: Wiley.
- Runco, M. A. , & Walberg, H. J. (1998). Personal explicit theories of creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 32(1), p.1-17.
- Selvaratnam, M. (1983). Students' mistakes in problem solving. *Education in Chemistry*, 20, 125–132.
- Shepardson, D. P. (1991). *Relationships among problem solving, student interactions, and thinking skills*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Lake Geneva, WI.
- Sternberg, R. J. (1996): *Cognitive psychology*. Fort Worth, TX: Harcourt
teachingcreative problem -solving.Waco, TX: Prufrock Press. Brace College
Publishers
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677-688.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.3-15). New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (2003): *Cognitive psychology*. (3rd ed.) Wadsworth: United States of America.
- Taconis, R. (1995). Understanding-based problem solving. Doctoral dissertation, Eindhoven University of Technology, Eindhoven/Amsterdam, The Netherlands.

- The School Curriculum and Assessment Authority (1996). *The national curriculum*. London: HMSO.
- Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Treffinger D. J., & Isaksen, S. G.(1992). *Creative problem Solving: An Introduction*. Buffalo, NY: Center for Creative Learning, Inc.
- van Weeren, J. H. P., de Mul, F. F. M., Peters, M. J., Kramers-Pals, H., & Roossink, H. J. (1982). Teaching problem-solving in physics: A course in electromagnetism. *American Journal of Physics*, 50 (8), 725-732.
- Williams, F. E.(1972a). *Identifying and mearsuring creative potential*. NJ: Educational Technology Publications.
- Williams, F. E.(1972b). *Encouraging creative potential*. NJ: Educational Technology Publications.
- Williams , F. E. (1979) Assessing creativity across Williams' "CUBE "model. *Gifted Child Quarterly* , 23, 748-756
- Williams, F.E. (1980). *Creativity Assessment Packet (CAP)*. Buffalo, NY: D.O.K. Pub.
- Yu, W. F., She, H. C., & Lee, Y. M. (2010). The effects of a web-based/non web-based problem solving instruction and high/low achievement on students' problem solving ability and biology achievement. *Innovations in Education and Teaching International* , 47(2), 187-199.
- Zoller, U. (1987). The fostering of question-asking capability: A meaningful aspect of problem-solving in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64, 510-512.



科學概念測驗生物篇

學校_____ 班級_____ 座號_____ 姓名_____

1-1.下列何種物質含有澱粉？

- (A)水煮蛋 (B)洋芋片 (C)沙拉油 (D)運動飲料

1-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為加入碘液後，會變成橙紅色
(B)因為加入碘液後，會變成藍黑色
(C)因為加入本氏液後，再加熱會變成橙紅色
(D)因為加入本氏液後，再加熱會變成藍黑色

2-1.下列何種物質含有葡萄糖？

- (A)運動飲料 (B)雞蛋 (C)葡萄籽油 (D)白吐司

2-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為加入本氏液後，加熱會變成橙紅色
(B)因為加入本氏液後，會變成橙紅色
(C)因為加入碘液後，會變成藍黑色
(D)因為加入碘液後，再加熱會變成橙紅色

3-1.雙氧水在自然環境下會分解產生氧氣和水，但是加入生的馬鈴薯後，會很快的分解出氧氣來，請問馬鈴薯中含有什麼物質導致此現象發生？

- (A)蛋白質 (B)澱粉 (C)酵素 (D)脂肪

3-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為這種成分會與雙氧水發生物理變化
(B)因為這種成分會與雙氧水起激烈的化學作用結果
(C)因為這種成分是一種催化劑，只會加速雙氧水的分解
(D)因為這種成分會與雙氧水發生物理變化和化學變化

4-1.生物體內有一群蛋白質，會幫助體內大多數的反應，例如食物的消化作用，這群蛋白質我們稱為什麼呢？

- (A)激素 (B)胡蘿蔔素 (C)維生素 (D)酵素

4-2 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為它們結合物質後會形成新的物質，新物質可用來幫助分解或合成作用
(B)因為它們可刺激同時加速物質排出體外
(C)因為它們可以加速物質排出體外
(D)因為它們可加速生物體內代謝作用的進行

5-1.澱粉加入口水經過一段時間後，加入藍色本氏液後再加熱，會發生什麼現象？

- (A)會變成紫色
- (B)會變成藍黑色
- (C)會變成橙色
- (D)不會變色，會維持本氏液的顏色

5-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)口水的酸鹼物質，可使澱粉分解，造成本氏液變色
- (B)口水與澱粉混合，不會起任何反應，所以維持本氏液的顏色
- (C)口水中含有酵素，會促使澱粉分解成糖，造成本氏液變色
- (D)口水中的黏液素，會與澱粉作用，造成本氏液變色。

6-1.Q 蛋在家裡看阿積師示範做麵包的時候，發現阿積師在揉麵團時，除了麵粉、和水之外，還加入了酵母粉，阿積師說這可以用來幫助麵糰膨脹。你認為酵母粉和麵粉量的比例應該是如何？

- (A)酵母粉>麵粉 (B)酵母粉<麵粉 (C)酵母粉=麵粉 (D)無法判斷

6-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為酵母粉幫助麵糰發酵膨脹後，酵素會迅速被分解，且為求發酵速度，酵母粉量應多於麵粉
- (B)因為酵母粉幫助麵糰發酵膨脹後，酵素不會發生改變，可以重複利用
- (C)因為酵母粉幫助麵糰發酵膨脹後，酵素會迅速被分解，所以需要使用相同的量
- (D)因為不知道阿積師使用何種麵粉及酵素，所以無法判斷酵母粉使用的量

7-1.下列選項中，何者會在胃中被消化？

- (A)蛋白質 (B)蛋白質、醣類 (C)脂質、醣類 (D)蛋白質、脂質、醣類

7-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為酵素具有專一性，所以胃分泌的酵素只能用來促使分解蛋白質。
- (B)胃分泌的酵素除了可分解蛋白質外，還可分解比蛋白質容易消化的醣類。
- (C)胃會分泌酵素，而只要是酵素，都可促使蛋白質、脂質、醣類的分解作用。
- (D)胃分泌的酵素只有強酸的環境下，才可以促使脂質、醣類的分解作用

8-1.Q 蛋的弟弟很喜歡吃生菜沙拉，你認為我們的消化道可以消化這些生菜中的纖維素嗎？

- (A)可以
- (B)不行
- (C)剛開始可以，後來不行
- (D)剛開始不行，後來可以

8-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為唾液及腸胃道中含有各種酵素，所以可以幫忙消化纖維素
- (B)因為唾液及腸胃中沒有分解纖維素的酵素
- (C)因為唾液中的酵素一開始可以幫忙分解纖維素，但後來進入胃中酵素遭到破壞，所以無法分解纖維素
- (D)因為唾液無法分解纖維素，但後來進入胃中後，胃酸可以幫忙消化纖維素

9-1. 某天毛毛想要做麵包，他將麵粉加入酵母菌後，應該加入下列哪一種溫度的水有利酵素作用？

- (A)100°C (B)0°C (C)35°C (D)以上溫度皆可

9-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)酵素活性隨著溫度的升高而增加，所以溫度越高越有利於酵素作用
(B)高溫會破壞酵素的結構，所以低溫反而有利於酵素作用
(C)酵素活性會受到溫度影響，但每種酵素，都有其最低、最高及最適宜的溫度範圍
(D)酵素不會受到溫度影響

10-1. 長時間放在空氣中的食物較容易會壞掉，是因為空氣中的細菌和黴菌與食物接觸後，滋長產生的酵素所造成的，那麼你認為用什麼方法可以讓未吃完的食物保存的久一點？

- (A)放在桌上 (B)放進冰箱 (C)放進櫃子 (D)放進微波爐

10-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為在這種環境底下，細菌會和空氣中的水氣結合，無法作用，所以食物不易腐壞
(B)因為在這種環境底下，酵素活性低，代謝作用會變慢，所以食物不易腐壞
(C)因為在這種環境底下，會殺死細菌和黴菌，所以食物不容易腐壞
(D)因為在這種環境底下，食物和細菌、黴菌隔離，使細菌和黴菌無法進行分解作用，所以食物不容易腐壞

11-1. 胃蛋白酶在下列何種液體環境可發揮最大活性？

- (A)純水 (B)生理食鹽水 (C)氫氧化鈉 (D)鹽酸

11-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為胃蛋白酶適合在中性環境下作用
(B)因為胃蛋白酶適合在鹼性環境下作用
(C)因為胃蛋白酶適合在鹽類環境下作用
(D)因為胃蛋白酶適合在酸性環境下作用

12-1. 將麵包咀嚼後吞入胃內，麵包中的未消化的澱粉還可以繼續被分解嗎？

- (A)一開始可以，後來不行 (B)一開始不行，後來可以
(C)可以 (D)不行

12-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因唾液中酵素在胃中剛開始時仍具有活性，後來失去活性就無法分解醣類
(B)咀嚼後的麵包到達胃中，唾液中的酵素立刻被胃酸終止作用，但胃部緊跟著也會分泌消化醣類的酵素。
(C)麵包中的澱粉會在胃中繼續被唾液酵素分解，且胃部也會分泌消化醣類的酵素。
(D)因為胃酸會使唾液酵素無法作用，而胃部也不分泌消化醣類的酵素

13-1.下列哪一種食物，物質在製作變化的過程中，主要成因與其他三種不同？

- (A)溫泉蛋 (B)起士 (C)豆花 (D)鹹豆漿

13-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為這種食物所含的蛋白質受到溫度影響，所以會產生變性
(B)因為這種食物所含的蛋白質受到有機溶劑影響，所以會產生變性
(C)因為這種食物所含的蛋白質受到酸鹼性影響，所以會產生變性
(D)因為這種食物所含的蛋白質受到油脂影響，所以會產生變性

14-1.下列何者蛋製品的製作過程中，蛋白質凝固方式與其他三種不同？

- (A)糖心蛋 (B)鐵蛋 (C)滷蛋 (D)皮蛋

14-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為蛋受到溫度影響，所以會產生變性
(B)因為蛋受到酵素影響，所以會產生變性
(C)因為蛋放久了，水分逸失，所以會產生變性
(D)因為蛋受酸鹼性影響，所以會產生變性

15-1.毛毛的媽媽買了一款號稱可以軟化角質、促進新陳代謝的木瓜面膜，在不考慮實際功效的情況之下，你認為此木瓜面膜能軟化角質、促進新陳代謝的原理依據為何？

- (A)木瓜中所含的酵素 (B)木瓜中所含的水分
(C)木瓜中所含的酸 (D)木瓜中所含的維生素

15-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為臉上的角質和木瓜中的酵素作用，臉上的角質是蛋白質的一種，所以角質被酵素分解，產生角質軟化、促進新陳代謝的效果
(B)因為臉上的角質層和木瓜面膜中的水分接觸，滲透作用發生，產生角質軟化、促進新陳代謝的效果
(C)因為臉上的角質和木瓜面膜中的酸作用，臉上的角質是蛋白質的一種，所以會被酸分解，產生角質軟化、促進新陳代謝的效果
(D)因為臉上的角質和木瓜中的維生素作用，產生新的物質，和原本的角質排斥，產生角質軟化、促進新陳代謝的效果

16-1.下列哪一種作用不需要酵素參與？

- (A)消化作用 (B)光合作用 (C)擴散作用 (D)代謝作用

16-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為此反應是和酸鹼相關，和酵素沒有關係。
(B)因為此反應和光、水、氧氣等有關，和酵素沒有關係
(C)因為此反應是分子自發性的反應，和酵素沒有關係
(D)因為此反應與激素有關，和酵素沒有關係

科學概念測驗理化篇

1-1. 有一個大吸盤，毛毛用手迅速擠出它的內部一些空氣，並緊壓在平滑的牆壁上，當放手時，請問這個吸盤會有什麼現象發生？

- (A)立即掉落下來
- (B)慢慢滑落下來
- (C)吸附在牆上
- (D)先吸附後很快掉下來

1-2 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)吸盤受到重力的作用
- (B)吸盤和牆壁產生摩擦力的關係
- (C)吸盤受到大氣重量產生的壓力作用而來
- (D)吸盤和牆壁產生靜電力，但很快就消失

2-1 毛毛將一個玻璃杯裝滿水後，緊緊覆蓋上一個塑膠片後，慢慢的將杯子倒轉，使杯口朝下，請問會有什麼現象發生？

- (A)杯子在一倒轉時，水就立刻流出來
- (B)當瓶口轉 90° 時，水才會開始流出來
- (C)當瓶口轉大於 90° 時，水才會開始流出來
- (D)水不會流出來

2-2 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為水受到的重力大於大氣壓力，水就會流出來
- (B)因為杯子開始倒轉時，塑膠片對杯口有粘著力，所以水不會流出，但是轉的角度越大時，水受到的重力大於大氣壓力，水就會流出來
- (C)因為水受到的重力大於大氣壓力，且表面張力消失，所以水會流出來
- (D)因為有大氣壓力頂住塑膠片，所以水不會流出來

3-1. 毛毛上完體育課後，拿著 500c.c 大杯子準備裝水補充水分，他若是想要使杯子裏面裝滿大量的水而且不會溢出，你認為此時杯子的水面是呈現什麼形狀？

- (A)水平
- (B)凹面
- (C)波浪
- (D)凸面

3-2. 呈上題，杯內的水已超量，卻沒溢出，你的理由是：

- (A)因為水有浮力，同時也受到重力而達成平衡所造成
- (B)因為大氣壓力向下壓住水面所造成
- (C)因為水分子間有靜電力，同時又受到水的浮力所造成
- (D)因為水面的水分子間緊密吸引，形成表面張力所造成

4-1. Q 蛋準備好一個裝滿水（剛好到杯口）口徑 9 公分的杯子，靜置後，接著輕輕地由水面正上方垂直放入一枚 50 元硬幣，你認為水會溢出杯子嗎？

- (A)不會
- (B)會，但馬上溢出
- (C)會，但須隔幾秒後，水才會溢出
- (D)可能會，也可能不會

4-2.呈上題，你選擇此答案的理由是

- (A)一個錢幣置入水中時，雖然水面會微微增高，但此時水面的水分子間仍會緊密吸引，可阻止水的溢出
- (B)錢幣破壞了水分子間的靜電力，且投入的硬幣增加體積，所以水會溢出
- (C)錢幣放入後，水面會微微增高，但此時水面的水分子間吸引力無法維持很久，所以經過一小段時間後，水就溢出來。
- (D)要視當時的大氣壓力與水面的水分子間吸引力大小來決定

5-1.毛毛在理化課時，將水分別滴在下面三片玻璃上，請問哪一片玻璃上的水珠呈現的凸起狀最為明顯？

- (A)乾淨的玻璃 (B)塗臘的玻璃 (C)塗沙拉油的玻璃 (D)以上皆相同

5-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為表面張力沒有受到其他物質影響，因此凸起狀最為明顯
- (B)因為除了表面張力外，還受到內聚力、附著力影響，因此凸起狀最明顯
- (C)因為表面張力與其他物質作用，產生新的力。因此凸起狀最為明顯
- (D)因為滴的都是水，水相同，所以表面張力相同，因此凸起狀皆為相同

6-1.將水銀、水這兩種液體分別裝入試管中，靜置一段時間後，請問在液體頂端的形狀會相同嗎？

- (A)會 (B)不會 (C)剛開始不會，後來會 (D)依放入試管內液體的體積多少而定

6-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

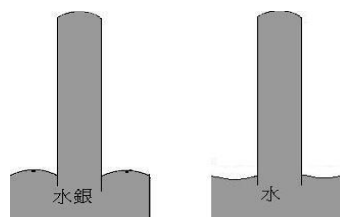
- (A)雖然液體種類不同，但是裝入試管後都會受到重力影響，所以液體頂端形狀會相同
- (B)因為液體種類不同，其表面張力、附著力、內聚力不同
- (C)因為先受到其表面張力、附著力、內聚力的影響，所以兩液體頂端形狀不同，靜置一段時間後，因為受到重力影響，所以兩液體頂端形狀相同
- (D)若是裝入少量的水銀和水則有可能形狀相同，但若是裝入較大量的水銀和水時，可能因為液體本身的重量導致其頂端形狀不同

7-1.毛毛在老師教完大氣壓力的課程之後，想要重現托里切利實驗的實驗，他在教室分別利用水銀、水，各裝滿在一端封閉足夠長的玻璃管柱內倒置，如右下圖的實驗裝置。根據實驗結果，何者的液體的高度最高？

- (A)水銀 (B)水 (C)一樣高 (D)資料不足，無法判斷

7-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A) 根據托里切利的實驗，玻璃管內的液柱高度和液體密度成正比，所以水銀的高度會最高
- (B) 根據托里切利的實驗，玻璃管內的液柱高度和液體密度成反比，所以水的高度會最高
- (C) 根據托里切利的實驗，玻璃管內的液柱高度和液體密度沒有關係，但可能與其他因素有關，所以無法判斷
- (D) 因為玻璃管柱內液體的高度和當時的大氣壓力有關，所以只要在大氣壓力下做實驗，兩者玻璃管柱內的液體高度就會相同。



8-1. Q 蛋看了毛毛做的實驗之後，也想說來試試看。他分別使用了管徑不一樣粗細的玻璃管，玻璃管 A 管徑為 1 公分，玻璃管 B 管徑為 2 公分，玻璃管 C 管徑為 3 公分，在玻璃管內都分別裝入水銀，請問，哪一個玻璃管內的水銀高度最高？

- (A) 玻璃管 A (B) 玻璃管 B (C) 玻璃管 C (D) 一樣高

8-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A) 根據托里切利的實驗，玻璃管內高度和玻璃管粗細成反比，所以管徑越小，高度越高
- (B) 根據托里切利的實驗，玻璃管內高度和玻璃管粗細成反比，但若是玻璃管太細，就不適合做這實驗，因此玻璃管要選擇適中的管徑。
- (C) 根據托里切利的實驗，玻璃管內高度和玻璃管粗細成正比，因此玻璃管越粗，高度越高
- (D) 根據托里切利的實驗，玻璃管內高度和玻璃管粗細無關

9-1. 毛毛參加了玉山的登山團，他決定要帶寶咖咖去吃，第一天他們紮營在山腳下，第二天在山腰，第三天他們終於登上峰頂了，在登山過程中他發現寶咖咖的包裝發生了變化，請問在這三天裡，寶咖咖的膨脹程度，哪一天最為劇烈？

- (A) 山峰 (B) 山腰 (C) 山下 (D) 一樣

9-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A) 因為大氣壓力越往山上越小，而寶咖咖包裝內的氣體壓力不變，造成寶咖咖內外的壓力差越大，因此膨脹的最為劇烈。
- (B) 因為越往高山，寶咖咖包裝內的氣體壓力會跟著增大，但是太高處的空氣較稀薄，無法影響寶咖咖的膨脹，所以寶咖咖在山腰處的膨脹程度要比山峰更為劇烈。
- (C) 因為大氣壓力越往高山上越大，而寶咖咖包裝內的氣體壓力不變，因此在山下的膨脹程度最為劇烈。
- (D) 大氣壓力是因空氣的重量造成的，地球上不論在哪個環境底下，空氣沒有改變，所以寶咖咖的膨脹程度不會改變。

10-1. 毛毛實驗室裡做了托里切利的實驗，觀察當天白天水銀柱的高度變化，結果發現：水銀柱的高度由 76cm-Hg 逐漸下降至 72cm-Hg，請你由這數據的變化推測這天白天的天氣變化情形？

- (A)天氣變化轉差 (B)天氣變化轉好
- (C)天氣變化穩定 (D)無法判斷

10-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為大氣壓力會隨天氣改變，晴天比陰雨天時氣壓高
- (B)因為大氣壓力會隨天氣改變，陰雨天比晴天時氣壓高
- (C)雖然大氣壓力會影響天氣的變化，但是根據實驗結果，水銀柱的高度相差不多，所以天氣變化穩定
- (D)因為大氣壓力與天氣變化沒有相關

11-1. Q 蛋想在台灣不同的地區進行小小馬德堡半球實驗，若他想要用最小的力將兩個半球拉開，你會建議他到下列哪個地方實驗？

- (A)嘉南平原 (B)墾丁 (C)玉山頂峰 (D) 101 大樓

11-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)海拔越低，兩個半球受到地球的引力就越小
- (B)越往南部氣溫會越高，大氣壓力就越小
- (C)海拔越高空氣越稀薄，大氣壓力就越小
- (D)越往南部氣溫會越高，兩個半球受到地球的引力就越小

12-1. 毛毛買了一個氫氣球，結果不小心鬆手，氣球飛走了，氣球在往上升時，若溫度一定，且不考慮破掉的情況下，則氫氣球會發生什麼現象？

- (A)氣球體積逐漸變大，氣球內氣體密度跟著變大
- (B)氣球體積逐漸變小，氣球內氣體密度逐漸變大
- (C)氣球體積逐漸變大，氣球內氣體密度逐漸變小
- (D)氣球體積逐漸變小，氣球內氣體密度跟著變小

12-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為大氣壓力隨高度上升，壓力逐漸變小，氣球內的壓力跟著變小，所以氣球體積隨著變大，球內密度也隨著變大
- (B)因為大氣壓力隨高度上升，壓力逐漸變大，氣球就逐漸被壓小，球內密度也因此逐漸變大
- (C)因為大氣壓力隨高度上升，壓力逐漸變小，雖然氣球內壓力不變，但氣球內外壓力差越來越大，造成氣球體積逐漸變大，球內密度變小
- (D)因為大氣壓力隨高度上升，壓力逐漸變大，氣球內壓力跟著變大，所以氣球體積逐漸變小，球內密度也隨著變小

13-1.用排水集氣法在一大氣壓下收集氣體時，瓶內水面比瓶外低時，表示瓶內氣體壓力如何？

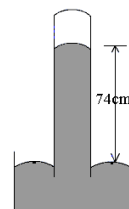
- (A)小於一大氣壓 (B)等於一大氣壓 (C)不大於一大氣壓 (D)大於一大氣壓

13-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為瓶內氣體少於瓶外空氣，所以瓶內氣體的壓力小於外面的一大氣壓
(B)因為是在一大氣壓下收集氣體，所以不論是瓶內還是瓶外，壓力都一樣
(C)因為瓶內收集的氣體少於瓶外的空氣，但是在一大氣壓下收集，因此不會超過一大氣壓
(D)因為瓶內氣體將水面壓的比瓶外低，而瓶外液面是受到當時的大氣壓力，所以瓶內氣體壓力大於一大氣壓

14-1.毛毛在實驗室測量大氣壓力時，所測量到的水銀柱垂直高度為 74cm，裝置如右圖所示。若他將此裝置移至真空室內，則此裝置之水銀柱垂直高度變為多少？

- (A)76cm (B)74cm (C)38cm (D)0cm

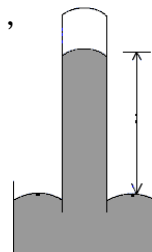


14-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)根據托里切利實驗，在托里切利真空下，水銀柱高 76cm
(B)根據托里切利實驗，在真空狀況下，水銀柱高 76cm，但此實驗結果有些許誤差，所以水銀柱高保持不變
(C)因為在真空環境下，大氣壓力減半，所以水銀柱高度也減半
(D)因為在真空環境下，大氣壓力消失，所以水銀柱不會上升

15-1.Q 蛋在一大氣壓下進行托里切利實驗，結果不慎將玻璃管的上端打破一個洞，請問玻璃管內的水銀柱會發生什麼事？

- (A)稍微往下降一點 (B)維持原來的高度
(C)降到與管外水銀面相同的高度 (D)往上噴

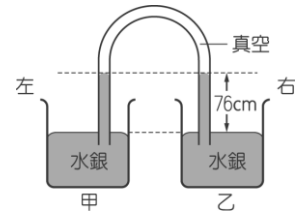


15-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為有大氣壓力由孔洞進入的緣故，所以會稍微把水銀柱往下壓
(B)因此時玻璃管外的水銀與大氣壓力接觸面積比玻璃管內的水銀面為大，所以水銀柱高度保持不變
(C)因玻璃管內與玻璃管外有相同的大氣壓力，所以管內的水銀會到達與管外同一水平面
(D)因玻璃管外的大氣壓力會壓在水銀面上，所以當玻璃管的上端有開口，水銀即會由洞孔噴出

16-1. 有一 U 型的玻璃管，連接甲、乙兩容器，且兩容器內的水銀面在同一高度，如圖所示。若再將水銀注入乙容器，使乙容器內的水銀面上升，則下列敘述何者正確？

- (A) 只有 U 型管內右邊的液面與乙容器的液面會上升，但它們的高度差不變
- (B) 隨著乙容器的液面上升，U 型管內右邊的液面與乙容器的液面高度差下降
- (C) 在 U 型管內，左右兩邊的液面都上升相同的高度
- (D) 在 U 型管內，右邊的液面上升，而左邊的液面下降



16-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A) 根據托里切利實驗，一大氣壓下，水銀柱高 76cm，因此右邊液面上升，右邊 U 型管內水銀也會上升
- (B) 根據托里切利實驗，玻璃管內為真空，因此玻璃管內水銀無法上升，但是乙容器液面上升，所以高度差變小
- (C) 根據托里切利實驗，乙容器液面上升後，右邊 U 型管液面上升，左邊 U 型管為達平衡，所以也會上升
- (D) 根據托里切利實驗，右邊 U 型管液面上升後，由於玻璃管中間為真空，所以壓迫到左邊 U 型管的液面，所以左邊 U 型管液面下降

17-1. 西元 1654 年的「馬德堡半球實驗」是證實大氣壓力很大的實驗之一。若在相同環境下，以不同大小的半徑進行實驗，則欲將半球拉開，下列何者所需馬匹較多？

- (A) 36cm (B) 45cm (C) 60cm (D) 三者都相同

17-2. 呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A) 在相同環境下，因為半球半徑越小，同樣多的大氣壓力作用在較小的面積上，受力較大，所以需要的馬匹越多
- (B) 在相同的環境下，若半球半徑太大，受力面積會很大，造成作用力跟著很大，即使是馬力也不易拉開，所以需要選擇適中的半徑
- (C) 在相同環境下，因為半球半徑越大，受力面積越大，作用力越大，所以需要的馬匹越多
- (D) 在相同環境下，因為大氣壓力皆相同，因此作用在半球的力量皆相同，所以需要的馬匹一樣多

18-1. 毛毛在實驗課上將一支 1 公尺長的玻璃管柱裝滿水倒置在一個水盆中，發現水沒有掉下來，假設可以提供足夠長的玻璃管柱的話，你認為滿水的玻璃管柱倒置時，管內的水柱大約會有多高？

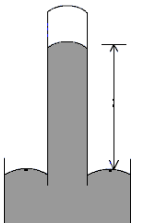
- (A) 10 公尺 (B) 100 公尺
- (C) 只要有大氣層的存在的高度 (D) 沒有極限

18-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為大氣壓力是大氣的重量所產生，根據平地大氣壓力的大小，大約能支撐約 10 公尺的水柱
- (B)大氣壓力是大氣的重量所產生的，根據科學家的實驗結果能支撐約 100 公尺的水柱
- (C)因為大氣壓力是大氣的重量所產生，只要有大氣的地方，就有大氣壓力，所以能支撐玻璃管內的水柱，直到有大氣層的地方為止
- (D)因為大氣壓力是所有大氣的力量，所以很大，沒有極限

19-1.毛毛在一大氣壓下進行托里切利實驗，測試當地的大氣壓力，但不小心讓微量空氣存在玻璃管內，當測試地球表面大氣壓力時，則水銀柱高度會？(一大氣壓=76cm Hg)

- (A)大於 76 公分
- (B)小於 76 公分
- (C)等於 76 公分
- (D)0 公分

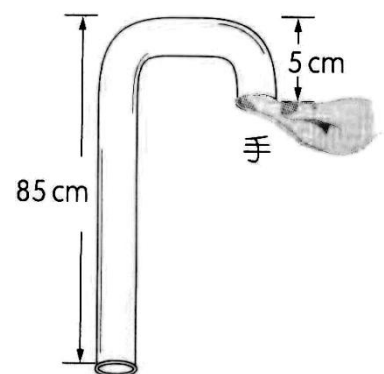


19-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為玻璃管外的大氣壓力會壓水銀，但玻璃管內也有氣體壓力，所以玻璃管外的大氣壓力會施與水銀柱更多的力量，因此會超過 76 公分
- (B)因為玻璃管內有氣體壓力的緣故，所以會稍微把水銀柱往下壓
- (C)因為玻璃管內與玻璃管外都有相同的大氣壓力存在，而實驗是在一大氣壓下進行，所以水銀柱高等於 76 公分
- (D)因為玻璃管內與玻璃管外有相同的大氣壓力，所以水銀柱會下降至與玻璃管外水銀相同的高度

20-1.Q 蛋拿了一個裝滿水銀的彎曲玻璃管，並以手指按住右端的開口(如右圖所示)，請問管內的水銀是否會從左端的開口溢出(假設當時的氣壓為一大氣壓)？

- (A)會，且會全部溢出
- (B)會，但不會全部溢出，且兩邊液體高度不相同
- (C)會，但不會全部溢出，且兩邊液體高度應相同
- (D)不會溢出



20-2.呈上題，你選擇此答案的理由是？

- (A)因為水銀受到重力影響，會向下溢出
- (B)雖然有大氣壓力支撐住水銀，但是還會溢出一些些
- (C)因為連通管原理，所以兩管液面應會等高
- (D)因為有大氣壓力支撐住水銀，所以不會溢出



附錄二

兩種不同想像力層次之問題解決題目

神秘的粉末

學校：_____ 姓名：_____ 座號：_____

一、現在面前有三種粉末，分別是澱粉、葡萄糖和蔗糖，你能不能區別出這三樣東西？

二、你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？



三、你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？

四、你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？

封口的氣球

學校：_____ 姓名：_____ 座號：_____

一、現在面前有一個已經封口的氣球，你能不能讓這個封口的氣球能夠自由的變大和變小呢？

二、你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？



三、你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？

四、你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？

奇妙的鳳梨與果凍

學校：_____ 姓名：_____ 座號：_____

一、現在面前有這兩樣東西(果凍和鳳梨)，你認為把鳳梨放在這個果凍上面，會發生什麼現象？你認為為什麼會這樣？

二、你認為會發生這個現象，是你過去所學的有哪些相關的概念所導致的？

三、現在你認為這個現象的發生是什麼原因造成的呢？

四、現在我希望能讓這塊果凍由固體變為液體，你會怎麼做？

五、你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？

六、你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？

七、你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？



自由的瓶子

學校：_____ 姓名：_____ 座號：_____

一、現在面前有這個瓶子，你認為把這個瓶子倒過來後，水有沒有可能不流出來？
你認為為什麼會這樣？

二、你認為會發生這個現象，是你過去所學的有哪些相關的概念所導致的？

三、現在你認為這個現象的發生是什麼原因造成的呢？

四、現在我希望將瓶子倒過來後，瓶子內的水不要流出來，而且能夠自由的控制水流出的量，你會怎麼做？



五、你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？

六、你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？

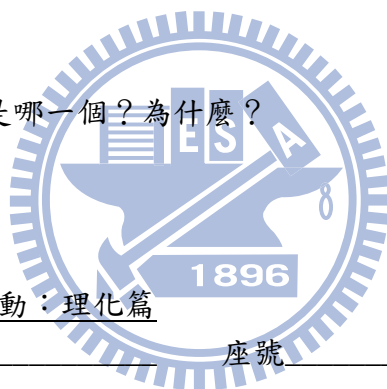
七、你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？

附錄三 兩種不同想像力層次之問題解決活動訪談大綱

不仰賴想像力問題解決活動：生物篇

學校_____ 班級_____ 座號_____ 姓名_____

1. 現在面前有三種粉末，他們分別是澱粉、葡萄糖和蔗糖，你能不能區別出這三樣東西？
2. 你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？
3. 你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？
4. 你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？



不仰賴想像力問題解決活動：理化篇

學校_____ 班級_____ 座號_____ 姓名_____

1. 現在面前有一個已經封口的氣球，你能不能讓這個封口的氣球自由的變大和變小呢？
2. 你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？
3. 你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？
4. 你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？

仰賴想像力問題解決活動：生物篇

學校_____ 班級_____ 座號_____ 姓名_____

1. 現在面前有這兩樣東西(明膠和鳳梨)，你認為把鳳梨放在這個果凍上面，會發生什麼現象？你認為為什麼會這樣？
2. 你認為會發生這個現象，是你過去所學的有哪些相關的概念所導致的？
3. (看影片：明膠被鳳梨分解變為液體)
4. 現在你認為這個現象的發生是什麼原因造成的呢？
5. 現在我希望能讓這塊果凍由固體變為液體，你會怎麼做？
6. 你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？
7. 你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？
8. 你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？

仰賴想像力問題解決活動：理化篇

學校_____ 班級_____ 座號_____ 姓名_____

1. 現在面前有這個瓶子，你認為把瓶子倒過來後，水有沒有可能不流出來？你認為為什麼會這樣？
2. 你認為會發生這個現象，是你過去所學的有哪些相關的概念所導致的？
3. (實際操作讓學生看見水不會流出)
4. 現在你認為這個現象的發生是什麼原因造成的呢？
5. 現在我希望將瓶子倒過來後，瓶子內的水不要流出來，而且能夠自由的控制水流出的量，你會怎麼做？
6. 你認為要解決這個問題，你過去所學的有哪些相關的概念能夠協助解決這個問題？
7. 你能不能運用這些概念想出三個方法解決這個問題？
你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？

附錄四

兩種不同想像力層次之問題解決活動比較

生物_仰賴及不仰賴想像力問題解決活動

問題解決循環	仰賴想像力的生物問題	不仰賴想像力的生物問題
預測	Q:你認為吉利丁果凍(蛋白質果凍)和鳳梨這兩樣東西放在一起,會發生甚麼現象?	
	學生產生想法(需連結概念) (1)不會有變化 (2)果凍會被鳳梨溶解 (3)果凍會被鳳梨分解	
	讓學生看見吉利丁果凍由固體變液體現象(影片)	
	Q:你認為這個現象的發生是什麼原因造成的(連結概念)?	
認定問題	Q:如果我要使這塊果凍由固體變成液體,你會怎麼做?(產生方法)為什麼(連結概念)?(提供學生不同成分的果凍、酸鹼溶液、鳳梨酵素、生熟鳳梨)	Q:這裡有三種分別是澱粉、葡萄糖、和蔗糖的粉末,你能判斷出它們分別是誰嗎??
形成策略	學生產生至少 3 種方法 (需連結概念並解釋): (1)加鳳梨,因為有酸會分解果凍 (2)加鳳梨,因為可能有酵素會分解果凍 (3)加酸,因為酸可分解蛋白質果凍	學生產生至少 3 種方法(需連結概念並解釋) (1)將三種粉末滴碘液、本氏液 (2)將三種粉末溶於水後加入本氏液再加熱。 (3)將粉末加入口水後再加本氏液
監控	Q:你認為最可行的方法是哪一個?為什麼?	Q:你認為最可行的方法是哪一個?為什麼?
實驗操作	學生執行問題解決	學生執行問題解決
評估	學生評估問題解決與否	學生評估問題解決與否

理化_仰賴及不仰賴想像力問題解決活動

問題解決循環	仰賴想像力的理化問題	不仰賴想像力的理化問題
預測	Q：你認為將這個瓶子倒過來後，水有沒有可能不流出來？ (塑膠瓶裝水，杯口以紗網封住)	
	學生產生想法(需連結概念) (1)不管怎麼樣水都會流下來，因為水有重力 (2)如果網子的洞夠小，水可能就不會流出來，因為大氣壓力會擋住	
	示範水瓶倒過來後，水未流出。	
	Q：你認為這個現象的發生是什麼原因造成的(連結概念)？	
認定問題	Q：如果現在我要將瓶子倒過來後，瓶子裡的水不要流出來， <u>而且能自由控制水流出的量</u> ，你會怎麼做(產生方法)？為甚麼(連結概念)？(提供學生不同孔徑的紗網、塑膠片、紗布、絲襪、不同的瓶子等)	Q：你如何讓已經封口的氣球能夠自由的變大變小呢？
形成策略	學生產生至少 3 種方法(需連結概念並解釋)： (1)利用紗網封住瓶口，擠壓水瓶，增加瓶內壓力使水流出。 (2)利用紗網封住瓶口，搖晃水瓶，增加瓶內壓力使水流出。 (3)利用紗網封住瓶口，傾斜水瓶，使壓力不平衡，使水流出。 (4)利用紗網，以手或其他工具破壞紗網上表面張力，使水流出。	學生產生至少 3 種方法(需連結概念並解釋) (1)將氣球放進針筒內，利用壓力使氣球變大變小。 (2)將氣球放進熱水中，利用熱漲冷縮氣球其變大變小。 (3)將氣球放進水桶，利用水壓使氣球能變大變小。
監控	Q：你認為最可行的方法是哪一個？為什麼？ (提供學生不同孔徑的紗網、塑膠片、紗布、絲襪等)	你認為哪一個方法最可行呢？ (提供學生實驗材料)
實驗操作	學生執行問題解決	學生執行問題解決
評估	學生評估問題解決與否	學生評估問題解決與否

附錄五

兩種不同想像力層次之問題解決活動編碼表

Rubric(不仰賴想像力生物問題)

題目：分辨澱粉、葡萄糖、蔗糖三種粉末

問題 解決 階段	分析項目			計分 標準	編碼轉錄標準
認定 問題	相 關 知 識	關 係 近	● 溶解	1 分	T001：關於這三種粉末你想到什麼？ S026：澱粉就是...就是澱粉不會溶解啊。先把他們各取一點點後加水，不會溶解就是澱粉。會溶解就是葡萄糖或蔗糖。
			● 碘液	1 分	T001：你的面前有三種粉末，分別是葡萄糖、蔗糖及澱粉，你能不能分辨這三樣東西？ S006：用碘液 T001：你要用碘液做什麼？ S006：測試澱粉
			● 本氏液	1 分	T001：你過去學過哪些概念跟這有關係。你能不能說說看？ S014：本氏液跟碘液
		關 係 遠	● 口水(酵素)	2 分	T001：你可以分辨出澱粉、蔗糖葡萄糖他們分別是誰，你剛剛想到的有哪些？ S003：用澱粉..

形成策略					T001：用澱粉怎樣？ S003：用澱粉酶可以分解澱粉，然後就會產生葡萄糖。
	不相關知識	● 酸鹼值			
		● 導電度			
		● 沸點			
		● 顆粒大小			
	可行方法數量	● 加碘液、本氏液		1 分	
		● 加口水、本氏液		2 分	
		● 三種粉末分別溶於水後(可分出澱粉)，將另外兩種再加本氏液		1 分	
	可行方法	解釋正確	連結關係近概念	● 先將三種粉末加水，檢驗出澱粉不溶於水。	2 分 S011：我覺得加水能夠溶解的，就是蔗糖還有葡萄糖然後澱粉就比較不容易溶解
				● 利用碘液檢驗澱粉，碘液由黃褐色變藍黑色。	2 分 S011：就是如果碘液加澱粉的話會從黃褐色變到藍的
				● 利用本氏液檢驗葡萄糖，加熱後，本氏液由藍色變成黃綠或橘紅色。	2 分 S033：本氏液的話是加葡萄糖，然後要加熱，結果是變成紅橙黃的顏色
		解釋部分正	連結關係近概念	● 將澱粉加入口水(酵素)後，分解成葡萄糖。	3 分 S019:澱粉加了口水後，因為口水裡有酵素，酵素會幫忙分解澱粉和麥芽糖，然後進入我們的消化食道，分解成葡萄糖
				● 利用本氏液檢驗葡萄糖，但是在顏色變化上解釋錯誤。	1 分 S007：葡萄糖的話應該是用本氏液，顏色應該會變化，他應該會變成藍黑色
				● 利用本氏液檢驗葡萄糖，但是沒有加熱，導致在顏色上無變化。	1 分 S012：葡萄糖用本氏液，然後...澱粉就用碘液測顏色 S012：澱粉的話應該會變青褐色。 S012：葡萄糖加本氏液的話應該會變紅色。

	確	連結關係 遠概念	● 利用口水及本氏液檢驗，但是無法說明口水中含有酵素。	2 分	T001：你可不可以描述一下口水要怎麼來檢驗澱粉？ S006：就直接把口水加到澱粉就可以，然後會冒泡泡 然後再加入本氏液，然後會變色的就是葡萄糖
		解釋不 正確	● 利用碘液及本氏液檢驗，但是使用錯誤。(如：利用本氏液檢驗澱粉。)	0 分	T001：你可以告訴我如何分辨澱粉、葡萄糖跟蔗糖？ S015：澱粉加本氏液會變紅色
	不可行 方法		● 利用加熱觀察其顏色變化。		
			● 利用石蕊試紙或酚酞測酸鹼值。		
			● 吃吃看(舔舔看)，甜味口感不同。		
			● 直接觀察，因為顆粒大小不一樣。		
			● 只說溶於水(未使用其他方法)。		
監控	實際選擇 操作方法		可行 方法	● 方便<材料容易取得>	
				● 以前做過<或看老師做過>	
				● 容易操作<實驗容易成功>	
				● 只有想出這個方法	
			不可行 方法	● 方便<材料容易取得>	
				● 以前做過<或看老師做過>	
				● 容易操作<實驗容易成功>	
				● 只有想出這個方法	
評估	學生自我評估		● 成功		
			● 不成功		
	評分者評估		● 成功		
			● 不成功		

Rubric(不仰賴想像力理化問題)

題目：將封口氣球變大變小

問題解決階段		分析項目			計分標準	編碼轉錄標準
認定問題	相關知識	關係近	● 大氣壓力(壓力)	1分	T001:妳想到的都可以講跟解決這個問題有關的? S024: 那個，大氣的氣壓。	
			● 水壓	1分	T001:妳還有沒有想到其他的，可以幫助妳解決的概念? S025: 那水壓那一種，也算壓力吧。T001: 所以妳認為水壓也可以是嗎? S025: 嗯，應該可以。	
		關係遠	● 熱脹冷縮	2分	T001:那你有沒有想到甚麼概念跟這個問題有關? S034:我是在想說熱脹冷縮，可是要放在熱水跟冰水裡	
		不相關知識		● 浮力		
	形成策略	可行方法數量		● 把氣球放進針筒	1分	
● 把氣球放進冷熱水				1分		
● 把氣球放進水桶				2分		
● 把氣球拿到高山上				2分		
可行方法		解釋正確	連結關係近概念	● 將氣球放進針筒，並說明當外界壓力大於氣球內壓力時，氣球變小；反之氣球變大。	2分	T001: 為什麼放到針筒裡就可以讓他變大變小? S033: 因為針筒口要封緊，押進去的時候壓力就會變大 S033: 就是針筒裡面的壓力變大，然後氣球就會變

					<p>小 T001：那你怎麼讓他變大？</p> <p>S033：就是針筒的頭往外拉</p> <p>S033：因為針筒裡面的壓力變小</p>
			<ul style="list-style-type: none">● 將氣球放在高山上，並說明高山壓力小所以氣球變大；拿到平地時，大氣壓力變大，所以氣球變小。	2 分	<p>T001：那你認為要怎麼讓氣球變大和變小？</p> <p>S012：就...拿到高山啊，就可以看到它變大或縮小。</p> <p>S012：因為山上的東西零食包都會膨脹，空氣也比較稀薄，氣壓也比較小。</p> <p>T001：那要怎麼讓氣球變小？</p> <p>S012：從高山拿到平地去它就會縮小。</p> <p>T001：那它為什麼就會縮小</p> <p>S012：因為氣壓變大，氣球變小。</p>
			<ul style="list-style-type: none">● 將氣球壓進水裡，並說明當水深越深時，水壓越大，所以氣球變小。反之氣球變大。	2 分	<p>T001：那你還有說一個水壓。可以再說說看為什麼嗎？</p> <p>S002：水深越深的話，他的壓力越大，所以把氣球壓下去 就會變小，弄起來的話就會變大。</p>
		連結關係遠概念	<ul style="list-style-type: none">● 將氣球放進冷熱水中，並說明加熱時，氣球內氣體膨脹，則氣球變大。反之氣球變小。	3 分	<p>T001：為什麼加熱就可以讓氣球變大？</p> <p>S011：因為會變熱空氣，然後氣體也會熱脹冷縮，所以裡面的氣體也會膨脹</p> <p>T001：那你要怎麼讓氣球再變小？</p> <p>S011：變小的話，放到冰水裡面</p> <p>S011：放到冰水裡面因為熱脹冷縮，所以氣體會比較小</p>
	解釋部分	連結關係近概念	<ul style="list-style-type: none">● 將氣球放進針筒，認為有壓力變化，但是無法說明或解釋錯誤氣	1 分	<p>T001：為什麼大氣壓力可以讓氣球變大變小？</p> <p>S030：因為針筒壓進去可能會把裡面的壓力變...變</p>

		正確	念	球變大變小的原因。		<p>小吧。</p> <p>S030：然後針筒拉出來的時候就變那個裡面的壓力...變大</p> <p>T001：那跟氣球的關係呢？那氣球是怎麼樣？</p> <p>S030：壓力變小，然後他就跟著變小。</p>
				<ul style="list-style-type: none"> ● 將氣球拿到高山上，認為有壓力變化，但是無法清楚或解釋錯誤氣球變大變小的原因。 	1 分	<p>T001：你能不能解釋大氣壓力讓氣球變大和變小？</p> <p>S031：嗯...放在大氣壓力多的地方和小的地方。</p> <p>T001：什麼是大氣壓力多的地方和大氣壓力少的地方？</p> <p>S031：山上跟山下就平原啊。</p> <p>T001：你認為山上跟山下會有什麼差別？</p> <p>S031：也是變大跟變小。</p> <p>T001：那放在哪裡會變大呢？</p> <p>S031：放在山上。</p> <p>T001：為什麼？</p> <p>S031：嗯...不知道。</p>
				<ul style="list-style-type: none"> ● 將氣球壓進水裡，認為水有水壓，但是無法清楚或解釋錯誤氣球變大變小的原因。 	1 分	<p>T001：請你要用什麼方法讓他可以變大和變小？</p> <p>S006：水位比較高的，然後壓下去，他的體積就會膨脹</p> <p>T001：為什麼？</p> <p>S006：因為深度...變高了，壓力變大，所以氣球就會膨脹</p>
		連結關係遠概念		<ul style="list-style-type: none"> ● 將氣球放進冷熱水中，能說出熱脹冷縮，但是無法清楚或解釋錯誤氣球變大變小的原因。或者僅 	2 分	<p>T001：那你覺得用甚麼方法可以讓氣球放大跟縮小呢？</p> <p>S020：加熱的話它會變大</p>

			解釋氣球內的某些成分(氧氣膨脹)氣體才會膨脹。		S020：因為熱脹冷縮 T001：那是甚麼東西熱脹冷縮？ S020：氣球．．氣球裡面的氧氣
	解釋 不正 確	● 能將氣球放進冷熱水，但無法解釋其概念及原因(只說看老師做過)。	0 分		
		● 能將氣球放進針筒，但無法解釋其概念及原因(只說看老師做過)。	0 分		
		● 能指出將氣球拿到高山上會變大或變小，但無法解釋其概念及原因(只說看老師做過)。	0 分		
	不可行方法	● 用手壓氣球、拉氣球改變其形狀。			
● 在氣球上戳洞打氣再補起來。					
監控	實際選擇 操作的方法	可行方法	● 方便<材料容易取得>		
			● 以前做過<或看老師做過>		
			● 容易操作<實驗容易成功>		
			● 只有想出這個方法		
		不可行方法	● 方便<材料容易取得>		
			● 以前做過<或看老師做過>		
			● 容易操作<實驗容易成功>		
			● 只有想出這個方法		
評估	學生自我評估	● 成功			
		● 不成功			
	評分者評估	● 成功			
		● 不成功			

Rubric(仰賴想像力生物問題)

題目：將明膠(蛋白質果凍)由固體變為液體

問題解決階段	分析項目			評分標準	編碼轉錄標準
預測現象	● 沒有改變				
	● 果凍溶解				
	● 果凍分解				
	● 果凍顏色改變				
	● 果凍會變酸				
	● 果凍變成碎塊狀				
	● 鳳梨會鑲在果凍內				
認定問題	相關知識	關係近	● 酸鹼	1 分	T001：還有沒有什麼方法可以讓他從固體變液體？S008：其實如果加一點強酸強鹼我覺得也有可能會分解。
		關係近	● 溫度	1 分	T001：你覺得還有什麼方法可以讓它固體變成液體呢？ S024：...加熱。 T001：為什麼是加熱？ S024：因為蛋白質會變性。
		關係遠	● 酵素	2 分	T001：你有沒有學過跟這個有關係的？可以讓果凍由固體變成液體？ S011：就是加可以分解蛋白質的東西 T001：你所可以再描述清楚一點嗎？

						<p>S011：恩...腸液胰液都可以可以分解蛋白質的東西。</p> <p>T001：你可以稍微描述一下嗎？</p> <p>S011：應該是酵素。</p>
			● (酵素)專一性		2 分	<p>T001：你說要分解能蛋白質的酵素才可以是嗎？</p> <p>S019：嗯。</p> <p>T001：如果他不是呢？</p> <p>S019：嗯...那應該就沒有作用了吧。因為酵素不是會有專一性嗎？就是，比如說胃蛋白酶專門分解蛋白質，他不會分解脂質啊。</p>
	不相關知識	● 纖維素				
		● 溶化				
		● 溶解				
		● 醣類				
		● 重量				
	可行方法數量		● 放鳳梨在果凍上		1 分	
			● 加熱果凍		1 分	
			● 加酸在果凍上		2 分	
			● 加酵素粉在果凍上		3 分	
形成策略	可行方法	解釋正確	連結關係近概念	● 將蛋白質果凍加入酸，並能說出蛋白質受酸鹼影響而分解。	2 分	<p>T001：我現在希望果凍從固體變成液體，那你會怎麼做？</p> <p>S011：加酸進去。</p> <p>T001：那你會加酸進去的原因是？</p> <p>S011：因為酸可以把蛋白質分解掉。</p>
				● 將蛋白質果凍加	2 分	<p>T001：你覺得還有什麼其它方法可以讓它固體變</p>

				熱，並能說出蛋白質受溫度影響而分解。		成液體呢？ S024：...加熱。 T001：加熱，為什麼？ S024：因為蛋白質會變性。
			連結關係遠概念	● 將蛋白質果凍加入酵素(粉末)，並能說出蛋白質會受酵素作用分解。	3 分	T001：除了這個想法，還有想到什麼？ S012：酵素 T001：為什麼酵素可以讓果凍變成液體？ S012：因為蛋白質被分解。
		解釋部分正確	連結關係近概念	● 將蛋白質果凍加入鳳梨，但認為蛋白質可能受到鳳梨的酸的作用分解。	1 分	T001：你認為有什麼方法可以讓它變成液體？ S012：鳳梨放上去 T001：為什麼？ S012：鳳梨的酸 T001：為什麼？ S012：因為蛋白質被分解。
				● 將果凍加入酸，認為酸會分解果凍，但沒有提到蛋白質會受酸分解。	1 分	T001：你認為還有沒有別的方法，可以讓這個果凍由固體變成液體？ S005：...用鹽酸。 T001：為什麼要用鹽酸？ S005：腐蝕啊。 T001：為什麼用鹽酸就可以腐蝕這個果凍？ S005：鹽酸...什麼東西都可以腐蝕啊。
			連結關係遠概念	● 將蛋白質果凍加入鳳梨，但認為蛋白質可能受鳳梨內酵素作用分解。(酵素)	2 分	T001：所以，那為什麼放鳳梨上去就會變液體？ S016：蛋白質。可以分解蛋白質。 T001：什麼東西可以分解蛋白質？ S016：酵素去分解它的蛋白質嘛。

						T001：你認為鳳梨有酵素可以去分解 S016：應該吧。
		解釋不正確		● 將蛋白質果凍加入鳳梨，但無法解釋或解釋錯誤任何原因。	0 分	T001：我希望讓果凍由固體變液體，你會怎麼做？ S031：把鳳梨放上去啊。 T001：把鳳梨放上去，你為什麼會這麼做？ S031：因為他把鳳梨擠壓啊，然後就碎掉。
		不可行方法	● 搗爛(壓碎)			
			● 溶在水裡			
監控	實際選擇操作的方法	可行方法	● 方便<材料容易取得>			
			● 以前做過<或看老師做過>			
			● 容易操作<實驗容易成功>			
			● 只有想出這個方法			
		不可行方法	● 方便<材料容易取得>			
			● 以前做過<或看老師做過>			
			● 容易操作<實驗容易成功>			
			● 只有想出這個方法			
評估	學生自我評估	● 成功				
		● 不成功				
	評分者評估	● 成功				
		● 不成功				

Rubric(仰賴想像力理化問題)

題目：自由控制倒過來的水瓶流量

問題解決階段	分析項目			評分標準	編碼標準
預測現象	(1)只要網子有洞一定會流出來。				
	(2)視網子洞的大小(密度)而定。				
	(3)視瓶內水量而定。				
認定問題	相關知識	關係近的	● 大氣壓力(壓力)	1 分	T001：你過去有沒有學過跟這個相關的概念。 S007：大氣壓力。 T001：大氣壓力怎麼擋住它？ S007：就空氣往上推啊
			● 水壓	1 分	T001：還有什麼原因讓他水不掉下來？ S034：因為大氣壓力這樣支撐著讓水滴掉不下來，就是大氣在底下，水壓力在中間這樣把他...像夾心餅一樣把他夾住，
		關係遠的	● 表面張力	2 分	T001：你過去有沒有學過跟這個有關的？ S008：因上面有水的壓力壓下來，下面又有大氣壓力壓上去，再加上，雖然這個不是緊密的，但水有表面張力，表面張力會在這邊。
	不相關知識	● 質量			
形成策略	可行方法數量	● 使用網子，再擠壓瓶身。		2 分	
		● 使用網子，再搖晃瓶身。		2 分	
		● 使用網子，傾斜瓶身。		3 分	

	可行方法	解釋正確		● 使用網子，利用手破壞網子的鬆緊程度。	1 分	
			關係近	● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，並擠壓瓶身增加瓶內壓力，使水流出。	2 分	T001：你可不可以講清楚為什麼壓那個瓶子，水就會噴出來？ S011：因為壓著的話，裡面壓力就更大，然後水就會噴出來。因為有大氣壓力去壓它，如果倒過來的話。所以水不會噴出來。
				● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，並搖晃瓶身增加瓶內壓力，使水流出。	2 分	T001：你認為水有沒有可能不流出來？ S005：...大氣壓力。 T001：你要不要說說看大氣壓力什麼？ S005：把他封住。 T001：你可不可以解釋為什麼搖一下水就會流出來？ S005：因為衝擊力他就會流出來。
				● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，並傾斜瓶身破壞其表面張力，使水流出。	2 分	
			關係遠	● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，並利用手破壞其表面張力使水流出。	3 分	T001：你剛剛說大氣壓力會怎樣？ S008：從下面支撐他，因為大氣壓力是由四面八方來。 T001：可是你要讓水流出來的時候要怎麼做？ S008：只要把手碰到網子上面稍微嚙一嚙，就是讓他的表面張力稍微亂掉或者是加肥皂進去，讓他沒有表面張力就會流出來。
		解釋部	關係近	● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，但無法說明或解釋錯誤擠壓瓶身的原因。	1 分	T001：那為什麼後來就沒有漏了？ S024：...因為大氣壓力在下面支撐水的重量 T001：請問你為什麼壓瓶子水就會流出來？

		分 正 確			<p>S024：裡面的空氣也會跑出來阿。</p> <p>T001：那瓶內有什麼改變呢？你覺得？</p> <p>S024：瓶內的空氣喔...阿...瓶內的水改變了，水變少。</p>
			● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，但無法說明或解釋錯誤搖晃瓶身的原因。	1 分	<p>T001：你能不能說說看為什麼倒過來就不會流？</p> <p>S030：就倒過來的時候下面有那個...就是大氣壓力頂著，然後，搖一搖他就把...就是，他會往上，然後再往下，所以就，裡面的壓力就會變小...</p>
			● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，但無法說明或解釋錯誤傾斜瓶身的原因。	1 分	<p>T001：你有沒有什麼方法來解決這個問題？</p> <p>S032：用網子把瓶口蓋住，然後傾斜一點水會流出來。</p> <p>T001：為什麼傾斜水就會流出來？</p> <p>S032：因為傾斜比較少的水會...就是不會塞在瓶口那邊。所以這樣比較容易流出來。</p> <p>T001：那為什麼可以讓他不流出來？</p> <p>S032：因為大氣壓力會把他壓住。</p>
		關係遠	● 使用網子並能說明大氣壓力能向上抵住不讓水流出，但無法說明或解釋錯誤利用手控制網子鬆緊的原因。	2 分	<p>T001：你有沒有什麼方法解決這個問題？</p> <p>S025：如果要放水的話，就放鬆一點。</p> <p>T001：為什麼弄緊一點就不會流出來？</p> <p>S025：大氣壓力支撐它。</p> <p>T001：為什麼放鬆一點水就會流出？</p> <p>S025：因為他中間有空隙。</p> <p>T001：什麼的空隙？為什麼放鬆水就會流出？</p> <p>S025：我不會講。</p>
		解釋不	● 利用網子，但認為水會"停留"在網子空隙，使用擠壓或搖晃瓶身的方式使水流出。	0 分	<p>T001：我希望能夠自由的控制水流的量你會怎麼做？</p> <p>S031：用擠壓的。把網子蓋上去，然後倒過來，然後用擠壓的讓水出來。</p>

		正確			T001：為什麼用擠壓的就可以讓水流出來？ S031：就是...本來倒過來，然後水就剛好在網子的上面那邊，瓶子裡面，如果再擠壓的話，滿出來的，就是剛好的，然後就會剛好滿出來，所以就會掉下來。
	不可行方法	● 玻璃片(培養皿、塑膠片)			
		● 用手檔			
		● 加戳洞瓶蓋			
		● 加裝水閥裝置(瓶蓋或水龍頭裝置)			
		● 剪破網子再補起來			
監控	實際選擇操作的方法	可行方法	● 方便<材料容易取得>		
			● 以前做過<或看老師做過>		
			● 容易操作<實驗容易成功>		
			● 只有想出這個方法		
		不可行方法	● 方便<材料容易取得>		
			● 以前做過<或看老師做過>		
			● 容易操作<實驗容易成功>		
			● 只有想出這個方法		
評估	學生自我評估	● 成功			
		● 不成功			
	評分者評估	● 成功			
		● 不成功			