

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫七："物質是由粒子所組成"創新教學設計之分段能力 指標詮釋研究

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2522-S-034-001-

執行期間：92年05月01日至93年07月31日

執行單位：中國文化大學化學系

計畫主持人：黎世源

計畫參與人員：顏宏裕

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 8 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告

【科學素養學習成就評量 - 子計畫：“物質是由粒子所組成”創新教學設計之分段能力指標詮釋研究】

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92 - 2522 - S - 034 - 001

執行期間： 92年 5月 1日至 93年 7月 31日

計畫主持人：黎世源

計畫參與人員：顏宏裕

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 完整報告

執行單位：中國文化大學化學系所

中 華 民 國 93年 8月 6日

摘要

本研究計畫之目的在於發展出自然與生活科技學習領域中「物質是由粒子所組成」之主題式創新教學模組 - 「擴散現象」。該教學模組素材均取自日常生活用品，藉由觀察「擴散現象」的教學活動導引學生瞭解物質是由粒子所組成之概念，基本上它是一套以學生為學習主體，以生活經驗為重心之主題式、生活化、適性化之實作教學活動設計，該教學活動內容賦予學生創造思考的自主空間，以分段能力指標為其教學目標。藉此「擴散現象」教學模組並可詮釋“2-4-4-4知道物質是由粒子所組成”之分段能力指標。其詮釋內容如下：藉由擴散現象，諸如：香水、花香之散發味道、沖泡咖啡、添加奶精於咖啡與煙霧、雲霧散開等擴散情形瞭解物質是由粒子所組成。

九年一貫課程目標是培養出國民生活所需的基本能力 (Key Competency)，故本研究之課程設計是以學生為學習主體、以生活經驗為重心，以啟發學生對於自然科學的興趣，並且在教學活動中導入科學素養 (Science Literacy) 學習成就評量。由於教學目標多元化，評量內容多元化，評量方式也多樣化。在教學的過程中透過小組實作的活動方式，如何面對問題解決問題，並評鑑學生的1. 知識認知2. 過程技能3.

思考智能4.科學態度5.傳達等科學素養五項能力,教材內容則包含有資料閱讀、問題提問、實作活動列舉、紙筆測驗示例等,其目的是讓自然科學教師能根據其學校特色或課程需要作彈性選擇,可以將教材議題延伸擴大或者在考量時間不足的情況下將教學活動範圍縮小,達到以學校為本位並且有效率的教學活動。本教學模組最主要的特色是以問題為導向,學生發問的問題可以是非結構性之發散問題。此與以往的教學方式是以記憶科學知識導向不同,教學活動的設計將以生活化的議題來引起學生的興趣,使學生不再對科學學習感到害怕或者無趣,透過實作的活動方式來落實「作中學」(learning in doing)的理念,以增進學生科學技術,而將九年一貫新課程之基本精神落實到教學與教材。

綜上所述,本研究計畫之結果如下:

1. 設計出「擴散現象」之教學模組。
2. 由此「擴散現象」教學模組可詮釋「2-4-4-4知道物質是由粒子所組成」之分段能力指標。
3. 該教學模組之教學活動內容留給學生創造思考的自主空間。
4. 以往上課老師係以演講式教學法進行教學,學生照單全收,如今透過小組活動,全班動員,學習氣氛熱絡。

5. 教學與評量同步進行。
6. 由於教學目標多元化，評量內容多元化，評量之方式也多樣化。
7. 可將新課程之基本精神落實到教學與教材，具有其可行性。

關鍵詞：物質是由粒子所組成、擴散現象、教學模組、九年一貫課程、
分段能力指標、科學素養。

目錄

摘要	
目錄	IV
第一章 緒論	
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 名詞解釋	3
第四節 研究範圍與限制	4
第二章 文獻探討	
第一節 近代科學本質的哲學理論潮流	6
第二節 STS 生活化教學理念	14
第三節 合作學習	26
第四節 九年一貫課程與評測技術	34
第五節 小結	63
第三章 研究方法及設計	
第一節 研究方法	65
第二節 研究設計	67
第三節 研究工具	69
第四章 結果討論	

第一節	教學模組可行性討論	70
第二節	專家對模組的評鑑	71
第三節	評量的實施	74

第五章 結果與建議

第一節	研究結果	75
第二節	研究建議	76
參考文獻		77

附錄

擴散現象教學模組	85
教學活動設計照片	102

第一章緒論

九年一貫課程的設計是一個跨世紀的教育改革工程，當大家對於其改革的目標給予深厚期待的同時，我們必須要有所準備才能將這個目標達成。

在以前的教育是屬於傳道、授業、解惑式的教育方法，其所學的知識是非常明確之理論系統。但是學生未來面對的並不是只是自然科學知識的傳遞，而是要面對生活環境、面對工作挑戰種種問題，因此，若是將教育的目的訂為是為了改善人類生活環境、培養個人在日常生活中所需問題解決的能力，則符合九年一貫課程的理念與目標。

在這種教學理念下，學生學習的方式需要作根本的改變，因此，以學習者為主體的教學活動之設計成為一項很重要的工作。

第一節 研究背景與動機

今日拜科技進步迅速，人類正享受著科技為生活帶來的便利與舒適，而在此同時，網路的崛起造成國際化的蔓延，知識傳遞更加快速，為了提升國家的競爭力與對社會的期待，教育部推動了九年一貫課程，並且把課程目標訂在培養國民所需的基本能力，在分階段、分領域的架

構下設計課程。

而為了達成多元能力的養成，以及有效率的教學活動，在課程的規劃下將以適性教育、統整課程及學校本位教材的策略來實現新式教育的工作，因此，為了呼應此一潮流，本研究將在符合九年一貫課程的理念及目標下，設計一個以學生為主體的教學模組，來做一創新教學的研究，並期待以這樣的教學方式落實在自然與生活科技學習領域中，探討如何培養學生達成九年一貫課程所需基本能力。

第二節 研究目的

本研究計畫之目的在於發展出自然與生活科技學習領域中「物質是由粒子所組成」之主題式創新教學模組 - 「擴散現象」。該教學模組素材均取自日常生活用品，藉由觀察「擴散現象」的教學活動導引學生瞭解物質是由粒子所組成之概念，基本上它是一套以學生為學習主體，以生活經驗為重心之主題式、生活化、適性化之實作教學活動設計，該教學活動內容賦予學生創造思考的自主空間，以分段能力指標為其教學目標。藉此「擴散現象」教學模組並可詮釋“2-4-4-4 知道物質是由粒子所組成”之分段能力指標。其詮釋內容如下：藉由擴散現象，諸如：香水、花香之散發味道、沖泡咖啡、添加奶精於咖啡與煙霧、雲霧散開

等擴散情形瞭解物質是由粒子所組成。

九年一貫課程目標是培養出國民生活所需的基本能力 (Key Competency) , 故本研究之課程設計是以學生為學習主體、以生活經驗為重心, 以啟發學生對於自然科學的興趣, 並且在教學活動中導入科學素養 (Science Literacy) 學習成就評量。由於教學目標多元化, 評量內容多元化, 評量方式也多樣化。在教學的過程中透過小組實作的活動方式, 如何面對問題解決問題, 並評鑑學生的 1. 知識認知 2. 過程技能 3. 思考智能 4. 科學態度 5. 傳達等科學素養五項能力, 教材內容則包含有資料閱讀、問題提問、實作活動列舉、紙筆測驗示例等, 其目的是讓自然科學教師能根據其學校特色或課程需要作彈性選擇, 可以將教材議題延伸擴大或者在考量時間不足的情況下將教學活動範圍縮小, 達到以學校為本位並且有效率的教學活動。本教學模組最主要的特色是以問題為導向, 學生發問的問題可以是非結構性之發散問題。此與以往的教學方式是以記憶科學知識導向不同, 教學活動的設計將以生活化的議題來引起學生的興趣, 使學生不再對科學學習感到害怕或者無趣, 透過實作的活動方式來落實「作中學」(learning in doing) 的理念, 以增進學生科學技術, 而將九年一貫新課程之基本精神落實到教學與教材。

第三節 名詞解釋

本研究重要名詞有科學素養、主題式教學、多元評量、基本能力，茲就其定義說明如下：

1. 科學素養：在自然與生活科技學習領域中把十項基本能力用科學素養來表示，目的是為了闡明學生於學習完自然與生活科技學習領域課程所需具備有的基本能力，在此將以教育部所公佈國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域所編訂的(1)過程技能(2)科學與技術認知(3)科學本質(4)科技的發展(5)科學態度(6)思考智能(7)科學應用(8)設計與製作等八項能力指標來表示。
2. 主題式教學：是以一議題為中心的教學活動，該議題的設計可依教學目的、授課時數的需要，設計成包含幾個小議題的大主題，或者是涵蓋課程概念知識較小的小議題，在此研究中將以學生為主體、以生活經驗為重心、能夠讓學生感到學習興趣的教材，作為主題式教學的設計。
3. 多元評量：在自然與生活科技學習領域中教學目的是讓學習者具備科學素養，因此，為了評鑑出學生學習的結果，在教學過

程中將以多元評量方式來對學生學習成績作評鑑，包含項目為
(1)晤談(2)實作評量(3)卷宗評量(4)紙筆評量(5)媒體評量(6)
心得論述(7)成果發表等方式多元進行。

4. 基本能力：自然與生活科技學習領域的教育目標是學生學習完課程後應具備有八項科學素養能力。

第四節 研究範圍與限制

本研究預計進行的方式為，以擴散為主題設計一個教學模組，並且將擴散的問題拆解成幾個子問題，讓學生以常態分組或者是否以合作學習的模式異質分組，用不同的角度去觀察與擴散現象有關的問題，並且由學生設計實驗活動去證實其觀點是否正確，學生在經由一連串的科學實作後，將對於其概念認知團體技巧有所幫助，也由於所欲解決的問題是與科學有關，藉由這種歷程將可以培養出學習者的科學素養。科學素養的培養需要一系列的科學課程才可以達成，故本研究之結果只適合作相仿研究的參考，並不適合作過度的推論。

第二章 文獻探討

教育學家杜威曾說：「哲學是教育的普通原理」；「教育即生活」；「教

育即經驗的繼續重整與改造，使經驗的意義增加，使經驗的能力增進」。換言之，生活與教育是分不開的，而教育是哲學原理的應用。Carey & Stauss (1970)認為『影響科學課程與科學學習的兩大因素是當代的心理學或學習理論與科學哲學』。本文將從科學本質的哲學思潮、建構主義、STS 教學理論與合作學習等，探討為何要以主題式教學模組作為培養學生科學素養的教材。

第一節 近代科學本質的哲學理論潮流

一. 理性主義

早期認為知識來自理性，一切知識無須外求，均自先天觀念中演繹出來，只有理性的知識才能默思萬物的真實，了解必然的關係認識其永恆的形勢，這種直觀的、固有的及清晰明白的知識，才是真正的知識。

(王靜如，2003)

二. 經驗主義

經驗主義對知識的來源的主張與理性主義正好是相對的，經驗主義認為：任何形式的知識不論分析的或綜合的知識，不可能先天存在，即使是數學定理也是從許多經驗中抽離而得，知識有理性的成分，但理性本身不能產生知識，一切知識均從經驗中歸納而得。(王靜如，2003)

三.實證主義與建構主義的理論基礎

實證主義繼承了經驗主義，其主張為唯有透過科學實驗的實證方法所獲得的知識，才是真知識；因此，科學知識才是真知識或真理這樣的知識論觀點，在工業革命時代各國無不以教育優秀的科學家或工程師為主是相契合的，這種教育理論是把知識當成主體，認為知識是先天存在的，無須思索科學學習，就好像教師利用一支導管將知識輸送給學生，這種被動的接受教育的方法，就如同考生為了聯考，上補習班接受填鴨式教育，這在古代知識單純(都是聖賢書的年代)以及工商業並不蓬勃的年代，的確很適用，要想成為聖人先從模仿聖人、學習古聖先賢言行著手；而後基於對實證主義的反動，而出現了建構主義。

建構主義主張認知為主體，重要的建構主義基礎有：Piaget 認知心理學理論和 Vygotsky 的社會認知發展理論，並且由這兩個理論基礎衍生出 1. 激進建構主義 2. 社會建構主義 3. 情境建構理論等派別，雖然建構主義在科學教育中仍是一個受爭議的議題

(Matthews, 1997, 2002; Phillips 1995)，但是近年來無論是在科學課程發展或教學實踐，都可以看見建構主義的理論對當今科學教育有深遠的影響 (Matthews, 2002)，我們甚至可以說建構主義的理論是當今科學教育理論的主流。(吳穎汕，2003)

在 Piaget 的認知心理學理論中，引用了生物學「適應」(adaptation) 的概念來詮釋個體的認知發展，他認為認知主體的概念結構和其所經驗的世界的關係，就如同是存活的生物有機體和環境的關係，所以人類的認知運作是認知主體與認知客體— 外在環境交互作用的歷程；他所研究的方向著重在兒童知識習得的歷程利用「認知結構」(cognitive structure) 或「基模」(schema) 來表徵儲存在大腦中的知識，他認為知識的習得是當個體面對外在世界的新事物時，會先運用自己已有的基模來處理新事物，透過「同化」(assimilation) 的方式，試圖將新事物納入已有基模之中、而當個體無法將新事物同化到基模中時，便會產生認知的「失衡」(disequilibrium)，此時個體必須透過「調適」(accommodation) 的方式修改其既有的基模，以求再次達到認知「平衡」(equilibration) 的狀態；換言之，知識習得的歷程就是個體透過「同化」、「調適」、「失衡」和「平衡」等認知功能，不斷的組織其經驗以適應環境，以達到認知個體的「認知平衡」(cognitive equilibration) (Bodner, 1986; Fosont, 1996)。基本上，這是個體內在基模或認知結構持續建構與再建構的歷程。也因此，知識對於個體而言，是幫助其對所經驗之世界的「適應」(adaptation)，而非對真實世界的「表徵」(representation)，所以知識絕非真實世界的複製 (von

Glaserfeld, 1996)。這種論調無非是說明認知的客體，而非實證主義的客體論。

另一位代表人物是 Vygotsky，他認為人類的知識分成兩種，一種源於各體本身的覺知及與父母、同儕互動後所產生的「直觀、質樸的知識」，這樣的知識受到語言、文化和其他個體的影響；另一種則是經由正式教學活動所產生的「學科知識」（Fosnot, 1996; West & Pines, 1985)；「直觀、質樸的知識」是在學習的過程中自然發展的；而「學科知識」是各學科社群所正式認同的知識，「學科知識」最大的特徵就是具有權威性（West & Pines, 1985）。Vygotsky (1962) 認為：雖然上述兩種知識的發展是反向的，可是它們發展的過程卻是緊密相關的。學習者的質樸知識必須發展到一定程度，才有能力可以吸收相關的正式知識，他認為概念成長的歷程是一個交互作用而整合的系統，學生以學校正式學習的概念來理解日常生活（自發性）的概念，及以日常生活的理解來瞭解學校的概念。West & Pines (1985) 以「藤蔓的生長」作為隱喻，來形容這個兩種知識或概念整合的歷程，學生對自然世界的質樸知識如同向上生長的藤蔓，是源於個體本身的成長，而另一個知識的起源是來自於正式教學，如同向下生長的藤蔓，非源於個體本身，概念的學習就是兩種類型概念的整合，如同兩種藤蔓互相纏結形成粗壯的藤蔓一

般。

Vygotsky 認為「促進學習」就是讓學習者的概念從「自發性」的質樸概念遷移到「系統性」的正式概念，因此，他進一步提出「最近發展區」(zone of proximal development) 的概念來說明促進學習的方法，他認為學童在概念形成過程中，若經由大人或能力較高的同儕協助下，可以啟發他的學習潛能，達到較高的學習水平。他將學習者自己實力所能達到的水平與經由他人給予協助之後所可能達到的水平，兩種水平之間的差距稱為「最近發展區」，而別人所給予兒童的協助則稱為「鷹架作用」(scaffolding)。

建構主義在這兩大理論基礎下所衍生的派別眾多，但是大致可以按其所以主張之教育學習情境分成三種主要的形式：「激進建構主義」、「社會建構主義」和「情境建構主義」。

(1) 「激進建構主義」(von Glasersfeld, 1989, 1993)：

著重於個體內在情境對於個體學習的影響，認為個體內在的認知結構對於學習的影響最大。

(2) 「社會建構主義」(Solomon, 1987)：

強調學習者外在情境脈絡，特別是教室中個體與同儕或教師的互動對於學習的影響。

(3) 「情境建構主義」(Cobern, 1993):

相較於「社會建構主義」強調學習者外在情境脈絡 - 教室對於學習的影響,「情境建構主義」認為語言 (Rollnick, 1998) 文化 (Cobern, 1993; Ogawa, 1989, 1998) 信仰 (Poole, 1998) 性別 (Scantlebury, 1998) 等更大的外在情境脈絡對於個體的學習是最具影響力的。

雖然建構主義有眾多不同的派別,但是若不考慮各學派間的差異,單就對於個體的學習而言,我們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)。換言之,建構主義有下列三項共同的基本主張: 一、知識是認知個體主動建構而來的,無法由教師的腦中直接轉移到學習者的腦中 (Bodner, 1986; Driver et al., 1994)。二、認知是個體組織其經驗世界,而非發現本體性的事實。知識是個人經驗的合理化與適應化,而非說明外在世界的真理 (von Glaserfeld, 1989, 1993 ; Forsont, 1996 ; Appleton, 1993 ; Driver & Bell, 1986)。三、後續知識必須植基於先備知識 (prior knowledge) 且受限於先備知識 (Wanderse, Mintzes & Novak, 1994 ; Driver & Bell, 1986)。就第一點主張而言,建構主義者一再強調認知主體在知識獲得歷程中的主動性與重要性,並認為知識不可能由外人直接傳遞給認知主體,認知主體也不會對他人傳送的知識照單全收。主動的關鍵就在於認知主體對

各種出現的知識現象會依據自己的先備知識、經驗來衡量並賦予意義，從而轉化了他人提供的知識並以自己觀點加以詮釋。而就第二點主張，當認知主體依據自己有限的知識、經驗來進行意義的詮釋時，所建構出的知識只是自己經驗的合理化及實用化而已(von Glasersfeld, 1989)。

von Glasersfeld 認為知識的建構只是在尋找對真實 (reality) 是「適合」(fit) 而非「相符」(match)。我們無法確定，所建構的知識就是世界的終極寫照，因此，建構主義者不將重點置於探討真理的問題，強調每個人的知識是自己主動建構而來且非最終真理，各知識也必然帶有變化的可能，既然知識是個人化而非真理化，因此，建構主義者不主張以正確或錯誤來區分人們不同的知識概念，誠如 Driver & Bell (1986) 所認為「若學生所使用的想法若對他們而言是有用的，何必要去改變這些想法呢？」。就第三點主張而言，學習者並非如傳統的觀點所認為是一張「白板」(blank tablet) 而進入學習情境當中 (Novak & Gowin, 1984)，而是帶著如 Vygostky 所述的直觀、質樸知識，而這些就是學習者的先備知識。許多研究者都指出學習者的先備知識是影響學習最重要的因素之一 (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978)。(轉引吳穎沛，2003)

在本節中所討論的結論為以下三點：

1. 建構主義強調認知的客體性與學習者的主動性，可以讓學生的思考智能具有發揮空間。
2. 建構主義以處理生活經驗和連結先備知識為認知目的和傳統教學以記憶之累積看法不同。
3. 建構主義認為學習者是帶著生活經驗進入課程中和傳統教學的導管傳輸知識的觀點不同，而九年一貫課程即是以生活經驗為重心的教學策略，並且讓學生的學習更有意義。

第二節 STS 教學理念

科學/技術/社會(Science-Technology-Society ,STS)一詞最早出在歐洲，當二次世界大戰末期，科學家看到原子彈對於人類的傷害，英國的一群年輕物理學家在比爾威廉斯博士領導下，巡迴全國教導大眾有關輻射線的知識，在這背景之下的 STS 教育理念是科學家對於社會責任的一種自覺，當時發起此運動的科學家認為：科學的發展不應該只是一種深奧知識，尤其在民主政治已經成為世界各國潮流的時代更應將科技與生活環境結合，讓民眾能了解科技，進而能正確的實行民主決定權。

1957 年 10 月 4 日，蘇聯發射首座人造衛星成功，引發英美及西歐

國家震驚。以科技強國自詡的美國受此影響，決心在科技上超越蘇聯，於是興起科學教育改革浪潮，致力改善中小學的科學與數學教育，以培養大量優秀的科技人才（張世璿，2001）；在社會需求與國內人民殷切期盼之下，在美國國家科學基金會（National Science Foundation, NSF）的資助之下發展了許多新的科學課程。這些新課程的基本假設是：「如果學生瞭解科學的方式如科學家瞭解科學的方式，則科學自然具有趣味性。」（蘇宏仁，1997）在這理念下即是 STS 課程具有增進學生對科學學習興趣的功能。

STS 的定義為：「一種以生活裡或社會上所關切的問題為議題（或主題），經由學生自行察覺並主動地對問題從事探究。藉由這種探究的過程，分析了解問題、評估問題的重要性、以及對處理問題時之設計、安排、操作等各種技術的運作，經過這些活動獲得知識得增進和能力的增強。此種以科學性的、實作的方式來探究生活及社會上關切的問題之教學活動稱之為 STS 教學模式。」（陳文典，2002）引述陳文典教授「STS 是一種合理的教學模式嗎？」一文，此 STS 教學之模式具有以下特質：

1. 為了想解決自己生活裡的問題、或仲裁社會兩難的問題而做的探究活動，對於學習者而言這是有目的的、有需要的、有切身關係的、很實際的、即時有效的一種知性活動。（Solomon, 1992）

2. 它是一種科學性的探究活動；表示所謂「了解」是透過因果探討有邏輯的、有依據的推論，可對現象做可理解的詮釋。
(Lutz,1996)
3. 它是一種務實的行動；這種探究活動可能經由實驗、試驗、調查、蒐集資料、參觀、觀察、養殖、栽培等方式進行，它可能運用各種科技設備、或巧妙使用身邊的器材來解決問題。它可能需要去規劃工作進程、安排協調數個人分工合作、評估工作可行性和成果、或隨時準備處理進行中發生各種困難。所以他是一個務實的處理問題、解決問題的工作過程。(Krajcik,1996)
4. 由於經由科學性、實務性的探究，對於事件之社會影響有及身的感受，對於兩難問題的取捨也能透過對事件的了解做合理的裁決。
5. 它的科學概念、各項才能和經驗是和所處理的問題結合在一起的，也就是生活的過程等同於他心智成長的歷程。由生活裡獲得學習，且由學習增進生活的能力。(Aikenhead,G.1992)

STS 的理念在建構教學活動的內涵時，是從具有地方特性的社會環境為起點，再經由地方的基本認知或技術著手，使科學化的知識和日常生活化的知識密切配合，形成後現代的 STS 理念，換言之，後現代

科學哲學的建構論，使社會、科學、技術成為不可切割的交互糾纏結構。

(黃芳裕，1998)

壹、 STS在世界各國的發展

科學與社會的教學 (Teaching and Learning about Science and Society) 書中 (Aikenhead, 1994) 出現它的教學理念在這個架構說明 STS 教學理念是科學與技術發展要融合自然環境和社會人文的層面。而在世界各國的發展敘述如下：

英國

從 1984 年開始 ASE 便加以開發，適合較年輕的學生並涵蓋領域較廣的教材與教學方法，使 STS 教育從高三到大一年齡往下紮根，推廣到 8 歲的小學學生，這個課程計畫稱為「社會中的科學與技術」 Science and Technology in Society, 簡稱 SATIS), SATIS 計畫的理念 (魏明通，1994b) 為：

1. 科學不限定於學校的實驗室，無論在身邊、遠離的地方，世界上到處都有科學存在。
2. 科學具有人性的一面。

3. 幫助學生發展關心科學、技術與社會的相互關係。
4. 認識科學與技術給予社會有好的一面與壞的一面。
5. 認知產業與其經濟基礎、產業的作用及產業在創造財富所扮演的角色。
6. 充分考慮技術活動對環境的影響，必須盡量減少環境破壞。
7. 發展必須慎重利用天然資源的概念。
8. 科學並不是孤立的研究領域而與地理、經濟、歷史等其他領域有密切的關係。
9. 在實際生活中所下的決定，往往根據矛盾、不足夠的資料，因此，所做的決定往往含有妥協成分而未必是正確的。
10. 幫助學生進行討論做為事實根據的各種事項，聽別人的意見後才下決定。
11. 幫助學生於科學的關連上，將自己的意見跟別人討論。給予學生有練習閱讀、收集與分析資料、檢索資料、解決問題、扮演角色、傳達等特定技術的機會。

SATIS 計畫結合產業界專家、大學學者及在職教師等成立課程研發中心分三階段編製教材，設計教學模組並在多所學校試教。至 1994 年已開發出約 320 模組的 STS 教材。

美國

1977 年美國國家科學基金會 (American National Science Foundation) 支持 Norris & Harms Project Synthesis 將科學—技術—社會 (Science—Technology—Society , 簡稱 STS) 列為該計畫五項重點之一。Harms & Yager 並在 1981 年 Project Synthesis 報告中明確的定出目標：

1. 儲備學生應用科學知識於其日常生活和未來的科技世界。
2. 教導學生如何處理科技和社會問題。確立學生應學習並具備哪些知識才能解決 STS 相關問題。
3. 擬定具體藍圖，使學生充分了解哪些職業需具備哪些 STS 的基本智能。

Harms & Yager (1981) 認為科學教育應走出純科學訓練的基地，而與科技、社會結合，他們認為理想的科學教育應具有如下的特徵(引自許春峰，1998)：

1. 科學必須能夠在社會環境中呈現出來或經歷到。
2. 科學的重心是對科學的應用，學生們須經由對科學的應用來接近科學。

3. 科學必須與社區結合，教學的內容、綱要及教材必須與地方相關連。
4. 科學有其多元性，必須面面俱到，以符合人類本質。
5. 科學教育必須以議題為基礎，當此議題被研究時，有關的價值及倫理才會被包含進來。
6. 科學知識來自於經驗，只有將來用得到的知識，才是最重要的。

1982 年美國國家科學教師協會 (American National Science Teacher Association) 在「科學 - 技術 - 社會：1980 年代的科學教育 (Science - Technology - Society : Science Education for the 1980 ' s)」報告中強調科學教育的宗旨是培養具有科學素養的公民，使其瞭解科學、技術和社會三者間的相互關係，同時應用這些知識於日常生活中，並做明智的抉擇和問題的處理；具有科學素養的公民需懂得珍惜並感謝科學和科技對社會的貢獻與影響，同時了解人類的能力有限。Roy 及 Waks (1985) 指出從 1983 年起 STS 教育在美國中小學階層傳播得非常快速。不但在美國各州被廣泛採用，也引起各國跟進的熱潮。Cutcliffe (1989) 認為 STS 教育在美國的發展可分為三個階段 (引自蘇宏仁，1996)：第一階段的 STS 只著重在教導科學，並使學生體認他們的工作對社會的真正衝擊。第二階段的 STS 針對所有學生設

計課程，並強調科學與技術的社會過程觀。而今進入第三階段，STS 是教育界的一個大趨勢，它的範圍超越了對一個問題的社會性分析，而進入為大多數非科學領域的學生設計課程、發展科學素養的階段。

Yager (1996) 主張 STS 理念已成為世界公認可以改正傳統科學教育的缺點，提倡 STS 教育運動藉以協助學生獲得科學素養。

台灣

台灣的科學教育也在 1990 年代搭上 STS 運動的列車，王澄霞等學者從 1993 年起投入 STS 教育的研究工作，致力於教學模組的開發(王澄霞、劉奕昇，1995)、STS 師資培育(王澄霞、蔡曉信，1994)與教學模式之探究(陳文典，1997；蘇宏仁，1996)。1994 年 8 月，國立台灣師範大學科學教育研究所邀請美國愛荷華大學的 Yager 教授來台擔任主講人，主持「科學 技術 社會的科學教育研討會」，吸引百餘位全國從事及關心科學教育專家學者參與，興起我國 STS 研究及實驗教學的熱潮。至此國內 STS 教育研究也將近有十年的歷史，對於 STS 的計畫與研究如：王澄霞、陳國華(1994)的油脂與生活；王澄霞、游佩琪(1994)的油炸後的食用油處理；王澄霞、劉奕昇(1995)的臭氧

層破洞；蘇育任（1996）的開發國小自然科學 STS 單元教材；莊奇勳、王嘉田（1997）的豆漿製作；黃鴻博（1997）的在國小實施 STS 教育之行動研究；王澄霞主持的國科會研究「STS 師資培育計劃」（王澄霞，1998）；（莊奇勳，1998）。1995 年國科會核准由師範大學王澄霞教授領導的「STS 師資培育整合型研究計畫」（蘇育任，1997），使更多的科學教育學者（王澄霞，1995；莊奇勳，1997；黃萬居，1999；黃鴻博，1999）投入 STS 教育的推展與研究，因而累積了為數不少的 STS 教育中文學術資料，對於引領後進投入 STS 領域提供莫大的協助。（張資雨，2001）

貳、 STS 教育理念

一、 解讀 STS

從 STS 教育理念的緣起與發展看來，可以發現 STS 並非由個人或團體所開發或創設的，它是由眾多對傳統科學教育的反省、檢討的看法慢慢凝聚而成的，因此 STS 並沒有一個嚴格、明確的定義，它因個人的不同體會而有不同的解讀。

1. Yager (1989) 認為 STS 首先提供應一種環境或背景，使學生對問題產生興趣（蘇宏仁，1996）；其次讓學生對此一問題加以探討；最後延伸探討層次，設法讓學生對所遭遇的問題，提出解決方案，並加以測試、驗

證。STS 是一種科學，凌駕於教科書的限制之外，主張動態的教導與學習，著重於問題及未知。

2. Rubba 及 Wiesenmayer(1988)認為 STS 的教學方式是以 STS 議題的解決為導向，透過科學及技術的態度和方法辨認(或覺知)問題的起因、內容及其重要性，再經由客觀的分析及公開研討等方式，尋求適當的解決方式；因此，STS 的教育模式是培養學生在面對 STS 議題時，能以負責任的態度，作出正確的決定並採取適當的行動，以解決問題，這足以養成學生負責任的公民行為（引自林明瑞，1997）。

3. 美國科學教師協會（NSTA）把 STS 定義為「在人類經驗脈絡中的教科學與學習科學」（teaching and learning of science in context of human experience）。並提出 STS 的 11 項特性（引自莊奇勳，1997）：

- (1) 學生尋找當地有趣及衝擊性的問題。
- (2) 運用當地的資源來尋求解決問題可資利用的資訊。
- (3) 學生尋求資訊的活動能被用來解決真實生活中的問題。
- (4) 學習的活動延伸至課堂、教室與學校之外。
- (5) 著眼於科學與技術對學生個人的衝擊。
- (6) 科學的內容不僅是學生為準備考試而求精熟的那些概念。
- (7) 強調學生能夠應用以解決他們自身問題的過程技能。

- (8) 強調職業的自覺，特別是關於科學與技術方面的。
- (9) 提供學生解決社區中，他們所找出並試圖解決的問題的機會。
- (10) 認為科學與技術是面對未來社會的方式。
- (11) 在學習過程中，個人的問題可被提出且被尊重。

4. 王澄霞教授(1995)認為 STS 教育運動可說是科學邁入專業化之後的一種反思，提倡人性化、生活化的題材，一種實用的主題，以實作的學習模式來從事科學教育。

5. 陳文典教授(1997)認為 STS 是以學生生活上及所處社會上的問題為議題，由學生以自動自主的活動方式，在解決問題的過程中，獲得增進學識及增強能力的一種教學模式，此種教學模式，以 S(Science)，T(Technology)，S(Society)代號表示之，其中，社會(S)代表探討的主題是關於生活的或是社會相關的問題，技能(T)代表處理問題，解決問題相關的技藝和心智運作能力，科學(S)表示學習的是科學課程。

6. Cheek(1994)指出，對於 STS 的定義，雖然至今仍莫衷一是，但對於

STS 教育的特質，卻有六項相當廣泛地被認同（黃鴻博，1999）：

- (1) STS 教育強調科學、技術、社會之間的交互作用。
- (2) STS 教育在提昇學生對 STS 相關論題的覺知層次。
- (3) STS 教育包括倫理與價值的考量。

(4) STS 教育能培養學生作決策的能力及技巧。

(5) STS 教育能增進學生對技術知識的理解。

(6) STS 教育促使學生參與社區的行動。

參、 實踐STS

Heath 及 Hickman 等人提出三種不同策略(蘇宏仁, 1996), 可將 STS 的內容帶入學校的課程中。三種策略分別是 :

一. 將 STS 融入現存的單元中 : 現存課程結構、目標及內容仍然嚴密完整, 而僅在正規課程中適當單元內, 引入關於科學、技術、社會的相關議題。Betty & Yager (1993) 則建議可透過教科書的編寫將 STS 主題引入科學課程中。

二. 延伸現有課程單元 : 收集、修正或創造一些新的單元模組, 將其併入現有課程中, 供數星期或數月的教學使用。如王澄霞 (1995) 「開發臭氧層破洞 STS 單元」、許春峰 (1998) 的「師院普通化學實驗 STS 教學模組」、莊奇勳、王嘉田 (1997) 「國小自然科 STS 教學模組 : 豆漿製作」等。

三. 創立一個全新的課程 : 即是為達到某種特定目的而設計一學期或一學年的全新課程。此課程常標榜為科際整合的、或多學科合科的。如 ASE

版 SISCON 模組教材：本教材為 J. Solomon 主編，1983 年由英國 ASE (The Association for Science Education) 出版，為第六年級學生每週 2 小時的一個學年課程。整個課程由六單元模組教材的學習及一個專案研究來完成(魏明通，1994 a；張資雨，2001)

第三節 合作學習(Cooperative Learning)

學校學習的型態可以分為合作、競爭和個別學習三種方式，教學上將視課程目標需要採用不同的方式進行，但是由於目前的升學主義影響多採取競爭學習，造成學生相互猜忌、互相敵視而形成了自私自利的人格，『今後中小學教學應該減少競爭形態的教學，增加採用合作的型態』(黃正傑、林珮璇，2002)

壹、合作學習的理論基礎

合作學習主要的特色是採用異質分組，讓學生在小組中能發揮互補的功能，當共同面對一個問題時能用不同的角度去思考解決問題的辦法，並且藉著互相指導、互相幫助使的小組成員成績都能平均進步，而在合作的過程也能過學習團體的技巧，經由老師適宜的針對學生作合作

成效的評鑑(對小組也對個別成員),『合作學習將可以發揮 1.善用學生互助能力促進每個學生學習效果 2.增進學生對社會技巧的學習』(黃正傑, 2002)在整理自黃正傑「合作學習」中指出合作學習的理論基礎包含以下六點:

一.社會互賴論

社會互賴論源於 1900 年代初期完形心理學派創始人考夫卡(Kurt Kafka),他提出團體是一個動態整體的理論,認為各團體之成員互賴有其差異性,1920 年代和 1930 年代勒溫(Kurt Lewin)主張團體的本質是其成員基於共同的目標形成的互賴,此一互賴促使團體成為一個整體;而後德徐(Morton Deutsch)於 1940 年代晚期從目標結構建立合作和競爭理論,德徐界定了三種目標結構(Slavin, 1990):

- 1.合作的目標結構:個人的目標取向,努力可以協助他人獲得目標。
- 2.競爭的目標結構:個人的目標取向,努力會妨礙他人獲得目標。
- 3.個人目標結構:個人的目標取向,努力與他人獲得目標無關。

由合作的目標結構中,學習是學生的積極互賴所達成合作學習,過程中學生經過不斷的互助及鼓勵中達成學習,可以跟競爭學習的消極互

賴成一個對比。

二. 接觸理論

接觸理論著眼於社會的互動關係，為了增進社會次級團體的和諧，在教育上必須提供不同種族、民族、性別的學生在學習上互動的情境，華特生(G. Watson)研究美國不同種族之間的關係的五個條件為：1. 積極互賴 2. 平等地位 3. 維持種族平等主義的社會規範 4. 避免種族間的刻板印象 5. 多接觸其他人，以促進人際互動和工作互動。因此，就接觸理論而言，除了不同種族外，也可以適用於不同年齡、性別、社經地位或能力。(Farivar, 1985)

三. 認知理論

認知發展理論不管團體是否設法去獲得共同目標，轉而強調工作本身產生的效果，與社會互賴理論以合作目標做為達成學習的誘因不同，而此一理論再以發展理論與認知精緻化理論作為探討。

四. 發展理論

維高斯基提出「基本發展區限」學生的合作可以促進成長優於個別學習，而庫恩(D Kuhn)也以基本「發展區限」來說明學生之間不同的認知水準和社會模式有助於學生認知成長，學生經由討論，即向人請益的過程產生認知衝突，進而分析問題，有助於發展更高層次的學習策略。

五. 認知精緻化理論

認知心理學研究發現如果要保留與記憶中相關的資料，則學習者必須重新組織教材、分門別類加以整理，而要達成這種功效，最好的效果就是解釋教材給別人聽，在表達與傾聽的過程中不僅利於被指導者，更利於指導者。(Slavin, 1990)

六. 行為學習論

行為學習論著眼於團體增強物與報酬對學習的影響，並且假定學習行動受到外在報酬與增強反覆出現，因此，教師在合作學習中的評鑑工作將影響合作學習的成敗。

貳、 合作學習的教學原理

合作學習有其獨特性，並不是將學生分組作小組討論或者是小老師制的教學而已，合作學習是一種教學策略，讓學生在小組中能夠互相幫助、互相依賴、分享資源，每個成員都是成功學習的負責人。因此，教師評量的不只是小組成績，個人在小組表現的合作態度將是重要的成績之一，合作學習有以下特質：

一. 異質分組

依學生的學習能力、性別、種族及社經背景等，將學生分

配到不同小組中，讓學生有機會認識不同的學習對象、聽取不同的看法、分享彼此的經驗，讓學生從更多樣的觀點結合學習經驗達成學習目標。

二.積極互賴

積極互賴是指學生知覺到自己與小組同學休戚與共的關係，因此，每個成員都是負有學習成敗的責任，藉由資源分享、相互鼓勵和協助、成功慶祝等策略，盡量擴大小組中每一成員的學習，而建立小組互賴的方法有：設計小組隊名、建立學習目標、報酬系統的設計、互補性工作分配等方法。

三.面對面的助長是互動

小組成員彼此互相幫助學習，能讓成員化解學習過程緊張、焦慮的情緒，透過相互鼓勵及問題的分析推理過程，將增進處理問題的品質及耐心，因此，面對面學習將有助長學習的功能。

四.評鑑個人學習績效

小組的成功與否建立在小組每一個成員而不是某個人，教師需要評鑑每一個學生在小組中表現的狀況，判斷學習成員對

小組學習成功的幫助，並且將成績回饋給每一個人，而不是像一般的小組活動，有些人努力有些人並不盡力，而拿到相同的成績。

五.人際技巧

小組中表現的人際技巧是指成員間問題能夠正確無誤的溝通、組員間相互接納支持、能以建設性的態度解決問題、表現出信任感等方面，藉由合作學習將會增進人際技巧，而人際技巧的精熟度亦將影響小組合作學習的成功與否。

六.團體歷程

團體歷程是指分析小組達成工作的程度，其中包含小組學習有多好、小組互動是否有利於工作的達成、活動內容哪些需要做調整，哪些需要繼續存在等。

合作學習(cooperative learning)並不是一種新的教學觀念或教學方法，在過去的教學理論與實際中，一直都有合作學習的蹤跡。但是最近許多有關教學方面的研究均發現，合作學習是三種主要學習方式中，最為有效的一種方式，不僅可以增進學科方面的學習效果，而且可以促進社會及情意方面的學習效果，因此，乃成為目前較受矚目的一種學習方式。

把學生分成小組，而且各小組的成員必須共同努力完成小組的目標是合作學習的重要特徵。更具體來說，在合作學習的課程中，學生通常分成若干小組，各小組的成員都針對特定的學習單元，完全按照自己的能力以及所瞭解的方式去完成自己的學習責任，在經由成員之間不斷的交流意見、互相支持之下，所有成員共同努力朝向小組的學習目標邁進。

參、 實施合作學習的方法

實施合作學習的方法有很多，目前被普遍使用的方法為 STAD (Student Teams and Achievement Divisions)法。這種方法包括五個要項，分別是教師每周提供一個新的學習單元、教師把學生分成每組四到五人的小組、教師評估各小組每一學生的表現、教師記錄每一學生的進步情形、教師獎勵一周來表現最好的個人以及小組。教師可以用講解、討論、播放錄影帶或其他方式，呈現學習單元的內容。分組活動中，學生依據教師發給的學習單進行學習，此時，學生可以採用兩個人一起研究、整組一起討論、或互相考試等方式，共同學習。分組學習之後，教師實施小考，評估每一組每一位學生的學習表現，而每一組的整體學習表現是以該組所有學生的學習表現計算，當學生在另一次的小考有進步的情形時，整組的表現也隨之加分。最後，每周宣佈本單元學習中表

現最好的小組，以及小組中表現最好的學生。必須注意的是，在分組時每一組要包括不同能力的學生，才可以達到互相學習的效果。

教師在合作學習的過程中扮演著極為重要的角色，不僅要配合學習目標選擇或自編學習的素材，而且要在學生的學習過程中，引導學生使用舊有的知識主動去探索新的知識，最後要確定學生所獲得的新知是學生自己的知識及經驗建構而成的。學生在合作學習的過程中也扮演著相當重要的角色，因為學生要綜合運用交談、書寫、解決問題、藝術表現等等行為，才能有效建構起自己的知識。而這種重視學生學習責任的作法，將是未來中小學教學型態的主流。(林清山、林天祐，2004)

肆、 小結

研究者在設計教學模組時，許多科學活動的驗證需要經過小組合作的歷程，教師要考量其模組教學最好的學習功效，可以採行合作學習的型態，讓小組成員能過透過團體技巧的訓練以及共同思考解決問題的過程來增進科學素養、促進學習效果。

第四節 九年一貫課程與評測技術

以下將依課程綱要介紹、課程含蓋的主題內容、學校本位課程設計，來敘述九年一貫課程與相關的評測技術：

壹、課程綱要介紹

的架構」，以下依基本理念、課程目標、分段能力指標，來述說研究的概念架在國民教育階段九年一貫課程總綱綱要中，內容分成修訂背景、基本理念、課程目標、基本能力學習領域和實施要點六部份，本研究將著重在自然與生活科技學習領域，來論述本研究的緣起，而此一領域中的綱要分成：「基本理念、課程目標、分段能力指標、分段能力指標與十大基本能力之關係、實施要點和附錄，為內容構。

一. 基本理念

為了改善生活，人類開始有了對自然與科技的觀察與研究，而此一領域課程的理念是為了讓自然、科學、技術三者一脈相連，前後貫通，我們對其有以下四點基本認識：「1. 自然與生活科技之學習應為國民教育必要的基本課程。 2. 然與生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧及知能與態度並重。

3.自然與生活科技之學習應該重視培養國民的科學與技術的精神及素養。 4.自然與生活科技之學習應以學習者的活動為主體，重視開放架構和專題本位的方法」。(教育部，2003)在以上四點我們理解到課程的設計應該以學生為主體，並且以學生所關切日常生活議題為重心，藉由評量技術來評鑑學生的科學技術與科學素養。

二.課程目標

九年一貫的課程中之自然與生活科技學習領域的教育目標，不再是以培養一個優秀科學家或工程師的知識導向教育為首要，而是要培育出能適應未來環境、解決生活上所面對問題、具備全方位科學素養的全人教育，以下是課程綱要所訂定的教育目標：

- 1.培養探索科學的興趣與熱忱，並養成主動學習的習慣。
- 2.學習科學與技術的探究方法和基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活。
- 3.培養愛護環境、珍惜資源及尊重生命的態度。
- 4.培養與人溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。
- 5.培養獨立思考、解決問題的能力，並激發開展潛能。察覺和試探人與科技的互動關係。(教育部，2003)

『舊教材將不能滿足新課程的教學目標，而且研究也顯示傳統的教學方式，常造成許多學生不喜歡科學』。(王澄霞，1996)因此，有必要在新課程理念下對教材作一番革新。

三. 能力指標

教育部所訂的基本能力，是學完九年一貫課程的最低標準，因此，在這標準之下各學習領域訂有分段能力指標，主要是讓學生在九年的教育過程中，分四個階段，去達成基本能力，以下是自然與生活科技學習領域的八項基本能力：1. 過程技能 2. 科學與技術認知 3. 科學本質 4. 科技的發展 5. 科學態度 6. 思考智能 7. 科學應用 8. 設計與製作。(教育部，2003)

由以上的三點所揭示，我們可以知道教育部對九年一貫課程的規劃，當然這些理念、目標正符合我們現在社會的潮流，也是達成目前科技進步、國際競爭力變大所需要具備的基本能力。本研究設計之課程主題，再九年一貫課程綱要中是把「物質的構造與功能」這個單元規劃在七、八、九年級課程的第二段落實施，也就是在八年級時學習，在綱要的備註中也提到，運用主題式教學時，可能將某主題少部分相關題材提早或延後教學，因此，在此彈性原則下我們所設計的教學模組，將涵蓋

擴散現象、物質的組成等議題。

貳、學校本位課程設計

為了使教學活動更能適應地方環境的特性、學生的程度和性向，必須有效落實「教學的主導權交給教師」的理念；因此，在課程綱要上分段能力指標（即教學目標）的「科學與技術認知」部份只列應學習的「核心概念」。由於「國民中小學課程總綱提供學校自主支配的時數增加了，因此，學校（即各校教師）應可『結合全體教師和社區資源，發展學校本位課程...』自行選編教材。（教育部，2003）

『在考量以開發學生潛能的適性教育、學習者自主的精神、教師對於領域課程為單位的統整精神、將教學與評量合而為一，來確保課程目標的達成，我們來考量如何建構一個合適的、更能發揮教學效益的「學校本位課程」其核心內容如下：

1. 教學活動可以應用很自然的「生活化主題式教學模組」來設計。
2. 可以利用系列的教學模組，組合成「學校本位課程」。
3. 教師可以善用統整教學及協同教學。』（教育部，2003）

在以上的架構下，我們研究的方向將以設計一個：「以學生學習為主體、以生活議題為重心的教學模組」，並且兼顧多元學習目標的前提

下，教學模組的教學活動採用多元化進行，評量設計採取多元評量。

參、科學素養成績表示法

針對課程目標的需要，我們將評量多元化，而成績的表示方法則不適合用分數來表示，我們所指的能力就是科學素養，而科學素養如果用分數來呈現則會比較不能彰顯其能力(因為能力在日常生活是模糊化的語言)，故在成績表示上我們用等第來代替分數，最後的總成績也利用一小段話(比如：創造力待加強，概念認知有明顯進步)來說明該學生的整體科學素養的總結，如此的表示比較具備成績回饋的特質，學生很清楚看到自己該加強的地方，而家長也可以驗證出自己的小孩在科學課程的學習哪一方面不足、的哪一方面比較優秀，整體而言這種成績表示比較周延，適合於科學素養的評量。

一. 教師評量科學素養的準備

新的課程評量成為科學教師的夢魘，原因是要評的東西變多了，以往每一科目的成績只是其考試的分數和作業分數，普遍都把成績歸類在概念認知上，那現在成績的面貌變成了能力指標，而且有些需要經過轉換和詮釋，要自然科學教師作好評量的工作的確是件很大的負擔，所以在評測科學素養之前需要有以下準備：

二.要確認每一個能力的定義

教師知道每一個科學素養的定義和該能力所呈現的行為表徵後，藉由評測範例和學生在學習活動中的表徵來融入自己在課程運作中，如此才能順利的在課程中評量學生的能力表現。

三.量化評量

評量成績要改成等第方式進行，並且加入描述性的語言，如此才能讓能力成績具體化。

肆、 科學素養評量

『若我們想進行評測工作，得先界定該項能力的定義(若不能明確的界定，至少也要用列舉的方式烘托出它的範疇)。若是想把評測的結果應用到教學上面，則要評析促成該項能力的因素，以及設計培養該項能力的策略』。(陳文典，2002)

我們把「科學素養」區分成「知識認知」、「過程技能」、「思考智能」和「科學態度」及「傳達」五項，我們得一一為它下定界說、描述其行為表徵及列舉評測的實例：

1.知識認知

『認知在任何真有生命能力的作用中都存在，可分內容和形式兩方面，內容是指認知活動所涉及的特殊事件或材料；形式則指認知活動的內在結構思考方式』(鍾聖校，2002)

[定義]概念的認知及度量操作的技術。

[說明]評測方式:可用紙筆測驗、口頭問答及實作。

『科學概念的內容，則如科學語彙及符號的引用、知道科學的事實、知道科學概念關係、原理及定律的意義，瞭解理論及模型，並能推想到它應呈現的結果，能運用理論或定律的特性來想出有用的設計，會操作度量的技術，這些都屬於知識認知的範疇』。(陳文典，2002)

『另外，認知也有深淺的層次。我們可以將之分成知道(knowing)、理解(understanding)和轉用(transforming)三個層次。把「技術」也包括「知識」，則技術操作也可分成「會正確操作」、「能精確地操作避免誤差和危險」、「能巧妙地將技術應用到相仿的情境」三個層次』(陳文典，2002)

[實例]

〔例〕能完整敘述構成物質的最小單位的名詞是

固體

液體

氣體

粒子

〔註〕評測概念是「物質的組成」，認知層次是「知道」採用選擇題方式測驗。

〔例〕物質是由粒子所組成，你能敘述粒子可以用哪些化學名詞表示？

〔註〕評測概念是「粒子」，認知層次是「知道」，採用簡答題方式測驗。

〔例〕粒子本身會做隨機運動，當物質達到擴散平衡時，你認為粒子還會做隨機運動嗎？或者是在達到擴散平衡時粒子的隨機運動將停止呢？請說明你答案的理由。

〔註〕評測概念是「粒子的隨機運動」，認知層次是「理解或轉用」，採用簡答題方式測驗。

〔例〕「已知在教室噴灑香水會聞到香味」及「香水粒子會不斷的做隨機運動」由這兩種現象你會有何聯想呢？

〔註〕評測概念是「擴散運動」，認知層次是「理解或轉用」，採用簡答題方式測驗。

〔例〕測量沸點。

液體由液相轉為氣相時的溫度就是該物質的沸點。利用酒精燈、燒杯和溫度計來測量沸點。

〔例〕測量水溫。

用酒精燈分別對燒杯中的純水和糖水加熱，並記錄其溫度，讓學生對實驗後的數據作解釋。

〔註〕上述兩個舉例是利用實驗的數據來評量學生對概念的認知、理解及轉用，可以由學生對實驗數據的解讀來評量學生的能力。

2. 過程技能

[定義]處理某問題的過程，所需的心智運作能力。

[說明]評測方法：實驗室現場觀察、實驗報告。

『處理某問題的過程，可分成觀察(察覺有意義的訊息)、量化度量、比較與分類、知道各變因的屬性及作控制變因的操作、認定因果關係、解釋資料』。(陳文典，2002)

[實例]

〔例〕利用實驗觀察三種可以互溶的物質。

〔註〕日常生活中大家都知道食鹽、糖等物質可以溶於水中，透過實驗的過程，學生可以由原理、步驟、方法等，產生一系列的思考，同時碰到許多問題，由這些過程能看出學生在面對問題解決問題的能力。

〔例〕參觀焚化爐時你會看到很高的煙囪，你能說出煙囪中每天排放出什麼物質嗎？

〔例〕當你在花園中聞到花香時你有什麼連想呢？

〔例〕你從家裡到學校總共花了多少時間？以及距離是多少呢？

〔例〕請說明溶解與擴散有什麼差異。

〔例〕在化學中你知道有原子和分子這兩種名詞，你能用此舉例說明和這兩種名詞有關的物質嗎？

〔例〕設計一個月平均溫度測量的實驗，並且從中央氣象局的網站比較你實測的數據和網站上的資料的異同，並且說明理由。

〔例〕設計一個實驗將糖水糖和水分離。

3. 思考智能

『「過程技能」是指處理特定問題的過程所需的心智運作能力。而「思考智能」則是思考「問題」的源起、處理、結束與發展，以及「問題」本身在情境中的意義和影響。依其性質分成「批判創造」（這項「能力」實際上包括「批判能力」和「創造力」兩項。但是因為「批判性思考」是察覺問題之所必需，而「察覺問題」又是「創造性思考」得以發生的起因，因此，我們把它連在一起考量。）、「綜合統整」（能由分離的資訊中建立起綜合性的概念，歸納統整出一些規則）、「推論演繹」（能由已知的規則、理論去預測應發生的事象）「解決問題」（能面對一項工程，安排工作步驟、分配工作）。以下我們就各項「能力」涵義加以界

說』。(陳文典，2002)

【批判性思考】

[定義]人在遭遇某情境時，理性地思索決定去相信與否，或將此情境和自己的經驗做評比的心智活動。

[說明]

『形成批判性思考至少需要幾個要件：

1. 當事人對於該事項很關心，列入有待處理的事件。
2. 當事人對於該事項具有可信賴的經驗或理想藍圖的想像。
3. 當事人要能對事項有所瞭解並自作詮釋(雖然可能依自己的立場去做)。當事人要對事項異同比較具有敏感度，對於事項的組織結構具有洞察力。
4. 當事人要能評比與權衡兩者(自己的與該事項的)之間的異同與價值。
5. 當事人要能將評比的結果表達出來或進一步做成建議』。(陳文典，2002)

『行為表徵』

1. 經常採取詢問的、求證的態度看事情。

2. 對現存的情況常有更完美的企求。

3. 對於論據的可信度、因果的關連性、理論間的邏輯一致性、推論過程的嚴密性常能提出更嚴謹的要求。』(陳文典, 2002)

〔例〕對於沖泡咖啡、咖啡添加奶精和蕃茄汁、墨汁溶於水的擴散模擬實驗，你認為對於物質擴散原理的了解有幫助嗎？你的答案為何？你有具體的建議？

〔註〕從教學活動中，可以提出問卷式的題目，來了解學生對教學活動的關心、想像、評論和學生日常生活經驗中和課程的相關性，是否能幫助學生做批判與思考？

〔例〕請說明你在溶解實驗中扮演什麼角色、你觀察到什麼地方需要改進？

〔例〕利用溫度計測量到體溫 32 ，你對於這個數據有什麼解讀呢？

〔例〕當你學過溶解與擴散的教學活動後，你認為你理解了哪些問題？

〔例〕電視購物廣告中介紹電腦可以做高階繪圖、影片欣賞、錄製節目等功能，你如何分辨及驗證它功能的好壞呢？

〔例〕當你到麥當勞點一份套餐時，你所選擇的依據是：喜歡吃套餐的某一樣東西呢？還是這份套餐比較便宜呢？或者是這份套餐比較營養？等

【創造力】

『根據張春興（1994）之研究，創造力是與思考、解決問題、創意產生、人格特質等息息相關。所以科學創造力的特性，可包含：1. 思考特性 2. 解決問題特性 3. 創意產生 4. 人格特質等四大領域。』（轉引林顯輝，2001）

[定義] 能夠產生具有價值的新主意、或領悟出新的理論的心智活動。而「創造」則除了提出新的主意之外，還具有執行實現，獲得創新性產品的能力。

[說明]

形成要件：

『創造是對「個人」而言的；例如某甲捏一把粘土當擺錘，做起單擺實驗了，這是一個省錢省事的好主意，是創造性的。某乙學著去做，「創造」成份就沒了。若是某乙不知道甲做過的事，卻也獨立想出相同的主意，則某乙和某甲一樣都是創造性的。』

「創造性思考」經常發生在不同的場合，以難以預料的方式呈現，而且其規模可以很小也可以很大（小如「利用舊絲襪來懸掛香皂，以免受潮」，「摘一支草當牙籤」大如「發明傻瓜相機（它是引用許多知識和一系列的創造所結合的）」）。』（陳文典，2002）

『其實，人在生活中是不斷需要創造力才能處理所遭遇的各種問題，其規模有大有小，呈現有顯有隱，創新成份有多有少。只是我們所注重的是那些表現明顯的、規模較大的、創新成份較多的事件而已。

並非所有要件齊備即能發生創造性思考，只是，在某種情境有利於創造性思考的發生。例如：有不受拘限、「唯目的之達成」的草莽性、有凡事自己先行設法解決的工作習慣、有誠實面對問題，力求解決的工作態度、有自信且不怕被嘲諷的個性、有處於被企望或自我企望狀態者、處於少許知識但又不很嫻熟的認知狀態者，這些處境均利用「創造性思考」的發生。若加上有力行的習慣，就更有機會產生「創造力」了。』

(陳文典，2002)

行為表徵：

『在評測時，我們總得列舉一些「可觀測」的行為徵候，以免只依作品(結果)來決定有或無創造力。我們把「創造性思考」的一些行為特徵列於下。

某人具有創造性，可以由他的思路流暢觸類旁通(流暢性)、隨機應變奇想突出(變通性)、所提方案獨特前所未聞或能由成品中提出補綴意見、思考細緻精準具精密性等之特質來看。不過，仔細推想，這四個特

徵其實只是一個，那就是「遇到問題時」，總是有那麼神來一舉，把問題給處理得既新穎又別致。」(陳文典，2002)

『「創造性思考」可以由富有想像力造出新的事物、能由謎面猜出謎底、能遇到困窘面想出突圍絕招、能由陳舊現象看出新義、能解構舊組織翻新出新事物、能突發奇想提出新主意、能舉一反三多方聯想等。』(陳文典，2002)

〔例〕在一個懸空的地方放一塊木板，來方便我們能從甲地走到乙地，用安全的角度來思考可能有幾種危險的狀況會發生呢？

〔例〕用菜瓜布洗餐具很方便，而你為了省錢不想花錢去買菜瓜布時，你會用哪一些物品代替呢？

〔例〕當你做實驗不小心把燒杯打破了，而又沒有其他容器可以用來裝水，你要如何完成實驗呢？

〔例〕你能自己作一支溫度計嗎？

〔例〕由定理你知道微小的粒子會在一般狀況下做隨機運動，你能讓隨機運動更劇烈的發生嗎？

〔例〕將沙子和鐵砂分離，可以用磁鐵把鐵砂吸出，達到分離的目的，如果你沒有磁鐵，你會用什麼方法把它們分開呢？

【綜合統整】

[定義]形成整體觀的能力

[說明]形成要件：

『要對事件中的各項訊息有所認識。在形成統整性概念時，需要的是想像，也可算是一種創造性思考(不過，有些實驗是用來證實某一理論或想法的，那麼當他做了資料的統整時，其創造性成份就少了)。

行為表徵：

1. 能由眾多資訊中找出交集部份，或歸納出資料變化的趨勢、規

則。能由整個事件中發現代表性的性質或事件的意義。在同類事件，但由不同來源的資料中，彙整出一通性(例如認定若溫度很高，物質都會氣化)。』(陳文典，2002)

[實例]

[例] 寫一份擴散實驗的結論報告。

[例] 班會結束時你能作一個總結嗎？

[例] 你能結合生活中的經驗，來補充說明擴散的實例嗎？

[例] 當你參觀天文館時，現場的解說員會為你參觀的主題作簡介，當你聽完簡介時，你對參觀順序會怎麼安排呢？

[例] 當你閱讀完道耳吞原子說時你對整篇文章可否下一個結論

〔例〕在小組教學活動中，你可能擔任小組中的組員或組長的角色，當整個小組活動完畢後，你能敘述出一個活動的結論嗎？

【演繹推論】

[定義]做一種邏輯推論，即設 A 為真，則 B 亦為真，或 C 必為否的類似推想。

[說明]

形成要件：

『要對所依據的理論(或立場)有明確的認識。在做推論時，不僅要注意到是否具有「唯一必然」性，或還有其他的可能。也要注意事件成立的「主要條件」，這樣才不會流於偏頗或武斷。此一思考習慣和能力的培養實為重要。』(陳文典，2002)

行為表徵(摘自然與生活科技學習領域的分段能力指標)：

1. 察覺事出有因，且能感覺到它有因果關係察覺若情境相同、方法相同，得到的結果就應相似或相同由實驗的資料中整理出規則，提出結果運用實驗結果去解釋發生的現象或推測可能發生的事。
2. 能由各不同來源的資料，整理出一個整體性的看法辨識出資料的特徵及通性並作詮釋由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果

關係由實驗的結果，獲得研判的論點籍由資料、情境傳來的訊息，
形成可試驗的假設由實驗的結果，獲得研判的論點。

3. 由資料的變化趨勢，看出蘊含的意義及形成概念能執行實驗，依
結果去批判或瞭解概念、推論、模型的適用性。

〔實例〕

〔例〕食鹽水的濃度和食鹽含量的多寡有關係，在相同體積的水，由食
鹽的重量，你能推測哪一杯食鹽水的濃度比較高呢？

A. 3 克

B. 5 克

C. 6 克

D. 6.5 克

〔例〕利用濃度的計算或者波耳鹽度計，可以判斷出哪一杯水的含鹽濃
度較高，在沒有儀器或食鹽的含量數據時，你能推論出哪一杯食鹽水的
濃度較高呢？(請自行設計實驗驗證)

〔例〕燃燒是劇烈的氧化，物質達到燃點會造成燃燒，如果依照這個觀
點要你判斷下表中幾個狀況，你能勾選出可能會燃燒的是哪一些？

項目	勾選
裝有水的紙杯，用酒精燈在紙杯下加熱，水還未達沸點。	
在真空中的煤炭。	
用火柴燒紙。	
利用線香引燃爆竹的引信。	

〔例〕由兩種或兩種以上的純物質，均勻混合在一起，這種均勻的混合物稱為溶液，由下表你能推測哪些是溶液嗎？

項目	勾選
鎂鋁合金	
石頭和水	
食鹽水	
蕃茄汁	

〔例〕新聞報導中常常看到居民對焚化爐的抗爭畫面，但是為了要處理垃圾又不得不設置焚化爐，如果要你選擇一個焚化爐廠址，你為了要避免抗爭，你會選擇哪一個地方呢？

- A. 學校旁
- B. 都會區
- C. 鄉村

D. 人煙稀少的工業用地

〔例〕可口可樂在世界很多地區都很受消費者喜愛，由下表的數據你會選擇哪一個地區作為經銷呢？

地區	單價(元)	銷售量(萬瓶/年)	毛利(%)	勾選
台灣	20	100	25	
大陸	15	10000	18	
非洲	25	100	-3	

〔例〕環保局在水污染防治法中，判斷污染的指標，由濃度管制改為總量管制，下表數據中，如果你是環保局的稽查人員，你會認為哪一家廠商對於水污染情節較嚴重呢？

廠商	每日排水量(噸)	污染濃度(%)	勾選
A	10	20	
B	100	10	
C	10000	0.9	

【解決問題】

[定義]遇到問題時，一種能面對問題的態度及切實去處理問題的習慣。

[說明]

形成要件：

『問題有大有小、有明確的有模糊的、有棘手的也有寬容的、有簡易的或複雜的。所以解決問題的「能力」不能由其成功或失敗來評測。把「解決問題」當成是一種習慣和能力，表示此人在遭遇問題、處理問題時能夠切實的面對問題(而不是假手或仰賴別人替他出主意)、能夠與人分工合作(即可領導亦可被領導，視分工情形而定)。不僅能夠出主意還要能執行、確定問題性質、研擬策略、做流程規劃，養成一種殷實力行的習慣。』(陳文典，2002)

行為表徵(摘自然與生活科技學習領域的分段能力指標)：

1. 養成動手做的習慣，察覺自己也可以處理很多事學習安排工作步驟學習如何分配工作，如何與人合作完成一件事。
2. 養成主動參與工作的習慣養成遇到問題時，先試著確定問題性質，再加以實地處理習慣能規畫、組織探討的活動體會在執行的環節中，有許多關鍵性的因素需要考量能設計實驗來驗證。
3. 假設處理問題時，能分工職掌，做流程規畫，有計畫的進行操作。

[實例]

[例] 在小組活動時，可以針對學生在小組中所擔任的角色不同，來評

鑑學生實驗活動分工合作的情形。

〔例〕當小組設計活動時，在實際活動中發生與設計情境不同，導致實驗工作進行不順利時，老師可以在過程中評鑑學生遇到問題的反應。

〔例〕學生繳交實驗預定流程圖，可以看出該組學生在設計規劃上的能力是否能合宜實際的操作。

〔例〕在小組活動中，觀察每一組員的工作態度是否積極主動。

〔例〕學生進行小組活動時，遇到問題導致小組活動中段，事後該組的補救措施為何？

〔例〕當實驗能順利進行，而學生的結論卻與主題顯然不合，該組學生能否再作思考與修正？

4. 科學態度

[定義]藉由科學方法的運用中，獲得知識的拓展和發現的樂趣，相信科學的價值，養成好智且求真求實的求知態度。

[說明]

『形成要件：生物的本能之一是「成長」，當生命的生理及心智獲得成長時，心理上得到喜悅。要使學生獲得心智上的成長，有些基本的要件如

「所探討的問題是學生最關心最在意的」、「學生得把問題當成是自己的問題，這樣當他解決了問題時才会有喜悅」、「學生得親自動手自行負責

去完成它，這樣他才會體會到唯有切實細心的去做，才会有好的成果，也才會珍惜這些成果」。長期在這種狀態下學習，對科學的學習自然能熱忱投注，且做事能細心切實。」(陳文典，2002)

行為表徵(摘自然與生活科技學習領域的分段能力指標)：

1. 喜歡探討，成受發現的樂趣喜歡將自己的構想，動手實作出來，以成品來表現相信細心的觀察和多一層的詢問，常會有許多的新發現能由探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣。
2. 對科學及科學學習的價值，持正向態度能依據自己所理解的知識，做最佳抉擇知道細心、切實的探討，獲得的資料才可信。
3. 相信現象的變化有其原因，要獲得什麼結果需營造什麼變因。
4. 知道細心的觀察以及嚴謹的思辨，才能獲得可信的知識養成求真求實的處事態度，不偏頗採證，持平審視爭議瞭解科學探索，就是一種心智開發的活動。

〔實例〕

〔例〕學生在教學活動引導問題的情境中，是否有很快的依照主題思考問題？

〔例〕實驗活動中，學生是否按照所理解的原理和步驟細心的操作呢？

〔例〕當實驗數據產生時，學生做紀錄所使用的表格是否合宜？數據歸納的結論是否與主題相關？

〔例〕設計實驗時，學生是否依照已知的原理進行，或者是採用較無根據的推論？

〔例〕學生在教學活動探討中，是否因為發覺正確的結果而感到高興與自信，進而表現出更積極的態度。

〔例〕學生在思索活動中的瓶頸時，是否有用客觀求實的態度？

5. 傳達

[定義] 能用詞準確、陳述條理，或運用各種媒體來有效表達自己的看法。能理性思考，與人交換經驗。

[說明]

形成要件：

『在表達方面要對所要陳述的事情有所瞭解、要有適當的語彙可資運用、要有邏輯性的思考能力、要知道什麼資訊可信什麼資訊應予猜疑。在溝通方面，最重要的是把討論的焦點放在澄清事情本身，而不是其他不相干的因素。其次討論雙方要有想解決問題的共同旨意，和共通的語言、符號。』(陳文典，2002)

行為表徵(摘自本領域「過程技能」的分段能力指標):

- 1.由圖表、報告中解讀資料，瞭解資料具有的內涵性質。
- 2.能選用適當的方式登錄及表達資料。將研究的內容作有條理的、科學性的陳述。正確運用科學名詞、符號及常用的表達方式。
- 3.傾聽別人的報告並能提出意見或建議。善用網路資源與人分享資訊。

[實例]

〔例〕實驗結束時，在課堂上做報告是否有條理及採用科學的思考邏輯將問題陳述？

〔例〕實驗報告內容中的表格及數據，是否能清楚的論證與主題相關的意涵？

〔例〕學生在傾聽結論報告時，是否能捕捉重點，並且對於有疑問的地方提出質疑？

〔例〕報告內容所引述的原理是否正確？

〔例〕完整的呈現實驗成果，不會隨意加入不相關的話題。

〔例〕所用的符號，是否符合科學上的通用性質？

〔例〕能否藉由各種方法來收集與自己主題相關的資料，包含網路、報紙、圖書館等？

第五節 小結

當知識的科學哲學思潮，在理性主義、經驗主義、實證主義和建構主義論演進下，影響著近代的科學教育理念，雖然都各有其重要的論述依據，不過要適合現代的教育還是要具備能力的培養，建構主義對於認知的主體觀念正合乎能力培養，在此學習理念對實際經驗的累積和不斷的創造出一個人的能力，並不是被動的接受知識，而是用主動的實作的經驗去獲得，唯有不斷的實作、遭遇問題、思考解決的辦法，這才是一種能力培養的方法；學生的科學素養亦應該建構於經常性的科學思考習慣，利用合理客觀的角度去面對問題、解決問題，才能培養出有用的學問。

STS 的教學方式，可說是對於人類文明的演進和國際化的潮流下所展現的一種符合人類實際在社會化的運作所形成的學習概念，有科學知識才有能力，有了技術才能在社會生存，而科學、技術和社會融合一體也是一種符合九年一貫課程具有民主素養、愛鄉土的的教育價值觀；學生上課透過合作學習和小組活動的過程也是一種社會化的學習過程，因此，綜合以上種種，以學生為主體的教學模組最合乎國民中學九年一貫課程的教育精神。

第三章研究方法與設計

第一節 研究方法

本研究預計採用的方法有以下幾點：

1. 設計一個以生活化議題為重心，以學生為主體的教學模組，作為新式教學的研究。
2. 利用專家(同意法)評鑑教學模組：預計將課程的設計和所使用的評量方式和時機，先讓國內在模組有實際經驗的學者來評估其可行性，並且採納其專業意見做適切的修改以增加外在效標。
3. 有關教學的成效將採用試驗教學：透過實際的試驗教學來評估設計的成效，以觀察教材是否具有推廣性質。

九年一貫課程是以培養一個全人的教育為其教學目標，因此學習主導權不再是由中央所統籌辦理，而是要下放到各級學校、各個老師身上，目的是為了要讓整個教學活動能夠以學生為主體，讓學生學它本身有興趣的議題，進而培養學生問題解決的基本能力，以適應未來的生活環境，當教材不在是統一標準，而學習目標不在是概念的唯一時，什麼樣的教材才能符合於國民九年一貫課程呢？根據現代的教育理論主流

所強調的：認知的主體，因此要考慮學生所具有先備知識，要培養學生的學習興趣，依各地區特色發展出學校本位教材。

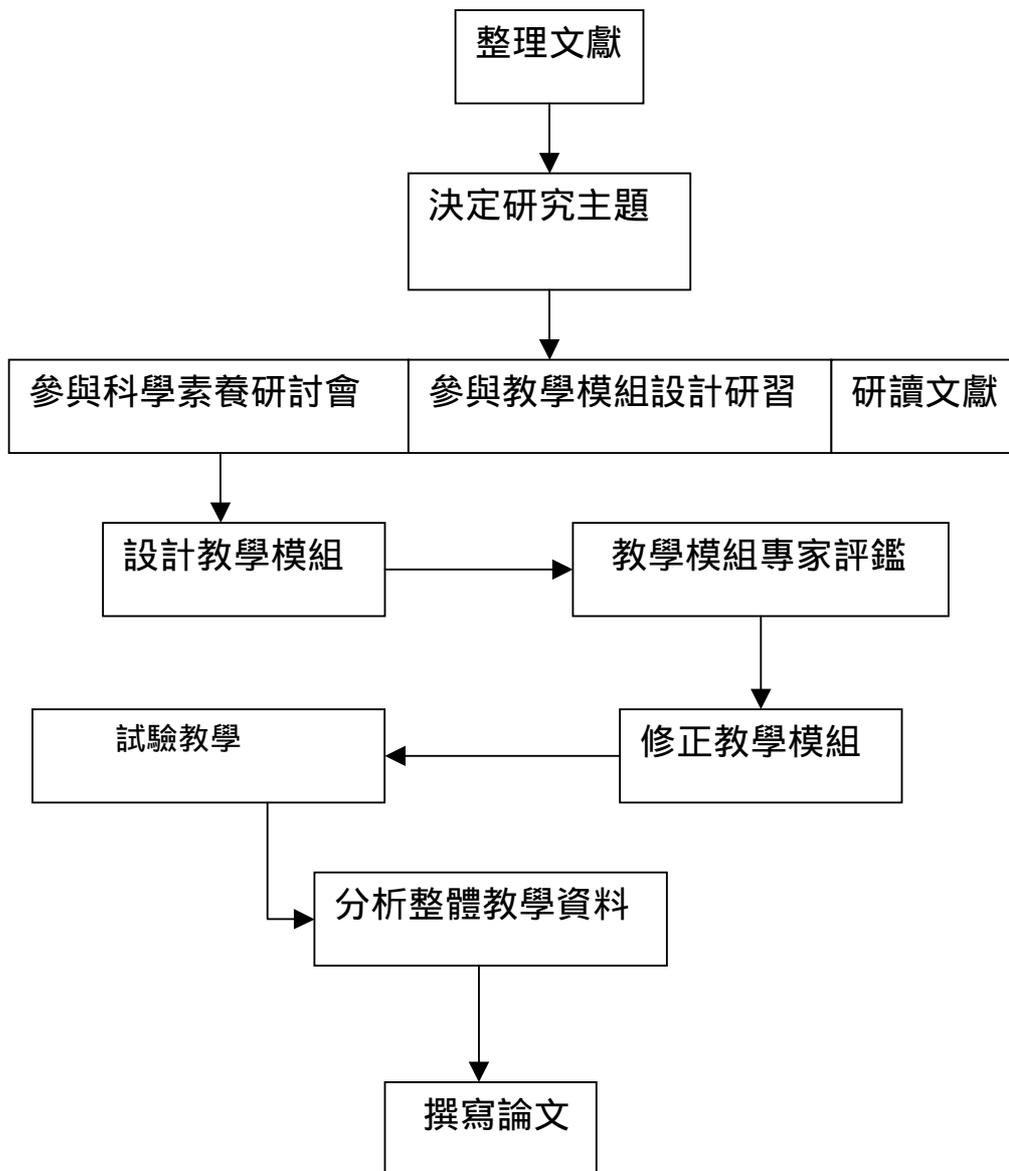
而為了培養多元能力，教材的規劃必須要融入多元的思維，將問題丟給學生，讓學生以自己的角度去思考問題解決問題，如此經過不斷的循環訓練才可以培養出學生的科學素養。

以學生為主體的生活化模組教材，正可以符合此一目標，教學模組的組成可以是一個大的議題也可以是一個小議題的探討，其特質非常具有彈性，非常適合學校本位課程和統整化教材，學校可以依據其教學需要，讓模組合併變成一個大議題統整幾個領域涵蓋許多科學層面，也可以針對某一單元來個別探討，學生在學習科學時以實作的方式來達成其基本能力，這正符合九年一貫的教學目標，故本研究擬採用教學模組作為教學工具。

本研究設計之模組，經由國立教育研究院籌備處修整模組的專家來評鑑，並且彙整出各專家的意見再作進一步修改，目的是為了讓教學模組具有其教學流暢通達性，以利於試驗教學的進行。試驗教學在北市一個中學的兩個班級試教，研究者全程以現場觀察和評量後的數據分析，來檢視教學的效益是否符合預期。

第二節 研究設計

閱讀相關文獻作為研發教材的學術基礎，並且參與科學素養的研討會來做為教學評量的依據，參加模組設計研習會以精進模組的設計，研究計畫流程圖如下：



在 Piaget 的認知發展理論認為，個體在學習到新的知識時會有調適和同化的心智運作過程，認知結構也因此而改變，概念的成長可以透過個體主動建構，使基模發生改變，而在「能力」方面也可以透過此一方式的訓練而成長，因此學生的主體性非常重要，讓學生接觸自己有興趣

的議題才能引發學生對科學的興趣，也才能透過實作，培養學生的能力，Vyotsky 認為學生生活上的知識和學校的課程是有很大的互動關係，而 West&Pines(1985)更將這兩者的關係以「藤蔓的生長」來隱喻，因此要學生的知識形成兩股互相纏結粗壯的藤蔓，課程的安排就必須要涵蓋生活的層面。

為了設計此一課程，研究者參加生活模組設計的研討會，學習到模組教材需要具有引發學生學習動機、將問題丟給學生讓學生自己來解決問題，並且將學習經驗由學生統整應用到相仿的情境中，如此才能培養學生的科學素養。

教師在教學中如何評鑑學生的科學素養將成為一個很大的課題，因此在此在教材設計上必須在每一個步驟舉例該過程可以評鑑出那一項科學素養，評鑑包括概念認知和很多「能力」項目很可能造成科學教師的困擾，不過模組課程的特色就是能讓評鑑者容易觀察出學生的能力表徵，原因是教材的設計是讓學生自己發覺問題、解決問題，當然科學教師也需要對科學素養的內涵有深入了解，才能在課程進行中看出學生的表現是代表哪一方面的能力素養。

第三節 研究工具

本研究所使用的研究工具是教學模組和專家問卷及試驗教學成效的評估樣本。由於國民中小學九年一貫課程是屬於教育的革新，因此，在各階段都需要有完整的規劃，採用教學模組是為了要順應教育部之教學目標的達成，而尋求專家問卷的原因是因為要達到更客觀有用的教學設計，試驗教學是為了得到科學素養評量的資料，來做分析以了解學生在教學前後科學素養的成長情形。在每個階段工作完成後，透過試教分析評量數據，才可以進一步探討模組的成效。

第四章 結果討論

第一節 教學模組可行性討論

教學模組詳見附錄，以下說明如何達成教學模組的特色：

1. 如何才能引起學習動機？
2. 如何以學生為主體？
3. 如何將問題交給學生？

模組教學活動第一個階段是老師拿一杯香噴噴的咖啡走進教室，這將帶領學生進入學習的情境中，可以引發學生的學習動機，其內涵是香味擴散開來讓全班聞到咖啡的味道，而咖啡在日常生活中都看的到，這樣的開場比老師帶著課本進入教室，較能引起學生的興趣，第二階段老師在這情境下將引導學生對於擴散產生一系列的問題，這個策略是讓學生對於生活上的事物能夠以科學的觀點來深入探討，培養學生能夠用科學的態度來面對問題，並且激發學生的思考智能，而不是老師提供問題假設再給學生標準答案，因為根據 Vygosky 所云：學生帶著直觀質樸的先備知識進入學習，老師在此階段只是激發學生原來的思考智能，進

入第三階段學生將問題歸納後分組將各個子問題設計實作活動來解決問題，在這個學習層面學生可以表現出團體的行為及負責的態度，而在尋求解答的過程將讓學生更展現其思考智能和創造力，學生從實作中可以讓概念的認知更為清晰，而且進化到理解和轉用的層次，在模組的教學示例中假設學生設計實驗來測量粒子大小、擴散的成因、粒子的運動等等，在第四階段中各組分享學習經驗，因此可以將各個子問題統整成一個議題，在此架構中訓練學生傳達的能力及統整應用的能力。

第二節 專家對模組的評鑑

此次將設計好的教學模組，請國立教育研究籌備處的六位對模組設計有實際研究經驗的專家，做教學前的評估，並且提出意見讓我能夠針對缺失再進一步修正，目的是為了讓所設計的教材更具效度。

專家問卷的內容

1. 這個活動設計，您認為問題的引發很自然嗎？可以引出學生對這方面的舊經驗和興趣嗎？為什麼？
2. 您認為就這個教學模組主題而言，所列之「教學活動」安排合適嗎？有什麼增刪的建議？敬請在所附之教學模組作增刪。

3. 依據學生為「學習的主體」來考量，您認為在教學活動的過程中，教師與學生互動之角色安排合適嗎？敬請提出寶貴之意見。
4. 您認為教學過程中的評量，有助於教學的進行？目標的達成？您有什麼改進的意見？
5. 您認為這個模組的教學，學生可以獲得知識及技能的學習嗎？能夠促進學生創造能力嗎？為什麼？

針對專家評鑑歸納，彼等提出以下五點建議：

1. 教學活動內容需要闡明師生間的互動關係。
2. 評量內容需加入形成性的評量。
3. 課程設計涵蓋的議題需明確、清晰不可變成零碎的知識組合。
4. 活動的進行不可只偏重於概念的認知，要給學生展現創造力之空間。
5. 教學模組中教學評量列舉要充足。

針對上述五點，模組做了很多面向的修改，除了將編排錯誤部份修正外，由於擴散現象與溶解、溶液之機制不相同，故將有關溶解與溶液的探討刪除，而讓主題更單純化不至於產生零散的概念讓主題失焦，而所做的修正完整敘述如下：

針對第 1 點的修正在模組概要中補充更多師生在教學活動中要扮演的角色，並且在教學示例中亦增加了活動的說明，讓自然科學教師能夠

更明顯的看出模組的流程及師生互動的關係。

在形成性評量問題不足上修正方法是增加設計兩個教學示例，讓老師能夠利用此教學示例的說明，在實際教學上能夠運用出更多的形成性評量，來評鑑學生的科學素養。

在主題方面，原來是利用「溶解單元」來說明擴散現象，不過這樣反而使主題失焦，而且讓整個模組的概念變成零散的知識，況且擴散現象與溶解、溶液之機制不相同，故將有關溶解和溶液的探討刪除，並且補充擴散的教學活動，讓主題更為明確。

在創造性不足方面，是將模組的活動說明補充更詳細，讓活動的進行明確的指出老師做什麼、學生做什麼，如此就可看出教材活動是學生運用創造思考的，老師負責引導學生進入學習情境並協助學生順利進行教學活動，而學生在此架構下也可以看出其學習更多樣化，不單只是偏重概念的認知。

活動列舉不足方面，增加了 2 個教學示例和多了學習工作單的設計，並且提供老師評量的說明，讓整個教學和評量更完整些。

第三節 評量的實施

課程評鑑所需要的安排：課程需要按照模組的特色事先擬定要評量能力指標的項目，並且規劃出成績的風貌；在模組裡，將成績的等地分成五等第來評測成績，評測項目除了知識認知外，多加了其他能力項目的成績，因此等第的表示用口語化說明，以優、良、佳、尚可、待改進五個等第，明確的指出再哪一樣素養表現的程度是如何，總成績評出後加一句評語，目的是對學生在科學素養上的回饋或改進意見，讓成績單看起來更具體。

科學素養如何評估：

依照教育部對能力指標的編號老師要在課堂前中後評估並不容易達成，因此，教學模組所採用的評量項目是將科學素養的八項能力轉化成『五項能力指標(1.知識認知 2.過程技能 3.思考智能 4.科學態度 5.傳達)』(陳文典，2002)藉諸此五項能力指標之評量，作為教師評鑑學生學習目標達成成效之依據。

第五章 結果與建議

第一節 研究結果

綜上所述，本研究計畫之結果如下：

- 1.設計出「擴散現象」之教學模組。
- 2.由此「擴散現象」教學模組可以詮釋「2-4-4-4 知道物質是由粒子所組成」分段能力指標。
- 3.該教學模組之教學活動內容留給學生創造思考的自主空間。
- 4.以往上課老師係以演講式教學法進行教學，學生照單全收，如今透過小組活動，全班動員，學習氣氛熱絡。
- 5.教學與評量同步進行。
- 6.由於教學目標多元化，評量內容多元化，評量之方式也多樣化。
- 7.可將新課程之基本精神落實到教學與教材，具有可行性。

第二節 研究建議

針對此次研究有下列三點建議：

1. 這是一個三年方能完成之整合型計畫，本子計畫只是進行第一年，至於未來兩年將配合整合型研究計畫之擬定，亦以獲得初步構思並策劃實施中。
2. 因為本教學模組涉及生活化主題式教學活動，故教學時間比直接以演講式教學法所需時間要長。
3. 對學生學習之評量，由於評量多元化，方式多樣化，故需耗費更多時間。

參考文獻

一. 中文文獻

王靜如 (2003) : 自然與生活科技學習領域課程研討會, 科學課程論述。

科學本質的理論、教學知識與課程設計。1-3 頁。

吳穎汕 (2003) : 建構主義式的科學學習活動對國小高年級學生認知

結構之影響。國立交通大學教育研究所碩士論文。8-41 頁。

張世璿 (2001) : 國小 STS 教學中進行合作學習之行動研究。國立花

蓮師範學院國民教育研究所碩士論文

蘇宏仁(1997) : 美國科學教育的改革-回顧、前瞻與借鏡。科學教育月

刊, 第 200 期, 2-10 頁。

陳文典(2002) : STS 是一種合理的教學模式嗎? 台灣師範大學物理系,

1-10 頁。

黃芳裕 (1998) 。以後現代哲學評估 STS 理念對科學教育的啟示。台灣

教育, 第 575 期, 20-38 頁。

魏明通(1994) : 「各國 STS 課程教材評介(三) 日本的科學-技術社會

(STS)教育」, 科學教育月刊, 170 期, 11-22 頁。

許春峰(1998)：師院普通化學實驗 STS 教學模組。新竹師院學報 11 期，157-186 頁。

蘇宏仁(1996)：科教課程模式 - 科學、技術、社會(STS)之探討研究。科學教育月刊，190，2-12 頁。

王澄霞、劉奕昇(1995)：的臭氧層破洞 STS 單元。師大學報，40 期，331-364 頁。

王澄霞、蔡曉信(1994)：以腳架策略開發 STS 專業能力的模式。師大學報，39 期，429-454 頁。

陳文典(1997)：STS 理念下之教學策略。物理教育，1 (2)，85-95 頁。

蘇宏仁(1996)：科教課程模式-科學、技術、社會(STS)之探討研究。科學教育月刊，第 190 期，2-12 頁。

王澄霞、陳國華 (1994)：STS 主題-「油脂與生活」之開放性思考的評量。化學，52 (1)，107-114 頁。

王澄霞、游佩琪(1994)：STS 單元活動-的油炸後的食用油處理？化學，52 (4)，415-428 頁。

蘇育任(1997)：建構主義是教育的迷思與省思。國民教育研究集刊，第 5 期，121-139 頁。

王澄霞(民 84) : STS 活動中之「學」與「教」。科學教育月刊, 第 3 卷, 第 1 期, 115-137 頁。

莊奇勳(1997) : 師院環境科學 STS 教學模組之開發研究。嘉義師院學報, 第 11 期, 275-283 頁。

黃萬居(1999) : 培育國小代課教師為 STS 教師之研究。科學教育研究與發展專刊, 3-17 頁。

黃鴻博(1999) : STS 教育理論的接納與實踐 - 一個國小教師的個案研究。科學教育學刊, 7 (1), 1-15 頁。

張資雨(2002) : 以 STS 教育理念發展統整課程之行動研究。台中師範學院自然科學教育學系碩士論文。

林明瑞(1997) : STS 模式之環境教育教學法。科學教育月刊, 204, 24-31 頁。

黃正傑、林佩璇 (2002) : 合作學習。五南圖書。

林清山、林天佑(2004) : 網站

<http://www.nioerar.edu.tw/basis3/13/gm8.htm>

陳文典(2002) : 自然與生活科技學習領域研習手冊。教育部暨國立教育研究院籌備處編印。

鍾聖校 (2002) : 自然與科技課程教材教法。台北 : 五南圖書。

林顯輝 (2001)：國小自然科學創造思考教學活動設計推廣手冊。國立屏東師範學院科學教育中心。

教育部(2003)：國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。

二.英文文獻

Appleton, A. (1993) Using theory to guide practice: Teaching science from a constructivist perspective. *School Science and Mathematic, 93*, 269-274.

Bodner, G. M. (1996) Constructivism: A theory of knowledge *Journal of Chemical Education, 63*(10), 873-878.

Coburn, W. W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. In K. Tobin (ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*, (pp. 39-50). Hillsdale, New Jersey: LEA .

Hillsdale, New Jersey: LEA .

Driver, R, & Bell, B. (1986). Students ' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review, 67*(240), 443-456.

Fosnot, C. T. (1996). Constructivism: A psychological theory of

learning. In C. T.

Fosnot (ed.), *Constructivism: theory, perspectives and practice*,
(pp. 3-7). New York: Teachers College Press.

Ogawa, M. (1998). A culture history of science education in Japan:
An epic description. In W. W. Cobern (ed.), *Socio-Cultural
Perspectives on Science Education*,
(pp. 121-138). Netherlands: Kluwer.

Poole, M. W. (1998). Science and science education: A
Judeo-Christian perspective. In W. W. Cobern (ed.),
Socio-Cultural Perspectives on Science Education,
(pp. 121-138). Netherlands: Kluwer.

Rollnick, M. (1998). The influence of language on the second
language teaching and learning of science. In W. W. Cobern (ed.),
Socio-Cultural Perspectives on Science Education, (pp. 121-138).
Netherlands: Kluwer.

Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of
pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*,
14, 63-82.

von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80, 121-140.

von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin (ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*, (pp. 39-50).

Hillsdale, New Jersey: LEA .

von Glasersfeld, E. (1996). Introduction: Aspects of constructivism. In C. T. Fosnot (ed.), *Constructivism: theory, perspectives and practice*, (pp. 3-7). New York:

Teachers College Press.

Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. E. Hanfmann & G. Vaker (Trans) Cambridge MA: M.I.T. Press.

Wanderse, 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.

West, L. H. T., & Pines, A. L. (1985). *Cognitive structures and conceptual change*. Orlando: Academic Press.

附錄一

「擴散現象」教學模組(Teaching Module of “ Diffusion Phenomena ”) 模組結構及使用說明圖

前言

本模組是要藉著日常生活中的擴散現象(老師端一杯香噴噴的咖啡或一束香水百合花進入教室)，引發學生興趣，並且引導學生產生一系列相關問題(物質是如何擴散？物質的組成是什麼？等等)，當問題產生時，老師並不是如傳統教學一樣給學生解答，而是讓學生去進一步思考，該如何去解決問題呢？解決問題後，如何產生結論？如何將結論應用在日常生活所面對相仿相情境中呢？

模組內容由模組結構、教學示例、閱讀資料及評量所構成一系列的教學活動，老師將站在引導學生的角色，學生將是學習過程的主體，老師在活動的過程中及時的評量出學生的科學素養，希望藉此教學活動培養學生的科學素養。

內容中除了模組所提供(預設的問題)教學示例，有大部分的教學歷程將是師生所建構的，如引發問題(問題將存在學生的大腦中，而且可能有很多樣的思考，並不是模組所列舉而已)、設計解決問題的方法(方法也是學生根據日常生活經驗所引出的，學生在此階段將會運作自己的想像以及以往的學習經驗，去創造一個問題解決的方法)等等，而評量也因教學情境而變化，所以模組並非依序進行固定內容，而是老師在教學情境做適度的調適，而產生的教學活動。

內容：

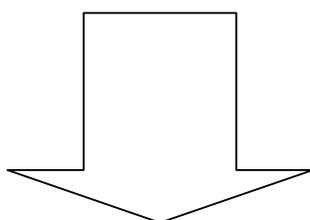
- (一) 模組之教學概要圖
- (二) 主題探討活動(1~3A)
- (三) 學習表單
- (四) 擴散概念選擇題示例
- (五) 閱讀資料
- (六) 教學模組活動項目一覽表
- (七) 科學素養解說表
- (八) 評量細目及成績單

(一) 模組之教學概要圖

「擴散現象」教學模組

觀察情境 察覺問題	<ol style="list-style-type: none">1. 老師拿著一杯香噴噴的咖啡或一束香水百合花進入教室。2. 學生在此情境下，將開始注意到老師與傳統教學方式帶這課本進入教室不同，雖然國中學生並不一定喜歡喝咖啡，也不一定喜歡香水百合花。但是，這個情境學生已經感覺到這節課好像輕鬆許多，而且也聞到濃濃的咖啡香味，或濃郁的香水百合花香味。3. 因為這種輕鬆和悠閒的氣氛，可能讓教室有點熱絡，因為，學生在課堂開始看到與平常不同的東西，也開始對老師要做什麼感到興趣與好奇了。4. 老師問學生，你們覺得香嗎？5. 此階段主要目的是營造一個輕鬆的教室氣氛，讓學生注意到老師，引發學生對老師的舉動感到好奇與興趣。6. 老師在以下階段即將對學生做科學素養的評分，所以老師要事先了解「科學素養解說表」知道學生各項表現所蘊含的科學素養，才能對學生做客觀信實的評量。
--------------	--

特色：此主題式教學模組係以學生為主體，並以問題導向來學習



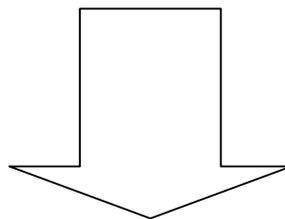
引導討論
確定問題

1. 當老師問學生你聞到香味了嗎？咖啡為什麼會香呢？就已經開始把學習交給學生了，學生是課程主角，學生要開始運作其日常知識，來想像這杯咖啡香味的原因？
2. 老師繼續問學生你們怎麼可以聞到香味呢？
3. 老師可以在此階段引導學生認識擴散這個名詞，並且引伸一些話題讓學生繼續想像，如：你還能舉出什麼擴散的例子？為什麼會發生擴散？擴散有多快為什麼呢？
4. 老師用鼓勵的方式讓學生多提出問題或舉例，並且把學生的問題或舉例寫在黑板。
5. 當老師引導出的問題大致完成時，要求學生作問題的歸納，比如說香味是屬於氣體的擴散那就可以把花香香水的香味歸於同一類(學生自己決定分類老師不必給意見)，擴散速度如何去測試，是屬於所欲探究的問題，而粒子的運動等等問題讓學生自己去分類。
6. 老師將學生歸納的問題作一檢視，並且把歸類錯誤的放到正確的位置，並且解說為何要這樣放。
7. 問題歸類就緒後，開始讓學生思考下一步要如何知道答案，要設計製作什麼東西來說明應證我的看法是否正確呢？
8. 老師在此階段視需要提供閱讀資料在課堂閱讀，以增加學生認知的依據。

說明：

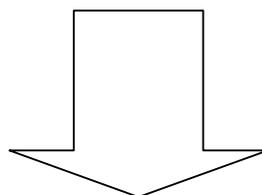
1. 老師要把問題的引導圍繞在擴散的議題，並且讓學生的思考重心放在日常生活中。
2. 學生提出問題或舉例時，教師可以對熱心參與科學課程的學生加分(科學態度)，另外如果學生提出的問題具創造性將可以給予思考智能的成績加分。
3. 當老師引導的提問很熱絡時，將得到很多下一步課程所欲進行的題材，因此老師基於教學時間的掌握，有必要對某些項目刪除，反之，則要做較多的引導讓素材足夠。

特色：透過分組討論之適性化教學，讓程度好的學生帶領程度較學生。



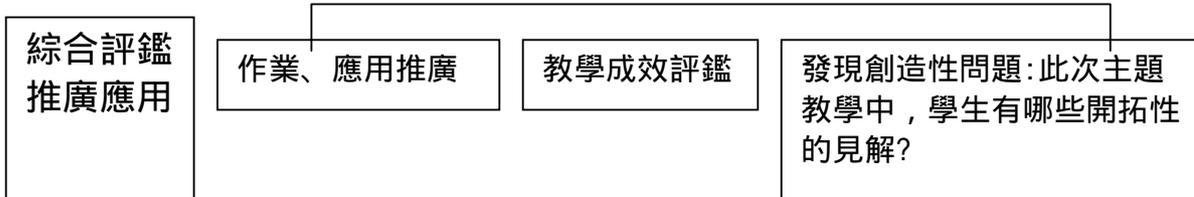
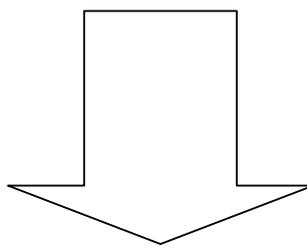
<p>分工合作 進行探究</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小組活動的進行，老師可依照自己的經驗對學生編組，可以用抽籤決定、讓學生自己選擇自己想要的小組成員、或者老師進行學生編組(依學生素質常態分組)。 2. 將問題分成幾個方向，讓學生自己設計解決的問題的工作(實作、設計模型、戶外參訪、照片或是影片欣賞)，在這個階段可能會有複雜性和簡單性的子問題，會造成各組負擔不同，老師可以視需要將問題拆開或者將同性質的問題結合，讓各組學生的活動時間(作業量)能夠較均衡進行。 3. 學生所提出解決問題的方案，老師有必要做事先的檢視與修正，避免過於草率或者時間掌握不佳的情形產生，原則上還是盡量讓學生獨立思考運作，如此才可以讓學生更感興趣，並且可以評估學生的各項能力(思考智能、概念認知、傳達、過程技能、科學態度等)。 4. 老師視需要提供相關資料給予學生課堂閱讀讓學生更有專業的思考方向 	<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 小組活動可以評量學生在小組內的表現(熱心參與、負責任、能與人溝通、創造力、批判力或統整能力等)，並且在規劃活動時可以看出組員心智運作能力，這是過程技能的成績 2. 當所規劃的活動具有解決問題的成效或驅向這是思考智能的展現。 3. 學生參與的熱絡與否，這反映出學生參與科學探究活動的科學態度。 4. 對於科學概念能夠應用於相仿問題中，這是對於知識認知，概念理解的轉用層面，對於儀器操作的精熟度，也是歸類於認知上的技術層面。 5. 以上幾點是根據教學活動特色，老師可以對學生做科學素養評量的列舉。
----------------------	--	--

特色:係以生活化課程設計為主,開啟學生之智慧。



<p>分享經驗 整合成果</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生在經過提問、問題分類、小組活動之後，須要將所學的概念及能力素養整合成將來可以運用的成果，(可以藉由報告、設計製作、紙筆測驗形式、學習札記等看出學生概念轉用、統整能力、創造力等)而這個成果可能是經由以下形式的運作所得到的：觀察、參觀實驗、試驗、閱讀、蒐集資料、發表討論、影片觀察、現場採訪、拍照紀錄等活動所培養出的技能、並不侷限於教室活動或實驗室的運作等。 2. 在報告部分可以要求各組將活動前、中、後所經歷的要項(問題)列出，並敘述其運作歷程及所需要的軟硬體如何取得、如何運用(使用到相仿的情境)等作一經驗分享。 	<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 這一階段主要評量學生統整能力，概念知悉後如何經常性的運用科學方法去思考解決問題、如何創造出符合科學邏輯的理論或設計、如何應用概念去製作生活中要解決問題的器具等。 2. 老師可以讓學生用形成性評量或總結性評量，來評鑑學生統整應用的能力。
----------------------	--	--

特色：集思廣益，經驗交流，共享成果。



(二)主題探討活動 1 A.測量粒子大小

教學示例	說明
<p>【確定問題】</p> <p>學生經由老師的引導提問後，將可能產生跟主題結構相關的問題。 本活動是假設學生知道了香味是由粒子所組成，為了探討粒子的大小學生所規劃的實作活動。</p> <p>【蒐集資料，規劃工作】</p> <p>1. 蒐集資料： 可藉由圖書館、網路、師長的意見，去搜尋相關的資料，並且加以整理作為工作的依據。</p> <p>2. 規劃測量工作： 準備具有孔隙的物質，並利用該物質將花包裹起來，當香味分子如果逸出，則推斷香味分子粒徑比包裹材料的孔隙更小，如無逸出則認為香味分子的粒徑比所用的包裹物質的孔隙大。</p>	<p>1. 確認問題：一個「題目」，經過多方面的考量之後，知道它的性質、可能影響到它的因素、未確定的關係等等，也就是察覺到它「可探索」的空間。並依此一認識，擬定研討的目的和方法，經過此一思考，就知道要做什麼了。</p> <p>2. 此一「可探索空間的開拓」，常常需要教師的引導和開發，並協助學生將紛雜的意見整理出幾個工作方向和方法來。</p> <p>3. 提出策略的階段：(就是「打算怎麼做」) 「主意」可能是學生自己提出的、也可能參考專家的做法再調整的、當然也可能教師提示的。</p> <p>4. 學生想出來的方法，未必和本模組預先所想的辦法相同，教師若能對學生的獨創性加以尊重，依著學生的想法去協助他們實現，則將更能鼓舞其學習的熱忱。</p> <p>1. 學生可利用所蒐集的資料得知粒子的粒徑是非常小的，但是如何來證明，則需要設計一個活動來驗證他的確很小。</p> <p>2. 在現有的教學資源(學校裡)及學生的心智運作(先備知識)，不可能量測出真實粒子的大小，但如果能推論出它比什麼孔隙還小，就算是一個具有創造力的實驗。</p>

【執行測量與讀取數據】

1. 依孔隙的大小準備紗布、濾(水)網、棉布、塑膠袋等。
2. 準備一束香水百合花(香味明顯)。
3. 將花朵包在所準備的材料中，聞聞看香味粒子能跑出來嗎？

【資料分析與研判】

實驗結果顯示所準備大小孔隙不一的材料皆不能將香味分子包起來，顯示香味分子的粒徑比孔隙最小的棉布還小(用塑膠袋則聞不到)，用肉眼或放大鏡可能看不出來。

【結論】

棉布的孔隙大小用尺是量不出來的，可見組成香味的粒子的微小的程度是肉眼無法觀察的。

【評量】

本活動之評量採用以下幾種方式進行：

1. 經驗分享情形：
聽取別組的報告，提出問題，記載別組獲得的資料和結果，回答別組對本組工作的問題。
2. 小組報告：
小組將整個設計活動摘要記錄下來，其內容包括「活動名稱」、「目的」、「方法」、「資料」、「資料分析與研判」、「結論」。

1. 這個階段老師要檢視學生的活動設計是否符合課程需求，實驗的數據能否說明實驗的目的。
2. 觀察學生操作的過程是否細心切實，由搜集資料轉換的實驗情境是否合於假設。
3. 由學生操做實驗及所設計的實驗可評測出學生過程技能及思考智能。

1. 學生對實驗結果的分析可以評測學生批判及統整能力而概念也由於實作而得到更清晰的驗證。
2. 當課程進行到此，學生還需要繼續有它的推論或者實際應用，才可以培養出學生的科學素養。

1. 老師在評量階段除了在過程中評量另外也可以設計紙筆測驗做評量

【應用】

- 1.有惡臭的東西可以用塑膠袋密封不讓惡臭的味道逸出。
- 2.香料可用棉布包裹讓其香味慢慢釋出。
- 3.利用濾水網可以將水份與不溶於水之物質分離。

2A 觀察粒子之運動情形及其受溫度等外力之影響

教學示例	說明
<p>【確定問題】 假設學生在問題引導時發覺香味分子並不是直線擴散到人的鼻子那粒子的運動是以什麼形式進行的呢?學生再此問題下設計了一系列實作活動目的是為了探討粒子的運動</p> <p>【蒐集資料，規劃工作】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集有關粒子的資料並且研讀發覺粒子本身粒徑很小是以無意向的隨機運動在行進這種運動是物質本身在一般的環境下(常溫常壓)自發性的運動(物理作用) 2. 本組規劃了三個實驗目的是探討粒子怎樣運動以及能否藉由外力來影響粒子的運動 利用模擬粒子隨機運動的實驗:準備一快布將細小的粉筆灰灑在布上面並且準備一個檯燈和電風扇備用 <ol style="list-style-type: none"> (1)將沾有灰塵或粉筆灰的抹布拿起來抖一抖此時再用台燈照射在空氣中的懸浮微粒觀察並紀錄微粒運動的情形。 (2)打開電風扇，並吹向懸浮微粒，觀察並記錄其運動情形。 (3)沖泡一杯咖啡利用攪拌和加熱看是否能讓咖啡粒子加速擴散於水中。 <p>【資料分析與研判】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 由上述兩個實驗發覺利用灰塵的懸浮運動可以模擬出粒子隨機運動理由是灰塵的運動正符合粒子隨機無意向的運動但由於粉筆灰或灰塵的粒徑比實際粒子大所以在一段時間後它會沉降到地面 2. 利用電風扇可以讓隨機運動加快並且可以控制它往哪一個方向進行 3. 由咖啡的實驗發覺攪拌和加熱都能讓擴散快速進行 <p>【結論】 由上述實驗本組證明</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 粒子的運動是以無意向隨機運動進行 2. 溫度和外力可以改變粒子擴散的速度 <p>【應用】 由實驗結論本組想出了幾個應用實例可以用於生活當中</p>	<p>當學生確定問題時老師要 可以設計一個工作單要求 小組將問題及解決步驟填寫</p> <p>學生所蒐集的資料可能不 能夠足以作為工作規劃的 基礎老師可以在結論時告 訴學生應該要在哪一個面 向的資料補充並且設計一 個檢討改進單讓學生補充</p> <p>在資料分析中老師可以補 充擴散定律中粒子質量與 擴散速率的關係</p> <p>應用層面可以評估學生的 統整及創造力及思考智 能,老師可以要求學生列舉 幾個例子或設計具有相仿 情境的紙筆測驗來增進學 生的思考智能</p>

1. 吃藥的時候想要讓藥維持較長的藥效可以喝冷開水降低藥物擴散的速率

2. 想要讓花的香味保持在室內中要再花開的時候掉對流的窗戶如此就可以避免香味粒子溢出到室外

3. 由溫度升高可以加速擴散速率來推論壓力也會造成擴散速率的改變理由是根據理想氣體方程式得知溫度和壓力成正比和氣體動力論中增加壓力動能也會增加因此我們如果將香水儲存在一個低溫低壓的箱子裡香水分子可以保持更久

【評量】可以依據 1A 建議在這個過程中評鑑科學素養。

3A 「擴散現象」之模擬實驗及擴散速率之測量

教學示例	說明
<p>【確定問題】 假設學生想要了解生活中有哪些擴散現象及擴散速率要怎樣測量那麼老師可以將學生帶到校園裡聞聞花香進一步啟發學生對聞到香味是因為香味粒子擴散到學生的鼻子才會感覺到香氣的認識回到教室後可以要球該組學生設計一系列在生活週遭擴散的例子來模擬組成物質的粒子發生了擴散作用並且設計如何量測擴散速率</p> <p>【蒐集資料，規劃工作】 由閱讀資料知道物質是由粒子所組成擴散作用也是在我們生活中發生因此設計實驗來說明擴散與擴散速率</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「擴散現象」之模擬實驗:利用紅墨水、黑墨水、藍墨水、蕃茄汁、沖泡咖啡及加入奶精、水族箱施以白點病治療劑，來說明物質在水中擴散的現象。 2. 擴散速率之測量:一個學生噴香水另一個學生在不同距離聞並利用碼錶計時算出香水分子在多少時間擴散到負責聞香味的同學鼻子同時可以計算出擴散速率。 <p>【資料分析與研判】 由上述兩個實驗結果我們可以知道粒子雖然肉眼看不見不過擴散仍然進行中(由有色素粒子的擴散可以看出)而擴散速率的快慢和物質的濃度有關在室外與在教室中進行發覺速率並不相同</p> <p>【結論】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 我們可以利用色素粒子的擴散來推斷聞到香味是因為香味粒子的擴散所造成的 2. 濃度越高擴散越容易察覺但是濃度低擴散仍然發生只是不容易察覺而已 <p>【應用】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 由香味粒子濃度高低來測量擴散速率我們可以應用於廁所臭味的控制將臭味分子利用抽風機抽至大氣中可以降低臭味 2. 廚房裡的油煙可以利用抽油煙機抽離已減少油煙對人體的傷害 <p>【評量】 參考 1A 的評量</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 老師在模組教學過程中扮演引導者角色示時的利用示範教學引導學生的思考而不是給學生直接的解答 2. 資料蒐集可以讓學生訓練學生使用圖書館或網路的習慣而不是遇到問題只是找老師或專家解答 <ol style="list-style-type: none"> 1. 這一階段工作的規劃可以讓學生對日常生活發生的事物以科學的角度思考以及運用科學原理來理解所發生的現象 2. 測量部份讓學生在概念上運用距離和時間可以算出速率以後在相法情境中對於概念的轉用也會更加熟悉碼錶的操作也是屬於概念認知的技術層面學生可以聯想到許多現象和時間有關係 <p>老師在結論和應用可以看出學生的統整能立即思考智能和批判創造力的表現</p>

(三) 學習表單

1. 『擴散運動』 學習札記

我是擴散運動小組的成員_____

一、測量時，影響「擴散速率」的因素

我認為「風力」會影響擴散速率的進行

本組認為影響的因素有_____

本人認為另外還有的影響因素是_____

二、定義

擴散的定義是_____

本組依「擴散」的定義，自訂「_____」的實作方法是_____

三、我知道其他小組同時在進行別的測量

第____組 做：_____ 第____組 做：_____

第____組 做：_____ 第____組 做：_____

第____組 做：_____ 第____組 做：_____

2 工作單

根據本組所研討的_____問題我要規劃如下活動

_____在這活動我設計了幾個步驟：

在這過程中我使用的工具有

預計工作時間_____

(四) 擴散概念選擇題示例

1. 下列敘述何者有誤(1)聞到花香是擴散作用所造成的(2)物質是由粒子所組成(3)粒子會隨機運動(4)固體和固體不能溶解
2. 墨汁在水中慢慢的暈開是何種作用造成的(1)擴散作用(2)質能作用(3)彈性作用(4)光合作用
3. 將冷水加熱,加熱後的水分子與加熱前不一樣理由是(1)加熱前後,水分子都沒有在動(2)冷水分子沒有在動,而熱水分子有在動(3)熱水分子動的比冷水快(4)熱水與冷水的分子動的情況一樣
4. 將一個套有氣球的瓶子,放入熱水中,氣球會有什麼變化?(1)會膨脹變大(2)會變的更小(3)沒有變化
5. 將一個套有氣球的瓶子,倒過來放入熱水中,氣球會有什麼變化?(1)會膨脹變大(2)會變的更小(3)沒有變化
6. 在教室,打開香水瓶之後,香味會跑出來理由是(1)因為有風使香味跑出來(2)因為教室裡有空氣,所以香味才會跑出來(3)當天氣熱的時候,香味會跑出來(4)香味分子本身就會動
7. 在一個完全沒有空氣的教室裡,打開香水瓶之後,會有什麼現象發生?(1)香味會跑出來(2)香味不會跑出來
8. 將香水瓶放入熱水中,再打開香水瓶,香味跑出來的情形有沒有差別?(1)放入熱水中,香味會比較慢跑出來(2)放入熱水中,香味會比較快跑出來(3)沒有差別
9. 將一滴紅墨水滴入在一杯水的水面上,紅墨水會散開是因為?(1)紅墨水在水中散開是因為重量的關係(2)紅墨水滴下去之後,自然就會從高濃度的地方往低濃度的地方移動(3)如果是熱水,紅墨水就不會散開來,如果是冷水就會(3)紅墨水密度比水大,所以在水中會散開來(4)沒有加熱,紅墨水就不會散開來
10. 承上題,當杯中各個地方的液體顏色已經不會再發生改變的時候,裏面的墨水色素分子有沒有在動?(1)色素分子還在動(2)紅色的色素分子不動(3)只有分子在動(4)以上皆非

(五)閱讀資料

1.擴散的基本原理及概念性問答題示例

一、 基本原理：

擴散現象是由於粒子隨機運動，所造成的混和過程，粒子隨著時間，與鄰近之其他粒子的距離變化。包括氣態、液態與固態，任何狀態的物質都會發生擴散現象。

氣體的擴散，是這幾種中最快速，也是我們最熟悉的擴散過程。縱然我們並不太容易直接看到氣體的擴散，我們的鼻子卻很容易嗅到這種過程。你常會聞到幾公尺外飄過來的麵包香味，這就是因為氣體分子能藉由擴散過程，在很短的時間內，移動相當長的距離。

液體中的分子擴散的速度較氣體慢，比固體中的分子來得快。液體的擴散過程相當常見，也容易觀察。譬如將一滴的墨水滴入水中，墨水中的染料分子會迅速的擴散開來。固體的擴散最慢，也最不易觀察。

二、 問題與討論：

1. 建立擴散現象之具體圖像。
2. 討論為何氣體的擴散較液體的擴散快。
3. 探討溫度對擴散之影響。

2. 道耳吞原子說

早在西元前400年，希臘理論派哲學家便提出物質是由原子所組成的概念，他們認為把一片金塊切成一半時還是金，如此細分，最後可得最小的金塊，這種金塊微粒便叫原子。

道耳吞出生於英國曼徹斯特市的貧窮紡織工家庭。貧窮的家境使他只能唸到中學教育，但他卻憑著過人的天資，自我學習、自我教育。從他不間斷的觀測氣象長達五十七年之久這件事，不難看出他超人的耐性。為了生活，年僅十二歲時就在學校教書自立，生活雖苦，但是他依然堅持進行各項科學研究。從二十三歲起到去世為止，他定居於曼徹斯特，在那裡的「地方學會」陸續發表他的研究成果。開始他研究氣象，從氣象的研究中，他開始研究大氣的各種性質。

1. 他發現大氣是空氣和水蒸氣的混合氣體，他將兩種氣體分別裝進兩個容器內，個別量其壓力，然後將一方的氣體裝進另一方的容器內，結果兩種氣體混合在一起的壓力剛好等於兩個別容器內壓力的和；這就是有名的「道耳吞氣體分壓定律」。
2. 道耳吞分析甲烷（ CH_4 ）及乙烯（ C_2H_4 ）時，他發現與一定量的碳化合的氫甲烷就含氫量是乙烯的二倍，他在其他好幾種化合物，如一氧化碳（ CO ）和二氧化碳（ CO_2 ），也發現有同樣的關係，他稱呼此種規律為「倍比定律」。
3. 他又發現以上兩定律可以用「所有的物質都由原子所構成」的「原子說」來說明，一八〇八年，道耳吞出版了「化學哲學的新大象」，詳細說明了「原子說」，他認為：
 - (1) 所有的物質都由再也不能分割的最小粒子——原子所構成的。
 - (2) 化學變化只是原子重新排列組合而已。
 - (3) 在化學變化的前後，原子的數量不會增減。
 - (4) 相同元素的原子都相同，並且具有一定質量，不同元素的原子則否。
 - (5) 原子不能被破壞，也不能被創造，不同的原子能以一整數比值互相結合成化合物。

道耳吞更進一步以質量最輕的氫為例，試圖用這個基準來表示各種原子的質量，這就是今天的原子量，在道耳吞之前，雖然也有人提倡過原子說，但是從來沒有人像道耳吞那樣，具體地把原子看成是微粒子進行研究。

道耳吞除了在化學及原子理論的貢獻外，他對氣體壓力的研究，也奠定了氣象學的基礎，因此，他雖只有中學的學歷，卻被任命為曼徹斯特大學教授；並被選為法國科學院及柏林科學院的院士，實在是一個自學成功的科學家。

(六)「擴散現象」教學模組活動項目一覽表

選用	項目(活動方式)	器材與資源	活動內容
	道耳吞原子說		全班閱讀後進行討論
	擴散原理		全班閱讀後進行討論
	測量粒子大小	紗布 濾水網 棉布 塑膠袋 香水百合花	實作
	觀察粒子運動之情形與溫度對擴散現象之影響	粉筆灰 檯燈 電風扇 不同溫度之水 咖啡 奶精	經由閱讀與討論知道物質擴散的定義。 知道擴散的型態以及外界對擴散的影響。 知道「粒子」的概念(亦即評量)
	「擴散現象」模擬實驗	水族箱施以白點病治療劑 玻璃杯 紅墨汁 黑墨汁 藍墨汁 咖啡 奶精 蕃茄汁	實作
	擴散速率之測量	香水 碼錶	實作
	紙筆測驗		依照定義以及日常生活中學生容易遭遇的問題設計考題。 課後考試成績歸類於科學素養評分中的知識認知。

(七)科學素養解說表

由科學素養分類法中找出符合本單元能夠對應之能力指標之相關科學素養評量項目解說如下表：

各項能力		內容解說
科 學 素 養	知識認知	<p>科學概念認知可以分成「知道」、「理解」、「轉用」三個層次。因此，在設計考題時，我們將以這三方面來思考，同時兼顧著一個重要的原則，就是用生活化的方式來命題，亦即考題盡量能融入學生在日常生活所常遭遇的問題。度量技術操作；可分成「會正確操作」、「能精確地操作避免誤差和危險」、「能巧妙地將技術應用到相仿的情境」三個層次。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 知道、理解及運用科學概念 · 會操作儀器及有製作的技術 · 科技發展(的認識) · 有設計及製作技能
	過程技能	<p>處理某一問題的過程所需的心智運作能力可依過程分成：</p> <p>觀察：察覺有意義的訊息並作量化度量。</p> <p>比較分類：知道各變因的屬性及其做控制變因的操作。</p> <p>組織關連：由資料探討因果尋找變因之間的關係。</p> <p>研判推斷：定出因果關係解釋資料。</p>
	思考智能	<p>思考問題的源起處理結束與發展以及問題本身在情境中的意義和影響依其性質分成：</p> <p>綜合統整：形成整體觀的能力。</p> <p>演繹推論：能由已知的規則理論去預測應發生的事項。</p> <p>批判創造：由情境中發現問題提出對現狀的批評和建議。</p> <p>解決問題：養成遇到問題面對問題且實地去規劃處理的能力。</p> <p>知識技術的應用。</p> <p>科學方法及思考習慣的運用。</p>
	科學態度	<p>藉由科學方法的運用中獲得知識的拓展和發現的樂趣相信科學的價值養成好智且求真求實的求知態度。</p> <p>投注與熱忱。</p> <p>細心及切實。</p> <p>科學本質的體認。</p>
	傳達	<p>溝通傳達：善用各種媒體獲得資訊、能有條理的、科學性的陳述、能與人溝通善於表達。</p>

(八)評量細目及成績單

1.評量細目

____年____班，學生_____

自然與生活科技學習領域科學素養評量項目表

		評量項目	評 量 細 目	特別記事
科 學 素 養	科	知識認知	1. 知道、理解及運用科學概念。 2. 會操作儀器及有製作的技術。 3. 科技發展(的認識)。 4. 有設計及製作技能。	
	學	過程技能	5. 觀察。 6. 比較分類。 7. 組織關連。 8. 研判推斷。	
	素	思考智能	9. 綜合統整。 10. 演繹推論。 11. 批判創造。 12. 解決問題。 13. 知識、技術的應用。 14. 科學方法及思考習慣的運用。	
	養	智能	15. 投注與熱忱。 16. 細心及切實。 17. 科學本質的體認溝通表達。	
		傳達	18. 溝通傳達	

2. 成績單

____年____班，學生_____

自然與生活科技成績 單(舉例)

項目	評語	
知識認知	85	
過程技能	優	對實驗的意義及工作均能掌握，且善於分析及解釋資料。
思考智能	良	可就綜合統整、批判創造、演繹推論、解決問題擇表現特殊的做評述。
科學態度	良	做事細心切實。
傳達	良	善於發表自己的觀點，也能聆聽別人意見加以判斷。
總成績	88	觀察敏銳、思考清晰、工作切實。

*科學智能以優、良、佳、可、待改進，五級表示，其評量方式係依據評量細目考評之。

*知識認知成績表示法可用百分法。

*總成績則以不同比重加權計分得知，例如：40:20:20:10:10。

附錄二

「擴散現象」之教學活動設計照片

水族箱施以白點病治療劑



冲泡咖啡



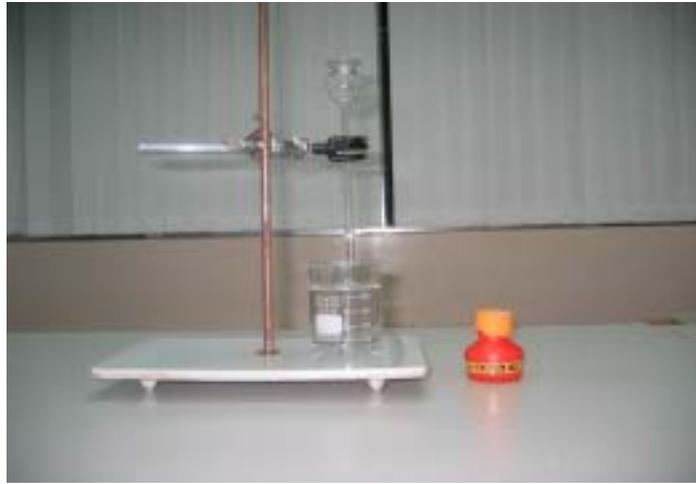
奶精在咖啡溶液中擴散



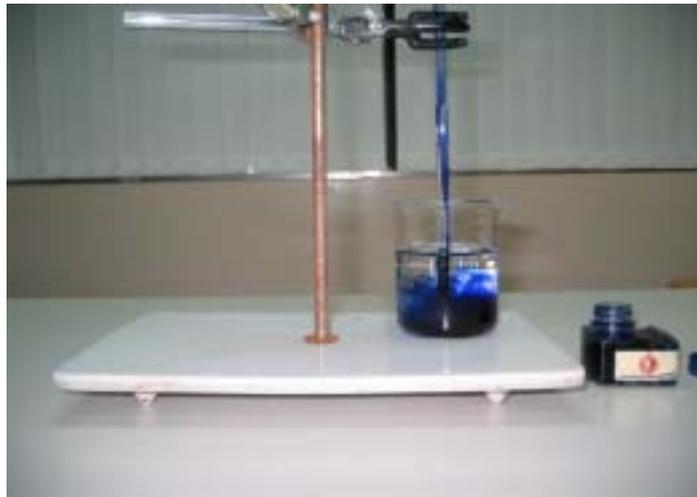
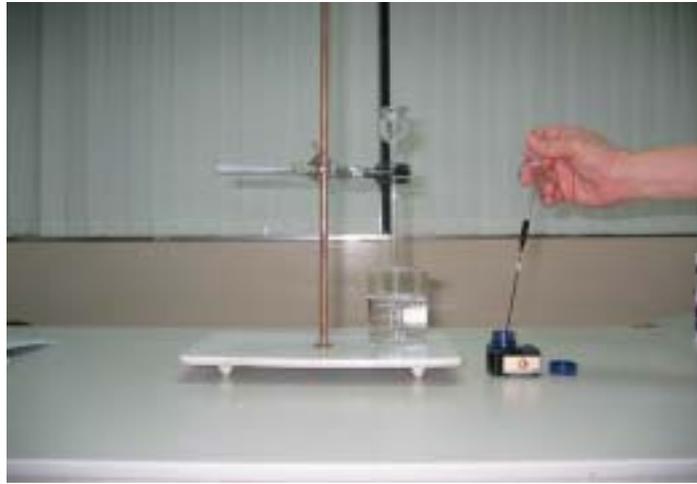
蕃茄汁擴散



紅墨水擴散



藍墨水擴散



黑墨水擴散

