

# 目 錄

第一章 緒論.....	2
第一節 研究背景與動機.....	2
第二節 研究目的.....	4
第三節 待答問題.....	4
第四節 名詞定義.....	5
第五節 樣本範圍與限制.....	6
一、樣本範圍.....	6
二、研究限制.....	6
第二章 文獻探討 .....	7
第一節 科學素養的相關研究.....	7
一、科學素養的歷史演進.....	7
二、一般大眾缺乏科學素養.....	11
三、對科學的態度與科學素養間之關係.....	20
第二節、理性行為理論及其相關研究.....	27
一、態度的定義.....	27
二、期望值模型 (Expectancy-Value Model) .....	29
三、理性行為理論 (Theory of Reasoned Action , TRA).....	31
第三章 研究過程與方法.....	35
第一節 建立研究架構.....	35
第二節 研究流程.....	47
第三節 研究對象.....	47
第四節 研究工具.....	48
第五節 資料處理與統計分析方法.....	50
一、資料處理.....	50
二、統計分析.....	51
第四章 結果與討論 .....	56
第一節 研究參與者之基本資料.....	56

第二節 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方 程模式.....	75
<b>第五章 結論與研究建議.....</b>	<b>93</b>
第一節 研究結論.....	93
一、全體研究參與者之人口學變項對四量表的影響.....	94
二、高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖與科學相關行為之結構方 程模式.....	96
第二節 研究建議.....	98
一、未來研究之建議.....	98
二、對科學教育之相關建議.....	101
<b>參考文獻 .....</b>	<b>104</b>

# 表 目 錄

表 3-1-1 研究變項及其組成構念.....	39
表 3-1-2 各組成構念之操作型定義.....	39
表 3-4-1 各分量表及其題目.....	49
表 4-1-1 全體研究參與者人口特性之人次與百分比.....	56
表 4-1-2 全體研究參與者各量表單題平均得分.....	57
表 4-1-3 不同性別之高二學生在對科學態度量表得分之差異性檢定.....	58
表 4-1-4 不同性別之高二學生在主觀規範量表得分之差異性檢定.....	58
表 4-1-5 不同性別之高二學生在意圖量表得分之差異性檢定.....	59
表 4-1-6 不同性別之高二學生在科學相關行為量表得分之差異性檢定.....	59
表 4-1-7 不同組別研究參與者各量表單題平均得分.....	63
表 4-1-8 不同組別研究參與者在對科學態度量表得分之差異性檢定.....	63
表 4-1-9 不同組別研究參與者在主觀規範量表得分之差異性檢定.....	64
表 4-1-10 不同組別研究參與者在意圖量表得分之差異性檢定.....	64
表 4-1-11 不同組別研究參與者在科學相關行為量表得分之差異性檢定.....	64
表 4-1-12 喜好不同學科之研究參與者各量表單題平均得分.....	67
表 4-1-13 喜好不同學科之研究參與者在對科學態度量表得分之差異性檢定.....	67
表 4-1-14 喜好不同學科之研究參與者在主觀規範量表得分之差異性檢定.....	68
表 4-1-15 喜好不同學科之研究參與者在意圖量表得分之差異性檢定.....	69
表 4-1-16 喜好不同學科之研究參與者在科學相關行為量表得分之差異性檢定.....	69

表 4-1-17 男女學生就讀組別、喜好不同學科人數.....	71
表 4-1-18 不同組別喜好不同學科研究參與者各量表單題平均得分.....	72
表 4-2-1 原始假設模式之整體模式適配指標.....	76
表 4-2-2 修正假設模式之整體模式適配指標.....	78
表 4-2-3 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』修 正版之整體模式適配指標.....	80
表 4-2-4 觀察變項測量誤差.....	82
表 4-2-5 潛在依變項測量誤差.....	82
表 4-2-6 潛在變項與潛在變項間的參數估計.....	83
表 4-2-7 修正模式之潛在變項對觀察變項的參數估計.....	83
表 4-2-8 修正 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』 修正版之整體模式適配指標.....	84
表 4-2-9 修正模式之個別項目信度.....	85
表 4-2-10 修正模式潛在變項之建構信度表.....	86
表 4-2-11 修正模式潛在變項效果值.....	87

# 圖 目 錄

圖 2-3-1 理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA) (Zint, 2002).....	31
圖 3-1-1 研究架構一.....	36
圖 3-1-2 研究架構二 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相 關行為之模式』.....	40
圖 3-1-3 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之假設 模式徑路圖.....	41
圖 3-1-4 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式 修正版.....	44
圖 3-1-5 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為修正版 之假設模式徑路圖.....	45
圖 3-2-1 研究流程.....	47
圖 4-2-1 原始 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』 之假設模式結果徑路圖.....	76
圖 4-2-2 修正 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』 假設模式結果徑路圖.....	78
圖 4-2-3 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』修 正版之假設模式結果徑路.....	80
圖 4-2-4 修正 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』 模式修正版之結果徑路圖.....	81
圖 4-2-5 結構方程模式解釋圖.....	89

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景與動機

長久以來，許多公眾政策制定者相信國民的科學素養 (scientific literacy) 與一國的經濟競爭力有直接的關係。政策制定者瞭解現代社會對科學的倚賴程度，他們也瞭解一國的經濟生產相當側重科學發現與科技工具的利用，政策制定者因而相信若使國民的科學素養獲得提昇，必能使科學發現與科技工具改善的速度加快，如此改進讓個人的生產力增加、整體社會獲得增益，最終使國家經濟競爭力亦將隨之上揚。為了能有更多具科學素養的國民對國家、社會的經濟發展做出貢獻，因此科學素養成為他們長期關注的一項議題。

教育學者與科學社群處理科學素養議題時，則選擇了另一觀點看待此議題。教育學者與科學社群對於科學素養議題關注的原因在於科學在社會活動中扮演的角色有了相當大的改變。科學不但在經濟生產中佔有重要的部份，在民眾的日常生活版圖上，科學也佔有許多的部份。因為科學深入一般生活之中，教育學者與科學社群因而認為科學素養為民主社會公民所應具備的能力，且認為此能力的重要性日益增進，惟有具備良好的科學素養，才能在充滿科學性議題的社會中擁有完全的自主權。因此教育學者與科學社群希望經由教育的方式提昇國民的科學素養，進而改進國民之生活 (Einsiedel, 1994)。

不論是由促進國家經濟發展的角度來看科學素養的重要性，或由對個人生活的助益角度來討論科學素養，對於科學素養的關注反映出科學在現今社會中所佔的重要角色。隨著科學日益發展，科學鉅幅改變了人們的生活，人們越來越容易接觸到與科學相關的議題。人們發現在日常生活中有許多時候需針對科學性議題與他人進行交談、討論、溝通，或是對面臨的問題進行思考、判斷、下決策進而產生相對應之行動。所接觸到的科學議題範圍由切身相關的醫療保健知識，至酸雨對於住屋與整體環境危害；從『現在打電話給在美國的孩子會不會吵到他的睡眠？』到『新聞報導中的聖嬰現象是什麼意思？』；由『進行垃圾分類的意義』至『是否要參與公投表達對核電廠設立的意見』等，不論其影響或大或小，與自身直接或間接相關，均需要對其具有瞭解方能採取最適當的決定與行動。具有科

學素養的人瞭解科學與技學對人類生活的貢獻與限制，知道科學中的重要概念、原理原則，並能將擁有的科學知識及科學的思考方式融匯到個人日常生活之中，以理性態度處理所面臨的問題 (Einsiedel, 1994; Korpan, Bisanz, & Bisanz, 1997; Nelson, 1999)。

社會性質的轉變使得具備科學素養成為現代公民必備的條件之一，提昇公民科學素養則因此成為目前各國科學教育的中心目標 (American Association for the Advancement of Science, 1990; Cajias, 1999)。我國中小學科學教育標準亦以培養具有科學素養的公民為教育目標之一 (靳知勤, 2002a, 2002b, 2002c; 教育部, 2003)。然而科學素養的涵義包含甚廣，許多科學教育學者均試圖給予科學素養一個確切的定義。在我國國民中小學九年一貫課程綱要中，教育部參考國內外研究者對於科學素養的定義，將科學素養分為八個層面，並明訂為自然與生活科技課程學生所應習得的能力指標。此八項能力指標為：(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，意即擁有此八項能力即可被稱為是具有科學素養之國民 (教育部, 2003)。

教育部定義多達八項的能力指標顯示了科學素養的複雜面向，面對龐雜的科學素養向度，前人研究多著重於對其中一或二個向度的探討，Durant, Evans, & Thomas (1989) 針對英國民眾所做的調查則擴大討論至『對科學的態度』、『科學過程』、『科學知識』等三向度。他們對於科學素養三向度的研究發現英國人民的科學知識與個人對科學的態度間有顯著正相關，二者的相關係數為 .49。除了發現科學知識與個人對科學的態度呈現正相關，他們也發現對科學的態度越佳，研究參與者越願意自各類媒體中獲得科學訊息，對於自己擁有的科學知能也越肯定。其後 Miller (1998) 與 Laugksch & Spargo (1999) 所做的研究均參考 Durant *et al.* 的研究策略，針對他們所調查的三個向度分別在美國與南非進行調查，而他們也獲得了相同的結論，即對科學的態度與科學知識間具有顯著正相關。

Durant *et al.*、Miller 及 Laugksch & Spargo 所做研究顯示成人的科學知識普遍不足，亦顯示個人對科學的態度與其所擁有的科學知識之間存有顯著相關，然而其研究並未究明對科學的態度與科學知識之間的因果關係，兩者之間究竟是對科學的態度影響個人對於科學知識的探索，抑或是對科學知識的探究過程誘發對

科學的正向態度？如果一個人對科學具有正向態度，是否會使他的科學知識受影響？對科學的態度會影響一個人獲得科學訊息的方式嗎？前述研究並未解答此類疑惑。

為了瞭解對科學的態度與科學知識間的關係，Fishbein & Ajzen 於 1975 提出的理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA) 提供我們一個適當的切入點，使我們得以探究二者之間的關係。Fishbein & Ajzen 主張一切人類行為皆受『對(該)行為的態度 (attitude toward behavior)』與『主觀規範 (subject norm)』二變項的影響，二者直接影響行動者之行動意願，進而影響其行為表現 (Perugini & Bagozzi, 2001; Zint, 2002)。

由於理性行為理論已成功應用於許多領域，本研究嘗試以理性行為理論做為瞭解對科學的態度與科學知識關係之理論基礎，建立『個人對科學的態度將影響其對科學相關行為』之研究假設，並對三所高中之二年級學生進行實徵研究，以實徵研究所得資料驗證研究假設。希望藉由本研究的進行而對科學素養不同面向間的關係有更深一層的瞭解。

## 第二節 研究目的

綜合以上研究背景與動機，本研究擬定研究目的如下：

- 一、瞭解調查之三所高中之二年級學生對科學的態度、其感受之社會期許 (主觀規範)、參與科學相關活動之意願 (意圖) 與學生對於科學知識的瞭解
- 二、以理性行為理論為基礎，建構『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為模式』

## 第三節 待答問題

根據前項研究目的，本研究之待答問題有以下二項：

- 一、瞭解所調查三所高中之二年級學生科學知識及其影響因素之關係：不同性別、不同組別與喜好不同科目的學生對科學的態度、其感受之社會期

許(主觀規範)、參與科學相關活動之意願(意圖)與學生對於科學知識的瞭解等四個層面的表現是否具有差異？

依據此一待答問題，本研究建立以下虛無假設 ( $H_0$ )，並將逐一檢驗：

1. 不同組別的學生於四個分量表的表現沒有差異。
2. 不同性別的學生於四個分量表的表現沒有差異。
3. 喜好不同科目的學生於四個分量表的表現沒有差異。

二、本研究所建構的『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為模式』是否能夠得到實徵資料的驗證？是否能妥切解釋主要研究變項？

依據此一待答問題，本研究建立以下虛無假設 ( $H_0$ )，並逐一檢驗：

1. 對科學的態度對意圖具顯著之負向效果
2. 對科學的態度對科學相關行為具顯著之負向效果
3. 主觀規範對意圖具顯著之負向效果
4. 主觀規範對科學相關行為具顯著之負向效果
5. 意圖對科學相關行為具顯著之負向效果

#### 第四節 名詞定義

**對行為的態度 (attitude toward behavior)**：指個人對從事特定行為的感受，或對於該特定行為的正、負向評價 (Zint, 2002)。

**對科學的態度 (attitudes toward science)**：指對於自然界及自身周遭自然環境，以及進行科學學習時所持有的正面或負面態度，包含了對科學的興趣、對科學研究的支持等不同的概念。

**主觀規範 (subject norm)**：主觀規範是指個人對於是否採行某項行為時所感受到的社會壓力 (Zint, 2002)。

**意圖 (intention)**：意圖意指個人從事某行為的主觀機率或可能性，可用來預測實際行為的產生 (Zint, 2002)。

行為 (behavior)：受個人意願直接影響之各類有意識表現 (Zint, 2002)。

科學相關行為：本研究所言之科學相關行為意指研究參與者具有之科學知識、參與科學活動頻率以及研究參與者對自身科學知識之滿意程度。

## 第五節 樣本範圍與限制

### 一、樣本範圍

本研究以方便取樣方式對臺中縣市三所中學進行問卷調查，對象為各校高中二年級學生，每校抽取男女合班上課之自然組與社會組班級進行施測，共有十一個班級接受施測，得到有效樣本 425 份。

### 二、研究限制

本研究之目的為根據理性行為理論建構『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為模式』，目的並不在於對科學素養之調查。研究對象的選取乃以方便取樣對臺中縣市之三所高級中學進行取樣，因此獲得之結論無法類推至全體高二學生，此為研究範圍。

本研究採用 TRA 為研究之理論基礎進行探究，探究的內容為學生對科學的態度、其感受之社會期許(主觀規範)、參與科學相關活動之意願(意圖)與學生對於科學知識的瞭解等四個層面間的關係。依據 TRA 理論，所有非態度、非主觀規範之因素均需藉由態度與主觀規範的中介方能影響行為之表現。因此本研究無法探究其他因素的影響，此為研究限制。

## 第二章 文獻探討

### 第一節 科學素養的相關研究

#### 一、科學素養的歷史演進

1957 年蘇聯成功的發射了 Sputnik 人造衛星昇空，為人類進入太空時代寫下了序章，此舉造成冷戰時期美國全國極度的震撼，激起各界對於科學教育再次的重視，並針對當時的科學教育提出了一連串的檢討與改進之建議。在此氛圍下，Hurd (1958)首度提出了『科學素養』一辭提醒美國國人對科學教育問題應有重視。在一篇名為『科學素養：對美國學校的意義(Science Literacy: Its Meaning for American Schools)』的文章中，Hurd 提到：『科學家必需提供自身的經驗，以幫助年輕一代的美國人明白科學素養發展的潛在重要性』，他並呼籲人們：『縮小美國在科學上的卓越成就及不良的科學素養間的鴻溝』(Hurd, 1958)。

何以 Hurd 認為年輕一代必需發展個人的科學素養呢？Hurd 解釋科學素養的重要性在於具有科學素養使個人『瞭解科學的研究過程，知道這些研究過程是人類想像力與自然定律的結晶，其目的是為瞭解決所面臨的問題』，而且知道這所遭遇的問題中有許多『與社會改變有關』(Hurd, 1958)。

Hurd 對於科學素養所下的定義顯示其所在的時空環境，他重視科學的原因乃是科學具有工具性價值，因此特別注重科學的研究過程，希望提供學生一個解決問題強而有力的工具。DeBoer 進一步指出 Hurd 希望藉由年輕一代普遍學習科學而產生整體的文化力量，以使美國有足夠的力量能與其他國家相較高下(DeBoer, 2000)。除了經由科學的學習產生直接的文化力量外，Laugksch 認為尋求一般大眾對於科學的支持是 Hurd 與 1950 年代後期的其他研究者重視科學素養的原因，他們假定民眾具有的科學素養水準越高，對於科學研究的支持程度就越高。科學的發展需要眾人的支援，要人們支持其發展，則有賴人們對科學有最基本的瞭解，知道科學家所進行的研究為何，方能對科學的研究與發展予以正面的評價，並給予支持 (Laugksch, 2000)。假若一個國家之人民對於科學未能有基本的瞭解，則國家之科學研究發展在未能獲得人民支持的情況下必無法順利拓展；需待國民先具備若干程度之科學素養，科學發展方能在此沃土上生根發芽，提昇

人民之科學素養成為促進國家科學發展之工作要項之一 (Durant, Evans, & Thomas, 1989; Einsiedel, 1994)。

進入 1960 年代後，沿續了 Hurd 對於科學研究過程的重視，科學教育社群越來越著重科學知識及科學研究技能的戰略價值。雖然 Hurd 在 1958 年的文章提醒人們需關注科學與社會變遷的關聯性，但 1963 年美國科學教師協會 (National Science Teachers Association) 請科學家與科學教育者述說心目中『科學素養』所需涵納的內容，調查發現祇有少數人重視科學與社會之間的關係，多數科學家與科學教育者認為具有『科學素養』意同『廣泛的瞭解各個科學學門中的知識』，DeBoer 以為這個現象反映出 Sputnik 衛星所造成的長期影響，使 1960 年代人們普遍抱有『瞭解了科學概念，就能將國家的經濟與軍事能力都步上軌道』的信念 (DeBoer, 2000)。

因為人們信念的改變，使 1960 年代的科學教育目標也由 19 世紀以來所著重的培養個人獨立思考能力轉變為培養學生對於科學研究過程的瞭解。科學家開始介入教材設計的工作，所設計的課程內容側重將科學家由自然世界發現的原理原則引介給學生，並以實際操作的方式讓學生學習進行科學研究所必要的技能，而很少提及日常生活應用科學的方式。這些以科學研究過程為基礎而設計的教案呈現出科學家進行研究時的雛形，如此呈現的原因在於希望能透過模擬的科學研究情境，吸引更多優秀的學生進入科學研究領域 (DeBoer, 2000)。

對於科學研究過程的重視到了 1970 年代後有了轉變，科學教育學者開始體認到科學教育不顧及學生的興趣與需要，而將所有的努力用以提昇學生的科學研究技能似乎非明智之舉，因此對 1960 年代的教育方針做了一些調整。研究者認為科學素養定義不應僅著重於科學知識與科學過程技能，科學與社會間的關係，及科學的應用都是需要重視的部份，於是科學課程中再次導入科學的應用與科學造成的社會議題，使學生瞭解科學並非祇是單純的事實背誦，科學所引發的倫理、價值問題也需要學生投注等量的關注 (DeBoer, 2000)。

經過整個 1960 年代與 1970 年代對於科學教育的努力後，美國最終發現所獲致的成效並不如預期，人們在 1970 年代末期與 1980 年代初期逐漸感受到來自他國的競爭壓力。首先，包括臺灣、日本、南韓、新加坡在內的亞洲國家經濟能力快速成長，而且在全球貿易市場上的角色漸趨重要。這些亞洲國家在全球市場上

對美國施予的經濟壓力使美國感到自身經濟競爭力與工業龍頭地位已是岌岌可危。為了挽救自身所面臨的經濟困境，美國將希望寄託在國內的科學教育上，希望科學教育的成功能夠帶來工業的突飛猛進，將國家由經濟泥沼中拉拔而出 (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000)。然而在 1983 年，美國國家教育卓越委員會 (National Commission on Excellence in Education) 所發表一份報告書卻讓這個希望破滅。報告中指出美國在科學與工業方面的研究成就持續降低，而美國中學生在國際學科成就比賽中的名次大幅落後其他國家，尤其是數學與科學二科落後其他國家更多。經濟競爭力的下滑，原先被寄予厚望的科學教育成就亦不佳，委員會認為美國已是面臨救亡圖存的『危難之邦 (A Nation at Risk)』 (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; National Commission on Excellence in Education, 1983)。

在美國國家教育卓越委員會提出『危難之邦』報告書的前一年，美國科學教師協會提出一份對科學教育改革的建議書，這一份建議上承 1958 年 Hurd 所重視的科學與社會的關係，提議在科學教育中應以科學-技學-社會 (Science-Technology-Society, STS) 為教學重心。美國科學教師協會提出 STS 教學的目的在於使學習者能具備科學素養，瞭解科學、技學與社會之間的關係，知道此三者之間彼此相互影響，而且對三者之間如何相互影響有基本的概念，進而將知識應用於日常生活中。在美國科學教師協會提出 STS 概念後，科學教育學者普遍接受 STS 為『科學素養』一個面向，一個具有科學素養的成人應該都能瞭解科學、技學對社會帶來的影響，科學價值中立的傳統信念必需破除，唯有如此，人們才能真正稱得上是有科學素養。而在 1983 年『危難之邦』報告書提出後，人們對於科學及其社會責任的重視，也讓 STS 的重要性隨之增加 (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000)。

1989 年，美國科學促進協會 (American Association for the Advancement of Science, AAAS) 發表 2061 計劃 (Project 2061: Science For All Americans)，提出全面的科學教育改革計劃。在 2061 計劃中，美國科學促進協會亦對 STS 給予相當的重視，認為一個具有科學素養的人必需瞭解科學、數學與技學是人類活動的結果，對人類有其益處亦有負面影響 (AAAS, 1990; DeBoer, 2000)。

從上述討論中可知，雖然科學教育的目的 -- 培養具有科學素養的公民 -- 未曾改變，但科學素養一詞自 1958 年由 Hurd 提出後，歷經數個不同時期，其意

義也有些微更異。Hurd 意指的具有科學素養的公民除能知道基本的科學概念，尚需能瞭解科學與社會的關係。而 1960 年代的科學教育者並不重視科學與社會間的關係，他們在乎的是科學課程是否能夠培養進行科學研究的人才，因此科學課程成為科學家培育場，一般大眾的需求因而受到忽視。1970 年代人們發現 1960 時期的科學教育忽視了大眾的需求，因此試圖扭轉科學教育的方向，但此努力至 1980 年代仍未成功，美國科學教師協會因此於 1982 年提出 STS，希望科學教育更加貼近民眾日常生活中，使國民能感受學習科學的意義，從而提昇國民科學素養。

1989 年的『美國 2000 議定書』與『2061 計劃』以一個更嚴格的科學課程標準來確保民眾所擁有的科學素養，意即『美國 2000 議定書』與『2061 計劃』所言之『科學素養』標準較之往昔更加嚴苛。前述二項在提出後持續發揮其影響力，1990 時期科學教育者仍不斷的討論科學教育的改革方案，時至今日科學教育的改革仍是一個受到重視的議題。

科學素養的意義雖然隨時代而更迭，但 Durant *et al.* (1989) 認為不應因此否認科學素養的價值。因為學習科學可以幫助學習者在個人生活中更加有利，也能增進學習者的社會參與，因此科學素養仍然值得提倡。而且為了確保每一個人均擁有足夠的科學素養，我們應該對全民的科學素養做檢測，以瞭解民眾所具有的科學素養程度是否有所不足。測量大眾科學素養的程度並非為了歧視某些科學素養不足的人，相反的，其目的是發現一般人科學素養較為不足的部份，並設法由教育著手加以補強。

Durant *et al.* 的想法獲得許多科學教育者的支持，他們在不同的地區進行科學素養的調查，其結果均發現研究參與者的科學素養程度普遍不足。為使讀者能對一般民眾所具有的科學素養程度有更深的瞭解，下一小節將介紹 Durant *et al.* 及其他研究者調查科學素養的發現。

## 二、一般大眾缺乏科學素養

科學素養有什麼重要性？為什麼人們必需學習科學？擁有科學素養能有什麼樣的好處？這三個問題對 Durant *et al.* (1989)而言，其答案是顯而易見的。

Durant *et al.* 認為至少有四項原因使我們必需學習科學，這四個原因為：

- 一、 科學是我們所處的文化中最偉大的成就。
- 二、 科學影響了每一個人的生活。
- 三、 許多公眾政策的決定都包含了科學，祇有瞭解科學才能對公眾政策有影響力。
- 四、 科學需要公眾的支援，對科學瞭解越多，越能支持科學發展。

Durant *et al.* 認為科學與技學的進步深深的影響了現今社會的每一個成員，每一個人身處的環境中都有許多科學相關議題有待解決，因此一位優秀的公民不應對科學內容知識、科學方法一無所知。如果說一個科學家對於其學科內容知識、科學方法均無基本瞭解，這是令人難以想像的事，因為科學家需要具備科學知識、理解科學的方法，才能進行科學研究。一般大眾雖然不是科學家，但是其所處環境的眾多科學議題，使一般大眾需要具備基本科學素養方能據以解決所面臨的問題。為瞭解決所面臨的困境，一位公民應該能夠觀察現象、提出問題、分析資料，藉由科學的方法解決自身遭遇的科學問題。瞭解科學，除了可解決面臨的科學問題外，Rillero 認為科學素養還提供了一個瞭解世界的新視野，一般大眾若能對我們所在的宇宙、生物圈及自己的身體有多一點瞭解，他們對於自己的健康、所處的地球環境等相關議題便會有不一樣的看待方式 (Rillero, 1998)。

既然科學與個人生活密切相關、具有重要性，Durant *et al.* 於是設計了一份問卷詢問英國成年人，希望瞭解英國一般民眾是否擁有足夠的科學知識，是否具備基本的科學素養。Durant *et al.* 認為一個具有科學素養的人必需對科學有所瞭解，也應該對科學持有正向的態度。但是對科學的瞭解不應祇是知道若干科學名詞的意義，還應對科學家做研究的方式有基本的概念。假若一個人僅知道科學知識，但對科學的過程方法完全沒有涉獵，則其所具有的科學知識難以為他解決真實情境中所面臨的問題；或若一個人僅知科學過程方法，卻不具有基本的科學知識，則在選擇解決的問題方法上會出現困難。比如天氣冷時可以加件衣服取暖，也可以燒煤取暖，兩種方法均能解決所面臨的問題；但若不具備基本的科學知識，很可能就發生密閉室內燃煤中毒的狀況。因此，Durant *et al.* 認為惟有具備

科學知識並明白科學過程技能的人才能算是對科學有所瞭解的人，其所發展的問題便由科學態度、過程技能與科學知識三向度組成。

Durant *et al.* 問卷的態度向度以三部份共 25 題組成。第一部份 6 題詢問參與者對於政治、運動、影藝與科學等四類新聞的興趣；第二部份有 13 題，由參與者自承對各類頭條新聞的興趣，題目包括有：『天文學家發現新銀河』、『垃圾處理的新技術』、『美國總統布希呼籲各國合作防恐』等；第三部份則請參與者回答對政治、運動、影藝與科學新聞的理解程度。

其結果顯示，雖然超過八成的參與者回答自己對於科學與技學新聞有興趣閱讀，但是可發現大眾所關注的科學議題仍有程度上的差別。有 63.1% 的參與者對於開發 AIDS 新藥的相關新聞一定會閱讀，另有 26.5% 的人回答可能會閱讀；有 68% 的參與者回答他們會閱讀『有些專家對心臟病的成因有錯誤認知』的報導，可能會閱讀的則有 24.3%。若在媒體上看到『科學家質疑：達爾文的看法是對的嗎？』這樣的標題，有 33.2% 的人一定會閱讀該篇報導，可能會去閱讀的人則為 33.4%；看到『天文學家發現新銀河』的頭條報導，有 40.7% 的參與者一定會詳加閱讀該則新聞，可能會閱讀的參與者有 29.9%。可以發現，一般大眾對於醫學相關新聞的興趣明顯高於一般科學，這可能是因為醫藥新聞屬於切身相關的議題，因此受到一般大眾較多的重視 (Durant *et al.*, 1989)。

雖然一般大眾對於不同的科學議題之興趣有所不同，畢竟有八成的受訪者表示自己有興趣閱讀科學相關新聞，比例不可謂不高。但是當 Durant *et al.* 詢問參與者對其閱讀的新聞理解度時，卻發現祇有不足一成的人回答自己對媒體上的科學新聞非常瞭解：9.9% 的人自認能夠完全理解醫藥新聞、9.4% 的參與者能夠完全瞭解技學新發明新聞、能夠完全明瞭科學新發現新聞的參與者則佔全部參與者的 9.0%；自認對於三類新聞有中度理解的參與者則分別為 54.8%、52.9% 與 47.5%。這個比例遠低於對運動新聞理解（非常理解與中度理解的比例分別為 28.3%、41.8%）與政治新聞的理解程度（非常理解與中度理解的比例分別為 16.8% 與 54.8%），顯示民眾閱讀科學新聞時深感自己無法理解報導內容。參與者認為自己對科學新聞缺乏理解並不是自謙之辭，因為科學知識與科學過程方法兩向度問卷的結果顯示一般大眾對科學知識與科學過程方法缺乏基本的瞭解，呼應了前述對科學新聞理解的研究發現 (Durant *et al.*, 1989)。

度量參與者對科學的態度後，Durant *et al.* 續以 7 個問題詢問對於科學過程知識的瞭解。他們詢問參與者科學研究意指為何，有 3.2% 的參與者回答科學研究是檢驗假說並建構理論的過程；10.5% 的參與者回答科學研究就是科學家在實驗室進行實驗的過程；43.1% 的人選擇其他，43.2% 的回答者不知道何謂科學研究。此一結果顯示一般大眾對於科學研究的真實意義並不瞭解，僅有 3.2% 的人掌握了科學研究的真實內涵，明白科學研究側重假說的檢驗與理論的建構。

Popper 在 1972 年提出科學結果具有可否證性的概念 (Popper, 1972/1989)，使科學研究方法獲得突破，科學家開始以建立假說、隨之檢驗假說正確性的過程方法為科學研究之基本，此一方式不同於 1748 年後對於科學的看法。在 1748 年 Euler 出版其自傳，探討絕對時間、絕對空間、絕對運動等問題後，物理學的極度發展，使人們逐漸接受科學是一絕對的事實，它是不需要被檢證並效化的，這樣的想法持續了一個半世紀 (楊文金, 1994)，直至 Popper 提出其理論，科學界才逐漸接受科學必需經由不斷的否證歷程而逐步建立其理論。Devlin 與 Raymo 認為 Durant *et al.* 研究中回答科學研究是檢驗假說並建構理論過程的 3.2% 參與者可能其本職均是科學家，因為這樣的比例與科學家所佔人口比例相當符合。因此 Devlin 與 Raymo 認為 Durant *et al.* 的研究顯示科學過程方法顯然祇存於科學家心中，並未成為一般民眾的普遍概念 (Devlin, 1998; Raymo, 1998)。

祇有 10.5% 的參與者回答科學過程就是做實驗的過程則是另一個值得關注的現象。學生心目中的科學家形象總是身穿白衣的男性、戴付厚重的眼鏡，科學家的工作就是在實驗室進行一連串的實驗，將不同的藥物倒入試管中觀察其變化 (Davias, 2002; Dawson, 2000)。我國研究者對不同階段學生的研究也發現學生對科學家形象的想像與國外學生大同小異，不論其為小學階段學生，或是中學、大學學生，我國學生對科學家的想像與國外學生的想像均相當類似，認為科學家就是戴著眼鏡、穿著長白衣的男性，每天在實驗室不停的進行各種不同的實驗 (郭重吉、蔣佳玲, 1995；黃鴻博, 1996；楊文金, 1998；楊龍立, 1996)。然而對學生所做的科學家意象研究結果卻未反映在 Durant *et al.* 的研究中，人們並不因為想像科學家總是不停的做實驗就認為進行實驗是科學的研究方法，這之間的斷鏈值得再深入探討。

而一般民眾對科學研究方法的不瞭解也反應在對於科學理論的誤解，Durant

*et al.* 詢問參與者『相對論』、『演化論』是什麼？認為相對論、演化論祇是一種直覺或想法的參與者分別為 11.2%、19.7%；認為相對論、演化論是解釋自然的一種方式的參與者分別為 33.3%、44.6%；而認為這兩種理論都是被清楚證明的事實的受訪者則為 39.1% 與 21.1%；不清楚的分別佔 16.4%、14.7%。這個結果除了呈現民眾對科學理論的不瞭解，尚可發現較之生物學理論，一般大眾傾向接受物理學的研究結果是一種清楚證明的事實，此結果呼應了 1748 年後物理學發展所帶給大眾的印象。

雖然在之前測驗發現祇有 3.2% 的參與者確實瞭解科學研究的意旨，但是當被問到：『有一種醫治高血壓的藥似乎無法達到預期的效果，科學家會使用什麼樣的方法來確認問題？』，有 56.3% 的人選擇了正確的答案：『將這藥物給予一些病人使用，另一些病人則不給予藥物，比較兩組有什麼不同』。顯示近六成的參與者對於科學的研究方法並非完全不知曉，而是僅有模糊的認知。他們選擇了正確的方法，卻不知道這就是假說驗證的過程 (Durant *et al.*, 1989)。

如果說一般大眾對於科學方法沒有足夠的瞭解，那麼他們科學知識的貧乏就更讓人擔心了。Durant *et al.* 以 25 個題目詢問參與者對於科學概念的瞭解，發現祇有 34% 的英國人瞭解地球環繞太陽需要一年的時間；祇有 28% 的英國人知道抗生素無法治療由病毒引起的疾病 (Durant *et al.*, 1989)。

與 Durant *et al.* 在英國的研究同一時期，北伊利諾州大學的 Miller 在美國境內以類似的問題詢問數千名美國成年人民，發現祇有 46% 的美國人瞭解地球環繞太陽需要一年的時間；25% 的美國人知道抗生素無法治療由病毒引起的疾病；不到 33% 的人能夠區分電腦硬體與軟體的分別，而且要求他們對硬體與軟體的分別做個說明時，他們無法解釋的很好；有一半的受訪者表示自己對於輻射這個名詞有清楚的瞭解 (可能與冷戰時期對於原子彈的恐懼有關)；有三分之一的人回答自己瞭解 GNP 所代表的意義；但是祇有五分之一的人瞭解 DNA 所指為何 (Miller, 1983)。總結其研究，Miller 發現祇有 6% 的美國成人可以被稱為具有科學素養，他的研究說明瞭大部份的美國成年人對於科學與技學祇有很粗淺的認識 (Miller, 1998; Miller, 2000)。即使將『具有科學素養』的標準大幅降低，也僅有 7% 的美國成年人能夠達到這個標準。但這並不是美國獨有的現象，多數歐盟國家的情況也是類似的 (Miller, 1993)。

Miller 比較美國與英國成年人的科學素養。他以 1988 年教育進展國家評鑑 (National Assessment of Educational Progress, NAEP) 所得到的資料為基礎，發現僅有 6% 的美國成人與 7% 的英國成人可被認同是具有科學素養的。Miller 指出在 1979 年有 7% 的美國成人是有科學素養的；在 1985 年則有 5% 的成年人被認可具有科學素養，顯見這個比例一直沒有大幅度的改變。兩個國家的成年人對於科學概念與科學過程知識的瞭解程度相同，但是英國成人對於科學對社會的衝擊有較清楚的瞭解 (Miller, 1989)。

針對其研究結果，Miller 評論，不論具科學素養的人民應占全國人民比例的 20%、30% 抑或是更高的比例，目前在英美兩國具有科學素養的人民比例均遠低於此數 (Laugksch & Spargo, 1999; Miller, 1998; Miller, 2000)。綜合 Miller 與 Durant *et al.* 的研究結果，顯示英美兩國一般民眾的科學知識非常缺乏，這是一個令英美兩國政府極為憂慮的現象。Lipps (1999) 則是措辭強烈的表示美國人民對於科學運作的方式，以及基本科學知識的瞭解都貧乏的令人覺得悲哀。

除了發現英美兩國人民科學素養的不足，Miller 也發現一個人科學素養程度受到其從事的職業、教育程度、性別、與大學時修習的科學課程數目等因素的影響。不意外的，Miller 發現民眾教育程度越高，其科學素養越佳；而在性別方面，男性通常擁有較佳的科學素養，在大學時也比女性修習更多的科學課程，日後也較願意選擇與科學相關的職業。Miller 根據研究結果，提出一個 model，其自變項包括上述所言職業、教育程度、大學修習的科學課程數目，以及性別等四項，Miller 依此四自變項預測一個人的科學素養高低 (Miller, 1989)。

除了 Durant *et al.* 與 Miller 的研究之外，還有許多研究者在科學素養這個領域投注了大量心力，但是得到的結果均是大同小異，亦即，一般大眾的科學素養嚴重缺乏。比如 Einsiedel 以十個題目測量加拿大一般大眾的基本科學知識，其結果發現有 1/3 的回答者得分為 0-4 分 (每題滿分為十五分)；47% 的填答者得到 5-7 分；得分 8-10 分的僅有 1/5。Einsiedel 認為這樣的結果顯示加拿大的一般民眾科學素養與英美兩國的人民相去不遠，均未能達到令人滿意的程度 (Einsiedel, 1994)。

前述研究對象均是一般成人大眾，但是科學素養的缺乏不祇是成人民眾的問題，Millar 針對青少年做的研究發現，在 15 歲的青少年中，祇有 35% 的人能

夠應用科學知識解決所遇到的一些簡單問題。針對一些特定科學領域的研究也同樣發現，在 16 歲的青少年中僅有很少一部份的人能夠完全瞭解所接收的科學事實、科學原理與科學概念。這些 16 歲的青少年對於太陽系的結構、植物與動物之間的氣體交換方式，都僅有很少的瞭解而充滿了迷失概念。這些研究與 Durant *et al.* 的研究結果都是一致的：僅有少數人擁有足夠的科學知識，而且多數人對於基本的科學知識存在著許多的迷失概念 (Millar, 1996)。

除了個別研究者發現美國高中生的科學素養不佳，國際科學競賽的結果也呈現同一結果。美國高中生在第三次國際科學成就測驗 (TIMSS) 的表現顯示多數的美國學生在科學、數學與技學三方面的成績都不理想 (Nelson, 1999)。

高中生的科學素養不佳，那麼大學生的科學素養又如何呢？1994 年 9 月，英國 BBC 電視台播出了一系列由哈佛大學與裏茲大學所做的研究，兩所大學的研究人員發現美國工程學系畢業生無法解釋木材中的碳來自於何處；在被告知木材中的碳來自於空氣中的二氧化碳後，他們表示很難接受這個事實 (引自 Millar, 1996)。依 Miller 的研究發現，一個人的科學素養受其學歷、在大學所修習的科學課程數量的影響，因此，各大學工程學系的畢業生理應屬於全國人民中科學素養最高的一個子群。如果這些理工學系畢業生的科學素養尚稱不足，其他民眾的科學素養恐怕更足憂慮。由哈佛大學與裏茲大學所做的研究另外發現到，即使這些學生科學素養未達可接受的程度，但學生的老師們並沒有注意到學生的基礎科學知識不足的現象，他們往往高估自己的學生所擁有的科學知識，這可能是源自於學生祇要記誦課本內容，即使並未真確瞭解課程內容所代表的意義也能在考試中得到高分 (引自 Millar, 1996)。

哈佛、裏茲二所大學所做的研究揭示了一個令人憂心的教育問題，那就是學生所學習的科學知識並不穩固，而他們的老師也未能適時發現學生的學習困境而予以導正。Fensham & Harlen 認為學生的科學學習如果未能堅實打好根基，一旦離開學校，學生對科學的瞭解就祇剩無意義、片斷的科學知識與錯誤的連結 (Fensham & Harlen, 1999)，哈佛、裏茲二所大學所做的研究或許解釋了其他研究者發現成人具有許多迷失概念的部份成因。

前述研究顯示美國學子與社會大眾尚未能達到『美國 2000』議定書的預期目標尚未達成。『美國 2000』議定書是由老布希總統於 1989 年宣示的一項長期

目標，目的在於提昇美國學生的數學與科學成就至世界頂尖的地位，並確定每一位美國成年人都有足夠的科學素養，以參與全國性的科學議題討論 (Raymo, 1998)。在其宣示之後美國進行了許多科學教育方面的改革，但是由上述 Miller 等人的研究結果可見，老布希總統所宣示的目標仍未能企及。

這不單是美國一國的科學教育隱憂，Durant *et al.* 對英國成人的研究、Einsiedel 對加拿大成年人進行的研究，以及 Miller 在 1993 年對歐盟國家所做的分析都發現歐美人民的科學素養缺乏，可以說，民眾科學素養的缺乏在歐美國家是一個普遍存在的現象。

前述研究發現歐美諸國人民缺乏科學素養，那麼其他地區的研究者對人民科學素養所做的研究所獲得的結果如何呢？Laugksch & Spargo 於 1999 年在南非對五所大學及二所技術學院 (technikon) 的一年級入學學生共 4223 人做了一項調查，發現祇有 36% 的大學新生可被稱為是具有科學素養的公民 (Laugksch & Spargo, 1999)。

Laugksch & Spargo 的研究以兩人於 1996 年發展問卷為工具，對大學一年級新生進行施測。Laugksch & Spargo 發展的問卷以 AAAS 於 1989 年提出的 Project 2061 – Science for All Americans 中建議的科學素養的目標為主軸進行設計，並嘗試在問卷中融入 Miller 於 1983 年提出科學知識、科學本質，以及對於科學的態度等三個科學素養向度。最後這份由 Laugksch 與 Spargo 發展的量表工具共由 110 道題目組成，可用以測量科學知識、科學本質與 STS 三面向。

Laugksch & Spargo 以這份問卷對南非五所大學及二所技術學院的 4223 位通過入學考試的一年級新生進行施測。其研究發現，共有 36% 的參與者被認可具有科學素養，其中一般大學的學生有 42% 可以被認可為具有科學素養；但是技術學院的學生則僅有 26% 具備足夠的科學素養，顯見在一般大學與技術學院兩種不同屬性的校院間，學生的科學素養具有顯著的差異 ( $p < 0.05$ )。若分析其入學成績，則技術學院的學生半數以上的入學測驗分數落於 D、E、F；就讀一般大學的一年級新生中祇有 8% 的學生入學成績屬於 D、E、F，因此技術學院的一年級新生較之一般大學新生，在學習成就上顯著較差 ( $p < 0.05$ )。此結果顯現學業成就較佳的學生亦具有較高程度的科學素養；隨著學業成就表現的下降，其擁有的科學素養也隨之降低 (Laugksch & Spargo, 1999)。前文論及 Miller 的研究

發現科學素養受教育水準影響，具有較高教育水準的人亦有較高之科學素養，而 Laugksch & Spargo 的研究呼應了 Miller 的發現，支持 Miller 教育影響科學素養之論點。

Laugksch & Spargo 研究同時發現女性的科學素養顯著低於男性，這項結果與歐美研究相同。Durant *et al.*、Miller 與其他研究者在不同地區所做的調查均發現女性的科學素養顯著低於男性 (Bos & Kuiper, 1999; Davias, 2002; Dawson, 2000; Durant *et al.*, 1989; Einsiedel, 1994; Laugksch & Spargo, 1999; Miller, 1989)，以致 Project 2061 宣示其科教目標時，也要特別將提昇女性的科學素養視為其目標之一 (AAAS, 1992)。Laugksch & Spargo 研究的第三個結果顯示學生的科學素養明顯受到修習科學課程的影響。學生若曾選修過物理學，則其科學素養明顯高於未修習過物理學的學生。這選修物理學的學生多數為男性學生，女學生對於物理課程缺乏興趣成為其科學素養表現不如男學生的原因之一。

綜合上述所言，Laugksch & Spargo (1999) 的發現可歸結為下列數點：

1. 南非大學一年級新生之科學素養與其入學成績具有顯著相關，入學成績高的學生，其科學素養也較高。
2. 修習較多的科學相關科目對於學生科學素養有所助益。而是否修習過物理學對於學生科學素養表現扮演了一個重要的角色，曾選修物理學的學生科學素養顯著較高。
3. 女性學生科學素養較男學生低，這與祇有較少比例的女學生選修物理課程有關
4. 整體而言，南非人民的科學素養仍為不足。該研究之研究對象為大學生，相對於一般南非大眾，研究母群體具有較高之教育水準。但仍然僅有 36% 的參與者具有足夠科學素養，若其施測對象為一般大眾，則恐其素養更加不足。

前文所提諸研究顯示科學素養水準低落已成為一個普遍的現象。以美國為例，美國每年花費三十億美元致力 K-12 提昇的科學教育，期使全國人民具有豐富的科學素養，但是多數成年人仍然科學素養不足 (Lipps, 1999)。造成民眾科學素養缺乏的部份原因是科學之範疇廣袤，無人能掌握科學的全貌。Sagan 在他

1996 年出版的『魔鬼盤據的世界』一書中提到現今已經進入一個全球化社會，在這樣的社會中，我們將更加依賴科學與技學。但是，科學與技學的發展也造成沒有人能對科學與技學有全面的瞭解。這是所有不幸的開始 (Sagan, 1996/1999)。

另一不幸是大眾雖然對於科學的瞭解極其有限，但是他們卻相信自己已擁有足夠的科學知識，因此一般民眾容易抱持：『我不需要再接觸有關科學的訊息』的心態，這樣的心態使他們無法接受新的科學訊息，其科學涵養自然無法令人滿意 (Shamos, 1990)。顯然地，我們必需扭轉這個觀點，才能夠使人們願意再度接收新的科學知識，以向具備科學素養的國民目標邁進。Shamos 認為讓人們瞭解科學的工具性價值，瞭解科學對自己的助益，將促使一般民眾認為自己的科學知識有待加強，也許可以使他們較願意接受新的科學知識 (Shamos, 1990)。依 Shamos 的意見，意欲提昇民眾的科學素養，則應從民眾對科學的態度著手，惟有民眾對科學所抱持的態度有所改善，人民願意主動接觸科學，其科學素養方能有所提昇。前人文獻中關於科學態度與科學素養相關性的討論十分豐富，筆者試整理文獻舉列於下。

### 三、對科學的態度與科學素養間之關係

科學教育的成果，除了認知層面的科學成就之外，另一個應受到重視的教學成果屬於情意方面，那就是學生對科學的態度。學生對科學的態度有什麼重要性？何以對科學的態度應成為科學教育的重要目的之一？舉其要者，一個人對科學的態度（或感覺、觀點）與其科學成就息息相關，並深深影響他選擇與科學相關職業之意願（Bos & Kuiper, 1999; Mordi, 1991）。Shamos 發現許多人對科學抱持負面的態度，有：『我擁有的科學知識已經足夠，我不需要再學習科學了』的想法，導致其科學素養無法再有增益，顯見對科學的態度深深影響一個人的科學素養（Shamos, 1990）。

Laugksch & Spargo 在南非的研究發現學生的科學素養與其學業成就（入學測驗成績）息息相關，學業成就佳的學生通過科學素養測驗的比例也較高。但是 Cukrowska, Staskun, & Schoeman 卻認為學業成就對於科學素養的影響遠不如學生所抱持對科學的態度的影響力大（Cukrowska, Staskun, & Schoeman, 1999）。他們設計了一套化學課程，並將這套課程介紹給南非 Medical University of Southern Africa (MEDUNSA) 與 University of the Witwatersrand (WITS) 兩所大學藥學系學生。WITS 大學的入學成績高於 MEDUNSA，因此 WITS 學生的學業成就比 MEDUNSA 的學生佳。課程實施後，Cukrowska *et al.* 發現雖然 WITS 的入學成績顯著高於 MEDUNSA，但是 MEDUNSA 大學的學生在課程後做的測驗分數卻高於 WITS 的學生。Cukrowska *et al.* 分析兩所大學學生的差異，除了前述入學成績的差異外，還發現 MEDUNSA 對科學持正向態度的學生人數明顯高於 WITS 大學，Cukrowska *et al.* 因而認為對化學的態度決定學生的化學學業成績，更進一步說，一個人的科學素養受其對科學的態度所影響，且其影響的程度遠比學業成就對科學素養的影響為高（Cukrowska *et al.*, 1999）。

既然 MEDUNSA 的學生對科學有較佳的態度，在學習了同一套教材之後表現較為突出，那麼何以他們的入學成績比不上 WITS 的學生呢？Cukrowska *et al.* 發現這些 MEDUNSA 的學生多是出身於中下階級，他們雖然對於科學保有興趣，卻缺乏學習的機會。一旦有機會與其他學校的學生站在相同的起跑點上，他們的表現就比對科學抱持中立或負面態度的學生亮眼了（Cukrowska *et al.*,

1999)。

在 WITS 與 MEDUNSA 兩所大學的學生所做的研究使 Cukrowska *et al.* 發現對科學的態度對於學習者的科學素養所扮演的角色。他們據此進一步指出，一般教師容易將學生的學習問題簡化為能力問題，因此為學業成就低落的學生進行補救教學時僅片面的於認知方面予以著力，忽視了態度對於學生的學業成就的影響。然而學生的學習問題其根源常在於學生的對所學習科目持有負面態度而非其個人資質所致。倘若未能理解到造成學業成就低落的根源，則再多的補救教學仍然無法提昇學生的學習成就 (Cukrowska *et al.*, 1999)。

總結 Cukrowska *et al.* 所進行的研究，他們的研究有以下發現：

1. 態度與化學科學習成就之間存有相關性。學生在化學科的學習成就與他對化學的態度有高度相關，與學生的天份資質相關性較低。在 MEDUNSA 做的研究發現學生若對化學有正向態度，則其化學成就可有持續的改善；相反的，那些對於化學持負向態度的學生的化學學習成就沒有改善的現象。
2. 大學化學學習成就的良窳與否與其天資相關性不高，學生的入學成績無法有效預測其後的學習成就；而一位對化學抱有正向態度的學生則比較容易有好的學習成就。
3. 這結果顯示對化學的態度與大一新生的化學成就之間確實存在正相關性，因此，學生一旦對化學不再持有正向態度，便顯示學生陷入了學習的危機中；而這利用學生的態度預言他的學習成就比起以往所使用的方式，如由其大學入學成績做預測，來的有效且正確 (Cukrowska *et al.*, 1999)。

Cukrowska *et al.* 發現對化學的態度影響學生的化學學業成就，並申論對科學的態度亦將影響一個人的科學素養，而其論點可獲得 Durant *et al.* 所做的研究支持。Durant *et al.* 的研究顯示對科學的態度與對科學知識的瞭解間具有顯著相關，兩者間的相關係數為 .49，顯然對科學的態度與科學知識間有明顯相關。因此，促使學習者對於科學持有正向的態度可能可隨之提昇學習者的科學素養 (Durant *et al.*, 1989)。

但是 Durant *et al.* 卻又發現對科學的態度與科學素養並不是簡單的正向相關關係，而是呈現一種錯綜複雜的關係。一般而言，我們會認為對某個領域有興趣的人應該對該領域也會有較完整的認識，而此人也會自認自己對於某個領域有足夠的瞭解。正如預期，Durant *et al.* 發現自我表述對運動、政治或電影有興趣的人，他們也傾向於認同自己對於該領域具有足夠的瞭解。但矛盾的是，自陳對科學有興趣（對科學抱持正向態度）的參與者卻祇有一部份人認為自己有足夠的科學知識，而且結果顯示多數對於科學有興趣的人其科學知識確實不足夠。顯示人們在科學、技學、醫藥知識的學習與訊息接收有些許困難，以致於他們雖然對科學有興趣，卻仍然感受到自己的科學知識是不足夠的。不過，雖然大部份對科學有興趣的參與者在科學知識部份得分未能達令人滿意的分數，但將對科學抱持正向態度的參與者與對科學持中立或負向態度的參與者相比，Durant *et al.* 發現對科學持正向態度的參與者在 25 題『科學知識』分量表中還是有顯著較高的得分，顯示對科學的態度與科學知識之有相關存在 (Durant *et al.*, 1989)。

Durant *et al.* 再分析回答『對科學非常有興趣』，並且認為『自己擁有足夠的科學知識』的參與者，發現他們通常擁有較高的教育程度。這可能是因為需要具有一定的科學素養後才能瞭解媒體所傳播的科學知識，而有較高的教育程度讓他們能夠理解媒體報導的科學知識，使他們在科學的學習與訊息接受方面能順利進行，因此這一類的參與者傾向認為自己有足夠的科學素養，而這些人在『內容知識』的得分確實顯著得高。因此，科學素養不僅是興趣的問題，人口學變項與對科學的興趣也有顯著相關，祇是其相關性較為微弱。而對科學的態度與科學瞭解間的相關則為 0.49，顯示在科學瞭解與對科學的態度之間存有高相關性，一個人擁有越豐富的科學知識，其對科學與技學的態度也越趨正向 (Durant *et al.*, 1989)。

與 Durant *et al.* 相同，Einsiedel 也發現科學素養與對科學的態度之間的關係相當複雜。Einsiedel 研究加拿大人民對於閱讀、收聽、收看科學新聞的態度，發現多數加拿大人民均願意接收來自大眾媒體的科學訊息。在 Einsiedel 的研究對象中，有八成的參與者同意『持續接收科學資訊是重要的』；三分之二的人不同意『科學發展與我的日常生活相關性不高』；超過八成的人不同意『祇有高學歷的人才能懂科學』。顯見多數加拿大人民對於科學持有正向態度。

Einsiedel 發現雖然加拿大人民的科學素養並不足夠，但是其結果仍顯示科學素養與對科學的態度呈現正相關，一個人若認為科學的發現是可相信的、其研究是有效益的，則其科學素養程度有較高的傾向。這可能是因為對於科學有正向態度的人比較願意從非制式教育的管道，如大眾媒體，接收科學資訊，因而使其具有較多的科學知識 (Einsiedel, 1994)。

Einsiedel 揣想對科學的態度可能影響大眾接收訊息的意願，並進而影響其科學素養，Falk & Adelman 則直接針對參觀海洋生物館的觀眾進行研究，以瞭解觀眾對科學的態度是否影響參觀海洋生物館的知識獲得。Falk & Adelman 在民眾入館參觀前測其對科學的態度及對海洋生物的認知；民眾出館後，再測其參觀後對海洋生物的認知。結果發現，入館前對海洋生物不瞭解的民眾 (低知識者)，如果對科學具有中、高興趣，參觀海洋生物館後知識可獲得顯著增加；但是對科學不具興趣者，參觀海洋生物館後其科學知識未有顯著的改變。原本為高知識者，如果對科學持正向態度，仍可藉由參觀海洋生物館使其科學知識獲得顯著提昇。但是，原本為中知識者，不論其興趣高低，參觀海洋生物館後其科學知識未能有所改善 (Falk & Adelman, 2003)。

Falk & Adelman 推測獲得此種不一致結果的原因可能在於高知識者具有足夠的知識以理解海洋生物館內陳列的展覽，因此，雖然原已具有高知識，仍可經由展覽獲得新訊息。而低知識者，祇要其對科學具有正向態度，願意接受新的科學訊息，則進入海洋生物館後，則一切皆為新穎新知，可大舉提昇其科學知識。但是具中等知識的民眾參觀海洋生物館，館內較簡易的知識這些參觀者均已知曉，但對館內所呈現較進階的科學知識，卻又無法理解。因此中知識者參觀海洋生物館後收穫不多。

對照 Durant *et al.* 所做的研究，Durant *et al.* 發現具有較高學歷的參與者自承可自媒體報導中獲得科學資訊，並認為自己所具有的科學素養已經足夠。從 Durant *et al.* 的研究可瞭解先備知識對於理解科學的重要性，正因為他們具有較高學歷，具有足夠的科學知識，使他們在離開制式學習環境後，仍能經由大眾媒體的報導繼續進行非制式的學習，而使自己自認具有足夠的科學知識。因此 Falk & Adelman 研究發現的結果與 Durant *et al.* 的研究遙相呼應，顯示影響科學素養的因素多樣而複雜，並非僅有對科學的態度一項。

雖然對科學的態度不是影響科學素養的惟一因素，但是態度仍是影響科學素養的重要因素。Bos & Kuiper 研究十個國家的教育制度，探討不同教育制度下，學生對數學的態度是否影響其數學成就。結果顯示，學生對數學的態度確實對其數學成就造成顯著的影響。在他們研究的十個教育系統中，有八個教育系統顯現對數學的態度與數學成就間具有顯著正相關（祇有德國與英國未呈現相關）。在這些有正向相關的教育系統中，『態度 成就』的迴歸係數由最低的立陶宛的 .12 至挪威的 .22，顯現對數學的態度確實影響了八國家學生的數學成就 (Bos & Kuiper, 1999)。

上文所述 Falk & Adelman 及 Bos & Kuiper 等二組研究人員，均假定對科學的態度影響了一個人的科學素養；但另有研究者認為民眾若擁有足夠的科學知識，則可引起該民眾對科學的興趣。Durant *et al.* 認為應該學科學的第四點即是主張『科學需要公眾的支援，對科學瞭解越多，越能支持科學發展』，顯見 Durant *et al.* 認為豐富的科學知識將誘發一個人對科學的興趣 (Durant *et al.*, 1989)。

而 Durant *et al.* 的此一觀點受到 Einsiedel, Korpan *et al.* 及 Ziman 的支持。Einsiedel 的研究發現科學知識高低影響了對科學的態度。因為一個具有較豐富的科學知識的人，他就越能瞭解科學社群，進而產生對科學的正向態度 (Einsiedel, 1994)。Korpan *et al.* 則發現物理知識與對物理的態度及媒體訊息接受量有關，若從媒體接收越多的訊息，則物理知識就越豐富，其對物理的態度也會較正向 (Korpan *et al.*, 1997)。

Ziman 也發現人們對於科學瞭解越多，越能支持實用的知識，如發展新型電腦的發展。但是人們對科學的支持並不是全面的，正如前述，人們支持的乃是實用的知識。對於涉及道德層面的科學知識，例如人類胚胎研究、複製人研究等議題，Ziman 發現人們越瞭解這類議題則越易持反對態度 (Ziman, 1991)。因此『瞭解科學』與『對科學的態度』之間的關係是很微妙而複雜的，無法以一個簡單的關係式表示清楚。但是學習科學確實可讓個人對於某些科學議題有深切的瞭解，也更能激發其內心對該議題贊成或否定的態度。

科學素養與對科學的態度之間除了關係複雜外，影響學生的科學成就與科學態度的因素十分眾多，學校、家庭均與科學態度相關。Simpson & Oliver (引自 Parker, 2000)於 1980-1981, 1985-1986 所做的長期研究發現課室中的學習品質顯

著影響學生的科學成就與對科學的態度。雖然個人及家庭因素都會影響學生對科學的態度，但是課室中的科學如何教對於學生的科學態度的影響較大。Mordi 發現課室中科學課程對於學生科學態度的關係，當教師花更多時間準備課程內容，學生對科學的態度便能有所提昇(Mordi, 1991)。

與 Mordi 相同，Ben-Chaim *et al.* 也發現祇要能有適當的引導，人們的態度是會改變的。他們發展一系列以小學職前教師為主的 STS 課程，在課程之後他們發現參與課程的小學職前教師對於 STS 的態度及信念都有顯著的改變 (Ben-Chaim, Joffe, & Zoller, 1994)。因此，經由適當的引導，可以使人們的態度發生改變 (Ben-Chaim *et al.*, 1994; Fishbein & Ajzen, 1975)。在另一個研究當中，Ajzen 發現人們對於事物的態度一經形成，就有歷久不變的傾向。Ajzen 在一項研究民眾對政治、同性戀、搖滾樂者態度的研究發現，經過一段時間之後再度測試同一批參與者對此三類社會議題的態度，參與者的態度仍然維持與前次受測時相同 (Ajzen, 2001)。因此若能引導大眾對科學有正向的態度，則其態度將長時間不更易。

相反的，科學知識就極容易隨時間而有變化。

為了提昇學生的科學素養，科學教育學者提出了許多不同的教學方法，其中一個廣為接受的教學法是注重學生的參與、以活動為主的教學方法。但是 Shamos 發現以活動為主的教學法並沒有辦法為小學階段的學生帶來多少好處。他發現針對小學七到十年級階段的學生所進行的參與式教學法雖然能使學生在參與期內擁有較高科學素養，但日後學生回復至一般教學法課室中，其科學素養並沒有持續較高的傾向。換句話說，以活動為主體的教學法所提昇的科學素養並沒有辦法隨著學生的成長而有持續性作用 (Shamos, 1989)。

綜合 Ajzen 與 Shamos 的發現或許能為 Miller *et al.* 的研究提出解釋。Miller *et al.* 發現雖然僅有 6% 的美國成年人具有科學素養，但是 Miller *et al.* 在 1979 的研究 (引自 Prewitt, 1982) 發現有 18% 的美國成人對於科學保有興趣。這 18% 的美國成人或許在生命的某個階段發現科學是個有趣的事物，並因此保持其對科學的正向態度。

由 Ajzen、Shamos 與 Miller *et al.* 的研究，我們不禁自問，到底科學知識與

科學態度孰輕孰重？何者是我們所需要關切的重點？我們該增加的是具有科學素養的民眾比例，或是使更多民眾對科學有正向的態度？

Durant *et al.* 及 Einsiedel 所做的研究均認為較高的科學知識讓人們有較高的『對科學的興趣』。相反的，Falk & Adelman 及 Bos & Kuiper 則認為對科學的正向態度使人們有較高的科學素養。如果我們認為科學知識受科學態度影響，則應該致力提昇學生的科學態度，俾其科學知識隨之上揚；若認為豐富的科學知識可提昇其科學態度，則強調的重點應為科學知識。那麼，我們所做的研究應該如何處理『科學知識』與『對科學的興趣』兩者之間的關係？

對於這個難解的問題，本研究傾向接受 Falk & Adelman 及 Bos & Kuiper 的見解，認為對科學的正向態度使人們有較高的科學素養。並試圖以 Fishbein & Ajzen 共同提出的理性行為理論做為態度與科學素養之間關係的解釋。

理性行為理論斷言個人的態度與信念將影響個人對從事某行為的意圖，而個人的意圖最終則影響其行為表現 (Zint, 2002)。

但是個人的態度與信念並非憑空產生，而是經由後天學習而來 (Fishbein & Ajzen, 1975)。既然態度是學習而來的，Butler (1999) 認為接下來的重要目標就是瞭解如果學生的態度在學習的過程中有所改變，學生的行為及其學習成就是否會跟著受到態度的影響？但是在探討態度與學習成就的關係之前，我們先要對態度有一些瞭解。下一節討論介紹 Fishbein & Ajzen 對於態度的定義，以及他們所提出的理性行為理論。

## 第二節、理性行為理論及其相關研究

前節指出許多研究發現態度與行為之間具有顯著的相關性，然而上述研究都缺乏一個適當的理論以闡釋研究中發現的態度與行為二者間呈現的關係。態度與行為間合適理論的缺乏使研究態度、行為之間關係的學者覺得不論是要將相關議題概念化或是將其研究內容制度化均有其困難存在，進而使得相關研究領域留下一大片亟待填滿的空白 (Butler, 1999)。Fishbein 與 Ajzen 於 1975 年提出的理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA) 是第一個能夠適切解釋態度與行為間相互關係的理論，提出之後有許多研究學者引用其理論以填綴原本存在於態度、行為研究之間的空白。這些援引 TRA 解釋態度及其行為依變項的研究者涵括了減重訓練、女性職場適應、家庭計劃、慢跑訓練、消費行為、投票、捐血、酒精成癮等諸多領域，他們的研究結果證明 TRA 可以有效預測行為依變項，TRA 因而提供了一個探討態度與行為之間相互關係的良好模式 (Butler, 1999)。

本研究以 TRA 為理論架構，探討『對科學的態度』與『科學成就』、『科學參與』之間的關係；為使讀者對本研究所引用的理論有進一步的瞭解，本節將介紹 Fishbein 與 Ajzen 所提出的理性行為理論及其相關研究。

### 一、態度的定義

心理學的研究領域裡，關於態度的研究一直是一個主要重點 (Ajzen, 1988)。研究學者重視態度的原因，在於長久以來人們均認為一個人內在的態度及其價值體系將反映於外顯的行為上。許多人相信若某人內在的態度是不誠實的，其形於外的行為可能是欺騙或詐欺；一個富有同情心的人，表現於其外的行為則可能為樂善好施、利他的。易言之，眾人普遍相信『行為乃映照個人心象的一面明鏡 (Behavior is a mirror in which everyone shows his image)』 (Goethe, 引自 Ajzen, 1988)。所以研究學者希望由態度的研究瞭解態度與行為間的關係，並因此能藉由改變特定對象的態度而使其表現出特定的行為。

為深究態度與行為間的關係，首先需給予態度一個明確可用的操作型定義。往昔的研究者提到態度這個概念時，其定義並不明朗，相關的語彙也與現在所使用的詞彙不同。比如早期的心理學家以『情意 (affect)』一辭表示我們現在所謂

的『態度 (attitude)』。而在今日，我們提到『情意』這個語辭時，其含義偏重於快樂、悲傷、恐懼、生氣、羨慕等一般情緒的表達，其意涵與我們所稱的『態度』已大不相同 (Ajzen, 2001)。

既然態度與情意的涵意已不相同，那麼現今我們所言的態度意義為何？Fishbein & Ajzen 分析先前研究者對態度所做的定義，發現對於『態度』一辭的定義可謂人言言殊，不同的研究者對於態度均有不同的解釋，其定義的差異性使研究者不易給予該語辭一個明確的解釋。但 Fishbein & Ajzen 發現眾多對態度的定義均涵涉了信賴、擔憂、智慧、年齡等共同項目，不同研究者所定義的態度均與這些項目存有若干關係，因此 Fishbein & Ajzen 認為在某種程度上仍然可將這些眾多的定義視為相同。總括前人研究並參考 Allport 在 1935 年對態度的定義：『態度是一種由經驗而來的心理與精神狀態，此種狀態會影響個人對於事物與情境的反應』(Allport, 1935)，Fishbein & Ajzen (1975) 定義態度乃為：『經後天學習而醞釀生成的對某一事物喜好的一致立場』。

值得注意的是，Fishbein & Ajzen 的定義明確指出對一特定事物所持的態度乃由後天學習所得而非天生存有，因此可經教育之過程引導學習者改變對特定事物的態度。Fishbein & Middlestadt (1995) 進一步指出學習不但是影響態度的一個因素，而且是唯一的因素。任何因素若要能對個人的態度發生影響，均需透過認知信念架構才能促使態度的轉變。Fishbein & Middlestadt 論證若有非認知信念架構的因素影響了態度，必肇因於實驗方法的錯誤有以致之。

1995 年論文發表後，Fishbein & Middlestadt 受到許多研究者的質疑與挑戰，促使二人於 1997 年再發表論文回應眾人的質疑。於該篇文章中，Fishbein & Middlestadt (1997) 指出現今對態度所做的研究，非認知信念因素影響態度的論述均止於學理上的探討，缺乏經驗上的可靠證據。二人因而重申其意旨，認為惟有個人之認知信念方能撼動其態度，其他因素均無力為之。

給予態度一個明確的定義後，Fishbein & Ajzen (1975) 體認到仍無法依此定義進行態度與行為相關性的研究，因為他們所提出的定義無法將因態度而生成的行為與習性加以區別。為彌補其定義之不足，Fishbein & Ajzen 提出期望值模型以進行態度與行為相關性研究。

## 二、期望值模型 (Expectancy-Value Model)

當一位研究者欲進行態度與行為的研究時，他即面臨了數個問題：『所測量的態度是否與標的行為真正相關？是否有其他因素影響標的行為的表現？』若無法對這些問題予以解答，則研究無法繼續進行。透過一系列的探討，Fishbein & Ajzen(1975)發現習性 (habit) 是一個干擾態度與行為研究的主要因素，在研究中所測得的行為表現有可能來自於習性所然，而非態度促成該行為的表現。

習性的生成原本是個體為能快速適應環境、減低腦部工作負荷量的一種生理機轉，行為者若持續進行標的行為一段期間，則其生理機制將使行為者產生習性使行為在無意識的情況仍能持續進行，因而能有效降低大腦的工作負荷、減少大腦的負擔。但是習性的生成與介入使研究者無法區辨行為者所表現的標的行為來自於無意識的習性或是有意識的態度，使態度與行為間關係的研究探討面臨許多困擾。

為解決上述難題，Fishbein & Ajzen 提出期望值模型，期使態度與行為間關係的探討得以順利進行。期望值模型主張一個人對於某事的態度越趨正向，其相應行為的表現頻率亦將隨之提昇，因此可由態度趨向變化與行為頻度改變是否具有的一致性而確立該行為表現之影響因素為態度或為習性 (Ajzen, 2001; Fishbein & Ajzen, 1975)。雖然如此，期望值模型仍有可能將態度與行為的關係做了錯誤的連結。為了證明態度與目的行為之間確實有相關性，Ajzen(2001)建議可以利用雙重否定方式進行測試。試以青少年飲酒問題的研究為例，如果參與者回答自己討厭喝酒，那麼在其他的題目裡他應該一致的選填酒不會讓他快樂、他不喜歡接近酒類等答案。一旦參與者回答了不一致的答案，研究者就有再深入探究的必要。

除了可能在態度與行為間搭起錯誤的橋樑之外，Ajzen(2001)提醒欲以期望值模型進行探究的研究人員，期望值模型有可能高估某些因素對於研究標的行為的影響。期望值模型假定所有對標的行為產生影響的因素均具有相同的影響力，但實際的情況可能祇有其中少數幾項影響顯著，而其他因素的干擾極低。Budd(引述自 Ajzen, 2001) 與 van der Pligt & de Vries(引述自 Ajzen, 2001) 所做的研究可以說明期望值模型的研究限制。Budd 與 van der Pligt & de Vries 篩選出十五個影響青少年抽煙的因素，並詢問抽煙的青少年這十五個因素中有哪些影響了他的抽

煙行為。其結果發現十五個影響因素中祇有三個因素對青少年的抽煙行為產生顯著影響。Ajzen(2001)評論此落差產生原因在於 Budd 與 van der Pligt & de Vries 以自己的思考方式擬定出影響抽煙行為的因素，但研究者的思路未必能與現實情況相吻合，此為期望值模型的潛在缺陷。

雖然期望值模型存有內在缺陷，但仍有應用於研究上之價值。Fishbein & Ajzen 以期望值模型為基礎，分析影響態度與行為的因素，從而提出理性行為理論解釋態度對行為所造成的影響 (Hankins, French, & Horne, 2000)。理論提出後受到許多研究者的援用，證明該理論能有效預測行為變項。下文將介紹理性行為理論之架構及涵括的面向。

### 三、理性行為理論 (Theory of Reasoned Action , TRA)

Fishbein & Ajzen 於 1973 年對 21 個以態度及動機為主題的研究進行事後分析，從這些研究中，他們發現由態度可以預測 86% 的動機 (n=18)，而來自社會他方的壓力則可以誘發 67% 的動機 (n=14)。根據 1973 年的研究，Fishbein & Ajzen 於 1975 提出理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA)，以解釋態度對於行為的影響 (圖 2-3-1) (Perugini & Bagozzi, 2001; Zint, 2002)。

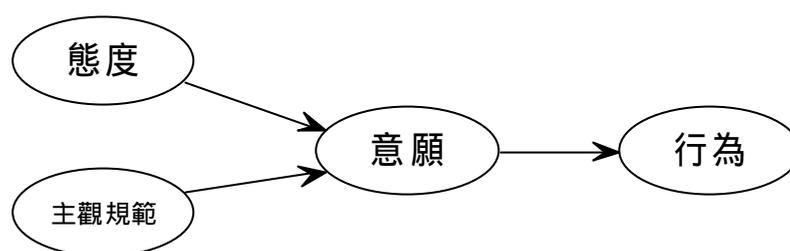


圖 2-3-1 理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA) (Zint, 2002)

TRA 假設決策制定是一個理性的過程 (Bagozzi, Lee, & Van Loo, 2001)。Fishbein & Ajzen (1975) 在 TRA 中主張個人對於進行某一項行為的意圖會受到個人對該行為的態度所影響，一個人對於標的行為的態度直接影響了他去從事該項行為的意圖。在這裡，Fishbein & Ajzen 將態度變項定義為『個人對於標的行為的態度』，意即對於標的行為是否支持，以及對標的行為的喜好程度。一個人對於標的行為具有越正向的態度，則對於從事該標的行為的意圖就越強烈；反過來說，當個人對於標的行為的態度愈趨負面，他去從事該行為的意圖就越低落。

影響意圖的因素除了個人態度之外，來自社會他方的壓力亦會影響個人的行為意圖。在 TRA 中，Fishbein & Ajzen 以『主觀規範』一辭來涵括所有來自社會他方的壓力。他們認為，主觀規範對於個人從事標的行為具有正向影響，如果一個人感受到他人懷有一股希望他從事某一標的行為的期望，他會有較高的意圖去從事該行為；如果感受不到他人的期望，則其從事標的行為的意圖會因此較為低落。

由於意圖受到對標的行為的態度與主觀規範兩項因子的調控，Fishbein & Ajzen (1975) 以底下公式表示意圖與兩因子間的關係：

$$BI = w1A + w2SN$$

BI：個人採取標的行為的意圖

A：個人對標的行為的態度

SN：他人對於個人是否應從事標的行為的看法

w1 與 w2 分別是態度與主觀規範的相對加權

上述公式解釋了態度與主觀規範二者共同形塑個人的行動意圖，其後，個人所抱持的行為意圖直接影響了個人的行為表現，其程度的多寡直接影響了行為的發生頻率。TRA 認為有意識、自主的行為會受到個人的意圖而改變，因此可透過對於意圖的瞭解而預測其行為的表現程度 (Zint, 2002)。

由於 TRA 建基於期望值模型，藉由該模型，使用 TRA 進行研究的研究者可以預言，個人對進行某一標的行為的意圖愈高，則其表現標的行為的頻率也愈高；如果一個人對標的行為具有負面態度，亦感受不到社會他方期望自己實踐該標的行為，則其進行標的行為的意圖必低，表現標的行為的頻率亦較對標的行為表現出正向態度、且感受到社會他者期望的個人所表現的頻率為低。

筆者於前文中提及 Fishbein & Middlestadt (1995; 1997) 撰文指出，影響態度的因子均需透過認知信念架構才能促使態度的轉變，若實驗發現有非認知信念架構的因素影響態度，必肇因於實驗方法的錯誤。

Fishbein & Ajzen (1975) 提出的 TRA 則指出，惟有態度與主觀規範此二項因子方可直接影響一個人的意圖，其餘的影響因子均需透過態度與主觀規範的中介方能影響一個人的意圖生成。Fishbein & Middlestadt (1995; 1997) 已論證態度因素祇能藉由認知信念架構而有改變；而主觀規範亦受認知信念架構的影響而有所改變。因此，綜合 Fishbein & Ajzen 與 Fishbein & Middlestadt 的論點，我們可以發現 TRA 研究的主要目的在於瞭解人類有意識的行為的決策過程受態度與意圖影響的程度多寡 (Becker & Gibson, 1998; Hankins *et al.*, 2000; Strader & Katz, 1990; Werner & Mendelsson, 2001)。

綜合言之，TRA 是一套用以瞭解並預測人類行為的系統化理論架構 (Lammers & Fox, 1991)，TRA 假設下決策涉及一個理性思考的過程，人們會先評估採取行為後的可能後果，參考社會對此行為的評價，以決定是否進行某特定行為。下決策的過程中，行動者先前形成的對行為的態度能左右其決策，影響其從

事特定行為的意圖，終而影響個人的行為表現 (Bagozzi *et al.*, 2001)，因此 TRA 認為一個人對於從事某行為的意圖是預測其行為表現的最佳指標 (Hagger, Chatzisarantis, & Biddle, 2002; Zint, 2002)。

Becker & Gibson (1998) 推崇 TRA 除了是一套系統化的理論架構外，與其他理論比較後，它還有下列特點：

1. TRA 說明了決策產生與社會學因子
2. TRA 其因子包括個人與社會層面
3. TRA 所檢測的因子數少，並且有清楚的分析方法
4. TRA 可以測試潛在信念對於行動參與的影響
5. TRA 已在不同的群族與情境下被檢測多次
6. TRA 最後的結果可以廣泛應用

上述第六點是 TRA 較為特別的一項。心理學中，其他解釋行為的理論均祇對特定行為予以解釋，但是 TRA 解釋的對象並不侷限於一種特定的行為，它可以應用在不同的領域解釋不同行為的形成 (Becker & Gibson, 1998; Lammers & Fox, 1991)。例如減重訓練、女性職場適應、家庭計劃、慢跑訓練、消費行為、投票、捐血、酒精成癮等諸多領域都有研究者援引 TRA 進行相關研究，亦證實 TRA 確實能有效預測標的行為的發生 (Butler, 1999)。

Zint (2002) 以郵寄問卷方式對 1336 位 6-12 年級的科學教師進行調查，研究科學教師在課程教學中融入環境議題的意圖與融入教學的次數。他以 TRA 為主軸，略增加 1 或 2 個因子形成 8 種不同的模式以預測科學教師實際將環境議題融入教學的次數，結果包含原始 TRA 在內的 8 種不同模式的多重相關係數 (multiple correlations) 之值落於 .48 與 .62 之間，此結果指出科學教師對於環境議題的態度、其所感受的主觀規範可以有效的預測他們實施教學的意圖與實際教學情況。

Bagozzi *et al.* (2001) 以香港華人、美籍華人、美籍黑人、美籍白人為對象，研究他們對於將骨髓捐贈給家族成員、親屬、相同種族的陌生人 (Ethnic Strangers) 以及完全的陌生人的行為。Bagozzi *et al.* 發現，四組研究參與者對於將骨髓捐贈給自己的家族成員有最強的意圖，對於捐贈骨髓給其他親屬則有次強的意圖，接著是相同種族的陌生人，最後才是完全的陌生人。利用參與者對骨髓捐贈的態度

及感受的主觀規範進行預測亦得到相同的結果。因此研究的結果顯現出利用研究參與者對骨髓捐贈的態度及感受的主觀規範可以有效預測研究參與者捐贈骨髓的意圖及行為，Fishbein & Ajzen 提出的 TRA 得到研究結果的支持。

Hagger *et al.* (2002) 將 TRA 運用在運動選手進行體能訓練的研究上。他們的研究發現，對體能訓練的態度及主動規範均可有效預測選手是否會自發進行體能訓練。但因運動選手較不會因為停止訓練而感受到他人給予的壓力，因此將 TRA 運用在運動選手的研究時，主觀規範對於行為的解釋度便較態度因素低。

綜合以上，我們可以瞭解，TRA 是可提供研究者一個適切的架構以探究態度與行為之間關係的良好理論模式。前文提及，前人對於對科學的態度與科學知識的研究發現二者之間存有正相關關係，但是對科學的態度是否影響對科學知識的瞭解，則前人研究未有定論。本研究欲於前人的研究上進行更深入的探究，以瞭解高二學生對科學的態度與科學知識間的因果關係，因此以 TRA 為理論基礎進行研究，希望能對態度與科學知識間的關係有進一步的瞭解。

底下第三章將對本研究所使用的研究方法、工具、對象及分析方法進行說明，使讀者能掌握本研究之全貌。

## 第三章 研究過程與方法

對於科學素養之研究，Wynne (引自 Cajas, 1999) 依其研究策略區分出三類較常使用的研究方法：

1. 利用問卷進行大規模之調查
2. 以認知科學的觀點建立出人們所擁有的心智模式
3. 以質的研究方法，實地觀察人們在每日生活中如何應用科學

本研究採取上述第一項研究方略，利用問卷調查法進行研究。研究所使用之問卷修訂自靳知勤 (2002a) 以一般大眾為研究對象而開發之『大眾對科學相關事務之瞭解與應用』問卷，配合 TRA 擷取原問卷中適合 TRA 的題目；除擷取原問卷之題目外，另配合研究對象的特質加入三個題目詢問學生在生活中應用科學的現況，使之符合學生之生活經驗，再以修訂後之問卷進行研究調查。本研究旨在建立臺中縣市地區高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式，藉由研究者修訂之問卷為研究工具，對臺中縣市三所中學之高中二年級共十一班級，計 425 位學生進行施測，以收集研究所需要資料，做為研究參考依據。

本章共分為五節，分別就研究架構、研究流程、研究對象、研究工具，及資料分析與統計方法等五部份分別予以說明。

### 第一節 建立研究架構

TRA 主張行為的產生受行動意圖的調控，而行動意圖又受到對行為的態度與主觀規範之影響。本研究嘗試以 TRA 建立高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式，因此本研究設定研究變項共有『對科學的態度』、『主觀規範』、『意圖』與『科學相關行為』四項，確立研究變項後以問卷調查法對此四變項進行研究。但在驗證 TRA 四變項關係之前，筆者將先呈現參與者之問卷描述性統計資料，並以單因數多變量分析不同性別、組別與喜好不同學科參與者在此四變項表現之差異性，以使讀者對參與者特性有基本瞭解。

特別針對性別變項進行分析乃受 Durant *et al.*、Miller 與其他研究者在不同地區所做的調查結果之啟示：不同學者所做的研究均發現女性的科學素養顯著低於男性 (Bos & Kuiper, 1999; Davias, 2002; Dawson, 2000; Durant *et al.*, 1989;

Einsiedel, 1994; Laugksch & Spargo, 1999; Miller, 1989), 顯示性別為影響科學素養之重要因素之一。但是性別因素是否連帶影響參與者參與科學相關活動之意圖？是否影響其對科學的態度？感受到的主觀規範是否相同？因此本研究將對性別因素進行分析。

Miller (1989) 與 Laugksch & Spargo (1999) 研究發現學生的科學素養明顯受到修習科學課程的影響：若學生曾選修過物理學，則其科學素養明顯高於未修習過物理學的學生；此外，修習較多的科學課程亦較少修習科學課程的學生擁有較高的科學素養。在本次研究的高二學生中，自然組學生較社會組學生修習較多之科學課程，因此本研究以為高二自然組學生將較社會組學生有相對較高之科學知識，故以組別為一影響因素進行分析比較。

最後，本研究欲瞭解對科學的態度與科學相關行為間之關係，而 Durant *et al.* (1989) 認為興趣是形成態度的第一步驟，因此本研究以學生填答之喜好學科為其興趣之依據，分析喜好自然科與喜好文史科之學生在研究變項上之差異。

因此，本研究之研究架構有二：架構一研究不同人口特性在全體研究參與者對科學的態度、感受到之主觀規範、意圖與科學相關行為等變項之影響，研究架構一之影響模式如圖 3-1-1 所示：

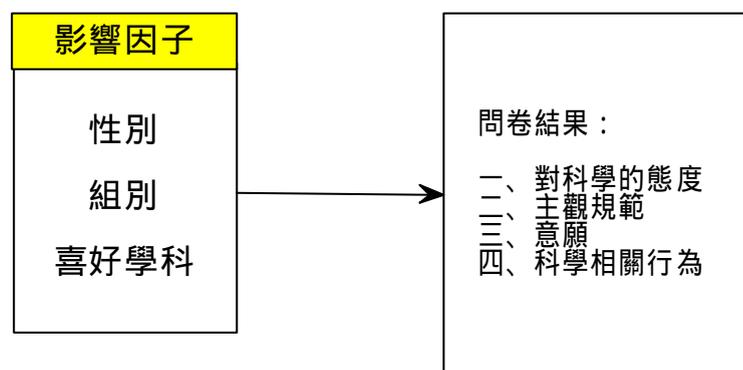


圖 3-1-1 研究架構一

研究架構二則以 Fishbein & Ajzen 所共同提出之 TRA 模式為基礎 (Fishbein & Ajzen, 1975)，研究者擬定對科學的興趣、主觀規範與意圖三者對科學相關行為為具有影響的研究假設，因而提出『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式』做為本研究之研究架構。

然而 TRA 模式雖已明確指出影響行為意圖之直接因素 (內生因素), 但其模式僅有單一構念之陳述, 對於其他間接性的影響因素 (外生因素) 並未具體陳述。Taylor & Todd (1995, 引自何志南, 2001) 與 Bagozzi (1982, 引自何志南, 2001) 認為單一構念的信念 (monolithic belief) 形態, 無法對信念的形成獲得完整的瞭解, 藉此所獲得的研究結果並無意義。Shimp & Kavas (1984, 引自朱斌好、葉旭榮、黃俊英, 2002) 則進一步指出, 研究者應依據不同的動機, 將信念的認知要素予以解構, 不應將不同認知要素信念合併為單一的概念, 因為單一構念的信念架構不可能將具有多面向的意向做很好的闡述。

因此, 當研究者欲以 TRA 組織理論架構而研究個人行為時, 必需再深入發掘影響參與者態度和主觀規範的外生因素。將單一的構念與以解構 (decomposition) 成多構念 (multi-dimensional) 的型態, 除了能夠增強模式的解釋力之外, 更有助於瞭解有哪些因素對於行為意向具有較大的影響力 (何志南, 2001; 范莉雯, 2002)。

底下, 筆者便依據文獻, 將影響行為意圖之對科學的態度與主觀規範變項予以解構成為多構念之型態:

- 1、對科學的態度: 根據 Ajzen (1991) 之研究, 態度可區分為情感性信念與工具性信念二類, 因此本研究依據 Ajzen 之研究, 將對科學的態度變項區分為二類。情感性信念部份參考莊雪芳與鄭湧涇 (2002、2003) 之研究, 再細分出對一般科學的興趣、對生物的興趣、對物理的興趣三項。
- 2、主觀規範: 主觀規範變項可細分為個人規範 (personal norm)、行為規範 (behavioral norm) 及社會規範 (social norm) 三種 (楊書銘, 2001)。其中行為規範主要為重要他者 (如父母、朋友) 對個人所形成的影響; 社會規範則是來自於其他參考對象的影響。在靳知勤 (2002a) 設計問卷並未詢問重要他者對研究參與者學習科學之影響, 但已將行為規範之意涵與社會規範相互融匯, 因此本研究配合靳知勤發展之問卷, 將主觀規範細分為個人規範與社會規範兩項進行研究。

除了將對科學的態度與主觀規範予以解構, 研究者另藉由參與者是否願意將

科學應用於休閒及日常生活之中判斷其參與科學之意圖。而所欲預測之科學相關行為應由何等面向構成，目前相關研究仍十分缺乏。莊雪芳與鄭湧涇 (2002, 2003) 發現截至目前為止，包含她們本身在內，國內所進行的研究中僅有四組研究者針對『對科學的態度』進行探討，其他三組研究者分別是 Lin 和 Crawley 探討國中學生科學相關態度與教室氣氛之關係；鄭湧涇和楊坤原利用自編的「對生物學的態度量表(ATBS)」工具，探討臺北地區國中學生所持之對生物學的態度與學生家庭變項、學校類型及學業成就之間的關係；以及蘇懿生和黃台珠探討高雄地區高中學生所持之對科學的態度與實驗室學習環境（實驗室氣氛）之關係。三組研究者中有二組探討之主題乃是『對科學的態度』與學習環境間之關係，僅有鄭湧涇和楊坤原論及『對科學的態度』與學業成就之交互作用（莊雪芳、鄭湧涇的研究亦以『對科學的態度』與學業成就的關係為主題）。國外之研究者對『對科學的態度』雖有較多的研究，但是研究多屬現況之陳述，因此『對科學的態度』與於其他因素相互關係的研究仍有理論基礎不穩固，相關構念界定模糊之缺憾（莊雪芳、鄭湧涇，2002、2003）。

在缺少『對科學的態度』相關研究的情況下，本研究參考國外學者之研究，試探性地以科學知識、科學參與及自我肯定三項構念組成『科學相關行為』變項，以討論『對科學的態度』與此三構念之關係。

- 1、科學知識：科學知識與個人對科學所持有的態度具有正相關性 (Cukrowska *et al.*, 1999; Durant *et al.*, 1989; Einsiedel, 1994; Falk & Adelman, 2003)。Cukrowska *et al.* 與 Falk & Adelman 解釋科學知識與對科學的態度間的正向關係乃是因為具有對科學的正向態度使人們願意接受科學訊息，因此對科學的態度愈趨正向，其科學知識越豐富。本研究意欲驗證此二組學者所提出的解釋，因此將科學知識列為科學相關行為向度之一。
- 2、科學參與：對科學的具有正向態度的人較常利用不同的方式獲得新知，他們閱讀媒體上的科學訊息，並藉由參觀科學博物館獲得科學知識 (Dawson, 2000; Falk & Adelman, 2003; Nelson, 1999)。本研究以科學參與為科學相關行為之第二向度，以瞭解研究參與者對科學的態度及其主動閱讀科學訊息、參觀科學博物館等行為間的關係。

3、自我感知：Durant *et al.* (1989) 的研究發現對科學持正向態度的人們常感自身的科學知識並不足夠，然而有一種例外的情況，當研究參與者具有較高學歷時，對科學的態度愈正向，則其愈感自身擁有足夠的科學知識，因此在研究參與者的學歷足夠時，對科學的態度與自我感知具有正相關。本研究之參與者為高中二年級學生，在全體人口結構中，他們的學歷相對較高，因此，依 Durant *et al.* 的研究結果預測，本研究之參與者若對科學具有正向的態度，則其將有較高的自我感知。然而，高二學生的自我感知是否確實受到自身對科學的態度的影響？本研究欲予以檢證。因此，筆者以自我感知為科學相關行為的第三個向度以進行整體研究。

綜合上述討論，本研究之研究變項及其組成構念整理如表 3-1-1：

表 3-1-1 研究變項及其組成構念

研究變項	包含之向度
對科學的態度	對一般科學的興趣 對生物的興趣 對物理的興趣 對工具性的認同
主觀規範	個人規範 社會規範
意圖	應用於休閒 應用於生活
科學相關行為	科學知識 科學參與 自我肯定

上表中所述之每一組成構念之操作型定義分別如下 (表 3-1-2)：

表 3-1-2 各組成構念之操作型定義

組成構念	操作型定義
對一般科學的興趣	參與者對一般性、廣泛性科學的興趣
對生物的興趣	對生命科學、醫學的興趣
對物理的興趣	對物質科學的興趣
對工具性的認同	參與者對於科學的工具性價值的認同

表 3-1-2 各組成構念之操作型定義 (續前頁)

組成構念	操作型定義
個人規範 社會規範	參與者自身對自己是否該學習科學的評估 社會其他參考對象對於參與者之影響
應用於休閒 應用於生活	參與者願意於休閒活動中應用科學 參與者願意將科學運用於日常生活之中
科學知識 科學參與	參與者對於科學相關知識的瞭解 過去三個月內研究參與者從事閱讀科學報導、參觀科學博物館等科學相關活動之次數
自我肯定	參與者對自身具有的科學知識之滿意程度

底下，研究者依循 TRA 繪製對科學的興趣、主觀規範、意圖與科學相關行為之結構方程模式概念圖，如圖 3-1-2 所示：

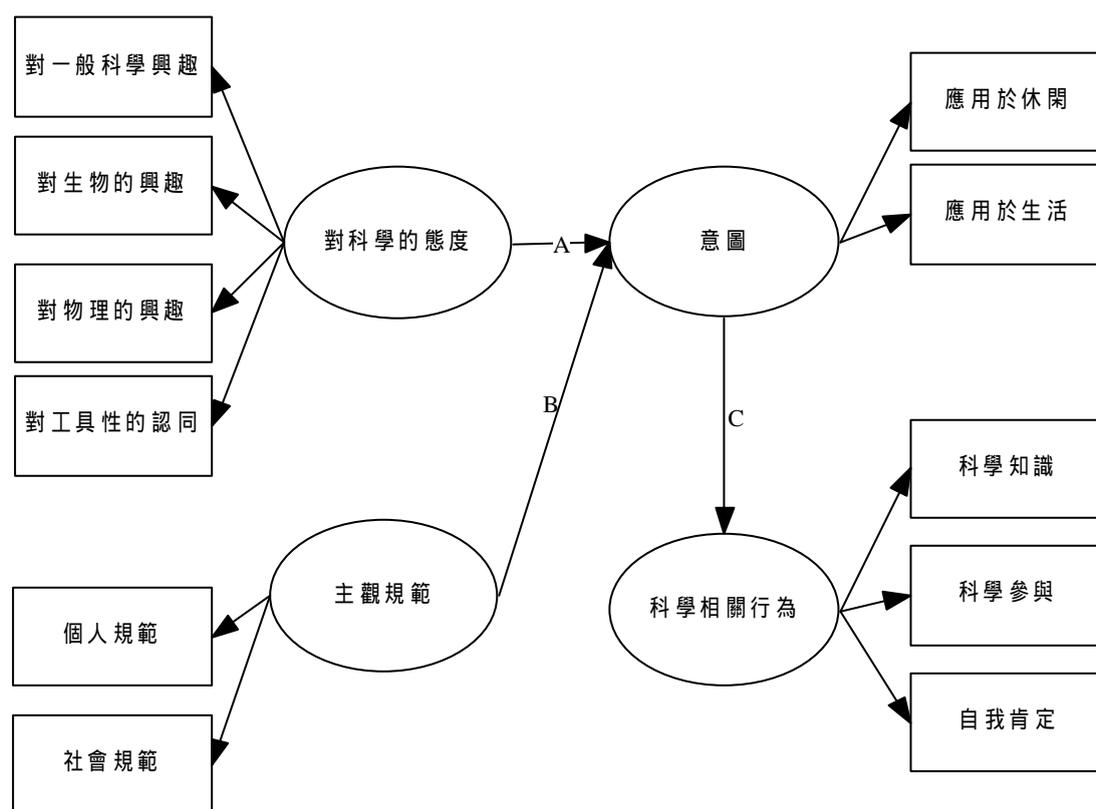


圖 3-1-2 研究架構二『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式』

根據上圖所示，此模式架構呈現文獻探討中討論的對科學的態度、主觀規範及意圖對於科學相關行為的關係脈絡。此一模式包含了 A、B、C 三路徑，茲分別說明如下：

A 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解對科學的態度對於其從事科學相關行為的意圖的影響程度。

B 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解主觀規範對於其從事科學相關行為的意圖的影響程度。

C 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解從事科學相關行為的意圖對於實際進行科學相關行為的影響程度。

### 研究假設模式徑路圖

底下，研究者依據上圖進一步繪製『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之假設模式徑路圖』，以瞭解結構方程模式各變項之方程式假設，如圖 3-1-3 所示：

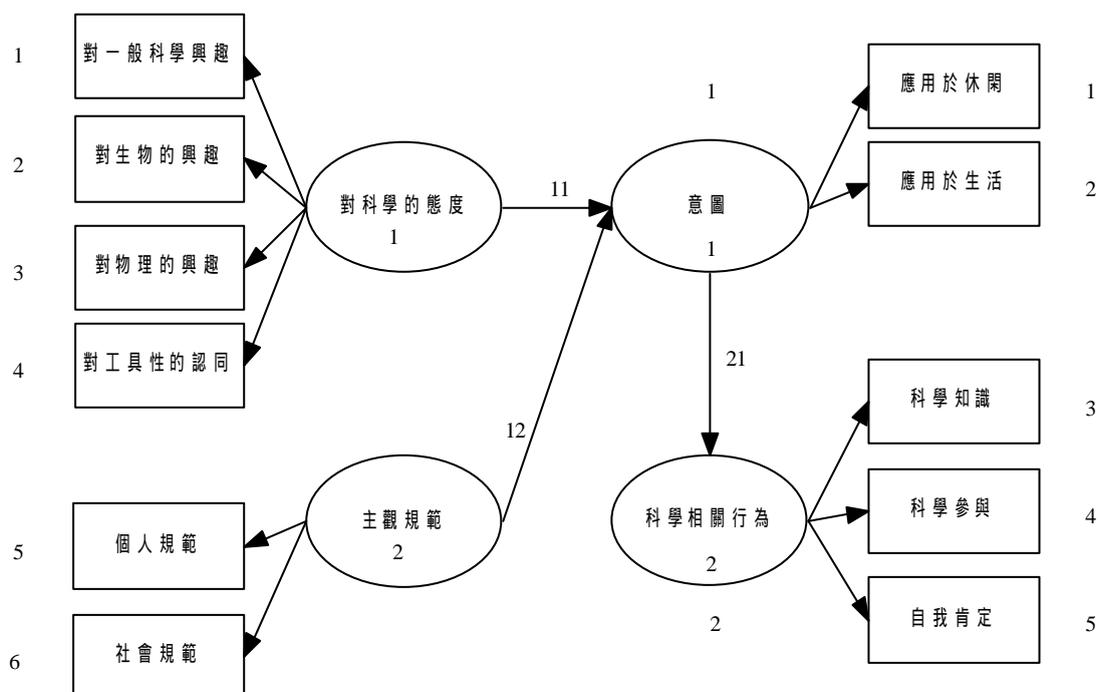


圖 3-1-3 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之假設模式徑路圖

模式列舉：

本研究之『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為模式』根據理論建立觀察變項，並設計研究架構，再進一步使用 LISREL 8.30 統計分析軟體進行計算。

(1) 觀察變項方程式：

觀察變項 X (對科學的態度、主觀規範) 之方程式列舉如下：

一、 對一般科學興趣 ( $X_1$ ) =  $x_{11} \lambda_1 + \epsilon_1$

二、 對生物的興趣 ( $X_2$ ) =  $x_{21} \lambda_1 + \epsilon_2$

三、 對物理的興趣 ( $X_3$ ) =  $x_{31} \lambda_1 + \epsilon_3$

四、 對工具性的認同 ( $X_4$ ) =  $x_{41} \lambda_1 + \epsilon_4$

五、 個人規範 ( $X_5$ ) =  $x_{52} \lambda_2 + \epsilon_5$

六、 社會規範 ( $X_6$ ) =  $x_{62} \lambda_2 + \epsilon_6$

觀察變項 Y (意圖、相關行為) 之方程式列舉如下：

一、 應用於休閒 ( $Y_1$ ) =  $y_{11} \lambda_1 + \epsilon_1$

二、 應用於生活 ( $Y_2$ ) =  $y_{21} \lambda_1 + \epsilon_2$

三、 科學知識 ( $Y_3$ ) =  $y_{32} \lambda_2 + \epsilon_3$

四、 科學參與 ( $Y_4$ ) =  $y_{42} \lambda_2 + \epsilon_4$

五、 自我肯定 ( $Y_5$ ) =  $y_{52} \lambda_2 + \epsilon_5$

(2) 潛在變項方程式：

意圖 =  $\lambda_{11}$  對科學的態度 +  $\lambda_{12}$  主觀規範 + 干擾

$$\epsilon_1 = \lambda_{11} \epsilon_1 + \lambda_{12} \epsilon_2 + \epsilon_1$$

相關行為 =  $\lambda_{21}$  意圖 + 干擾

$$\epsilon_2 = \lambda_{21} \epsilon_1 + \epsilon_2$$

上述模式即筆者根據 TRA 理論所建立之理論模式。

然而 Fishbein & Ajzen 之 TRA 理論僅以具體行動為其觀察變項，對於行動的態度、個體所感知的主觀規範等，均會影響其行動的意圖的強烈程度，並透過個人意圖而影響其行動表現 (Fishbein & Ajzen, 1975)。

而本研究的科學相關行為此一潛在變項由科學知識、科學參與及自我肯定等三觀察變項所組成。其中科學參與部份詢問參與者近三個月來從事科學活動的頻率，符合 TRA 理論。但科學知識部份則使用 Durant *et al.* 所設計、靳知勤予以譯為中文之 25 道科學問題所組成，此為知識性問題，並不涉及行動。另外，在個人感知方面，乃詢問參與者對自己具有的科學知識的滿意程度，亦不涉及實際的行動，因此筆者認為有必要對 TRA 模式進行適當修正以符合本研究之課題。

筆者於文獻探討時曾論及 Falk & Adelman、Cukrowska *et al.* 與 Bos & Kuiper 均發現一個人對科學的態度影響其科學知識，Falk & Adelman 研究參觀海洋生物館的參觀者，發現具有正向態度的參觀者在進行參觀之後，其科學知識能有顯著的成長。Falk & Adelman 推論此乃肇因於對科學具有正向態度之民眾在參觀海洋生物館時願意接收展覽場內提供的資訊，因而在參觀之後有顯著的知識成長 (Falk & Adelman, 2003)。Cukrowska *et al.* 與 Bos & Kuiper 對於持正向科學態度者擁有較高的科學素養亦持與 Falk & Adelman 相同的論點，意即，對科學持有正向態度者，他們可自媒體中接收新的科學資訊，使其科學素養有顯著較高的傾向 (Bos & Kuiper, 1999; Cukrowska *et al.*, 1999)。

根據前述研究，筆者假設一個人對科學的態度將直接影響其具有的科學知識：當新的科學資訊被動傳輸至眼前時 (如電視新聞報導、報章雜誌上的科學報導)，一個對科學持有中立或正向的態度的人不會排斥接收該訊息，因而會具備較多的科學知識。但此一過程並非積極的主動求知行動，而為一消極被動的接收過程，因此 TRA 中充滿積極行動意義的意圖變項便不適合用以解釋此種狀況，值此之故，筆者修改 TRA，假設對科學的態度對於本研究中的行為變項將有直接影響。此外，考慮個人所感受到之主觀規範對於科學相關行為應有同樣的影響，因此亦成立主觀規範將可直接調控本研究中行為變項之假設。

根據前二項修正，筆者修改 TRA 模式如圖、3-4，在原本之 A、B、C 三徑

路之外，另外添加 D、E 二條徑路，表示對科學的態度與主觀規範對於科學相關行為的直接影響。而依 TRA 理論所建構的 A、B、C 三徑路仍然保留，因科學知識除了被動的資訊接收外，尚需主動的求知過程，而一個人主動求知的過程即受行動意圖的影響。因此，由 TRA 理論而建構的 A、B、C 三徑路仍將繼續發生作用，因此予以保留。

本研究欲瞭解修正後之 TRA 模式是否較原始的 TRA 模式更貼近研究所搜集之資料，以瞭解在此研究情境下，何種理論架構較合適。修正後之 TRA 模式如圖 3-1-4：

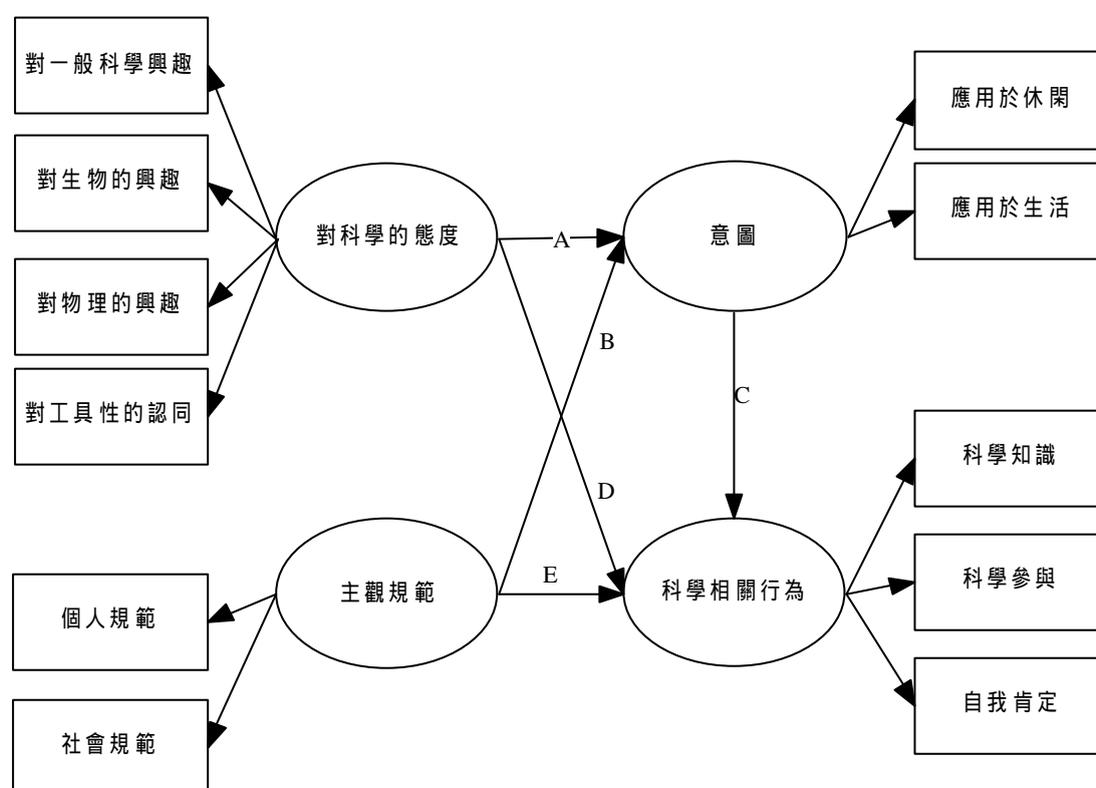


圖 3-1-4 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式修正版

根據圖所示，此模式架構呈現文獻探討中討論的對科學的態度、主觀規範及意圖對於科學相關行為的關係脈絡。此一模式包含了 A、B、C、D、E 五路徑，茲分別說明如下：

A 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解對科學的態度對於其從事科學相關行為

的意圖的影響程度。

B 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解主觀規範對於其從事科學相關行為的意圖的影響程度。

C 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解從事科學相關行為的意圖對於實際進行科學相關行為的影響程度。

D 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解對科學的態度對於實際進行科學相關行為的影響程度。

E 路徑：經由結構方程模式之建立，瞭解主觀規範對於對於實際進行科學相關行為的影響程度。

### 研究假設模式徑路圖

底下，研究者依據上圖進一步繪製『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之假設模式徑路圖』，以瞭解結構方程模式各變項之方程式假設，如圖 3-1-5 所示：

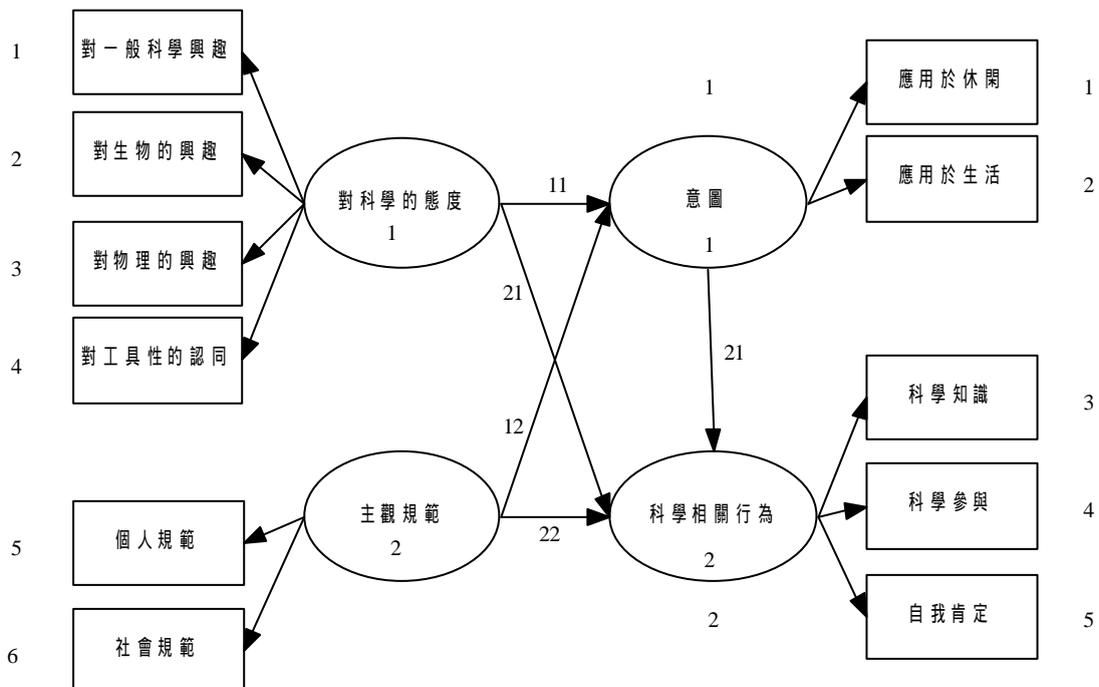


圖 3-1-5 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為修正版

## 之假設模式徑路圖

模式方程式之列舉：

(1) 觀察變項方程式：

觀察變項 X (對科學的態度、主觀規範) 之方程式列舉如下：

一、 對一般科學興趣 ( $X_1$ ) =  $x_{11} I_1 + \epsilon_1$

二、 對生物的興趣 ( $X_2$ ) =  $x_{21} I_1 + \epsilon_2$

三、 對物理的興趣 ( $X_3$ ) =  $x_{31} I_1 + \epsilon_3$

四、 對工具性的認同 ( $X_4$ ) =  $x_{41} I_1 + \epsilon_4$

五、 個人規範 ( $X_5$ ) =  $x_{52} I_2 + \epsilon_5$

六、 社會規範 ( $X_6$ ) =  $x_{62} I_2 + \epsilon_6$

觀察變項 Y (意圖、相關行為) 之方程式列舉如下：

一、 應用於休閒 ( $Y_1$ ) =  $y_{11} I_1 + \epsilon_1$

二、 應用於生活 ( $Y_2$ ) =  $y_{21} I_1 + \epsilon_2$

三、 科學知識 ( $Y_3$ ) =  $y_{32} I_2 + \epsilon_3$

四、 科學參與 ( $Y_4$ ) =  $y_{42} I_2 + \epsilon_4$

五、 自我肯定 ( $Y_5$ ) =  $y_{52} I_2 + \epsilon_5$

(2) 潛在變項方程式：

意圖 =  $\beta_{21}$  對科學的態度 +  $\beta_{22}$  主觀規範 + 干擾

$$I_1 = \beta_{11} I_1 + \beta_{12} I_2 + \epsilon_1$$

相關行為 =  $\beta_{21}$  對科學的態度 +  $\beta_{22}$  主觀規範 +  $\beta_{21}$  意圖 + 干擾

$$I_2 = \beta_{21} I_1 + \beta_{22} I_2 + \beta_{21} I_1 + \epsilon_2$$

## 第二節 研究流程

依循前節所述研究架構，本研究區分研究流程為四個主要階段，分別為準備階段、資料蒐集階段、資料分析與解釋階段與最後的論文撰寫階段（圖 3-2-1）。除了在準備階段進行文獻探討外，在後三階段中仍持續研讀文獻以解釋所有非意料中的研究結果。

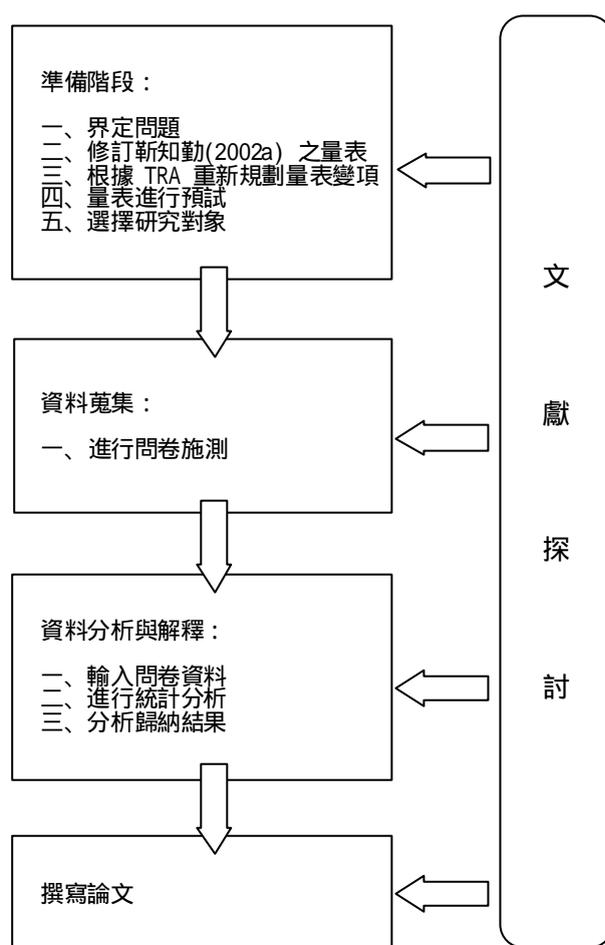


圖 3-2-1 研究流程

## 第三節 研究對象

Miller (1998) 針對不同學歷的成年人所進行的研究發現具有高中及大學學歷之成年人具有顯著較高的科學素養，他認為此一結果揭示高中與大學階段是提昇個人科學素養的最重要的兩個關鍵時期，有必要針對此二群體進行更深入的研究。受 Miller 之啟示，本研究以高中學生為研究對象，試圖瞭解高中學生對科

學的態度及所具有的科學知識，與學生對科學的態度影響學生科學知識的程度。

本研究於學年的第一學期對在學學生進行施測，若選擇高一學生為受試對象，則因學生接受高中教育未滿一學期，難以區分其關係模式是為國中時期之模式或進入高中後發展之模式，因此對本研究而言，高一學生並非良好的探討對象。

高三學生習受兩年的高中教育，若對高三學生進行施測，則能妥切代表高中學生之關係模式。但高三學生也面臨較重的升學壓力，為避免造成學生課業上的困擾，因此本研究放棄對高三學生的探索，而將研究焦點置於高二學生上。

本研究以方便取樣方式，委請臺中縣市三所高中的教師對其任教二年級學生進行施測。受試學校班級人數介於 40-50 人之間，三所學校中有二所，其八十九學年度入學成績約為五百六十分，另一所學校入學分數為五百分左右。每所學校均選取男女合班上課之班級進行施測，共計十一個班級，466 位學生參與此項研究調查，獲得有效問卷共 425 份。

#### 第四節 研究工具

本研究以 TRA 理論為基礎，修訂國內學者靳知勤 (2002a) 發展之問卷，使之切合 TRA 理論後進行施測。底下介紹該問卷及筆者修訂的方式。

靳知勤 (2002a) 設計一份用以測量一般大眾科學素養之問卷，其以 Durant *et al.* (1989) 發展的三個向度，共 55 題科學素養題目為基礎，另加入五因素編成共 100 題之『大眾對科學相關事務之瞭解與應用』問卷。編成後的問卷由九個部份組成，第一部份詢問參與者之基本資料；第二至第九部份由李克式五點量表與是非題組成，分別為：『對科學的興趣』、『對技學的興趣』、『科學理解』、『科學應用』、『對生活的意義』、『過程技能』、『科學知識』、『知識來源』等八個分量表。靳知勤編成之問卷除延續 Durant *et al.* 的努力外，另外加入的其他因素使其問卷得以跨出 Durant *et al.* 之侷限，可對科學素養有更廣泛的瞭解。

靳知勤發展的問卷除可對一般大眾的科學素養進行瞭解、分析外，筆者分析該問卷，發現其科學應用分量表若經修改，則此問卷將可應用於以學生為研究對象的研究之中。因而本研究以靳知勤所發展的問卷為基礎，修訂其第四部份科學應用分量表以適合本研究之受試對象。原量表詢問參與者在職業、個人、家庭中應用科學的情形，修訂後的分量表則詢問學生教育活動中應用科學的情形，以便

針對學生進行施測。

之後，筆者以新知勤修改後的問卷為主軸，將問卷題目依其題旨重新畫分為對科學的態度、主觀規範、意圖與科學相關行為四分量表，每一分量表又含有若干向度，茲將各分量表與向度所包含之題目詳列如表 3-3：

表 3-4-1 各分量表及其題目

研究變項	包含之向度	問卷題目
對科學的態度	對一般科學興趣	對新的科技與發明新聞的興趣
		對新的科學發現的新聞的興趣
		對政府支持大型科學研究報導的興趣
		對科學故事的興趣
	對電視中的科學性節目的興趣	
	對生物的興趣	對新藥發明的訊息的興趣
		對治療愛滋病新線索之報導的興趣
		對台灣河流殺蟲劑含量控制新聞的興趣
		對『科學家質疑：達爾文的看法是對的嗎？』的報導的興趣
		對『有些專家對心臟病的成因有錯誤認知』的報導的興趣
	對物理的興趣	對高功率風力發電廠開始運轉的新聞的興趣
		對開發家用機器人協助做家事的新聞的興趣
		對天文學家發現銀河的新聞的興趣
	對工具性的認同	科學知識可以幫助我解決日常問題
		多知道科學知識對每個人是有幫助的
		在學習科學時很容易發現新的事物
		科學讓我們學習如何思考
		上科學讓我判斷事件真假上有信心
		應投注更多的科學研究經費
		科學讓我們享有更好的醫療
		電視、電話都需要科學做基礎
		我們的食物安全拜科學之賜
		科學能幫助我們提煉化學物質
		科學研究可提供解決社會問題的方法
		發展科學與科技研究創造就業機會
		我國若加強科學研究，人民生活將更好

表 3-4-1 各分量表及其題目 (續上頁)

研究變項	包含之向度	問卷題目
主觀規範	個人規範	科學知識對我個人的生活很重要 自己若不會科學就會很落伍 沒有足夠科學知識對生活影響不大
	社會規範	每個人都應該多瞭解科學知識 具備足夠科學知識是現代國民基本條件
意圖	應用於休閒	參加科學性社團是好主意 我想將科學當作一種休閒的方式
	應用於生活	我想要努力去獲得更多科學知識 我想要實際使用科學處理更多事情
科學相關行為	科學知識 科學參與 自我肯定	靳知勤翻譯之科學知識量表 25 題全 靳知勤發展之科學知識來源量表 10 題全 能理解新藥發明的新聞 能理解新的科技與發明的新聞 能理解新的科學發現的新聞 我已經具備充足的科學知識

問卷建立後，以中部一所高中二年級八個班級，共 317 位學生進行預試，發現此一量表所得資料可以驗證本研究之模式。惟科學相關行為量表下的科學知識分量表具有鑑別度不佳及個別項目信度低之缺陷。然而 Bollen (1989, 引自黃芳銘, 2002) 認為雖然變項信度宜大於 .50, 但祇要變項係數之 t 值達到顯著, 則其  $R^2$  值就可以接受, 因此對於此分量表不再進行修訂, 而使用於正式研究中。

## 第五節 資料處理與統計分析方法

### 一、資料處理

1. 利用人工檢視方式，剔除連續多題未答及所有填答答案均相同之問卷，以選取有效問卷進行分析。
2. 將問卷資料輸入，並轉換為統計分析軟體所適用的格式，以利統計分析之進行。

3. 計算各參與者得分。Ajzen & Fishbein (1980, 引自邱家範, 2000) 指出, 信念與評價應採用雙極計分 (-3 分 ~ +3 分), 對態度與行為信念結構間關係的解釋方為適當。然而, 王國川 (1999、2000) 的研究指出, 當排除不同研究主題的差異之後, 利用單極計分 (1 ~ 5 分) 可使信念與態度兩者顯露出較利用雙極計分高之關係。因此本研究採用王國川之建議, 採用單極計分。

## 二、統計分析

為了回答第一章所提之待答問題, 本研究問卷施測後, 利用社會科學統計套裝軟體 (SPSS for Windows 10.0.7) 進行統計分析, 所使用的統計方法如下:

1. 次數統計: 利用 SPSS 之次數統計選項對全體參與者、不同性別、不同組別、對於各種學科的喜好等四變項進行次數統計。
2. 敘述統計: 利用敘述統計描述參與者整體概況。針對『對科學的態度』、『主觀規範』、『意圖』及『科學相關行為』四量表統計總分及平均值  $\pm$  標準差。再統計每一單題之平均值  $\pm$  標準差, 並計算科學研究過程與科學知識二分量表各單題的答對率。之後依性別、組別、喜好學科等三變項進行分群, 再對各分群進行個別量表的描述。
3. 單因數多變量變異數分析 (MANOVA): 針對『對科學的態度』、『主觀規範』、『意圖』及『科學相關行為』四量表分析不同性別、組別及喜好不同學科之學生在四個量表上的表現是否具有顯著差異, 並藉以驗證研究假設 1、2、3。
4. 利用 LISREL 8.30 統計分析軟體, 以最大概似法 (Maximum Likelihood) 進行結構方程模式 (structural equation modeling, SEM) 之統計分析

結構方程模式利用建立理論模式以檢定潛在變項間的關係, 除了對個別潛在變項進行檢定外, 結構方程模式尚可對整體模式進行統計評估, 以確認理論模式與研究所蒐集的資料具有一致性。因此, SEM 是一種檢定理論模式 (theory-testing) 的方法 (黃芳銘, 2002)。傳統上使用多重迴歸進行處理的模式均可利用 SEM 加以處理, 而且能比多重迴歸得到更正確的結果。SEM 優於多重迴歸的原因為:

- 一、 SEM 利用潛在變項而避免了多重迴歸所面臨的問題，而能處理兩變項間互為因果的關係模式。
- 二、 利用 SEM 可以處理複雜的模式，它可處理多個自變項同時影響多個依變項的模式，此種複雜的模式多重迴歸無法處理。
- 三、 研究者所提出的模式可由數項特定的指標予以評鑑。因為有評鑑的指標，因此可以在彼此競爭的理論模式中選擇最佳的一個模式 (Hankins *et al.*, 2000)。

因為 SEM 能較正確的處理變項間的關係，因此本研究利用 SEM 進行統計分析。

欲以結構方程模式進行研究，則需符合其假定 (黃芳銘, 2002; Hankins *et al.*, 2000)：

- 一、 多變項常態性：在多變項峰度絕對值  $< 25$  以下時，可以不經轉換，直接使用 ML 法。或是使用較不受分配影響的 ADF 法或 WLS 法。
- 二、 無系統遺漏值：若有遺漏值的項目，而其間無相關性，則可以接受其遺漏值。若是因為題目敏感拒答者，則不可忽視。對於遺漏值，可利用群體 ML 修正法 (或稱“完全訊息最大概似取向 (full information maximum likelihood approach, FIML)) 補足遺漏值。
- 三、 足夠大的樣本：每一個變項至少有 10 個至 20 個樣本。但樣本越大，模式被拒絕的機會也越大。多數 SEM 研究之樣本數在 200-500 之間。
- 四、 正確的模式界定：比較重要的模式界定錯誤有三種：
  - i. 遺漏相關變項：如果遺漏的變項與外因變項間不相關，那麼，它的影響效果祇在於降至整體模式的預測性。如果遺漏的變項與外因變項有相當強的關係，則其後果嚴重。
  - ii. 包含了無關的變項：包含了無關變項會使標準誤的估計產生影響。因此造成獨立變項的顯著檢定不精確，降低統計以及實際分析的顯著或。

iii. 界定為線性模式，但其實是非線性的

## 五、簡單隨機抽樣

界定研究欲驗證的模式後，需對該模式進行模式識別之動作。模式識別的目的在于於確認研究所獲得的模式為唯一解，不存在另一可能的情況。欲進行模式識別可根據 Bollen(引自黃芳銘，2002) 的「t 規則」進行。t 規則指出估計參數的個數  $t$ ，必須小於  $X$ 、 $Y$  共變數矩陣中的參數個數，其公式如下：

$$t < 1/2 (p+q) (p+q+1)$$

$t$ ：估計的參數個數

$p$ ：外因觀察變項個數

$q$ ：內因觀察變項個數

在本模式中，外因變項有 6 個，內因觀察變項有 5 個，因此共變數矩陣中的參數個數一共有  $1/2 (6+5)(6+5+1) = 66$  個。本研究的兩個模式所需要估計的參數分別為 25 個與 27 個，因此  $t < 66$ ，符合 t 規則的檢定標準。若是模式不符合 t 規則的檢定標準，則代表模式不具有唯一解，此一情形使模式成為低識別，需再予以修正模式。

當模式通過 t 規則之檢定後，必需再進行模式的適配度檢定 (model testing fit)，以瞭解模式與所蒐集之資料之間是否具一致性。適配度檢定一般分為模式基本適配、整體模式適配與模式內在結構適配三種，茲分別說明如下。

### (1) 模式基本適配標準

- 一、 誤差變異項均需為正，不可出現負的誤差變異值
- 二、 標準化係數需在 .95 以下，不可太接近 1
- 三、 標準誤需小
- 四、 估計參數之間相關的絕對值不能太接近 1
- 五、 因素負荷量需在 .5 與 .95 間，不可太低或太高 (黃芳銘，2002)

### (2) 整體模式適配標準

整體模式適配標準的目的在求研究建立的理論模式與所得之觀察資料間具有適配度，意即模式具有良好的外在品質。筆者參照黃芳銘 (2002) 與 Bagozzi (2001) 之意見，整理常用的整體模式適配標準指標為絕對適配指標、增值適配指標與簡效適配指標三類，分述如下：

一、 絕對適配指標 (absolute fit measures)

- i. 卡方考驗值：卡方考驗必需未達顯著水準 ( $p < 0.1$ )，在 SEM 中，卡方考驗乃是對不良適配 (badness-of-fit measure) 進行統計分析，因此卡方值達顯著代表模式與觀察值之間是不適配的
- ii. Goodness of Fit Index (GFI)：GFI  $\geq .9$  表示模式具有適配度。
- iii. Standardized Root Mean Square Residual (SRMR)：SRMR  $\leq .05$  具適配度。其值越小，表示模式越適配
- iv. Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)：RMSEA 指標需小於或等於  $.05$ ，此一狀況可稱「優良適配」； $.05$  至  $.08$  屬於尚可接受的「不錯的適配」。
- v. Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)：此一指標的值需大於或等於  $.9$

二、 增值適配指標 (incremental fit measures)

- i. Non-Normed Fit Index (NNFI)：NNFI 需大於或等於  $.9$
- ii. Normed Fit Index (NFI)：NFI 需大於或等於  $.9$
- iii. Comparative Fit Index (CFI)：CFI 需大於或等於  $.9$
- iv. Incremental Fit Index (IFI)：IFI 值需大於或等於  $.9$
- v. Relative Fit Index (RFI)：RFI 需大於或等於  $.9$

三、 簡效適配指標 (parsimonious fit measures)

- i. Parsimonious Normed Fit Index (PNFI)：PNFI 值需大於或等於  $.5$
- ii. Parsimonious Goodness of Fit Index (PGFI)：PGFI 值需大於或

等於 .5

- iii. Akaike Information Criterion (AIC) : AIC 值需同時小於飽和 AIC (Saturated AIC)與獨立 AIC (Independence AIC) 二者的值

(3) 模式內在結構適配標準 :

為了瞭解建構的結構方程模式是否具有足夠的信、效度以及理論建構的因果關係的合理性，研究者可對模式進行內在結構適配度考驗 (黃芳銘，2002)。評鑑模式內在結構適配度的指標如下：

- 一、 個別項目之信度 (individual item reliability) 的值達到 .5 以上
- 二、 潛在變項的成份信度 (composite reliability) 的值達到 .6 以上
- 三、 所有估計參數均達顯著水準

(4) 模式修正 (model modification)

模式進行上述之模式適配度考驗後若發現建構的模式未能合乎適配度標準，則可對模式進行修正。模式修正時可以參考 LISREL 所提供的修正指標 (modification index, MI) 以進行修正動作。需注意的是，進行模式修正時，應選擇 MI 較大之參數進行修正，且被修正的參數應具有理論上之意義，避免任意、不具理論意義的修訂。最後，同時間不要對一個以上的參數進行修正，每次祇能修正一個參數。

## 第四章 結果與討論

本章根據第三章之方法與流程，進行統計分析處理，以驗證研究假設，並利用所獲得的統計分析結果，對研究結果進行進一步的討論。本章共分為二小節，分別呈現研究參與者之基本資料與高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式分析，茲分別說明如下。

### 第一節 研究參與者之基本資料

本小節的目的在於呈現全體研究參與者之人口特性、研究量表之得分情形，茲依序說明如下。

#### 一、全體研究參與者之人口特性分配情形

表 4-1-1 所呈現的是全體參與研究之高二學生人口特性之人次與百分比。由表中資料可知，本研究之研究參與者中，男性佔有 49.6%，女性佔有 50.4%，因此不同性別之樣本分佈相當平均。在組別部份，本次研究擁有較多比例的自然組學生，其百分比為 58.1%，社會組學生則有 41.9%。因此，在本次研究中，自然組與社會組學生之比例約為 3:2。在喜好學科部份，本次研究參與者傾向喜好文史科，佔有 55.3%，喜歡自然科的學生則為 44.7%。由上述之人口特性分佈而言，本研究之參與者分佈尚稱平均。

表 4-1-1 全體研究參與者人口特性之人次與百分比

項目	人次與百分比	
	人次	百分比
性別		
男	211	49.6%
女	214	50.4%
組別		
自然組	247	58.1%
社會組	178	41.9%
喜好學科		
文史科	235	55.3%
自然科	190	44.7%

## 二、全體研究參與者量表得分情形

表 4-1-2 呈現正式研究中，參與研究之全體高二學生在『對科學的興趣量表』、『主觀規範量表』、『意圖量表』與『科學相關行為量表』之得分平均數與標準差。

表 4-1-2 全體研究參與者各量表單題平均得分

	男性 (N=211)		女性 (N=214)		全體 (N=425)	
	單題平均	標準差	單題平均	標準差	單題平均	標準差
<b>對科學的態度量表</b>						
對一般科學的興趣 (5) <sup>a</sup>	3.86	.57	3.47	.60	3.66	.62
對生物的興趣 (5)	3.36	.65	3.51	.63	3.44	.64
對物理的興趣 (3)	3.76	.63	3.60	.57	3.68	.60
對工具性的認同 (13)	4.03	.40	3.99	.57	4.01	.39
全量表 (26)	3.84	.38	3.76	.36	3.80	.37
<b>主觀規範量表</b>						
個人規範 (3)	3.74	.55	3.62	.50	3.68	.53
社會規範 (2)	4.06	.60	4.03	.54	4.04	.57
全量表 (5)	3.87	.50	3.78	.44	3.82	.47
<b>意圖量表</b>						
應用於休閒 (2)	3.57	.53	3.47	.54	3.53	.53
應用於生活 (2)	3.81	.60	3.68	.60	3.74	.60
全量表 (4)	3.69	.48	3.58	.49	3.64	.49
<b>科學相關行為量表</b>						
科學知識 (25)	.93	.05	.90	.05	.92	.05
科學參與 (10)	2.35	.73	2.10	.63	2.22	.70
自我肯定 (4)	3.40	.57	3.12	.52	3.26	.56
全量表 (39) <sup>b</sup>	60.39	8.20	56.21	7.42	58.28	8.08

<sup>a</sup> 括號內之數字為該分量表之題數

<sup>b</sup> 科學知識量表為是非題，因此全量表部份以量表總分呈現

由表 4-1-2 的內容可知，參與研究之全體高二學生在對科學的態度總量表單題平均得分為 3.80，顯示其對科學持有正向之態度。參與者對於一般科學、生物科學與物理學之興趣約莫相同，其得分落於 3.40 ~ 3.70 之間，顯示全體參與者對於科學的興趣並無特別偏好某一領域的傾向。除了對科學具有正向之態度外，參與者亦肯定科學的工具性價值，且給予此分量表較高的得分，使對工具性的認

同分量表之單題平均得分達 4.01，顯示參與者對於科學在現今社會所扮演的重要角色有所體認，並且對其重要性給予正面的評價。

就不同性別的參與者而言，男學生對科學具有較高的正向態度。利用單因數多變量變異數分析 (MANOVA) 之後，發現男學生在對一般科學的興趣、對物理的興趣與全量表之得分均顯著高於女學生 ( $p < 0.05$ ) (見表 4-1-3)，顯示男同學對於科學有較佳的態度。但是，女學生對於科學的態度並不總是落於男生之後，她們對於生物的興趣就明顯高於男生。該結果顯示男女學生對於科學的態度隨著學科內容知識的不同而呈現有性別差異，男學生偏好物理學，而女學生對生物學較為喜愛。但不論各自喜好的科學學科為何，男女學生對於科學工具性價值的肯定則不分軒輊，並未有性別差異的存在。

表 4-1-3 不同性別之高二學生在對科學態度量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
對科學的態度量表		.809*		
對一般科學的興趣	385.884		44.935*	男 > 女
對生物的興趣	62.06		6.09*	女 > 男
對物理的興趣	24.55		7.61*	男 > 女
對工具性的認同	24.76		.969	
全量表	470.75		5.06*	男 > 女

\* $p < 0.05$

就主觀規範量表的得分而言，研究參與者在此量表的單題平均得分為 3.82，顯示參與者感受到學習科學的必要性 (表 4-1-2)。此種必需學習科學的感受來源可分為源自於自己的後設認知 (個人規範，量表單題平均分數 3.68) 與來自社會他方的壓力 (社會規範，量表單題平均分數 4.04) 兩種。對於研究參與者而言，此二種來源的壓力以社會他方給予的壓力較為強烈。

表 4-1-4 不同性別之高二學生在主觀規範量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
主觀規範量表		.985*		
個人規範	14.35		5.78*	男 > 女
社會規範	.298		.226	
全量表	.337		3.365	

\* $p < 0.05$

經單因數多變量變異數分析後發現，不同性別的學生在個人規範分量表的表現具有顯著的性別差異。顯示對於學習科學的必要性，男學生有顯著較高的省思 ( $p < 0.05$ )。然而，不論其性別，學生均感受到來自社會的壓力，此股來自於社會的壓力對男女學生雙方而言並沒有顯著的不同，社會他方的壓力對不同性別的學生均展現了相同的強度。

在意圖量表方面(表 4-1-2)，全體參與者在此量表的單題平均得分為 3.64，其中應用於休閒的得分為 3.53，應用於生活的得分為 3.74。顯示研究參與者對於將科學融入休閒與日常生活之中展現出正向的回應。在應用科學的時機上，研究參與者較願意在日常生活中應用科學，而對於在休閒之中應用科學則較為遲疑。檢驗不同性別學生在此量表的差異後發現，男學生對於應用科學具有明顯較女學生強烈的意圖 (表 4-1-5)。在將科學應用於休閒上，男學生的意圖顯著高於女學生 ( $p < 0.05$ )；在將科學應用於生活中，男學生亦表現出顯著強烈的意圖 ( $p < 0.05$ )，顯示在應用科學的意圖上具有顯著的性別差異。

表 4-1-5 不同性別之高二學生在意圖量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
意圖量表		.985*		
應用於休閒	4.38		3.87*	男 > 女
應用於生活	7.50		5.25*	男 > 女
全量表	23.35		6.23*	男 > 女

\* $p < 0.05$

表 4-1-6 不同性別之高二學生在科學相關行為量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
科學相關行為量表		.894*		
科學知識	29.98		17.22*	男 > 女
科學參與	685.75		14.585*	男 > 女
自我肯定	130.112		27.74*	男 > 女
全量表	1854.88		30.36*	男 > 女

\* $p < 0.05$

在科學相關行為量表上，全體參與者在此量表之平均總分為 58.28(表

4-1-2)。其中，在科學知識方面，參與者單題平均得分為 .92。科學知識分量表題型為是非題，研究者所填答的答案正確給一分，否則該題以零分計算。因此，.92 之單題平均得分顯示出 Durant *et al.* (1989) 所設計的 25 題科學知識題目對於參與研究之全體高二學生均過於簡單，研究參與者在此 25 題是非題中幾乎得到滿分。在科學參與方面，參與者單題平均得分為 2.22，顯示參與者過去三個月內從事參觀科學類博物館、收看電視新聞之科學報導等科學相關活動之頻率僅略高於二次，顯見參與研究之高二學生在過去三個月內參與科學相關活動的次數上並不豐富。在自我肯定方面，全體參與者之單題平均得分為 3.26，顯示參與者對於自己所具有的科學知識予以肯定，對於媒體所呈現之科學相關報導具有理解能力。

以單因數多變量變異數分析不同性別學生在科學相關行為量表之表現後發現男學生的得分顯著高於女學生 (表 4-1-6)。前文提及全體參與者在科學知識分量表之單題平均得分為 .92，已趨近於滿分，但統計分析發現男學生在此分量表得分仍顯著高於女學生 ( $p < 0.05$ )，顯示女同學對科學知識的瞭解雖已相當足夠，但男學生在科學知識的瞭解仍然略勝一籌。在參與科學相關活動的頻率，男學生表現出較為積極的傾向，他們過去三個月內參與科學相關活動的頻率顯著高於女學生 ( $p < 0.05$ )，顯示男學生參與科學相關活動之積極性顯著較女學生來得高。除了擁有較高的科學知識、參與較多的科學活動之外，男學生對於自己所具備的科學知能亦有較高的認同感。在自我肯定分量表之得分男學生顯著高於女學生 ( $p < 0.05$ )，顯示男學生對於自己具有的科學知能較為肯定，自述對媒體所呈現之科學訊息的瞭解程度亦較高。因此，在科學相關行為量表之各向度均有男學生得分顯著高於女學生之現象，顯見不同性別之高二學生在科學相關行為上具有性別差異。

綜上所述，本研究之研究結果整理如下：

(1) 男學生對科學的態度顯著較女學生高

男學生在對一般科學的興趣、對物理的興趣與全量表之得分均顯著高於女學生，顯示男同學對於科學的態度顯著高於女學生，此結果與國外的研究結果相同 (Dawson, 2000; Francis & Greer, 1999a; 1999b)。Dawson 與 Francis & Greer 的研

究均發現學生對科學的態度具有顯著的性別差異，男學生對於科學表現出顯著正向的態度。Davias (2002) 發現由於女性對於科學的態度顯著低於男性，使女性較少選擇科學為其終身志業。而 AAAS 亦對此這一事實有所體認，促使 AAAS 將性別議題列入 Project 2061 之中，希望能增加提昇女性對於科學的態度、推動女性選擇科學為其終身志業 (AAAS, 1992)。

雖然女性對科學的整體態度低於男性，但是若深究不同性別對不同科學學科的态度，則可以發現對於科學的態度隨學科的不同而有所差異。男性對於物質科學 (如物理學、化學) 的態度顯著高於女性；但是生物科學及醫學較能吸引女性的青睞，使女性對生物科學及醫學的態度顯著較男性為高 (Dawson, 2000)。本研究亦發現女學生於生物的興趣明顯高於男生，顯示參與研究之高二學生對於科學的態度隨著學科內容知識的不同而呈現性別差異，男學生偏好物理學，而女學生對生物學較為喜愛。

#### (2) 不同性別的學生在個人規範分量表的表現具有顯著的性別差異

對於學習科學的必要性，男學生有顯著較高的體認，因此在個人規範之得分顯著高於女學生。對於來自社會，要求大眾需具備基本科學知能的壓力，對男女學生雙方而言並沒有顯著的不同，社會他方的壓力對不同性別的學生均展現了相同的強度。

#### (3) 男學生有顯著強烈的意圖將科學應用於休閒與生活

男學生對於應用科學具有明顯較女學生強烈的意圖。在將科學應用於休閒上，男學生的意圖顯著高於女學生；在將科學應用於生活中，男學生亦表現出顯著強烈的意圖，顯示在應用科學的意圖上具有顯著的性別差異。

#### (4) 科學相關行為量表具有性別差異

Bos & Kuiper (1999) 與 Miller (2003) 發現男女性在科學知識的瞭解上具有性別差異，他們的研究顯示男性具有較高之科學知識，本研究亦有相同的結果。統計分析發現男學生在科學知識分量表得分顯著高於女學生，顯示女性參與者對科學知識的瞭解雖已相當足夠，但男學生在科學知識的瞭解仍然略勝一籌。Durant *et al.* (1989) 認為男女性在科學知識上顯露的差異其根源乃在於男性對於科學具有較正向的態度與興趣，男性對於科學的興趣促使他們對科學知識有較多

的瞭解。本研究的結果顯示，男性對科學的態度與科學知識確實均顯著高於女性，但男性對科學的態度是否影響其對科學知識的瞭解，將在第二節中再予以討論。

除了有顯著較高的科學知識瞭解外，男學生過去三個月內參與科學相關活動的頻率顯著高於女學生，顯示男學生參與科學相關活動之積極性顯著較女學生來得高。此外，男學生對於自己所具備的科學知能亦有較高的認同感。男學生在自我肯定分量表之得分顯著高於女學生，顯示男學生對於自己具有的科學知能較為肯定，自述對媒體所呈現之科學訊息的瞭解程度亦較高。因此，不同性別之高二學生在科學相關行為上具有性別差異。

## 二、不同組別研究參與者之人口特性分配情形

表 4-1-7 呈現正式研究中，參與研究之不同組別高二學生在『對科學的興趣量表』、『主觀規範量表』、『意圖量表』與『科學相關行為量表』之得分平均數與標準差。

就對科學的態度量表而言，表 4-1-7 顯示自然組學生在各面向的得分均高於社會組學生。單因數多變量變異數分析結果顯示，自然組與社會組學生對一般科學興趣的差異達到顯著水準 ( $p < 0.05$ )，顯示自然組學生對一般科學的興趣顯著高於社會組學生 (表 4-1-8)。自然組學生除了對一般科學的興趣有顯著較高的得分外，在對於物理的興趣上，自然組的學生也表現出明顯高於社會組學生的興趣取向 ( $p < 0.05$ )。在對生物的興趣與對工具性的認同分量表，不同組別的學生並未表現出明顯的差異。然而，此二分量表未達顯著並未對全量表造成太多影響，以全量表而言，不同組別的學生呈現有顯著差異，而以自然組學生對於科學的態度較為正向。

就主觀規範量表而言 (表 4-1-9)，自然組學生在此量表的得分高於社會組學生，且兩個組別的學生在個人規範面向具有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，顯示自然組學生對於自己應學習科學有較深刻的體會，較能自發性的產生學習科學的認同。在社會規範向度上，自然組與社會組單題平均得分都在 4.0 以上，且二組參與者之

得分未有顯著差異。顯示不同組別的學生均感受到相同強度的社會他方壓力，使他們認可現代國民必需具備足夠的科學知識的社會規範。

表 4-1-7 不同組別研究參與者各量表單題平均得分

	自然組 (N=247)		社會組 (N=178)		全體 (N=425)	
	單題平均	標準差	單題平均	標準差	單題平均	標準差
<b>對科學的態度量表</b>						
對一般科學的興趣 (5) <sup>a</sup>	3.84	.60	3.43	.56	3.66	.62
對生物的興趣 (5)	3.48	.67	3.38	.60	3.44	.64
對物理的興趣 (3)	3.75	.63	3.58	.56	3.68	.60
對工具性的認同 (13)	4.05	.38	3.97	.40	4.01	.39
全量表 (26)	3.86	.38	3.71	.35	3.80	.37
<b>主觀規範量表</b>						
個人規範 (3)	3.76	.53	3.56	.50	3.68	.53
社會規範 (2)	4.07	.58	4.00	.56	4.04	.57
全量表 (5)	3.89	.48	3.73	.46	3.82	.47
<b>意圖量表</b>						
應用於休閒 (2)	3.63	.51	3.38	.52	3.53	.53
應用於生活 (2)	3.86	.57	3.57	.60	3.74	.60
全量表 (4)	3.75	.46	3.48	.48	3.64	.49
<b>科學相關行為量表</b>						
科學知識 (25)	.93	.05	.90	.05	.92	.05
科學參與 (10)	2.38	.72	2.01	.60	2.22	.70
自我肯定 (4)	3.35	.55	3.14	.55	3.26	.56
全量表 (39) <sup>b</sup>	60.45	7.98	55.28	7.22	58.28	8.08

<sup>a</sup> 括號內之數字為該分量表之題數

<sup>b</sup> 科學知識量表為是非題，因此全量表部份以量表總分呈現

表 4-1-8 不同組別研究參與者在對科學態度量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
<b>對科學的態度量表</b>				
		.883*		
對一般科學的興趣	434.29		51.25*	自然 > 社會
對生物的興趣	28.82		2.80	
對物理的興趣	27.54		8.56*	自然 > 社會
對工具性的認同	95.40		3.78	
全量表	1699.34		18.83*	自然 > 社會

\*p < 0.05

表 4-1-9 不同組別研究參與者在主觀規範量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
主觀規範量表		.965*		
個人規範	37.00		15.22*	自然 > 社會
社會規範	2.63		2.00	
全量表	59.35		10.81*	自然 > 社會

\*p &lt; 0.05

表 4-1-10 不同組別研究參與者在意圖量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
意圖量表		.926*		
應用於休閒	25.77		23.80*	自然 > 社會
應用於生活	34.45		25.22*	自然 > 社會
全量表	119.81		34.01*	自然 > 社會

\*p &lt; 0.05

在意圖量表的得分上，自然組學生在兩個面向的得分均高於社會組學生（表 4-1-7）。經統計分析後發現，兩個組別的學生在應用科學於休閒及應用科學於生活的意圖上均有顯著差異（ $p < 0.05$ ）（表 4-1-10）。顯示自然組學生對於將科學應用在休閒及生活中有顯著較強的意圖。然而社會組學生並不排斥將科學應用在休閒及生活上，他們對於實際應用科學亦具有意圖，祇是其意圖強度顯著低於自然組學生的表現。

表 4-1-11 不同組別研究參與者在科學相關行為量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
科學相關行為量表		.874*		
科學知識	40.89		23.85*	自然 > 社會
科學參與	1409.40		31.11*	自然 > 社會
自我肯定	74.51		15.45*	自然 > 社會
全量表	2763.48		46.89*	自然 > 社會

\*p &lt; 0.05

就科學相關行為量表而言，自然組學生在科學知識向度得分顯著高於社會組學生（ $p < 0.05$ ），顯示自然組學生對於科學知識的理解程度顯著優於社會組學生對於科學知識的瞭解（表 4-1-11）。社會組學生在科學知識面向得到 .90 的高

分，已趨近於滿分，可以肯定他們對於科學知識確實有相當程度的瞭解，但與自然組學生相較之下，顯然仍有較自然組學生為多的迷失概念存在於社會組同學的心目中。

在科學參與向度方面，自然組學生在此向度的單題平均得分為 2.38，社會組學生得 2.01 分，顯示在過去三個月內，不論是自然組或社會組學生，參與各類科學活動之次數均未達三次，兩組學生從事各類科學活動次數普遍偏低。雖然兩組學生的科學參與均偏低，但 MANOVA 分析顯示自然組學生在科學參與的次數上顯著高於社會組學生 ( $p < 0.05$ )，顯示在科學參與上具有組別差異，自然組學生對於參與科學相關活動較為積極。

在自我肯定面向上，自然組學生得分 3.35，社會組學生則為 3.14 分，兩者之間具有顯著差異 ( $p < 0.05$ )。顯示自然組學生對於自我科學知能較為肯定，面對媒體傳播的科學訊息時，尚可理解多數訊息呈現的內容，遭遇困難的機會顯著較社會組學生低。

綜上所述，筆者整理此小節之研究結果如下：

(1) 自然組學生對科學的態度顯著高於社會組學生

單因數多變量變異數分析結果顯示，自然組學生在對科學的態度量表具有顯著較高的得分 ( $p < 0.05$ )。以量表各向度而言，兩組學生在對一般科學興趣及對物理的興趣的差異均達到顯著水準 ( $p < 0.05$ )。顯示自然組學生對一般科學與物理的興趣顯著高於社會組學生。在對生物的興趣與對工具性的認同分量表，不同組別的學生並未表現出明顯的差異。顯示本研究之參與者不論其選讀的組別為何，對於生物都具有相同程度的興趣。而且，其選讀組別亦不影響學生對於科學工具性價值的肯定。然而，此二分量表未達顯著並未對全量表造成太多影響，以全量表而言，不同組別的學生呈現有顯著差異，而以自然組學生對於科學的態度較為正向。

(2) 自然組學生在主觀規範量表得分顯著高於社會組學生

自然組學生在個人規範向度上得分顯著高於社會組學生，顯示自然組學生對於學習科學的必要性有較深刻的體會，較能自發性的產生學習科學的認同。對於

社會他方的壓力，二組學生有相同的感受。這股來自社會的規範力較個人自發產生的規範更強烈，使二組學生在此向度得分均高過個人規範向度。

### (3) 社會組學生對於將科學應用於休閒及生活的意圖顯著較低

兩個組別的學生在應用科學於休閒及應用科學於生活的意圖上均有顯著差異，其中自然組學生對於將科學應用在休閒及生活中有顯著較強的意圖。社會組學生對於將科學應用在休閒及生活上雖不排斥，但是其意圖強度顯著低於自然組學生的表現。

### (4) 自然組學生有顯著較高的科學知識、參與較多科學相關活動，並且對自己的科學知能較為肯定

不論是自然組或社會組學生，在過去三個月內參與各類科學活動之次數均未達三次，顯見兩組學生從事各類科學活動次數普遍偏低。然而自然組學生在科學參與的次數上仍顯著高於社會組學生，顯示在科學參與上具有組別差異，自然組學生對於參與科學相關活動較為積極。

除了參與活動較為積極，自然組學生面對媒體傳播的科學訊息時，自陳可理解多數訊息呈現的內容，遭遇困難的機會顯著較社會組學生低，他們也因而較為肯定自己的科學知能，而且科學知識向度的測驗證明，自然組學生對於科學知識的理解確實顯著高於社會組學生，顯示自然組學生的自信並非憑空產生。

我國高中教育於高二階段開始依學生的興趣取向將學生分為自然組與社會組進行分組教學。在課程設計方面，自然組學生研讀較多的自然科學課程，而社會組學生所修習的課程則以歷史、地理等社會科學為主。而國外研究者發現，學生修習自然科學課程的數量明顯影響其科學知識，學習的科學課程越多，則其科學知識越豐富 (Baker & Piburn, 1990; Einsiedel, 1994; Laugksch & Spargo, 1999)。本研究發現選讀自然組的研究參與者具有較豐富的科學知識，此結果與國外學者之研究結果一致，支持前述學者提出的修習自然科學課程的數目將影響學生科學知識論點。

## 三、喜好不同學科的研究參與者人口特性分配情形

表 4-1-12 喜好不同學科之研究參與者各量表單題平均得分

	文史科 (N=235)		自然科 (N=190)		全體 (N=425)	
	單題平均	標準差	單題平均	標準差	單題平均	標準差
<b>對科學的態度量表</b>						
對一般科學的興趣 (5) <sup>a</sup>	3.54	.59	3.81	.61	3.66	.62
對生物的興趣 (5)	3.38	.62	3.50	.66	3.44	.64
對物理的興趣 (3)	3.62	.59	3.74	.61	3.68	.60
對工具性的認同 (13)	4.00	.39	4.02	.89	4.01	.39
全量表 (26)	3.75	.36	3.85	.38	3.80	.37
<b>主觀規範量表</b>						
個人規範 (3)	3.61	.51	3.75	.54	3.68	.53
社會規範 (2)	4.03	.56	4.07	.59	4.04	.57
全量表 (5)	3.78	.56	3.88	.49	3.82	.47
<b>意圖量表</b>						
應用於休閒 (2)	3.43	.53	3.64	.52	3.53	.53
應用於生活 (2)	3.62	.58	3.90	.58	3.74	.60
全量表 (4)	3.52	.48	3.77	.46	3.64	.49
<b>科學相關行為量表</b>						
科學知識 (25)	.91	.05	.93	.06	.92	.05
科學參與 (10)	2.08	.63	2.41	.73	2.22	.70
自我感知 (4)	3.21	.57	3.32	.54	3.26	.56
全量表 (39) <sup>b</sup>	56.43	7.53	60.57	8.17	58.28	8.08

<sup>a</sup> 括號內之數字為該分量表之題數

<sup>b</sup> 科學知識量表為是非題，因此全量表部份以量表總分呈現

表 4-1-13 喜好不同學科之研究參與者在對科學態度量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
<b>對科學的態度量表</b>				
		.946*		
對一般科學的興趣	189.77		20.97*	自然 > 文史
對生物的興趣	41.46		4.05*	自然 > 文史
對物理的興趣	12.37		3.80	
對工具性的認同	9.96		.389	
全量表	722.979		7.815*	自然 > 文史

\*p < 0.05

表 4-1-12 呈現喜好不同學科之研究者在『對科學的興趣量表』、『主觀規範量表』、『意圖量表』與『科學相關行為量表』之得分平均數與標準差。由表可知喜好自然科的學生在各量表的得分均高於喜好文史科的學生的得分。

在對科學的興趣量表上，單因子多變量變異數分析結果顯示，喜好自然科的研究參與者對於一般科學的興趣顯著高於喜好文史科的參與者 ( $p < 0.05$ )。在對生物的興趣向度上，喜好自然科的學生也明顯有較濃厚的興趣 ( $p < 0.05$ )。然而，喜好自然科的學生對於物理的興趣雖稍高於喜好文史科的學生 (單題平均得分分別為 3.74 與 3.62)，但兩者的差異並不顯著。在對科學的態度量表上，喜好不同學科的兩組參與者除了在對物理的興趣上沒有顯著差異外，他們對於科學工具性價值的認同亦無顯著差異。兩組參與者在對的工具性認同向度上得分均在 4.0 以上，顯示參與者對於科學的工具性價值均有正面的評價。

除了對科學的態度顯著不同外，兩組參與者在主觀規範量表的得分上亦有顯著差異 ( $p < 0.05$ ) (表 4-1-14)。在個人規範面向上，喜好自然科的學生對自己有較深的期許，認為自己應學好科學的規範力量比起喜好文史科的參與者強烈且顯著。對於來自於社會環境的壓力，兩組參與者均有強烈的感受。喜好自然科的學生在此向度之得分為 4.07，喜好文史科的學生得分 4.03，兩者並未有顯著差異。顯示不論喜好的學科為何，參與者均瞭解到具備足夠的科學知識已是現代國民所應具有的能力。

表 4-1-14 喜好不同學科之研究參與者在主觀規範量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
主觀規範量表		.982*		
個人規範	18.21		7.36*	自然 > 文史
社會規範	.68		.51	
全量表	25.94		4.66*	自然 > 文史

\* $p < 0.05$

意圖方面，表 4-1-15 顯現喜好不同學科的學生對於應用科學的意圖有顯著差異。在應用於休閒向度上，喜好自然科的學生有顯著較強的意圖將科學應用在休閒中 ( $p < 0.05$ )，此外，他們也較願意在生活之中應用科學 ( $p < 0.05$ )。顯示喜好自然科的學生，並非僅是對科學的知識層面有所喜好，對於實際應用科學於休

閑及生活中亦有顯著較高的意圖。喜好文史科的學生雖然也願意在休閒及生活中應用科學（兩向度之單題平均得分均高於 3.0），然而其意圖強度明顯較喜好自然科的參與者的意圖弱。顯示在應用科學的意圖上，喜好不同學科的參與者有顯著差異。

表 4-1-15 喜好不同學科之研究參與者在意圖量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
意圖量表		.935*		
應用於休閒	19.03		17.33*	自然 > 文史
應用於生活	33.65		24.61*	自然 > 文史
全量表	103.30		29.01*	自然 > 文史

\*p < 0.05

表 4-1-16 喜好不同學科之研究參與者在科學相關行為量表得分之差異性檢定

	平均差	Wilks' Lambda	單變量 F 值	組間比較
科學相關行為量表		.930*		
科學知識	12.68		7.12*	自然 > 文史
科學參與	1164.68		25.38*	自然 > 文史
自我感知	22.49		4.55*	自然 > 文史
全量表	1800.36		29.41*	自然 > 文史

\*p < 0.05

如果兩組學生應用科學的意圖有所差異，那麼在科學相關行為量表上是否有差異呢？表 4-1-16 顯示喜好不同學科的參與者在科學知識向度具有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，在兩組參與者中，喜好自然科的學生具有顯著較高的科學知識。在參與科學相關活動上，喜好自然科學生過去三個月內從事科學相關活動的次數顯著高於喜好文史科的學生 ( $p < 0.05$ )，顯示喜好自然科的學生在參與科學相關活動上較為積極，且兩者之間的差距達顯著。在自我感知向度上，喜好自然科的學生單題平均為 3.32，喜好文史的學生單題平均為 3.21，兩者之間具顯著差異 ( $p < 0.05$ )，顯示喜好自然科的學生對於自己所具有的科學知能較為滿意。

綜上所述，筆者整理本小節之發現如下：

(1) 喜好自然科的學生對於科學擁有較為正向的態度

在對科學的興趣量表上，喜好自然科的研究參與者對於一般科學與生物的興趣顯著高於喜好文史科的參與者 ( $p < 0.05$ )。但是喜好不同學科的學生對於物理的興趣並未呈現有顯著的不同。此外，他們對於科學工具性價值的認同亦無顯著差異。兩組參與者在對的工具性認同向度上得分均在 4.0 以上，顯示參與者對於科學的工具性價值均有正面的評價。

(2) 喜好自然科的學生對學習科學的必要性感受較為強烈

在個人規範面向上，喜好自然科的學生對自己有較深的期許，認為自己應學好科學的規範力量比起喜好文史科的參與者強烈且顯著。對於來自於社會環境的壓力，兩組參與者均有強烈的感受。顯示不論喜好的學科為何，參與者均瞭解到具備足夠的科學知識已是現代國民所應具有的能力。

(3) 喜好自然科的學生對於應用科學的意圖較強

喜好自然科的學生有顯著較強的意圖將科學應用在休閒中，對於在生活之中應用科學他們也較有意圖。顯示喜好自然科的學生，並非僅是對科學的知識層面有所喜好，對於實際應用科學於休閒及生活中亦有顯著較高的意圖。

(4) 喜好自然科的學生有較高的科學知識、科學參與，並有較高的自我感知

喜好不同學科的參與者在科學知識向度具有顯著差異，喜好自然科的學生具有顯著較高的科學知識。而且喜好自然科學生過去三個月內從事科學相關活動的次數顯著高於喜好文史科的學生，顯示喜好自然科的學生在參與科學相關活動上較為積極。在自我感知向度上，喜好自然科的學生對於自己所具有的科學知能亦較為滿意。

綜合整理不同性別、組別及喜好不同學科之結果，本研究具有底下數項發現：

(1) 男學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之得分均高於女性，顯見性別因素對研究的四量表均有影響。

(2) 自然組學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之得分均高於社會組，顯見選讀組別對研究的四量表均有影響。

(3) 喜好自然科的學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之得分均高於喜好文史科之學生，顯見喜好科別影響學生在研究的四量表的得分。

表 4-1-17 男女學生就讀組別、喜好不同學科人數

就讀組別	男			女		
	人數	比例 <sup>a</sup>	比例 <sup>b</sup>	人數	比例 <sup>a</sup>	比例 <sup>b</sup>
自然組	165	78.2%	66.8%	82	83.3%	33.2%
社會組	46	21.8%	25.8%	132	61.7%	74.2%
喜好學科						
自然科	120	56.9%	63.2%	70	32.7%	36.8%
文史科	91	43.1%	38.7%	144	62.3%	61.3%

<sup>a</sup> 佔該性別的比例

<sup>b</sup> 佔該橫行的比例

前人的研究發現，男性對於科學有較佳的態度，較之於女性，他們對於科學知識也有較深刻的瞭解 (Bos & Kuiper, 1999; Dawson, 2000; Durant *et al.*, 1989; Einsiedel, 1994; Francis & Greer, 1999a; Francis & Greer, 1999b; Laugksch & Spargo, 1999; Miller, 2003)。Durant *et al.* 認為男女性在科學知識上顯露的差異其根源乃在於男性對於科學具有較正向的態度與興趣，男性對於科學的興趣促使他們對科學知識有較多的瞭解。

本研究所得到的結果顯示，高二男學生對於科學的態度顯著高於女學生；而且男學生對於科學知識的瞭解亦顯著高於女學生。因此，本研究結果與前述研究一致。如果深入探討不同性別對於不同科學學科的興趣是否具有差異性，則可發現男性對於物理學的興趣較為深厚，而女性則偏好生命科學 (Dawson, 2000)。本研究的結果發現男性對於物理的興趣顯著高於女學生，而女性對於生物的興趣顯著高於男學生，此結果與 Dawson 的研究一致。

除了態度與科學知識具有正向相關，Laugksch & Spargo (1999) 發現學生的科學知識明顯受到修習科學課程的影響。學生若曾選修過物理學，則其科學知識明顯高於未修習過物理學的學生。此外，學生選讀科學課程的數目也明顯的影響其對科學知識的瞭解。如果學生選讀了較多的科學課程，則其對科學知識的瞭解將顯著高於未選讀科學課程的學生 (Baker & Piburn, 1990; Einsiedel, 1994;

Laugksch & Spargo, 1999)。

表 4-1-18 不同組別喜好不同學科研究參與者各量表單題平均得分

	單題平均	標準差	人數
<b>對一般科學的興趣</b>			
自然組喜好文史科	3.75	.60	91
自然組喜好自然科	3.88	.59	156
社會組喜好文史科	3.41	.55	144
社會組喜好自然科	3.50	.62	34
<b>對生物的興趣</b>			
自然組喜好文史科	3.41	.64	91
自然組喜好自然科	3.53	.68	156
社會組喜好文史科	3.37	.61	144
社會組喜好自然科	3.43	.56	34
<b>對物理的興趣</b>			
自然組喜好文史科	3.68	.64	91
自然組喜好自然科	3.80	.61	156
社會組喜好文史科	3.60	.56	144
社會組喜好自然科	3.50	.55	34
<b>對工具性的認同</b>			
自然組喜好文史科	4.08	.38	91
自然組喜好自然科	4.03	.38	156
社會組喜好文史科	3.96	.39	144
社會組喜好自然科	4.02	.42	34
<b>全量表</b>			
自然組喜好文史科	3.84	.38	91
自然組喜好自然科	3.88	.38	156
社會組喜好文史科	3.70	.34	144
社會組喜好自然科	3.75	.35	34

由表 4-1-11 可以發現，修習較多科學課程的自然組學生對於科學知識的瞭解確實顯著高於修習較少科學課程的社會組學生，學生修習科學課程的數量確實與其科學知識具有相關，此與國外研究者的研究發現相符。但是國外研究者的發現可以解釋男女學生在科學知識上的差異嗎？

由表 4-1-17 可知，本研究之參與者中，男學生佔了所有自然組學生的 66.8%，女學生僅佔自然組學生的 33.2%。Dawson (2000) 認為女性對於物理科學缺乏興趣，使她們較少選讀科學課程，這造成女性的科學知識普遍較為低落。男學生因為對物理學具有較濃厚的興趣，他們也願意修習較多的科學課程，所以有較多的

男性進入自然組就讀，使不論是在科學課程的選讀數量，或是在物理學的選修數量，男學生均較女學生為多。選修科學課程的數量差別使男女學生對科學知識的瞭解具有顯著差異（表 4-1-2、表 4-1-7 與表 4-1-17）。

男學生選讀自然組的比例及對物理的興趣均顯著高於女學生，我們很容易猜想以男學生為主要構成份子的喜好自然科的學生在對物理的興趣上應該也顯著高於喜好文史科的學生，但事實並非如我們所想像（表 4-1-12、表 4-1-13）。喜好自然科的學生對於生物的興趣明顯高於喜好文史科的學生，但是對物理的興趣卻與喜好文史科的學生沒有顯著差異，此一現象著實出乎意料之外。為解釋其中的問題，筆者將全體參與者更加細分，共分為自然組喜好文史科、自然組喜好自然科、社會組喜好文史科與社會組喜好自然科等四組（表 4-1-18）。結果發現，對於生物的興趣，自然組全體學生與社會組喜好自然科的學生彼此間沒有顯著差異，但此三組學生與社會組喜好文史科的學生具有顯著差異（MANOVA 分析，以 LSD 進行事後比較。表格未呈現）。

再分析此四組參與者對物理的興趣，則發現社會組喜好自然科的學生在此向度具有最低得分（表 4-1-18），且自然組喜好自然科的學生與社會組喜好自然科的學生在此向度上具有顯著差異（表格未呈現）。因為社會組喜好自然科的學生在此向度上得分最低，方使全體喜好自然科的學生與全體喜好文史科的學生在對物理的興趣上沒有顯著差異。

因此，我們發現社會組喜好自然科的 34 位學生（女性 24 人，男性 10 人），對於生物學的興趣高於社會組喜好文史科的學生，但是他們卻可能因為對物理不感興趣（得分為四組最低），因而就讀社會組。Dawson (2000) 認為女性對於物理的不具興趣使她們較少選讀物理課，也使她們的科學知識較為低落。在這裡我們可以發現，女性即便是對於廣泛的自然科具有興趣，但祇要她對於物理缺乏興趣，她就可能放棄選讀自然課程的機會。

筆者建議，日後研究可針對這類社會組但喜好自然科的學生為研究對象，以質性方法深入瞭解影響他們選讀組別的因素，以及，有哪些因素造成他們對物理的興趣低落。此方面的研究將有助於引導物理科教學，使物理科能吸引更多學生的參與學習。

雖然我們還不瞭解社會組喜好自然科的學生在選擇社會組時其決策過程為何，但顯見興趣與態度對一個人的行為影響十分顯著。那麼，興趣與態度對於一個人的行為影響有多深遠呢？下一節所介紹的對科學的態度與科學相關行為之結構方程式便要解答這個問題。

## 第二節 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式

本節之目的，在於對本研究之研究架構二：高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式進行統計驗證。本模式之統計驗證乃利用 LISREL 8.30 統計分析軟體進行假設模式之適配度檢定。本小節共分三個部份，第一部份就研究者所提出的『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式』進行統計驗證；第二部份就驗證之結果進行模式之修正，並對整體修正模式進行評估；第三部份則根據研究結果，針對各研究變項之間的關係，及其對科學相關行為之影響力進行討論。

### 壹、結構方程模式假設之驗證

本研究之研究架構二的目的在於根據理性行為理論建立『對科學的態度』、『主觀規範』、『意圖』、『科學相關行為』四變項之結構方程模式。本研究依照 TRA 設定了一原始結構方程模式，其後考慮研究變項『科學相關行為』與 TRA 並非完全符合，因此修訂原結構方程模式，成為第二組結構方程模式。研究者以 LISREL 統計軟體中的最大概似法 (Maximum Likelihood) 對二組模式分別進行模式適配度之檢定，比較二組模式之適配度，以選定較為合適之模式。圖 4-2-1 所示即原始假設模式經統計分析後，以完全標準化係數呈現『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之模式』之結果 (見下頁)。

本研究之假設模式經 LISREL 8.30 統計分析之後，所得的適配度指標結果如表 4-2-1 所示。由表 4-2-1 的統計分析結果可以發現，本研究原始假設模式之整體模式適配指標並未呈現良好結果：

- (1) 絕對適配指標中的 AGFI = .84，未達大於或等於 .90 之標準
- (2) RMSEA 之值大於 .10，表示本模式屬於不良適配。
- (3) NNFI 之值 .87，未達大於或等於 .90 之標準
- (4) NFI 值為 .88，未達大於或等於 .90 之標準

(5) RFI 其值為 .84，亦未達大於或等於 .90 之標準

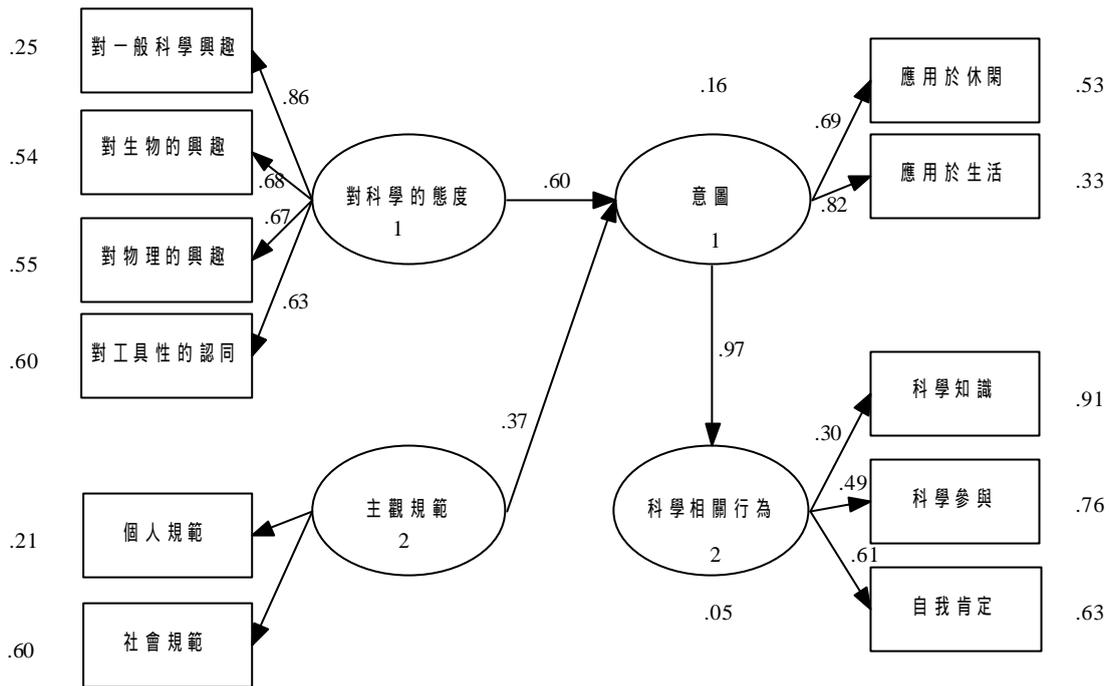


圖 4-2-1 原始『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』之假設模式結果徑路圖

表 4-2-1 原始假設模式之整體模式適配指標

Goodness of Fit Statistics	
(1) 絕對適配指標	Degrees of Freedom = 40 Minimum Fit Function Chi-Square = 225.99 (P = 0.0) Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 246.43 (P = 0.0) Chi-Square for Independence Model with 55 Degrees of Freedom = 1962.44 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.91 Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.11 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.84
(2) 增值適配指標	Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.87 Normed Fit Index (NFI) = 0.88 Comparative Fit Index (CFI) = 0.90 Incremental Fit Index (IFI) = 0.90 Relative Fit Index (RFI) = 0.84
(3) 簡效適配指標	Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.64 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.55 Independence AIC = 1984.44 Saturated AIC = 132.00 Model AIC = 298.43

因此，研究者檢視統計分析結果之修正指標 (modification index)，發現潛在變項『對科學的態度』之觀察變項『對一般科學興趣』與『對工具性的認同』、『對生物的興趣』與『對物理的興趣』，以及潛在變項『對科學的態度』之觀察變項『對工具性的認同』與潛在變項『主觀規範』之觀察變項『個人規範』等三組觀察變項的殘餘誤差之間呈現相關。

Durant *et al.* (1989) 的研究發現，人們對於科學產生興趣的原因之一即在於科學的工具性。人們發現科學深深影響了每一個人的生活，而著迷於其對人類的影響。Durant *et al.* 研究顯示，對一般民眾而言，醫學知識之工具性價值最高，因此民眾對於醫學知識之興趣也越高。因此，我們可以知道科學的工具性價值乃是引發民眾對科學的興趣的重要因素之一。

科學之工具性除引起一般民眾對科學的興趣之外，其工具價值亦使人們警覺到若未能學習足夠之科學便可能使自己落於不利的情況。DeBoer (2000) 與 Laugksch (2000) 均提及科學工具性價值是人們必需有科學素養的原因之一。其原因是懂得科學可以在日常生活中較為便利。Prewitt (1983) 則指出，缺乏科學知能使人們變成現代社會之科技農奴，因其無法直接行使公民權力，僅能依靠他人的幫助，間接的參與科學性議題。

由上所述，我們瞭解科學的工具性具有相當重要的角色，它可以誘發人們對於科學之興趣；而其工具性亦使人們領悟到，在現今社會中，若對科學沒有足夠瞭解，便將淪為次等公民。因此，我們知道科學的工具性與對科學的興趣其個人規範間均存有相關，且受到研究之支持。

另一方面，Durant *et al.* (1989) 的研究還發現，對科學有興趣的人，他對各類科學的興趣都顯著高於對科學無興趣的參與者。顯示不同科學之間具有一潛在的共同因素，使對科學有興趣的人們面對於不同類別的科學均能保有其興趣。Durant *et al.* 的研究支持本研究『對生物的興趣』與『對物理的興趣』兩觀察變項間之相關性。

因此，研究者參照前述之修正指標，將『對一般科學興趣』與『對工具性的認同』、『對生物的興趣』與『對物理的興趣』，以及『對工具性的認同』與『個人規範』等三組觀察變項的殘餘誤差之間呈現相關。修正後之結果如圖 4-2-2，

其整體模式適配指標則列於表 4-2-2 中。

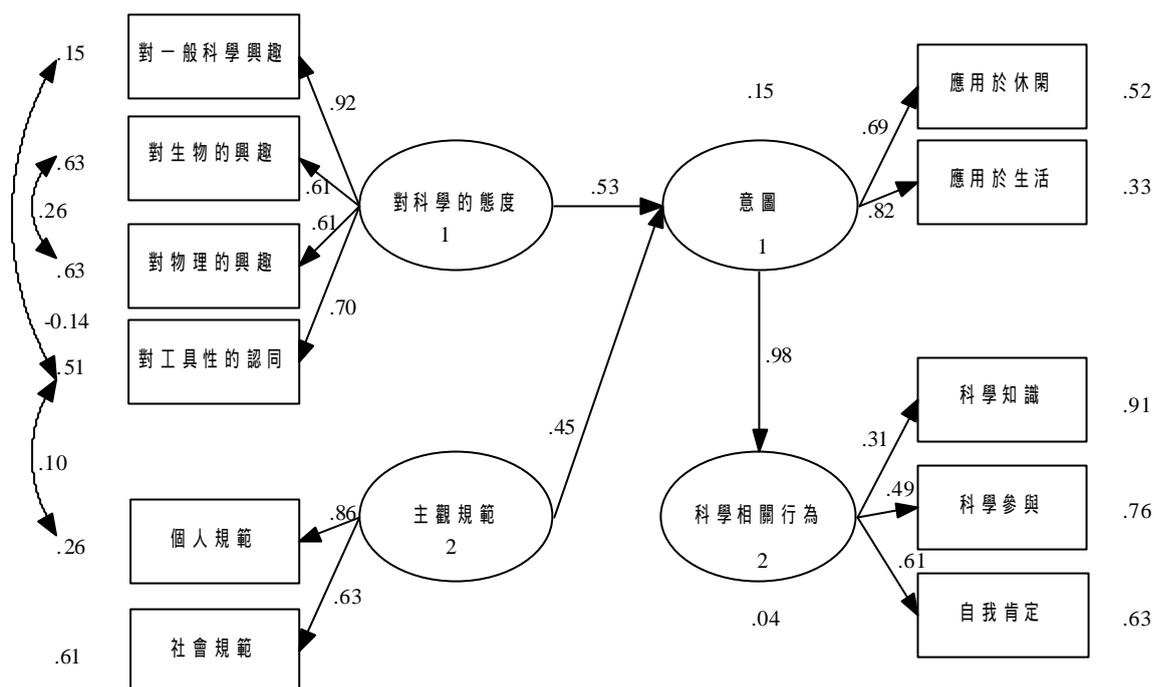


圖 4-2-2 修正『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』假設模式結果徑路圖

表 4-2-2 修正假設模式之整體模式適配指標

Goodness of Fit Statistics	
(1) 絕對適配指標	Degrees of Freedom = 37
	Minimum Fit Function Chi-Square = 126.45 (P = 0.00)
	Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 132.71 (P = 0.00)
	Chi-Square for Independence Model with 55 Degrees of Freedom = 1962.44
	Goodness of Fit Index (GFI) = 0.95
	Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.078
	Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.91
(2) 增值適配指標	Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.93
	Normed Fit Index (NFI) = 0.94
	Comparative Fit Index (CFI) = 0.95
	Incremental Fit Index (IFI) = 0.95
	Relative Fit Index (RFI) = 0.90
(3) 簡效適配指標	Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.63
	Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.53
	Independence AIC = 1984.44
	Saturated AIC = 132.00
	Model AIC = 190.71

修正後之整體適配指標雖呈現較良好之結果，然而意圖與科學相關行為間之標準化係數超過 .95，顯示原始『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』之結構方程模式根據修正指標 (MI) 進行修正後仍未能達到良好適配。

其後，研究者假定潛在變項『科學相關行為』之觀察變項與 TRA 理論並不完全符合，使此類相關行為除受到意圖的直接控制外，並受到對科學的態度與主觀規範的直接影響。並以 LISREL 8.30 對第二種版本之『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』之結構方程模式進行統計分析。其結果如圖 4-2-3，該模式之整體適配指標則整理於表 4-2-3。

由表 4-2-3 可知第二版本之『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』之結構方程模式仍未達良好適配，舉例如下：

- (1) 絕對適配指標中的 AGFI = .88，未達大於或等於 .90 之標準
- (2) RMSEA 之值未能位於 .05 ~ .08 之範圍，表示本模式屬於不良適配。
- (3) NNFI 之值 .89，未達大於或等於 .90 之標準
- (4) RFI 其值為 .87，亦未達大於或等於 .90 之標準

因此研究者亦將第二種版本之模式進行修正。研究者檢視統計分析結果之修正指標 (modification index)，發現潛在變項『對科學的態度』之觀察變項『對一般科學興趣』與『對工具性的認同』、『對生物的興趣』與『對物理的興趣』，以及潛在變項『對科學的態度』之觀察變項『對工具性的認同』與潛在變項『主觀規範』之觀察變項『個人規範』等三組觀察變項的殘餘誤差之間呈現相關。

此一情形與之前的結果相同，筆者亦於前文詳述此三組觀察變項殘餘誤差的相關受到理論與研究之支持，在此便不再贅述。因此筆者參照前述之修正指標，將『對一般科學興趣』與『對工具性的認同』、『對生物的興趣』與『對物理的興趣』，以及『對工具性的認同』與『個人規範』等三組觀察變項的殘餘誤差之間呈現相關後進行統計分析。修正後之結果如圖 4-2-4。

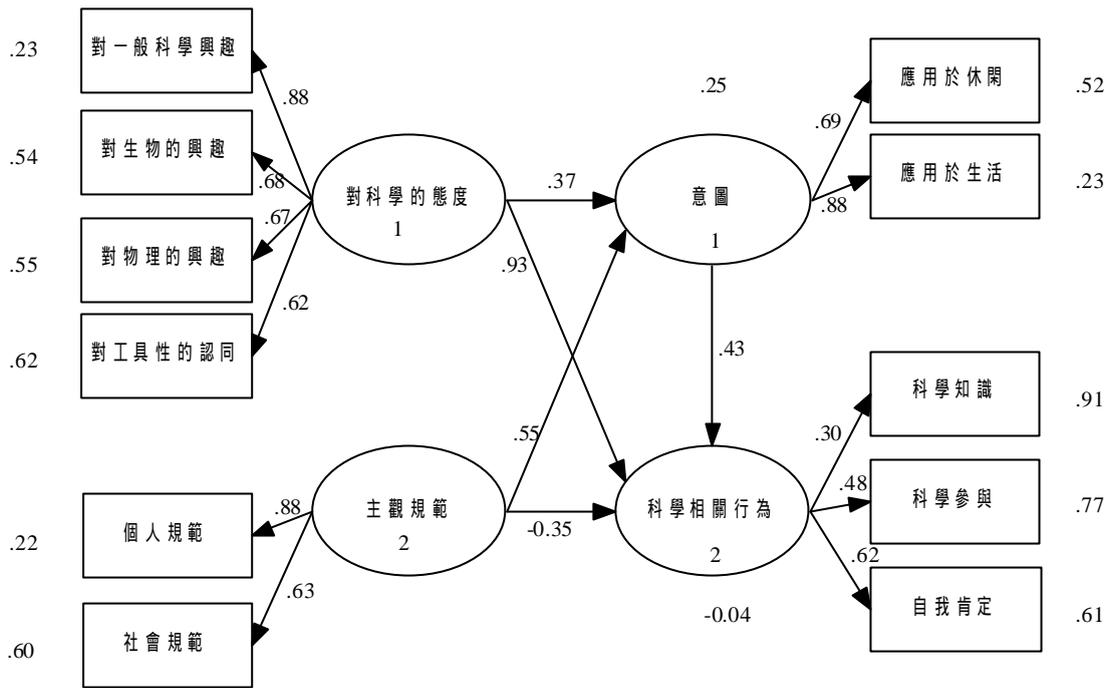


圖 4-2-3 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』修正版之假設模式結果徑路

表 4-2-3 『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』修正版之整體模式適配指標

Goodness of Fit Statistics	
(1) 絕對適配指標	Degrees of Freedom = 38
	Minimum Fit Function Chi-Square = 181.12 (P = 0.0)
	Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 181.67 (P = 0.0)
	Chi-Square for Independence Model with 55 Degrees of Freedom = 1962.44
	Goodness of Fit Index (GFI) = 0.93
	Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.094
	Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.88
(2) 增值適配指標	Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.89
	Normed Fit Index (NFI) = 0.91
	Comparative Fit Index (CFI) = 0.92
	Incremental Fit Index (IFI) = 0.93
	Relative Fit Index (RFI) = 0.87
(3) 簡效適配指標	Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.63
	Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.53
	Independence AIC = 1984.44
	Saturated AIC = 132.00
	Model AIC = 237.67

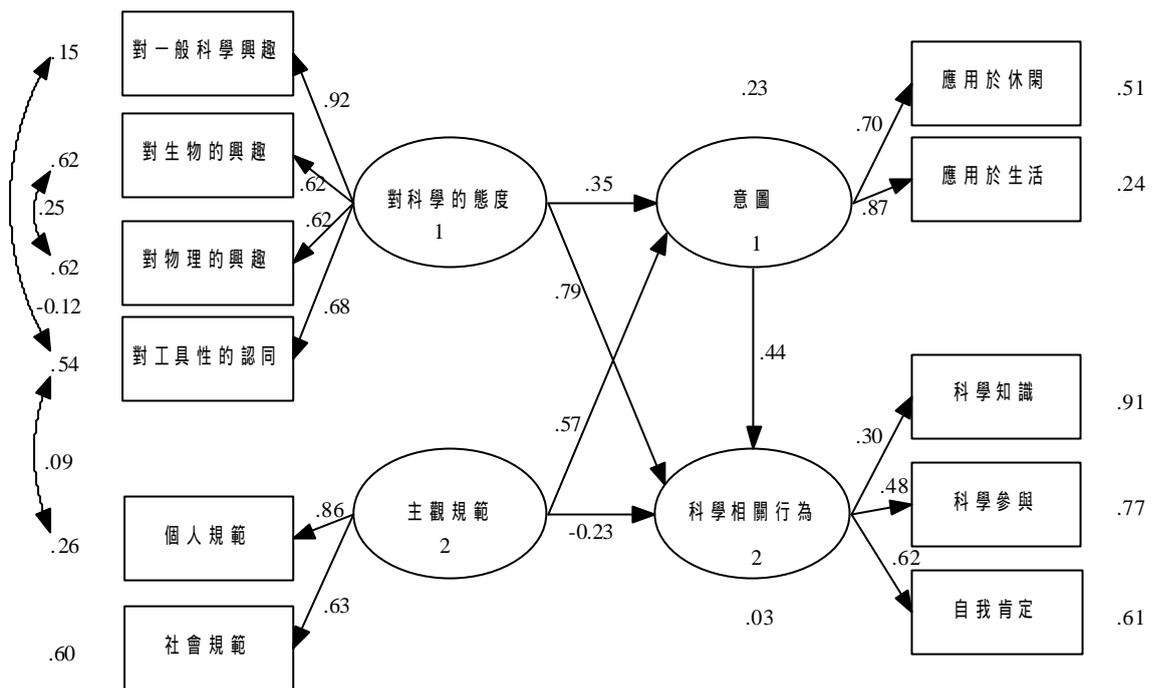


圖 4-2-4 修正『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』  
模式修正版之結果徑路圖

## 貳、修正後模式之適配度檢定

本研究根據研究方法中所描述的結構程式模式適配度檢定 (Testing fit) 流程進行修正模式之適配度檢定，依其流程，共分為模式之基本適配標準、整體模式適配標準及模式內在結構適配標準等三項標準進行適配度考驗，並依序說明如下：

### (一) 模式基本適配標準

基本適配標準參照黃芳銘(2002)、Hagger *et al.* (2002) 與 Bagozzi *et al.*(2001) 之建議，主要有下列數項：

#### (1) 不可有負的誤差變異

本研究之統計分析結果，各變項之誤差變異整理於表 4-2-4 及表 4-2-5，由表格中可知，本研究第二版模式之修正模式並無負的誤差項，因此符合此一基本適配標準。

(2) 標準化係數不能超過或太接近 1，需在 .95 以下

根據表 4-2-4、表 4-2-5、表 4-2-6、表 4-2-7 呈現之統計分析結果，顯見所有標準化估計值均小於 .95，符合基本適配標準。

(3) 不能有太大的標準誤

依據表 4-2-4、表 4-2-5、表 4-2-6、表 4-2-7 所呈現之統計分析結果，除參數  $\gamma_4$ 、 $\gamma_4$ 、 $\gamma_2$  具有較大之標準誤之外（分別為 1.94、4.63 與 1.87），其餘各參數值之標準誤均小於 1，符合此項適配標準。

(4) 標準化因素負荷量不可太低（低於 .5）或太高（高於 .95）

依據表 4-2-7 所呈現之統計分析結果，除了  $y_{32}$  與  $y_{42}$  之標準化因素負荷量低於 .5，其他標準化因素負荷量均在 .5 ~ .95 之間，整體而言，仍然符合此項基本適配標準。

表 4-2-4 觀察變項測量誤差

參數	非標準化參數估計值	標準誤	t 值	標準化參數估計值
1	1.92	0.48	4.04*	.15
2	8.81	0.65	13.54*	.62
3	3.20	0.24	13.57*	.62
4	21.17	1.94	10.91*	.54
5	0.87	0.15	5.68*	.26
6	1.01	0.08	12.74*	.60
1	1.03	0.08	12.30*	.51
2	0.55	0.09	6.35*	.24
3	7.43	0.52	14.39*	.91
4	61.92	4.63	13.39*	.77
5	3.73	0.35	10.82*	.61

表 4-2-5 潛在依變項測量誤差

參數	非標準化參數估計值	標準誤	t 值	標準化參數估計值
1	0.39	0.09	4.28*	.23
2	0.60	1.87	0.32	.03

表 4-2-6 潛在變項與潛在變項間的參數估計

參數	非標準化參數估計值	標準誤	t 值	標準化參數估計值
11	0.14	0.04	3.77*	.35
12	0.48	0.09	5.45*	.57
21	1.03	0.20	5.09*	.79
11	-0.63	0.48	-2.32*	-.23
21	1.44	0.63	2.30*	.44

表 4-2-7 修正模式之潛在變項對觀察變項的參數估計

參數	非標準化參數估計值	標準誤	t 值	標準化參數估計值
x11	1.00			.92
x21	0.72	0.05	13.32*	.62
x31	0.43	0.03	13.22*	.62
x41	1.28	0.10	13.39*	.68
x52	1.00			.86
x62	0.52	0.04	12.39*	.63
y11	0.76	0.05	14.88*	.70
y21	1.00			.87
y32	0.20	0.04	5.38*	.30
y42	1.00			.48
y52	0.36	0.04	8.81*	.62

## (二) 整體模式適配標準

Hair *et al.* (1998, 引自黃芳銘, 2002) 將整體模式適配標準區分絕對適配指標 (absolute fit measures) 增值適配指標 (incremental fit measures) 與簡效適配指標 (parsimonious fit measures) 等三大類。黃芳銘認為此一分類方式方便進行歸類, 同時也使各項指標之意涵更容易被瞭解。因此, 本研究遵循 Hair *et al.* 的分類, 將修正模式之整體適配指標整理歸類, 呈現於表 4-2-8。茲分別說明如下。

### (1) 絕對適配指標

絕對適配指標檢驗的是理論建構的模式所能預測觀察共變數的程度 (黃芳銘, 2002)。於表 4-2-8 之統計分析結果可知,  $\chi^2$  之統計量為 91.90 ( $p < 0.05$ ), 因此卡方檢定所得之適配度不佳。然而, 卡方檢定極易受樣本人數之波動的影響, 較大的樣本人數使卡方檢定傾向拒絕假設模式 (Bagozzi *et al.*, 2001), 因此卡方檢定僅為整體模式之參考指標之一。欲瞭解模式是否適配良好, 可參照其他參考指標共同考量。

本研究修正模式的 GFI 值為 .96，AGFI 值為 .93，均超過一般所要求之 .90 標準。此外，RMSEA 為 .062，黃芳銘 (2002) 認為此為『算是不錯的適配』。因此，本研究修正模式之絕對適配情形良好。

表 4-2-8 修正『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為』  
修正版之整體模式適配指標

Goodness of Fit Statistics	
(1) 絕對適配指標	Degrees of Freedom = 35 Minimum Fit Function Chi-Square = 91.52 (P = 0.00) Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 91.90 (P = 0.00) Chi-Square for Independence Model with 55 Degrees of Freedom = 1962.44 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.96 Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.062 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.93
(2) 增值適配指標	Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.95 Normed Fit Index (NFI) = 0.95 Comparative Fit Index (CFI) = 0.97 Incremental Fit Index (IFI) = 0.97 Relative Fit Index (RFI) = 0.93
(3) 簡效適配指標	Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.61 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.51 Independence AIC = 1984.44 Saturated AIC = 132.00 Model AIC = 153.90

### (2) 增值適配指標

增值適配指標設定了一個底線模式 (baseline model) 來與研究者所建構的理論模式做比較，檢驗研究者建構的模式較之底線模式適配改進之比率 (黃芳銘, 2002)。LISREL 8.3 提供之增值適配指標有 NNFI、NFI、CFI、IFI 與 RFI 數項，而此數項增值適配指標，依學者之建議，其值應大於 .90。由表 4-2-8 可知，本研究之修正模式之增值適配指標值均高於 .90，顯示本研究之修正要式之增值適配情形良好。

### (3) 簡效適配指標

為了避免研究建構的模式過度複雜化，研究者可利用簡效適配指標對建構的

模式加以檢測。較複雜的模式其整體模式適配指標有較大的傾向，但卻失去了理論的精簡性。為了達到高預測度與理論精簡性之間的平衡，研究者必需同時通過整體模式適配指標與簡效適配指標的檢驗。LISREL 8.3 提供之簡效適配指標有 PNFI、PGFI，與 Model AIC 三項。學者建議 PNFI、PGFI 應大於 .50，Model AIC 之值應小於 Saturated AIC 與 Independence AIC 之值。本研究修正模式之 PNFI、PGFI 均達大於 .50 之要求（見表 4-2-8），但 Model AIC 之值卻大於 Saturated AIC，顯示本研究之修正模式簡效適配指標並非十分良好，但仍可接受。

### (三) 模式內在結構適配標準

模式內在結構適配標準的目的在於瞭解潛在建構效度與信度，並評鑑理論建構之因果關係（黃芳銘，2002）。結構方程模式用來評鑑內在結構適配度的指標有下列數種：

#### (1) 個別項目之信度 (individual item reliability) 在 .5 以上

個別項目的信度即潛在自變項與潛在依變項之觀察變項的  $R^2$  值，本模式各觀察變項  $R^2$  值如表 4-2-9 所示。

表 4-2-9 修正模式之個別項目信度

個別項目	信度
潛在依變項 (Y) 之觀察變項	
應用於休閒	0.49
應用於生活	0.76
科學知識	0.09
科學參與	0.23
自我肯定	0.39
潛在自變項 (X) 之觀察變項	
對一般科學的興趣	0.85
對生物的興趣	0.38
對物理的興趣	0.38
工具性的認同	0.46
個人規範	0.74
社會規範	0.40

由表 4-2-9 所呈現之統計分析結果發現，祇有『應用於生活』、『對一般科學

的興趣』與『個人規範』等三變項之信度值高於 .5 之要求，顯見個別測驗項目的表現相當不好。Bollen (1989，引自黃芳銘，2002)認為雖然變項信度宜大於 .50，但祇要變項係數之 t 值達到顯著，則其  $R^2$  值就可以接受。本研究修正模式之 t 值均達顯著，因此依照 Bollen 之建議，其信度值仍可接受。但在未來的研究仍有需要對變項的信度做改進。

(2) 潛在變項之建構信度 (construct reliability) 需大於 .5

SEM 本身發展出一種可以用以檢定潛在變項的信度指標，此種指標稱之為建構信度，具有與 Crobach 信度相同之功能。建構信度之計算公式如下：

$$r_x = \frac{(\sum I)^2}{[(\sum I)^2 + \sum (e)]}$$

依此一公式計算出各變項之建構信度如表 4-2-10 所示。由表可知，除『科學相關行為』變項略低於 .5 外，其他三變項均高於所要求的 .5，因此本研究之建構信度尚可。

表 4-2-10 修正模式潛在變項之建構信度表

變項名稱	信度
對科學的態度	0.81
主觀規範	0.72
意圖	0.77
科學相關行為	0.46

(3) 所有估計參數皆達顯著水準

根據表 4-2-4、表 4-2-5、表 4-2-6、表 4-2-7，可發現表 4-2-5 之  $\chi^2$  未達顯著水準，因此本研究之修正模式未能符合此項指標之要求。

### 參、主要潛在變項之效果

本小節將描述本研究修正模式中潛在變項之間的效果值，以進一步闡述潛在變項之間的關係。潛在變項之效果可區分為直接效果 (direct effect)、間接效果 (indirect effect) 與總效果 (total effect) 三類。直接效果乃是潛在自變項對潛在依變項的直接影響力，間接效果指得是潛在自變項透過另一個潛在依變項仲介之

後，對於潛在依變項之影響力。總效果即是直接效果與間接效果之加總，亦即是潛在自變項對於潛在依變項之總影響力。透過效果值之描述，能夠幫助研究者更加瞭解變項之間的關係。本研究之潛在變項效果值整理於表 4-2-11：

表 4-2-11 修正模式潛在變項效果值

	直接效果	間接效果	總效果
對科學的態度對意圖	.35*	---	.35*
主觀規範對意圖	.57*	---	.57*
對科學的態度對科學相關行為	.79*	.15*	.94*
主觀規範對科學相關行為	-0.23*	.25*	---
意圖對科學相關行為	.44*	---	.44*

由表 4-2-11 的結果可知，在本模式中，對科學的態度對於意圖的總效果為 .35，並達顯著水準；主觀規範對意圖之總效果為 .57，亦達顯著水準。對科學的態度對科學相關行為之總效果為 .94，達顯著水準；意圖對科學相關行為總效果為 .44，亦達顯著水準。

較特別者為主觀規範對科學相關行為之影響，其直接效果為 -0.23，間接效果為 .25，二者相互抵消。

綜合上述之結構方程模式統計分析，研究者歸納結果如下。

(1) 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式得到支持

研究者根據 TRA 與 425 位高二學生之填答資料所建構而成的高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式，經過修正指標之修正後，在各項適配指標中，除了卡方絕對適配指標、AIC 簡效適配指標未達其標準及未能符合內在結構適配指標之『個別項目信度均高於 .5』、『所有估計參數均達顯著水準』之要求，其他之指標，不論是模式基本適配指標、整體模式適配指標或內在結構適配指標皆獲得支援，顯示本模式具有良好之模式適配性，獲得本研究所回收資料與統計分析之驗證。

但本研究發現原始的 TRA Model 無法在針對高二學生所做的研究獲得完美

適配，其主要原因可能是本研究定義的科學相關行為的科學知識向度與自我感知向度與 Fishbein & Ajzen (1975) 所定義的行為並不相同。Fishbein & Ajzen 在 TRA 中定義的行為著重於起而行的行動層面，但是本研究的科學知識向度與自我感知向度並非全然是起而行的積極行動。科學知識雖然會受到行動意圖的影響，使研究參與者主動前往科學博物館、圖書館尋求科學知識，但是科學知識尚有被動接受的部份。科學知識被動接收的部份並未涉及主動求知的行為，祇要個人對於科學知識不具負向態度，則有機會接收科學訊息時他便可能或多或少的被動接受了一些科學知識。因此，筆者認為態度與主觀規範對於本研究所定義的科學相關行為應有直接的影響，而小幅修正了 TRA model 以適應本研究之主題。

統計分析發現 TRA model 經小幅修正後可適用於本研究之研究題目，態度對於本研究所定義的科學相關行為具有顯著的正向影響。修正後的模式受到問卷回收資料的支持。

(2) 對科學的態度對意圖與科學相關行為均具有直接且正向的影響力

經過整體模式驗證，結果顯示對科學的態度對意圖的直接效果為 .35。此外，對科學的態度對科學相關行為亦有正向影響力，其直接與間接的總效果達 .94，因此對科學的態度對意圖與科學相關行為均具有正向而顯著的影響力。

(3) 主觀規範對於意圖具有正向且顯著之影響力

經過整體模式之驗證，其結果顯示主觀規範對意圖的直接效果為 .57，因此，主觀規範對於意圖具有顯著而正向的影響力。

(4) 意圖對於科學相關行為有正向且顯著之影響力

整體模式驗證之結果顯示意圖對於科學相關行為有 .44 的直接效果，因此對於科學相關行為具有正向且顯著之影響力。

總結本節之研究結果，筆者將研究調查的四個因子間因果關係繪製為圖 4-2-5，以方便讀者對其影響路徑的瞭解。

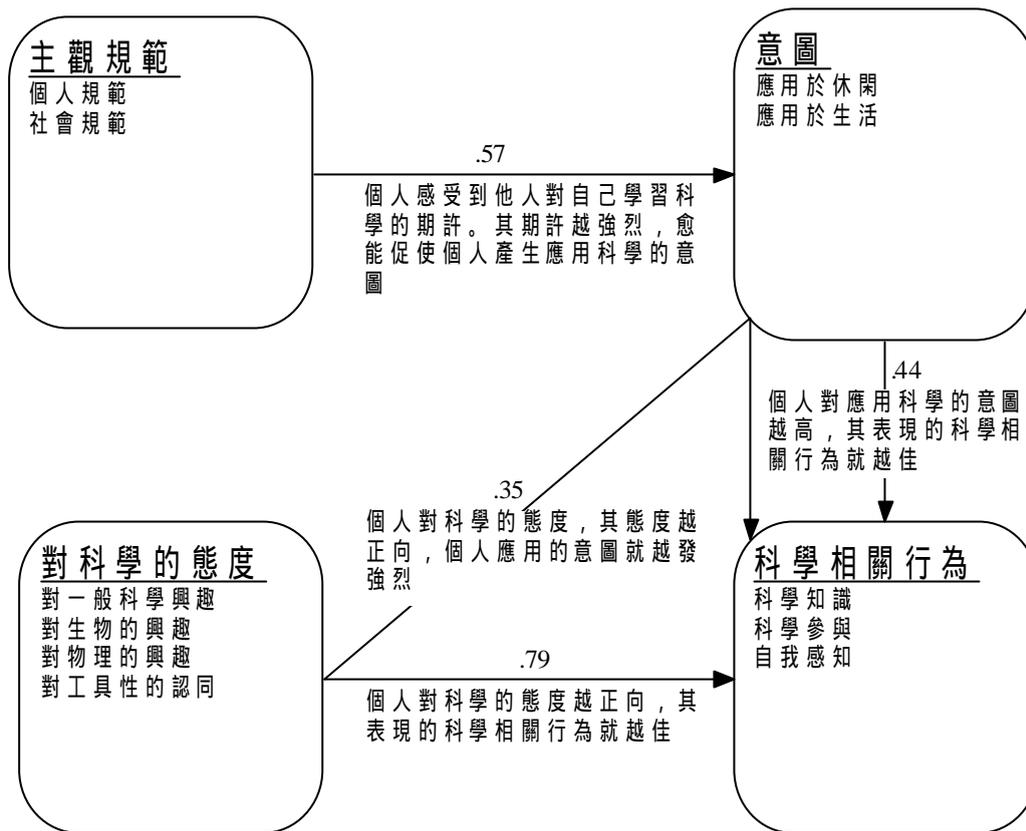


圖 4-2-5 結構方程模式解釋圖

### 一、對科學的態度對科學相關行為的影響

本研究發現，藉由提昇研究參與者的對科學的興趣及對科學工具性的認同可以有效促使其科學知識的增加、願意參與科學活動，也傾向於認為自己擁有足夠的科學知識。由圖 4-2-5 可知，對科學的態度是影響高二學生科學相關行為的最重要因子，它對科學相關行為的直接效果為  $.79$ ，總效果則為  $.94$ ，顯示個人對科學的態度深深影響了他在科學相關行為的各向度表現。雖然態度會影響意圖並進而影響一個人的行為，但本研究的結果顯示，高二學生的科學相關行為主要受到態度的直接影響，經由意圖的中介影響行為表現的程度較低。此結果顯示，欲提昇高二學生的科學相關行為的表現，可藉由提昇其對科學的態度而達成。而藉由提昇個人對科學的態度以引導其科學相關行為的表現也受到國外學者的研究支持。

Durant *et al.* (1989) 研究英國一般大眾科學知識發現，對科學的態度與科學知識具有正相關，對於科學具有較正向態度的參與者也會有較高的科學知識。

Einsiedel (1994) 研究加拿大成年人的科學知識顯示科學知識與對科學的態度呈現正相關，一個人若認為科學的發現是可相信的、其研究是有效益的，則其科學素養程度有較高的傾向。Einsiedel 猜測其原因可能是對於科學有正向態度的人比較願意從非制式教育的管道，如大眾媒體，接收科學資訊，因而使其具有較多的科學知識。這樣的猜測不是沒有道理的，研究一般學生獲取科學資訊的方法時發現，多數學生獲得科學訊息的管道主要來自於大眾媒體 (Fensham & Harlen, 1999; Mbajorgu & Ali, 2002)，但是 Solomon (1992) 發現那些平時就喜歡與友朋討論科學知識的學生 (具有較佳的對科學的態度)，他們獲得科學知識的方式比較多元，除了從電視上被動接受科學訊息外，他們也較願意主動閱讀科學性文章，參觀科學展覽以吸收更多的科學資訊，這樣的歷程使這些對科學有較佳態度的學生也因此具有較豐富的科學知識。

對科學正向態度除了使人們較願意主動獲取科學訊息外，Falk & Adelman (2003) 發現對科學的態度也影響了人們被動接收科學訊息的程度。他們發現參觀海洋生物館的民眾，如果對科學具有中、高興趣，則參觀海洋生物館後科學知識可獲得顯著增加；但是對科學不具興趣者，參觀海洋生物館後其科學知識未有顯著的改變。因此，對科學的態度亦影響了其對科學資訊的接收。

對科學具有正向態度的參與者除了有較高的科學知識外，Durant *et al.* (1989) 的研究發現，他們對自己的科學知能也較為滿意，兩者具有顯著正相關。而本研究發現，對科學的態度對於研究參與者的科學知識、科學參與及自我感知均有顯著而正向的影響。顯示對科學具有越正向態度的參與者，其科學知識、科學參與及自我感知越高，因此，本研究與國外研究結果相當一致。且本研究以 SEM 統計方法進行分析，提供了比相關係數更進一步的證據，為相關領域的研究提供了一個確實可徵的結果，可提供教育研究者教學的參考。

## 二、主觀規範對科學相關行為的影響

TRA 的另一個變項，主觀規範，對於行為表現具有直接而負向的影響 (-0.23)，但其總效果不明顯。主觀規範對行為產生直接、負向影響的原因可能是因為身為青少年的高中生對於感受到的各方壓力具有反抗心理，他們因此表現出

與主觀規範背道而馳的行為。但是主觀規範對於意圖則有正向的影響，其直接效果為 .57，其結果使主觀規範影響科學相關行為的總效果不顯著。顯現高二學生對於感受到的主觀規範具有矛盾的心理，一方面接受其規範，表現出應用科學於休閒之意圖，一方面卻又壓抑自己學習科學、參與科學相關活動的行為，兩種力量相互折衝，使主觀規範對科學相關行為的影響消弭於無形。

吳瓊洳 (1999) 認為，處於反抗期的青少年，他們在價值觀與生活態度上雖未完全服膺社會規範，但是整體而言，青少年的價值觀與生活態度仍然與整體社會相當貼近，他們並未獨立發展出一套與成人社會彼此扞格的青少年文化，而仍然表現出類似成人社會的價值觀。本研究結果顯示，主觀規範雖然激起高二學生負面而直接的反應，但總體而言，他們仍然順從主觀規範，並未有抗拒的現象發生 (但也未能積極順從)。雖然高二學生並未表現出抗拒的現象，但此結果指出欲利用施予他方壓力的方式促進高二學生的科學相關行為表現恐難遂所願。

但是學生抗拒或不積極順從主觀規範的原因為何？Verderber, Rizzo, & Sherrill (2003) 發現這是同儕團體所造成的影響。他們以 TRA 研究在中學的一般課室中接受教育的肢體障礙學生與其他一般學生的互動情形。他們發現，一般學生雖然感受到學校、教師與家長都期望自己應該與肢障學生共同生活、共同完成教師的作業要求，但他們卻表現出不一致的行為。Verderber *et al.* 發現此不一致行為的發生源自於學生同儕團體的壓力。雖然學生瞭解學校教師與家長的期望，但因為周遭朋友對於肢障學生的排斥，使他們不願意接近肢障學生。此種由同儕團體所形成的偏見致使學生做出不符合社會期望的行為 (Bauman & Geher, 2002; Verderber *et al.*, 2003)。因此，主觀規範對於行為的影響力並無法一概而論，而會因研究情境及研究對象的不同而有所差異 (Becker & Gibson, 1998)。

然而，不僅是主觀規範的影響力會隨研究情境、研究對象而有所變異，甚至態度對行為的影響亦隨情境與對象的不同而有差異。Trafimow & Fishbein (1994) 發現在 TRA model 中態度與主觀規範所扮演的角色並不總是相同的。針對某些議題或是某些對象，可能提昇其對標的行為的態度可以有效誘使行為的表現；同等的狀況下，在主觀規範上所做的努力卻無法促使標的行為的表現。對於其他議題或其他對象，可能主觀規範可以起顯著的作用，但是提昇其正向態度卻對行為的表現影響幅度不大。Trafimow & Fishbein 進一步發現不同的文化亦會影響行為

者受態度與主觀規範的影響程度。在著重團體生活的文化（如中國、日本）中，人們較容易遵守社會規範，依其規範行事；而注重個人權力的文化裡，主觀規範對於個人的行為影響程度相對下較為有限。

因此，針對不同的族群、對象，分別利用提昇態度或施予主觀規範可以引導學習者表現出特定的行為。對於受態度影響較明顯者，我們可以試圖提高其興趣，使其展現較高的行為表現；而在注重社會規範的文化中，善用主觀規範的力量可以達到較好的成果。另一方面，由於行為的性質也會造成不同方法的成效有所差異，也應視標的行為的性質而採用適當的方法促進行為者的表現。本研究的結果指出，如欲提昇高二學生科學知識、科學參與及其自我感知，則提昇學生的對科學的態度將會有較佳的結果，主觀規範的約束力對於高二學生科學學習的效果並未能彰顯，因此，可將努力的重心著重在提昇其態度。

## 第五章 結論與研究建議

本章內容乃延續包括緒論、文獻探討、研究方法、研究結果與討論在內的前四章節，綜合前述章節之文獻探討與研究發現，以提出具體的結論與建議。

本章共分為兩節進行說明，第一節簡述本研究之研究緣起及研究目的，其後對研究結果進行說明。第二節則綜合歸納本研究之結果與發現，提供相關建議，以作為未來研究及教育工作者進行教學之參考。

### 第一節 研究結論

自工業革命以降，科學在社會活動中扮演的角色有了相當大的改變，不但在經濟生產中佔有重要的份量，在民眾的日常生活版圖上，科學也構成了其中的許多部份。因為科學深入一般生活之中，科學素養因此成為民主社會公民所應具備的能力，且此能力的重要性日益增進，惟有具備良好的科學素養，才能在充滿科學性議題的社會中擁有完全的自主權。因此教育學者與科學社群希望經由教育的方式提昇國民的科學素養，進而改進國民之生活。

為了提昇國民的科學素養，國內外的研究者均做了相當多的研究。在這些科學素養的研究中，多數研究者著重的層面為研究參與者所具備的科學知識是否達到一個令人滿意的標準。這些研究的結論相當一致，就是一般大眾的科學知識顯然過低，未能符合現今社會的需求。一些研究也發現如果研究參與者對科學具有較正向的態度，則其科學知識會有較高的傾向，兩因素間具有顯著的正相關。擁有較正向對科學的態度的參與者除了有較高的科學知識，他們所持的態度也與他們主動尋求科學訊息的行為有正向相關，此外，他們對自己所擁有的科學知能也較為滿意。但是對科學的態度是否影響了這些行為的表現？或是說對科學的態度祇是與這些行為單純的相關卻無因果關係？筆者向諸多文獻資料提出這個疑問，但卻未能從文獻中獲得滿意的答案。

為了解答此一疑問，本研究引用 Fishbein & Ajzen (1975) 所提出的理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA) 以進行對科學的態度與上述三項科學相

關行為間的研究。依循 TRA，本研究編成『對科學的態度量表』、『主觀規範量表』、『意圖量表』與『科學相關行為量表』，以方便取樣方式對中部三所高中二年級學生進行問卷調查，以分析相關背景變項（包括性別、組別、喜好學科）對高二學生在此四量表的影響，並建立高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖與科學相關行為之結構方程模式，以提供對科學的態度與科學相關行為間因果關係之實證性資料，並期成為科學教育者進行科學教育時之參考。

本研究經過方便取樣，所獲得的研究參與者共有高二學生 425 人，其所獲得的資料經筆者使用 SPSS 10.0.1 與 LISREL 8.30 統計分析軟體進行統計分析後，所得之研究結果如下。

## 一、全體研究參與者之人口學變項對四量表的影響

- (一) 本研究之研究參與者在對科學的態度量表上表現出顯著的性別差異，男學生對科學的態度顯著較女學生高。雖然整體而言男學生有較高的對科學的態度，但其結果並不是完全一致的，在不同的向度上表現略有差異。男學生在對一般科學的興趣與對物理的興趣上顯著高於女學生，但是女學生在生物科學上表現出較高的興趣。不過，雖然不同性別的學生在對科學的情感上有所差異，他們對於科學的工具性價值則是一致的贊同，沒有顯著差別存在。
- (二) 不同性別的學生在主觀規範量表的表現具有顯著的差異。對於學習科學的必要性，男學生有顯著較高的體認，因此在個人規範之得分顯著高於女學生。對於來自社會，要求大眾需具備基本科學知能的壓力，對男女學生雙方而言並沒有顯著的不同，社會他方的壓力對不同性別的學生均展現了相同的強度。
- (三) 對於採取行動將科學融入休閒與生活之中，男學生有顯著較強烈的意圖，顯示在應用科學的意圖上具有顯著的性別差異。
- (四) 高二學生在科學相關行為量表具有顯著性別差異。男學生在科學知識、科

- 學參與及自我感知等三個分量表的得分均高於女學生。雖然女學生在科學知識向度得到近乎滿分的成績，但是男學生對科學知識的瞭解仍然優於女生一籌，而顯露出顯著的差異。
- (五) 自然組學生對科學的態度顯著高於社會組學生。自然組學生對一般科學與物理的興趣顯著高於社會組學生；在對生物的興趣與對工具性的認同分量表，不同組別的學生並未表現出明顯的差異。此一結果顯示，參與者進行選讀組別決策時，其對物理的興趣比起對生物的興趣有更重要的影響力。但是不論其選讀組別為何，均不影響學生對於科學工具性價值的肯定。
- (六) 自然組學生在主觀規範量表得分顯著高於社會組學生。自然組學生在個人規範向度上得分顯著高於社會組學生，顯示自然組學生對於學習科學的必要性有較深刻的體會，較能自發性的產生學習科學的認同。對於社會他方的壓力，二組學生有相同的感受。這股來自社會的規範力較個人自發產生的規範更強烈，使二組學生在此向度得分均高過個人規範向度。
- (七) 對於將科學應用於休閒及生活，兩個組別的學生的意圖具有顯著差異。自然組學生對於將科學應用在休閒及生活中有顯著較強的意圖。社會組學生對於將科學應用在休閒及生活上雖不排斥，但是其意圖強度顯著低於自然組學生的表現。
- (八) 自然組學生有顯著較高的科學知識、參與較多科學相關活動，並且對自己的科學知能較為肯定。但不論是自然組或社會組學生，在過去三個月內參與各類科學活動之次數均未達三次，顯見兩組學生從事各類科學活動次數普遍偏低。然而自然組學生在科學參與的次數上仍顯著高於社會組學生，顯示在科學參與上具有組別差異，自然組學生對於參與科學相關活動較為積極。
- (九) 喜好自然科的學生對於科學擁有較為正向的態度。在對科學的興趣量表上，喜好自然科的研究參與者對於一般科學與生物的興趣顯著高於喜好文史科的參與者。但是喜好不同學科的學生對於物理的興趣並未呈現有顯著的不同。

深入分析發現，有 34 位就讀社會組但喜好自然科的學生對於生物具有興趣，但對物理的興趣的得分卻是最低。因為這 34 位學生的影響，使喜好自然科的學生與喜好文史科的學生在對物理的興趣上沒有顯著差異。而這一結果也呼應第五項結論，亦即，對物理的興趣是決定學生就讀自然組或社會組的主要因素。一旦對物理缺乏興趣，即便是較喜好自然科，仍然會選擇就讀社會組。

- (十) 喜好自然科的學生對於學習科學感受到較強烈的主觀規範。在個人規範面向上，喜好自然科的學生對自己較深的期許，認為自己應學好科學的規範力量比起喜好文史科的參與者強烈且顯著。對於來自於社會環境的壓力，兩組參與者均有強烈的感受。顯示不論喜好的學科為何，參與者均瞭解到具備足夠的科學知識已是現代國民所應具有的能力。
- (十一) 喜好自然科的學生對於應用科學的意圖較強。喜好自然科的學生有顯著較強的意圖將科學應用在休閒中，對於在生活之中應用科學他們也較有意圖。顯示喜好自然科的學生，並非僅是對科學的知識層面有所喜好，對於實際應用科學於休閒及生活中亦有顯著較高的意圖。
- (十二) 喜好自然科的學生有較高的科學知識、科學參與，並有較高的自我感知。喜好不同學科的參與者在科學知識向度具有顯著差異，喜好自然科的學生具有顯著較高的科學知識。而且喜好自然科學生過去三個月內從事科學相關活動的次數顯著高於喜好文史科的學生，顯示喜好自然科的學生在參與科學相關活動上較為積極。在自我感知向度上，喜好自然科的學生對於自己所具有的科學知能亦較滿意。

## 二、高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖與科學相關行為之結構方程模式

- (一) 高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式得到支持。研究者根據 TRA 與 425 位高二學生之填答資料所建構而成的

高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式，經過修正指標之修正後，在各項適配指標中，除了卡方絕對適配指標、AIC 簡效適配指標未達其標準及未能符合內在結構適配指標之『個別項目信度均高於 .5』、『所有估計參數均達顯著水準』之要求，其他之指標，不論是模式基本適配指標、整體模式適配指標或內在結構適配指標皆獲得支援，顯示本模式具有良好之模式適配性，獲得本研究所回收資料與統計分析之驗證。

- (二) 本研究發現原始的 TRA Model 無法在針對高二學生所做的研究獲得完美適配，其主要原因可能是本研究定義的科學相關行為的科學知識向度與自我感知向度並非全然是起而行的積極行動。TRA model 經小幅修正後可適用於本研究之研究題目，態度對於本研究所定義的科學相關行為具有顯著的正向影響。修正後的模式受到問卷回收資料的支持。
- (三) 對科學的態度對意圖與科學相關行為均具有直接且正向的影響力。經過整體模式驗證，結果顯示對科學的態度對意圖的直接效果為 .35。此外，對科學的態度對科學相關行為亦有正向影響力，其直接與間接的總效果達 .94，因此對科學的態度對意圖與科學相關行為均具有正向而顯著的影響力。
- (四) 主觀規範對科學相關行為的總效果不顯著，因此主觀規範對科學相關行為不具影響力。
- (五) 主觀規範對於意圖具有正向且顯著之影響力。經過整體模式之驗證，其結果顯示主觀規範對意圖的直接效果為 .57，因此，主觀規範對於意圖具有顯著而正向的影響力。
- (六) 意圖對於科學相關行為有正向且顯著之影響力。整體模式驗證之結果顯示意圖對於科學相關行為有 .44 的直接效果，因此對於科學相關行為具有正向且顯著之影響力。

## 第二節 研究建議

本節將綜合前述各章節討論內容，將本研究所得之相關發現，整理為本研究之研究建議，以做為未來相關研究及科學教育者進行科學教育之參考。本節共分為二部份，第一部份為未來研究提供若干建議；第二部份提供科學教育者進行科學教育之建言，茲分別說明如下。

### 一、未來研究之建議

#### (一) 研究樣本的選擇

SEM 研究有一項重要前提，即研究樣本的選擇必需隨機。本研究進行之初，曾與中部多所高中之校長與教務主任進行聯繫，表達希望至該校進行研究調查之意願，但均遭各校之婉拒。其中一所高中之教務主任直言欲由校方配合研究進行隨機抽樣有行政上的困難，如何與授課教師進行溝通便是一大困擾。因此建議筆者以方便取樣方式進行研究，委請熟識的高中教師對其任教之班級進行施測。其後筆者遵循其意見，以方便取樣進行研究。然而，欲使本研究具備更有效之解釋力，應以隨機抽樣方式再次進行研究，方能符合 SEM 之前提。但如何克服各校之心結以使研究得以進行，仍有待未來研究者詳加思考。

#### (二) 研究工具改進方向

本研究使用之問卷以靳知勤 (2002a) 所發展之問卷為主軸，配合 TRA 抽取適當的題目進行研究。雖然能夠量測研究參與者對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為，SEM 統計分析亦可驗證筆者所建立之結構方程模式，然而內在結構適配指標之『個別項目信度』指出本研究之問卷信度不佳，所有項目中僅有三項通過 .5 之要求，因此有必要對問卷之信度進行提昇。其中尤以翻譯自 Durant *et al.* (1989) 的 25 題科學知識題目最需予以改善。Durant *et al.* 原設計此 25 道題目用意在於測驗一般民眾對於科學知識的瞭解程度，因此題目設計上偏

於簡易。但是，此分量表用於測驗高二學生上則過於簡單，研究參與者在此分量表幾乎得到滿分，在 SEM 統計分析之中，此一分量表也顯示出有個別項目信度過低的問題。因此，如欲應用本研究發展之模式對高二學生進行後續研究，應特別針對科學知識向度予以改進，提昇其鑑別度及信度。

### (三) 研究變項之調整

關於『對科學的態度』的相關研究尚未受到科學教育者的重視，在國內僅有莊雪芳、鄭湧涇與鄭湧涇、楊坤原兩組研究人員對『對科學的態度』及學業成就間關係進行研究，而在國外，相關的研究文獻亦相當缺乏，因此本研究本質上便屬於一種試探性之研究。

為探討『對科學的態度』與『科學相關行為』之因果關係，筆者借助 TRA 理論，建立了『高二學生對科學的態度、主觀規範、意圖及科學相關行為之結構方程模式』。『對科學的態度』變項，筆者參照 Fishbein & Ajzen (1975) 之建議，分為『情感性向度 (對一般科學的興趣、對物理的興趣、對生物的興趣)』及『工具性向度』；但什麼樣的『科學相關行為』才是適合本研究的呢？鑑於對科學的態度研究的缺乏，文獻並未回答此一疑惑。因此，筆者以 Durant *et al.* (1989) 論文中提及的科學知識、科學參與及自我感知為經緯，組成『科學相關行為』量表。

本研究建立之模式經過修訂後雖然達到良好的適配度，然而讀者由前段文辭即可獲知，本研究對於科學相關行為的範圍仍無法完全涵蓋，因此日後之研究可再對『科學相關行為』進行更深入的定義與闡釋。

然而本問卷題數已達 74 題，再涵蓋更多項因素必然使問卷題數更形增加，恐使研究參與者填答時漏答、作答不全、或整份問卷填答相同答案的情形大為提高，因此增加涵蓋的因素時，是否減少其他因素之題數便需再予以考量。

此外，本研究發現主觀規範對於高二學生的科學相關行為的影響總效果不顯著，其他研究者亦發現主觀規範對於學生之行為不具預測力 (Bauman & Geher, 2002; Verderber *et al.*, 2003)，因此，或許可考慮將主觀規範變項移除，以便『科學相關行為』量表再加入其他向度。而不僅是『科學相關行為』需要涵蓋更廣的範圍，『對科學的態度』變項也可以有所改進。王國川 (2000) 建議在態度信念

除了情感性、工具性向度外，應再加入正、負面因素看法而形成『風險面』向度，因此問卷可嘗試加入此一方面之設計，使『對科學的態度量表』更加完善。

#### (四) 研究方法的利用

本研究以 Fishbein & Ajzen (1975) 提出之 TRA 為主軸進行研究。而 TRA 由期望值理論發展而來，Ajzen (2001) 認為研究者應用期望值模式時傾向於由研究者自行設想重要的觀察變項，因此可能發生研究者的想像與現實情況有所差異，造成期望值模型的誤差，而此一誤差在應用 TRA 時亦難以避免。

筆者建議，為導正此一潛在誤差，研究者可利用質性方法或與質性研究者共同合作，對影響行為的因素進行更深入的分析，以使遵循 TRA 而建構的模式獲得更佳的解釋效力。

## 二、對科學教育之相關建議

### (一) 針對參與者人口學特性之建議

#### (1) 瞭解女學生對物理科學興趣低落之原因，以提昇女學生的科學知識、科學參與及自我感知

本研究發現女學生的科學知識、科學參與及自我感知均顯著低於男學生。Durant *et al.*、Miller 與其他研究者在不同地區所做的調查亦發現女性的科學素養顯著低於男性 (Bos & Kuiper, 1999; Davias, 2002; Dawson, 2000; Durant *et al.*, 1989; Einsiedel, 1994; Laugksch & Spargo, 1999; Miller, 1989)。Einsiedel (1994) 認為學習科學課程的數量是科學知識的重要關鍵，由於女性修習的科學課程少於男學生，因此女學生的科學知識顯著較低，相同的情形對於社會組的同學亦有影響。社會組學生較少修習科學課程，使他們的科學知識較差，對科學的態度亦較自然組差。

Laugksch & Spargo (1999) 深入研究後發現，雖然選讀科學課程的數量是影響個人科學知識的重要關鍵，但有另一項更為重要的因素存在。他們發現即使研究參與者僅選讀一個物理學課程，與參與者對科學知識的瞭解仍然高於選讀 2-3 科不包含物理學的科學課程的研究參與者，顯見物理學是瞭解科學知識的重要關鍵。

Laugksch 與 Spargo 的研究結果顯示學生的科學素養明顯受到修習科學課程的影響。學生若曾選修過物理學，則其科學素養明顯高於未修習過物理學的學生。這選修物理學的學生多數為男性學生，女學生對於物理課程缺乏興趣成為其科學素養表現不如男學生的原因之一。因此，為有效提昇女學生之科學相關行為，首要工作即是找出女學生對物理科學缺乏興趣的原因，以提昇女學生對物理科學的興趣，其後方能期待女學生的科學相關行為獲得正向改善。

#### (2) 拉近『兩種文化』間的鴻溝

Snow 在《兩種文化》中揭露科學家與人文學者之間存有一道巨大的鴻溝，

兩個領域的學者無法產生交流。對於兩個領域間存在鴻溝的現象，Snow 歸咎其原因為科學家對於人文缺乏關懷。他譴責物理學所研究的問題沒有銜接道德、文化、心靈、自由意志或其他人文學科所關心的議題，他認為這正是造成科學家與人文學科產生疏離的原因(Brockman, 1995/1998; Mayr, 1997/1999)。

但 Mayr (1997/1999) 抱怨 Snow 不應將所有的過錯均怪罪給科學家，他認為科學與人文間所存在的鴻溝，有相當大的程度在於人文學者完全不願意接觸自然學科，對於自然學科的基本理論與發明完全一無所知所致。

本研究發現 Mayr 的抱怨並非無的放矢。在所有研究參與者中，就讀自然組卻對語文科具有興趣的學生有 91 人，佔自然組學生的 37%；然而就讀社會組卻對自然科有興趣的學生祇佔所有社會組學生的 19% (34 人)，而且，其中可能還有不少人原本想就讀自然組，卻因為對物理學有所恐懼而選填社會組。

因此，本研究之結果支持 Mayr 的論點，自然學科與人文學科間存在的鴻溝不應該完全歸咎科學家對人文學科缺乏瞭解，因為研究結果顯示仍有 37% 的自然組學生對於人文學科有所關懷，Snow 所言之兩種文化間的隔閡恐大部份肇因於人文學者對自然學科缺乏瞭解所致。

因此，如何引領社會組學生對於科學產生興趣以縮短科學與人文間的隔閡將是未來科學教育研究的新課題，有待各方賢達在此議題上進行深入的研究，以拉近科學與人文間的距離。

### (3) 瞭解學生選擇未來志業的決策因子，輔導更多對科學有興趣的學生就讀科學相關課程

本研究發現喜歡自然科的學生與喜歡語文科的學生之間，對物理學的態度並沒有顯著差異。然而，喜歡自然科的學生與喜歡語文科的學生在對生物的興趣上有顯著差異，可見填答喜歡自然科的學生並非都是由於對物理學具有興趣才選填此題項，有一些人是因為對生物學有興趣而填答自己喜好自然科。筆者分析不同組別學生的科目喜好傾向，發現喜好自然科，並就讀於自然組的學生與喜好自然科，但就讀社會組的學生，在對生物的興趣上並無顯著差異；但面對物理時，就讀社會組喜好自然科的學生顯露出四組參與者中最低的興趣，且與就讀自然組喜

好自然科之學生間的差異達顯著水準。顯示有些社會組同學雖然喜好生物學，但因對物理並不喜愛，因此祇好選讀社會組。此類學生以女性居多數 (24 人)，而男學生喜好自然科卻選讀社會組的僅有 10 人。如果我們能瞭解這些喜好自然科的學生決定就讀社會組的原因，我們就能鼓勵更多學生選擇科學為其終身志業。而且，受我們所鼓舞的將以女性學生為多數，這也等於鼓勵更多女性進入科學職場，有助於平衡現今科學職場上男性居多數的現象。

## (二) 以本研究建立之結構方程模式給予建議

本研究之結構方程模式顯示，學生對科學的態度深深影響了他們的科學知識、科學參與及自我感知，其總效果達 .94。而本研究發現主觀規範對於高二學生的科學相關行為表現無所助益 (總效果不顯著)。Fishbein & Ajzen(1975) 提出 TRA 時指出，惟有態度與主觀規範此二項因子方可直接影響一個人的意圖，其餘的影響因子均需透過態度與主觀規範的中介方能影響一個人的意圖生成。既然主觀規範對於高二學生沒有顯著的影響力，科學教師僅能從提昇學生對科學的態度著手。

既然可由 (而且祇可由) 認知信念架構促使態度的轉變，在實際教學上，科學教師可藉由設計特別的課程，以由認知層面提昇學生對科學的態度。但在課程設計上不必然僅以提昇學生對特定科學的興趣為惟一目標，亦可設計課程讓學生瞭解科學的工具性價值，因為就本研究所建立的模式而言，瞭解科學的工具性價值亦有助科學相關行為的表現。因此，科學教師在課程設計上可以有較多的選擇與變化。