

教育部九十九學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫編號：11

計畫名稱：建模歷程與多重表徵模型融入高中化學教學以提升學生表徵與建模能力—以晶體與分子間作用力為例

執行單位：國立三重高中

主持人：鍾曉蘭老師 共同主持人：謝進生老師

電子信箱：chshirley2007@yahoo.com.tw

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） 是 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：教學活動 10 節課

4. 辦理活動或研習會對象：本校高三學生

5. 參加活動或研習會人數：108 人

6. 參加執行計畫人數：5 人

7. 辦理/執行成效：完成多重表徵模型與建模教學活動及教材設計並將成果應用在教學上，幫助高三學生在的晶體與分子間作用力的學習，不論在化學概念、解釋能力、建模能力均有顯著進步，學生對於模型教學評價多為正面，本計畫之教學活動設計可供其他化學教師參考。

二、計畫目的

根據 99 年高中化學課綱在教材及教法之要領，本計劃的目的主要分為六部分：

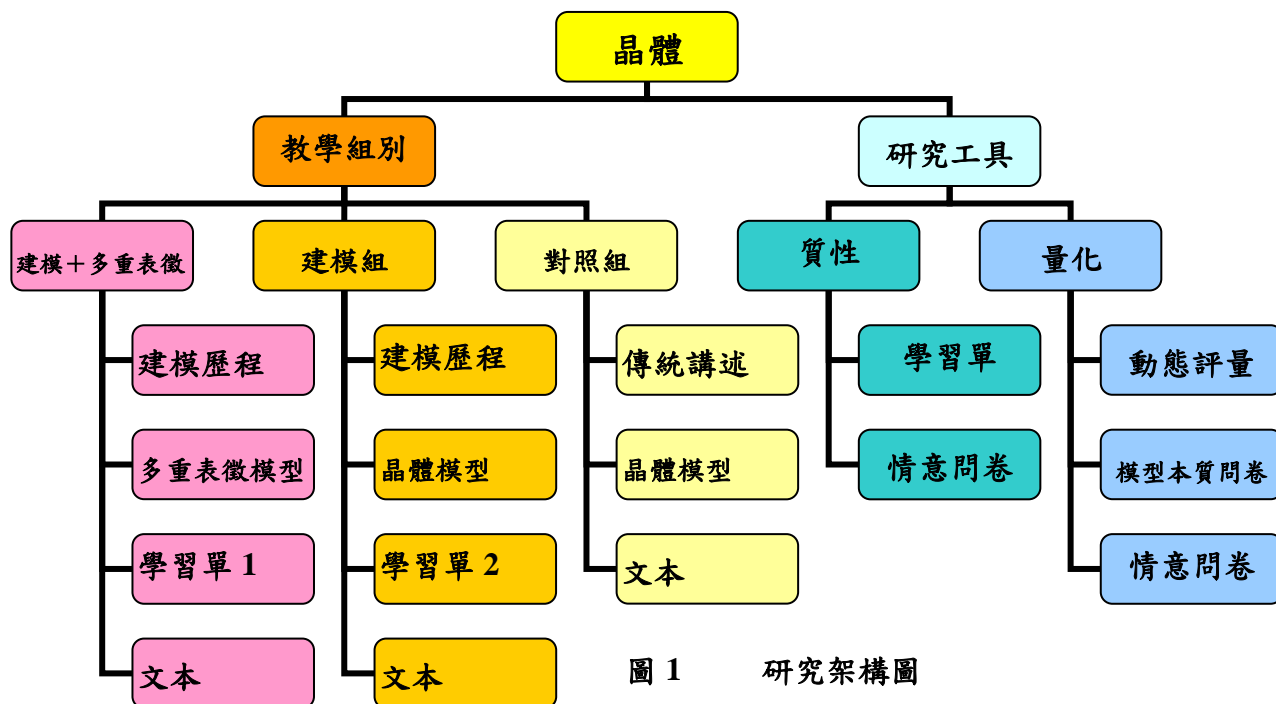
1. 瞭解學生的迷思概念：
2. 教師自行研發各種表徵的模型與教學活動：
3. 設計多重表徵的教材：
4. 設計小組活動(動手自製晶體模型)：
5. 設計建模教學活動：
6. 以多元的活動提升學生學習動機：

三、研究方法

本計畫架構如圖 1。研究者計劃以三種不同的課室教學活動，觀察高三學生在學習晶體

與分子間引力相關概念的過程中對於晶體模型的想法，在學習的歷程中是如何改變/不改變他們對晶體概念、晶體模型的看法，並進一步探究學生解釋與建模能力的演變情形。

筆者設計的研究情境為半自然主義，情境的主要變因為不同的課室教學活動(建模與多重表徵模型教學組 37 人、建模組 37 人、對照組 34 人)，研究假說是課室活動中明白指出模型選擇、模型的建立過程、模型的適用範圍、模型的效化、模型應用、模型調度、模型重建等建模歷程，較一般傳統文本與講述式教學更能改變學生對晶體模型的看法、其解釋與建模能力。研究工具分為質性(學習單、學習問卷)與量化(形成性評量、晶體模型問卷、學習問卷)。



建模歷程的定義與教學活動設計

建模的歷程為模型選擇、模型建立、模型分析/效化、模型應用、模型調度與模型重建 (Halloun, 1996; 邱美虹, 2008)。小組活動是藉由開放式動手自製晶體模型的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生解決問題的能力；學生藉著小組合作的方式進行建模活動，建立與人相處、協商的經驗與技巧，從經歷的研究過程中瞭解科學社群中協商的意義；教師的角色也由知識的傳授者演變為引導學生學習的角色 (Marx, Blumenfeld, Krajcik, & Soloway, 1997; Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999)。建模教學活動設計詳見表 1。

表 1 建模+多重表徵模型組教學策略及教學活動設計(精簡版)

節次	教學策略	表徵方式	建模歷程活動
第一節	師生團體討論 圖像教學 角色扮演	語言混合 視覺混合 動作混合	模型建立、模型選擇、模型效化、 模型應用、模型調度
	探討與說明的相關概念： 1. 說明晶體的類型與特性—師生團體討論 2. 以週期表圖形說明晶體的類型與週期的空間關係— 圖像教學 3. 說明何謂呈現模型：以化學式、一般晶體模型、圖 形來說明氯化鈉晶體		模型建立

	4. 說明模型表徵的方式：分為具體、語言、視覺、數學、動作等五種，並加上符號(化學式、反應式)——以角色扮演說明動作模型(請同學扮演水分子)	模型選擇(表徵方式)
	5. 說明模型的用途：溝通概念、解決問題...	模型應用
	6. 說明模型的可變性：說明理論應用的限制，科學理論的修正或變遷為例	模型調度與模型重建

研究工具

研究工具分為半結構式晤談試題、晶體模型本質問卷、動態評量與情意問卷四大部分，分別就工具的設計重點/內容與使用的目的說明之(詳見表 2)，模型問卷及形成性評量測驗的研究對象則是三班學生(108 位)。情意問卷的研究對象是兩班實驗組學生(74 位)。

表 2 研究工具的設計要點

研究工具	設計重點/內容	使用的目的
晶體模型問卷 紙筆測驗 (李克氏量表)	從模型本質、表徵、功用、建模歷程四個面向(共計 32 題)與三大題開放式問題分析學生關於晶體模型的看法	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對模型、以何種方式認識晶體模型及晶體模型用途與建模歷程的看法
形成性評量測驗 紙筆測驗	單一選擇題、多重選擇題、非選擇題(包括簡答、計算及繪圖)，主要內容為晶體相關概念	1.瞭解學生認知發展的過程 2.修正教學內容的依據 3.分析學生晶體概念的演變情形 4.比較三組教學成效
情意問卷 紙筆測驗	量化部份(李克氏量表)與質性部份(開放式問答題)	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對建模與多重表徵模型教學活動的想法

資料處理與分析

1. 分析形成性評量

- (1)將三組學生的形成性評量(前、中、後)成績利用 SPSS 進行組間顯著性分析(ANOVA test)
- (2)將三組學生的形成性評量(前、中、後)成績利用 SPSS 進行組內顯著性分析(ANOVA test)
- (3)分析分三組學生一系列的形成性評量認知發展的情形，藉以比較三組學生在教學歷程中的概念演變的情形。

2. 分析晶體模型問卷

- (1) 將三組學生的教學前、後晶體模型問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係與比較圖。
- (2) 將三組學生的教學前、後晶體模型問卷初步分析結果利用 SPSS 進行探索式因素分析，以了解學生對晶體模型想法的構念與其演變情形

3. 分析學習問卷

- (1) 將兩組實驗組學生的情意問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖。
- (2) 進一步將問卷利用 SPSS 進行探索式因素分析，以了解學生對建模教學與多重表徵模型活動想法的構念

研究流程

本研究流程詳見下圖 2：

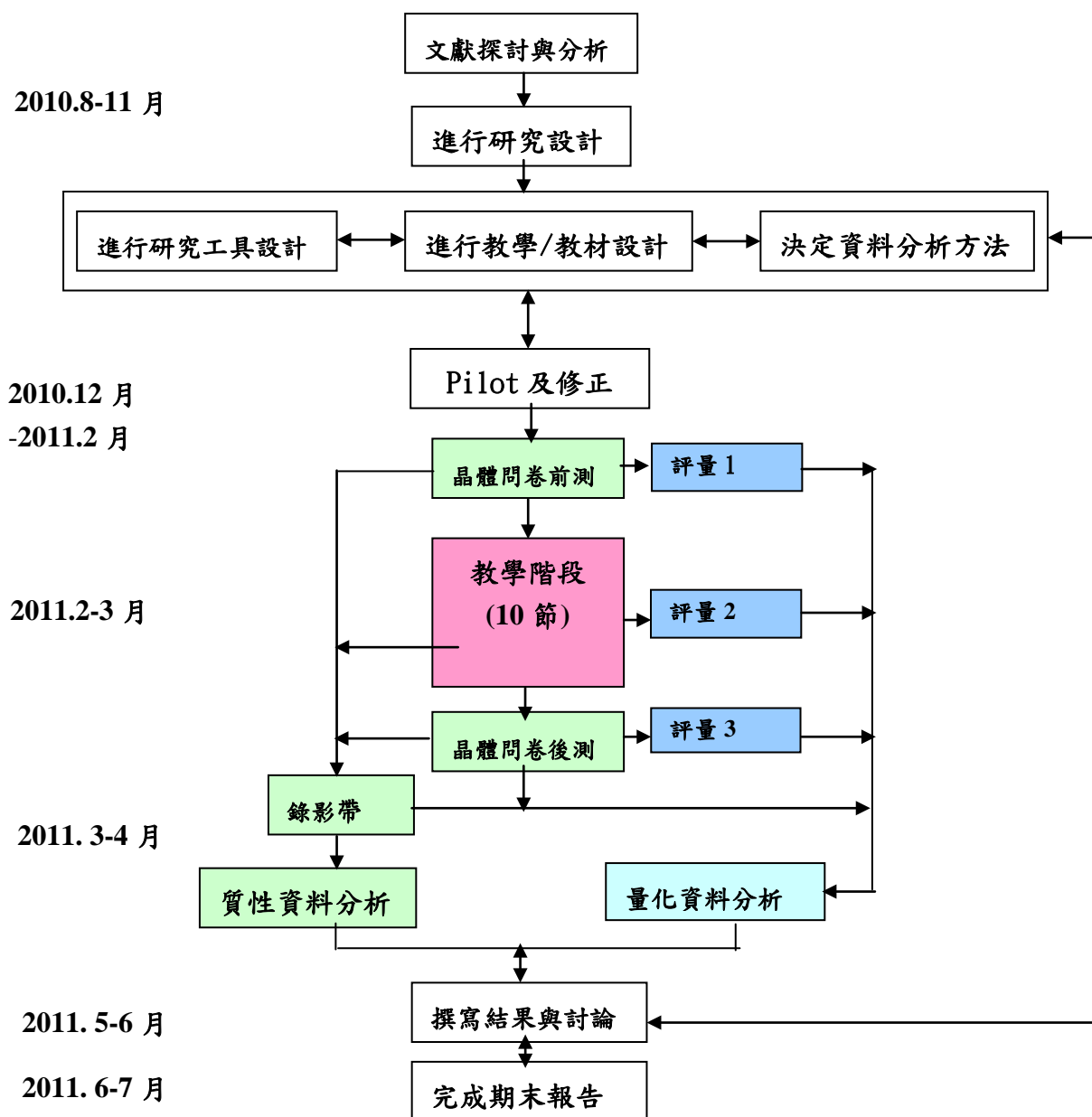


圖 2 研究流程

四、研究成果

1. 教學成效分析

以 ANOVA test 進行三組學生之概念正確性的顯著性考驗(以 LSD 進行事後考驗)，考驗結果為 $F(2, 106)=.16, p=.854>.05$ ，顯示教學前三組學生在晶體相關概念並未存在顯著差異(見表 3)。解釋方面顯著性考驗結果為 $F(2, 106)=2.51, p=.086$ ，建模組顯著優於對照組。建模能力方面顯著性考驗結果為 $F(2, 106)=6.48, p=.002$ ，建模與多重表徵模型組顯著優於對照組。整體表現顯著性考驗結果為 $F(2, 106)=1.23, p=.297$ ，三組學生在晶體相關概念教學前並未存在顯著差異。

表 3 三組前測各項分數與組間顯著考驗

面向別	C 組(N=34)		M 組(N=37)		MM 組(N=37)		ANOVA test		事後考驗
	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差	F 值	p 值	LSD
概念	31.7	5.32	31.1	7.18	31.8	5.99	.16	.854	C=M=MM
解釋	.52	.85	1.26	1.99	1.13	1.30	2.51	.086	M=MM, M>C
建模能力	4.69	2.56	5.12	2.73	6.87	2.84	6.48	.002	M=MM, MM>C
整體(總分)	36.9	6.85	37.4	9.58	39.8	8.36	1.23	.297	C=M=MM

註 1:概念滿分:62 解釋滿分:16 建模能力滿分:24 整體滿分:102

註 2: C 組:對照組 M 組:建模組 MM 組:建模與多重表徵模型組

三組經過五節課的教學後，概念方面進步最多，解釋方面進步最少，僅對照組建模能力略微退步。三組組間的顯著考驗皆達顯著差異(見表 4)。概念、建模能力與整體表現皆為 MM>M>C。解釋方面則為 MM≐M>C。

表 4 三組中測各項分數與組間顯著考驗

面向別	C 組(N=34)		M 組(N=37)		MM 組(N=37)		ANOVA test		事後考驗
	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差	F 值	p 值	LSD
概念	34.8	8.68	41.5	8.67	46.1	8.97	14.82	.000	MM>M>C
解釋	.60	1.12	2.90	3.04	3.56	2.86	13.28	.000	MM≐M>C
建模能力	3.75	2.80	6.95	3.22	9.07	3.25	26.22	.000	MM>M>C
整體(總分)	39.1	9.67	51.3	12.75	58.7	12.95	24.27	.000	MM>M>C

經過十節課的教學後，三組仍持續進步，進步幅度增加，但在解釋方面待加強。三組組間的顯著考驗皆達顯著差異(見表 5)。概念、解釋、建模能力與整體表現皆為 MM>M>C。

表 5 三組後測各項分數與組間顯著考驗

面向別	C 組(N=34)		M 組(N=37)		MM 組(N=37)		ANOVA test		事後考驗
	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差	F 值	p 值	LSD
概念	39.6	12.67	50.4	11.64	55.8	9.75	18.30	.000	MM>M>C
解釋	1.54	2.09	3.77	3.78	6.18	3.30	19.14	.000	MM>M>C
建模能力	6.44	4.01	9.54	3.81	14.43	4.50	34.14	.000	MM>M>C
整體(總分)	47.6	17.01	63.7	17.4	76.2	13.32	26.33	.000	MM>M>C

以 ANOVA test 進行中測、後與前測比較，三組組內顯著考驗結果皆達顯著進步(詳見表 6)，再經 LSD 進行事後考驗，MM 組在概念、解釋、建模能力與整體表現皆為後>中>前；M 組在概念、建模能力與整體表現皆為後>中>前，但在解釋方面僅後>前；C 組在解釋、建模能力與整體表現皆為後>中=前，但在概念方面僅後>前。

表 6 三組前、中、後測組內顯著考驗

面向別	C 組(N=34)		M 組(N=37)		MM 組(N=37)	
	ANOVA test	事後考驗	ANOVA test	事後考驗	ANOVA test	事後考驗

	F 值	p 值	LSD	F 值	p 值	LSD	F 值	p 值	LSD
概念	6.22	.003	後>前	39.62	.000	後>中>前	76.52	.000	後>中>前
解釋	5.21	.007	後>中=前	6.57	.002	後>前	34.15	.000	後>中>前
建模能力	6.23	.003	後>中=前	16.94	.000	後>中>前	43.29	.000	後>中>前
整體(總分)	7.62	.001	後>中=前	34.42	.000	後>中>前	77.78	.000	後>中>前

3.模型表徵想法

三組學生在教學前、後對晶體模型表徵的看法都有正向的增加，特別是建模與多重表徵模型組(模型表徵的題目見表 7)。三組有一些共通的趨勢，認為語文、符號、動作與數學關係式可以呈現晶體模型的同意度較低；認為實體、圖像、動畫模擬與鍵結理論可以呈現晶體模型的同意度較高。可看出學生仍然偏向以視覺、具體表徵來呈現晶體模型。MM 組經過角色扮演活動後，對於透過動作可以呈現晶體模型的看法明顯增加。

表 7 晶體模型表徵問卷試題

題號	題目內容
9	我認為透過語文可以呈現晶體模型
10	我認為透過符號可以呈現晶體模型
11	我認為透過實體可以呈現晶體模型
12	我認為透過圖像可以呈現晶體模型
13	我認為透過動作可以呈現晶體模型
14	我認為透過動畫模擬可以呈現晶體模型
15	我認為透過鍵結理論可以呈現晶體模型
16	我認為透過數學關係來呈現晶體模型

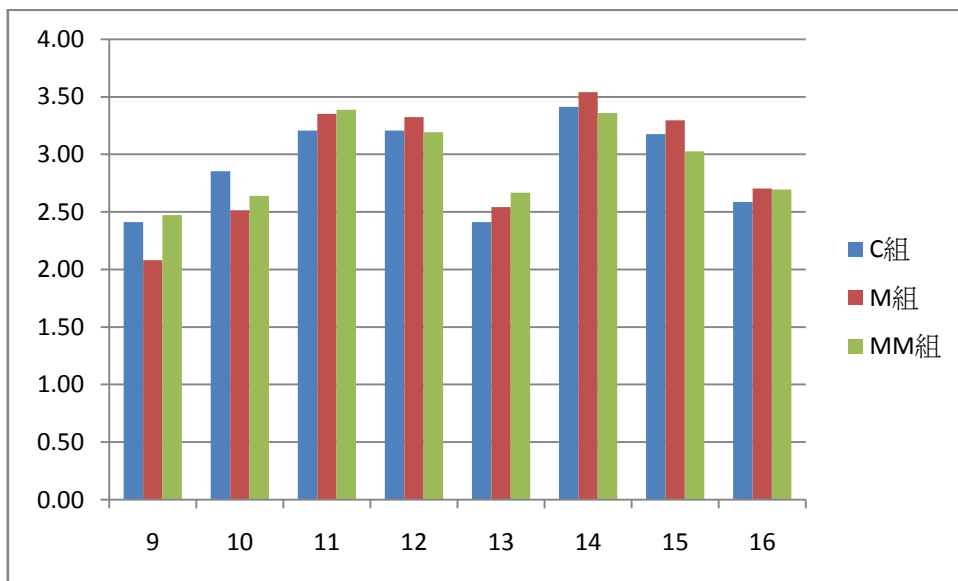


圖 教學前三組學生對於晶體模型表徵的想法

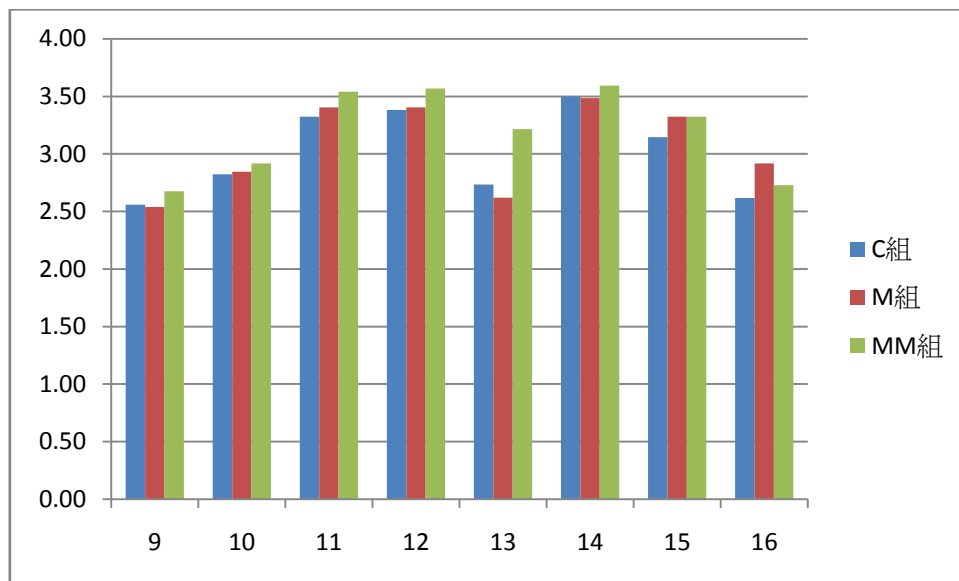


圖 教學後三組學生對於晶體模型表徵的想法

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

1. 同時使用建模與多重表徵模型活動更有助於複雜科學概念的理解

本研究的教學設計融合多重表徵的模型活動與建模歷程(模型的選擇、模型建立、模型效化、模型分析與評估、模型調度與模型重建, Halloun, 1996, 2004; 邱美虹, 2008, 2009; 邱美虹、劉俊庚和劉俊文, 2011), 從形成性評量與二階層紙筆測驗的顯著考驗, 研究結果皆說明建模教學的成效是顯著優於一般教學, 建模與多重表徵的模型教學成效亦顯著優於建模教學。特別是在後測的表現上, 顯示出兩種方式合併使用更有助於晶體與分子間引力較複雜概念的理解與持續保持正確想法。

2. 角色扮演活動有助於學生發展動作表徵

建模與多重表徵模型組經過角色扮演活動後, 對於透過動作可以呈現晶體模型的看法明顯增加, 在學習問卷中也表示角色扮演活動對於概念理解有助益。

3. 學生在解釋方面學習效果不彰, 在未來教學與評量中應加強學生的解釋能力

三組學生在解釋面向進步最少, 顯示學生甚少對學習的內容作適當的分析與解釋, 常常能選出正確答案, 卻不知如何解釋。未來教學將藉著更多的師生的互動進行對現象或理論的討論, 培養學生解釋的能力。