

教育部 102 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱： 探討模型化與 E 化教學融入高中化學教學之效益—以分子與晶體結構概念為例

主持人： 鍾曉蘭老師 電子信箱：chshirley2007@yahoo.com.tw

共同主持人： 謝進生主任、彭立浩老師

執行單位： 新北市立新北高中

一、計畫目的

1. **瞭解學生的先前概念與學習歷程中的概念改變**：從學生教學前的答題情形，可以深入了解學生在分子與晶體結構的先前概念，了解學生學習的困難所在，進而探討迷思概念產生的原因，教師可設計相對應的教學活動幫助學生的科學學習，促進學生建立科學概念，並在教學過程中從形成性評量中探討學生概念改變的情形。
2. **教師自行研發各種表徵的模型與多媒體/E 化教學活動**：模型活動設計主要包括具體模型教具、電腦動畫的開發與角色扮演活動、師生討論等，將抽象的微觀的分子/晶體結構與化學鍵結情形等概念由具體的概念逐漸探討到抽象概念，幫助學生深層的理解。
3. **設計多重表徵與 E 化教材**：將多媒體教學軟體與課程內容結合，設計 E 化教材，讓科學課室的教學多元化、活潑化，以提升學生多重表徵轉換能力。
4. **設計小組活動(動手自製分子與晶體模型)**：開放式動手自製晶體模型的小組活動，藉由動手做與小組協商的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，鼓勵學生自行設計各種模型、應用模型及評價個人表徵的適用範圍與限制，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，亦可提升學生建模能力與表達/溝通的能力。
5. **評量方式的改進**：本研究採用一系列的形成性評量，在試題的設計上則採用一般靜態測驗的模式，但是將教學中所探討的概念分為陳述性知識(並細分為知識、理解、分析、應用、綜合)與知識納入試題之中，從一連串的評量中，瞭解學生對的認知發展歷程，不僅可以增進師生互動，也可以隨時修正教學方法與教材，為現行的評量方式提出改進的參考。此外在模型實作上採取小組活動與小組發表，讓評量方式更多元。
6. **以多元的活動提升學生學習動機**：設計多元的活動讓學生們學習以不同的表徵與策略來學習抽象的化學概念，能夠提升概念理解與學習的動機。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員(四位教師)

參與計畫人員主要為協同計畫主持人謝進生主任(圖書館主任)、彭立浩老師(化學老師)及實習老師呂慧伶老師，本校行政單位對於本計畫大力支持，對於教學活動不僅提供足夠的設備，江家珩校長對於本研究亦十分的重視。彭立浩老師在教材設計、呂慧伶老師

幫忙課室觀察、教室活動拍攝與試題批改、謝進生主任老師在資料分析方面提供專業而具體的幫助，行政人員(教學組、設備組與會計、出納組)提供行政支援，讓本計畫能夠順利進行。

三、研究方法

1. 研究理論背景

Mayer(2001,引自陳盈吉,2004)則認為深層理解不只是記憶知識，也要能解決其他學習遷移的問題，若學生能夠自由轉化不同的表徵，可以不同的向度來呈現知識的完整面貌，達到整合知識層次的有意義的學習。因此在表徵之間做連結是一種知識過程，需要深層概念的了解。但大部分的學生不能在巨觀表徵、微觀表徵與化學表徵之間作表徵的轉換，代表他們內在概念知識也難以進行連結。教師將多重表徵與教學內容、教材與教法作巧妙的融合及精心的設計後，呈現在課室的學習活動中，將有助於學生增進多重表徵轉換的能力，讓學生達到知識整合的有意義的科學學習。

隨著科技的日新月異，新興的學習科技可以幫助學生與教師完成一些傳統教學中較無法達成的活動，教師使用電腦軟體與營造電腦學習環境，做為激發與提升學生思考與創造力的知識建構工具與認知環境，更多元的E化教材與多媒體教學活動是一個值得嘗試而且有別於一般傳統的電子書應用在教學與學習上的方式。

然而不同孩子有著不同的學習風格，有些孩子需要操弄具體模型或藉著肢體動作的感知才能理解抽象的知識，因此課室活動若能善加利用多重表徵的模型活動(如有機分子模型、角色扮演等)將有助於科學概念的學習。Buckley 等人(2000)指出，呈現模式(或教學模型)是一種外在表徵，選擇合適表徵的教學模式可以形成教學情境和學習脈絡之間的聯繫，幫助學生心智模式的形成和精緻化，進而建立正確的科學概念。科學家常透過不同的表徵和建構模型來研究、解釋現象，因此在課室的教學活動中，教師可善用適當的呈現模型來幫助學生理解科學模型，例如說文章中具有隱喻或對話的圖像、數學關係式或化學反應方程式、或者呈現微觀粒子運動的動畫等皆有助學生理解抽象或微觀的概念。有關呈現模型、現象與心智模式之間的交互作用的關係如圖1。

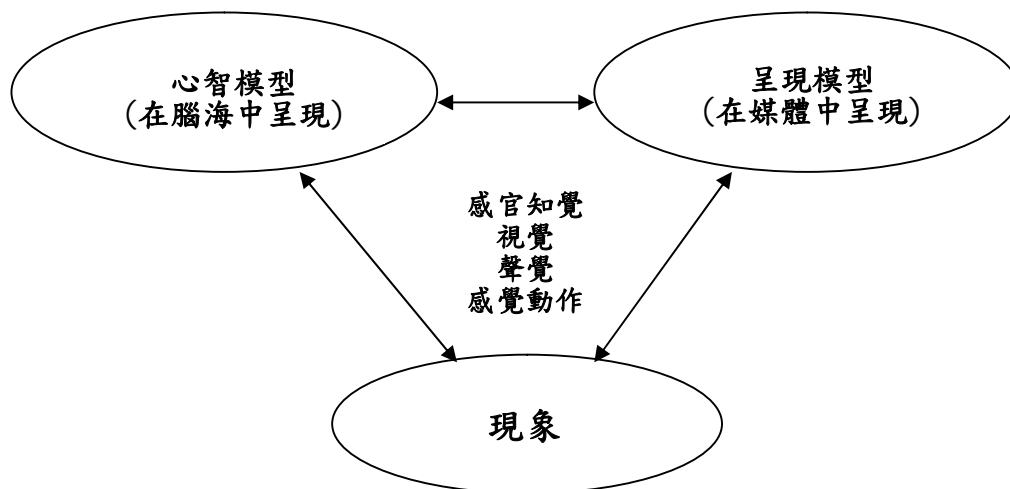


圖1 現象、心智模式和呈現模型的交互作用
Buckley & Boulter(2000)

本研究將多重表徵的想法融入教學活動設計，目的是開發出具體模型教具、電腦動畫與角色扮演活動、師生討論等，將抽象的化學概念轉為實體或動畫，可以幫助學生建立 3D 分子結構的空間概念。並將 E 化教材或多媒體教學軟體與課程內容結合，設計多元的而有趣的電子化教材，讓科學課室的教學多元化、活潑化，以提升學生學習動機及多重表徵轉換的能力。

2. 研究設計

採用準實驗法，設計四種不同的教學法，分別為**動畫組**、**動畫組+具體模型**、**多媒體組+具體模型**、**多媒體+多重表徵模型組**，教學與評量設計如下表 1：

表 1 教學組別與研究流程

| 教學組別 | 教學與評量 | | | | |
|-------------|-------|------|----|------|----|
| 動畫組 | 前測 | 9 節課 | 中測 | 6 節課 | 後測 |
| 動畫組+具體模型組 | | | | | |
| 多媒體+具體模型組 | | | | | |
| 多媒體+多重表徵模型組 | | | | | |

四組的教學設計差異如下表 2：

| 組別 教材 | 動畫組 | 動畫組+具體模型 | 多媒體組+具體模型 | 多媒體+多重表徵模型組 |
|----------|-----|----------|-----------|-------------|
| 電子書+動畫 | V | V | | |
| 多媒體教學 | | | V | V |
| 具體模型 | | V | V | V |
| 多重表徵模型 | | | | V |

註 1:電子書是書商所做的 E 化教材，動畫是採 Chemsketch 軟體(可畫分子結構與立體模型)

註 2:多媒體教學引自台北市 93 年度中小學多媒體教材甄選佳作作品，主題是探討分子軌域與形狀(沈俊卿、李偉新、林世明, 2004)

3. 研究對象

(1)預試階段

預試對象為本校高三自然組共計兩班總計 80 位，於高二已學過化學鍵結與分子結構的相關概念，預測階段的施測對象與正式研究的對象背景相似預測階段的研究工具與正式階段相同，由研究者親自參與，藉此修正題目，做為正式階段之研究工具。

(2)教學對象

教學對象為本校高三自然組共計四班總計 130 位，於高二已學過化學鍵結與有機化合物異構物相關初步概念。

表 3 教學組別與人數

| 組別 | 動畫組 | 動畫+具體模型組 | 多媒體+具體模型 | 多媒體+多重表徵模型 |
|----|-----|----------|----------|------------|
| 人數 | 31 | 33 | 31 | 35 |

4. E 化教學



圖 2.a 探討分子軌域與形狀多媒體教材的主要介面與內容

5. 模型化活動

教師自製 3D 模型教師以保麗龍自製混成軌域模型(見圖 3a-3c)。一般教科書是以圖片呈現混成軌域，較缺乏 3D 的真實感，也無法真實地呈現鍵角的差異性。有些市售的 3D 具體模型雖然具有 3D 效果，但較昂貴且模型過小，不適合上課時展示使用。鑑於以上的缺點，研究者自製大型的 3D 模型，以具體模型配合語文解釋，讓學生了解混成軌域的形狀、方向與鍵角等概念



圖3a. sp 混成軌域模型



圖3b. sp^2 混成軌域模型



圖3c. sp^3 混成軌域模型

6. 教學活動—自製串珠 C₆₀ 分子模型(具體模型)

此活動目標：實驗組學生藉由開放式動手自製分子模型的小組活動，藉由動手做與小組協商的歷程，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。(見圖 4)



圖 4.串珠 C₆₀ 分子模型

7. 角色扮演活動

以角色扮演說明二氧化碳的分子形狀與極性，詳見圖 5:



圖 5 以角色扮演說明二氧化碳是直線分子，是無極性的分子

8. 研究工具

表 4 研究工具的設計要點

| 研究工具 | 設計重點/內容 | 使用的目的 |
|-----------------|---|---|
| 模型本質 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分子/晶體模型的看法 | 以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對分子與晶體結構模型、以何種方式認識分子/晶體模型、模型用途與建模歷程的想法 |
| 概念試題一 (前/後測) | 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)，主要內容為分子與晶體結構與鍵結相關概念 | 1. 瞭解學生認知發展的過程 2. 修正教學內容的依據 3. 分析學生分子/晶體結構概念的演變情形 4. 比較不同教學法成效異同 |
| 概念試題二 (中測) | 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. 分析學生分子/晶體結構概念的演變情形 2. 比較不同教學法成效異同 3. 修正教學內容的依據 |

9. 模型問卷

分為兩部分，第一部分主要參考自邱美虹(2008b)、周金城(2008)、吳明珠(2008)、林靜雯與邱美虹(2008)，從本體論、認識論、方法論三個面向分析學生關於一般(domain-general)模型本質的觀點，施測對象為四個班級的高三學生。邱美虹(2008b)的整合型研究以本體論、認識論、方法論三個面向的理論基礎探究學生對於模型本質的觀點(圖5)，研究發現在本體論方面，學生對模型本質的觀點可區分為三類：對應關係、呈現形式、變化關係(周金城，2008)，在認識論方面有三個類別；個體表徵、過程、情境(吳明珠，2008)；在認知與方法學方面，根據因素分析可以發現學生認為模型功能有三個主要構念：問題解決、了解觀察的現象、連結和發展想法(林靜雯與邱美虹，2008)。

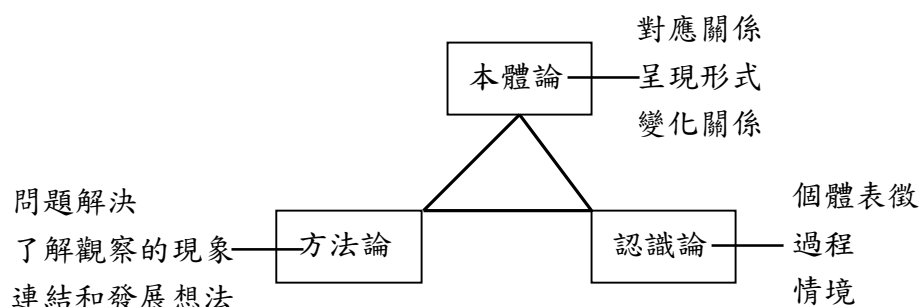


圖 6 學生模型觀點的三面向示意圖

(引自邱美虹，2008b)

本研究則聚焦在學生對於分子與晶體模型 (domain-specific)的看法，問卷共四個面向：模型本質(本體論修改為模型本質)、模型表徵(認識論修改為模型表徵)、模型功用(方法論修改為模型功用)，再加入第四個面向—建模歷程，修改後問卷共 24 小題(每一個

面向 8 小題)(修改自鍾曉蘭, 2010)。所設計之量表為 4 分點式李克氏量表, 其分別為「非常同意」、「同意」、「不同意」、及「非常不同意」。其中, 非常同意記為 4 點, 同意記為 3 點, 以此類推。使用 4 點量表之主因乃強迫學生表示意見, 避免學生選擇中立選項。

第二部份則為開放式簡答題, 以質性的方式探討學生對酸鹼模型本質的想法, 問題如下:

你認為「分子/晶體模型」是什麼?—模型本質面向

什麼型態的表示方式可以稱為「分子/晶體模型」?—模型表徵類型

你能舉出一些日常生活或是書中所謂「分子/晶體模型」的例子?並說明它為什麼可以稱為「分子/晶體模型」?—模型表徵面向

我們平常會使用一些「分子/晶體模型」, 你為什麼要使用這些「分子/晶體模型」呢?
—模型功用的面向

10. 概念試題

(1) 概念試題(一)

概念試題(一)引自鍾曉蘭、謝進生(2009)教育部科教專案發展的工具, 包括概念評量的試題主要是參考文本後, 以一般的紙筆測的方式進行前、後測(教學前、後)。內容分為七個子概念(晶體的類型、網狀共價晶體的特性、離子晶體的特性、金屬晶體的特性、分子間作用力、熔點與沸點的影響因素)。試題形式分為雙層式選擇題 16 題(第一層為單一選擇題、第二層為解釋原因), 多重選擇題十題, 非選擇題三大題組。預試對象為 80 位高三自然組學生(高三時以傳統教學法學習過晶體概念), 試題經預試後, **試題信度(α 值)為 0.87**。雙層式試題由二名任教多年的高中化學教師(具科教背景), 與一位大學化學系教授, 就題目的內容適當性、學科概念上, 做進一步的修正, 以建立研究工具的專家效度。

(2) 概念試題(二)

概念試題(二)引自鍾曉蘭、謝進生(2010)教育部科教專案發展的工具, 包括化學鍵結與分子結構相關概念的試題, 主要是發展出一套於共價鍵、混成軌域、分子形狀與結構方面於的雙層式試題(two-tiered test)。雙層式試題由二名任教多年的高中化學教師(具科教背景), 就題目的內容適當性、學科概念上, 做進一步的修正, 以建立研究工具的專家效度。試題經預試後, **試題信度(α 值)為 0.92**。工具內容主要分為二大部分:

i. 陳敘性知識部分:(詳見表 5)

依子概念又細分為共價鍵、 σ 鍵與 π 鍵、分子結構與分子形狀等四部份; 依認知歷程向度又細分為知識、理解、分析、應用與綜合等五部份; 依表徵類型分為命題、圖像、序列與綜合(命題+圖像)。

表 5 共價鍵結與混成軌域相關概念命題與測驗題號雙向細目表(陳述性知識)

| 主要概念 | 能力指標 (概念內容) | 認知歷程向度 | | | | | 表徵類型 | | | | 題號 | 小題數 |
|---------------------|------------------------|--------|----|----|----|----|------|----|----|----|-------|-----|
| | | 知識 | 理解 | 分析 | 應用 | 綜合 | 命題 | 圖像 | 序列 | 綜合 | | |
| 共價鍵 | 氫氣分子鍵結 | | * | | | | * | | | | 單選 1 | 10 |
| | 乙炔分子鍵結 | | * | | | | | | | * | 單選 8 | |
| | 價鍵原理 | | | | | * | | | | * | 非選 1 | |
| σ 鍵與 π 鍵 | p 鍵與 s 鍵的定義 | * | | | | | * | | | | 單選 3 | 8 |
| | σ 鍵與 π 鍵的重疊 | * | | | | | | * | | | 單選 10 | |
| | π 鍵的共振 | | * | | | | | | | * | 單選 4 | |
| | 與混成軌域的關係 | * | | | | | * | | | | 單選 7 | |
| 分子結構 | 分子結構的判斷 | | | | * | | | | | * | 單選 2 | 10 |
| | 分子結構的表徵 | | | * | | | | * | | | 單選 6 | |
| | 順反異構物 | | | * | | | | * | | | 非選 2 | |
| 分子形狀 | 分子形狀的判斷 | | * | | | | | | | * | 單選 5 | 8 |
| | 分子形狀與鍵角 | | | | * | | | | * | | 單選 9 | |
| | 分子形狀與鍵角 | | | | * | | | | * | | 非選 3 | |
| | 分子形狀與鍵角 | | | | * | | | | * | | 非選 5 | |
| 小計 | | 6 | 8 | 8 | 8 | 6 | 6 | 10 | 6 | 14 | 小計 | 36 |

註:單選題含選擇與說明,以兩小題計算;非選 2 包含 3 個問題及說明部份,以 6 小題計算

ii. 程序性知識部分:(詳見表 6)

依解題所需的程序性知識再分為同電子律、VSEPR 理論。

表 6 混成軌域、異構物與製備、檢驗等概念命題與測驗題號雙向細目表(程序性知識)

| 主要概念 | 概念內容 | 題號 | 小題數 |
|--------------|--------------------|------|-----|
| 混成軌域、分子形狀與極性 | 依同電子律來判斷分子的形狀 | 非選 4 | 8 |
| | 依 VSEPR 來判斷混成軌域的類型 | 非選 6 | 3 |
| | 依 VSEPR 來判斷分子的形狀 | 非選 6 | 3 |
| | 依 VSEPR 來判斷分子的極性 | 非選 6 | 3 |
| 小計 | | | 17 |

10. 研究流程

本研究流程分為準備、預試、教學、分析與撰寫五個階段,詳見下圖 6:



圖 6 研究流程圖

11. 資料處理與分析

(1)分析形成性評量結果

- ①將四組學生一系列的評量結果利用 SPSS 進行顯著性分析(ANOVA 與 ANCOVA test)
- ②分析前後測的概念試題(一)中四組學生迷思概念的改變情形
- ③分析中測概念試題(二)中四組學生認知發展的情形，藉以比較不同教學法對於學生學習歷程的影響有何異同。

(2)分析模型問卷

- ①將四組實驗組學生的模型問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，並進一步使用 SPSS 進行因素分析。
- ②將四組學生模型問卷初步分析結果利用 SPSS 進行因素分析

四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

目前計畫已完成 **95%**的進度，研究進度目前進展至階段五，已完成學習成效分析與部分的結案報告。未來要進行模型問卷的分析與各組學生概念改變的分析，最後進行整體的資料分析與撰寫報告。

五、研究成果

(一) 教學成效分析

1. 前、後測的正確性分析與顯著比較

以 ANOVA test 進行四組學生之前測總分的顯著性考驗，考驗結果為 $F(2, 128)=9.48$, $p=.000<.001$ ，顯示教學前四組學生在分子與晶體結構相關概念已存在顯著差異(見表 7)，以 LSD 進行事後考驗，結果為 #4(多媒體與多重表徵模型組, N=35)與 #3(多媒體與具體模型組, N=31)兩組之間無顯著差異，#2(動畫與具體模型組, N=33)與 #1(動畫組, N=31)兩組之間亦無顯著差異，但兩組實驗組顯著優於兩組對照組。在概念、解釋與建模能力等次項目的顯著考驗亦達顯著差異，詳見表 7 之前測事後考驗部分。

後測以前測為共變數，進行 ANCOVA test 之四組學生後測總分的顯著性考驗，考驗結果為 $F(2, 128)=35.64$, $p=.000<.001$ ，顯示經過不同教學活動後，四組學生在分子與晶體結構相關概念仍呈現顯著差異，以 LSD 進行事後考驗，結果為#4(多媒體與多重表徵模型組)表現顯著優於其他三組，#3(多媒體與具體模型組)與#2(動畫與具體模型組)兩組之間無顯著差異，但兩組亦顯著優於#1(動畫組)。

概念、解釋與建模能力等次項目的顯著考驗亦達顯著差異，詳見表 7 之後測事後考驗部分。後測概念部分多媒體與多重表徵模型組顯著優於兩組對照組，其它三組之間則無顯著差異，顯示不同教學活動對概念的表現影響差異最小。解釋部分四組之間皆達顯著差異: 多媒體與多重表徵模型組>多媒體與具體模型組>動畫與具體模型組>動畫組，顯示不同教學活動對解釋的表現影響差異最大。建模能力部分: 多媒體與多重表徵模型組>多媒體與具體模型組>動畫與具體模型組=動畫組，顯示不同教學活動對建模能力的表現仍達顯著差異，僅兩組對照組之間無顯著差異。

四組前、後測的進步情形，以概念部分進步最明顯，解釋部分進步最少，顯示除多媒體與多重表徵模型組之外，其它三組即使經過不同教學活動後，解釋與建模能力仍待加強，得分情形見圖 7。

表 7 四組學生前、後測各項分數與組間顯著考驗

| | | #1(N=31) | | #2(N=33) | | #3(N=31) | | #4(N=35) | | 顯著考驗 | | 事後考驗 |
|----|---|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|-------|------|----------|
| | | Ave. | SD | Ave. | SD | Ave. | SD | Ave. | SD | F | p | LSD |
| 概念 | 前 | 24.3 | 3.70 | 25.2 | 4.73 | 30.5 | 4.39 | 28.9 | 4.28 | 15.02 | .000 | 4≐3>2≐1 |
| | 後 | 30.0 | 6.42 | 32.9 | 5.35 | 36.6 | 7.86 | 38.4 | 6.91 | 5.04 | .002 | 4>2, 4>1 |
| 解釋 | 前 | .40 | .70 | 1.15 | 1.44 | 1.90 | 1.64 | 1.61 | 2.48 | 4.57 | .005 | 4≐3≐2>1 |
| | 後 | 1.47 | 1.41 | 2.68 | 1.94 | 3.98 | 3.07 | 12.9 | 3.00 | 143.3 | .000 | 4>3>2>1 |
| 建模 | 前 | 5.85 | 2.54 | 5.91 | 2.85 | 4.08 | 2.19 | 7.39 | 2.91 | 8.37 | .000 | 4>2≐1>3 |
| | 後 | 6.44 | 2.47 | 7.38 | 3.40 | 7.87 | 3.14 | 13.9 | 4.21 | 28.44 | .000 | 4>3>2≐1 |
| 總分 | 前 | 30.6 | 5.19 | 32.2 | 6.42 | 36.5 | 6.32 | 37.9 | 7.47 | 9.48 | .000 | 4≐3>2≐1 |
| | 後 | 37.9 | 8.98 | 43.0 | 8.18 | 48.4 | 11.9 | 65.3 | 9.97 | 35.64 | .000 | 4>3≐2>1 |

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: #1: 動畫組 #2: 動畫+具體模型組 #3: 多媒體+具體模型組 #4: 多媒體+多重表徵模型組

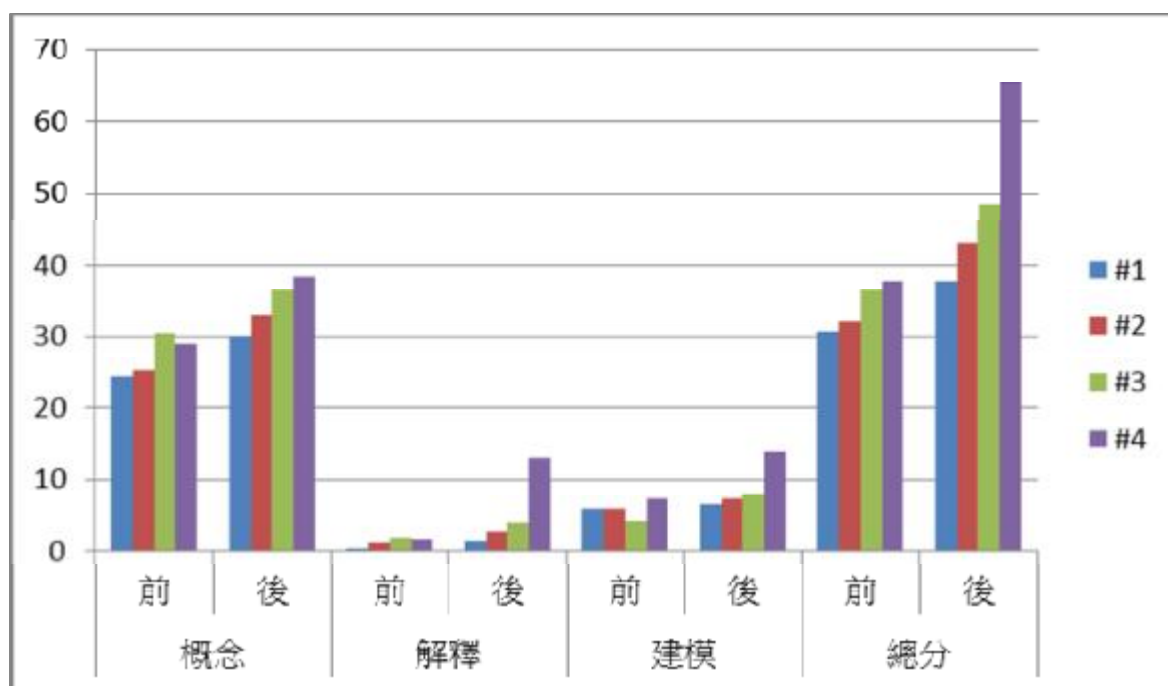


圖 7 四組前測、後測總分與概念、解釋與建模能力的得分情形

2. 中測的正確性分析與顯著性比較

以前測總分為共變數，進行 ANCOVA test 之四組學生中測總分的顯著性考驗，考驗結果為 $F(2, 128)=16.85, p=.000<.001$ ，顯示經過不同教學活動後，四組學生在**共價鍵、混成軌域、分子形狀、結構**的相關概念已達顯著差異(見表 8)，以 LSD 進行事後考驗，結果為:多媒體與多重表徵模型組>多媒體與具體模型組>動畫組，#3 與#2、#2 與#1 兩兩之間無顯著差異。

概念部分以前測概念得分為共變數，進行 ANCOVA test 之四組學生中測概念的顯著性考驗，考驗結果為 $F(2, 128)=28.57, p=.000<.001$ ，顯示經過不同教學活動後，四組學生在**共價鍵、混成軌域、分子形狀、結構**的亦達顯著差異(見表 8)，以 LSD 進行事後考驗，結果為:多媒體與多重表徵模型組>多媒體與具體模型組>動畫組與具體模型組 \equiv 動畫組，#2 與#1 兩組之間無顯著差異。分析結果顯示多媒體有助於學生系統性學習「**共價鍵、混成軌域、分子形狀、結構**」相關概念。

解釋部分以前測解釋得分為共變數，進行 ANCOVA test 之四組學生中測解釋的顯著性考驗，考驗結果為 $F(2, 128)=17.97, p=.000<.001$ ，顯示經過不同教學活動後，四組學生在**共價鍵、混成軌域、分子形狀、結構**的解釋能力亦達顯著差異，以 LSD 進行事後考驗，結果為:多媒體與多重表徵模型組>多媒體與具體模型組 \equiv 動畫組與具體模型組 \equiv 動畫組，#3、#2 與#1 三組之間無顯著差異。分析結果顯示多重表徵的模型活動較具體模型有助於學生提升其解釋能力，得分情形見圖 8。

表 8 四組學生中測各項分數與組間顯著考驗

| | #1(N=31) | | #2(N=33) | | #3(N=31) | | #4(N=35) | | 顯著考驗 | | 事後考驗 |
|----|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|-------|------|---------|
| | Ave. | SD | Ave. | SD | Ave. | SD | Ave. | SD | F | p | LSD |
| 概念 | 20.1 | 8.99 | 24.9 | 11.46 | 32.3 | 13.81 | 43.6 | 8.42 | 28.57 | .000 | 4>3>2≡1 |
| 解釋 | 7.4 | 5.28 | 9.1 | 6.49 | 12.4 | 9.00 | 20.4 | 9.31 | 17.97 | .000 | 4>3≡2≡1 |
| 總分 | 27.5 | 12.73 | 34.0 | 17.47 | 44.7 | 22.22 | 64.0 | 16.87 | 16.85 | .000 | 4>3>1 |

註 1: 概念滿分: 60 解釋滿分: 40 總分:100

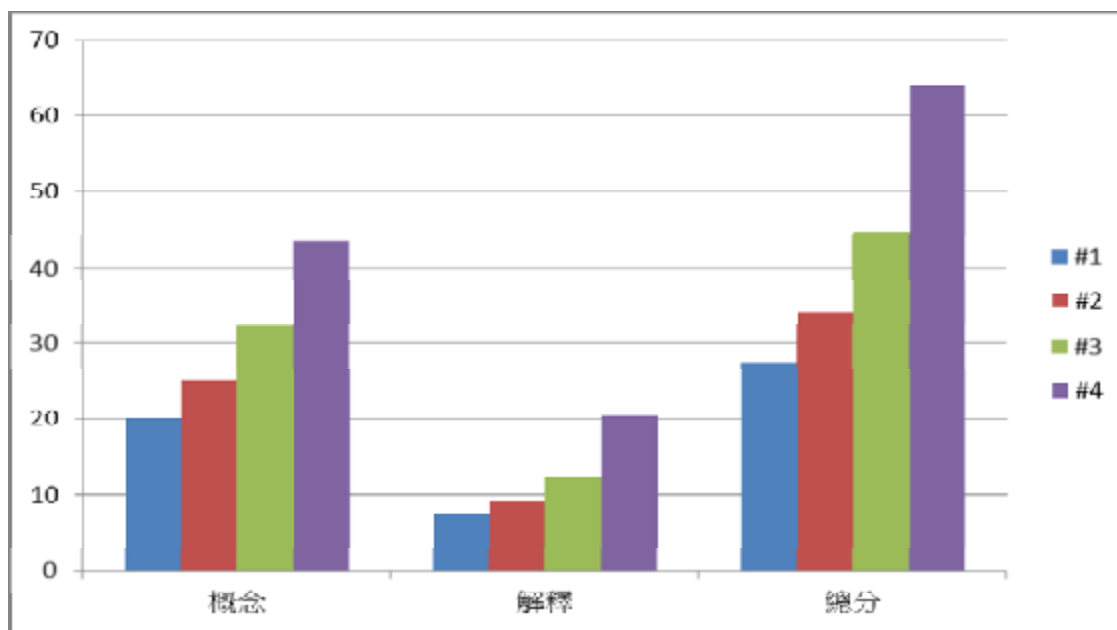


圖 8 四組中測總分與概念、解釋的得分情形

(二) 學生迷思概念的改變與學習困難的分析

1. 中測學生迷思概念與學習困難的分析

此部分的分析主要是根據答對百分比在 40% 以下的題目或概念進行質性與量化分析，嘗試找出學生經學習過後仍存在的迷思概念，主要迷思概念整理如表 9。

47.4% 的學生無法判斷出 s 軌域是沒有方向性的，因此誤認為混成後 s 軌域參與混成後可影響混成軌域之方向。混成作用為軌域之混合發生於一個原子上，有 26.3% 的學生誤將鍵結時軌域的重疊當作是兩個原子之間軌域的混成作用。

36.8% 的學生認為相同形狀的分子，其原子的價電子總數必相同，學生無法找出適當的反例予以反駁，如乙炔與二氧化碳皆為直線形，但其原子的價電子總數並不相同。26.3% 的學生無法依題目的提示推論出分子中所有原子的價電子總數為 24 者，為平面三角形，8.0% 的學生無法推論出 NO_2^- 是角形，反而誤認為是直線形。

近六成的學生不清楚 π 鍵的共振的原理，有 34.2% 的學生無法說明共振的情形或理由，而有 31.6% 的學生認為石墨可導電是因為 π 電子的移動，因而誤認為不導電的物質即不具有共振結構。

23.6%的學生無法判斷出電負度對於鍵角的影響，認為 S 電負度 < O 而導致鍵角 $H_2S > H_2O$ ，31.6%則忽略了電負度的影響而認為只要是角型，則鍵角皆相等。15.8%的學生未畫出或未說明出分子形狀，因而未詳細作答。

表 9 學生在教學後仍存在的迷思概念(N=130)

| 子概念 | 迷思概念(%) |
|------------|---|
| 混成軌域 | s 軌域參與混成後可影響混成軌域之方向(47.4%) 混成作用為軌域之混合發生於兩個以上原子之間(26.3%) |
| 分子結構及形狀 | 相同形狀的分子，其原子的價電子總數必相同(36.8%) 無法推論出分子中所有原子的價電子總數為 24 者，為平面三角形(26.3%) 無法依題目提示推論出 NO_2^- 是角形(8.0%) |
| π 鍵的共振 | 無法說明共振的情形或理由(34.2%) 不導電的物質即不具有共振結構(31.6%) |
| 分子形狀與鍵角 | 認為 S 電負度 < O 而導致鍵角 $H_2S > H_2O$ (23.6%) 認為 H_2S 與 H_2O 皆為角形，故鍵角皆相等(31.6%) 無法畫出分子形狀(15.8%) |
| 順反異構物 | 將 CH_2Cl_2 畫成平面形而誤認有順反異構物(52.6%) 將 CH_2Cl_2 畫成二氯乙烯而誤認有順反異構物(5.3%) 將 N_2F_2 畫成直線形而誤認沒有順反異構物(55.3%) 將 N_2H_4 畫成平面形而依據 $A=B$ 而判斷出沒有順反異構物(62.8%) |
| 同電子律 | 不會計算分子中原子的價電子總數(31.6%) 不了解同電子律(完全未作答，23.6%) |
| VSEPR 理論 | 不了解 VSEPR 理論(完全未作答，26.3%) 算錯孤對電子數(23.6%) 畫錯孤對電子的位置而誤判分子形狀及極性(13.2%) |

在順反異構物的判斷方面，學生雖然了解 π 鍵不能繞軸旋轉，而 σ 鍵可以，因而烯類(雙鍵)或環烷類可能存在順反異構物，但答題時仍呈現出許多迷思概念。52.6%的學生將 CH_2Cl_2 畫成平面形而誤認有順反異構物，55.3%將 N_2F_2 畫成直線形而誤認沒有順反異構物，62.8%將 N_2H_4 畫成平面形而依據 $A=B$ 而判斷出沒有順反異構物(如下圖 9 所示)。

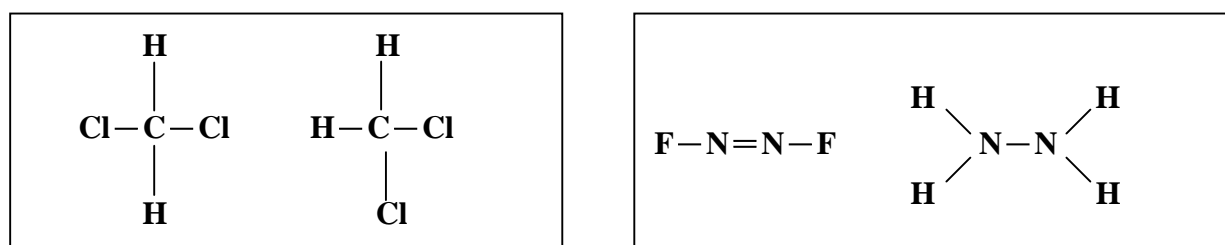


圖 9 學生錯誤作答示意圖(一)

在程序性知識的答題方面，有近四分之一的學生不清楚同電子律與 VSEPR 理論究

竟為何，因此完全未作答，31.6%的學生無法明確地計算出分子中原子的價電子總數，即使答對第一層的答案，卻無法解釋或說明其原因。有 23.6%的學生算錯孤對電子數目，因而對混成軌域與分子形狀判斷錯誤。13.2%的學生放錯孤對電子的位置而誤判分子形狀及極性，如將 ClF_3 畫成平面三角形，而認為其無極性(下圖 10 所示)。

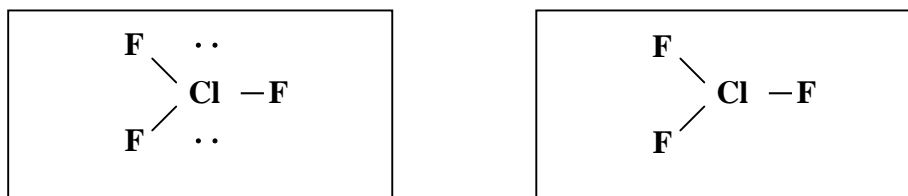


圖 10 學生錯誤作答示意圖(二)

(三) 模型問卷分析

本研究則聚焦在學生對於分子與晶體模型 (domain-specific)的看法，問卷共四個面向：模型本質(本體論修改為模型本質)、模型表徵(認識論修改為模型表徵)、模型功用(方法論修改為模型功用)，再加入第四個面向—建模歷程。所設計之量表為 4 分點式李克氏量表，其分別為「非常同意」、「同意」、「不同意」、及「非常不同意」。其中，非常同意記為 4 點，同意記為 3 點，以此類推。

1. 學生對晶體模型的「模型本質」的看法

四組學生在教學後對晶體模型的「模型本質」的看法有一些共通的趨勢：認為「晶體結構相關的概念，只有一個正確的晶體模型能給予解釋」的同意度較低，四組學生已發展出晶體模型不一定只有一種正確模型；認為「晶體模型可以是晶體結構的部分呈現」、「晶體模型是可以隨著科學新知而改變」的同意度較高。四組學生認為晶體模型可以部分對應，而非是實體的複製品，此外也認為晶體的概念會隨著科學新知的演變而改變，科學是隨著時間發展的，而非固定不變的知識或概念。

表 10 晶體模型問卷中「模型本質」之學生想法分析

| 題號 | 試題內容 | #1 | #2 | #3 | #4 |
|----|-----------------------------------|------|------|------|------|
| 1 | 我認為晶體模型可以是晶體結構的複製品 | 2.86 | 2.70 | 2.94 | 3.00 |
| 2 | 我認為晶體模型可以是晶體結構的部分呈現 | 3.47 | 3.18 | 3.39 | 3.37 |
| 3 | 我認為晶體模型必須完全對應晶體結構的結構、性質與關係 | 2.86 | 2.61 | 2.84 | 2.77 |
| 4 | 我認為晶體模型可以只對應部分晶體結構的結構、或性質、或關係 | 2.86 | 2.91 | 2.97 | 3.09 |
| 5 | 我認為晶體模型可以是晶體結構或現象經過長時間演變的結果 | 3.05 | 2.91 | 3.03 | 2.94 |
| 6 | 我認為晶體結構相關的概念，只有一個正確的晶體模型能給予解釋 | 2.25 | 2.18 | 2.30 | 2.14 |
| 7 | 我認為目前教科書中的晶體概念，僅是歷史發展中的多種晶體模型其中之一 | 3.14 | 2.91 | 3.13 | 3.11 |
| 8 | 我認為晶體模型是可以隨著科學新知而改變 | 3.48 | 3.21 | 3.48 | 3.46 |

2. 學生對晶體模型的「模型表徵」的看法

四組學生在教學後對晶體模型的「模型表徵」的看法有一些共通的趨勢：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，特別是對於「透過語文可以呈現晶體模型」的同意度最低；認為實體、圖像、動畫模擬可以呈現晶體模型的同意度較高。資料分析顯示學生仍然偏向以視覺、具體表徵來呈現晶體模型。

表 11 晶體模型問卷中「模型表徵」之學生想法分析

| 題號 | 試題內容 | #1 | #2 | #3 | #4 |
|----|-------------------|------|------|------|------|
| 9 | 我認為透過語文可以呈現晶體模型 | 2.40 | 2.18 | 2.37 | 2.37 |
| 10 | 我認為透過符號可以呈現晶體模型 | 2.85 | 2.45 | 2.81 | 2.81 |
| 11 | 我認為透過實體可以呈現晶體模型 | 3.57 | 3.03 | 3.48 | 3.48 |
| 12 | 我認為透過圖像可以呈現晶體模型 | 3.43 | 3.03 | 3.29 | 3.31 |
| 13 | 我認為透過動作可以呈現晶體模型 | 2.91 | 2.21 | 2.94 | 2.97 |
| 14 | 我認為透過動畫模擬可以呈現晶體模型 | 3.52 | 3.21 | 3.48 | 3.46 |
| 15 | 我認為透過鍵結理論可以呈現晶體模型 | 3.33 | 2.74 | 3.19 | 3.00 |
| 16 | 我認為透過數學關係來呈現晶體模型 | 2.90 | 2.18 | 2.87 | 2.46 |

3. 學生對晶體模型的「模型功用」的看法

四組學生在教學後除#2對晶體模型的各種功用同意度較低，其他三組同意度多偏高，大部分學生是非常同意與同意的看法。四組對於「晶體模型的功能是可以模擬晶體結構或鍵結的實際情形」的共同的同意度最高。大部分學生認同模型的功用可以用來描述晶體結構或鍵結關係，進行解釋與推理。

表 12 晶體模型問卷中「模型功用」之學生想法分析

| 題號 | 試題內容 | #1 | #2 | #3 | #4 |
|----|-------------------------------|------|------|------|------|
| 17 | 我認為晶體模型的功能是可以描述晶體結構或鍵結的關係 | 3.38 | 2.94 | 3.32 | 3.23 |
| 18 | 我認為晶體模型的功能是可以提供一個參考標準讓我進行判斷 | 3.29 | 2.97 | 3.29 | 3.40 |
| 19 | 我認為晶體模型的功能是可以解釋晶體結構或鍵結的關係 | 3.43 | 2.91 | 3.35 | 3.29 |
| 20 | 我認為晶體模型的功能是可以用來進行推理 | 3.38 | 2.82 | 3.32 | 3.31 |
| 21 | 我認為晶體模型的功能是可以用來解決問題 | 3.09 | 2.79 | 3.06 | 3.14 |
| 22 | 我認為晶體模型的功能是可以用來溝通想法 | 3.10 | 2.73 | 3.13 | 3.14 |
| 23 | 我認為晶體模型的功能是可以模擬晶體結構或鍵結的實際情形。 | 3.38 | 3.06 | 3.26 | 3.34 |
| 24 | 我認為晶體模型的功能是可以預測晶體結構或鍵結關係的未來發展 | 3.05 | 2.97 | 3.06 | 3.03 |

4. 學生對晶體模型的「建模歷程」的看法

四組學生在教學後對晶體模型的「建模歷程」的看法有一些共通的趨勢：多半同意

「因為使用目的不同而選擇不同的晶體模型(模型選擇)」、「晶體模型的建立應包含晶體的組成、結構與關係(模型建立)」、「用不同的方法檢驗模型，當描述或解釋產生不一致時，須修正晶體模型(模型效化)」、「一個能有效解決問題的晶體模型，仍然需要進一步思考其解題範圍與限制(模型限制)」、「當晶體模型無法有效解決問題時，應重新建立新的晶體模型(模型重建)」。但四組學生對於「可以用量化關係來分析晶體模型的正確性」同意度較低，與「透過數學關係來呈現晶體模型」的同意度呈現一致偏低，這部分是四組學生跟科學家想法不同之處，顯示學生對於晶體模型的結構與關係停留在質性的描述，尚未進入到量化的關係。

表 13 晶體模型問卷中「建模歷程」之學生想法分析

| 題號 | 試題內容 | #1 | #2 | #3 | #4 |
|----|--|------|------|------|------|
| 25 | 我認為針對同一個晶體結構或鍵結關係，會因為使用目的不同而選擇不同的晶體模型 | 3.24 | 3.09 | 3.19 | 3.54 |
| 26 | 我認為晶體模型的建立應包含晶體的組成、結構與關係。 | 3.38 | 3.21 | 3.35 | 3.26 |
| 27 | 我認為可以用量化關係來分析晶體模型的正確性 | 2.95 | 2.61 | 2.97 | 2.89 |
| 28 | 我認為用不同的方法檢驗模型，當描述或解釋產生不一致時，須修正晶體模型。 | 3.10 | 3.15 | 3.16 | 3.37 |
| 29 | 我認為可以用公認的晶體模型當標準，以幫助我判斷同類型其他問題的解答是否適當。 | 3.28 | 2.94 | 3.26 | 3.40 |
| 30 | 我認為遇到全新的問題情境時，可由已有的晶體模型中尋找啟發以解決問題。 | 3.33 | 2.85 | 3.32 | 3.40 |
| 31 | 我認為一個能有效解決問題的晶體模型，仍然需要進一步思考其解題範圍與限制。 | 3.30 | 3.12 | 3.12 | 3.49 |
| 32 | 我認為當晶體模型無法有效解決問題時，應重新建立新的晶體模型 | 3.10 | 3.02 | 3.03 | 3.20 |

(四) 教學活動設計與分析

1. E化教材的發展--OneNOTE 筆記(設計教師：彭立浩老師)

傳統透過電腦的 E 化教學活動，在教師端的部分，主要是藉由簡報軟體如 Powerpoint 的模式進行。但由於化學科的屬性不同於語文科目，除了有知識性的內容需要傳達，也有演算過程需要示範，只是用簡報形式顯然不足，傳統板書形式在演算示範，還是有其存在的價值。當然，這時可以藉由電子白板的協助，達到 E 化的目的，但可惜電子白板並不普及，成本也高，虛擬電子白板又需安裝軟體，操作複雜，增加老師的負擔，也增加了推廣的難度。

於是乎我們需要發展出不同於以往的 E 化教學方式，既能保留板書的表達形式，也能利用電腦的聲光多媒體的效果，吸引同學的目光，讓同學樂於學習，更要藉由電腦，將抽象的概念具象化，將想像中微觀世界，呈現在眼前。經過長時間的發展，目前的 E 化教學的授課模式，主要藉由微軟的 OFFICE 中的 NOTE 筆記本程式，作為上課的媒介，將原本 ppt 簡報系統的內容，利用列印的方式，轉入筆記本。

在筆記本程式中，雖然沒有簡報系統中的動畫效果，但內容可以很容易地縮放而不失真，講課中可以放大畫面，方便聚焦在講授的內容部分，同時有各種的電子筆，可

在畫面上劃記、標註重點，也可以在畫面中繪圖或加註筆記，更可插入影片、動畫、分子模型等媒體的連結，讓媒體的使用更流暢、更自然！

I OneNOTE 筆記基本使用方式介紹



圖 10 OneNOTE 筆記基本使用方式介紹

2. 多媒體與多重表徵模型組教學策略

多媒體與多重表徵模型組教學策略如下(詳見表 14 的部分範例):

- (1) 先為概念下明確的定義：以直接、簡單的方式敘述晶體的定義，並讓學生自身經驗進行晶體類型的分類，進行觀念的釐清。
- (2) 說明模型的一些重要概念：舉曾經教過的理論或模型為例(如波以耳定律)，說明模型的要素—成分和關係，並強調條件限定在使用模型時的重要性，而且告訴同學，模型不能濫用，應該配合情況選擇適當的模型來做應用。
- (3) 從模型的要素或成分切入，讓同學建立某種晶體的模型(或理論)：說明模型的組成與成分之間的關係。
- (4) 從不同表徵的模型活動強化或修正學生的概念：使用具體模型讓學生瞭解鍵結與空間關係、角色扮演讓學生體驗鍵結與整體分子的極性、全班性的活動讓同學建立聚合物形成的過程與反應機制。
- (5) 提供學生應用模型的機會：讓學生從小組發表活動中表達其想法，增強學生的解釋能力，同時由師生共同討論中釐清學生的迷思概念。

表 14 多媒體與多重表徵模型組教學活動範例

| | | | |
|----------------------------|------------------------------|---|--------------|
| 為 晶 體 下 定 義 | 以直接、 簡單的方 式敘述晶 體的定義 | <p>「我們要建的是什麼模？晶體的模型。」「所以，我們要先為晶體下一個定義，什麼叫做晶體？」</p> <p>(老師先告訴學生，雖然晶體的介紹在第 3 小節，但先了解晶體後將有助於本章其他部分的教學與理解，故先教此節)</p> <p>「固態又分成兩種：有堆積固定的情況稱為晶體；在凝固的過程中你並沒有那種固定堆積的情況就不叫做晶體。」</p> <p>「比如說：人算不算晶體？」</p> <p>「不行，因為你的身體有一定的堆積方式嗎？」「應該沒有</p> | 「算」 「不一定」 |
|----------------------------|------------------------------|---|--------------|

| | | | |
|----------|-----------------------|---|---|
| | | <p>吧！」(老師以脂肪為例，說明人體沒有固定的堆積方式，所以不算固體)</p> <p>「那玻璃算不算晶體？」</p> <p>「有人說他是過冷的液體，還有一件事，他是混合物。」「那你想想看玻璃會不會有固定的堆積方式？」</p> <p>「所以，你要先區別晶體跟非晶體。一刀切下去，我們今天要討論的不是那些非晶體。」</p> <p>「而是固定、有一定堆積方式的晶體。」「所以，下次就不要再討論玻璃囉。」</p> <p>「可是晶體又分成幾類？」</p> <p>「哪四種？」</p> <p>(老師複誦學生的回答，並將晶體的種類書寫在黑板上)「最後一個是大家比較少聽到的分子晶體。」</p> | <p>「不算(晶體)」</p> <p>「沒有(固定的堆積方式)」</p> <p>「四種」</p> <p>「離子、共價網狀、金屬、分子晶體」</p> |
| | 說明模型的一些重要概念 | <p>「大家想我這樣教幹麻，我這樣教法很清楚可以告訴大家，你就可以很清楚的區分，誰是離子晶體、誰是共價網狀晶體。」</p> <p>「因為我們說過建立模型不是隨便亂建立的。首先你一定要先找到他組成的什麼？成分，之後是不是還有關係。」(舉波以耳定律為例說明建模的要素—成分和關係，並強調條件限定在使用模型時的重要性。而且告訴同學，模型不能濫用，應該配合情況選擇適當的模型來做應用。)</p> <p>「條件要確定清楚，如果沒有確定好條件，就會用錯模型。」(舉二年級做探究實驗教學時的例子，再次說明選擇適當理論的重要性。並複習列沙特勒原理和電池的概念。)</p> <p>「所以今天我們要建立什麼是晶體模型。什麼叫共價網狀晶體，什麼是金屬晶體。」</p> | |
| 建立離子晶體模型 | 從模型的要素切入，讓同學建立離子晶體的模型 | <p>「那第一件事一樣要找到他的什麼？」</p> <p>「第二件事情是什麼，重要的關係。一樣，我們找到他的成分和關係後，第三件事情要找到他的特性。」</p> <p>「因為，他的特性找到之後你才能指稱，他是離子晶體還是分子晶體。」</p> <p>「我問各位，離子晶體有什麼成分？」</p> <p>「換言之，你要看得出來他是由金屬跟非金屬。可是，你是用金屬跟非金屬的原子去建結的嗎？」</p> <p>「首先你要先把金屬變成陽離子，非金屬變成陰離子。」「所以顧名思義，你要判斷他是離子晶體，你要判斷他的化學式裡面要有陽離子跟陰離子。」(大略說明離子晶體化學式的表示法—陽離子在前，陰離子在後。)</p> <p>(以 NaCl 為例，再次說明離子化合物的組成成分為離子，而非原子。)</p> | <p>「(離子晶體)成分」</p> <p>「金屬與非金屬」</p> <p>「不是(直接以原子建結)」</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>「所以，他的關係是在於用什麼？」「先前就有得失電子，但是後來他就是由陽離子跟陰離子之間的什麼靜電力？」「所以，我們就稱之為什麼建結？」</p> <p>「離子鍵吧！所以，離子晶體裡面一定有離子鍵。」「可是，少部分的離子晶體也有……？」</p> <p>(以氯化銨為例，說明離子晶體裡面可同時擁有離子鍵和共價鍵。但是在講述離子晶體的時候比較強調離子鍵。)</p> <p>「就是用離子鍵去形成離子晶體的，所以，他成份跟成分之間最重要的作用力就是什麼？三個化學鍵中的哪一個？」</p> <p>(大略說明化學鍵的種類)</p> <p>「這邊的建結是離子鍵」</p> | <p>「得失電子」</p> <p>「庫倫」</p> <p>「共價鍵」</p> <p>(?)</p> <p>「共價鍵」</p> |
|--|---|--|

六、討論及建議 (含遭遇之困難與解決方法)

(一) 具體成果及效益

1. 了解學生的先前知識、學生的知識表徵類型及對現象的解釋模式有助於教學活動的設計，所設計的教學活動應可促進學生科學學習與進行概念改變。四組前、後測的進步情形，以概念部分進步最明顯，解釋部分進步最少，顯示除多媒體與多重表徵模型組之外，其它三組即使經過不同教學活動後，解釋與建模能力仍待加強。完成多重表徵模型教學活動及教材設計並將成果應用在教學上，的確能幫助高三學生在的化學鍵結、分子結構與晶體相關概念科學學習與概念改變。
2. 藉由動手做與小組協商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。
3. 教師將多重表徵與教學內容、教材與教法作巧妙的融合及精心的設計後，呈現在課室的學習活動中，將有助於學生增進多重表徵轉換的能力，讓學生達到知識整合的有意義的科學學習。

(二) 建議

本研究根據研究結果，對科學教學活動、教材設計的改進等提出以下的建議：

1. 具體模型教具與角色扮演活動的開發

在本研究中，研究者將自製的分子模型設計成具體混合模型及動作模型，將抽象的微觀概念轉為實體或角色扮演活動，可以幫助學生對於共價鍵與分子結構相關概念的理解，的確能有效的幫助學生在「**化學鍵、分子混成軌域、分子形狀與晶體結構**」的科學學習與概念改變。建議科學教師教師在設計呈現模型前要先瞭解現象(phenomenon)與呈現模型之間的對應(包括相似的部分與模型限制的部份)，才能使呈現模型與目標的現象達到一致性。教師在設計各種呈現模型之前，必須要思考呈現模型中每一個物件與現象中的物體的對應關係、意涵是否適宜及正確，當教師提供的表徵、呈現模型與現象的結構、行為與機制的訊息達成一致時，呈現模型則可以幫助學生進行以模型為基礎的學習。

2. 在課室的活動中融入師生團體討論以提升師生之間的互動

學生認為「師生討論可以釐清一些難懂的觀念」、「從師生討論活動中，才能真正了解在上什麼」、「可以讓老師了解我們的看法，並且促使我們反覆思考之前學過的內容」等，若能將課室活動中善加運用師生團體討論，將有助於學生釐清想法，促進學生的科學學習成效。

3. 將多重表徵的模型與建模教學活動融入教學策略

建議科學教師在課室活動中可以採用建模與多重表徵的模型教學，幫助學生藉由呈現模型與不同表徵之間的交互作用，來觀察並進一步瞭解現象中所蘊含的科學模型，藉以動態修正或精緻化個人的心智模式(Gobert, Snyder & Houghton, 2002; Nersessian, 1999; Gobert, 1994)，進而促進學生在建模的歷程中形成適當的表徵，用模型表達個人的想法、進行溝通乃至於解決問題，學生在建模歷程中同時伴隨著心智模型的修正與精緻化的過程(Justi & Gilbert, 2002)。

(三) 檢討

1. 因高三教學的時間較預期長，且教學內容較預期深入而複雜，研究人力不足下取消原本計畫中研究一具體模型對高二有機概念學習的影響。
2. 晤談學生不易找到合適的時間，故取消晤談的設計，改聚焦在學生概念試題的深入分析。
3. 目前初步試題分析發現學生的解釋與建模能力亟待加強。

七、參考資料

中文文獻

- 呂益準(2005)：以混成軌域之電腦多媒體教導學生判斷分子形狀。國立台灣師範大學化學研究所碩士論文（未出版）。
- 邱美虹、傅化文（民 82）：分子模型與立體化學的解題。**科學教育學刊**，第一卷第二期，161-188 頁。
- 邱美虹、廖焜熙(民 85)：立體化學與空間能力。**化學**，第五十二卷第二期，145-151 頁。
- 邱美虹（2007）：模型與建模能力之理論架構。論文發表於中華民國第二十三屆科學教育學術研討會。2007 年 12 月 13-15 日。高雄：國立高雄師範大學。
- 邱美虹（2008）：化學教育中建模模式的研發與實踐—子計畫四——以認知師徒制及建模教學探討建模能力與歷程對學生學習物質科學中「氧化與還原」與「電化學」之影響結案報告（未出版）。
- 邱顯博(2002)。國二、國三學生的擴散作用概念與概念改變之研究。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 金必耀，莊宸，左家靜(2008)。串珠分子模型的美妙世界。**化學**，第六十六卷第一期，73-92 頁。
- 吳明珠(2004)。從科學史中理論模型的發展暨認知學心智模式探討化學概念的理解—層析理論的模型化案例。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文（未出版）。
- 陳婉茹(2004)。探討動態類別對於化學平衡概念學習之研究—八年級學生概念本體及心智模式之變化。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 陳盈吉(2004)：探究動態類比對於科學概念學習與概念改變歷程之研究—以國二學生學習氣體粒子為例。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 劉俊庚（2002）。迷思概念與概念改變教學策略之文獻分析—以概念構圖和後設分析模式探討其意涵與影響。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 鍾曉蘭，邱美虹(2006)。探究高二學生理想氣體中混合氣體的心智模式與概念改變。論文發表於中華民國第 22 屆科學教育學術研討會，2006.12.15-16,台北。
- 鍾曉蘭，邱美虹(2007)。探究高二學生理想氣體本質的心智模式演變過程。論文發表於中華民國第 23 屆科學教育學術研討會，2007.12.14-15,高雄。
- 鍾曉蘭（2007）。以多重表徵的模型教學探究高二學生理想氣體心智模式的類型及演變的途徑。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 鍾曉蘭、謝進生、賴麗玉(2008)。以科展進行高二學生氣體動力論之科學學習及概念改變—氣體粒子運動模型組 VS 電腦動畫組。九十六年教育部科教專案結案報告（未出版）。
- 鍾曉蘭、謝進生、賴麗玉(2009)。設計多重表徵的模型教學活動以增進高二學生對於化學反應速率的科學學習與概念改變。九十七年教育部科教專案結案報告（未出版）。

英文文獻

- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.
- Boulter, C. J., & Buckley, B. C. (2000). Constructing a typology of models for science education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (eds.), *Developing models in Science Education*, (pp.41-57). Netherlands: Kluwer academic Publisher.
- Buckley, B. C. & Boulter, C. J. (2000). Investigating the Role of Representations and Expressed in Building Mental Models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (eds.), *Developing models in Science Education*, (pp.119-135) Netherlands: Kluwer academic Publisher.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (eds.), *Developing models in Science Education*, (pp.3-17). Netherlands: Kluwer academic Publisher.
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.

多媒體教材部分

- 沈俊卿、李偉新、林世明(2004)。探討分子軌域與形狀(台北市93年度中小學多媒體教材甄選佳作作品)。台北市多媒體教學資源中心，網址 http://etweb.tp.edu.tw/epa/paper_show

試題指導語

本次測驗的目的，主要是深入瞭解高三學生對於晶體與分子間作用力相關概念的想法，進一步了解學生們經教學後，對相關概念的概念改變的情形。首先，感謝同學參與本次測驗，你的耐心與認真回答，將對本研究與未來的教學有極大的助益，十分感謝你的合作。

本試題包含三種題型，16題單選，10題多選，請將答案畫記於答案卡上，原因則寫在格子內；3題非選擇題題組則將答案直接寫於答案卷上。每位同學都需回答每一小題，答題時間預計50分鐘之內，請同學耐心且詳細讀完每一小題的敘述後，在每一小題的答案群中，選擇適合的答案，並將答案寫在該題的空格內。

並請同學務必在題目旁的空格中詳細畫下你的想法，謝謝你的合作!

學校:新北高中 三年級: 班級: 座號: 姓名:

如果有何疑問，請同學在作答的過程中隨時提出。再次感謝同學的合作!!

晶體與分子間作用力試題(滿分 102 分)

_____年 _____班 座號：_____ 姓名：_____

一、 單一選擇題：每題 3 分(答案 2 分、理由 1 分)、共 48%

(請同學儘量寫出理由)

- () 1. 在下列有關晶體的敘述中，何者錯誤? (A)離子晶體中一定有離子鍵 (B) SiO₂ 晶體中只存在共價鍵 (C)金屬晶體的熔、沸點都很高 (D)石墨晶體中有凡得瓦力及共價鍵 (E)鑽石晶體的導電性不佳。

理由:_____

- () 2. 某晶體物質具有下列性質：①是電解質，②溶解時有化學鍵的破壞，③熔化時沒有化學鍵的破壞。則該晶體物質是屬於何種晶體結構? (A)分子晶體 (B)共價網狀晶體 (C)離子晶體 (D)金屬晶體。

理由:_____

- () 3. 下列每組物質發生狀態變化所克服的粒子間的相互作用力，哪一組屬於同種類型? (A)食鹽和蔗糖的熔化 (B)鈉和硫的熔化 (C)碘和乾冰的昇華 (D)二氧化矽和氧化鈉的熔化 (E)冰和石墨的熔化。理由

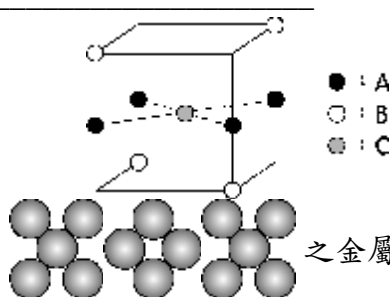
:_____

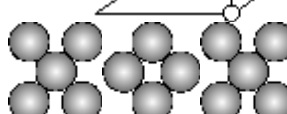
- () 4. 下列物質中，何者均未具備網狀固體結構? I、二氧化矽；II、矽晶；III、金剛砂；IV、碳六十；V、纖維素；VI、氮化硼 (A)I 和 II (B)III 和 IV (C)II 和 IV (D)IV 和 V (E)V 和 VI。理由:_____

- () 5. 有關下列各晶體中之鍵的形式，何者不正確? (A)NaCl 為離子鍵 (B)Cl₂ 分子內為共價鍵，分子間為凡得瓦力 (C)Na 為金屬鍵 (D)SiO₂ 分子內為共價鍵，分子間為凡得瓦力。理由:_____

- () 6. 常見的離子晶體類型有 4 種，如下圖是其中一種立方格子，其中 A 位在單位格子的中心位置，B 在單位格子中的頂點，C 在單位格子的線邊，則此晶體的化學式可能為何? (A)ABC (B)AB₂C (C)AB₄C₄ (D)A₂BC₂。

理由:_____



- () 7. 單位格子單層面為  之金屬晶體，具下列何種性質? (A) 為六方最密堆積 (B)所有鹼金屬所具之結構 (C)單位格子中含原子數 4 個 (D)原子半徑 a Å，則單位格子邊長為 $\frac{4}{\sqrt{3}}a$ Å。理由

:_____

- () 8. 在溫度很低時，氬氣能夠以雙原子分子存在，即 Ar₂，其分子內的引力為何? (A)共價鍵 (B)離子鍵 (C)偶極-偶極力 (D)分散力。

理由:_____

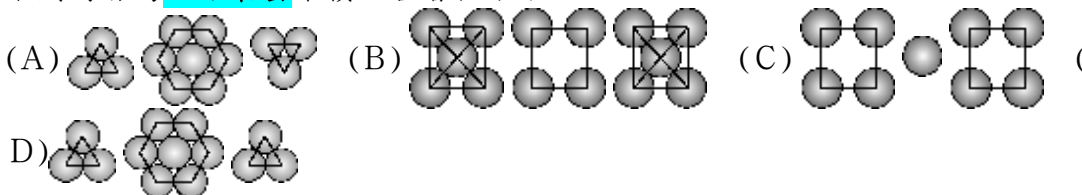
- () 9. 下列有關凡得瓦力之敘述，何者正確? (A)偶極-偶極力係發生在極性與極性分子間之作用力 (B)分散力就是凡得瓦力的簡稱或通稱 (C)分散力大小僅由分子的大小來決定 (D)水中之溶氧，主要係藉著分散力之吸引。

理由:_____

- () 10. 如果取一塊冰放在容器裡，不斷地升高溫度，可以出現「冰→水→水蒸氣→氫氣和氧氣」的變化，在各步驟變化時所破壞的主要粒子間作用力依次為何？ (A) 凡得瓦力、凡得瓦力、氫鍵 (B) 氫鍵、氫鍵、共價鍵 (C) 氫鍵、凡得瓦力、離子鍵 (D) 氫鍵、共價鍵、共價鍵。

理由: _____

- () 11. 下列何者為**六方最密**堆積之各層粒子數？



理由: _____

- () 12. 氧族化合物的沸點如下表所示：

| 化合物 | H ₂ O | H ₂ S | H ₂ Se | H ₂ Te |
|---------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 沸點 (°C) | 100 | -61 | -41 | -2 |

各化合物沸點與週期數呈一線性關係，但水是例外的情形，下列有關水的沸點不符合此趨勢的敘述，何者正確？ (A) 因為水分子的結構是彎曲形，而不是線性分子 (B) 因為水分子間含有氫鍵 (C) 因為水分子組成的液體不導電 (D) 因為水分子很輕。 理由: _____

- () 13. 下列何者有涉及共價鍵的破壞？ (A) 氯化鈉的熔解 (B) CO_{2(s)} → CO_{2(g)} (C) 水的蒸發 (D) NH_{3(l)} → NH_{3(g)} (E) C (固體，鑽石) → C (氣體)。

理由: _____

- () 14. 下列沸點大小之說明，何者正確？ (原子量：Ge=73, As=75) (A) N₂ > CO，前者為參鍵 (B) GeH₄ > AsH₃，前者為極性，後者為非極性 (C) ICl > Br₂：極性 (D) SiH₄ > GeH₄，Si 之電負度較強，故鍵強。

理由: _____

- () 15. 下列哪一項事實不能用氫鍵的觀念解釋？ (A) 水及氟化氫的沸點比同族其他元素的氫化物沸點高 (B) 反-1, 2-二氯乙烯的熔點比順-1, 2-二氯乙烯的熔點高 (C) 乙酸在極性較小之有機溶劑中溶解，利用凝固點下降方法測定分子量時，分子量之大小介於 60 ~ 120 之間 (D) 酒精與水完全互溶。

理由: _____

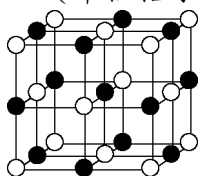
- () 16. 下列關於氧、氮、CO₂ 及 He 的敘述，何者正確？ (原子量：O=16, N=14, He=4) (A) N₂ 的沸點較 O₂ 高，因為 N₂ 分子有較多的共價鍵 (B) 最容易液化的 CO₂，因其凡得瓦力較大 (C) 同溫時，CO₂ 因平均運動速率較慢，故易液化 (D) 最容易液化的是 O₂，所以液態空氣分餾後，可得液態氧。

理由: _____

二、 多選題:每題 3 分、共 30%

- () 17. 下列有關離子化合物與共價分子的比較，何者正確？ (A) 熔融狀態下的離子化合物可以導電，共價分子則不導電 (B) 電解質可以是離子化合物或共價分子 (C) 常溫、常壓下，離子化合物與共價分子均具有固、液、氣三種狀態的化合物 (D) 離子化合物是以簡式表示，共價分子則以分子式表示 (E) 離子化合物的熔點高於共價分子，這是因為離子鍵比共價鍵強。

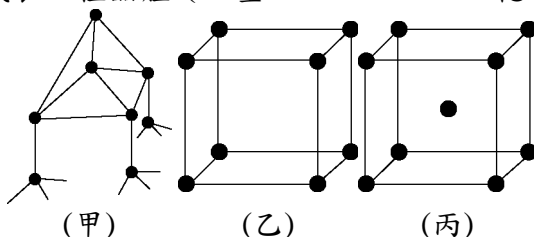
- () 18. 下列關於碳的同素異構物的敘述，何者正確？ (A)鑽石不易導電 (B)石墨中C的鍵結軌域為 sp^3 (C) C_{60} 為實驗式(簡式) (D)石墨為平面網狀結構 (E) C_{60} 中C的鍵結軌域為 sp^2 。
- () 19. 關於乾冰固體(CO_2)與石英(SiO_2)的敘述，下列何者正確？ (A)兩者晶體結構相似，均為三度空間網狀固體 (B)化學式表示法， CO_2 為分子式， SiO_2 為簡式 (C)兩者的分子混成軌域，碳為 sp ，而矽為 sp^3 (D)乾冰具有昇華的特性，石英則具有半導體的特性 (E)兩者具有高熔點，且硬度大。
- () 20. 下列各物質之性質比較，何者錯誤？ (A)極性(二甲基苯)：鄰>對>間 (B)沸點： $NH_3 < HF < H_2O$ (C)沸點： $CO > N_2$ (D)熔點： $CO_2 > SiO_2$ (E)配位數：鑽石>石墨。
- () 21. 下列有關氫鍵的敘述，何者正確？ (A)氫鍵是維持DNA雙股螺旋結構的重要作用力 (B)在冰晶結構中，每一個水分子最多可與鄰近的兩個水分子形成氫鍵 (C)造成蛋白質 α -螺旋結構的分子內氫鍵的強度大於多肽長鏈上的醯胺鍵 (D)柳酸 $[C_6H_4(OH)COOH]$ 的結構含有分子內氫鍵 (E)乙酸在極性較小之有機溶劑中溶解，利用凝固點下降方法測定分子量時，分子量之大小介於60~120之間，此係因為乙酸分子內氫鍵所致。
- () 22. 若分子間作用力：P代表偶極間作用力，H代表氫鍵，V代表分散力，則下列各分子間作用力的敘述，何者正確？ (A)HCN(H、P、V) (B) PCl_5 (V、P) (C) CH_2Cl_2 (V) (D) $C_3H_5(OH)_3$ (H、P、V) (E) CH_3CHO (H與V)。
- () 23. 由氯化鈉晶體模型分析，下列結論何者正確？ (A)每個 Na^+ 被緊鄰6個 Cl^- 所包圍 (B)每個 Cl^- 周圍最接近的 Cl^- 有12個 (C)每個單位格子中，共含4個 Na^+ 和4個 Cl^- (D) Na^+ 與 Na^+ 的最近距離 $= 2 \times (r_{Na^+} + r_{Cl^-})$ (E) Cl^- 與 Cl^- 的最近距離 $= \sqrt{2} \times$ (單位格子的邊長)。

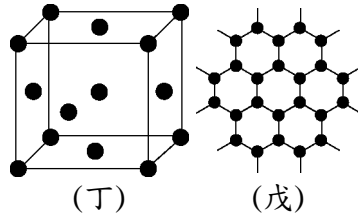


- () 24. 下列對一些實驗事實的理論解釋，何者正確？

| 選項 | 實驗事實 | 理論解釋 |
|-----|------------------|-----------------------------|
| (A) | | |
| (B) | CO_2 是直線分子 | CO_2 分子中，C原子的混成軌域為 sp^2 |
| (C) | C_{60} 的熔點低於鑽石 | C_{60} 是分子晶體，鑽石是共價網狀晶體 |
| (D) | HF的沸點高於HCl | HF的分子量小於HCl |
| (E) | 氫的沸點比氦高 | H_2 分子間有較大的接觸面積 |

- () 25. (甲)~(戊)代表五種晶體(石墨、CsCl、NaCl、乾冰、鑽石)的部分結構：





圖中的「●」處代表的可能是陰離子、陽離子，也可能代表的是分子或中性原子。若圖代表的是離子單位格子的部分結構，則結構中必須同時含有陽離子和陰離子。下列選項何者正確？ (A)(甲)~(戊)圖中，共價網狀晶體共有 2 種，分子晶體有 1 種 (B) CsCl 晶體中，每個 Cl^- 周圍與它最靠近且等距離的 Cs^+ 有 6 個 (C) NaCl 晶體中，每個 Na^+ 周圍與它最靠近且等距離的 Na^+ 有 12 個 (D)(戊)圖中，每個正六邊形占有的實際粒子數有 3 個 (E) 熔點順序：(甲)>(丙)>(丁)。

- () 26. 依凡得瓦力之大小來判斷物質之性質，則下列各項敘述何者正確？ (A) Br_2 之熔點低於 Cl_2 (B) 順-1, 2-二氯乙烯之熔點低於反-1, 2-二氯乙烯 (C) CBr_4 之熔點低於 CCl_4 (D) 戊烷異構物中，以新戊烷之液態存在溫度範圍最大 (E) 沸點： $\text{CO} > \text{N}_2$ 。

三、非選題:共 24% (請同學務必寫出理由)

1. 下列物質 $\text{CO}_2(\text{s})$ 、Si、SiC、Mg、 MgCl_2 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 、 NH_4Cl ，回答下列問題：(答案 1 分、理由 1 分)

1.1 何者可為離子固體？Ans: _____

1.1.a 承 1.1，理由為何

?

1.2 何者可為共價網狀固體？Ans: _____

1.2.a 承 1.2，理由為何

?

1.3 何者可為金屬固體？Ans: _____

1.3.a 承 1.3，理由為何

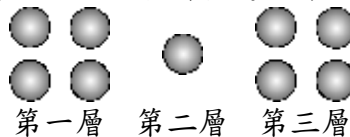
?

1.4 何者可為分子固體？Ans: _____

1.4.a 承 1.4，理由為何

?

2. 下圖為金屬的體心立方堆積，試回答下列各題：每小題 2 分 (請務必寫出計算過程)



2.1 單位格子內實含之原子數有【 】個。

2.2 若單位格子的邊長為 $d \text{ \AA}$ ，則金屬半徑為【 】 \AA 。

2.3 若該金屬之原子量為 M ，單位格子邊長為 $d \text{ \AA}$ ，亞佛加厥數為 N ，則密度為【 】 g/cm^3 。(以 M, d, N 等表示之)

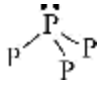

2.4 單位格子之堆積百分率為多少？答：【 】。

主題:共價鍵、混成軌域、分子形狀、結構

班級: 座號: 姓名:

一、單選題: 40%(選擇與理由說明各兩分)

- () 1. 下列有關氫分子的敘述，何者錯誤? (A)兩個氫原子間之距離等於氫分子的平衡距離時最穩定 (B)兩個氫原子間之距離小於氫分子的平衡距離時，原子間的斥力會急劇增加 (C)氫分子軌域呈圓筒形 (D)兩個氫原子以共價鍵結合形成氫分子 (E) 氫分子的共價鍵為極性共價鍵 (理由:_____)
- () 2. 分子形狀為：直線形：CO、CO₂；角形（彎曲形）：O₃、NO₂；平面三角形：NO₃⁻、SO₃；三角錐形：NH₃、PH₃，有關於上面分子或離子的結構，下列何者是合理的推論？ (A)只有雙原子分子才可能有直線形的結構 (B)相同形狀的分子，其原子的價電子總數必相同 (C) 分子中所有原子的價電子總數為24者，為平面三角形 (D)根據上述的分子與離子構造，可以預測NO₂⁻不可能是角形 (理由:_____，請更正選項中錯誤的部分)
- () 3. 有關π鍵與σ鍵的敘述，下列何者正確？ (A)σ鍵在核間軸上的電子雲密度為0 (B)三鍵含2個σ鍵和1個π鍵 (C)σ鍵強度大於π鍵，是因為σ鍵有較大之重疊程度，所以單鍵比雙鍵強 (D)π鍵不能繞軸旋轉，而σ鍵可以 (E)σ鍵、π鍵皆可單獨存在 (理由:_____)
- () 4. 下列哪些分子不具有無定域共振的π鍵? (A)C₂H₂ (B)C₆H₆ (苯) (C)石墨 (D)SO₂ (理由:_____)
- () 5. 有關週期表第二列元素甲(1s²2s²2p⁵)與乙(1s²2s²2p^x)結合形成之氣體分子，其幾何形狀何者錯誤? (A)X=0，分子呈直線形 (B)X=1，分子呈彎曲角形 (C)X=2時，分子呈正四面體形 (D)X=3時，分子呈三角錐形 (理由:_____)

- () 6. 下列何者為正確的表達方式? (A)甲基的電子式表示法： $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$ (B)SiO₂的結構示意圖：O=Si=O (C) P₄分子的結構圖為  (D)用小黑點代表未成鍵的最外層電子，短線代表共價鍵，則NH₃分子可表示為： (更正選項中錯誤的部分)
- () 7. 下列有關混成軌域的敘述，何者錯誤? (A)s軌域參與混成後可影響混成軌域之方向 (B)如有n個軌域參與混成，可產生n個混成軌域 (C)混成作用為軌域之混合發生於單一原子上 (D)參與混成之軌域其能量需相近 (理由:_____)

- () 8. 下列有關 C_2H_2 鍵結與分子結構的敘述，何者正確？ (A) 碳以 sp 的混成軌域形成 σ 鍵 (B) 碳—碳間以 p 軌域形成極性共價鍵 (C) 分子中 H—C—C 的角度約為 120° (D) 它的分子不具平面結構 (更正選項中錯誤的部分，畫出 C_2H_2 分子結構_____)
- () 9. 試比較 CH_4 、 NH_3 、 H_2O 鍵角大小比較，何者正確？ (A) $H_2O > NH_3 > CH_4$ (B) $NH_3 > CH_4 > H_2O$ (C) $H_2O > CH_4 > NH_3$ (D) $CH_4 > NH_3 > H_2O$
(理由:_____)
- () 10. 以 \odot 表示 s 軌域，以 δ 或 ∞ 表示 p 軌域，則軌域與軌域重疊的位向及形成化學鍵的種類，何者正確？ (A) $\delta \rightarrow \leftarrow \infty$ 形成 σ 鍵 (B) $\odot \rightarrow \leftarrow \delta$ 形成 σ 鍵 (C) $\infty \rightarrow \leftarrow \infty$ 形成 π 鍵 (D) $\delta \rightarrow \leftarrow \delta$ 形成 π 鍵 (理由:_____)

二、非選題:60% (答案兩分、理由兩分)

1. 下列化學式，依價鍵原理是否合理？ (A) C_4H_9O (B) $C_3H_8Cl_2$ (C) C_2H_7N ，說明你判斷的理由為何？ (12%)

2. 請說明 (A) N_2F_2 (B) CH_2Cl_2 (C) N_2H_4 是否有順反異構物？說明你判斷的理由為何？ (12%)

3. 試比較 CO_2 、 H_2O 、 H_2S 鍵角大小，說明你判斷的理由為何？ (4%)

4. 化學家常用「同電子律」來預測不同的物質之結構，例如 CH_4 與 NH_4^+ 最外層具相同之電子數及排列，故有相同之四面體結構。依此原理完成如附表，寫出 a、b、c、d 各為何物？ (16%，簡單寫出判斷過程)

| | | | | | |
|----------|---------------|-------------|----------|---------------|-------|
| CH_4 | C_2H_6 | CO_3^{2-} | b | $C_2O_4^{2-}$ | d |
| NH_4^+ | $N_2H_6^{2+}$ | a | NO_2^+ | c | N_2 |

5. 試比較 BF_3 、 NH_3 、 NF_3 比較鍵角大小，說明你判斷的理由為何？ (4%)

6. 以 VSEPR 理論計算出下列分子的鍵結及孤對電子對的數目，判斷其混成軌域、分子形狀為何？是否為極性分子？(請簡單說明理由)
(1) CF_4 (2) H_2O (3) NH_3 (12%)

晶體模型問卷

附錄三

親愛的同學，你們好：

首先，感謝你們抽空參與關於「晶體與分子間引力」概念研究。本問卷的目的想要了解同學們學習「晶體與分子間引力」相關概念的過程中，對於晶體模型想法的改變情形及原因，以作為未來教學活動或教材修改的依據。問卷的內容並不會影響你們的成績，內容也會保密，請依照你個人的想法儘量回答下列問題。

新北高中鍾曉蘭老師

班級： 座號： 姓名：

※請同學根據個人對於「晶體模型」的想法，回答以下問題：

| 題 號 | 問題陳述 | 非常 同意 | 同 意 | 不 同 意 | 非常 不 同 意 |
|--------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. | 我認為晶體模型可以是晶體結構的複製品 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. | 我認為晶體模型可以是晶體結構的部分呈現 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. | 我認為晶體模型必須完全對應晶體結構的結構、性質與關係 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. | 我認為晶體模型可以只對應部分晶體結構的結構、或性質、或關係 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. | 我認為晶體模型可以是晶體結構或現象經過長時間演變的結果 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. | 我認為晶體結構相關的概念，只有一個正確的晶體模型能給予解釋 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. | 我認為目前教科書中的晶體概念，僅是歷史發展中的多種晶體模型其中之一 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. | 我認為晶體模型是可以隨著科學新知而改變 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. | 我認為透過語文可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10. | 我認為透過符號可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. | 我認為透過實體可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12. | 我認為透過圖像可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. | 我認為透過動作可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14. | 我認為透過動畫模擬可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. | 我認為透過鍵結理論可以呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. | 我認為透過數學關係來呈現晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. | 我認為晶體模型的功能是可以描述晶體結構或鍵結的關係 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. | 我認為晶體模型的功能是可以提供一個參考標準讓我進行判斷 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. | 我認為晶體模型的功能是可以解釋晶體結構或鍵結的關係 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20. | 我認為晶體模型的功能是可以用來進行推理 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21. | 我認為晶體模型的功能是可以用來解決問題 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22. | 我認為晶體模型的功能是可以用來溝通想法 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23. | 我認為晶體模型的功能是可以模擬晶體結構或鍵結的實際情形。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24. | 我認為晶體模型的功能是可以預測晶體結構或鍵結關係的未來發展 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 25. | 我認為針對同一個晶體結構或鍵結關係，會因為使用目的不同而選 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| | | | | | |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 擇不同的晶體模型 | | | | |
| 26 | 我認為晶體模型的建立應包含晶體的組成、結構與關係。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 27 | 我認為可以用量化關係來分析晶體模型的正確性 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 28 | 我認為用不同的方法檢驗模型，當描述或解釋產生不一致時，須修正晶體模型。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 29 | 我認為可以用公認的晶體模型當標準，以幫助我判斷同類型其他問題的解答是否適當。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 30 | 我認為遇到全新的問題情境時，可由已有的晶體模型中尋找啟發以解決問題。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 31 | 我認為一個能有效解決問題的晶體模型，仍然需要進一步思考其解題範圍與限制。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 32 | 我認為當晶體模型無法有效解決問題時，應重新建立新的晶體模型 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

※請同學回答有關「晶體模型」的想法

1. 你能舉出一些日常生活或書中所謂「晶體模型」的例子？並說明它為什麼可以稱為「晶體模型」？

| | 名稱 | 理由或理論 |
|---|----|-------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |

2. 我們平常會使用一些「晶體模型」，你為什麼要使用這些「晶體模型」呢？