

教育部九十六年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：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

主持人：鍾曉蘭

執行單位：國立三重高中

一、計畫目的

本計畫的研究目的主要分為兩部分：

1. 藉著科展活動，發展出氣體粒子運動模型及電腦動畫教學軟體，並進一步藉著科展的研究過程中幫助參與的學生進行氣體動力論的科學學習及概念改變。
2. 藉由氣體粒子運動模型及電腦動畫教學軟體設計多重表徵的模型教學活動，以探究高二學生經由模型教學在氣體動力論概念的演變歷程。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

國立三重高中對於本計畫大力支持，對於科展不僅提供部分經費支援，對於學生的科學知識與技能的訓練也多有幫助，讓本計畫能夠順利進行。

三、研究方法

研究方法分五點說明，第一為研究設計，說明研究組別設計的理由與原則；第二為研究對象、預試對象與未來多重表徵的模型教學對象的介紹；第三為多重表徵的模型教學設計；第四為研究工具，包含理想氣體概念的試題、動態評量的設計；第五為資料處理與分析，所收集的量化資料的分析方式。

(一) 研究設計

1. 專題導向的科學學習(project-based science)方式進行科展研究：分為氣體粒子運動模型組 4 人及電腦動畫組 4 人等兩組，定期進行引導問題、探究活動、學習社群的小組合作等。
2. 採用個案研究法，探討八位學生經過不同研究方法的科展訓練的歷程中，有關理想氣體的科學學習與概念改變的歷程。
3. 利用科展所發展出的模型及電腦軟體設計多重表徵的模型教學活動，預計 6 節課程設計。
4. 採用準實驗法探討多重表徵的模型教學的教學成效，以及經由模型教學前、後，高二學生有關理想氣體的概念與心智模式改變的歷程。

(二) 研究對象

1. 預試階段

預試對象為台北縣某縣立高三共計兩班總計 82 位，於高二已學過理想氣體的相關概念，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，試題信度(α 值)為 0.853。

2. 科展階段

科展階段的研究對象為台北縣某國立高中為對象，選取高二自然組的八位學生，氣體粒子運動模型組 4 人(皆為女生)，電腦動畫組 4 人(皆為男生)，八位學生在高二以傳統教學法學習過理想氣體的相關概念。以科展前測、研究中的測驗及科展後的測驗探討八位學生經過不同研究方法的科展訓練的歷程中，有關理想氣體的科學學習與概念改變的歷程。

3. 多重表徵的模型教學對象

此階段的研究方法預計採用準實驗法，研究對象為台北縣某國立高中，選取高二自然組二班學生總計 82 位，其中 41 位學生為實驗組，進行模型的多重表徵的教學；另外 41 位學生則為控制組，進行傳統教學。兩組皆進行為期二週，共計 5 節課的教學。藉以探討多重表徵的模型教學的教學成效，以及經由模型教學前、後，高二學生有關理想氣體的概念與心智模式改變的歷程。

(三) 多重表徵的模型教學設計

表 1 多重表徵的模型教學的教學活動設計

| 教學節次 | 教學策略 | 模型表徵方式 | 探討及說明的相關概念 |
|------|----------------------|--------------|--|
| 第一節 | 電子投影片教學 粒子運動模型 | 視覺混合 具體混合 | 以投影片說明理想氣體模型 以模型探討氣體體積的定義與壓力的成因、影響壓力的因素 |
| 第二節 | 肺部呼吸模擬器 及推導公式、關係圖 | 具體混合 數學混合 | 以模型探討波以耳定律 以關係圖探討 P-N、P-T 的關係式 |
| 第三節 | 推導公式、關係圖 | 數學混合 | 推導理想氣體方程式及應用 |
| 第四節 | 電腦動畫教學 | 視覺混合 | 以動畫探討蒸發平衡及蒸氣壓 |
| 第五節 | 推導公式、關係圖 | 數學混合 | 推導道耳吞分壓定律及應用 |

(四) 研究工具

研究工具包括理想氣體相關概念二階式試題的紙筆測驗、理想氣體相關概念半結構式晤談等二部分。

1. 理想氣體相關概念試題

研究工具主要是發展出一套相關於理想氣體中混合氣體粒子相關概念的二階試題(two-tired test)，概念內容主要分為二大部分：

- (1)、理想氣體體積、壓力與氣體粒子分布、運動的關係
- (2)、理想氣體中一般氣體與水的蒸氣壓，壓力與氣體粒子運動的關係

研究工具中將試題分為：情境題與非情境題，巨觀與微觀，來探討理想氣體中氣體體積、壓力、蒸氣壓與微觀世界中氣體粒子分布與運動的關係。試題已由六位專家審核，二名科教研究所教學碩士班理化背景的研究生，二名任教多年的高中化學教師，一名化學相關背景教授，一名生物相關背景的博士後研究生，就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正。科展階段的紙筆測驗分前測、研究中的測驗、科展完成後的後測及等三次的二階試題測驗。多重表徵的模型教學階段的紙筆測驗分前測、後測及延宕後測等三次的二階試題測驗。

2. 動態評量

以一系列的動態評量，診斷學生有關氣體的粒子模型觀是連續的或不連續的，密閉容

器氣體壓力的成因，溫度對氣體壓力、體積與粒子運動之間的關係等，藉此瞭解學生一系列概念的心智模式的種類與演變。

(五) 資料處理與分析

1. 理想氣體相關概念試題(量化分析，分析方法參考邱美虹(2006)，鍾曉蘭(2007))。

(1) 概念的正確性(correctness)

①計算學生答對的題數，除以總題數，即可得到答對率。若計算所有题目的答對率，則為總答對率，但是只計算某個子概念的答對率，則為子概念答對率。

②利用 SPSS 進行成對 t-test，比較位八學生三次紙筆測驗(前測、研究中的測驗、科展完成後的後測)之間是否有顯著的進步。

③將實驗組與控制組兩組學生的紙筆測驗的成績，利用 SPSS 進行共變數分析(ANCOVA)。

(2) 概念一致性(consistence)

①將實驗組與控制組兩組學生的概念一致性係數，利用 SPSS 進行共變數分析(ANCOVA)。

②分析實驗組與控制組兩組學生教學前、後及延宕測驗中心智模式演變的情形。

四、目前完成程度

目前科展階段與教學皆已經完成，科展階段則分為科展的研究成果及兩組學生研究過程中概念改變的情形兩方面說明；教學則分為教學活動與教學成效兩方面說明。

(一) 科展的研究成果

1. 氣體粒子運動模型組：

氣體粒子運動模型組的四位女同學經過科展研究後發展出四種粒子運動模型如圖 1。

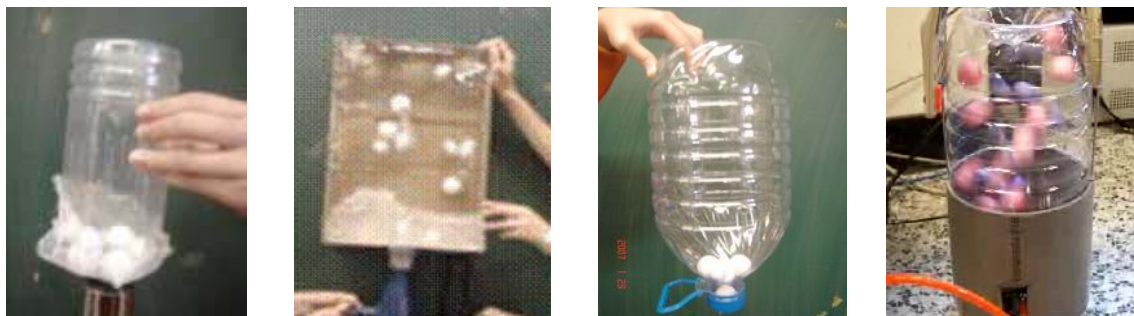


圖 1 四種粒子運動模型(由上圖左至右，分別是模型 I、II、III、IV)

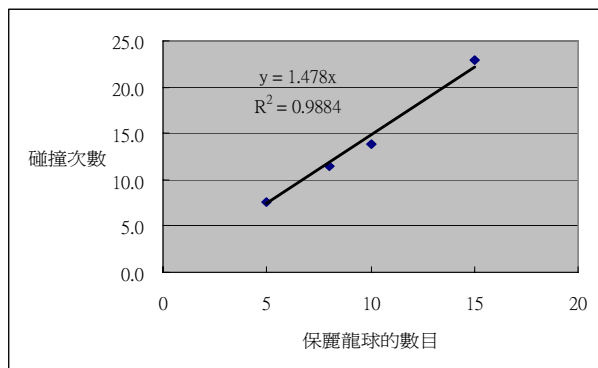


圖 2.a 粒子數目與碰撞次數的關係圖

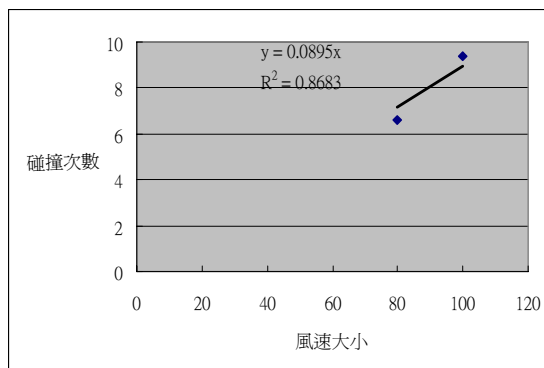


圖 2.b 風速大小與碰撞次數關係圖

2. 電腦動畫組：

電腦動畫組的四位男同學經過科展研究後發展出有關溫度與液體種類影響蒸氣壓大小的蒸發平衡的動畫，如圖 3。

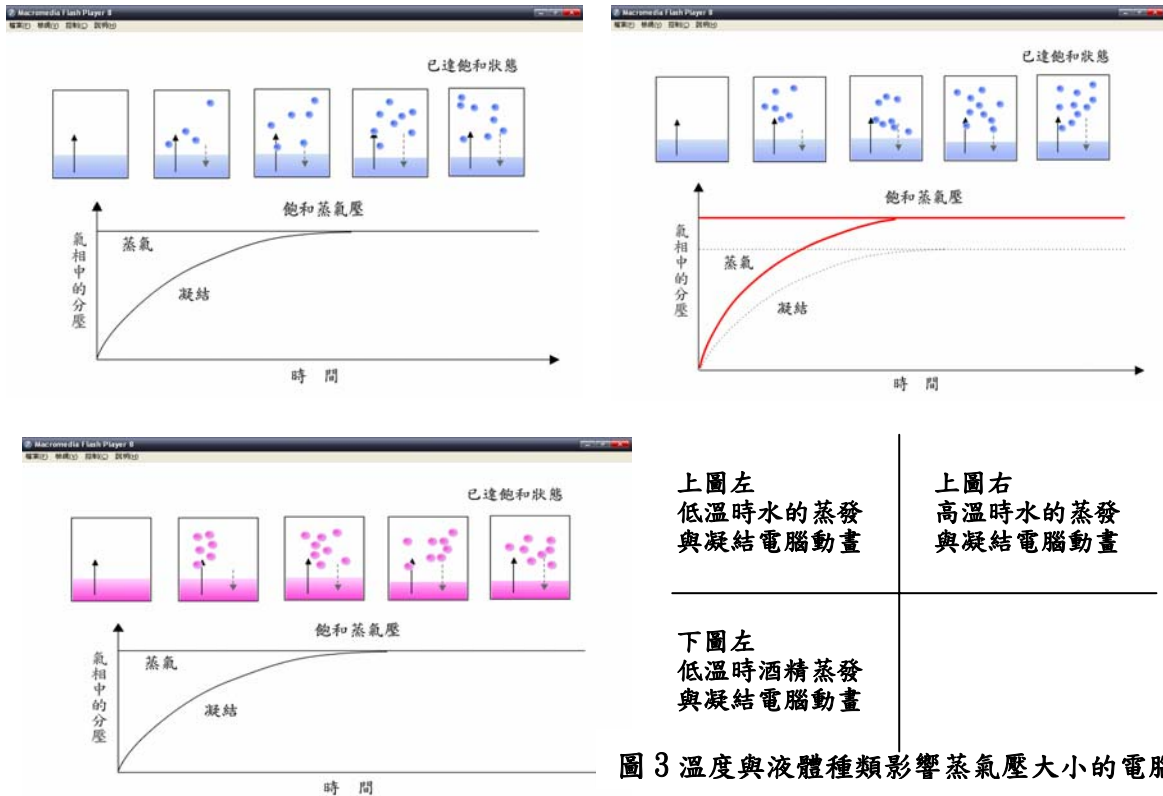


圖 3 溫度與液體種類影響蒸氣壓大小的電腦動畫

(二) 模型組與動畫組學生概念改變的分析

1. 氣體粒子運動模型組 VS 電腦動畫組：

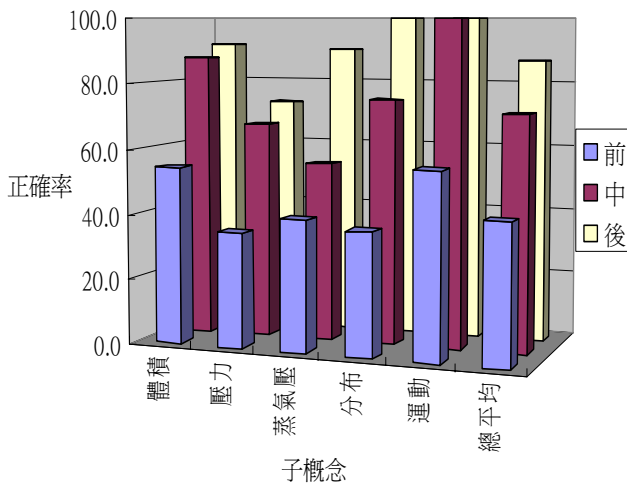


圖 4.a 模型組子概念正確率演變情形

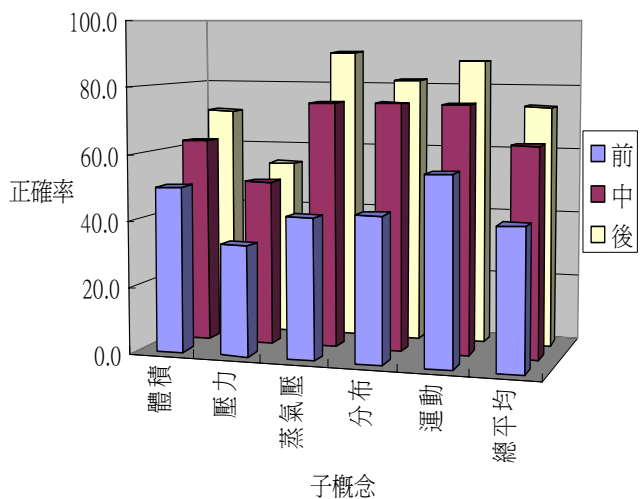


圖 4.b 動畫組子概念正確率演變情形

兩組學生正確率的總平均皆有明顯的進步，模型組在科展中及科展後體積、壓力、粒子分布/運動子概念的進步優於動畫組，主要是模型組的設計主要是針對氣壓與分子數目、容器體積與溫度關係的探討，在科展進行及分組討論上，的確能夠有效引起學生概念的改變。動畫組由於電腦能力不足僅研究出蒸發平衡的動畫，因此在體積、壓力兩個子概念的

進步不如模型組。但有兩個現象值得提出：其一，雖然模型組的研究並未涉及蒸氣壓概念，但完成科展研究後，蒸氣壓的概念仍明顯進步；其二，動畫組雖然未能設計出其他動畫，但從蒸氣壓動畫中，仍逐漸理解氣體粒子隨機分布、運動的概念。分析結果顯示：經由科展的研究、設計及小組討論的過程，的確有助於兩組學生在理想氣體相關概念的科學學習。

(三) 多重表徵模型教學的成效

1. 教學活動情形如圖 5a-5e。



圖5.a 理想氣體模型投影片教學



圖5.b 氣體粒子模型影片教學



圖5.c 肺部呼吸模擬器教學



圖5.d 水蒸發平衡動畫教學



圖5.e 道耳吞分壓定律教學

2. 教學成效比較

(1) 實驗組及控制組前、後測各子概念與總平均演變情形如圖 6。

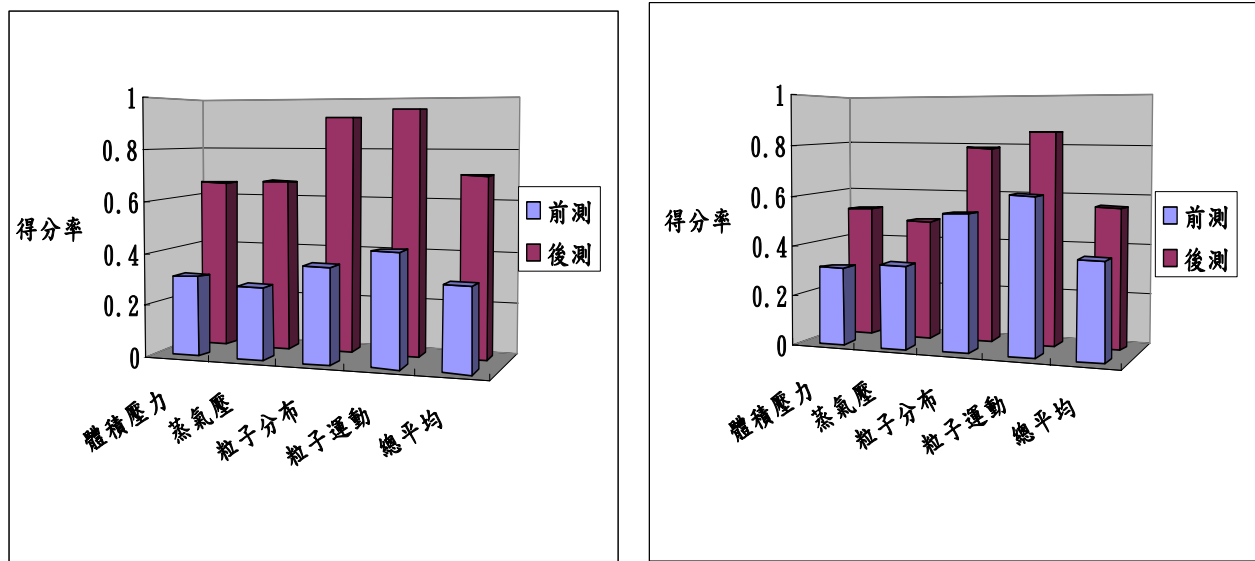


圖 6 實驗組(圖左)及控制組(圖右)前、後測各子概念與總平均演變情形

(2) 實驗組與控制組前、後測的正確性與一致性演變情形

兩組正確性的演變及顯著性考驗如表 5，兩組學生經不同教學法後，在四個子概念與總平均皆達顯著進步，顯示兩種教法對於學生在理想氣體的相關概念的科學學習的正確性方面皆有明顯的幫助。在教學前控制組在粒子分布與總平均兩方面顯著優於實驗組，教學後以前測為共變數分析(ANCOVA TEST)，實驗組在四個子概念與總平均方面皆顯著優於控制組，顯示經過具體而動態的粒子模型及蒸氣壓的電腦動畫等多重表徵的模型教學活動，實驗組學生能夠更清楚理解微觀世界中粒子之間的交互作用，並藉由師生的討論中更清楚的瞭解粒子的交互作用如何影響巨觀現象的變化。

表 5 實驗組及控制組前、後測正確性(得分率)顯著性考驗

| | 實驗組 | | | 控制組 | | | 顯著性考驗(實-控) | |
|------|------|------|----------|------|------|---------|------------|----------|
| | 前測 | 後測 | 後-前(t) | 前測 | 後測 | 後-前(t) | 前測(t 值) | 後測(F 值) |
| 體積壓力 | .309 | .661 | 8.53*** | .309 | .526 | 5.43*** | .00 | 7.44** |
| 蒸氣壓 | .278 | .667 | 9.71*** | .331 | .483 | 3.48*** | -1.51 | 12.79*** |
| 粒子分布 | .366 | .921 | 10.67*** | .542 | .787 | 4.24*** | -2.22* | 9.94** |
| 粒子運動 | .433 | .957 | 8.11*** | .616 | .854 | 4.68*** | -1.86 | 9.92** |
| 總平均 | .320 | .703 | 14.71*** | .385 | .559 | 6.03*** | -2.38* | 21.97*** |

* : $p < .05$ ** : $p < .01$ *** : $p < .001$

兩組一致性的演變及顯著性考驗如表 6，兩組學生經不同教學法後，在四個子概念與總平均皆達顯著進步，顯示兩種教法對於學生在理想氣體的相關概念的科學學習概念的一致性方面皆有明顯的幫助。在教學前兩組的一致性係數在四個子概念及總平均皆未達顯著差異，教學後以前測為共變數分析(ANCOVA TEST)，實驗組在三個子概念(體積壓力子概念未達顯著差異)與總平均方面皆顯著優於控制組，顯示經過多重表徵的模型教學活動，實驗

組學生的概念較控制組學生更趨於一致。

表 6 實驗組及控制組前、後測一致性(CI 值)顯著性考驗

| | 實驗組 | | | 控制組 | | | 顯著性考驗(實-控) | |
|------|------|------|----------|------|------|---------|------------|----------|
| | 前測 | 後測 | 後-前(t) | 前測 | 後測 | 後-前(t) | 前測(t 值) | 後測(F 值) |
| 體積壓力 | .309 | .494 | 4.44*** | .289 | .423 | 3.48** | 0.61 | 1.80 |
| 蒸氣壓 | .191 | .557 | 8.62*** | .218 | .424 | 4.89*** | -0.78 | 6.17* |
| 粒子分布 | .431 | .938 | 9.53*** | .540 | .750 | 3.60** | -1.82 | 12.51** |
| 粒子運動 | .626 | .980 | 6.02*** | .717 | .918 | 3.75** | -1.86 | 5.02* |
| 總平均 | .385 | .743 | 12.70*** | .385 | .559 | 6.36*** | -1.56 | 15.47*** |

* : $p < .05$ ** : $p < .01$ *** : $p < .001$

五、檢 討

從目前完成的工作部分分為科展研究過程及科展參賽結果兩部分進行檢討：

- (一) 科展研究過程：動畫組學生由於缺乏電腦軟體應用及設計能力，在參於科展研究的過程中，小組討論及分工合作情形不如預期，因此動畫組僅完成蒸發平衡動畫。未來應確實瞭解學生的能力再選擇研究的主題。
- (二) 科展參賽結果：模型組參加北區科展並未得獎，針對研究的內容加以檢討，未來在科展控制變因的設計及量化數據的研究上應更嚴謹的研究。
- (三) 教學結果顯示學生對於容器體積與飽和蒸氣壓無關的迷思概念相當固著，需進一步設計改變體積與蒸發平衡的動畫，藉以修正學生的迷思概念。

六、結論與建議

經由專題導向的科學學習方式進行科展研究，定期引導兩組學生進行問題討論、探究活動、學習社群的小組合作等，不僅讓學生參與科展探究的歷程，進一步增進學生在氣體動力論的科學學習。進一步將科展發展出氣體粒子運動模型及電腦動畫教學軟體融入教學之中，設計出多重表徵的模型教學，可以將抽象的微觀粒子運動概念轉為實體或動畫，可以幫助學生對於粒子微觀運動概念的理解，並進一步提升學生學習動機。研究結果顯示實驗組學生在概念的正確性與一致性兩方面的確優於傳統教學，本研究嘗試將具有多重表徵的模型融入理想氣體的建模教學中，對於氣體本質是粒子觀-隨機分布、隨機運動及蒸發平衡等概念教學的成效是顯著優於傳統教學。而且在理想氣體相關概念上，實驗組學生的心智模式較傳統教學組的學生更趨向於科學/類科學模式。

精緻第IV代氣體粒子運動模型：針對科展所設計的氣體粒子運動模型無法有效計數的部分，目前已能初步解決測量碰撞頻率的計量問題。未來預計進一步將新的氣體粒子運動模型研究過程拍攝成教學錄影帶，將研究成果轉為視覺化的教材，將為理想氣體教學提供另一類型的新教材，可以讓師生藉由錄影帶中的粒子動態模型的實驗討論微觀世界中氣體粒子的交互作用所引起的巨觀現象的變化，藉以增進學生在氣體動力論方面的科學學習及概念改變。建議科學教師在課室活動中可以在時間許可下採用模型教學，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。