

2. 理論基礎與文獻分析

此次研究在探討學生對物質性質與變化的理解程度，因此在本章將分成概念、個體的知識架構形成與取得、研究相關文獻分析等三大部份。

2.1 概念

分為概念學習與另有概念

2.1.1 概念學習

歐陽鍾仁《1988》指出概念是一組觀念(ideas)或是符號(symbols)集合而成的，是反應個體已達評價程度的各種態度(attitudes)和成見(preludices)，也是一種心理意象(mental image)，特別是指結合同一類事物的各種象徵，使其成爲一種概念(notion)的概括觀念。概念是包括重要屬性(attributes)或特徵(features)的同類事物之總稱。鍾聖校《1990》則認爲把個人的經驗加以歸類整理，而透過這樣的歸納整理所建立起來的範疇或題目，就統稱爲概念。它是一種意念(idea)，不同的人有許多不同想法的東西，其概括的整體性是建立在較小的特殊事物與說明上，而對一連串特質或事件的一種摘要式之表達。在概念的表達上，有時並非侷限於一種方式。

一個概念的名稱只是用來代表該概念，而不是概念的本身。例如：在萬有引力概念中，在國小的學習階段，所運用的名詞重點是地心引力；而在國中的階段中，演變成地球引力、重力；之後到了高中學習階段則爲萬有引力。不論是地球引力、地心引力、重力或是萬有引力，其概念意義範疇的內在表徵是相同的，但是因學習階段的的不同，故所學習的概念名稱也不同，且在不同的情境時，亦會選擇最適合的名稱〈余秀麗，2003〉，因爲在名稱上若出現混淆，則會使學生，甚至教師產生困擾。

學習是一種獲得新知的過程，具有主動而複雜的特性。此過程是由數種關鍵

性認知過程的交互作用所造成之結果，它包含了正確的知識、想像、組織、精緻化，經由這此歷程將使概念的連接及建構更易發生。科學教師有時認為學生只會被動得在課堂和教科書中將所學的事物複製下來，但事實不然，學生在學習時將會運用五官知覺，會主動選擇學生自己所要的資訊，也就是學生本身想學習的。通常學生到了某個年齡時，便會慢慢的知道自己所想要的是什麼。

概念被稱為是科學過程的產品，是繼續研究科學的根據，以及有時被認為是技術人員運用的知識。就科學方面而言，根據一些教育工作者認為，獲得概念是理科教學所希望的結果。而概念具有以下的特徵〈引自余秀麗，2003〉：

- (1) 它是一種表徵的符號。
- (2) 它是一種人類所做的決定。
- (3) 它是根據觀察自然現象的經驗所做出的結果。
- (4) 它是從人類經驗中取出來的精華。
- (5) 它是包括超過個人經驗範疇的概括性論點。
- (6) 有關事實是包括有意義及合理的部分。
- (7) 描述人類的創見思想。
- (8) 描述一個意見，具有各種不同的複雜程度。
- (9) 在預測結果或解釋資料上是非常有用的。

鍾聖校《1990》認為概念是一個被界定的意念，是一個人對任何事物、人或歷程所瞭解意義的總量，能在人際間適用的邏輯建構(a logical construct)，是一種象徵符號可代表一些物品或情境的共同性質，而它所被設定的意義，我們能安心的相信並使用它。

另外從 Bruner 與 Piaget 的認知理論可知：Piaget 在認知發展論中提到認知發展工具有兩種功能：即組織(organization)和適應(adaption)，其中適應過程又分為同化與調適；Bruner 則認為認知發展是由內外兩種歷程所引發出來的。知覺、推理、思考與技巧是一種內在的心理歷程。其中在內外歷程間尚有種內在模型及表徵(internal model)系統。由上述的說明可知，人類的認知發展十分複雜，但具有

系統性與組織性。教師應瞭解學生的認知發展如何影響學習效果，才能因應使用合適的教學策略及方法。也正因為如此，對於學生科學概念的瞭解，知道學生內心的想法，讓教學效果提升，是科學教育最重要的課題之一。

而且，一個人的概念是以個人所經歷到的各種事物為基礎，當某些事物彼此之間有某些共同的屬性或某種關連時，它們就會開始集結在一起，形成一個概念。每一個人心中都有無數的概念，而這些概念皆由許多的事物來形成其意義的範疇或意義的內涵《饒見維，1994》。例如：學生心中對於「力的種類」這個概念，包含了許多有關物體受到力作用的各種現象，例如：當我們在其自行車時，欲使自行車速度變慢，就必需增加自行車與地面的摩擦，故在此時便有摩擦力的存在；當小皮球被手壓扁了，看到小皮球變形了，因而瞭解小皮球有受到手的捏或壓的力作用；物體掉落到地面上，是因受到地球引力的作用；兩個鐵互相吸引，是具有磁力的作用等〈余秀麗，2003〉。所以在日常生活中所碰到的事，皆有其特定的概念與特性。

在某一概念意義的範疇內有一個很強的核心，這個核心稱為是這概念的原型，這原型乃是這概念的典型例證。每一個概念的意義範疇是從這「原型」開始其重要性會逐漸的往外減弱。而人們經由學習的歷程，對於一個概念都會賦予一個刻板的意義，這個刻板的意義就形成了一個概念的核心意義《饒見維，1994》。例如：在「力的作用」中，學生最先接觸到力的概念，也就是說物體必需先要接觸才會發生力的作用，而物體需要接觸才會發生推或拉的現象，因此接觸才會產生力，這是學生最先形成力的概念。故在非接觸的例子中，學生往往會因為力的概念的刻板意義而產生了另有概念。在人類大多數的思考歷程中，概念的原型往往會左右了我們的思考活動〈余秀麗，2003〉。因而在有些時候，會出現以偏蓋全及刻板印象，例如：四川人愛吃辣等。

而對於概念(concepts)一詞，就教育心理學的觀念而言，概念是一個名稱或符號，是用來代表具有共同屬性(attributes)等一類事物所使用的名稱或符號。余秀麗〈2003〉認為當任何新訊息與個體的認知架構中以存在相關的概念相連結

時，此時在認知架構中以存在相關的概念中同化了新訊息，二者在概念同化的過程中通常會加以修飾(modified)，這過程稱為概念同化。但是在同化的過程裡有時也會因曲解意義的訊息，而產生了另有概念，這在下一節將會提到。而另有概念的種類繁多，例如：在天空的月球，為何不會掉落到地球上時，這樣的訊息對於學生而言，顯少學生會去思考，所以當學生一但必需思考這個問題時，便在自己已有的認知架構中尋找相關的概念，試圖同化它，並修飾之，已完成所需要的解釋。

概念可以幫助人類簡化複雜的環境，使人類更能有效的學習。Arnone 曾以認知的觀點說明概念具有以下的五種功能〈余秀麗，2003〉：

- (1) 概念的發展對理解力至為重要。
- (2) 概念是溝通思想的捷徑。
- (3) 概念有助於轉變學習。
- (4) 概念可以幫助個體決定其態度、意見和行爲。
- (5) 概念可以促進回憶，以及有效利用回憶。

概念是一種認知過程(cognitive process)的形式或階層，在認知階層中，是以思想的本質、觀點以及物體間的關係做為特徵，使個體能做比較、概括、抽象及理解的活動，並以語言為其主要的表達工具。其在概念推理中，若為演繹推理根據形式規則推論，結論是正確的，根據邏輯規則推理不能確保我們的結論一定是真實的；若是根據條件是推理，則先備知識和經驗可以幫助學生減少不確定性。而在最後的結論永遠無法完全正確，明天的經驗也許又推翻了今天的看法〈余秀麗，2003〉

2.1.2 另有概念

兒童學習前既有的舊經驗、概念或知識，由於不同的研究者和不同的團體，因研究的動機、理論觀點不同稱呼也有不同。有人用原有知識(prior knowledge)、

純稚的概念(naïve conception)、孩童的觀念(children's ideas)、先期概念(preconception)、錯誤概念(misconception)、自發性概念(spontaneous conceptions)、另種想法或架構(alternative framework)等等。雖然這些用詞有些許不同，但被研究者交互使用於兒童既有的陳述性知識(declarative knowledge)中所指涉的意義卻無多大差別，皆指相對於科學家之形式概念的另一種概念《魏金財，1992》。王美芬、熊召弟《1995》將不同研究者對於兒童學習前的舊經驗、概念或知識的稱呼整理如表 2.1。郭重吉(1998)指出，對於學生不正確的想法，例如對正確科學概念的曲解和誤解，有人稱其為錯誤構想；但這曾遭致許多非議，認為這樣的用詞不但沒有適度地尊重學生建構意義的努力 而且對於學生的學習容易導致負面的影響。因此，目前很多研究者，傾向於用比較中性的字眼。

表 2.1 自然概念名詞表

作者	年代	自然概念名詞類別
1. Ausubel, Novak & Hanesian	1978	preconceptions(前置概念)
2. Sutton	1980	private concepts(私人概念)
3. Driver	1981	alternative frameworks(另有架構)
4. Gilbert, et al Osborne, et al	1983	student frameworks(學生架構)
5. Erickson	1983	
6. Arnaudin	1982	misconceptions(迷思概念)
7. Novak	1983	limited or inappropriate prepositional hierarchies(有限或不合適的命題階層)
8. Resnick	1983	naive theories(天真理論)
9. Waterman	1983	alternative conception(另有概念)
10. Fischer & Lipson	1986	underlying sources of error (隱伏的錯誤來源)

王美芬、熊召弟《1995》指出，所謂另有概念係學生在學校的學習或其日常生活經驗中，對自然現象或科學概念，有一套自己的觀察和詮釋，而學生接受了正式的科學教導後，因同化不當而產生不周全的理解，使其對科學概念的想法與科學界所認同的概念意義有所出入。Anderson(1990)認為，所謂「另有架構」是

多數學生對某些現象或是學科內容所持有的概念和解釋，其中有某些類似的想法，惟與現今之學科或社群所認知的概念架構有所不同。學生在某一特定學科中，對某事件或某現象所持有的不同於課本、老師、學者專家概念之看法、想法、信念、規則，和目前該學科專家、科學社群所公認的知識體系形成對比，均稱為「另有概念」(張川木，1995)。

Fisher(1985)認為，那些被視為是錯誤想法，另有概念的想法，通常具有下列的特性：

- 1.與相同領域之專家想法有所不同。
- 2.單一或少數的另有概念具有普遍性。
- 3.許多另有概念無法以傳統教學方法改變之。
- 4.另有概念有時涉及學生連結命題、組合邏輯的另有信念系統(alternative belief system)。
- 5.某些另有概念有其歷史淵源，學生目前所具有的另有概念可能來自早期同一領域的想法。
- 6.另有概念的來源：神經的傳導或遺傳的表現。由許多個體所提供一般特定的經驗，透過學校或其他情境的教學。

綜合鐘聖校(1993)蘇育任(1993)，認為另有概念具有以下特性：

- 1.個別性：學生以自己的想法來內化他們的經驗並建構屬於自己的意義，而這些想法會影響知識的獲得。
- 2.頑強、不易為教學所改變：學生會排斥正式的科學概念，傾向於以既有的想法來解釋，或者先接受，但經過一段時間後，已接受的想法又有倒退的現象。
- 3.跨越年齡、能力和國籍：亦即無論任何領域、國度、年齡的學童，可能具有相同的另有概念。
- 4.具有變異性：相同的問題，可能因其所處的情境不同，學童往往會有不同的解釋。
- 5.類似於科學史的演進：在發展初期的時候，某學科的專家也可能持有與今日學

生相同的另有概念。

Novak(1997)將另有概念和概念理解的特徵歸納成下列各點〈引自陳淑筠，2002〉：

- 1.學習者並非空瓶或白板，他們帶著關於自然的事物上有限但卻多樣的想來學習科學概念，這些想法常常是與科學教師或教科書不相容的。
- 2.許多另有概念是強烈地相關在年齡、能力、性別和文化層面。這些另有概念在所有形式的科學課程包括生物、化學、物理、地球與太空科學等都各有其特性，通常在個別的日常生活上都具有其功用的功能性。
- 3.這些想法經常是頑固的、抵抗的，不容易被傳統的教學策略所改變。
- 4.當學習者建構意義時，這些想法與正式的教學產生交互作用，結果形成多種無意義的學習，由於形式測量的限制無法探出而隱藏著。
- 5.學習者堅持的解釋通常類似於早期的科學家和自然哲學家。
- 6.另有概念從多樣的個人經驗中產生，包括直接觀察、同儕文化、日常用語及其他大量的媒體。
- 7.課室中的教師亦常常持有與學生相同的另有概念。
- 8.成功的科學學習者擁有一個強力的階層、一致的相關概念架構，以及用較深入、更原則性的模式來表徵他們的概念。
- 9.理解和概念改變是學習者自覺地建構意義的認識性的成果。成功的學習者透過有次序的認知，重構存有的知識架構，進而建構意義。
- 10.聚焦在理解與概念改變的教學策略是有效的教室工具。

Driver(1985)提出兒童想法的一般特徵：

- 1.知覺支配思考：在問題的情境下，學生的思考建立在可觀察的特徵上。
- 2.侷限性的聚焦：在問題的情境下，學生的注意力集中在特別的知覺特徵上。
- 3.聚焦變化更勝於平衡狀態：屬於侷限性聚焦的一種，學生注意事件的連續或狀態隨時間而變化。
- 4.線性因果推論：當學生解釋變化時，他們的推理傾向於遵循一個線性的因果關

係。

- 5.無明顯區分的觀念：有些概念學生在使用上無法區分且相互混淆，傾向更總括性與全面性。
- 6.與情境相依：學生用不同的概念去詮釋同一個狀況，及不一樣的概念引用相同狀況。

Head(1986)認為學生另有概念的來源如下：

- 1.日常生活的經驗觀察(from everyday experience and observation)
- 2.因類比所造成的混淆(from confusion about the analogies)

許多科學上的解釋都會牽涉到類比思考，也就是利用學生熟悉的事物來解釋新的、未知的內容，但是如同 Ausubel 所言，「有意義的學習」是必須讓學生可理解、可接受的，方能以學生既有的認知結構來理解新的知識內容，學習遷移才有可能發生。因此在運用類比的技巧於教學時要特別謹慎，否則容易產生誤導 (misleading) 的情形。所以教師使用類比時應選擇較不易使學生混淆的類比，且提醒學生類比不等於相同。

- 3.同儕文化的影響(from the peer culture)

本質上，學生的想法在科學教育造成影響之前是非常頑固，同儕的影響會加強學生的錯誤觀念，而且會抗拒科學的教學。

- 4.某些固有的觀念(innate origin of some ideas)

Reif(1987)認為在人的知識結構中，科學領域和日常生活領域的目標及認知方式不同，學生往往無法釐清某些概念在科學領域或日常生活領域的差異，而造成學習上的困難。另外許多研究中指出導致學生上發生困難或成效偏低的錯誤概念是基於〈引自陳世輝，1994〉：

- 1.學生的認知階段未達形式操作期
- 2.具有不適合的前期概念
- 3.對語彙的不瞭解
- 4.來自教師與教科書的誤導

王美芬、熊召弟《1995》則認為學生持有另有概念或質樸概念的可能來源如下：

- 1.教師對於學童的另有概念缺乏覺察心(awareness)及興趣
- 2.日常生活語言和隱喻
- 3.「只要教，就馬上會學到」的假設
- 4.「字和話語就可代表瞭解」的假設
- 5.教科書呈現錯誤概念
- 6.過份強調講述法

2.2 個體的知識架構形成與取得

早在十七、十八世紀的時期，哲學家就已經開始探索人類的心智與行爲的問題，並因而產生知識論。而知識論所關心的兩大議題，即《王文科，1989》：

- 一、我們對外界的事物如何有「知」？
- 二、人類的內在心理世界的內容究竟為何？其活動的基本機制為何？

知識論曾出現了兩派不同而對立的看法，其中之一是經驗論，其主張人類對世界的觀念和知識皆來自於「經驗」，而其中尤其以直接的感覺經驗為最重要。另一看法為理性主義，主張「理性」是知識的主要來源，不是權威或精神的啓示、直覺或感覺的經驗，而知識論經由早期希臘時期演化至當成，形成各種理論與主張。在此章節將知識論分為以下兩個時期來討論。第一、古希臘時期的知識論。第二、當代的知識論。

一、古希臘時期之知識論：

一般認為，現代心理學是根源於古希臘，早在紀元前第四、五世紀時，Plato 和 Aristotle 等古典哲學家便開始對知識本質開始進行探討，為當代哲學界定了發展趨勢，且延續至今。Plato 在解釋知識的本質時，強調心靈的活動，是屬於理性主義的觀點。理性主義者相信運用心靈才能獲得知識，而 Plato 強調知識是天

賦的，所以又稱之為先天論(nativism)，其主張心智之屬性是遺傳的，因此獨立於經驗之外的。而 Aristotle 的論點被稱為經驗主義(empiricism)，因其強調感官經驗是所有知識的基礎，其主張感官經驗是所有知識的基礎。我們可以得知先天論和經驗論是由兩個不同的觀點來看待個體學習歷程，但兩者對知識的解釋皆深深的被廣泛應用在學習理論上《王文科，1989》，詳述如下：

(一)先天論(nativism)

Plato(427-347 B.C)相信知識是與生俱來的，是人類心靈的自然成分，經由思考心靈的內容，便可獲得知識。其所認定的知識觀強，物質世界中的每一實體都有其應對的抽象的「理念」或「形象」，如對「椅子」的抽象理念和實體交互作用，而產生了我們叫作「椅子」的東西。而這些事物的純粹理念是獨立於物質之外而存在的，當其被轉換成物質時，就會喪失某些東西；因此假如個體想經由感官所經驗到的事物取得知識的話，將會被誤導，而經由感官而來的資訊只能提供意見，抽象理念本身才是真正的知識的本體。真正的知識來自內省或自我分析，而個體經由「心靈之眼」來體驗理念的資訊，人類的心靈充分的瞭解構成世界所有理念。

Plato 被認為是理性主義者的先驅，因為其認為經由推理過程才可得到知識。而理性主義認為理性(reason)是知識的主要來源，而不是權威或精神的啓示、直覺或感覺的印象。感覺資料本身是不具任何意義的；他們只不過是一大堆未經過組織而混亂的素材，只有透天生的詮釋機制(interpretative mechanism)的解釋或投射才能顯示出這些素材的意義與彼此之間的關係。

Kant 在其著作《Critique of Pure Reason》裡曾論及：

「對應於感覺的現象元素，我稱之為物質(matter)，而能使現象的各種不同的特質，依照某種特定方式安排的元素，我稱之為形式(form)。因此感覺如果不具有形式或秩序就不稱其為感覺。現象的物質所給予我們的，是後天(a posteriori)的，而其形式是先驗的(a priori)；它可以獨立於前者而考慮其存在」《王文科，1989》

以由格式塔理論(Gestalt)、佛洛伊德的心理分析理論及 Piaget 的認知發展理論，皆可以看到理性主義強調天生機制對心智定性的影子。

(二)經驗主義(Empiricism)

Aristotle(384-322 B.C)則認為感官資訊是所有知識的基礎，感官印象僅是知識的起源，心靈必須深思那些印象以發現貫通印象的定律法則。而感官資訊並不足以知道主宰實證主義的定律，必須由主動的理性思才得以發現。因此知是得自「感官經驗」(sensory experience)和「思考」。Aristotle 認為的知識為，對一件事物的經驗或回憶，將引發與該事物相似之事情的回憶(相似律)、或對相對事情的回憶(相對律)或回憶最初和此物體一起經驗的事物(接近律)，如果兩件事物愈可能引起對第二種的回憶，這就是「頻律」。而感官經驗會啓迪觀念，這些觀念因相似律、相對律、接近律、頻律的作用，而激起其他觀念，而我們稱運用這些或其他律則，解釋這些觀念之間關係的意圖為聯結律(laws of association)。

經驗主義認為經驗(experience)是知識的唯一來源，而其中尤其以感覺經驗為最重要。人類對外來的事物，經由親身的感覺而形成感覺印象(sensory impression)，拷貝於心裡成為簡單的思想。而經驗主義的主張可歸納如下：

- 1.主張所有的知識都來自於感覺經驗
- 2.主張所有複雜的思想皆由一組簡單的思想所組成
- 3.主張心有如有機系統一樣是由基本的單位所組成

瞭解這些基本單位，自然可以瞭解與個體的心，不必訴諸於一些神秘、抽象、不可捉摸的理念。而經驗論對近代心理學發展的影響是舉足輕重的，如結構學派(structuralism)、芝加哥的功能學派(functionalism)及過去曾經主宰了心理學研究達四十年之久的行為主義(behaviorism)，都強調後天經驗對人類心智發展的重要性《王文科，1989；鄭昭明 1993》

二、當代知識論的主張

當代學者對知識的看法也是呈現兩極化，不同的領域會呈現不同的看法與觀念，甚至於處在相同領域中也呈現出不同風貌的理論。在如此多元化的知識論主張中，本研究整理相關文獻，概略分為四個領域來探討分析當代的知識論。第一、生物相關領域。第二、認知心理學觀點。第三、統合認知觀點。第四、科學領域。

第一、由生物的觀點來看知識論

認為訊息為一種外在的世界的刺激，經由生物機能的理解(sense)與外在的結構產生關聯，再經由生物機能的控制、傳輸而產生動作，因此知識的產生和運用是由於個體精熟或是適應始而產生自動化的程式，而作出表現在外的動作。在心理學上我們可以分為行為主義(behaviorism)與人本主義(humanistic)兩個學派。

(一)、行為學派(behaviorism)的觀點

Watson(1913)以行為學派來看學習，其為一門源自於自然科學的純客觀實驗的支流，理論上的目標是要預測和控制行為，而有機體可以經由其行為的觀察，予以完全的理解。為了使心理學成為真正的科學的其一支流，心理學應該摒棄意識、心靈、感情、情緒以及其他不能直接觀察的、與「心」有關的概念，應集中於有機體行為的觀察與研究；在科學的試管中找不到意識，無法為意識流找到任何的證據；感覺與知覺這兩者都必須透過「刺激—反應」的連結來理解，因此其視學習為「行為」改變的索引，換句話來說，學習的結果必定會訴諸於可觀察得到的行為，學習者大部分都是被動的。在學習的過程中，外在的刺激—反應與知識的架構是客觀的、已知的及絕對的。思考只是一種自我語言的形式，可透過許多語言器官去理解，因此行為者並不考慮學習者的內心世界的心智運作(Semple, 2000)。人格(personality)只不過是許多「行為習慣」的總合。習慣(habit)則可以由條件反射予以解釋。行為論者反對以本能(instinct)的概念對行為發生來解釋，如果任何行為的發生，都用本能來解釋，則無所不能解釋，因此其注意情境的刺激對行為有決定性的作用。

在 1960 年代之前行爲學派是心理學的主流，心理學的研究曾經籠罩在行爲學派的思潮長達四十年之久，其主要的特色是：

- 1.外 在 實 驗 或 組 成 人 類 行 爲 的 行 爲 法 則，其具有確定的組成及組織，認定知識是由許多元素或概念所組成，這些元素彼此之間存在固定的關係
- 2.人 類 知 識 的 成 長 目 標 是 著 重 於 重 視 外 在 實 體 或 實 體 的 再 現 性，因此驅動人類知識成長動力是不斷的演練直到精熟，形成機械式的自動反應

行爲學派的指標性學者 Skinner(1968)則認為學習應該注重以下四個因素：

- 1.把 外 在 的 實 體 加 以 簡 單 化 並 且 切 割 成 明 確 可 以 觀 察 或 測 量 的 表 現 與 行 爲，也就是說，有待學習的資料，係以細小的步驟來呈現，而且應該建立在學習者之前的行爲之上。
- 2.把 這 些 明 確 的 行 爲 有 關 的 環 境 因 素 加 以 區 分，並找出可經由增強作用而加強的因素，換句話說，在學習的過程中，應該規律的給學習者獎勵與增強，至少在學習的初期應該要給予，可以在學習的環境中可安排固定的增強模式來塑造學習者的行爲模式。
- 3.建 立 這 些 可 增 強 因 素 在 個 體 中 所 形 成 之 可 觀 察 的 聯 結 關 係，如學習者學習到正確的反應後應立即給予回饋不管他們所學得的是正確或是不正確的。
- 4.再 經 由 計 畫 的 程 式 與 增 強 作 用 而 達 到 目 的，如在學習經驗之後，我們應給予揭示，讓他們往正確的學習路徑前進。

國內研究行爲學派相關學者認為行爲學派對知識的本體觀具有以下特質〈黃芳裕，1994〉：

- 1.知 識 的 實 體 與 外 在 實 體 是 一 致 的，因此要瞭解知識可以直接對外在的實體經由觀察、操弄確定的元素和匹配元素的關係或調和彼此之間的關係，即能取得外在實體結構。
- 2.個 體 對 外 在 實 體 的 瞭 解 是 建 立 在 對 外 在 實 體 結 構 的 預 測 和 考 驗 而 加 以 確 認，因此對刺激物的判斷、情境的區分、程式的安排和增強作用是其中的重要因素。
- 3.整 個 外 在 實 體 的 結 構 爲 一 具 有 確 定 關 係 的 組 織。

由上可知，行為學派的優點是明確的外在行為，容易測量和判斷；但是在面對行為改變的基本機制和歷程，還面臨多方爭論，在未解決基本的機制與歷程前又如何用來解釋個體複雜的行為與高層的心理運用，它的困境是過份強調環境刺激與行為改變兩者的表面關係，忽略了支援此關係以及發生在身體內部的心理運作。

(二)、人文主義(humanistic)的觀點

由 Maslow(1970)提出的人文主義，基本上還是以行為的表現作為基礎，但是在知識的過程中仍是以人格組成的因素為重心，認為人類接觸外在實體的動機可有不同的本質和來源，若動機的基礎源於生理的運作原理，便稱為「生物需求」，它們是否得到滿足，與動物的生存或身體健康有直接的關係，因此又稱為基本需求(basic needs)，包括生理方面及安全方面。而基本需求是與生命延續有關的，所以必須得到滿足，若基本需求問題得到解決，才會有暇處理心理需求(psychological needs)，包括歸屬感與愛，更上層則包括自尊。心理需求雖然對生存不太重要，但卻是影響到生活的意義及生理健康。假若中層需求都滿足了，人會達到最高層次，這裡的需求已經超乎生理及心理層，便是自我實現(self actualization)。

因此知識成長的最終目標在於完整人格與自我實現，因而整個目的是在幫助人類發展出更好的途徑，以更好的能力去健全人格，有快樂的心理去瞭解外在實體。因此成長的機制在於個體的動機需求，從生存、安全、滿足到自我實現是成長的動力，因此知識成長與環境供給個體的動機有關(Maslow，1970)。

而近代的人文主義的學者(Maturana，1980；Heylighen，1992)認為自我實現的機制有二：

- 1.由生物本身決定是否調整內在結構而形成「變」的動力。
- 2.由外在環境控制生物變的方向，生物本身再由自我需求決定變的程式和層次。

國內相關研究學者認為人文主義的知識觀具有以下的特質〈黃芳裕，1994〉：

- 1.知識的實體是由個體的基本需求所掌握，是由生物體不斷調適而產生。

- 2.個體對外在實體的瞭解是由生物成長過程中，不斷調整變的方向而形成。
- 3.整個外在實體的結構和生物的基本需求有關，為一種相對的確定性。

第二、認知心理學的觀點來看知識論

認知心理學認為知識是由個體與外界實體相互作用而成，經由個體內在的心智運作，個體會給予外在世界意義的過程，採取此觀點的有皮亞傑學派、新皮亞傑學派、人工智慧等等學派。

(一)、皮亞傑學派(Piagetian)的觀點

根據 Piaget 的觀點，認知根植於嬰兒的生物能力，主要所在的環境提供充分的多樣性和對探索的支援，智力則會系統的逐步發展。每個有機體都在努力獲得平衡(equilibrium)，平衡是一種組織結構平衡，無論它們是運動的、感覺的還是認知的。當這些結構處於平衡狀態時，它們便提供了與環境互動的有效方式。每當有機體或環境中發生變化，要求對基本結構進行修正時，它們便會發生不平衡。認識是獲得與再獲得平衡的一個積極過程，而不是一種恆定的過程，認識是個人與環境不斷地交互作用的結果。

Piaget 的理論的一個核心概念是基模(schemem)，把基模定義為「在相同或類似的情況下透過重複而遷移或概括化行動之結構或組織」。基模是一套行為序列背後的心智結構；基模可以整合而形成較大的單位。所有的基模引發組織化的行為模式，而且所有的基模透過個體與環境的交互作用而被修正。在嬰兒初期形成的基模逐漸變成認知世界的模式，在長大後出現並成為人類思想最精深的形式 (Piaget, 1969)。

Piaget 提出認知是一個連續發展的過程，在這一個過程中，經驗的內容與變化刺激了新基模的形成。生物適應和智力發展之間有著平行關係，因此智力的成長似乎牽涉到兒童及其所處的環境之間的交互作用，就如同生物的適應涉及生物體及其環境之間的調適作用。認識是適應的結果，或是已有基模為容納每一經驗的新穎性和獨特性而改變的結果。而適應是兩方面的過程，在這個過程中，已有

基模的連續性與改變性，這兩方面為：

- 1.同化(assimilation)的過程：就是根據已有的基模解釋新經驗。
- 2.調適(accommodation)的過程：就是為了說明物體或事件顯露出的新的方向而改變原有的基模，具有適當差異的經驗能被調適。

但新經驗與個體當前所理解水平差異太大，個體將不會獲得新的理解。而組織(organization)指涉及不同基模之間的關係並導致關係結構的概念。Piaget 認為這些基模總是被組織起來以形成整合式的心智架構，而心智結構的類型隨著兒童的發展而改變(Newman，1993)。

Piaget(1952)認為智力包括三個面向：內涵、功能和結構。內涵意指一連串的行爲，它是執行基模後的產物；內涵會隨著年齡的增長而改變甚大，智力的功能在發展過程中保持不變，並且包括組織(organization)和適應(adaptation)。適應包含同化(assimilation)，使用現有的基模去解釋和組織訊息，與調適(accommodation)修正基模以接納新的知識。

國內研究皮亞傑學派相關學者認為該研究知識的觀點為〈黃芳裕，1994〉：

- 1.外在實體是確定的，但因個體的成熟、能力和環境之限制，僅能不斷的擴充對外在實體之理解。
- 2.在理解的過程中，個體會建構暫時性的結構而達成平衡，因此個體用的是「主觀的實體」，並不是真正的實體。
- 3.客體的實體為個體從目標、經驗和運作系統等建構出的結構，能達成理性詮釋和解決衝突而具有實用價值。

(二)、新皮亞傑學派(neo-Piaget)的觀點

Piaget 的學生 Pascual-leone(1976)提出心智範圍的理論，認為人類處理外在實體的訊息能力與內在之心智能力成長有關，因此 Piaget 的邏輯分化模型所形成的結構思維不是代表成長的唯一基礎。個體隨著成熟而使能力擴充，使控制的察覺(perception)不斷的寬廣而使思維複雜化。

而 Gold(1987)也提出不同的皮亞傑平衡測量項目，產生不同通過比率之現象，提出在每一個分化階段裡存在水平細緻的心智發展範圍，強調在合適的知識領域中，成人與兒童的「基本思維能力」模式是一致的。

因此新皮亞傑學派強調知識的本體與個體的成長經驗，為一種水平動態的改變，而且此一改變會隨著階段邏輯分化不同而改變，呈現出外在實體的本體觀是有許多種不同的表現。而這些表現的機制有三個層面(Pascual-leone, 1976; Case, 1974)〈黃芳裕, 1994〉。

- 1.表徵系統(figuration)，為個體內在的外在實體之表現。
- 2.運思(operate)，為個體內在轉換外在實體為可操弄或控制的規則。
- 3.執行(execute)，為個體經由可操弄的規則轉換反應。

(三)、人工智慧論(Artificial intelligence workers)的觀點

此學派是以 Simon 和 Newell 為代表(Simon, 1972)，主要是依據人類猜測特質(game-theory)、溝通的結構法則與表現的訊息型式法則等組成，其主張：

- 1.知識是由符號型式所組成。
- 2.人類處理訊息的過程是一系列的符號處理。
- 3.符號處理的界定可從簡單的符號、語意法則、圖表到高層次的概念。

第三、統合認知(metacognition)的觀點來看知識論

統合認知理論者認為統合認知是個體能夠覺察自身的認知歷程，進一步可以對個體本身所運作的認知情況能夠加以評鑑(evaluation)、計畫(planning)與調整(regulation)。它是一種瞭解為何(what)、如何(how)和為什麼(why)的「統合的認知」。且統合認知的運作歷程受到情感、動機、態度等情意因素的影響。

Flavell(1982)認為統合認知可分為二個部分，第一指統合認知經驗(metacognitive experience)，係指附屬於認知活動的情感或認知經驗，為可察覺的，其會驅動人們用認知處理或解決問題，而 Flavell 更進一步的提出統合認知

經驗有五項特質：

- 1.性質上：統合認知經驗大部分是意識的(conscious)，且能用口語表達的；但是也有少部分是不易覺察的，且無法使用口語進行表達的。
- 2.內容上：其內容，或多或少，或簡單或複雜都有可能出現。
- 3.時間上：其可能發生於認知努力的任何時刻。
- 4.情境上：其何能發生在各種情境中，以期個人能謹慎的、有意識的監控與調整個人認知。
- 5.功能上：其在認知活動中，發揮了多種有用的功能。

第二指統合認知知識(metacognitive knowledge)，係指用來處理認知事務(metacognitive matter)的即有知識，是透過個體經驗累積而來的知識和信念，並貯存在長期記憶中，它具有敘述性(declarative)和程式性(precedural)，而統合認知知識又可以分為三項：

- 1.對人的知識(persons)：指個體得到對於人們的認知系統的知識，認知系統包括情感、刺激、概念等等，其中又包括個人內在、人際之間及人類全體。
- 2.對工作的知識(tasks)：指個體在成長中會學習遇到問題時，應如何處理以減低影響或困難，個體會因為經歷不同的問題，而學會以不同的訊息處理過程來處理不同的事件，個體之統合認知知識會逐漸充實而發展起來。
- 3.對策略的知識：個體學會不同的策略或程式以便達到不同的目標。

另一方面 Flavell 認為個體存在一種內在監控與瞭解自我之自覺能把內在基模配合外在的情境做出有組織的動態表徵之變化，而這些表徵變化是有規則或法則在引導，因此要詮釋變化須以完整結構重視經驗上的技巧表(Flavell, 1976, 1982)。由統合認知的觀點，我們可分為三個學派來說明，分別為功能主義、結構主義及心智模型等學派。

(一)、功能主義(functionalism)的觀點

Spencer 於 1855 年提出進化的理論，認為進化是透過一連串整合與分化的過

程，使得同質性(homogeneity)最終變成異質性(heterogeneity)。由此可知低等動物只能利用反射性行為去應付各種不同的情境，再略高等者則出現本能性的行為，而再高等者則更進而出現不同的行為模式，以應付各種不同的情境，人類的心智活動是進化與適應所顯現最極致的表現《王文科，1989》。James 創立功能學派，其認為意識的功能應該是一體的，其目標是影響個體對環境的適應。「意識流」會隨著全部的經驗改變而改變，而人類的意識歷程整體上是與適應其生活的環境有關《王文科，1989；鄭昭明，1993》。

在功能主義中與情境相關的主張中，認為改變是要使個體所掌握的實體能夠幫助個體面對外在的情境。而此種的改變是受到個體所在的文化、個體自身經驗等組成所影響，因此改變不一定是歸納或演繹的結果，而是群體的理念和目標，這種改變與理性(reasoning)無關，可說不具理性。其中國內相關研究學者強調〈黃芳裕，1994〉：

- 1.知識是由人和環境相互作用而產生的，因此個體對外在實體的理解不是零碎的記憶或事實，而是一個整體的現象。
- 2.知識是人類對外界現象的詮釋，組織功能是在於溝通和詮釋，不能限制在真理與因果律，必須從文化和社會環境給予多樣性的架構表現

(二)、結構學派(structuralism)的觀點

結構學派主要是以有系統的方式研究人的意識，相信人類的意識可像化學物質一樣加以研究，即使是複雜的實體也能夠分化成簡單的元素，所以其認為心靈是由各種不同的觀念所組織構成，以及意識的最小元素是觀念。Wundt 認為心理學的研究對象是經驗本身，換句話來說，也就是指經驗者的「直接經驗」，而非獨立於經驗之外的「間接經驗」，直接經驗來自於感覺，而經驗者亦不時對感覺經驗產生反應。由此 Wundt 主張，心理學應利用實驗心理學的方法，量化刺激與反應，並尋求兩者之間的關係。但也由於直接經驗必須依賴經驗者的自我觀察，因此「內省法」必須保留，以與實驗法一齊使用，但是有些高層的心理能力，

如思想、推理與判斷等，不能以實驗的方法加以進行，它們只能由個體所建立的文化，包括語言、習慣、信仰、傳統與社會的機制去尋求瞭解。而意識才是心理學研究的重點，意識是由思想(idea)、情感(feeling)、與衝動(impulse)所組成的，而思想來自於外界，是屬於意識的客觀的部分，而情感與衝動是皆來自有機體本身，為意識的主觀的部分。

Titchener 認為「心」是個人終其一生的心理內容的總合體，而「意識」是在某一特定時間的心理內容的總合體，「心」與「意識」的基本單位是感覺(sensation)、心像(mental image)與情感(feeling)，感覺是知覺的元素，心像是思想的元素，情感是情緒的元素。而三者又可以用更基本的單位來表示，如品質、強度、持續等《王文科，1989；鄭昭明，1993》。

在結構主義的本然主張(neo-nativists)認為知識具有以下特點〈黃芳裕，1994〉：

- 1.知識的架構具有一個共同的最終結構，這個結構是固定的，不變的。如 Chomsky(1959)即認為人類的溝通語言就是建立在此一結構上。
- 2.在知識發展的過程中，個體的成熟與否是重要的影響因素(Carey，1980；Carey & Smith，1993)。
- 3.個體在發展知識的過程中，個體本身存在的最終結構會不斷修正，往知識的最終結構來修正，並不是取得更多的規則知識。

(三)、心智模型(mental models)的觀點

探索內心世界的操作型式一直是認知心理學所努力的目標，認知心理學試著經由擴散(proliferation)的模型來瞭解及解釋心智的運作情形，這些模型分別代表內心認知模式，心智運作的情形是非常複雜而且時時刻刻處於變動的狀態，因此研究心智運作的情形是相當困難且艱辛。

在 1940 年代初期， Craik(1943)認為腦中的內部活動就像是概念模型(thought models)或是類似實體(parallels reality)，心智模型的概念便開始出現在心理學理論

或實際運用很多不同的領域中，從基本的認知心理學理論，運用到處理人類-電腦互動問題(human-computer interaction)或是人類-機械系統(human-machine systems)的問題，心智模型更進一步被應用在解釋某個範圍的心理層面的問題。因此廣義來說心智模型這個名詞所代表的不單單是要給心智模型一個明確的定義，而是在統合認知這個領域中，針對心智模型這個概念作一個詮釋。

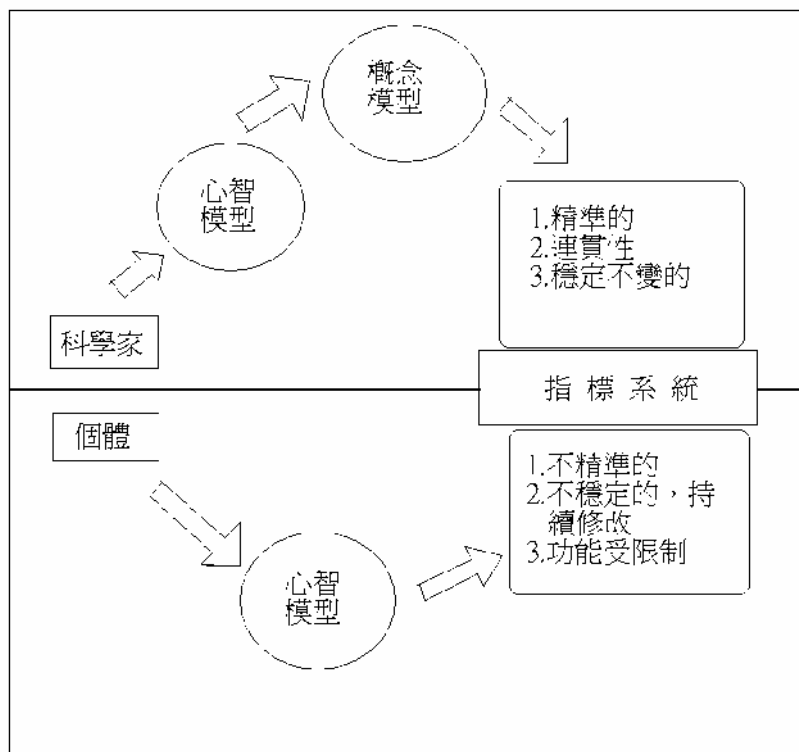
Craik(1943)首先提出心智模型的理論，個體會由所處週遭的環境中建構出一個內在模型(internal models)而這個模型是依據外在環境的合理性與推測的結果。就像是一個工程師爲了要去建造一個實物建築物之前，通常會先製造一個和實物建築比例相同的縮小模型，這樣可以先預測所面臨的問題。由此推論出個體也會建造一個模型，讓個體也可以在面對外在世界問題時，可以預測事件的結果，就像工程師在製造模型時可能會加以簡化，因此個體的心智模型也有相似的情形，在個體中，只需要有相關的架構，可以有模仿的過程就可以架構出心智模型。由以上觀點看來，Craik 認爲心智模型就像是外在世界的片段的縮影，是爲了個體要預測及推論外在世界而產生的 (Rogers, 1992)

在科學教育領域中 Gentner & Stevens(1983)等人提出了心智模型的理論，認爲心智模型是爲了要精確的檢驗出個體是經由何種過程來瞭解外在世界的知識，推論出個體可透過瞭解心智模型的運作，進一步選擇有效方法，來讓個體更加速瞭解外在知識。Gentner & Stevens 的心智模型研究主要是結合了認知心理學、人類學、語言學、人工智慧等研究學組成的。他們認爲 Piaget 在選用數學方法來解釋個體知識表徵(knowledge representation)結果，會被限制在形式主義對個體表徵理論中，在這個限制前提下，並不能分析較複雜的個體知識表徵，特別是在個體的動態知識的觀點看來。因此並不能經由 Piaget 的理論來瞭解個體思考運作的表徵。爲了正確解釋個體內在心智運作之模式，Gentner & Stevens 等人認爲要瞭解心智模型的運作，必須先瞭解四個元素之間互存的關係(1)指標系統(target system)、(2)外在世界存在之概念模型(conceptual model)、(3)個體本身建構的心智模型、(4)科學家本身心智模型內的概念，解釋四個元素如下。表達 Gentner &

Stevens 的心智模型與上述元素關係如圖 2.1 所示：

1. 指標系統(target system)：指個體正在學習或使用的目標稱之，也就是指外在存在的客觀的實體。
2. 外在世界存在之概念模型：也就是指外在世界中被認定為真理或是定律的理論，這些真理或是理論將構成客觀的實體，概念模型被認為是準確的、連貫的、完整的理論，不容被挑戰的真理。
3. 個體本身建構的心智模型：個體本身之心智模型的建構是個體透過和指標系統交互作用而形成的，個體建構的心智模型通常是不精確的，雖然具有基本的功能性，但是在執行(run)的過程中，將會受到某些限制，並可以透過與外界的交互作用而不斷的持續變化、修改再形成新的心智模型。
4. 科學家本身心智模型內的概念：科學家心智模型內的概念就是外在世界存在的概念模型的前置概念，所有的外界存在概念模型都是經由科學家的心智模型透過普適化的語言規則、符號表示轉換而來的。

圖 2.1：Gentner & Stevens 的心智模型



Gentner & Stevens(1983)的心智模型基本觀點看來，其認為在自然科學中，有著一個客觀存在永恆不變的實體(reality)，這個實體是由許多的概念模型所組成的，而這些概念模型是由科學家、設計師、教師、工程師等人所創造出來，這個概念模型的中心概念是由科學家的心智模型轉換出來的，因此這些概念模型具有準確性、穩定性、連貫性等特質。在個體在學習或使用工具的過程中，首先設定學習目標，這個學習目標稱之為指標系統，而在指標系先內我們又區分成兩個部份，第一部份是透過科學家觀察外在客觀的實體所得之結論所組成的知識系統，為固定不變。第二部分是由個體經由外在作用後所形成的指標系統，由個體的心智模型所組成的，為一個不穩定並不斷修正的動態系統。個體必須經由不斷的修變、變化自身的心智模型，到最後以期和外在實體相同，這也是心智模型變化的最後階段。

因此在 Gentner & Stevens 的心智模型理論中，對知識的看法可歸納出以下各點：

1. 外在的知識為單一客觀且永恆不變的實體，這個實體架構是固定的、不變的。
2. 個體的知識是由概念的模型所構成的實體，這個實體是不客觀，會經由學習的過程中，不斷的修正、變化成為與外在的知識相符的實體。
3. 個體在發展知識的過程中，實體具有的功能是受到限制的。

同期 Johnson-Laird(1983)也提出了心智模型(mental models)的理論，提出科學中有存在兩種應述表徵的型式，命題的表徵(propositional representation)以及心智模型，其中命題的表徵是在表達語言和世界之關係，為個體對外在現象的理解，而心智模型是指當個體對語言的瞭解(comprehension)之最終產物是一種抽象的概念，而這個抽象的概念可以視為心智模型，其組織架構為實體(entities)所構成，而外在訊息(sign)進入個體時，會創造、提升、改變這些實體的組成。換句話說，當個體接受一個訊息的時候，會有相關的實體來形成一個心智模型，但是實的本身也是由心智模型所構，所以心智模型是動態的結構，隨外在世界的改變而做不同的調整(Oakhill & Garnham, 1996)，Johnson-Laird(1983)的心智模型概念

圖如圖 2.2 所示。

Carroll 和 Olson(1988) Johnson-Laird 的心智模型理論是一個多變(rich)而且精緻(elaborate)的架構，由 Johnson-Laird 的心智模型理論可以省察出個體的心智模型系統中包含什麼、如何運作及為什麼如此運作的，經由心智模型充分省察出個體的知識結構，並允許個體因應不同的情境而選擇執行適當活動之前，可以在心智中模擬活動操作。因此歸納上述對 Johnson-Laird 心智模型理論的看法，

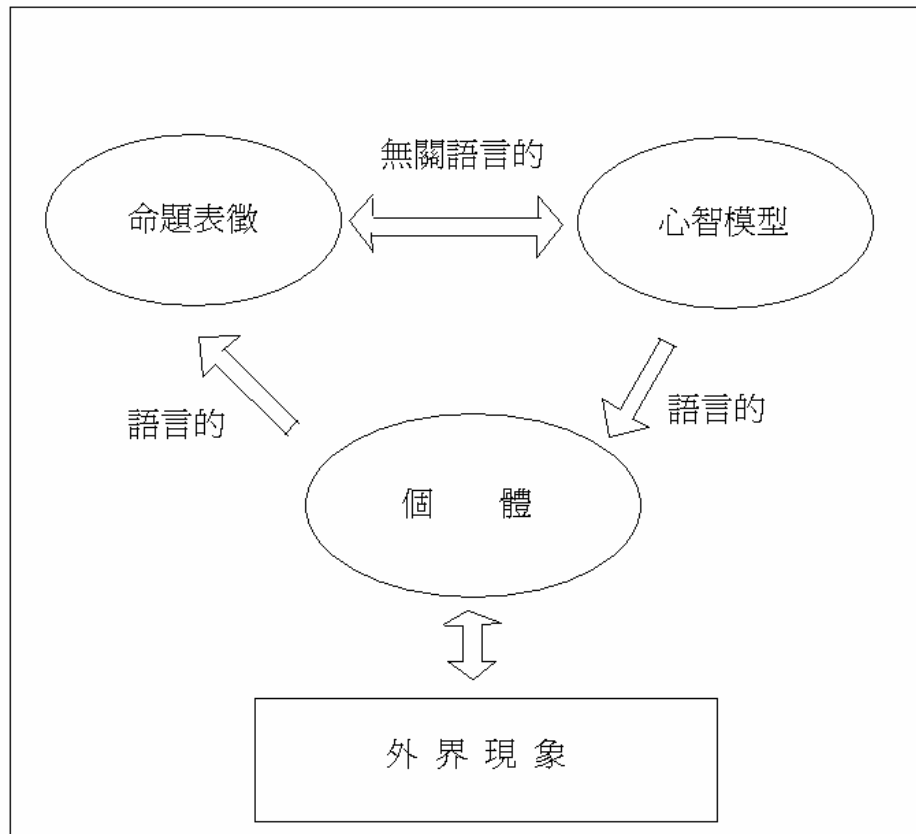
Johnson-Laird 的心智模型理論有以下特色：

1. 心智模型架構與外界傳導的訊息架構是不同的，它是多變及精緻的，個體本身知識架構而成，並非為超過單一命題(proposition)或產物(production)。
2. 一個心智模型可能表達超過一種資訊(information)，它包含數種資訊。
3. 至少對人類而言，由人類的行為中，可觀察或試著推論出數種訊息，由這些訊息中，我們可推論出個體的心智模型。

在 Johnson-Laird(1983)的心智模型中，認為知識的架構為以下特色 (Hammond，1982；Carroll & Mack，1985)：

1. 個體內部知識的架構是散佈的(distribution)且片斷的(fragmentary)。
2. 知識的架構是動態的。
3. 個人知識架構是與情境相關的。
4. 外在世界的知識是暫時的(temporary)存在。
5. 知識表徵系統並非單一，且可以透過數種表徵系統來傳達。

圖 2.2：Johnson-Laird(1983)的心智模型



綜合上述由 Johnson-Laird 的心智模型中，可發現知識的架構會因應外界情境及個體所觀察、預測外在世界接下來會發生什麼變化，然後再解釋、選擇動作，而產生知識的重排。也就是說個體內部的知識架構會經配合外在世界情境，由散佈且片斷的狀態重新排列組合成網狀知識系統 (web knowledge system)。

第四、由科學的觀點來看知識論

由科學對知識的觀點，在近年來已產生不同的觀點，由傳統視知識是固定存在的實體，個體可經由適當的學習溝通，達到對外界實體相同一致看法，延伸到知識是由個體所自行建構而成，配合不同情境而產生不同知識架構，視知識為動態的架構與組成。

(一)、經驗實驗論的觀點

其主張在主觀的方向假設自然世界是具體的世界 (physical world)，為相互交

錯的外在實體，此一實體具有穩定不變的性質，具有普適性，因此，可以透過人類本能的知覺加以體會而理解出隱藏背後的規律性，實體具有以下特色。

- 1.與個人毫無關連的外在存在
- 2.與時空情境無關的客觀性存在
- 3.可以重覆再現性的存在
- 4.實體是具體的並為經驗所累積

其提出人類知識的形成是由人類知覺所取得的訊息和由日常生活中所遭遇的物質世界可以感受到規律(regulatory)標準，其可作為做資料的基礎，再經由人類共同遵守的客觀法則，將判斷建立在超越人類價值之「絕對客觀」上，透過活動所累積的規律標準而形成人類的知識。

(二)、邏輯實證論的觀點

邏輯實證論認為存在於人類心智外的物理世界具有交錯之自然律，且具有一定的總成機制，和必然的因果關係。其對知識有下列觀點

- 1.組成知識的實體是由兩個因素所組成，一個是理論，另一個是應用。理論是存在經驗內涵中，一部分是以「可觀察命題」的型式存在，其經由直接觀察或使用工具的非直接觀察所形成的資料，這些資料可經由「共同轉換標準」轉換成許多不同的命題，而這些命題的真偽必須在應用方面經由真正的檢驗證實，才能給予真偽的區分。另一部分以「非觀察命題」的型式存在，其可經由概念或定義等把外在世界客觀具體的表現出來
- 2.科學家探討的外在實體和目標是一致的，可經由歸納法和演繹法中完成許多接受的標準，換句話說，只要運用適當的方法，即可達到客觀的標準。
- 3.科學知識的組織不再是一般生活常識，必須有一些嚴整的法則使其成為可類化的法則。

邏輯實證論以一個確切的實體為中心，在掌控變項與不變項的精密掌控下，透過理論結構在概念與的架構，配合外界共同接受的標準，轉換成可處置的假

設，再經由一系列的處理程式，使假設經過經驗考驗，即可得到一客觀存在之知識實體。

(三)、後實證論的觀點

Kuhn 首先對科學知識的主體觀提出「典範」(paradigm)主張，認為整個科學的成長是因科學社群在困頓環境中，經由舊有的思考模式，無法自我突破，而改變了對外在世界的觀點。Kuhn 認為典範不僅是儀器、理論和自我形而上的參與 (metaphysical commitment)，並且由學科矩陣(matrix)所組成，這個矩陣由下列四個元素組成(Kuhn，1970，1977，1978)：

1. 普適化的符號法則(symbolic generalization)：是由一群特定族群，在依循邏輯技術下，毫無爭論的表示出欲呈現之意義，組成學科矩陣內的型式表現。
2. 模型(models)：則是這一族群的「外在世界之本體觀」(ontology)，在科學領域裡模型組成思維(heuristic)的基礎而引導出不同的詮釋結果，如把光視成波動的結果和把光視成粒子質點的結果。
3. 範例(exemplar)：是面對問題所獲得的答案，也是一般科學教育裡常使用的知識組成。
4. 價值觀(values)：個體經由社會、文化習俗等因素，內化所形成的個人特質。

主體主張的改變，使得組成科學知識「共同接受的客觀基礎」產生分歧，在相同的客觀基礎下，不同的假設有不同的結果，因此人們對「客觀」的基礎，傾向經由族群的「典範」加以保證或做為取得客觀基礎之修正方向，使得重要的傳統(tradition)和族群(community)為組成知識的要項。

在人文科學方面，Foucault 認為主體的形成來自兩個方向的建構，首先是直接受到權力的塑造，稱之為枕訓權力，其次是藉由內在真理的認知來建構對自我的認識這些真理則是來自與權力交互作用的結果 (Foucault，1977，1978)。而所謂的規訓(discipline)，即是指一系列的方法，這些方法使人們對身體運作之控制成為可能，確保身體力量的順從，進而產生順從-效益(docility-utility)的關係。而

規訓的方法有三(Foucault, 1977)：

- 1.控制的規模：規訓不把身體當成不可分割的整體來看待，而是把身體分割為細部再加以控制，亦由運動、姿態、姿勢或速度來控制。
- 2.控制的對象：規訓所控制的是活動進行的過程。
- 3.模式(modality)：規訓模式蘊含著持續不間斷的壓制、對活動過程的監督並根據劃分時間、空間及活動後的編碼來進行。

規訓權力的主要功能是訓練，而規訓權力具有三重主要的手段(Foucault, 1977)：

- 1.層級監視：規訓的實施必須藉助於監視的機製，一個完美的規訓機制應使一切一目了然。
- 2.規範化(normalization)：規範機制具有一套規範(norm)及相關的賞罰制度，但其原則和功用不同於司法刑罰制度。規範觀察個體的表現，強調規範差異性，將個人的表現量化並排列等第及標準化。
- 3.檢查或考試的方法：在這個檢查或考試的過程中，個體被建構為可描述及可分析的客體，個人特徵、成長及能力的變化均在知識體系的監控中。

由 Foucault 的觀點來看，人文科學透過個體身體及心靈來提取研究的資料，而在提取資料的過程中便蘊含著權力關係，透過這些關係，人文科學的知識得以產生，並伴隨不同權力關係變化而產生了不同的論述規則及形成條件。

(四)、社會建構論的觀點

建構論者認為外在世界中並不存在所謂的「客觀知識」(objective knowledge)，只有主觀建構的知識(von-Glaserfeld, 1995)。同時知識的組成跟社會(societies)和文化(cultures)是相關的，知識是不斷的變動且暫時存在的，並沒有客觀知識存在(Brooks & Brooks, 1993)。實體的存在不是經驗主義實驗論者所主張的獨立於人而存在，應該是由個體與概念相互結合，具有工具的效用，能使人個內在結構與個人目的上的實體能相互調合且能有效使用即可 (von-Glaserfeld,

1992)。

傳統教育觀中，教師的角色是提供知識訊息與學習技巧，個體是被動的學習者。建構論認為個體應該主動建構本身對外界的理解、知識及詮釋，教師提供個體一個學習的環境，讓個體透過相關的問題與學習過程來獲得知識 (Aviram, 2000)。在社會建構方面，認為在同一族群中，每個人的行為是在一個理想型的自然共識中進行，即先假定人類對目標有著明確的感受，會順著天擇或定命的方向調整，配合著智慧者的詮釋和領導者的能力，開啓源頭及釐清極限。知識的主體是使人類能夠擴充理解外在世界，因而知識的目標是要求共識、超越和調和。

Vygotsky(1978)認為個人的思維是一種社會活動，最初發生在人與人之間，彼此體驗認知活動的進行，逐漸內化後，將會成為個體獨立發展成就的一部分。換句話說，個人的思維是社會中所經驗的認知歷程，在個體內重演，發展的基本歷程是起源於社會活動的逐漸內化 (internalization) 和個人化 (individualization) (Brown & Palinscar, 1989)。Vygotsky 認為人類思維的發展與「工具使用」(tool use) 和「符號使用」(sign use) 兩者之間的發展有直接的關係，而這兩者之間的結合將影響個體調表達的功能 (Vygotsky, 1978)。說明如下：

1. 符號的使用：包括個體的文字的意義的理解及口語思維 (verbal thinking) 的應用，而工具使用過程中，將置換 (transforms) 個體心智中「社會構形」(social formation)。
2. 工具使用：在面對社會文化上的詭譎多變的溝通時，「工具使用」會因應情境不同而創造出不同的工具需求。

內化是個體社會化的一個影響因素之一，個體在特定社會情境 (situation) 中，面對情境中特殊的社會行為或規範時，個體將藉由學習遵循其行為規範的過程中取得個體自身的認同，此為內化的過程，但在內化過程中將引發個體自身衝突矛盾，並沒有外在的監督與評量的機制，在個體自身信念與外在規範達成平衡的過程是無關理性的過程 (nonrational processes) (Etzioni, 2000) 此內化能力即為實際發展層次，然而，透過社會互動在他人協助下能提升個體潛在發展層次，進而

創造個體的可能發展區域。Vygotsky 認為個體透過參與社會活動的過程中，可經由內化建構本身的新知識(Vygotsky, 1978)。

社會建構論者認為學校環境就是社會文化環境，而教與學可視為「文化工具」(cultural tools)(Richardson, 1997)。Vygotsky(1978)提出「潛能發展區」(zone of proximal development)的理論，其以社會互動的觀點來分析學習與發展之間的關係，以說明個體發展的社會起源。其認為心理發展可以分為兩個層次：

1. 實際發展層次：是個體實際能夠獨立解決問題的層次，在沒有其他外力的協助下，獨自完成。
2. 潛在發展層次：其是在成人引導或與較有能力同儕合作下，所能解進問題的層次。

這兩個層次之間的距離就是「潛能發展區」(Vygotsky, 1978)。換句話說，學生可以在某些情境下複製(copy)一連串的活動，而這些活動所需的能力超越學生本身原本可以承受的能力範圍，但是在某些方面卻會受到限制，而這個情境是指當有成年人或是有效有能力的同儕在一起學習的情境下，而潛能發展區就是指當學習者在有成人或他人的引導、幫助的情境下解決問題的表現和當單獨解決問題時表現，這兩者之間的落差我們稱為潛能發展區。

因此在教室的情境中，教師教學必須依照個體不同的可能發展區域，配合當時社會背景，依當地風土民情，提供適當的教材教法，同時支援學生的表現，培養學生自我學習及獨立完成活動的能力，以引導學生至更高的發展層次。

2.3 相關研究文獻分析

由於本研究是在探討物質的性質與變化，因此將相關的研究文獻整理如下：

一、化學變化

化學變化的基本定義為「產生新物質的一種現象改變過程」，然而多數學生對此基本定義並不清楚，而教師也未將此定義視為教學重點，加上日常生活語言上的誤用及學生習慣以感官知覺來理解事物等因素，造成學生對於化學變化概念的錯誤認知，及對於物理及化學變化的辨別能力缺乏，許多研究就曾對此方面作探討：

Schollum(1981)指出，學生將沸騰、溶解過程視為化學反應；學生將有發生嘶嘶聲、氣泡、氣體逸出、顏色改變等現象視為化學變化；而學生在學習過程外會自己發展出另類的概念，其對科學的解釋是來自於「直覺的觀察」，而不是由學校學習中所得來的知識。Hesse & Anderson(1992)曾研究國中學生描述化學變化所使用的概念，其研究結果顯示，極少數的學生能將肉眼觀察的現象以原子、分子觀點的角度去作說明解釋，大多數學生僅能就其表面上的觀察作說明。

Abraham, Grzybowski, Renner & Marek(1992)分析七、八年級學生對於化學概念的瞭解及錯誤概念之研究中指出，學生應該理解化學變化是一種物質發生轉變的過程，並且有新的物質形成，而非僅是物質的形式發生變化，然而多學生卻認為當沒有「化學物質」產生或參與反應時則不是化學變化。

Andersson(1986)的研究中歸納出五種學生對化學變化的想法：

(一)就是那樣(It is just like that)：學生對於現象並不瞭解，也無法作解釋，並且對於現象改變對感興趣，僅對表面現象的物質消失作描述。

(二)移位(Displacement)：學生認為新物質的出現是因為它從別處來的。從多數的回答中得知學生認為產物原先存在反應物中，經由反應的分開而展現出來。而在化學教學過後，還是很少學生會運用原子、分子的概念去說明化學變化的現象，學生反而將巨觀概念套用於微觀粒子上，例如學生認為燃燒產物的

粒子原先是存在於可燃物中。

(三)修改(Modification)：學生認為產生的新物質事實上就是原來的物質，只是改變成了另一種外觀形式而已。在巨觀解釋方面，學生認為化學反應是原來的物質改變為另一種物質產物的現象；在微觀解釋方面，學生認為在不同情況下的粒子顆粒會改變成不同的外觀形態，此依舊是將巨觀的想法套用於微觀粒子的錯誤概念。

(四)轉變(Transmutation)：許多研究討論學生運用各種「轉變」的概念去說明化學反應的現象。在巨觀解釋方面，多數學生解釋的理由為「原有的物質完全轉變為另一種新的物質」、「原有的物質部分轉變成能量」、「原有的物質消失不見了(或耗盡、破壞、不存在等)」、「熱轉變成蒸氣」等；在微觀解釋方面，學生認為「本來的原子完全轉變為新原子」或「本來的原子消失不見了」。

(五)化學相互作用(Chemical interaction)：這是正確的化學變化進行過程，物質粒子間進行相互作用，在原子重新排列的結果下產生新物質，然而很少學生能運用此概念去解說化學變化現象。

Stavridou & Solomonidou(1998)曾研究國中至高中學生對化學反應現象之概念。研究結果指出，隨著學校的教學層次發展，學生漸漸具有科學領域概念，也漸漸會運用科學範的方式對現象作分類，且使用的頻率次數也隨年級而增加。但儘管概念的發展與改進，有些學生在修習完中學課程後，依然跟沒有學過科學課程的學生一樣覺得反應過程中「物質消滅」的情形。而學生對化學廣應的概念理解情況，從低年級學生不瞭解化學反應的概念，他們將現象的表現解釋為起始物的改變，而忽略掉反應的最終態以及每個轉變的結果。漸漸具有概念性的重組，而常識性的概念也明顯地減少，但多數學生誤認起初態具有兩個物質的現象就是化學現象，而只具有一個起始物質的現象為物理現象；也有多數學生對新物質的理解是根據常識，認為與起始物看起來不同就是新物質(如：食鹽溶在湯中)，而蛋煮熟還是蛋，所以是物理現象。上述的這些錯誤現象是導因於學生不會辨識新物質或者對物質轉變時的守恆概念不清楚。在高年級的學生方面，對化學反應所

下的定義已具有微觀或原子的層次，但是大多數的學生無法將物質結構的改變與新物質的生成相連結，這應該是對化學物質概念的欠缺所致。

Ahtee & Varjola(1998)以研究學生對物質成、特性、辨別別及反應的瞭解來探究學生對化學反應的概念理解。其研究結果顯示，多數中學生對化學變化沒有概念或僅會描述化學反應的文字定義，且大多數學生將一些物理現象(溶解、形態變化等)誤解為化學變化，並且缺乏對於物理變化及化學變化區別的概念。對於微觀的概念，僅有極少數學生能指出化學變化的原子重新排列與鍵結概念，而能運粒子模型解釋化學變化的學生就更少了。Ahtee 等人認為，光由觀察外表的性質變化是很難去界定物理與化學變化，只有等到被引入物理變化與化學變化間的原子概念差異，才能夠判別反應種類。然而，學生需要不同情況的實際經驗去瞭解運原子理論去解釋的種種情況，所以教師不可以急於教導學生對於原子的描述。

Solomonidou & Stavridou(2000)以 POE(Predict-Observe-Explain)方式來探究 13~14 歲學生進行化學物質特性的概念。研究結果指出，大多數學生將物質的顆粒大小、溶液中動作、顏色的改變視為特性的改變，而稱之為「變化」，只有少數學生在物質產生改變時才使用「變化」這個動詞。部分學生認為在現象變化中，物質特性發生改變，但物質依舊守恆不變，可見學生對產生新物質的想法則已經超過其思考範圍。而大部分學生認為利用物質特性的改變來考慮起始物質轉變為另一種新物質是很困難的；此外，僅少數學生理解新物質的元素是原先存在在起物質內部中。此研究指出，化學教學應該從化學物質的的認知開始，而化學教育需幫助學生從未知物的觀點去考慮物質的每一個物理、化學性質，而概念形成的第一步驟應去了解物質間相互作用反應。

Johnson(2000)曾藉由研究國中學生對熔化及沸騰的科學想法來探討學生對物質特性的概念發展，結果顯示學生不會自然地體會出物質概念在科學上的意義。研究中也指出，學生在未被教學前，幾乎完全沒有所謂化學變化的科學概念；學生無法想像某種物質會經由化學變化而生成另一種新物質，大部分學生認為新

物質是混合在原物質中，只是經由變化將其分離出來。Johnson 進行一連串的教學過程，內容從介紹物質性質開始，接著引導學生藉由物質特性來辨別純物質與混合物及區別物質間的差異，最後教導學生從「新物質的產生與否」之觀點來區別化學變化的發生與否。在研究後期的結果顯示，學生經由教學設計的指導後，已經能正確辨認出簡單的化學變化現象。

二、物質轉變與粒子守恆

化學變化的過程就是物質進行轉變現象。從巨觀方面來看，反應物進行作用而消失，產生也在同時產生出來；從微觀方來看，反應物的組成原子間鍵結被破壞而打散，在原子重新排列、鍵結後而生新的物質(即產物)：這過程中涉及到物質作用過程中的消長，也關連到粒子概念中，原子轉移及重新排列的守恆概念。但是學生卻難以理解此抽象推理的過程，相關研究也曾對此作探討：

Yarroch(1985)以面談方式對高中學生進行化學反應式的平衡工作，但卻缺乏對定比定律及物質轉變時守恆概念的認知。Andersson(1990)指出學生認為變化中有新的物質出現或者舊的物質消失，而產生與消失是個別的現象，並沒有相關連，也就是說，物質會單獨與其他物質作用，但並不是形成產物。而很少學生會去運用反應物間相互作用的概念來解釋反應現象。Andersson 建議對於化學反應式，使用圖形教學會比以文字教學來的有效、正確，因為以文字教學容易造成學生誤認反應是一種加法的過程，而粒子圖示教學可以教導學生粒子轉移而非消失，生成的概念。Hesse & Andersson(1992)在其研究中也建議，學生應被教導以原子及分子理論來對現象變化做解釋，並且強調物理、化學或核變化的不同可以物質或粒子的破壞來解釋，而反應前後是有守恆性的。

Abraham 等人(1992)分析七、八年級學生對於化學概念的瞭解及錯誤概念的研究中指出，學生應該理解化學變化是一種物質發生轉變的過程；在「原子守恆」的概念中，學生應該理解平衡反應時要注意反應前後的原子種及個數是相同的，但是研究結果卻只有極少數學生能真正清楚地說明此概念，而大多數的學生是不

清楚原子守恆的道理及反應式中要表達的意義。

Abraham, Williamson & Westbrook(1994)曾研究國中、高中、大學 學生對於化學變化及其過程之相關概念，研究結果中顯示，學生對於原子、分子的概念十分缺乏，雖然對於原子或分子名詞之使用頻率隨年級而增加，但對於此粒子概念在化學變化中的過程認知卻是不甚清楚。學生對於巨觀化學現象多從現象表面之觀察來作解釋，未能從產生的來源角度思考；而學生雖然能完成化學平衡式的工作，但由於推理能力的不足而導致缺乏對反應過程中原子轉移及守恆的概念。

Haidar(1997)曾探討職前教師對於物質守恆概念及莫耳、原子守恆、質量守恆、原子量、化學反應式平衡等相關概念，而這些都是在化學領域中由巨觀到微觀層次的觀念。研究結果指出，多數受測能提及原子數目守恆的觀點，但卻無法預計出反應中原子所需的數量，顯見多數的學習成就為熟記概念結論，但卻不能融會貫通而真正理解。對於反應前後的重量概念，部分受試者試著運用質量守恆的概念，但卻不知道如何正確應用。他認為職前教師對於物質守恆及相關的概念並沒有清楚完整的認知及理解，且不能將各概念間作相互的融會、連結、組織，顯見其知識概念架構的不足及片段化，而這可能要歸咎的原因是其接受教學的過程不完整。在 Stavridou & Solomonidou(1998)的研究中建議學生應該發展培養辨識新物質的學觀點，如此才能瞭解在物質轉變中是否有守恆及物質變化的特性。

三、重量守恆

質量守恆定律說明反應前後物質質量的固定，也用來說明化學變化的現象，但是這對初學習化學課程的學生而言，卻是一個理解上的問題。一般來說，能完全瞭解質量、物質守恆的年級逐漸提高，而幫助學生瞭解守恆的關鍵是轉變的可逆性(reversibility)。由於學生對於守恆的認知不足，加上部分反應涉及到非肉眼可視的氣體反應，所以常在預測、判斷守恆現象時出現錯誤。

根據 Piaget(1974)等人的說法，守恆推理能力之發展和學生邏輯思考能力有密不可分的關係，譬如重量守恆只有在具體操作期之後期學生具有可逆性邏輯推

理能力的情況下才能理解。因此，在糖溶解於水的實驗中，年齡小的學生因為其未具有可逆性的操作能力，故其守恆推理皆由感官經驗所控制；所以當糖溶解時，便認為消失不見了。等到年齡稍長，學生擁有了可逆性的邏輯思考，能夠了解到糖的溶解過程是可逆的，因而判斷出糖溶解時其重量是不變的。所以，Piaget 認為影響學生守恆推理應是一般性的邏輯推理能力，而與特定的實驗內容無關。

然而 Piaget 所操作的實驗僅止於簡單的物理變化，對於較複雜的變化(如化學變化)，Piaget 並未有進一步的研究；同時根據 Stavy(1989, 1990a, 1990b)的研究中顯示，似乎隨著變化程度的逐漸複雜，學生更需要一些特定的知識來幫助他們將其邏輯推理能力運用於守恆推理上；以燃燒為例，如果學生沒有關於反應物與生成物的化學知識，其如何能夠判斷燃燒後重量是守恆的呢？因此，Stavy 認為學生是否具備與實驗情境相關的特定知識亦是影響其守恆推理的因素。

一般的現象變化前後遵守著重量守恆的法測，雖然有許多學生在回答問題時反射性地以「質量守恆」或「重量守恆」來作為現象結果的解釋，反應過程是藉由粒子轉移而進行，在粒子轉移的過程中保持著原子種類及個數的恆定，也因此在巨觀結果中有著反應物減少的重量等於所有產物的重量之現象，但學生真的清楚此結論的含意嗎？部分研究化學變化之重量關係時有作些許探討：

Piaget & Inhelder(1974)曾指出，學童對於守恆概念的發展在於其具體操作期(7~11 歲)的階段，而學童當時正在發展其邏輯思考能力。而有研究(Stavy, 1989, 1990a)也指出，學童在一些事例中具有重量守恆的想法，但在某一些事例中卻缺乏。邏輯思考能力對於重量守恆是必要的條件但卻並不足夠，而對於物質世界的接觸經驗所扮演的重要性也比我們預期的更高，所以「守恆概念」的發展不是驟然發生，而是漸進形成的。因此，學童對於物質守恆的想法究竟使如何的情況，值研究去探索分析。

Driver(1985)的研究中有關於鋼絲絨燃燒前後的重量守恆問題之探討，結果約有 1/4 的學生認為鋼絲絨燃燒後重量增加，但是問及鋼絲絨重量增加的原因時，會以燃燒後鋼絲絨與氧氣結合而使得重量增加作解釋的學生卻只有極少數；

多數學生則回答重量相同或減少，他們的想法是：認為是只外觀改變而已，所以將燃燒視為物理變化；鋼絲絨燒完了或消耗部分物質；鋼絲絨燃燒後產生氣體跑掉了；鋼絲絨燃燒後產生的灰燼或粉末較輕；鋼絲絨被氧氣所取代，氧氣較輕。而相同的結果亦出現在學生對於鐵釘生鏽問題的回答上。當被問及生鏽後的鐵釘重量是否改變時，部分學生回答重量增加，但僅有極少數的學生會認為重量增加是由於鐵與氧氣結合生成氧化鐵之故，其餘學生皆認為重量增加是多了鏽的緣故，而對於鏽的生成過程並未提及。另外，多數學生回答重量不變或減輕，他們的推理形態有：鏽是從鐵釘本身而來；鐵只是和氧氣產生氧化，氧氣並不會增加任何重量；鏽將鐵釘侵蝕；鏽是一些鐵的碎粉末，所以重量比原先鐵釘的重量要輕；氧將鐵溶解。

Hesse & Andersson(1992)的研究中發現到許多學生對於化學反應產物的重量守恆有著不正確的結論，這並不是因為他們不會運用質量守恆定律，而是它們誤將化學變化視為物理變化來說明(如：將鐵生鏽視為鐵的狀態改變)。Barker & Millar(1999)的研究中也指出，多數學生認為重量守恆的結果是因為他們單純地認為物質既沒有被創造或消失所致，並沒有深入到微觀的思考模式。陳世雄〈1992〉指出，由於學生缺乏對物質變化過程的知識將化學變化視為物理變化或直覺地為物質發生變化後重量改變，甚至誤用質量守恆定律，使他們對反應前後重量守恆有不正確的認知。