

第壹章 緒論

本章分成四節，各節內容如下：第一節說明研究動機，第二節為研究目的與待答問題，第三節是研究範圍以及研究限制，第四節則是名詞解釋。

第一節 研究動機

液體的界面現象，是高中物理課程『流體的性質』內的一個單元，這個部分的內容在國中理化課程是沒有的，因此高中學生在學習這個單元時是第一次接觸『液體界面現象』的學科內容。液體界面現象的學科內容，主要是增加學生對於流體力學知識的了解(褚德三，2008)。在微米或是奈米世界，當物體微小化時，最明顯的就是表面積和體積比值的增加，即當一個物體的體積越來越小，那麼表面積與體積的比值則變得越來越大，舉個例子來說，當一個10公分的物體敲碎成0.1公分的小粒，體積一樣但面積變成原本的100倍；若研磨成1微米(micron，等於萬分之一公分)的粉末，其表面積會變成原來的十萬倍。因此在微米世界裡，表面張力扮演著重要的角色；當尺寸小於一毫米時，表面張力的重要性逐漸明顯，且和尺寸成反比，當尺度小至數十微米時，表面張力就成為主導的力量了(柯賢文，2007)。

液體界面現象在日常生活中可以看到的情境有很多，譬如毛細管中液體的上升或下降、水珠會以球形存在、自來水筆的墨水不會因地心引力而滴出等，都和液體的界面現象有關。而蓮花、芋頭及甘藍菜的葉面，只要用水稍加清洗，表面污染物就可大致清洗乾淨，它們確實可以達到出污泥而不染的效果(柯賢文，2007)，探究其原因也是由於液體界面現象性質的緣故，這個單元的內容是非常貼近於學生的日常生活。

Novak (1987) 指出學生的迷思概念會影響學生的學習，並造成學生在學習

正確科學知識時遭遇困難。對許多學生而言，學習科學概念是相當困難的，而困難的原因，可能是因為在學校教學之前，學生已經有了一些別於正統科學的想法，這些想法和正統科學的知識往往產生衝突，導致學習科學有障礙(郭重吉，1988)。學生在學習科學的時候可能因為迷思概念的存在而無法將已學的科學知識與新學習到的科學知識互相結合，導致學生個人思考的理論與模式與科學知識相互衝突，使得學生在學習時遭遇困難，或是存有迷思概念。教師應該要瞭解學生的迷思概念，營造能促使學生發生概念改變的教學環境，才能使學生產生概念改變的學習，進而建構與科學概念相符的知識(陳均伊、張惠博，2004)。

若教師可透過研究瞭解學生的迷思概念，將更能確定學生的起點行為，設計適合的教材改變學生的迷思概念(張惠博，2004)。張惠博(2007)指出科學教師希望將學生個人信念導正為科學家所能接受的知識，教師需常常診斷學生的迷思概念。Osborne及Freyberg(1985)認為教師是一個診斷者，學生迷思概念往往都會影響學習，教師必須去瞭解學生的想法。並且找出學生學習可能的迷思概念，並以學生在日常生活上所遇到的情境為出發點來教學，一方面也可以引發學生的學習動機，另一方面也可以讓學生的學習事半功倍。科學教師應當要了解學生的迷思概念，並具有探測評估學生迷思概念的能力，並以適當有效的方法來引導學生建立正確的概念(郭重吉，1988；林振霖，1993)。有鑑於此，研究者想要了解的是學生第一次學習液體界面現象，對於液體界面現象的理解程度為何？存有什麼迷思概念影響學習？

學生迷思概念的調查，在學生學習以及老師教學的過程中也扮演一席重要的地位，因為所得到的結果一方面可以作為編寫教材的參考，另一方面也可為改善教學。黃台珠(2000)指出學生的迷思概念是學校教育應瞭解及學校的教學設計的重要參考。迷思概念的發現對於科學教師如何有效地增進學生的思考推理有很大的助益(Glynn&Yeany, 1991)，了解學生的迷思概念並據以發展適合的教學，乃是國內外科教革新的重要趨勢(郭重吉，2000)，這是本研究的一個主要動機。

第二節 研究目的與待答問題

一、研究目的

本研究探討高三學生對液體界面現象的迷思概念，並找出其迷思概念可能的來源。

二、待答問題

- 學生『液體界面現象』迷思概念為何？
- 學生『液體界面現象』迷思概念的來源有哪些？

第三節 研究範圍與研究限制

一、研究範圍

- 本研究學科內容是龍騰版物質科學物理篇（下）『流體的性質』中的『液體界面現象』的學科知識內容。
- 本研究對象是桃園市一所國立高級中學三年級的學生，此研究對象已學習過液體界面現象的課程。

二、研究限制

- 研究結果只針對『液體界面現象』的單元，不得推論其它至科學內容。
- 本研究對象為一般高中學生，研究結果只能推論至與研究樣本相似的學生，不宜將其過度引伸。

第四節 名詞解釋

一、迷思概念

不同於科學界所能接受的想法皆可稱為是迷思概念，由於觀點不同，代表迷思概念的名詞也不盡相同，包括 Caramazza 等人(1981)提出的『質樸信念(naïve beliefs)』、Osborne(1985)的『直覺想法(intuitive idea)』、Driver(1981)所提出的『另有架構(alternative frameworks)』以及 Treagust(1988)的『迷思概念(misconceptions)』等。本研究則是使 Treagust(1988)所提出的『misconceptions』來代表即使授課完後學生仍擁有一套不同於正式科學課程內容的想法。

二、液體的界面現象

本研究探討的液體界面現象是指『表面張力』與『毛細現象』的學科知識內容，其中包含『表面張力的現象及成因』、『內聚力以及附著力的定義』、『濡濕現象與不濡濕現象的原理』等學科知識內容。

第貳章 文獻探討

本章分成以下幾個部分加以探討：一、『概念』二、『迷思概念』三、『液體界面現象與相似的科學概念』四、『學生概念的評估與描述』。

第一節 概念

一、概念的意義與特性

概念是人類思考和理解的工具，具備了概念、思考和推理的工具後，人類學習的最終目的之一，問題解決才有可能達成。因此，概念是學習的基本單位(陳瓊森，2000)。概念是一種心智線索，讓我們可以將過去的經驗與現今的世界做互動，並且與我們的知識結構相連結(Murphy, 2002)。概念就是在事件或物體中，透過事件或物體的紀錄，瞭解其中的規律性，並標記出來(Wandersee, Mintzes, & Novak, 1999)。「概念」是一個經常被使用的名詞，有時概念代表一種思維形式，有時代表知識的簡單形式架構。此外，概念是一種區辨事物的能力，人類概念發展的過程就是區辨事物能力發展得越來越精緻化、越來越複雜化的過程(張容君、張惠博，2007)。「概念」是指個體以單一概括性的名稱或符號來代表具有共同屬性的事物時，此名稱或符號即為概念(張景媛，2007)。概念是一種關於一些真理面向的表徵，通常從一些現象所觀察得來(Dalen, 1981)。歐陽鍾仁(1993)認為概念是一種認知過程的形成或階層，在認知階層中，以思想的本質、觀點以及物體間的關係為其特徵，使個體能夠做比較、概括、抽象及理解的活動，並以語言為其主要的表達工具。林振霖(1993)指出行為學派學者(強調事物是可觀的，偏重刺激與反應的連結)認為概念是一群能夠對特殊的反應產生相關的刺激，而認知學派(將人視為訊息處理的主體，強調訊息處理模式)認為概念是一個心智活動，是經過不斷的學

習和經驗而獲得的，經由不斷的學習，學生對於某一特定的『概念』認知，從模糊到清楚，從具體發展到抽象複雜，由純理論逐漸發展到和其它相關的概念建立緊密的關係，進而應用此概念解決問題。

概念就本質上可以分成兩大類，一為人為概念，好比科學概念，可以明確定義；另一個為自然概念，像是個人生活經驗及學習所獲得，無法明確定義者（Cohen, 1983，引自黃萬居，1996）。

科學概念是一個可以用來解釋或預測許多特定現象的基礎，並可以用來解決一些科學上的問題。Showalter(1972，引自歐陽鐘仁，1988)認為科學概念是透過符號而形成科學知識的概念。魏明通(1997)指出科學概念是人類觀察自然現象、物體及其交互作用所得經驗的概括，是科學家從寶貴的經驗萃取出來的精華，是科學家所做的決定，但一切的科學概念都是相對的而不是絕對的，可由時代的變遷或科學的進展而改變。有時，科學概念可由新的發明或新的發現而需要加以修正。袁頌西（1999）指出科學概念為描述事物之特徵、特質（character）或關係，科學工作者不斷的在尋求新的抽象層次更高的概念，目的在於解釋範圍更廣、預測更強的理論。Reif(1987)認為科學概念是用來預測以及解釋科學目標，且需具備精密性、高度預測性、高度一致性以及最高普適性。

Pella(1966)認為科學概念是一種感覺經驗裡一些現象的描述與解釋，並且用一些普適性的原則建立起來。並指出科學概念是1)個人或是群體對於一個物體、現象或過程所擁有的想法，是一個簡單到複雜的連續性；2)科學概念是與一個或更多的物體、現象或事實交互經驗所產生的結果，因此科學概念是一種類化敘述（generalizations）並包含許多經驗以及抽象思考後的結果；3)科學概念涉及的尺度包含個人與許多事實之間的關聯，並不總是一個物理性的結果；4)科學概念不是一些自然或是實體的一個圖像縮影；5)科學概念的正確性方面，只有適宜或不適宜，並會隨著科學的發展而修正與改變；6)科學概念有五種主要關連性包含人、事、其它概念、概念系統及過程並對於預測和解釋一些現象以及結果是非常有效的；7)個人在任一區域所形成的科學概念，主要決定於感覺經驗接

受或獲得的順序，而個人科學概念的形成，則以當時的文化模式來決定，當文化改變的同時，概念的意義及價值亦隨之改變；8)當人得到新知識時，科學概念和概念性的基模會變成不夠，因此需要不斷修正。

二、概念的類型、發展的層次與途徑

美國教育學者 Pella(1966)將科學概念分成以下三種類型：

(一) 分類性(classificational)概念

這類的概念用來描述一些自然現象、一些事實的分類或是獨立存在的事物。像是物質佔有空間、具有質量或是動物具有骨骼等。Bruner (1960)認為概念上所謂分類性的概念就是代表不相連接的意思，舉例來說「宗教」包含了佛教、基督教、回教等，但是各宗教間卻不盡然相同。

(二) 相關型(correlational)概念

此類概念描述自然事實的關連性。如與事實有關的概念，通常涉及兩種以上事物的互動。像是物質可以藉著增加或是減少能量而變化；若電壓固定，則電流會隨著電阻而改變；消化作用是將大塊食物用酵素切碎甚至溶解。Bruner (1960)認為此類的概念主要著重於概念間彼此相關、相輔相成的意思。

(三) 理論型(theoretical)概念

此類的概念完人類創造的抽象概念，存在於感覺經驗並藉由人類理解後所描述的事實。像是物質是由一種叫原子的粒子所組成；光是一種電磁波，也是一種粒子叫做光子。

陳瑞麟(2003)指出科學概念為「概念性的知識」，也就是知道如何以某些特別的概念去說明或描述自然現象，例如像物理中的力、速度、電磁場等等。並且時常搭配『操作性的知識』，也就是知道如何使用一定的數學工具去計算相關於該現象的數量或尺度，知道如何進行觀察實驗以驗證概念的說明和數量

的計算是否正確。Reif(1987)認為科學概念包含實體概念 (entity concepts) 例如像是太陽或是三角形這些實體，並搭配一些屬性概念 (property concepts) 來去描述它的性質，也就是使用一些變數來描述一些實體概念，例如像是『面積』主要是使用一些變數以及數字來描述一個『表面』的大小；『加速度』使用一個三維空間獨立變數的向量來描述一個質點或是一個參考座標系的一個特定位置以及時間。

黃俊偉 (2004) 認為學生擁有的科學概念可以分為兩個面向來看：

- (一) 學生對概念的定義：指學習者對某一概念的定性描述；
- (二) 學生對概念所擁有的內涵：指學習者在這一概念中所能關聯的事實、事物、特性、應用、原則等，這會因為經驗的有無、知識的多寡而產生極大的差異。

Klausmeier (1979) 提出「概念的學習與發展理論」來解釋概念發展的層次，並以心智運作的面向將概念發展分成以下四個層次並以圖一說明：

(1) 具體層次 (Concrete Level)

個體在同一個情況或環境下可以指認出曾經接觸過的事物，例如像是一個小孩在桌上看到一個手錶，那麼便對手錶這個物體有印象，過了一段時間後，如果又在桌上看到這個手錶，便可以將它指認出來是之前看到的那個手錶。

(2) 識別層次 (Identity Level)

個體對於曾經經歷或體驗過的事物，即時在不同的時空環境或是事物以不同的形式出現時，個體仍然可以辨識。舉例來說，如果今天將個體之前在桌上看到的手錶移到另一個房間的桌上，那麼個體若在不同的房間看到這個手錶，依然可以指認手錶為先前看到的手錶。

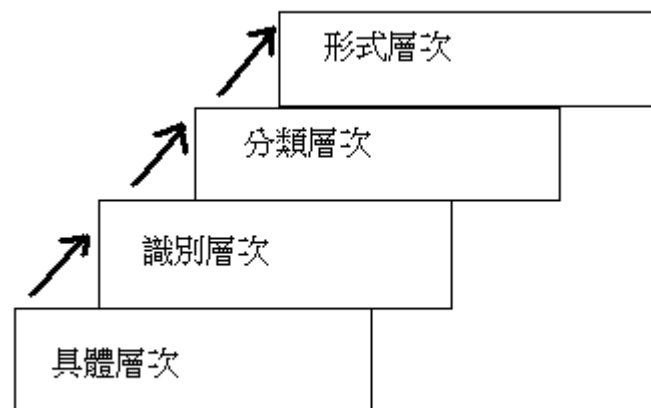
(3) 分類層次 (Classification Level)

對於相同事物的兩個以上不同的例子，能夠歸納為相同種類的東西，亦即

有分類歸納的能力。例如個體如果今天在桌上發現另一個手錶，此兩個物體有相似的外型，並且都是用來顯示時間的，那個體就能指認此另外一個手錶與先前所看到的手錶為相同種類的東西。

(4) 形式層次 (Formal Level)

個體可以清楚地了解概念所代表的意義，和概念的一般與獨特之屬性，並且能分辨與此相似觀念的差異之所在。例如若給個體一些不同款式的手錶如電子錶、指針錶，個體能夠區分出何者為『電子錶』，何者為『指針錶』，並能夠說明其中之間的差異如指針錶有時針跟分針、需從時針及分針的刻度來判定時間與電子錶不同，則代表學生已經能夠區分指針錶的獨特性與跟其它種錶類的差異性，則代表此學生已經達到形式層次。



圖一：概念發展的層次（引自Klausmeier, 1979, p10）。

Klausmeier (1979) 並提出概念發展的層次是遵循以下七項原則：

- (1) 概念依照四個層次順序逐漸發展，為不變性 (Invariance) 原則。有能力辨識概念中的屬性，並說出概念所界定的屬性，是在形式層次時達成思考的必要條件；
- (2) 相同概念持續不斷發展漸漸進步，連續層次概念的發展也可能同時並排進行，由一個概念到下一概念的達成是連續而非間斷的；

- (3) 同一層次不同內容的概念發展，由於概念內容領域的熟悉程度不同，以及概念實例的抽象性有差異性，因此使用同一層次的概念，學習的困難、發展的先後仍有很大的差別；
- (4) 當概念達到連續的高層次時，個體對於原則和分類的概念增加，學生本身能夠解決問題的技巧更為進步；
- (5) 概念發展的個體內差異隨年級日趨明顯。由因素分析的結果推論，從大約十二歲時開始，個體所精熟的概念程度依科目的內容漸漸有差異；
- (6) 教育的品質和認知的發展有密切的關係，學生的課程經驗不僅和概念達到的層次有關，並且和學生達到更高成就的概念化方法有關；
- (7) 概念發展會因社會文化環境而有差別。概念發展的快慢以及最終達到層次的高低，不僅受正式學校課程與學習經驗的影響，也受個體的社會文化環境的影響。

Pella曾提出與Klausmeier類似的看法，Pella（1975，引自林振霖，1992）以心智運作的模式將科學概念發展更加細分成三個縱向層次敘述，而每一個縱向層面可分成高、中、低三個階層：第一層面為『精熟層面（the dimension of sophistication）』，概念由低階層的敘述性層次發展到中階層的比較性層次至高階層的量化層次。第二層面為『抽象性概念層面（the dimension of abstractness）』即概念由低階層的分類性層次發展到中階層的相關層次至高階層的理論層次。第三個層面為『複雜度層面（the dimension of complexity）』，即概念由低階層的單一基本量層次發展到高階層的多變量層次。

至於科學概念發展的途徑，主要是介紹科學概念是如何從日常生活中的經驗形成，袁頌西（1999）指出科學概念的發展可以簡單分成三個途徑：

- （一）科學家們經常在不同現象之中，發現共同的特徵與現象，進而予以命名，形成一新的科學概念，而根據共同特徵所發展出來的新概念，通常比原

有概念要複雜且抽象的多。此新的科學概念必須仔細界定其定義範圍是否確有可觀察到的特徵存在，並且確認此新概念是否有其所指的現象與模式以及與其他現象或是事物密切的關連性；

(二) 結合原有的概念 (combining old cocepts)：科學家們在對某些現象作了許多觀察與實驗之後，有時會發現兩個或兩個以上的變項 (variables) 在一起發生作用，結合而形成一新的概念，如果舊的概念此時已經界定，且新概念只是舊概念的一些算數函數，如積數、和數或商數，則新概念自然也會妥為界定的；

(三) 從表面現象中推論出背後所隱藏的狀態或因素因而給予命名產生新的概念：以此形成的新科學概念，雖然較為抽象，但卻對建構理論有很大的幫助，使學科步上理論化的途徑，但此種科學概念，卻較缺乏描述的經驗意義。

Showalter (1974，引自歐陽鐘仁，1988) 以圖二詳細說明科學概念發展的途徑：

(一) 感知 (perceptions)：感知就是個人對環境的察覺，也是科學知識結構中最底層的元素、科學家或人類對外界認識的起點。一般而言，一旦接觸到外界許多的事物與現象之後，就能予以分辨以及分類，但有時會因為知覺會受限制，因此人類發展許多電子儀器來擴大知覺範圍；

(二) 真實概念 (real conception)：指真實概念的知覺刺激，直接從真實世界中產生，是許多知覺經驗普遍化的結果。由數種感知組成真實概念，好比天空、貓、桌子等等，包括動態以及靜態的情況，真實概念有其進化的一面，我們可經由不斷的學習之後，逐漸加深其概念內涵。Novak 等人(1994)也指出概念構成了意義的基本單位，也成為知識建構的積木；

(三) 事實 (facts)：事實是一項陳述或是一個句子，指出兩個或兩個以上『真實概念』之間的關係，可由數個現實概念組成如：天空是藍色的、水滴是球狀的。目前科學教育上強調發現教學，就是希望學生能夠經由自己

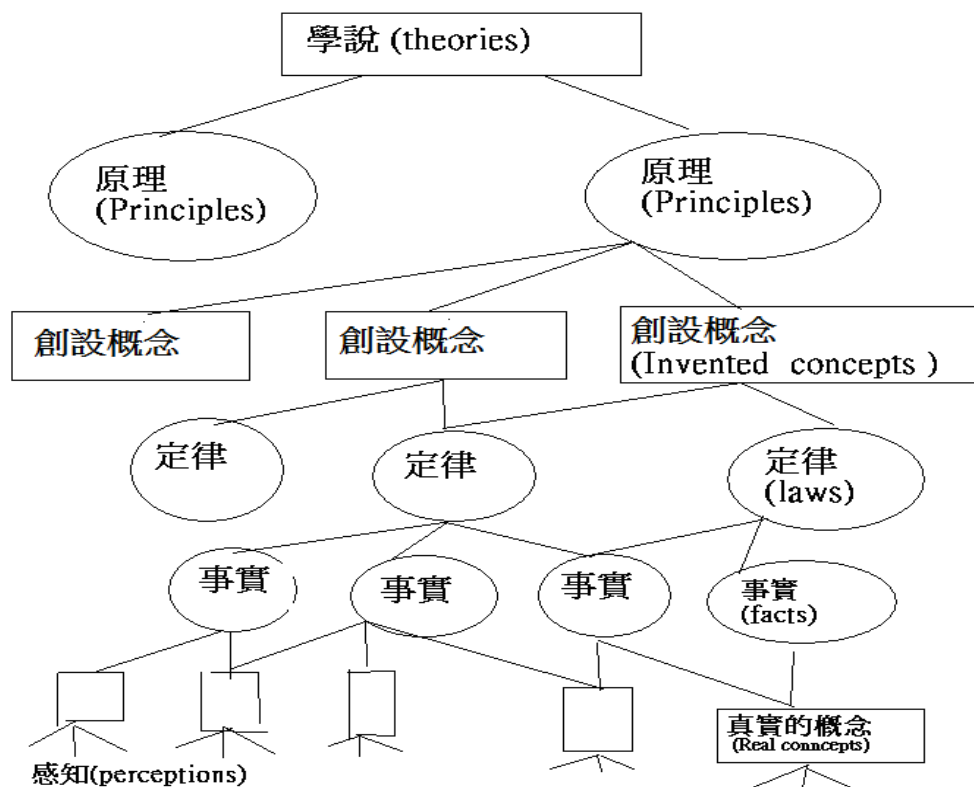
的主動探索，然後獲得學生自我的事實概念；

(四) 定律 (law)：由數個事實所歸類而成，在通常的情況下定律是一段說明，在科學範圍裡，定律比事實有著更大範圍、更具概括性的特性，通常用數學方程式來表示。另一方面，我們也對很多事實加以觀察後，經由事實轉化到理想的環境後再了解此定律，便使得定律的存在更為持久且單純；

(五) 創設概念 (invented conceptions)：由數個定律所組成，適用比定律更大範圍。創設概念在真實世界中並沒有實際的物體與之對應，只是一種虛構的概念，例如：電力線、磁力線。但創設概念有時也會因為新的發現而被否定，好比『燃素』此創設概念，不到一百年就被科學家否定；

(六) 原理 (principles)：原理指出兩個或兩個以上概念間的關係，在這些概念中，至少含有一個創造概念，就外在形式而言，原理很像定律；但與定律的差異點則是定律不含創造概念；

(七) 學說 (theories)：由一組彼此相關且內部一致的陳述系統構成，屬於科學知識結構中最高並且最普適化的階層，可能由一系列相互關連的敘述文字所表達，也可能是一個簡單的名詞，而學說的用途，可解釋推測自然現象，本質上是一組原理的綜合成果，例如：演化論、原子論等。Wandersee等人(1994)也指出學說是一系列相關的原理，讓我們能夠說明或預測物體和事件間的相互作用。



圖二：科學概念的發展途徑（Showater, 1974，引自歐陽鐘仁，1988，p141）

Piaget及Garcia (1989, 引自許良榮及劉政華, 2004) 同樣認為科學理論的發展途徑是科學家從不同的經驗領域中抽取成為一個暫時性理論, 抽取的過程是透過觀察, 而這個暫時性理論可以再與其他經驗領域結合, 之後再透過反思的步驟到其它更大的經驗領域中, 經過這樣的同化、調整, 再往上形成解釋範圍更大、層次更高的理論, 進而擴張到更大的經驗世界中。

三、科學概念的詮釋

Reif(1987)指出學生在學習科學概念時往往會遭遇困難，學生因為科學概念推論能力的不足或是混淆科學概念與日常生活概念而造成學習困難，進而無法去解決一些特定問題。並認為要有效的教授科學概念就要將概念的詮釋夠精確、和諧、一致與具普適性。

Reif(1987)指出可以透過以下的方法教授科學概念：

(一) 明確的教授一個概念的知識，包括此科學概念最重要描述性的知識，以及清楚程序性的推論。主要就是包含：

1. 描述型 (descriptive) 詳述

對於一個科學概念，必須定義概念明確的特徵，使科學概念一目了然；

2. 程序型 (procedural) 或運作型 (operational) 詳述

主要是實際的定義或建構這個科學概念，使科學概念詳細且明確；

3. 推導型 (derived) 詳述

由描述型或程序型之後再做更進一步的推論，提供科學概念一個更好的起點。

(二) 要求學生在許多不同的情況下有系統的去應用這個解釋過程，包括相似的科學情境等。蔡興國(2004)指出為了深入理解概念，除了要瞭解概念本身的意義之外，還應找出構成此概念的要素或以及與其相近概念間的異同及關係，以幫助學生清楚的了解此概念與其它概念之間的差異性。

(三) 引導學生用一種有效的形式去總結他自己的推論，如此一來學生便可以獲得關於這個科學概念完整的知識以及需要去注意避免犯錯之處。黃平屯(2004)指出學生學習科學，並不僅只學會如何應用既有的概念，也要學會對這些既有的概念進行批判性的分析能力。因此當學生能批判、分析和評價所學科學概念與方法的優缺點時，代表學生已經理解；

(四) 教導學生去察覺、診斷並導正概念解釋錯誤之處，協助學生能夠更有效率的去達成概念上的推論。

第二節 迷思概念

一、迷思概念的意義以及名詞介紹

迷思概念 (misconception) 一詞，最早出現在1940年8月的美國Science Education 期刊中，從那時候開始研究迷思概念的風氣便展開 (Blosser, 1987, 引自黃嘉明, 2004)。一般來說，迷思概念就是代表不同於現代科學界並阻礙學生學習的想法。迷思概念代表學習者對於一件事物的模糊、不清楚或是錯誤的了解，通常會阻礙學習並隨著不同的科學知識而有不同的變化，時常衝突以及有負面的價值，沒有提供學習者一些認知的目的，並應該被修正 (Fisher, 1985; Wandersee、Mintzes & Novak, 1994; 湯清二, 1990; 鄭麗玉, 1998)。學生對於周遭所見的物質世界常會用他們自己的一些想法來描述和解釋，而往往學生的概念架構常和目前該學科專家的知識體系不同，則是稱為迷思概念 (郭重吉, 1989; 林振霖, 1993; Glynn & Yeany, 1991)。

由於觀察者觀點不同的緣故，使得迷思概念有許多不一樣的名詞。Caramazza 等人(1981)使用『質樸信念 (naïve beliefs)』來代表學生的天真直觀的想法；Osborne(1985)則是使用『直覺想法 (intuitive idea)』來代表學生的一些錯誤想法；Fisher(1985)是使用『另有概念 (alternative conceptions)』來代表不同於科學家的想法或是迷思概念；Resnick(1983)使用『質樸理論 (naïve theory)』來代表學生未經過任何科學教授前對於真實世界的一些想法，甚至於即使經過教授過後依然維持不變的想法；Driver(1981)則使用『另有架構 (alternative frameworks)』來代表學生所持有不同於現今接受的科學解釋的想法；Osborne(1982)是使用『孩童科學 (children's science)』來代表學生在進入科學課室前對於世界所持有的一些想法，大部分由生活經驗所得；Treagust(1988)使用『先前概念 (preconception)』來代表在授課前存有不同於現在科學界所接受的概念。並使用『迷思概念 (misconceptions)』來代表在

授課後存有不同於現在科學界所接受的概念。以上這些不同的名詞，楊坤原與張賴妙理（2004）指出學者將迷思概念的研究分成二類，一類為持實證論（positivism）的哲學觀，強調學生的知識與被科學家接受的科學知識間的差異。因此，使用「迷思概念」、「誤解」、或「素樸的理論」等詞彙。另一類則由學生的角度來探測其對自然界事物的瞭解，採建構論（constructivism）的觀點，使用「另有架構」、「兒童的科學」或「直覺的信念」來表示。

本研究所指的『迷思概念（misconceptions）』，則以 Treagust(1988)提出的為主，代表著即使經過授課之後，學生仍存有不同於現在科學界所接受的觀念。

由以上的文獻回顧不難發現，學生可能因為對概念的不完全了解或誤解導致學生本身擁有一套有別於科學家定義的認知概念，而此概念通常與科學家所定義的概念互相矛盾，進而造成學生學習的困難。

二、迷思概念的特性

迷思概念的特性，則可以分成以下幾種：

（一）學生往往帶有迷思概念進入科學課室

學習者帶著許多有關自然界中物質和事件的迷思概念進入正式的科學課室，這些概念往往與科學家所持的觀點不同，若教師不知道學生的這些概念，則對教學是非常不利的(Novak et al., 1994)。學生進入科學課室的同時，會攜帶一些有關於科學現象的既有概念或想法（Shepardson et al., 1994；鄭麗玉，1998）。迷思概念在學生概念學習上扮演了一個明確的部分，學生往往在進入課室前採用他們的經驗來學習（Nehm, & Reilly, 2007）。學習者帶著各種迷思概念進入學習情境（鄭麗玉，1998）。在任何正式科學課室教學前，學生會發展一些他們自己的想法，這些想法往往來自於科學教學時所使用的字詞，以及一些對世界的經驗所造成的(Osborne & Freyberg, 1985)。楊坤原及張賴妙理（2004）也指出學習者主動地以自己的經驗、知識和語言來瞭解周遭的生

活世界。因此，其在尚未接受學校的正式教學之前，已對一些科學概念發展出屬於個人的意義，並深受知覺影響，常藉由片段的直接經驗拼湊想法來解釋新經驗和新知識進入科學課室。

(二) 迷思概念不容易透過傳統教學改變，需要使用不同的教學方法來改變

以傳統的教學策略來改變迷思概念是非常困難，但有些迷思概念在好的概念改變策略下以及計畫好的傳統教學方法下還是有可能改變；一些有助於概念改變的教學方法在課室中可能是很有效的工具。像是使用概念衝突的方式、類比、或是後設認知的策略等。而這些教學策略也必須先有更多的研究才能廣泛的使用。Wandersee (1994) 等人認為科學史可被用來鼓勵和幫助學生發現自己概念上的缺失。學生的迷思概念不容易透過傳統教學或是一些方法來改變 (Shepardson & Moje, 1994; Fisher, 1985; 鄭麗玉, 1998)。鄭麗玉(1998)指出新興的建構觀的教學取向通常利用學生之間的討論，引發學生認知衝突，進而改變概念。迷思概念不但具有多元的屬性，迷思概念普遍存在於學生想法中，這些想法常是因為學生的感官經驗或特定思考而產生的普遍概念，所以不容易經由教學而改變 (王瓏真, 2004)。學生的迷思概念可以藉著科學教學中非主動的方法來影響學生 (Osborne & Freyberg, 1985)。迷思概念透過一般教學後依然很快就恢復 (Reif, 1987)。

(三) 迷思概念是很堅固的存在學生心裡，而且迷思概念往往都是不一致的、很個人化的或是很穩定的

Hammer(引自Kaltakçi & Didi, 2007)認為迷思概念是很強並且堅固的認知結構。Driver等人(1985)認為迷思概念是1)個人的 (personal)：孩童們對於相同的經驗可以給予許多不同的解釋，大部分都以自己的方法來內化經驗，這些個人的想法影響了獲得知識的方式。這個想法並會被其它人所分享，有許多科學家都使用相同的理論架構來研究，研究指出不同的國家可能都使用相同的想法或解釋來描述一些事件；2)這些想法是不和諧的 (incoherent)：學生對於同一個現象可能有許多不同的解釋，這些解釋可能會互相衝突或是相互矛

盾。不同的論點有時會產生對立的預測，會從科學家的想法轉變成另一種解釋方法；3)這些想法是很穩定的(stable)：經過教學後，學生們的想法並不會被教師所教授或是提供反例而改變，學生們可能忽略反例，或是用先前的想法來解釋。Osborne 及 Freyberg (1985) 指出學生的想法通常都是很堅固的維持，甚至一些老師都往往存有一些別於科學家的想法；這些想法從學生的觀點來看是非常合理並且和諧的，也不容易被影響。迷思概念都是不一致、矛盾、以及高度的不和諧，並存在於龐大多變的片段知識裡面。Driver(1981)認為迷思概念通常都是很強烈的維持住，不容易被改變，並且都具內在不一致性，影響科學課室中有效的學習。當學生的迷思概念形成後，要讓學生的概念有所改變，並不是一件容易的事(邱慧珍，2002)。Thagard (1996) 指出學生會同時擁有科學知識與迷思概念，學生在學習科學概念後，通常不會因為習得新的科學知識，而拋棄原有的迷思概念。楊坤原與張賴妙理(2004)認為學生以為這些概念既合理又連貫，故在大多數的情境下仍持續使用已建立的迷思概念。Harlen(2001)指出學生經常保持其想法，甚至有反例出現時，學生依然不放棄其想法與觀點，最後以自己的想法來解釋。

(四) 迷思概念是具有歷史性的

學生所存有的迷思概念通常與先前科學家對於自然現象的解釋有許多雷同的地方。雖然沒有足夠證據顯示學生在學習科學概念上重蹈歷史覆轍；教師通常會具有和學生相同的迷思概念。研究發現小學教師比中學教師所具備的迷思概念多，與一般人相同，因為小學教師修習的科學課程較少並且內容深度相較之下沒有那麼深(Wandersee & Novak, 1994)。有些迷思概念是具有歷史性的，現今學生擁有的錯誤概念許多都是由早期教學者所擁有並傳承下來

(Fisher, 1985)。由科學史的發展可以看出學生所擁有很多的迷思概念與科學史是互相平行的(McCloskey, 1983)。有些迷思是有歷史淵源，有點像是科學歷史的演進，現今許多的迷思概念，可能是早期人們所接受的想法(Driver、Guesne & Tiberghien, 1985)。

（五）迷思概念是跨年級、跨區域與跨文化的

學習者帶進正式科學課室中的迷思概念是跨越年齡、能力、性別、和文化背景。學習者本身的個人經驗以及所受過的教學品質，也會造成許多不同的迷思概念(Wandersee et al., 1994)。不同的個體可能會同時擁有單一的迷思概念，或是一小部分的迷思概念 (Fisher, 1985)。Hasweh(1988)發現學生所持有的迷思概念是橫跨不同年紀以及不同地區。Driver與Tiberghien (1985) 指出迷思概念會在不同的主題領域中一再出現。

（六）迷思概念往往會影響學生們的學習，產生多變的結果，是需要被消除的

學習者先前的所學知識會與正式科學課室中所呈現的知識交互作用，結果產生很多變的學習結果，進而影響學習(Wandersee & Novak, 1994)。學生對於科學現象可以建構出不同的理解或概念 (Shepardson & Moje, 1994)。Hammer(引自 Kaltakçi & Didi, 2007)認為迷思概念有別於一般專家的概念、會影響學生對自然現象與科學解釋的瞭解所以是需要被覆蓋、避免以及消除的。迷思概念與專家的想法是有差異的，迷思概念有時涉及了學生另有信念系統(Fisher, 1985)。學生往往忽略相似的情境以及一般性的定義而產生迷思概念，即使使用後也給予不正確的解釋，因此迷思概念的範圍是很廣泛並且無法區分 (Reif, 1987)。

三、迷思概念的來源

迷思概念的來源，大致可以分成以下幾項：

（一）學生本身學習時的不了解或誤解

學生在學習時可能對於所學知識的原理、概念亦或是科學解釋方面不甚了解或誤解而產生迷思概念（王瓏真，2004）或用自己的一套說法來解釋科學知識（黃萬居，1994；黃萬居，2003）甚至受先備知識影響，學生在學習之前已具有其它知識，這些先備知識會影響學生在之後學習時的興趣與取捨，也會造成學生的迷思概念（黃嘉明，2004）。學生本身在學習時迷思概念的來源可能

有：

1. 概念混淆：用一樣的概念去解釋表面相似的問題，例如牛奶的顏色是白色好像肥皂水的顏色，肥皂是鹼性，因此牛奶也是鹼性的（黃萬居，2003）。詹耀宗與邱鴻麟（2004）指出此類的迷思概念是因為學生可能曾經學過某個科學概念，它相似於即將學習的科學概念，因此以已經學過的科學概念來套用在即將學習到的科學概念，進而產生迷思概念。運用不當的原理來解釋現象，對於概念的解釋有張冠李戴的情形，學生因為將A的概念原理用來解釋B的現象及事實因而產生的迷思概念，稱為『化約型』的迷思概念。Driver 與 Tiberghien（1985）認為對於相近的物理現象，學生常將好幾種科學概念混用，將不同意義範圍的概念簡併，造成迷思概念；

2. 邏輯不當：不合邏輯的因果關係，例如認為可以吃的食物都是中性的（黃萬居，2003）。詹耀宗等人（2004）提到學生雖然運用了正確的原理來解釋現象，但是對於原理的了解不夠完整，適用的條件認識不完全，因此在推理解釋現象時出現以偏概全的現象，因為這樣不正確的解釋而產生的迷思概念，稱為『邏輯推理型』的迷思概念；

3. 推理不當：周孚平（2004）發現學生以舊有的正確概念，解釋新的概念時，會因為推理不當，而產生另有概念，例如洗衣粉及清潔劑對人體都有害，由此推論鹼性溶液都有毒；

4. 混淆意義：例如鹽水嚐起來鹹鹹的，就說它是鹼性（黃萬居，1994）；

5. 語言影響：從題目以及第二階段的文字敘述望文生義，沒有從相關概念的內容及原理來解釋，而是以字面日常生活用語去詮釋題目。因為這樣的不適當解釋而產生的迷思概念，稱為『語言直覺型』的迷思概念（詹耀宗與邱鴻麟，2004）。李暉與郭重吉（1995）發現學生會直接以字面上的意思來解釋科學概念，學生在學習一個科學概念時，往往會以字面上的意義解讀此科學概念，往往造成許多迷思概念，好比『光線』的『線』，就會讓學生以為光是細線的迷思概念；

6. 知覺經驗因素：學生對微觀世界的不了解也會造成迷思概念，因為學生日常生活中所接觸的皆是巨觀世界，因此不容易將巨觀世界與微觀世界做連結，並做合理的解釋與預測，因此產生迷思概念。李莘怡（2006）指出學生無法「摹想」物質的粒子性質或微觀性質造成迷思概念。楊坤原及張賴妙理（2004）認為迷思概念的形成主要是憑個人自發性的反應以及直覺的判斷所導致。個人往往易受特定的知覺特徵（如顏色、形狀大小）所左右，因此作出單面向的思考和直線式的因果推理而導致迷思概念。Harlen(2001)指出學生往往只側重考慮事物的某一個明顯的條件，而忽略其它可能影響的因素，好比學生看見糖溶於水後即『消失』，而不會認為糖是以看不見的粒子形式繼續存在。Driver與Tiberghien（1985）發現學生容易受到感覺所支配的思考：學生在一個問題情境中，推理一個問題時，傾向將重點放在他們可看到的特徵上。迷思概念絕大多數的來源則是來自學校科學課程中（Caramazza et al., 1981）；

7. 直覺想法：學生往往會因增加一個變因，就認為另一個相對應的變因也增加的直覺想法（蔡春來，2002）。學生的直覺概念常是迷思概念的來源，而直覺概念是學生嘗試去概括學生自己本身經驗、觀察所得之因果關係而來（Lewis & Linn, 1994）。學生也會因無法同時對兩個以上的概念作處理而造成迷思概念，若一個題目中同時存在兩個變因，學生一般只考慮到一個因素而產生迷思概念（邱鴻麟與高紹源，1997）。在科學教學中，經常使用類比來解釋抽象的概念及無法直接觀測的現象，並藉此將新概念的學習與學生現存的知識作連結。類比在教學上的使用通常是有限制的，教師在教學時需闡明並強調類比的適用範圍，避免學生誤解而產生另有概念（Fisher, 1985）。

（二）學生受到同儕或環境的影響

迷思概念的來源亦可能是同儕之間相互學習而來（Driver, 1985）。當學生在與他人互動的過程中，若其迷思概念受到肯定，則易加強學生抱持迷思概念的信心（Fisher, 1985）。學生在日常生活中，或與朋友、家人的交往談話中，拾取了零星的科學知識和迷思概念，這些概念雖不一定與科學家的概念相一

致，但其作用或許比在科學課室中所學得的概念有更大的影響力(張容君與鄭一亭，2004)。Harlen(2001)指出學生的觀念往往受限於一個環境，當環境改變的同時，觀念隨之改變，因此學生在解釋一些情境時往往因為可察覺的特徵不同而應用不同的概念，對於一些相似性無法區分導致迷思概念產生。

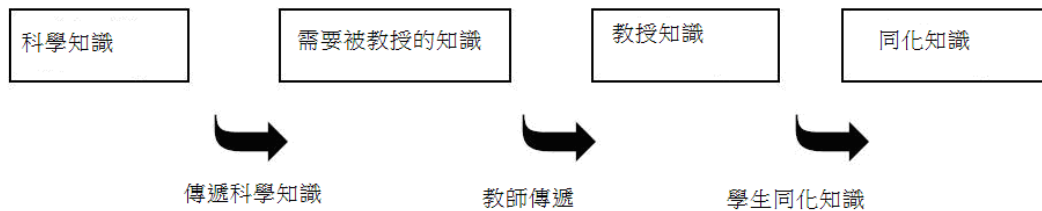
(三) 教科書因素

教科書中的論述不清、插圖不當、甚至於圖表顏色的使用往往都會造成學生的困惑，進而讓學生產生迷思概念(黃萬居，2003)。在教科書中不清楚的論述、或是過於簡略均使學童產生困惑，以及教科書中不當的文字敘述或插圖，可能影響學童的學習(邱美虹，1993，引自黃萬居，2003)。Moyer 和 Mayer (1985，引自周孚平，2004)指出大多數的科學教科書呈現給學生的都是一些過度簡化的概念，然而對於各種概念或事實是如何產生的過程則幾乎沒有提及。張筱莉與林陳涌(2001)發現科學語言和往往變成學習者的學習障礙之一，學生往往不容易理解這些學術性的名詞在科學領域的意義，學生以日常生活經驗解釋專有名詞，導致迷思概念的產生。周孚平(2004)認為教科書中科學名詞的字義，學生通常會望文生義，誤解其中的概念。例如以呼吸代替呼吸作用，呼吸作用通常以氣體交換來詮釋。許健將(1990)指出插圖不當好比像是人體器官圖，往往使用藍色代表動脈、紅色代表靜脈，使得學生產生動脈血呈藍色而靜脈血呈紅色的迷思概念。

(四) 教師因素

教師自我的科學概念不足，而使得教師本身可能具有迷思概念，以致於在授課的同時，不經意的將迷思概念傳遞給學生，導致學生產生迷思概念(Kaltakçi & Didi, 2007; Fatma, 2008; 蘇育任，1997)。鄭麗玉(1998)指出國小教師由於修習較少的科學課程，往往和學生一樣具有迷思概念。蔡春來(2002)指出教師可能在教學的過程中企圖簡化概念造成學生產生迷思概念。黃嘉明(2004)認為教師過分使用講述法，沒有讓學生有思考、討論澄清概念的機會也是造成學生迷思概念的來源。Sami 及 Fatma(2008)認為迷思概念

可以由『教學傳遞理論 (Didactic Transposition Theory)』來解釋，『教學傳遞理論』是一個教學與學習的過程，並且是由 Chevallard、Johsua (1982) 以及 Chevallard (1991) 所提出。Fatma(2008) 提出教學傳遞理論過程圖（如下圖三）解釋教師在傳遞教學知識給學生時，也就是學生同化知識的同時，會造成學生的迷思概念的產生。



圖三：教學傳遞理論過程 (Didactic Transposition Theory Process, Bosch, Chevallard & Gascon, 2005, 引自 Sami & Fatma, 2008, p151)

(五) 個人特質或背景影響

學生可能因為社會文化因素產生迷思概念，例如風俗民情、宗教信仰等原因會讓學生產生迷思概念 (Fisher, 1985)。亦可能因為不同社會所使用的語言不相同而導致學生產生有別於科學家想法的迷思概念 (Osborne & Bell, 1983)。學童學習新的科學術語時，由於跟日常生活用語相近而產生迷思概念：例如『太陽升起來了』指的是太陽在天空中的行徑，而非「現代」的觀點以地球對太陽運轉解釋 (張容君、鄭一亭, 2004)。蔡春來 (2002) 指出學生也會因為語言因素產生迷思概念，因此教師應該要強調每日用語與科學用語之間的差異性。學童大多會使用原來的語言，新的科學語言是較少被使用的，這也是產生迷思概念的原因 (黃萬居, 2003)。例如談及肺的功能時，城市學生會因對媒體廣告冷氣機或空氣清淨機的過濾作用，而將肺的功能也類比至冷氣機或空氣清淨機的過濾作用。而原住民學生常在原野森林中，因此對植物的根、莖等細微構造較有體認，因此能體認根、莖也會行呼吸作用，這是城市學生常無法體認的。當然也因原住民學生接觸一般科學名詞的機會較少，因此在談及呼吸作用與光合作用的產物時，常很快忘記或弄混 (張容君與鄭一亭，

2004)。郭重吉(1985)強調形成概念時，個人會以一些基模去做感官的探索，感官探索則從原有基模當中抽取有關的原有知識，最後的結果是個人對觀察的對象所做的詮釋瞭解，結果會因人而異，可因個人認知背景的差異性造成迷思概念。迷思概念也受學童本身的認知發展層次的影響(黃萬居，2003)。Harlen(2001)認為學生往往依靠個人感覺來解釋一些科學現象，而不採用邏輯思考。個人特質與背景影響同時也包括認知能力、年齡、知識結構、信念與學習心向等不同面向，而家庭與社會文化的影響則多來自媒體傳播的訊息和語言文字的溝通使得學生產生迷思概念(楊坤原、張賴妙理，2004)。研究也指出迷思概念可能是學生個人的生活經驗所導致，學習者以個人為中心看事物或是對自然環境的一些觀察而來(Osborne, Bell, & Gilbert, 1983; Fisher, 1985)。

由以上的文獻探討可以得知，學生產生迷思概念可能是因為生活經驗、同儕之間彼此的影響、文化因素、語言溝通、教科書誤導、教師教學、錯誤譬喻…等各種不同的來源，而這些都是教師必須要去注意並且協助學生改善之處。

第三節 液體的界面現象與易混淆的科學概念

液體的界面現象是由於液體分子與液體分子間以及液體分子與它物體(如容器、空氣)的接觸界面，相互吸引作用的結果，也就是分子力的作用造成液體的界面現象，主要包括表面張力、濡濕與不濡濕現象以及毛細現象，而易與此部分混淆的科學概念則有浮力、大氣壓力現象(托里切利實驗)，茲將以上科學概念介紹如下：

一、分子力

分子之間彼此有互相吸引的力，這種力稱為分子力（molecular force），分子力不屬於萬有引力，它和分子所帶的電荷大小和分布有關。分子力的大小和分子之間的距離有密切的關係，當距離變大時，分子力迅速地減弱，因此分子力的有效範圍實際上非常的小，僅約 10^{-7} cm 而已。就液體中某一分子而言，僅和周圍鄰近的分子有交互作用。而分子之間的作用力可以分成兩大類：同類分子間互相吸引的力稱為內聚力（cohesive force），如水分子與水分子之間的吸引力；以及異類分子之間的吸引力稱為附著力（adhesive force），如液體分子與玻璃或空氣之間的吸引力。

二、表面張力

液體的表面張力是存在於液體表面，可使液面的表面積縮至最小值的拉力，而表面張力的成因如下說明：

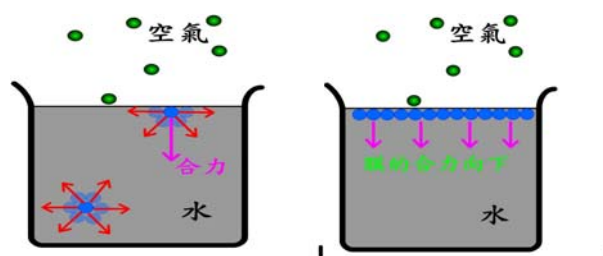
（一）分子觀點

液體表面上的分子，除了與容器壁及靠近的一小部分的液體分子，會受到器壁表面分子的吸引力（附著力）外，其實的液體表面分子則僅受到液面上方空氣分子的吸引力（附著力）與液面下方液體分子的吸引力（內聚力），由於液體分子的密度大於空氣分子的密度，且液體分子間的吸引力大於液體分子與空氣分子之間的作用力，因此液體表面上的分子受到較大的向下力作用，而有向液內移動的傾向，此傾向即為使液面縮成最小表面積的原因，表面張力彷彿一個彈性皮膜（如下圖四）支撐住液面上的物體。

（二）能量觀點

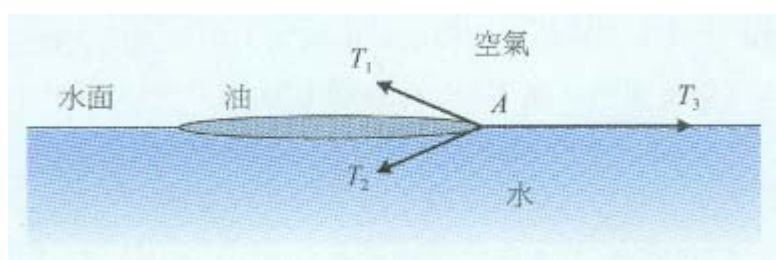
在液面的分子，由於在液面上下兩方所受的力並不相等，液面上的部分受到以氣化的分子的吸引力，液面下的部分仍受液內分子的吸引，在因為氣化分子密度較小且與液面分子的距離遠大於分子力的範圍，故在液面的分子受一個

往液內拉的力量。當液內分子到達表面時，因受此拉力的影響，速率會降低，其動能會減少。以能量的角度而言，當此水分子到達表面時，其動能減少，位能增加。所以若液體表面越大，則在表面的分子越多，故其總位能越大，但在力學裡一個質點系統在穩定平衡時，一定在最小的位能，所以液體若在平衡狀態，則使其面積最小，以使其有最小的位能，因此表面張力會使其縮小為最小的表面積，成為一個彈性皮膜，物體若在水面上若是因為受到表面張力作用而不至於沈入水中的話，是會站立在水面上的，也就是不會有在水面下的部分，好比水黾踏波而行。



圖四：表面張力示意圖，○代表水分子

上述的表面張力是指液體與空氣界面所表面的張力，但有時接觸面不止一個，例如將一油滴滴於水面上，最初油滴凝聚一處，但漸會散開，而形成油膜，此時有三個界面均有表面張力，及油-空氣、油-水及水-空氣此三個界面均有表面張力如下圖五所示 T_1 為油與空氣的表面張力， T_2 為油與水的表面張力， T_3 為水與空氣的表面張力。



圖五：水、油及空氣間的表面張力

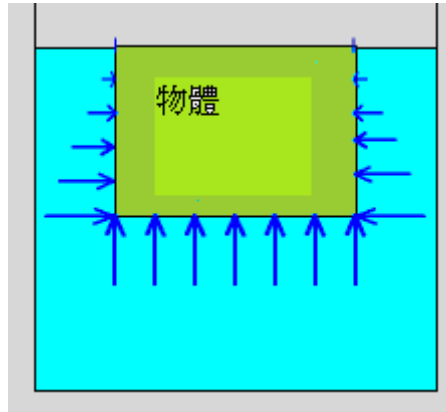
表面張力的大小會受到液體溫度、液體純度、液體沸點等因素改變。當液體溫度越高，粒子所擁有的動能較大，粒子比較能夠自由移動，造成粒子間的空隙變得比較大，因此粒子跟粒子之間的作用力較小，表面張力變弱，所以溫度越高，則液體的表面張力越小。液體純度越純，代表液體裡面異類分子較少，因為異類分子會增加附著力而破壞內聚力，因此液體純度越純，表面張力越大。每個粒子本身的特性以及所擁有的能量各不相同，本身能量比較低的液體，沸點就會比較高，也因為能量低所以粒子所擁有的動能比較小，而動能較小的話粒子比較不會移動，粒子之間的空隙較小，粒子跟粒子之間的作用力較大，所以表面張力較大。

水龍頭口的水滴，通常是以球形的形狀掉下來，主要的原因是由於受到表面張力的作用，使得液體收縮成球形，因為在體積固定的情況下，球形相較於其它形狀來說，球形的表面積最小，與空氣接觸的面積較小，液體內部的作用力越大，位能最低，系統較為穩定。

位能越低，系統越穩定，又表面張力為物質的性質，若接觸的物質不變，表面張力則為固定值， $T=E/A$ ， T 為表面張力、 E 為位能、 A 為總表面積，因此表面張力會使物體的體積縮至最小，方能穩定。

三、浮力

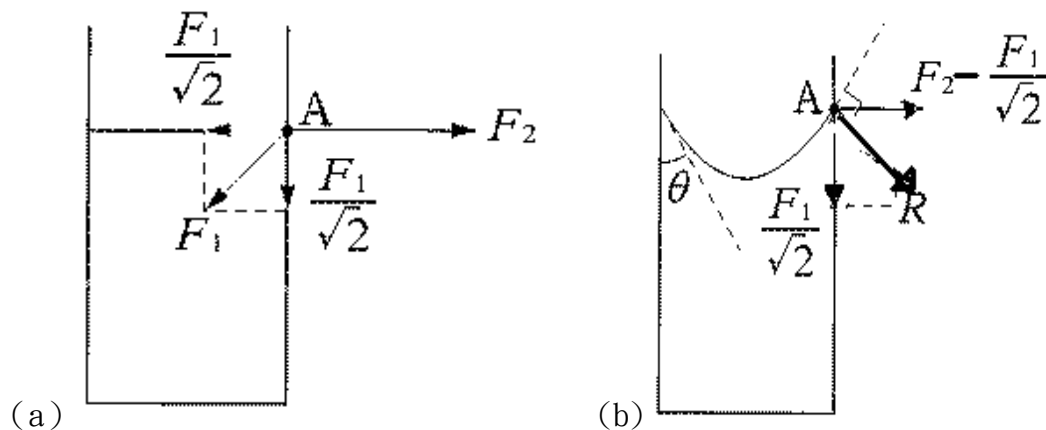
相較之下，浮力則是物體在水中因為受到壓力造成的（如下圖六），物體在水中所受到的左右壓力大小相互抵銷，而下方受到的壓力造成浮力向上。 B （浮力） $=\rho v g$ ， ρ 為液體密度、 v 為液面下的體積、 g 為重力場強度。因此，若一個物體是因為受到浮力作用而不沉入水中，那麼此物體必定會有在水裡的部分。



圖六：水壓示意圖（箭頭代表物體在水中受到壓力的大小與方向）

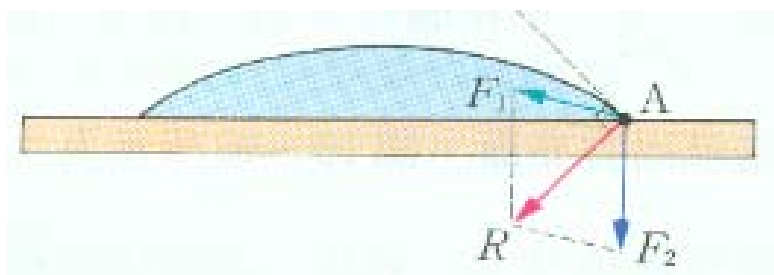
四、濡濕現象與不濡濕現象

濡濕與不濡濕皆為分子力作用的表現，若附著力大於內聚力，液體分子被拉開並擴展，形成濡濕現象。若在玻璃管裝濡濕液體（對玻璃來說，水是濡濕液體），考慮位在水面和管壁交界處 A 點的一個水分子受力情況，如下圖七（a）所示， F_2 為管壁分子吸引該水分子的附著力； F_1 為水體內部的分子吸引該水分子的內聚力，若為濡濕液體，則附著力 F_2 大於內聚力 F_1 ，兩力的合力 R 指向管壁外側。由於液體容易流動，不能承受平行於表面的橫向力，故在 A 點的液面必須垂直於合力 R ，而平衡的水面就如圖七（b）所示。



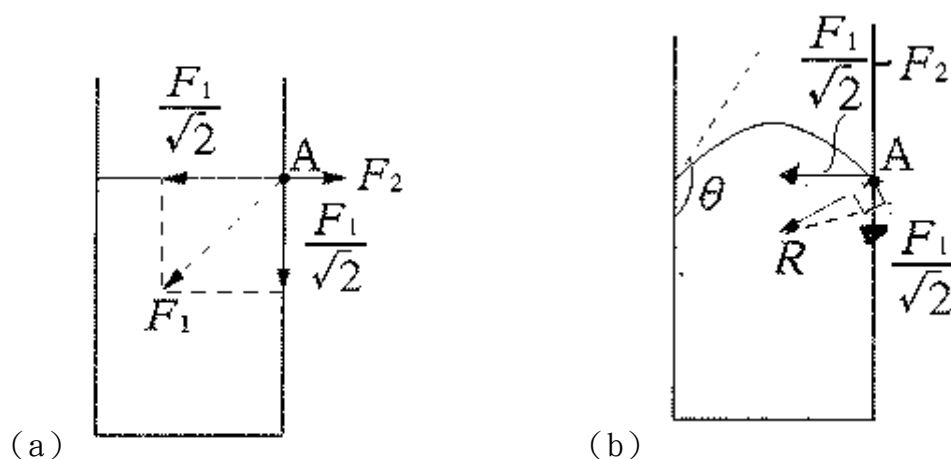
圖七：濡濕液體液面攀升示意圖

同樣的道理也可解釋桌面上液滴的形狀，濡濕液體在桌面上的情形，除了在桌面上附近的液體分子外，其它在液面上的分子僅受內聚力的作用，在固體與液體交界處 A 點的液體分子受到內聚力 F_1 （來自液體內部分子的吸引力）和附著力 F_2 （來自桌面分子的吸引力）的作用，而合力 R 的方向必須跟液面垂直，因此液體灘成水膜附著如圖八所示。好比在一塊玻璃版上滴上一滴水，水會附著在玻璃版上形成一層水膜，把一塊玻璃版放入水裡後取出來，玻璃版的表面上也會有一層水膜，對玻璃來說，水是濡濕液體。



圖八：濡濕液體滴於桌面上成膜狀附著示意圖

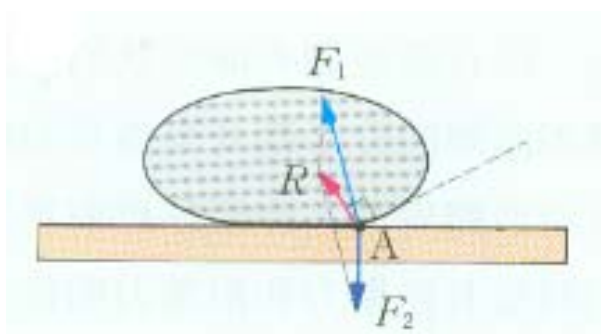
另一方面，若在玻璃管內裝不濡濕液體，則合力指向管壁內側，液面同樣地必須垂直於合力方向如下圖九。



圖九：不濡濕液體液面收縮示意圖

而若在桌面上的滴液為不濡濕液體，則內聚力 F_1 大於附著力 F_2 ，造成合力 R 像液面內部，而液面必須與合力垂直，因此液面彎曲成球狀收縮如圖十。好比像是水銀滴在玻璃版上會滾來滾去，而不附著在玻璃版上面，若把一塊玻璃版放入水銀後取出，玻璃版上也不會沾上一層水銀，對玻璃來說，水銀是不

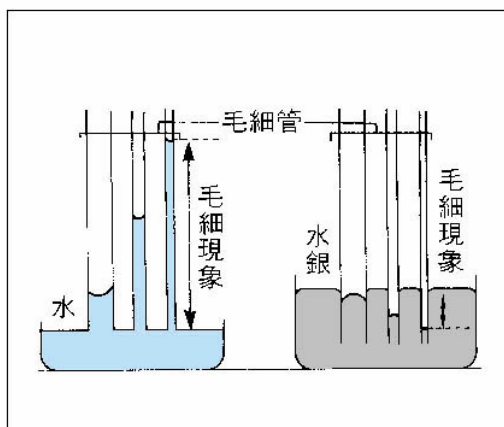
濡濕液體。



圖十：不濡濕液體滴於桌面上成球珠狀示意圖

五、毛細現象

把一管徑很細的玻璃管插入水槽中，可見到管內上升的水柱高度超過槽中的水平面，稱為毛細現象。『毛細作用現象』則為內聚力與附著力交互作用影響，若為濡濕液體則因為附著力使液面擴大，而內聚力則使液體表面收縮，對於濡濕液體來說，附著力大於內聚力，於是管內液體上升，以減小液面，直到表面張力將液體向上的拉力與管內升高的液柱重量達平衡時，管內液體才停止上升；若為不濡濕液體則附著力小於內聚力，引起液面向液體內部彎曲，使液面彎曲成曲面，同樣增大了液面，而表面張力的收縮作用使液面減小，於是隨著管內水銀下降直到表面張力向下拉引作用與管內外液面差引起的壓力差達平衡停止(如下圖十一)，其中插管為開口。



圖十一：毛細現象示意圖

高溫液體的粒子所擁有的能量比較大，能量比較大的話粒子比較能夠移動，而物體如果比較能夠移動，那麼內聚力就會變小，所以表面張力較小，在表面張力較小的情況下，水的毛細現象也就較小。而毛細作用的數學式如下：

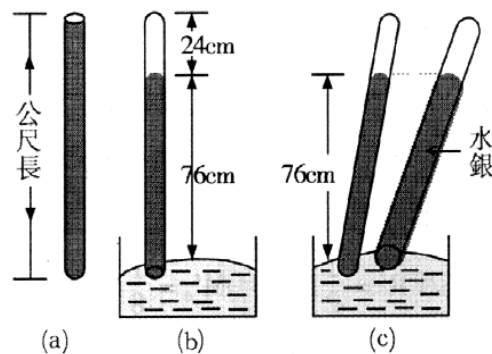
$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

其中 h =液面上升高度、 γ =表面張力、 θ =接觸角、 ρ =液體密度、 g =重力加速度、 r =細管半徑，由公式可以得知表面張力越大，則液面上升高度越大，液面上升高度與表面張力成正比。

毛細現象的大小會受到液體種類、管徑大小以及表面張力大小等因素而改變。若液體的表面張力越大，則毛細現象越大；若管徑越小，則毛細現象越明顯。

六、大氣壓力現象（托里切利實驗）

『托里切利實驗為一種大氣壓力的現象』，當水銀插在水槽中，水銀會因為大氣壓力的關係而使得水銀面上升 76cm 水銀柱高，管子為封口，內為真空如下圖十二所示。



圖十二：大氣壓力現象（托里切利真空）示意圖，無論管子如何傾斜，管內水銀柱高度依然保持 76cmHg。

第四節 學生概念的評估與描述

郭重吉（1988）指出以研究取向來探討學生對於自然科學的學習，目的在於了解學生現在擁有哪些知識，其相互關連為何？學生到底如何學習？他們如何解題、有哪些困難、有哪些正確或錯誤的解題方式？Southerland（1999）同樣也指出身為科學教育工作者，我們都希望了解學生在課堂學習的程度為何？我們教的如何？學生學習的如何？郭重吉（1992）認為了解學生的想法有助於教師在教學時選擇合適的教學策略以及教學方法幫助學生學習科學概念，並了解學生的認知結構好比像是對於特定科學概念的了解、容易混淆的概念間的差異性、相關概念彼此間的關係、以及解決問題的技巧和過程等等，而研究對象則是從幼稚園到大學生都有，在學科方面，物理是最被廣為研究的對象。郭重吉（1988）指出如何探查學生現有的認知結構，了解學生的想法以便給予學生適時的協助，期望能將學生的想法帶向正確的科學知識，乃為教師改進自然科學教學的一個新方向；此有關學生科學知識認知結構的評估與描述，不但是科學教育研究領域中一個重要的研究主題，也是科學教師所應具備的專業教學能力。至於想要瞭解學生可能具備的迷思概念，當然需要透過一些方法來評估與描述學生的認知結構，認知結構的描述，指的是多方收集資料以便對於學生的認知結構有更深入了解的一個整體過程；而認知結構的評估，則是指以合適的方式來呈現出學生認知結構的評估結果。另一方面，由於各研究小組的研究重點、研究動機、理論觀點和研究方法不盡相同，因此對於其研究的認知結構有不同的稱呼，例如知識結構(knowledge structure)、記憶結構(memory structure)、迷思概念(misconception)等等（郭重吉，1988）。診斷學生的迷思概念方式有許多種方式，其中最為常見的就是以下幾種方法：

一、單字聯想（word association）

郭重吉（1990）指出此種方法是研究者對某一單元內容選出數個主要的單

字，之後寫在紙上，逐一讓學生看，之後請學生把他想到的單字盡快寫在紙上，越多越好，之後運用固定的公式可以計算出概念之間的相關係數，再以矩陣的方式呈現，如此一來，便可以得知學生的知識結構，在透過與專家的結果相比，找出學生知識上的缺失以便了解學生想法。此為早期探查學生認知結構的方法，可以獲得粗略的結果。

二、簡答題型式 (Constructed-Response or Free-Response)

以申論的方式，要學生在給定的時間內將其對於某一概念所知道的事情都寫下來(郭重吉，1988)。此種方式的優點是最能明確具體的收集到學生的概念想法，唯施測需很長的時間，恐使學生厭煩而隨便填答以致影響信效度，收集之資料整理與分析亦需相當功夫(李賢哲與樊琳，2005)。

三、雙層選擇題型式 (Two-Tier)

Treagust(1986)所發展出的雙層選擇題式診斷性測驗共有十個步驟，並且包含三大範圍：定義內文、獲得關於學生概念的資訊、發展一個診斷式的工具，其流程如下：

(一)定義內文 — 四個相關的步驟

一開始的四個步驟有關於驗證概念的層級，這些步驟包含了定義命題的知識陳述以及發展一個概念圖。

1. 決定命題陳述 (proposition knowledge)

決定題目陳述的內容正確性；

2. 發展一個概念圖

概念圖必須相關於調查的知識內容；

3. 檢視概念圖中的概念與命題陳述的相關性

命題陳述內容必須直接與概念圖相關，以確保內容具有內在一致性；

4. 效化內容

命題的陳述與概念圖必須經過一些像是科學教育學者以及科學教師來驗證，並且效化與修正命題陳述和概念圖。

(二) 收集關於學生概念的資訊 — 三個相關的步驟

第二個部分則是一個發展診斷式工具的過程，並且用來評估學生的概念，這個部分包含了三個步驟。

5. 回顧相關的研究文獻

在開始某一個主題驗證問題或是學生的概念調查前，有關於學生概念的相關文獻是需要先檢驗的，以建立發展選擇題的訊息基礎；

6. 執行非結構化的學生晤談

為了去獲得廣泛關於學生在某一特定科學主題內的概念，非結構式的晤談可以幫助去驗證學生的另有概念以及迷思概念的部分；

7. 發展自由回答項目的選擇題式的試題

選擇題的項目主要建立在教授過的單元，每一個項目都有數個命題陳述且是以學生的概念以及迷思概念來設計選目，每題題後都有可讓學生填寫為何選擇某一選項的原因想法；

(三) 發展診斷工具 — 包含四個步驟

第三個部分則是有關於建構工具的部分，包含了雙層式的項目，第一層獲得了問題的答案，而第二層獲得了回答的原因。

8. 發展二階段的診斷式工具

在設計中，每個題目的第一部份主要是選擇題，並且包含兩到三個選項。第二的部分的選擇題則是包含幾個可能選答某一選項的原因。第二個部分的原因包含了正確的答案、以及透過開放式問卷所得到的另有概念。學生的回答必須二段都答對才算正確；

9. 設計一個細目表 (specification grid)

細目表的設計是為了確保診斷工具公平的涵蓋了命題知識陳述，以及概念圖中的概念；

10. 持續的精鍊

透過不斷的改良雙層式的試題可確保此工具在診斷學生另有概念時是可行的，持續回顧研究學生概念的文獻、並且晤談學生以收集學生的概念並加以改良或修正，以便工具可以迎合需要。

施測結果的分析，Treagust(1988)認為當學生第一階段內容選答部分以及第二階段理由選答部分兩個都正確時，才表示學生答對此題；而正確人數百分比可說明受試者中瞭解該題正確概念的比例；其它選目任一組人數的百分比大小達20%以上，則就代表選目是頗具代表性的一種迷思概念。也提到若在教學前施測，則可考慮教材取向與教學設計；若在教學後施測，則可作為學習成果與教學成效的評估。

黃玉菁（2003）指出二階層診斷試題的好處如下：

- （一）二階層選擇題在教室中的使用與計分較容易並具實用性；
- （二）施測後所得到的結果比概念圖或晤談能更快速分析並了解學生情況；
- （三）選擇題的形式比是非題更能降低猜測的機率；
- （四）二階層試題可以大量施測，是學校教師與許多研究者喜歡的主要原因；
- （五）可在教學前、中後測驗，診斷學生的迷思概念；
- （六）教師可由文獻探討或教學經驗來準備此工具。

楊坤原及張賴妙理（2004）認為科學教師可以從二段式診斷測驗的結果迅速得知學生概念學習的情況，作為日後補救教學的參考。對於學生來說，亦可由診斷測驗的結果，知道自我本身概念學習的困難或誤解之處，有助於日後的加強學習。而對科學學習的研究者而言，若能在認知診斷測驗編製之初，即對各試題妥予安排，更可從測驗的結果歸納出學生的迷思類型或解題策略，進而

推測可能的認知機制。

另一方面，陳均伊等人（2004）也指出二階層診斷試題具有下列特徵：

- （一）試題的來源有清楚的界定範圍，先擬定欲評測學生的概念，稱為命題知識；
- （二）試題是學生對於自由反應題目的作答與晤談發展出來；
- （三）試題經由預試後可以獲得學生對於概念的代表性回答，以精緻試題內容；
- （四）問卷發展的過程中，已經根據學生的作答和晤談結果作為選目，也就是已經將學生可能的推理置於選項當中，所以施測後未必一定要進行晤談。

上述所介紹的問答題形式以及二階段診斷試題雖然可以診斷出學生的迷思概念，但往往還是有一些限制如下（陳均伊、張惠博及郭重吉，2004）：

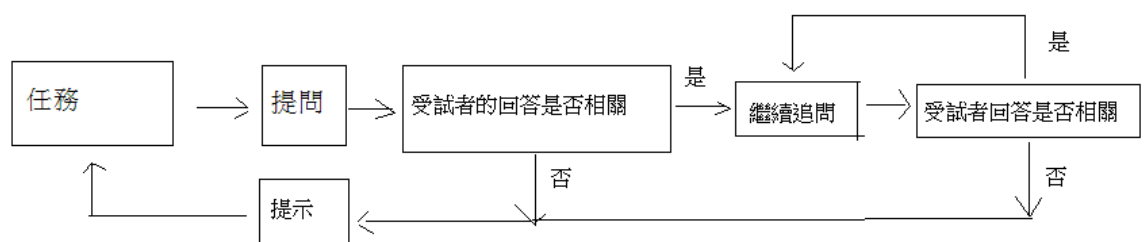
- （一）問卷命題陳述與一般試卷相同：一般封閉式問卷或開放式問卷，命題敘述往往像是考試題目，學生可能會擔心作答並非標準答案，影響學生答題的正確性；
- （二）學生有時可能會使用猜測的方式作答：選擇題式問卷皆已有可供選擇的項目。學生有時可能直接猜測答案而沒有思考問卷中的試題內容，因此有時不容易判斷其是否確實為學生的迷思概念；
- （三）學生有時不易理解問卷命題的意義：多數問卷內容的描述有時會使用專有名詞，並且因為過於學術使得學生閱讀易對命題的陳述產生困惑。
Wandersee（1988）指出圖像等視覺化的描述，能提昇學生閱讀時的理解能力。因此，問卷內容的設計可加入與情境相關的圖片，作為閱讀的輔助。亦即，學生應確實理解問卷的命題內容，始能依其概念架構作答，達到迷思概念診斷的目的；
- （四）問卷試題的命題陳述：有一些二階段測驗問卷，其第二階段選項內容的設計，是將正確理由分段敘述後作為不同的選目，此類試題設計較不佳，容易造成部份學生無法選出正確的敘述，導致診斷工具未能真確探究學生的迷思概念；

(五) 有時題目缺乏學生欲選擇的答案：選擇題式問卷以及二階段測驗問卷，在設計時雖是以學生晤談及回顧相關文獻為基準，設計多樣化的選項，使問卷中的題目能包含數個理由供學生選答。但有時並非所有的選目都符合學生的想法。有時，題目內容所提供的理由，難以符合學生的觀點(Griffard & Wandersee, 2001; Tamir, 1989)，學生可能在無從選擇之下任意選填答案。

另外，Griffard 與Wandersee (1999) 認為二階段式測驗僅能確認迷思概念的類型，有時並不容易理解概念間的錯誤連結與迷思概念的成因。因此，為瞭解學生的迷思概念及成因，除利用問卷診斷學生的迷思概念外，還需要加上晤談，以便更能深入瞭解學生的迷思概念。

四、晤談診斷法 (clinic interview)

晤談診斷法用來作為教育的一種工具可以追溯到蘇格拉底時代，在教育之外的領域也廣泛應用，好比像是用來診斷人類心智上的問題，但首先利用這種方法來了解學生認知發展的是皮亞傑，因此用來了解學生認知結構的面談通稱『皮亞傑式臨床晤談』，而其晤談流程如下圖（郭重吉，1990）。



圖十三：皮亞傑式臨床晤談流程圖（郭重吉，1990，p302）

晤談是一種可以用來找出學生想法的研究法(Bell, 1995)。結構性晤談提供了一個非常好的機會讓我們可以深入了解學習者在一個概念上的理解程度，仔細的組織與運用晤談將幫助我們更能深入了解學生對於單一或一群概念的理解，在結構式晤談中研究者利用一系列探測的問題，這些問題是設計用以更精確了解學生對特定概念的理解 (Southerland et al., 1999)。晤談診斷法的優點是可以做深入、詳盡以及整體的描述，使研究具有深厚的實證基礎(陳啟明與陳瓊森，1992)。

(一) 晤談模式

關於晤談診斷法，可分為以下幾種模式：

1. 事例晤談

事件晤談的作法是與被晤談者就一系列清楚說明的演示，進行個別討論，這些討論藉由錄音、轉錄並分析(黃平屯，2004)。在事例晤談中，研究者會給予學生一些例子或是情境，接著要求學生去確認這一些例子或是情境是屬於那個概念，並且解釋他的判斷(Southerland et al., 1999)。許良榮與劉政華(2004)指出在科學教育的研究文獻中，不少學者皆採用此方法作為研究迷思概念的工具，此方法並指出事例晤談可以引發學生主動性的思考，進行判斷。

舉例來說，若以『力』科學概念做為中心，則卡片的設計按以下步驟(郭重吉，1988)：

- (1)確認科學家對此單字所指的意義：如力為『力可以代表一種推或拉』、『合力等於質量乘以速度』、『力是物體交互作用而來，可以改變物體的速度大小及形狀』；
- (2)分析科學家對此單字定義所持的觀點：物理學中速度、力等名詞定義都很明確，但日常生活中『力求上進』則不是物理學家所定義的力；
- (3)確認單字關鍵的屬性：像是力的大小、方向、施力體與受力體等等；

- (4)由教材中找出非關鍵屬性：像是力的單位可用牛頓、一物體所受的地心引力通過重心等；
- (5)找出誤用該單字在科學上的意涵的來源：考慮同意語（如權力、智力、暴力）、反義語（弱小、無能）等等容易造成混淆等字詞；
- (6)卡片的设计應涉及每一事例所擁有的關鍵屬性與非關鍵屬性，每一反例都缺乏部分或全部的關鍵屬性，而只包含非關鍵屬性；
- (7)在卡片排列的順序前、反例各佔半數；
- (8)之後便讓學生判斷哪些卡片屬於目標中心概念。

在设计事例晤談時須注意一些原則（Southerland et al., 1999）：

- (1)重點放在概念的解釋，而不是要求明確的定義

傳統評量大部分要求學生選出概念正確的定義或是寫下概念的定義。事例晤談則是使用間接的方式使學生去表達他的理解，可使研究者了解學生隱含（implicit concept）的概念。

- (2)強迫學生對每一張圖表都能做出回答

假若學生對於此概念不了解，則就讓他對這個事例做出判斷，不要強迫學生去做選擇。對晤談者而言，重要的是了解學生不能解釋圖表的哪一個部分或是哪一個部分較含糊不清，可從此反映出學生較弱的部分。

- (3)學生的回答後，有需要再要求學生對概念做出特別的定義

先讓學生發揮後再嘗試著讓學生做出特別的定義，如此一來，便可避免學生只是一昧的想到機械式的定義而阻斷了他自己的想法。

2. 預測晤談

預測晤談則是要求學生預測在某些情形下會發生的結果，並對於預測做解釋與說明，有別於事例晤談要求學生解釋概念，預測晤談強調則是強調應用概念的理解（Southerland et al, 1999；郭重吉，1990）。也因為需要學生需要應用概念，因此預測晤談就能有效的測出學生的知識是強記的或是經過理解後有意義的知

識，預測晤談的設計原則與事例晤談的差不多（Southerland et al., 1999）。郭重吉（1990）指出透過事件晤談我們可以得知學生吞論的概念：物體的命題、事件的標記；推論的原則：支配思考或是事件預測中使用的規則；推論的概念與機制。

White 及 Gunstone（1992）提供了晤談的四個原則：

- （1）學生預測一個事件的結果；
- （2）學生去解釋跟驗證他的預測；
- （3）這個事件的真正結果；
- （4）討論學生的預測以及真正結果之間的矛盾。

3. 示範-觀察-解釋（DOE）晤談

郭重吉（1990）指出所謂的 DOE 晤談就是施測者使用一系列的示範實驗，並先將儀器架好接著請學生預測此示範實驗可能發生的現象以及使用個人的知識或經驗解釋原因，接著施測者進行示範實驗，請學生觀察實驗結果是否與先前所預測的相同，並要求受試學生解釋他們是如何使用一些有關的概念以便了解學生的想法。

（二）晤談進行的時間點

Bell(1995)則將晤談在教學上進行的時間點，分成以下三種情形：

1. 在教學前進行晤談（診斷式評量）

在教學前教師進行晤談可以先找出學生的想法、信念以及經驗。接著教師在教學前就可以把這些資訊考量進教學的課程內容當中。

2. 在教學中進行晤談（形成性評量）

在教學過程中進行晤談教師則可以得知學生的想法，並且計畫以及修正教學的

方向並做適當的調整。

3. 在教學後進行晤談（總結性評量）

在教學結束之後，教師可以進行晤談並且評量學生學習後的結果，並適時的修正學生的想法。

Dalen (1981)則將晤談的型式，分成結構性晤談以及非結構性晤談如下；

1. 結構性晤談

結構性晤談是教師在晤談前先決定好晤談的格式、問題、表格，並加以標準化，具有較多的限制，晤談過程按預期的流程進行。

2. 非結構性晤談

非結構晤談是具有彈性的，對於回答者的答案較少限制，雖然也是事先設定好詢問的問題，但可以依回答者的答案作彈性的調整，許多回答者因此受到鼓勵，便能夠激發學生們的想法。

(1) 半結構晤談

半結構晤談在晤談的過程中會給予學生結構性的問題，並隨著一些非預期的答案下去追問，就可以得到許多學生回答的理由，有助於資料的分析。

(2) 無結構晤談

無結構晤談在進行時有時會少許的引導學生方向。當一個調查者不確定要問什麼問題或是如何問問題時，使用無結構晤談可以讓研究者發現一些問題的本質，之後研究者便可以選擇以及建構一些晤談的問題。

五、概念圖（concept maps）

Novak 及 Gowin (1984) 指出概念圖是一種組織或是呈現知識的工具，有意義的去呈現概念之間的關係，每一個概念都會用圓形或是橢圓形圈起來，相鄰的

兩個概念之間會使用一條線作為連結，並標示線條上的文字（連結語）以表示兩種概念間的關係，較上層的概念是比較一般性的，而較下層的概念則是比較特定性的，是一個有組織、階級層次明顯的概念架構，一個完整的概念圖是修過不斷校正後完成的。

不同的概念圖中相同的概念是依附在圖中相對的上層概念，它們之間連結語的差異也代表不同的意義。因此教師可以透過概念圖了解學生的概念理解的程度。

概念圖已經成功的應用到許多領域，特別是科學，促進有意義的學習與有效的教學，概念圖也對於學生學習『質』的部分非常有幫助，對於學生而言，是一種學習工具；對於老師而言，是一種當作評量、提升教學或是促進課程計畫的工具。無論在任何領域或是任何階段都能幫助老師與學生更有效率並且更有意義的學習。概念圖也是做一種學習的路徑圖，讓學生掌握所學習到的新知識如何建立在舊知識上面，並將概念以整合、階層的方式來表現其相互關係，概念圖也因概念間的關係外顯，當作進一步的前導組織，有助於有意義的學習 (Edmondson, 1999)。Novak(1984)在其著作『Learning how to learn』提到概念圖是意圖有意義的呈現概念之間的關係，相鄰的兩個概念之間會使用一條線作為連結，概念圖可以清楚的呈現了關鍵概念之間的關係，並且透過概念圖教師可以瞭解學生已經學習到了什麼知識以及概念。概念圖在教學、學習、課程以及管理上都扮演了一個重要的角色。對一個學習者而言，概念圖可以幫助呈現一些學習的重要概念，並且能讓所學的知識與新知識做連結；對一個教師而言，概念圖可以去用來幫助學生組織所學習的概念，並且也可以指出學生所存有的迷思概念。江淑卿(2001)同樣指出概念構圖是科學教育上，頗受重視的學習策略和評量工具，主要以命題表徵為基礎，將教材的概念、關係與結構，以二向度的圖解呈現。

概念圖的使用方式，主要有兩種方式。一種是直接要求學生畫圖，另一種是研究者基於訪談時的轉譯，概念圖是在評量學生他們的理解。

Novak及Gowin (1984) 指出概念圖有以下四點好處：

- (一) 使概念或命題更具體化及外表化，以便容易了解學生的概念；
- (二) 使教師與學生能針對特定的概念連結交換彼此的看法，教師亦可從概念圖中找出學生概念之間錯誤的連結；
- (三) 是使學生顯露迷思概念的一項有效工具；
- (四) 對於研究每個概念的意義有很大的幫助。

Trowbridge 及 Wandersee (1999) 也指出概念圖有以下幾個好處：

(一) 顯示迷思概念

概念圖在辨識迷思概念上很有用，學生所建構的圖常呈現出迷思概念，學生做圖所呈現的不正確連結形成不對的命題也經常是一個很重要的指標，不正確的概念連結於上位概念或是概念未作關聯也是另一個指標。另外也可以從學生概念間的連結來看出學生對教材的了解。

(二) 審視學生認知結構的改變

教師可以持續的比較學生概念圖的發展，來看出學生認知結構的改變以及概念的獲得。

(三) 可看出學生概念上關鍵的連結

Trowbridge 及 Wandersee (1994) 則認為概念圖可以呈獻學生對於所學的知識合理統整的程度，而在能統整與不能統整的這個關鍵連結之處則是學生將來學習成就的一個重要指標，教師可透過概念圖看出學生的上位概念，而上位概念是統整整體訊息的關鍵。

(四) 學生的成就

教師可從學生完成概念圖時能體會到概念對學生的意義，也能使學生有成就感。Trowbridge 及 Wandersee (1994) 在晤談時學生也提出他們對於建構概念圖的能力感到很自豪，並指出學生會將概念圖應用到其它學科的學習。

(五) 可以作為課程設計

Novak 及 Gowin (1984) 在『Learning How to Learn』一書中指出概念圖也可用於課程設計，設計者可以統整課程的組成並將課程連結於經驗上。

(六) 可以做為師資教育的教材

Novak(1990)指出許多職前教師與許多學生一樣，都是以死背的方法為學習策略。因此可利用概念圖的方式當作職前教師後設認知的工具，使職前教師能將學科內容概念化、並統整概念以設計教學。

(七) 可以作為一種學說模型

概念圖是代表概念科學模式一種有用的表徵方式。

(八) 作為一種圖形的整合

Spiegel 及 Barufaldi (1994) 要求學生建構科學教科書的概念圖後，發現學生使用圖形組織來記憶科學知識具有增加記憶時間與效率的功用。

湯清二 (1993) 指出概念圖的確可作為學習與評量的工具，它不需要特殊的材料，所以也不會有經費上的問題需要考量，當學生針對某一學科科目來建構概念圖的同時，學生會發現許多新的意義並且可以與先前所學的概念作一個連結，而教師只需花費一點時間完成一個專家概念圖，此專家概念圖就可以作為教學與評估的依據，再與學生相互對照比較，進行學生概念評估的工作。

第參章 研究方法

本章共分為五節。第一節介紹研究對象，第二節說明研究工具，第三節為資料收集，第四節為資料分析、第五節對研究流程加以說明。

第一節 研究對象

本節說明研究對象，共分兩類，一為問卷對象，另一為晤談對象，茲分述如後。

一、問卷對象

本研究之研究對象選定為桃園縣某國立高級中學高三自然組一班的學生，共 40 人如下表一。界面現象的課程內容為高二下的物理課程，基於學校課程上的安排以及時間上的限制，因此問卷對象選定為高三的學生，此班級的學生都已經在高二下物質科學物理篇學過『液體界面現象』的課程內容。

表一：班級施測人數分配表

	男生	女生	合計
人數	32 人	8 人	40 人
比例	80 %	20 %	100 %

二、晤談對象

分析『液體界面現象』開放式問卷施測的結果後，從問卷裡面挑選晤談對象，選定三位具最多迷思概念的學生做為代表進行晤談，此三位學生迷思概念分布如下表二，透過晤談以便深入了解學生的迷思概念及其來源。

表二：晤談對象迷思概念分布表

題號 學生	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
甲生	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
乙生	V	V	V			V	V	V	V	V	V	V	V	V
丙生	V	V	V	V	V			V		V	V	V	V	V

V：表符合迷思概念題號

第二節 研究工具

本研究測驗所使用的工具為研究者自行設計之『液體界面現象』開放式問卷，分別就試題內容與發展過程、試題信度以及效度以下分別說明：

一、試題發展過程：

工具發展之初，研究者彙整教科書『龍騰版物質科學物理篇（下）』流體性質的液體界面現象的學科知識內容、以及與物理系同儕之間教學的經驗分享並與現任高中物理教師討論『液體界面現象』單元後發展概念圖（附錄一），並與現任高中物理教師根據概念圖討論後一同編制『液體界面現象』開放式問卷（附錄二），並對 40 個學生做問卷填答後，根據學生回答的結果分析學生的迷思概念。

二、試題內容

液體界面現象開放式問卷共 14 題。其中包含三大主要概念以及雙向細目表如下表三：

1. 表面張力及其特性

『表面張力』與『浮力』之差異、水滴成球形的原因、內聚力方向、大小與深度之間的關係、表面張力存在的界面、影響表面張力的因素：溫度、

純度。

2. 濡濕現象與不濡濕現象：

濡濕與不濡濕現象的差異與現象、內聚力與附著力的方向、濡濕與不濡濕現象的應用。

3. 毛細現象及其特性

『毛細現象』與『托里切利真空』之差異、毛細現象的應用、影響毛細現象的因素：溫度、純度、種類。

三、試題的信度、效度

效度

本研究採用專家效度，問卷試題內容經過八位專家審查。此八位專家教師三位是大學教授、兩位具科學教育研究背景的高中物理教師，三位具物理研究所背景的高中物理老師，均給以試題上的評估以及建議，因此具專家效度。

信度

此研究結果屬診斷性評量，研究者針對學生之回答結果與正確科學概念作比較。

第三節 資料收集

『液體界面現象』開放式問卷於 98 年 3 月於桃園縣某所國立高級中學自然組三年級的學生正式施測，測驗時間為 45 分鐘，一共 40 人施測，研究者親自至受試者班級做正式施測，並在施測時從旁觀察，以便了解正式施測情形。並根據正式測驗結果中挑選 3 位學生施以半結構性晤談，晤談過程錄音並記錄以便分析學生的迷思概念。

第四節 資料分析

研究收集到的資料包括液體界面現象開放式問卷、訪談，而分析方法如下：

本研究用來探討液體界面現象迷思概念的方法有二，說明如下：

一、量的分析

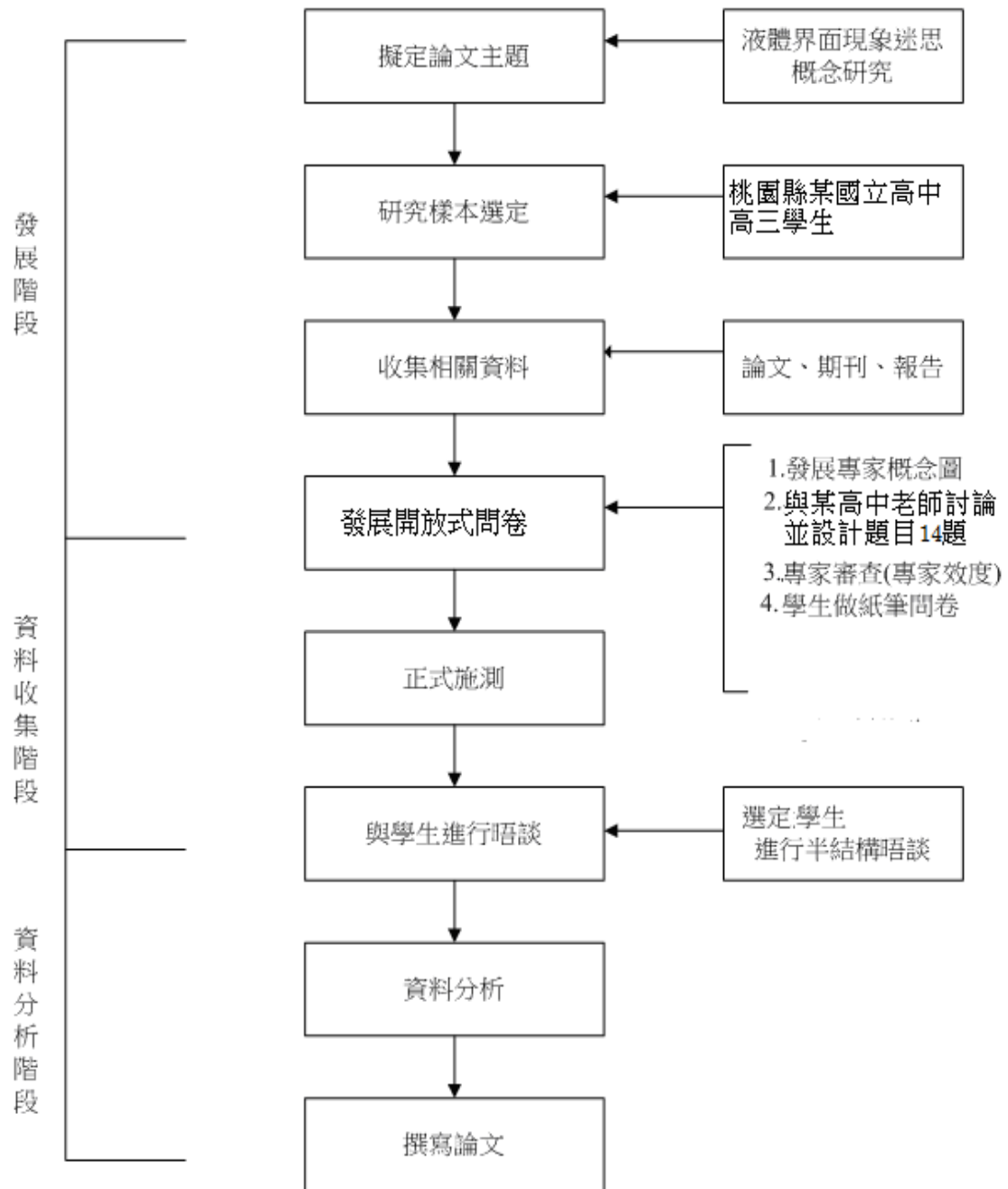
研究者逐題分析學生的回答，一邊為編碼一邊進行次數統計，找出學生答題的分配的數量與比例，以便知道學生有哪些迷思概念。

二、質的分析

根據正式問卷分析結果挑選 3 位迷思概念最多的學生進行半結構性晤談以便深入了解學生的想法。

第五節 研究流程

本研究主要的研究過程如下圖十四：



第肆章 結果與討論

本章共分二節，第一節學生各題的討論與分析、第二節則為液體界面現象迷思概念之整理。

第一節 各題迷思概念的討論與分析

本測驗形式為開放試問卷，要求學生寫出答案及述說理由。試題設計以液體界面現象學科知識為主，內容則是包含了表面張力、濡濕現象與不濡濕現象以及毛細作用三大主題。

第一題：

如果把水黽(水蜘蛛)放在水上，請問水黽(水蜘蛛)會發生什麼情形？

原因為何？

出題說明：

此題欲了解學生有關『表面張力』的理解程度。就可觀察到的現象而言，表面張力與浮力相似，兩者皆能使物體不沉入水中，但在物體不沉入水中的情形略有差異，物體若是受到浮力作用而不沉入水中，則必定會有一部份在水中的體積，因為浮力作用是在水中體積的上下壓力差造成物體受到合力向上的作用；另一方面，物體若是受到表面張力作用而不沉入水中，則沒有在水中的體積，因為表面張力像是彈性皮膜一般支撐住物體使物體不沉入水中，因此受到表面張力作用的物體則沒有在水中的體積。

表三：水黽放在水上的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 因為受到表面張力作用所以不會沉入水中，並有一部份體積在水中。	12	30
2. 因為受到表面張力作用所以不會沉入水中，但沒有在水中的體積，。	10	25
3. 因為受到浮力作用所以不會沉入水中，並有一部份體積在水中。	8	20
4. 因為受到浮力作用所以不會沉入水中，但沒有在水中的體積。	7	18
5. 不會沉入水中，因為水蜘蛛太小又太輕所以會浮在水上。	1	2
6. 會沉入水中，因為水蜘蛛的密度大於水所以會沉入水中。	1	2
7. 未答	1	2
合計：	40	100

作答分析，由表二可以得知：

- （一）作答情形為 2 的人數有 10 人（25%），學生看到正確的現象（水黽沒有在水面下的體積）以及使用正確的方法解釋（受到表面張力作用）。
- （二）作答情形為 1 的學生有 12 人（30%），的學生看到不正確的現象（有一部份體積在水中）但卻以正確的方法（受到表面張力作用）解釋，認為水蜘蛛是受到表面張力的影響，但有一部份在水中的體積。由此可得知學生對於表面張力的概念不夠了解，因為物體若是受到表面張力作用則不會有在水中的體積，表面張力彷彿皮膜一般撐住使物體不會沉入水中，顯示此部分的學生在表面張力上具有迷思概念。
- （三）作答情形為 3 的學生有 8 人（20%），學生沒有看到應該有的現象（有一部份體積在水中），也以錯誤的方法解釋（受到浮力作用），可以得知學生完全沒有『表面張力』的概念，認為物體不沉入水中皆是受到『浮力』作用，但在浮力的概念上是正確的，也就是受到浮力的物體會在水中的體積。

(四) 作答情形為 4 的學生有 7 人 (18%)，學生認為水蜘蛛是受到浮力的作用因此不沉入水中，並認為水蜘蛛沒有在水中的體積，由此可以得知學生沒有看到正確的現象 (水蜘蛛不沉入水中) 並且對於浮力的概念不甚了解，『浮力』一定要有液面下的體積，因為『浮力』是因為液面下的體積上下不同的壓力差而導致物體所受合力向上，顯示此部分的學生在『浮力』的概念上有迷思概念。

(五) 作答情形為 3 和 4 的學生有 15 人 (38%)，學生認為物體不沉入水中完全是因為浮力作用，顯示此部分的學生在作答時並沒有考慮到存在於液體表面的表面張力效應，缺乏表面張力的概念。

(六) 此題指出大部分的學生對於『表面張力』與『浮力』正確的現象以及原理不甚清楚。

訪談資料：

此題甲生、乙生以及丙生皆有迷思概念，甲生及乙生為認為物體不沉入水中是因為浮力作用，丙生則認為物體不沉入水中會考慮到浮力作用與表面張力作用。

(一) 物體不沉入水中只受到浮力作用

訪談結果 (甲生)：

T：你覺得一個物體不會沉入水中可能是因為什麼原因？

S：嗯…浮力作用吧。

T：那你覺得還有沒有可能有其它的作用力使一個物體不沉入水中？

S：嗯....應該只有浮力吧。

T：那如果一個物體不沉入水中的話，這個物體會有在水面下的體積嗎？還是沒有在水面下的體積？

S：我覺得都有可能吧... 重一點的物體浮在水上時應該會有一部份的體積在水中.... 輕一點物體浮在水上時應該就沒有在水中的體積吧。

訪談結果（乙生）：

T：一個物體如果不會沉入水中可能是什麼原因？

S：浮力啊。

T：那還有其它可能的因素導致物體不沉入水中嗎？

S：沒有吧。

T：一個物體如果不沉入水中，物體會不會有水面下的體積？還是沒有水面下的體積？

S：我覺得不一定... 重的東西應該有體積在水中.... 輕的東西應該就沒有吧。

由以上訪談可以得知甲、乙兩位學生認為物體不沉入水中主要是因為浮力作用，而沒有考慮到表面張力作用，而在浮力的概念部分學生甚至存有『在物體不沉入水中的情況下，重一點的物體在水面下會有一部份的體積、輕一點的物體則是沒有在水面下的體積』的迷思概念，由此可見，學生在『浮力』概念上也存有迷思概念。

（二）同時考慮到表面張力與浮力，但對表面張力使用時機不清楚

訪談結果（丙生）：

T：請問一個物體不沉入水中是因為什麼原因？

S：嗯... 我想想..... 浮力或是表面張力吧。

T：那請問『浮力』跟『表面張力』之間不一樣的地方在哪？

S：嗯..... 我不太會分辨耶。

T：那請問一個物體若站立在水上（沒有在水中的部分）是因為『浮力』還是『表面張力』作用？

S：浮力吧。

T：那請問一個物體若如果有在水中的部分是因為『浮力』還是『表面張力』作用？

S：應該也是浮力吧。

T：那『表面張力』怎麼都沒有作用呢？

S：感覺物體不沉入水中主要是因為『浮力』。

T：那『表面張力』呢？

S：我知道有這個東西，但不清楚什麼時候會有。

T：所以你對於表面張力使用的時機不清楚？

S：對啊。

由以上訪談可以得知，學生無法清楚的分辨『表面張力』與『浮力』兩個概念之間的差異，也認為無論不沉入水中的物體是『有一部份體積在水裡』或是『完全沒有在水裡的部分』主要都是由於『浮力』造成的，由此也可以看出學生其實對於『浮力』仍然具有許多迷思概念，並從晤談中發現學生雖聽過『表面張力』這個名詞，但卻對於其原理與使用時機卻不甚了解。

總而言之，『表面張力』與『浮力』這兩個概念是非常相近的，若學生無法了解這兩個概念定義上的差別，那麼就會造成迷思概念，導致學生有『物體放在水面上不沉入水中都是因為浮力的關係』的迷思概念或者是將『浮力』與『表面張力』兩個概念混淆使用造成其它迷思概念。

第二題

水龍頭的水滴，通常是什麼形狀掉下來的？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生有關水滴會凝聚成球形的原因為何，也可了解學生對於『形狀』與『能量』之間概念連結的正確性。水龍頭口的水滴，通常是以球形的形狀掉下來，主要的原因是由於水滴受到表面張力的作用，使得液體收縮成球形，因為在體積固定的情況下，球形相較於其它形狀來說，球形的表面積最小，在表面積最小的情況下與空氣接觸的面積也是最小，與空氣的接觸面積越小則受到空氣分子的吸引力就會比較少，因此液體內部的作用力就會比較大，而在作用力大的情況下位能最低，物體在某一位置上其位能越低那麼穩定度越大，因此系統較為穩定。

表四：水滴落下形狀的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 水滴會成圓形，因為受到表面張力的作用，圓形表面積較小，在表面積最小的情況下（位能也是最小），系統比較穩定。	11	28
2. 水滴會成圓形，因為受到表面張力的作用，圓形相較於水膜比較集中聚集，因此能量比較大，系統要處於能量大的狀態比較可以應付環境變化。	16	40
3. 水滴受到空氣浮力向上的作用以及本身的重力相互影響下，而使得水滴成圓形。	6	15
4. 水滴會灘成一小片水膜，因為受到表面張力的作用，水膜表面積較大，相較於圓形比較不集中，能量比較小，系統比較穩定。	3	8
5. 水滴會灘成一小片水膜，因為受到表面張力的作用，水膜表面積較大，在表面積最大的情況下（能量比較大），系統比較穩定。	3	8
6. 未答	1	2
合計：	40	100

作答分析：

- (一) 作答情形為 1 的學生有 11 人 (28%)，學生正確的回答出水滴成球形是因為表面張力的關係，且球形的表面積較小，位能也最小，系統最穩定。
- (二) 作答情形為 2 的學生有 16 人 (40%)，學生會以『形狀』是否集中來判斷『能量大小』，形狀越集中則認為能量越大，並認為物體平時能量處於『高能量』的情況，造成迷思概念影響學習，可以發現學生在於『形狀』與『能量大小』的概念連結上有缺失，單純的以為形狀越集中則能量越大，而不以與空氣接觸面越小則內部作用力越大，位能越低較穩定的觀點來解釋。顯示此部分的學生在概念連結上產生缺失，並在『能量』的觀點上具有迷思概念。
- (三) 作答情形為 3 的學生有 6 人 (15%)，學生認為水滴因為受到空氣浮力以及重力作用而成球形。由此選目可以得知學生在分析水滴成球形的原因時只考慮到水滴所受的外力作用，並沒有考慮到水的『表面張力作用』，顯示此部分的學生沒有『表面張力作用』的概念。
- (四) 作答情形為 4 的學生有 3 人 (8%)，學生認為水滴會灘成水膜附著，水膜相較於球形面積較大因此較不集中，能量比較小，平時處於低位能的情況。同樣地，學生在於『形狀』與『能量』的概念連結上有缺失造成迷思概念。
- (五) 作答情形為 5 的學生有 3 人 (8%)，學生認為水滴會灘成水膜附著，水膜相較於球形面積較大較集中，能量較強，認為平時處於高位能的情況，學生在於『形狀』與『能量』的概念連結上有缺失並在『穩定度』的概念上有缺失，並擁有物體平時處於高能量狀態的迷思概念。

訪談資料：

此題甲生、乙生以及丙生三位學生均具有迷思概念，甲生在能量的概念上不甚了

解，乙生與丙生則單從水滴外在受力來判斷水滴成球形。

(一) 能量概念上產生缺失，認為物體平時能量處於大的情況

訪談結果(甲生)：

T：請問為什麼你覺得水滴會成球形？

S：因為這樣形狀比較集中啊。

T：為什麼形狀要集中啊？

S：形狀集中的能量比較強，感覺可以保存起來。

T：保存？要保存什麼？

S：能量啊？

T：為什麼要保存能量？

S：才可以應付一些環境變化，像是水要改變形狀的時候，能量大比較好改變。

由以上訪談得知學生在作答的時候，單單從外觀來考慮，認為球形相較於水膜來說形狀比較集中，認為形狀較集中的物體能量比較大，系統能量大比較可以應付外界變化，由此可見學生在『形狀與能量』概念的連結上以及『系統穩定度』的概念上產有缺失，並未考慮到物體平時都處以一個位能較小，也就是保持較穩定的狀態。而此題所涵蓋一個很重要的概念『與空氣接觸表面積越小則位能越低』，此部分的概念在學校教科書中並未清楚介紹其原因，導致學生在學習時無法融會貫通造成迷思概念，教科書只提到『液體的表面積越小則位能越低系統越穩定』，而比較清楚論述表面積越小則位能越低的原因則是因為表面積越小時與空氣的接觸面越小，與空氣的接觸面積越小則受到空氣分子的作用力則越少，那麼液體內部粒子跟粒子之間的作用力相對來說就會比較大，液體內部作用力越大則位能才會越低，位能越低則整個系統處於一個較穩定的狀態，此觀點在教科書上並未論述造成學生有迷思概念。

（二）單純從水滴外在受力來看

訪談結果（乙生）：

T：請問為什麼你覺得水滴會成球形？

S：受到空氣浮力跟本身的重力影響啊。

T：所以你是從水滴外在的受力情況來判斷？

S：是啊。

訪談結果（丙生）：

T：為什麼會水滴會成球形？

S：我分析水滴在空氣中的受力情形阿

T：那請問水滴受到什麼作用力？

S：在空氣中應該是受到空氣浮力跟重力吧。

T：那還有沒有別的作用力呢？

S：沒有吧。

由以上訪談可知學生在分析水滴成球形時並未將『水的表面張力效應』納入考慮，而只是單純的從水滴所受到的外在力量（如重力、空氣浮力）來答題，因此產生迷思概念。

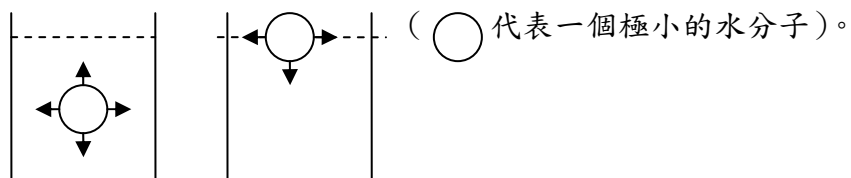
第三題

內聚力的方向為何？內聚力的力量大小與深度之間的關係為何？原因為何？

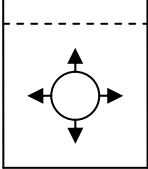
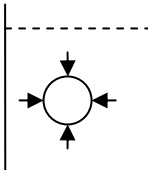
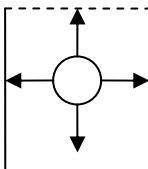
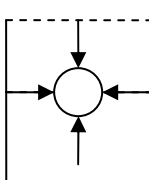
出題說明：

此題欲探討學生有關內聚力的方向、大小與深度之間的關係。內聚力的大小

與深度無關，因為內聚力為周圍液體分子對同類細小質點的吸引力，因此液面下水質點不管在液體中那個位置均受到四面八方水質點的吸引力，因此受力大小相等，與深度無關，而液體中水質點所受的內聚力方向向外，無論在液體那個位置上力量大小皆相等如下圖



表五：內聚力方向、力向大小與深度關係的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（％）
1. 內聚力與深度無關， 方向向外。 	7	18
2. 內聚力與深度無關， 方向向內。 	10	25
3. 內聚力越深力量越大， 方向向外。 	10	25
4. 內聚力越深力量越大， 方向向內。 	12	30
未答。	1	2
合計：	40	100

作答分析：

- (一) 作答情形為 1 的學生有 7 人 (18%)，學生正確的回答出內聚力為一個質點受到四周同類質點的吸引力，方向向外，作用力大小與深度無關。
- (二) 作答情形為 2 的學生有 10 人 (25%)，學生正確的回答了內聚力大小與深度無關，但在內聚力的方向產生迷思概念，認為內聚力方向向內。
- (三) 作答情形為 4 的學生有 12 人 (30%)，學生在內聚力方向以及大小與深度之間的關係有迷思概念，認為內聚力向內，越深則內聚力越大。由此選目可以得知學生在內聚力大小與深度的概念連結上有缺失，並在內聚力方向上也存有迷思概念，認為作用力方向向內。
- (四) 作答情形為 3 和 4 的學生有 22 人 (55%)，學生認為內聚力的大小與深度有關，認為內聚力離液面越遠則力量越大，顯示此部分學生在內聚力大小與深度之間的概念上有迷思概念。。
- (五) 作答情形為 2 加 4 的學生有 22 人 (55%)，學生在內聚力的方向上產生迷思概念，認為內聚力的作用力方向向內。

訪談資料：

此題甲生、乙生以及丙生均有迷思概念。甲生及丙生認為內聚力方向向內並且內聚力大小與深度無關，乙生認為內聚力方向向內並且內聚力大小越深越大。

(一) 內聚力向內，與深度無關

訪談結果 (甲生)：

T：請問為什麼你認為內聚力大小向內？

S：因為『內聚』啊，內聚這兩個字就感覺方向向內。

T：那為什麼你覺得內聚力大小與深度無關？

S：內聚力是分子相吸的力，任何深度粒子旁邊都有分子相吸，與深度無關吧。

訪談結果（丙生）：

T：為什麼你認為內聚力向內？

S：內聚力不就是向內聚集嗎，方向當然向內。

T：為什麼內聚力大小與深度沒有關係？

S：內聚力是粒子受到旁邊分子的吸引力，我想應該與深度無關。

由以上訪談可以得知，學生迷思概念的來源是因為字面上的意思讓學生產生誤解，學生都知道內聚力是質點本身受到旁邊分子的吸引力，但受到中文字詞的影響，讓學生直覺的認為『內聚力』就是代表質點受到向內的作用力。

內聚力的定義為分子受到同類分子相吸之力，液體分子的質點，在水中受到來自四面八方同類液體分子的吸引力，因此質點所受的力是向外，也就是受到旁邊水分子的吸引。但學生即使知道這點但卻往往會使用字面上的意思『內聚』，認為『內聚力』就是受力向內，產生迷思概念。

（二）內聚力方向向內，越深越大

訪談結果（乙生）：

T：請問你為什麼覺得內聚力方向向內？

S：嗯…因為『內聚』兩個字。

T：那再請問你為什麼覺得內聚力的大小越在液體下方力量越大啊？

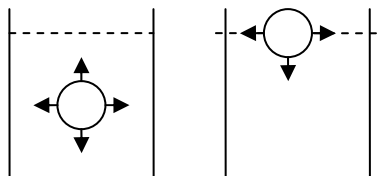
S：嗯…應該像水中的壓力一樣，越深力量就越大，內聚力應該也差不多吧。

T：所以你認為兩者都是水中的作用力，因此內聚力像水壓力一樣越深越大嘍？

S：對啊。

由以上訪談可以得知學生往往會將相似的科學概念套用至其它的科學概念上，認為既然都在水裡中那麼『內聚力』應該就好比『水壓力』一般，因此認為內聚力大小如同水壓一般越深則力量越大。

內聚力的定義為質點受到同類分子的吸引力，因此無論在液體表面上方或是下方，所受到的內聚力大小相同，並不會因為深度越深，力量越大（如下圖）；



受力向外並且大小相等。

另一方面，水壓則是因為一個物體越在水面下方，物體所受到的壓力就會越大，學生往往將別的科學概念應用到其它的科學概念上，可以得知學生將『內聚力大小與深度的關係』連結到『水壓深度與大小的關係』，因此造成迷思概念。

水壓的定義則是離液面越遠，則液體所受到的壓力越大， $P = \rho gh$ ， ρ 為液體密度、 g 為重力場強度、 h 為離液面的距離。由公式也可看出 P 正比於 h ，因此，距離液面越遠，水壓越大。學生因為將水壓觀念套用至內聚力觀念，因此造成學生產生迷思概念。

第四題

若在一杯純液體內加入少許雜質，會不會影響表面張力？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生有關液體純度與表面張力之間的概念理解程度為何。液體純度越純，代表液體裡面雜質較少，則表面張力越大，因為水中雜質越多或溶液中溶質越多，則造成液體內部附著力增強，因為附著力是異類分子之間相吸的力，而附著力變大則會影響水分子與水分子之間的作用力，因此降低表面張力。

表六：雜質是否影響表面張力的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 較純的液體因為不含雜質，因此液體分子之間的內聚力較強，表面張力較大。	11	28
2. 液體中的雜質並不會破壞表面張力，因為雜質與內聚力無關，內聚力是同類分子之間相吸之力，雜質與液體不是同類分子，因此不會破壞表面張力。	12	30
3. 液體中的雜質可以增加表面張力，因為雜質讓水的內部總粒子數增加，粒子數增加則能增強內聚力，表面張力變強。	7	17
4. 若在原液體加入不同的液體則能增加內聚力，表面張力增大；如果加入的是不同的固體雜質，則不會影響表面張力。	10	25
合計：	40	100

作答分析：

（一）作答情形為 1 的學生有 11 人（28%），學生正確回答出不含雜質的液體內聚力較強，表面張力較大。

（二）作答情形為 2 的學生有 12 人（30%），學生認為雜質與液體不是同類分子，內聚力是同類分子相吸之力，所以不會破壞表面張力。由此選目可以知道學生在分析影響表面張力的因素時，只考慮到內聚力並認為表面張力是由內聚力造成，也就是同類分子之間的作用力，忽略附著力的效應。但其實附著力會對表面張力造成影響，附著力為異類分子相吸引的力量，若在水中加入雜質，附著力增大，那麼會影響內聚力，使得表面張力相對變小。顯示此部分的學生僅僅以內聚力的觀點來解釋表面張力而忽略附著力的效應產生迷思概念。

（三）作答情形為 3 的學生有 7 人（17%），學生認為水中的雜質越多則水中總粒子數越多，越多粒子則內聚力越強。由此選目可以得知學生並不清楚內聚力的定義，內聚力為同類分子相吸引的力量，雜質會增加的只是附著力的大小，附著力為異類分子之間的吸引力，學生對於概念的不夠了解因此產

生迷思概念。

(四) 作答情形為 4 的學生有 10 人 (25%)，學生認為加入液體則能增加內聚力，表面張力增大；加入固體雜質，則不會影響表面張力。由此選目可以知道學生認為若加入的雜質為液體，則液體總體積變多，表面張力增加，學生使用了『液體的量越多，表面張力越大』的迷思概念來解題；若加入的是固體的雜質，則液體總體積不變，表面張力不受影響，學生忽略雜質會增加附著力因此影響表面張力的概念而產生迷思概念。

訪談資料：

此題僅甲生及丙生具迷思概念。甲生認為雜質與表面張力無關，丙生則認為雜質越多表面張力，表面張力越大。

(一) 雜質不會破壞表面張力

訪談結果：(甲生)

T：請問為什麼你覺得雜質不會破壞表面張力？

S：我記得表面張力是內聚力與附著力交互作用的結果…雜質跟原本液體無關，

那應該跟內聚力無關吧，所以我認為應該不會破壞表面張力的大小才對。

T：那雜質與附著力有關係嗎？

S：我記得附著力是異類分子相吸的力量…附著力可能會增加吧。

由以上訪談可以得知學生只認為表面張力與內聚力比較有關係，就算是附著力增強，也沒考慮到附著力的增加會影響表面張力。

(二) 液體雜質增加表面張力

訪談結果：(丙生)

T：請問為什麼你覺得若在一種液體中加入不同的液體，表面張力會增加？

S：嗯…我覺得因為液體的量變多啊，表面張力應該會增加吧。

T：那請問如果在原液體當中加入相同的液體呢，表面張力會增加嗎？

S：我覺得應該也會，因為液體的量變多了啊。

T：所以你覺得液體的量越多？表面張力就越大嘍？

S：對啊，因為液體才有表面張力啊。

T：所以你認為固體沒有表面張力？

S：我想應該沒有吧。

由以上部分訪談可以得知，學生會以『液體量的多寡』來判定『表面張力的大小』，認為液體越多則表面張力越大。而不從『同類』或是『異類』的液體觀點來看『內聚力』與『附著力』之間如何交互作用，甚至認為只有液體才具有表面張力。此題有提到『水中雜質越多或溶液中溶質越多，越會降低水分子與水分子之間的作用力』的概念，其中學校教科書並未清楚論述其原因為何，而事實上是因為液體的純度越不純則代表液體中含有雜質，那麼雜質會造成液體附著力增加，附著力為異類分子之間的吸引力，因此影響水分子之間的吸引力，使得表面張力下降，課本並未清楚闡述此部分學科知識內容造成學生有迷思概念。

第五題

請問酒精和純水，哪一個比較可以在杯口鼓起較高的液面？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生有關沸點高低與表面張力大小之間的關係。不同的液體本身所擁有的特性各不相同，而粒子所擁有的動能比較小的液體沸點較高，也因為粒子的動能比較所以此粒子比較不會移動，粒子之間的空隙較小，作用力較大，表面張力較大。

表七：酒精和純水何者液面較高的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 酒精可鼓起的液面較高，酒精表面粒子所擁有的能量比較大，比較容易蒸發，所以沸點低，因此表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	13	32
2. 酒精可鼓起的液面較高，酒精能消毒，含有特殊的分子，表面張力較大，所以能鼓起的液面較高。	3	8
3. 純水可鼓起的液面較高，純水表面粒子所擁有的能量較大，比較不容易蒸發，所以沸點高，因此表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	14	35
4. 純水可鼓起的液面較高，純水表面粒子所擁有的能量較小，比較不容易蒸發，所以沸點高，因此表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	10	25
合計：	40	100

作答分析：

（一）作答情形為 4 的學生有 10 人（25%），學生正確的從粒子擁有的能量大小判斷液體沸點的高低以及表面張力大小。

（二）作答情形為 1 的學生有 13 人（32%），學生認為酒精表面粒子擁有的能量較大，所以沸點低，因此表面張力較大。由此可以得知學生在於『能量大小』與『表面張力大小』之間的概念連結有缺失，學生認為表面粒子擁有的能量越大，則表面張力較大。

（三）作答情形為 2 的學生有 3 人（8%），學生認為酒精是特殊分子因此表面張力較大。可以得知學生並不以『能量』觀點來判斷表面張力大小，而以『是否為特殊液體』來判斷『表面張力』大小，認為特殊液體的表面張力較大，鼓起的液面較高，產生迷思概念影響學習。

（四）作答情形為 3 的學生有 14 人（35%），學生認為純水因為表面粒子所擁有的能量大，所以沸點高，因此表面張力較大。由此選目可以得知學生在

於『粒子所擁有的動能』與『沸點大小』之間的概念連結有缺失以及在『沸點大小』與『粒子能量大小』之間的概念連結有缺失，學生擁有動能大沸點就高，甚至沸點越高的液體表面張力較大的迷思概念。

(五) 作答情形為 3 加 4 的學生有 24 人 (60%)，學生皆能正確判斷純水的表面張力較大，鼓起的液面較高。但只有 25% 的學生知道其原因，也就是純水本身粒子所擁有的能量小，所以沸點比較高，而粒子能量小則比較不會移動，粒子間的空隙較小，因此表面張力較大，鼓起的液面較高。

訪談資料：

此題僅甲生及丙生具迷思概念。甲生認為能量強則表面張力大，丙生則是以直覺想法來判斷。

(一) 能量強，表面張力大

訪談結果：(甲生)

T：請問為什麼酒精沸點低，粒子擁有的能量比較大？

S：因為比較容易蒸發。

T：比較容易蒸發為什麼能量就比較大？

S：因為能量大比較容易脫離液面啊。

T：那粒子能量比較大的話，表面張力就比較大嗎？

S：對啊，能量強，表面張力應該就比較大。

T：為什麼你認為能量強，表面張力就比較大？

S：能量強才可以有力量撐住水面上的東西啊。

由以上訪談可以得知，學生認為酒精相較於純水來說沸點較低，沸點比較低是因為粒子所擁有的能量比較強，而沸點較低的液體則是因為能量較強的關係所以表面張力比較大。此部分顯示學生在於『表面粒子能量大小』與『表面張力大

小』之間的關係有缺失。學生會以能量強的粒子，比較能夠撐住水面上物體的觀點來答題產生迷思概念。

（二）直覺想法

訪談結果：（丙生）

T：為什麼你覺得沸點高，粒子擁有的能量就比較大？

S：直覺吧，通常一個因素便高，另一個因素也會便高。

T：所以你覺得粒子有的能量越高，也覺得表面張力會變大嘍？

S：是的。

由以上訪談可以得知，學生在『沸點高低』與『粒子能量大小』關係的概念上出現缺失，也對於『粒子能量大小』與『表面張力大小』之間的概念關係出現缺失，學生往往會有一個變數越大，則另一個變數也越大的直覺想法，而並不會從定義下去探討。此部分提到『越易蒸發的液體，分子作用力比較小，故表面張力較小』的概念，而這個部分課本教材並未清楚陳述其中的因果關係，教材上只是直接指出『越容易蒸發的液體，分子作用力較小，所以表面張力較小』。事實上比較清楚的論述方法應該是越易蒸發的液體是由於液體本身粒子所擁有的能量比較大，也因為粒子所擁有的動能較大因此粒子比較能夠移動，粒子比較容易移動就會導致分子之間的空隙變大，作用力變小，所以表面張力較小，課本並未澄清此概念因此導致學生產生迷思概念。

第六題

請問 90°C 的純水和 10°C 的水，哪一個比較可以在杯口鼓起較高的液面？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生有關溫度高低與表面張力大小概念連結的理解程度，當液體溫度越高，粒子所擁有的動能較大，因此粒子能夠自由移動，造成粒子與粒子之間的空隙變得比較大，粒子間的作用力較小，表面張力變弱，所以溫度越高，則液體的表面張力越小。

表八：高溫水與低溫水何者表面張力較大的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 90°C 的純水由於溫度較高，表面粒子擁有能量較 <u>大</u> ，粒子的動能比較大，表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	13	32
2. 90°C 的純水由於溫度較高，表面粒子擁有能量較 <u>小</u> ，粒子的動能比較小，表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	7	18
3. 10°C 的純水由於溫度較低，表面粒子擁有能量較 <u>小</u> ，粒子的動能比較小，粒子表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	7	18
4. 10°C 的純水由於溫度較低，表面粒子擁有能量較 <u>大</u> ，粒子的動能比較小，表面張力較大，所以鼓起的液面較高。	13	32
合計：	40	100

作答分析：

- （一）作答情形為 3 的學生有 7 人（18%），學生正確的從粒子擁有的能量大小判斷液體表面張力大小。
- （二）作答情形為 1 的學生有 13 人（32%），學生認為溫度較高的水，表面粒子所擁有的能量較大，表面張力較大。此部分顯示學生在『溫度大小』與『表

面張力大小』的概念連結上有缺失，粒子擁有的動能越大，那麼粒子就比較容易自由移動，造成粒子間的空隙較大，作用力較小，表面張力較大。

- (三) 作答情形為 2 的學生有 7 人 (18%)，學生認為高溫液體粒子擁有的能量較小以及作答情形為 4 的學生有 13 人 (32%)，學生認為低溫液體擁有的能量較大，由此兩個選目可以得知學生在於『溫度高低』與『粒子能量大小』的概念上有缺失，認為溫度越高粒子的動能越大。
- (四) 作答情形為 3 加 4 的學生共 20 人 (50%)，學生能夠了解低溫液體表面張力較大，但只有 18% 的學生了解低溫液體表面張力較大的原因。

訪談資料：

此題僅甲生及乙生具迷思概念。甲生及乙生認為溫度越高表面張力越大。

(一) 溫度高，表面張力大

訪談結果：(甲生)

T：請問你為什麼覺得粒子擁有的能量大，那麼表面張力也會比較大？

S：嗯…因為我覺得粒子能量較大的話，比較可以撐起一個彈性皮膜啊，就很像是合力向上的感覺。

T：所以你感覺高溫液體內部的力量比較大，比較可以有較大的表面張力？

S：我想應該是吧。

訪談結果：(乙生)

T：為什麼覺得粒子的動能大，表面張力也比較大？

S：動能大比較會移動，就可以移到表面去支撐液面上的物體吧。

T：所以高溫液體粒子比較會移動，可以移到表面去支撐物體？

S：我想應該是吧。

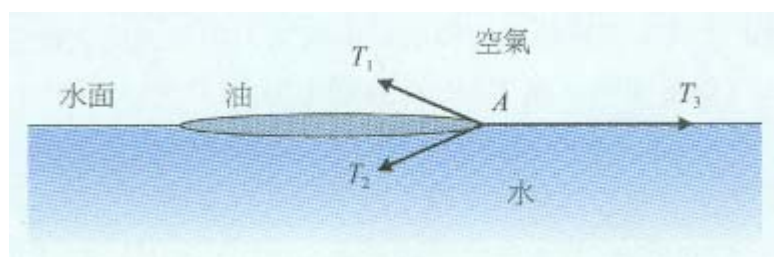
由以上訪談可以得知，學生認為高溫液體由於粒子所擁有的動能比較大，因此認為整個液體的力量比較大，比較能夠支撐住液面上方的物體，表面張力較大。而事實上當液體溫度越高，粒子所擁有的動能較大，因此粒子能夠移動，造成粒子間的空隙變得比較大，因此作用力較小，表面張力變弱，所以溫度越高，則液體的表面張力越小，在杯口能鼓起的液面較小，此部分概念課本教科書也未論述清楚，教科書僅僅提到：『溫度增加則液體分子運動加快，分子間的作用力減少使表面張力變小』，由於課文的論述不清導致學生在於『粒子能量大小』與『表面張力大小』之間的概念上出現缺失產生迷思概念。

第七題

請問若滴一滴油滴在水的表面上，有幾個交界面具有表面張力？

出題說明：

此題欲探討學生何種交界面具有表面張力存在的概念。其實在任兩個不同性質的交界面上皆有表面張力的存在，主要原因是性質不同的交界面上內聚力與附著力的交互作用產生表面張力，因此在油滴與水、水跟空氣、油滴跟空氣的交界面都具有表面張力存在如下圖。 T_1 為油與空氣的表面張力， T_2 為油與水的表面張力， T_3 為水與空氣的表面張力。



水、油和空氣之間的表面張力

表九：水滴若滴在油上何種界面具表面張力的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 油滴跟水的交界面存有表面張力。	3	8
2. 油滴跟空氣的交界面存有表面張力。	3	8
3. 水跟空氣的交界面存有表面張力。	2	5
4. 油滴跟水、水跟空氣的交界面都存有表面張力。	5	12
5. 水跟空氣、油滴跟空氣的交界面都存有表面張力。	3	8
6. 油滴跟空氣、油滴跟水的交界面都存有表面張力。	6	14
7. 油滴跟水、水跟空氣、油滴跟空氣的交界面都存有表面張力。	18	45
合計：	40	100

作答分析：

（一）作答情形為 7 的學生有 18 人（45%），學生正確的回答出任兩種不同性質的交界面均有表面張力的存在。

（二）作答情形為 1 的學生有 3 人（8%），學生認為只有在油滴跟水的交界面具有表面張力存在；作答情形為 2 的學生有 3 人（8%），學生認為只有在油滴跟空氣的交界面存有表面張力，而並未考慮到任兩個不相同的交界面皆有表面張力存在，此部分學生認為油滴在水面上會凝聚成球珠造成學生擁有只有在油滴跟水的交界面具有表面張力存在的迷思概念。

（三）作答情形為 6 的學生有 6 人（14%），學生認為在油滴與空氣、油滴跟水的交界面存有表面張力此部分學生認為水與空氣之間不具有表面張力，代表學生對於表面張力的成因不夠了解，也未能從內聚力與附著力的觀點解釋表面張力造成迷思概念，其實在任兩種不同液體與界面交界出皆有表面張力的存在（如下表十）。

表十：不同介質表面張力大小的比較表（龍騰版物質科學物理篇下，p91）

液體-- 界面物質	表面張力 (N/m)
橄欖油-- 水	18.2×10^{-3}
甘油 -- 空氣	63×10^{-3}
水 -- 空氣	72.8×10^{-3}
水銀 -- 水	0.375

訪談資料：

此題僅甲生及乙生具迷思概念。甲生認為特殊液體才具表面張力；乙生認為水面上要有物體才有表面張力。

（一）特殊液體才具表面張力

訪談結果：（甲生）

T：為什麼你認為油滴與空氣，油滴跟水的交界面存有表面張力？

S：因為油滴是比較特殊的液體。

T：為什麼油滴比較特殊？

S：印象中把油滴滴在水面，油滴會在水面變成一個小圓形，感覺就是有表面張力包住它。

T：那為什麼空氣跟水之間沒有表面張力的存在？

S：我覺得如果把一個物體放在水面上才有表面張力吧，如果沒放物體就沒有表面張力，水跟空氣之間沒有東西就沒有表面張力。

T：所以你覺得如果只是空氣跟水就沒有表面張力的存在？

S：嗯。

訪談結果：(乙生)

T：為什麼空氣跟水的接觸面沒有表面張力？

S：因為沒有東西在水面上阿。

T：所以要有物體在水上才有表面張力。？

S：對啊，這樣才感覺得出來有東西站在水上吧。

T：那為什麼油滴跟水之間有表面張力？

S：油滴不是會凝結成一顆球珠嗎…感覺有東西把它包起來。

T：所以油滴面上不用放東西就有表面張力？

S：嗯。

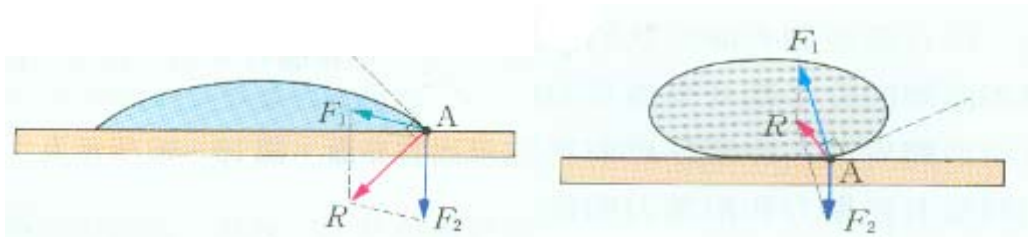
由以上訪談可以得知，學生認為要有物體讓在水面上，水面上才有表面張力的存在，若水面上沒有物體，則無表面張力的存在；甚至擁有特殊液體液面上不用放置物體，特殊液體的液面上就會存有表面張力的迷思概念。同樣顯示學生對於表面張力的成因不夠了解，學生若能從內聚力與附著力的角度去探討表面張力，則可以發現在任兩種不同介質的交界面都具有表面張力的存在。

第八題

若把水銀分別滴在玻璃以及鋅板表面後，水銀的形狀會一樣嗎？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生關於濡濕情形與不濡濕情形的概念理解程度情形，濡濕與不濡濕皆為分子力作用的表現，若附著力大於內聚力，液體分子被拉開並擴展如左下圖



，形成濡濕現象；若內聚力大於附著力，液體分子收縮凝聚，形成不濡濕現象如右上圖。而液體為濡濕或是不濡濕情形，則是液體與當時之介質來決定，因此是相對的。

答題分布：

表十一：水銀滴在鋅板跟玻璃後的現象作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 水銀對玻璃來說是不濡濕液體，內聚力大於附著力，形成球珠狀附著；水銀對鋅板來說是不濡濕液體，附著力大於內聚力，形成水膜。	11	28
2. 水銀對任何介質來說都是不濡濕，內聚力大於附著力，形成球珠狀。	13	32
3. 水銀對任何介質來說都是濡濕，附著力大於內聚力，形成水銀薄膜。	4	10
4. 水銀是一種密度很大的液體，含有特殊的分子，在任何界面上都形成球珠狀。	10	25
5. 水銀是一種密度很大的液體，含有特殊的分子，在任何界面上都形成水銀薄膜。	2	5
合計：	40	100

作答分析：

（一）作答情形為 1 的學生有 11 人（28%），學生能從水銀是否濡濕來判斷在不同介質上為球珠狀或是水銀膜附著。

（二）作答情形為 2 的學生有 13 人（32%），學生認為水銀在任何介質上都是形成球珠狀。由此可以得知學生並不考慮液體可能是濡濕情形或是不濡濕情形而直接認為都是形成球珠狀，此部分的學生考慮『濡濕』與『不濡濕』的概念因此產生迷思概念。

(三) 作答情形為 4 的學生有 10 人 (25%)，學生認為密度很大的液體，在任何界面上都形成水珠狀。此部分的學生甚至不考慮在界面上的液體是否為濡濕或是不濡濕現象，而直接以液體密度大小程度來判斷會形成水珠狀或是形成水膜附著產生迷思概念。

訪談資料：

此題甲生、乙生及丙生皆具有迷思概念。甲生沒看過水銀不濡濕情況，乙生及丙生以相對密度大小判斷濡濕情況或是不濡濕情況。

(一) 沒看過水銀為不濡濕的情況

訪談結果：(甲生)

T：請問為什麼你覺得水銀在任何界面下都是球珠狀？

S：因為印象中水銀很特殊所以都是成球珠狀的啊。

T：可以請你再說清楚一點嗎？

S：以前的課本都說水銀很特殊所以都是成球珠狀的。

T：所以你沒看過水銀灘成水銀膜附在界面上？

S：沒有耶…沒看過也沒聽說過。

由以上訪談可以得知，學生認為水銀為一種特殊的液體，無論在什麼介質上都是不濡濕，再加上以前課本所學的知識內容都是強調水銀會成球珠狀，因此學生認為水銀在任何界面上都是成球珠狀，所以教科書往往也是學生迷思概念的來源之一。由此可見，學生在判斷一個物質是否在界面上是濡濕或是不濡濕時，有時也會以這個液體是否是一種特殊的液體來決定，而不考慮到『內聚力』與『附著力』之間的關係。

(二) 以相對密度判斷是否濡濕

訪談結果：(乙生)

T：請問你為什麼會覺得水銀在任何界面上都是球珠狀？

S：因為水銀的密度很大啊。

T：所以你覺得密度大的液體，都是成球珠狀？

S：對啊，書上看到的水銀都是球珠狀，我記得水銀的密度是水的十幾倍吧。

T：所以你是以密度大小來判斷的？

S：嗯。

訪談結果：(丙生)

T：為什麼會覺得水銀在任何界面上都是球珠狀？

S：因為印象中水銀密度很大。

T：所以密度大的液體在界面上都是成球珠狀？

S：我記得以前的課本都說水銀是成球珠狀。

T：所以密度大的就是球珠狀，密度小的就是水膜？

S：應該沒錯。

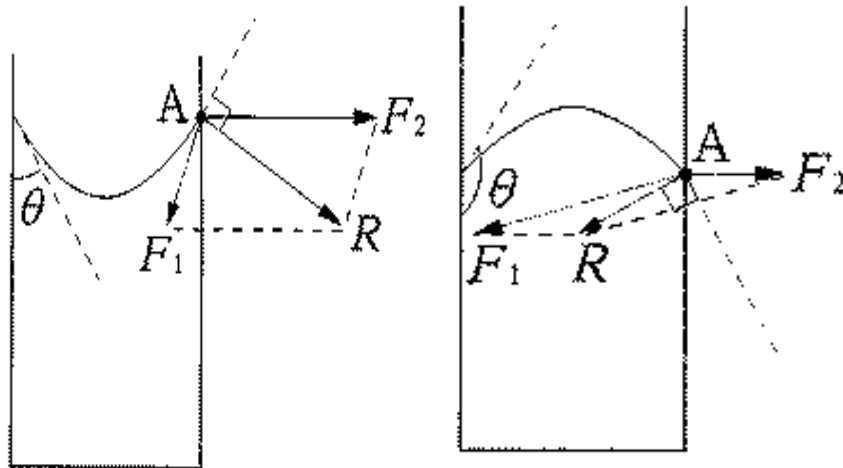
由以上訪談可以得知學生在判斷水銀在界面上是否為濡濕或是不濡濕情形時，往往是以密度大小來看，再加上先前教科書看到的水銀皆是球珠狀，因此造成迷思概念。

第九題

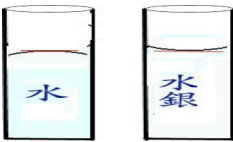
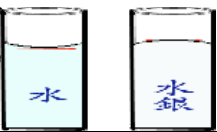
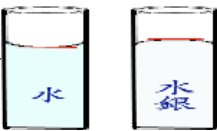
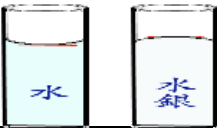
若將水以及水銀分別裝在不同的玻璃容器內，請問在水面及水銀液面與介質交界處會看到哪一個現象？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生有關濡濕液體與不濡濕液體在交界面上攀爬的情形與原因，考慮液體位在水面和管壁交界處 A 點的一個分子受力情況， F_2 為管壁分子吸引該水分子的附著力； F_1 為水體內部的分子吸引該水分子的內聚力，若為濡濕液體，則附著力 F_2 大於內聚力 F_1 ，兩力的合力 R 指向管壁外側，由於液體易流動，不能承受平行於表面的橫向力，故在 A 點的液面必須垂直於合力 R ，而平衡的水面就如下圖左所示。另一方面，若為不濡濕液體，則內聚力 F_1 大於附著力 F_2 ，造成合力 R 像液面內部，液面同樣地必須垂直於合力方向如下圖。



表十二：濡濕液體與不濡濕液體液面上升的作答情形

作答情形：	人數(人)	比例(%)
1. 水對玻璃是濡濕液體，附著力大於內聚力， 液面彎曲下降；水銀對玻璃為不濡濕液體， 內聚力大於附著力，液面彎曲上升。 	10	25
2. 水對玻璃為濡濕液體，附著力大於內聚力， 液面彎曲上升；水銀對玻璃為不濡濕液體， 內聚力大於附著力，液面彎曲下降。 	14	35
3. 水對玻璃來說密度比較小，液面彎曲上升； 水銀對玻璃來說密度比較大，液面彎曲下降 	9	23
4. 水是一種普通的液體，液面彎曲上升； 水銀是一種特殊的液體，含有特殊的分子， 液面彎曲下降。 	6	15
未答	1	2
合計：	40	100

作答分析：

(一) 作答情形為 2 的學生有 14 人 (25%)，學生正確的從內聚力與附著力的關係來判斷液面上升或下降的情形。

(二) 作答情形為 1 的學生有 10 人 (25%)，學生認為濡濕液體附著力大於內聚力，液面彎曲下降；不濡濕液體內聚力大於附著力，液面彎曲上升。事實上應該是濡濕液體附著力大於內聚力，液面延展上升；不濡濕液體內聚力大於附著力，液面收縮下降。由此選目可以得知，學生在『濡濕液體與不濡濕液體』與『液面上升或下降』的概念連結有缺失。

(三) 作答情形為 3 的學生有 9 人 (23%)，學生會以相對密度大小來決定液面

彎曲或下降，並認為液體相較於介質密度較小，液面彎曲上升；液體相較於介質密度較大，液面彎曲下降。由此部分可得知學生在判斷液面彎曲上升或是彎曲下降時會以液體相對於介質密度的大小來判斷，若液體的密度比介質的密度大，則液體彎曲下降；若液體的密度比介質的密度相對較小的話，液面彎曲上升，可以得知學生會以『相對密度的大小』來判斷液面上升下降而產生迷思概念。

(四) 作答情形為 4 的學生有 6 人 (15%)，學生認為普通液體的液面向上攀爬，特殊液體的液面下降。學生以『是否為特殊液體』來決定『攀升或下降』的現象，而為考慮到濡濕與不濡濕液體的情形。

(五) 作答情形為 2、3 加 4 的學生有 29 人 (73%)，學生能夠選出水與水銀液面攀升的情形，但只有作答情形 2 (35%) 的學生能夠回答此現象的原因。

訪談資料：

此題僅甲生具迷思概念。甲生為液體密度較大則液面上升，液體密度較小則液面下降。

(一) 以相對密度來決定液體上升還是下降

訪談結果 (甲生)

T：請問為什麼你覺得水銀下降，純水上升？

S：因為水銀密度很大啊？

T：所以你覺得密度大的液體都會液面都會下降？

S：比玻璃大應該就會下降，像水密度比玻璃小就會上升啊。

T：所以你是以相對密度大小來決定液面上升或下降的情形？

S：嗯。

由以上訪談可以得知學生存有會以『相對密度的大小』來判斷液面上升下降

而產生迷思概念。

濡濕現象為界面上的液體附著力大於內聚力，因此液體在界面上會灘成一片水膜附著。若有細管插入，則因為附著力大於內聚力，因此與細管接觸的液面受到較大的附著力拉扯，因此液面會彎曲上升。從學生的答案可知，學生認為附著力大於內聚力，液面會彎曲下降，因此學生在於『內聚力與附著力』與『液體上升下降』的概念有缺失導致此迷思概念。

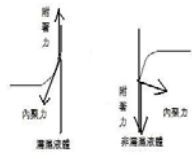
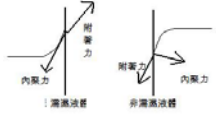
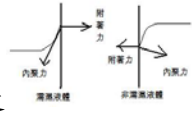
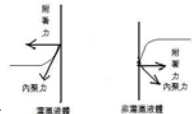
第十題

請問濡濕液體與非濡濕液體在管壁上之內聚力與附著力的方向為何？原因為何？

出題說明：

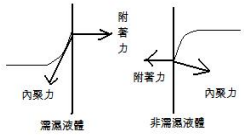
此題欲探討學生是否能正確判斷濡濕液體與非濡濕液體在交界面上內聚力與附著力的方向。附著力因為異類分子相吸之力所以方向是垂直交界面向外，而內聚力是同類分子相吸之力所以方向則是向液體內部，達到平衡時液面會垂直於內聚力與附著力的合力方向，否則液體會流動。

表十三：濡濕與不濡濕液體內聚力與附著力作答的作答情形

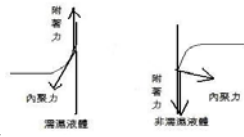
作答情形：	人數(人)	比例(%)
1. 內聚力方向朝向液體內部；附著力方向則是隨液面並平行交界面向上或向下爬升。 	8	20
2. 內聚力方向朝向液體內部；附著力方向則是沿著液面上升或下降的切線方向。 	13	33
3. 內聚力方向朝向液體內部；附著力的方向則是垂直交界面的方向 	10	25
4. 內聚力方向朝向液體內部；附著力的方向則是垂直交界面的方向 	9	22
合計：	40	100

作答分析：

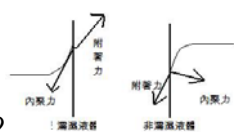
(一) 作答情形為 3 的學生有 10 人 (25%)，學生了解內聚力向內部，附著力垂直交界面。



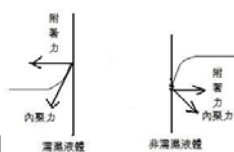
(二) 作答情形為 1 的學生有 8 人 (20%)，學生認為內聚力方向朝向液體內部，附著力方向則是隨液面並平行交界面向上或向下。學生



並未考慮到液面攀升的方向為合力的情形。



(三) 作答情形為 2 的學生有 13 人 (33%)，學生認為內聚力方向朝向液體內部，附著力方向則是沿著液面上升或下降的切線方向。學生認為附著力的方向即為液面攀升的切線方向。



(四) 作答情形為 4 的學生有 9 人 (22%)，學生認為內聚力方向朝向液體內部；附著力的方向則是垂直交界面的方向。

訪談資料：

此題乙生及丙生皆具迷思概念。丙生認為附著力平行管壁向上，乙生則是認為附著力方向沿液體延展的切線方向。

(一) 附著力平行管壁朝上

訪談結果：(丙生皆有此想法)

T：請問為什麼你覺得附著力是平行交界面朝上或朝下呢？

S：嗯……因為附著力拉扯液面攀升向上。

T：所以你覺得液面向上攀升，所以附著力的方向就是平行界面朝上？

S：我是這麼認為的。

由以上訪談可得知學生認為液面攀升主要是因為附著力大於內聚力，認為既然液面向上攀升，那麼附著力的方向平行界面朝上，因此造成迷思概念。

(二) 附著力沿切線方向

訪談結果：(乙生)

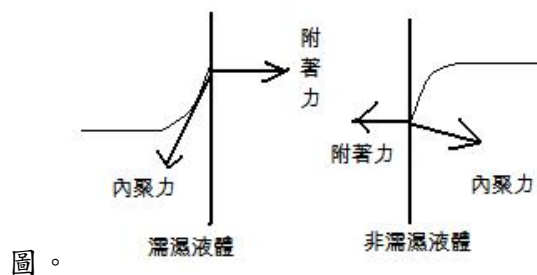
T：你什麼覺得附著力的方像是沿著液面上升或下降呢？

S：因為既然液面要上升或下降，就很像以前學過的速度方向一樣，是沿切線方向。

T：所以你是把速度方向的概念拿來用到附著力方向？

S：嗯…對啊，我覺得應該類似吧。

由以上訪談可以得知學生認為附著力方向就好比運動速度的方向一樣，是沿著切線方向的，因此認為附著力方向沿切線方向向上或向下造成迷思概念。而這個部分，若根據定義從根本去探討，則可以知道液面上升或是下降主要是因為內聚力與附著力互相抗衡所導致。因此若為濡濕現象則液面上升，附著力與內聚力的合力應與液面垂直，否則有平行於液面方向的分力，會使液體流動，反之不濡濕現象則液面下降，附著力與內聚力的合力同樣應與液面垂直如下

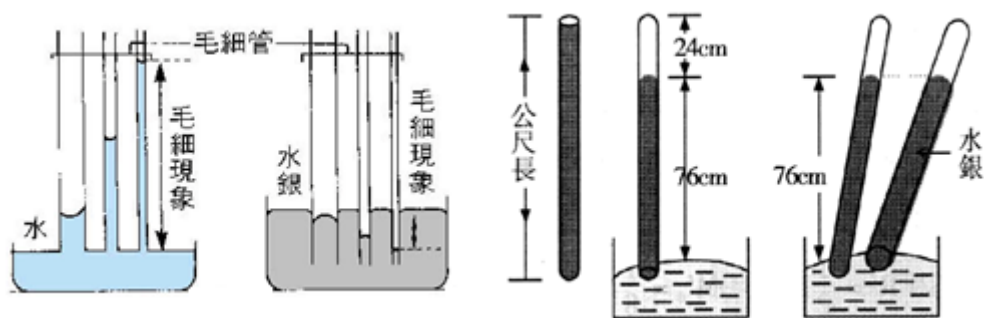


第十一題

將一細管徑且開口的玻璃管插入液體中，會發現管中的液體高度與管外的液體高度不同，這是什麼現象？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生是否能區分『大氣壓力現象』與『毛細作用現象』的差異以及探討學生對於毛細作用成因的理解程度，此題在觀察到的現象上相似，皆是使細管內的水位變化。若把一管徑很細的玻璃管插入水槽中，可見到管內上升的水柱高度超過槽中的水平面，稱為毛細現象。毛細現象則為內聚力與附著力交互作用影響，若為濡濕液體則因為附著力使液面擴大，而內聚力則使液體表面收縮，對於濡濕液體來說，附著力大於內聚力，於是管內液體上升，以減小液面，直到表面張力將液體向上的拉力與管內升高的液柱重量達平衡時，管內液體才停止上升；若為不濡濕液體則附著力小於內聚力，引起液面向液體內部彎曲，使液面彎曲成曲面，同樣增大了液面，而表面張力的收縮作用使液面減小，於是隨著管內水銀下降直到表面張力向下拉力作用與管內外液面差引起的壓力差達平衡停止，其中插管為開口；另一方面，托里切利實驗為一種『大氣壓力的現象』，當水銀插在水槽中，水銀會因為大氣壓力的關係而使得水銀面上升 76cm 水銀柱高，管子為封口，內為真空，『大氣壓力現象』與『毛細作用現象』兩者的示意圖如下：



表十四：開口細管插入水中液面上升下降現象的作答情形

作答情形：	人數(人)	比例(%)
1. 大氣壓力（托里切利真空）現象，大氣壓力與為了與液體重量達到平衡，因此液體上升。	5	12
2. 大氣壓力（托里切利真空）現象，大氣壓力為了與液體重量達到平衡，因此液體下降。	2	5
3. 大氣壓力（托里切利真空）現象，大氣壓力為了與液體重量達到平衡，因此液體可能會上升或下降。	8	20
4. 毛細作用現象，主要是受到表面張力作用，管中液體若為濡濕液體，水位上升；若為不濡濕液體，水位下降。	15	38
5. 毛細作用現象，主要是受到表面張力作用，無論管中液體為濡濕液體或是不濡濕液體，水位皆會上升。	7	18
6. 毛細作用現象，主要是受到表面張力作用，無論管中液體為濡濕液體或是不濡濕液體，水位皆會下降。	3	7
合計：	40	100

作答分析：

- （一）作答情形為 4 的學生有 15 人（38%），學生正確回答液體在細管中上升下降的現象為毛細作用現象，此部分的學生並能區分托里切利實驗與毛細作用的差別，並且會以濡濕或是不濡濕的概念解釋水位上升或下降的變化。
- （二）作答情形為 3 的學生有 8 人（20%），學生認為是大氣壓力現象，此部分的學生沒有毛細作用的概念，因此認為水位上升下降的現象就是大氣壓力現象。
- （三）作答情形為 5 的學生有 7 人（18%），學生認為是毛細作用現象，並且有濡濕液體與不濡濕液體的概念但卻認為水位依然只會上升。此部分學生沒有考慮到附著力和內聚力的交互作用的結果會導致濡濕液體會液面上升，不濡濕液體會液面下降。
- （四）作答情形為 1 加 5 的學生共 12 人（30%），學生認為無論是什麼液體插入液體後，液面皆會上升；由此選目可得知作答情形 1 的學生認為無論是

什麼液體，液面皆上升；作答情形為 5 的學生雖有應用到濡濕或不濡濕的概念，但認為水位依然皆會上升。

訪談資料：

此題甲生、丙生皆有迷思概念。甲生認為水位上升為大氣壓力現象（托里切利實驗），丙生則是以沒看過液面下降的情況來解釋。

（一）認為水位上升皆為托里切里現象

訪談結果：（甲生）

T：請問為什麼你會覺得將開口細管插入水中，水位上升的現象叫做托里切利真空？

S：以前好像是國中的時候有學到吧，水銀柱上升 76 公分高啊。

T：所以你覺得這是一種大氣壓力的作用？

S：嗯…我想應該是這樣沒錯。

由以上訪談內容可以得知學生認為將細管插入水中水位上升的現象就叫做大氣壓力現象（托里切利實驗），學生會這樣認為是因為之前有學習過大氣壓力的單元，而此托里切利實驗與毛細作用現象都非常相似，都是使水位產生變化，造成學生一看到題目就想到托里切利實驗，而沒有注意到托里切利實驗與毛細作用之間的差異，造成迷思概念。

（二）沒看過液面下降的情況

訪談結果：（丙生）

T：請問既然你認為這是毛細作用現象，那液面為什麼都會上升呢？

S：嗯…印象中沒看過液面會下降的情況。

T：所以你在生活中沒看過細管插入液體後，液面下降的情況嘍？

S：對啊，好像沒看過。

T：那請問你為什麼不覺得這是大氣壓力托里切利真空的現象？

S：老實說我也不太會分，就感覺是毛細現象。

由以上訪談可以得知，學生雖然知道這是毛細作用的情況，不過卻因為在日常生活中沒有看過液面下降的情況，因此認為若將開口細管插入水中，水位皆會上升，造成迷思概念；另一方面，『大氣壓力現象（托里切利實驗）』與『毛細作用』兩者在觀察到的現象相似，學生往往也不了解兩者之間的差異，造成迷思概念。『托里切利真空』與『毛細作用現象』這兩個科學現象非常相近，也容易造成學生的誤解或是將其中一個科學現象套用至另一個情境。『托里切利真空』主要是因為大氣壓力作用，水銀注高 76 公分；而『毛細作用現象』則是因為表面張力，液體上升或下降。學生若不能清楚區分之間的差別或是對於定義不夠了解，則會造成迷思概念並影響學生的學習。

第十二題

將一細管徑且開口的玻璃管插入兩種不同溫度的水槽，請問哪一種溫度的水上升的水位較高？原因為何？

出題說明：

此題欲探討學生有關『溫度』與『毛細作用大小』概念連結的正確性。溫度越低的水，粒子擁有的能量較小，所以粒子越不容易自由移動，粒子間作用力較強，表面張力較大，而表面張力越大則毛細作用也越明顯。

表十五：高溫液體與低溫液體毛細現象何者較大的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 高溫液體上升較高，因為表面張力較大，毛細現象較大。	13	33
2. 低溫液體上升較高，因為表面張力較大，毛細現象較大。	10	25
3. 高溫液體上升較高，因為表面張力較小，毛細現象較大。	7	17
4. 低溫液體上升較高，因為表面張力較小，毛細現象較大。	10	25
合計：	40	100

作答分析：

（一）作答情形為 2 的學生有 10 人（25%），學生正確的回答出低溫液體的表面張力較大毛細現象較大。

（二）作答情形為 1 的學生有 13 人（33%），學生認為高溫液體的表面張力較大，因此毛細現象較大。由此可得知學生認為溫度高低與表面張力大小成正比，在『溫度高低』與『張力大小』概念的連結產生缺失，因此導致此迷思概念。

（三）作答情形為 3 的學生有 7 人（17%），學生認為高溫液體的表面張力較小，毛細作用較大。由此可以發現學生在於『表面張力大小』與『毛細現象大小』的概念連結上產生缺失，學生有表面張力越小，毛細作用越大的迷思概念。

（四）作答情形為 2 加 4 的學生有 20 人（50%），學生認為低溫液體的毛細作用較大，但只有作答情形為 2 的學生了解低溫液體的表面張力較大，毛細作用較大。

訪談資料：

此題乙生及丙生皆具迷思概念。乙生與丙生皆認為溫度越高，毛細作用越大。

（一）溫度越高則毛細作用越大

訪談結果：（乙生）

T：為什麼你會認為溫度越高，則毛細作用越大？

S：因為溫度越高粒子擁有的能量比較大。

T：粒子擁有的能量跟毛細作用之間的關係是什麼？

S：能量比較大的話，液體要上升或是下降比較容易吧，因為它能量大啊，液體比較好移動。

訪談結果：（丙生）

T：為什麼溫度越高的水毛細作用越大？

S：感覺阿。

T：為什麼有這種感覺？

S：一個變因增加，另一個通常也會增加。

由以上訪談可以得知，學生認為能量較大的液體，要使得液面上升下降比較容易，而沒有考慮到表面張力的大小與毛細現象的大小之間的關係，造成迷思概念產生。

學生在『溫度』與『表面張力大小』之間關係的概念上產生缺失或是由於直覺想法導致學生在判斷表面張力大小與毛細現象大小時產生迷思概念。

第十三題

若將毛筆放入水中，會看到筆毛發生什麼情形？原因為何？

出題說明：

此題是濡濕現象的一種生活應用題型，此經驗在日常生活當中學生都有體驗過，因此想要了解學生是否知道一些日常生活中有關濡濕現象的現象，並比較學生能否了解『濡濕』與『浮力』之間的差異。毛筆放入水中筆毛主要是因為濡濕作用而使得筆頭不是尖的。

表十六：筆毛在水中的作答情形

作答情形：	人數（人）	比例（%）
1. 在水中受到浮力作用散開	18	45
2. 筆毛在水中受到毛細作用濡濕後散開飄在水中	15	38
3. 筆毛在水中受到水壓作用的關係收縮成一束	2	5
4. 筆毛在水中受到水的表面張力作用收縮成一束	5	12
合計：	40	100

作答分析：

（一）作答情形為 2 的學生有 15 人（38%），學生正確的回答出筆毛在水中濡濕後不成尖形而飄在水中的情況。

（二）作答情形 1 的學生有 18 人（45%），學生認為筆毛在水中是受到浮力向上作用，因此筆毛才會散開飄在水中。由此選目可得知部分學生並沒有『濡濕作用』的概念，認為物體在水中的受力就是浮力。

（三）作答情形為 1 加 2 的學生有 33 人（83%），學生知道筆毛在水中不會是尖的形狀，但只有 38% 的學生知道筆毛是受到濡濕作用而飄在水中。

訪談資料：

此題甲生、乙生有迷思概念。甲生、乙生皆認為水中只受到浮力作用。

（一）水中主要受到浮力作用

訪談結果：（甲生）

T：為什麼你覺得筆毛在水中散開是因為受到浮力作用？

S：因為在水中就只有浮力作用啊。

T：那你知道什麼是濡濕作用嗎？

S：好像也是一種在水中會有的性質，不過並不清楚。

訪談結果：（乙生）

T：為什麼筆毛在水中會散開？

S：因為在水中受到浮力作用啊。

T：那還有沒有受到別的作用？

S：應該沒了吧，在水中不就是浮力作用嗎。

由以上訪談可以得知，學生在解釋物體在水中所受到的效應時，主要還是只考慮到浮力作用，學生往往不會考慮到『濡濕現象』，也不清楚其效應而造成迷思概念。

物體在水中會受到『浮力』作用也會受到『濡濕作用』的影響，筆毛在水中是自然漂浮，此屬於『濡濕作用』；若僅受到浮力作用，則筆毛會受到向上的力作用，而不會有飄浮在水中的感覺，應該是整個攤開，此點也是『濡濕』與『浮力』最明顯的差異。

第十四題

承上題，若將毛筆從水中拿出後，筆毛將會如何？原因為何？

出題說明：

此題為表面張力的一種生活應用題型，此經驗學生在日常生活當中也曾體驗過。

筆毛離開水後受到殘留在筆毛上水的表面張力作用而收縮，此情境就好比當人們從游泳池中出來後，泳褲緊貼大腿的情況。

表十七：筆毛從水中拿出後的作答情形

作答情形：	人數(人)	比例(%)
1. 筆毛受到空氣浮力向上的作用所以散開。	3	8
2. 筆毛上的水因為表面張力作用所以收縮。	13	33
3. 筆毛受到周圍大氣壓力作用所以筆毛收縮。	18	45
4. 筆毛受到毛細現象作用所以筆毛散開。	6	14
合計：	40	100

作答分析：

(一) 作答情形為 2 的學生有 13 人 (33%)，學生正確的回答出筆毛拿出水後因為受到水的表面張力作用而收縮。

(二) 作答情形為 3 的學生有 18 人 (45%)，學生認為筆毛離開水後會受到大氣壓力作用而收縮。顯示此部分的學生並未考慮到殘留在筆毛上的水所造成的表面張力效應，也可得知學生認為筆毛離開水後，受到大氣壓力作用，而不認為在水中會受到大氣壓力作用造成迷思概念。

(三) 作答情形為 2 加 3 的學生有 31 人 (78%)，學生了解毛筆從水中拿開筆毛會收縮，但只有 33% 的學生知道筆毛是收到表面張力作用而收縮。

訪談資料：

此題僅乙生具迷思概念。乙生認為水中並未受到大氣壓力作用。

（一）水中無大氣壓力

訪談結果：（乙生）

T：請問你為什麼覺得筆毛離開水後收縮是因為大氣壓力作用？

S：因為離開水後就碰到空氣了，就有大氣壓力了。

T：所以在水中沒有受到大氣壓力？

S：嗯…沒有吧，沒碰到空氣啊。

由以上訪談可得知學生認為在水中沒有受到大氣壓力作用，因此當毛筆拿出水面後，便接觸到空氣，也就是受到大氣壓力的作用而收縮；另一方面學生也沒有考慮到毛筆離開水後，水留在筆毛上所產生的表面張力作用而導致此迷思概念。

此題的情況，學生認為在液體當中主要受到水壓力的影響，因此覺得若將筆毛拿出水後直接就是接觸到大氣壓力；因此學生會忽略殘留在筆毛上的水所造成的表面張力收縮的結果，此題的情況就好比於我們從水中走出來，褲子會緊貼於大腿的情況，同樣也是因為褲子上的水表面張力的作用收縮導致。

第二節 液體界面現象迷思概念之整理

彙整測驗結果、學生作答情形以及晤談的結果，可以整理出來的迷思概念、迷思概念的類型和晤談時找出部分迷思概念的來源分述如下：

一、學生關於液體界面現象的迷思概念

透過問卷以及晤談結果，將研究所得的迷思概念整理如下：

(一) 表面張力相關的迷思概念

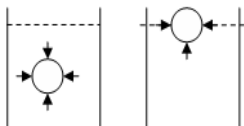
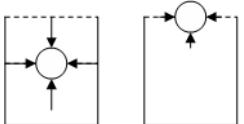
與表面張力相關的迷思概念有以下各項：

1. 表面張力使得物體浮在水上，物體有一部份在水中的體積；
2. 浮力使得物體浮在水上，重一點的物體在水中會有一部份體積，輕一點的物體就沒有在水中的部分；
3. 水滴會成球形是因為表面張力作用，球形較集中，能量比較大，系統要處於能量大的狀態比較可以應付環境變化；
4. 水滴是受到空氣阻力向上作用以及本身的重力相互影響下，而使得水滴成球形的形狀；
5. 沸點越低的液體表面粒子擁有的能量較大，表面張力較大；
6. 沸點越高的液體表面粒子所擁有的能量大，表面張力較大；
7. 雜質不會被壞表面張力，因為內聚力是同類分子相吸之力，雜質不是同類分子；
8. 若在原液體加入液體則能增加內聚力，表面張力增大；如果加入的是不同的固體雜質，則不會影響表面張力；
9. 液體內的總粒子數越多，則表面張力越大；
10. 高溫的水因為溫度較高，表面粒子所擁有的能量較大，表面張力較大；
11. 有物體在水面上，水面才有表面張力；若水面上沒有物體，則無表面張力；

12. 空氣跟水面之間沒有表面張力存在；
13. 特殊液體液面上不用放置物體，特殊液體的液面上就會存有表面張力；
14. 特殊液體的表面張力較大；
15. 筆毛在水中是受到向上的浮力作用，因此筆毛才會散開。

(二) 內聚力與附著力相關迷思概念

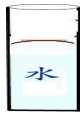
與內聚力與附著力相關的迷思概念有以下各項：

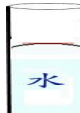
1.  內聚力大小方向向內，與深度無關；
2.  內聚力方向向內，像是水壓一般，越在液體下方越大。

(三) 濡濕與不濡濕相關迷思概念

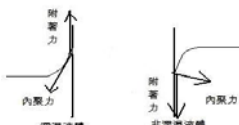
與濡濕或不濡濕相關的迷思概念有以下各項：

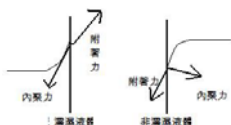
1. 水銀在任何介質上都是形成球珠狀；
2. 水銀是一種密度很大的液體，含有特殊的分子，在任何界面上都形成水珠狀；

3.   濡濕液體，附著力大於內聚力，液面彎曲下降；

4.   不濡濕液體，內聚力大於附著力，液面彎曲上升；
5. 水對玻璃來說相對密度較小，因此液面彎曲延展上升；水銀對玻璃相對密度較大，液面彎曲收縮下降；

6. 特殊液體（如水銀）等液面彎曲收縮下降，一般液體（如水）則液面彎曲延展上升；

7.  內聚力方向朝向液體內部，附著力方向則是隨液面並平行交界面向上或向下；

8.  內聚力方向朝向液體內部，附著力方向則是沿著液面上升或下降的切線方向；

9. 在水中沒有受到大氣壓力作用，當拿出水面才有大氣壓力的作用；

10. 筆毛在水中散開是因為受到浮力作用。

（四）毛細作用相關迷思概念

與毛細作用相關的迷思概念有以下各項：

1. 若將一開口細管插入水槽，無論什麼液體水位皆會上升；
2. 開口細管插入水中水位變化的情形叫做大氣壓力(托里切力真空)現象；
3. 高溫液體的表面張力較大，因此毛細現象也較大。

二、學生在液體界面現象迷思概念的來源

透過問卷以及晤談所得的結果分析後，將研究所得的迷思概念的來源整理如下：

（一）科學概念混淆

將科學概念誤用至另一個科學概念如下：

1. 『表面張力』與『浮力』兩者科學概念混淆

（1）物體若受到表面張力作用而不沈入水中，則在水中有一部份的體

積；

(2) 物體若受到浮力作用而不沈入水中，則沒有在水中的體積。

2. 『內聚力』與『水壓力』都是水中的作用力，因此性質相同

內聚力好比水壓力一般，越在液體下方，則力量越強。

3. 『大氣壓力現象（托里切利真空）』與『毛細現象』產生混淆

若將開口細管插入水中，導致水位上升的情況，則為大氣壓力的現象（托里切利真空）。

4. 『濡濕』現象與『浮力』現象產生混淆

筆毛在水中散開，學生認為是因為受到浮力向上，在水中只考慮到浮力作用，而未考慮到濡濕現象。

(二) 科學概念連結有缺失

兩個正確概念的連結產生缺失如下：

1. 『形狀』與『能量』之間的概念

認為物體形狀越集中，則能量越大。

2. 『表面粒子能量大小』與『表面張力大小』之間的概念

認為表面粒子能量越大，越能撐起液面上的物體，因此液體的表面張力越大。

3. 『沸點高低』與『表面張力大小』之間的概念

認為沸點越高的液體，則表面張力越大。

4. 『溫度高低』與『表面張力大小』之間的概念

認為溫度越高的液體，表面張力越大。

5. 『表面張力大小』與『毛細現象大小』之間的概念

認為表面張力越大的液體，毛細現象越大。

(三) 對基本定義的不甚了解

對基本概念的誤解或是不完全了解如下：

1. 表面張力

- (1) 表面張力為內聚力與附著力交互作用結果，學生只考慮到內聚力而忽略附著力的效應，如雜質會增加附著力而降低內聚力，導致表面張力下降；
- (2) 有物體在水面上才有表面張力，水面上無物體則沒有表面張力，如水蜘蛛在水面上才有表面張力；
- (3) 特殊液體上不用放置物體就有表面張力存在，例如水銀；
- (4) 液體體積越多則表面張力越大。

2. 濡濕情況與不濡濕情況

- (1) 密度大的液體成球珠狀，如水銀密度大，因此在任何界面上皆成球珠狀。
- (2) 以相對密度的大小來決定液面上升或下降，如水銀的密度大，則液面收縮下降；水的密度小，液面延展上升。

- 3. 浮力：浮力使得物體浮在水上，重一點的物體在水中會有一部份體積，輕一點的物體就沒有在水中的部分。

(四) 由語言因素造成

以字面上的意思來解釋科學概念，如『內聚』力就是作用力的方向向內。

(五) 直覺想法

認為一項變因增加，則另一項變因也增加，如溫度越高，表面張力越大。

(六) 經驗影響

看的到或體驗過的科學現象才存在，無法看到或沒體驗過科學現象的就不

存在，好比沒看過水銀呈薄膜的情形，因此認為水銀在任何界面上都成球珠狀。

（七）教科書的影響

先前在教科書看過的概念，如在教科書上皆強調水銀都成球珠狀，因此認為水銀在任何界面都是球珠狀；在教科書上看到力或是速度的方向沿物體運動的切線方向，因此認為任何作用力的方向恆為切線方向。教科書上許多概念皆論述不清，如教科書上提到『粒子動能越強則分子與分子間的作用力就減弱』的概念，但沒有清楚陳述其因果關係，較清楚的陳述方法應該為『粒子動能越強則粒子越容易自由移動，因此粒子間的空隙就會變得比較大，導致作用力減弱』；或是教科書也有提到『溫度增加則液體分子運動加快，分子間的作用力減少使表面張力變小』。但並沒有清楚陳述其因果關係，事實上當液體溫度越高，粒子所擁有的動能較大，因此粒子比較能夠移動，造成粒子間的空隙變得比較大，因此作用力較小，表面張力變弱，所以溫度越高，則液體的表面張力越小，在杯口能鼓起的液面較小；或者是教科書提到『液體的表面積越小則位能越低系統越穩定』的概念，其中也未清楚介紹其原因，較清楚解釋的方法則是因為表面積越小時與空氣的接觸面越小，與空氣的接觸面積越小則受到空氣分子的作用力則越少，那麼液體內部粒子跟粒子之間的作用力相對來說就會比較大，液體內部作用力越大則位能才會越低，位能越低則整個系統處於一個較穩定的狀態。在教科書上有許多論述不清的地方往往也是造成學生產生迷思概念的來源之一。

第伍章 總結、結論與建議

本章共分成兩節。第一節為總結，第二節為結論與建議。

第一節 總結

本研究探究高三學生有關液體界面現象單元的迷思概念及來源，研究對象為桃園市某國立高中高三學生，一共40名學生。研究方法為問卷調查以及事後晤談，問卷為研究者自行設計並以液體體界面現象課程相關概念為範圍，並經大學教授、高中教師八名老師針對效度做審查，具專家效度。晤談則挑選學生三名，針對其問卷作答情形作迷思概念的探討，本研究發現學生液體界面現象迷思概念的來源及其迷思概念可分成七類：

高三學生液體界面現象迷思概念的來源及迷思概念如下：

（一）概念混淆

學生對於兩個相似科學概念產生混淆，而以先前所學過的科學概念解釋即將所學的科學概念的迷思概念如下：

1. 『表面張力』與『浮力』概念混淆

- （1）若物體受到浮力作用則不會有在水面下的體積；
- （2）若受到表面張力作用則會有一部份在水中的體積；
- （3）物體不沈入水中皆是受到浮力作用。

2. 『內聚力』與『水壓力』概念分不清楚

都是水中的作用力，以水壓來解釋內聚力，離液面越深則內聚力越大。

3. 『大氣壓力現象（托里切利真空）』與『毛細現象』概念產生混淆

只要將細管插入水中水面上升或下降的情況就是大氣壓力現象。

4. 『濡濕』現象與『浮力』現象概念分不清楚

物體的在水中的濡濕情形以浮力概念來解釋。

(二) 概念連結缺失

學生在兩個科學概念連結上產生缺失迷思概念例如：

1. 『形狀』與『能量』

物體形狀越集中，則能量越大。

2. 『表面粒子能量大小』與『表面張力大小』

表面粒子能量越大，液體的表面張力越大。

3. 『沸點高低』與『表面張力大小』

沸點越高的液體，表面張力越大。

4. 『溫度高低』與『表面張力大小』

溫度越高的液體，表面張力越大。

5. 『表面張力大小』與『毛細現象大小』

表面張力越大的液體，毛細現象越大。

(三) 對基本定義的不甚了解

基本定義的部分了解或是誤解例如：

1. 表面張力

(1) 表面張力為內聚力與附著力交互作用結果，只考慮到內聚力而

忽略附著力的效應；

(2) 有物體在水面上才有表面張力；

(3) 特殊液體上不用放置物體就有表面張力存在；

(4) 液體體積越多則表面張力越大。

2. 濡濕情況與不濡濕情況

(1) 密度大的液體成球珠狀在任何界面上皆成球珠狀；

(2) 密度大的液體液面收縮下降；密度小的液體液面延展上升。

3. 浮力：浮力使得物體浮在水上，重一點的物體在水中會有一部份體積，
輕一點的物體就沒有在水中的部分。

(四) 由語言因素造成迷思概念

以字義來判斷性質，如『內聚』力，方向向內。

(五) 直覺的想法

不經由推理或經驗去理解事物，由直覺判斷，如一項變因增加，則另一項變因也增加，溫度越高，則表面張力越大。

(六) 經驗影響

有體驗過或是看過科學現象才存在，沒看過或是沒體驗過的科學現象的就不存在。

(七) 教科書的影響

先前在教科書看過的概念，如教科書上皆強調水銀成球珠狀，因此認為水銀在任何界面都是球珠狀；在教科書上看到力或是速度的方向沿物體運動的切線方向，因此認為任何作用力的方向恆為切線方向。或是教科書論述不清：如『粒子動能越強則分子與分子間的作用力就減弱』，並沒有清楚陳述其因果關係應該為『粒子動能越強則會容易移動，故粒子間的空隙變大，作用力減弱』。

第二節 結論與建議

一、結論

茲將研究所得的迷思概念來源及迷思概念整理如下：

(一) 概念的混淆

『表面張力』與『浮力』、『內聚力』與『水壓力』、『大氣壓力現象』與『毛细現象』、『浮力』與『濡濕現象』，以上四組概念學生無法區分其差異造成迷思概念產生。

(二) 概念連結的缺失

『形狀』與『能量』、『表面粒子能量大小』與『表面張力大小』、『沸點高低』與『表面張力大小』、『溫度高低』與『表面張力大小』，『表面張力』與『毛细現象』，以上五組皆為在『能量』概念上產生缺失導致概念連結不當。

(三) 基本定義的不甚了解

1. 表面張力只考慮到內聚力，而忽略附著力的效應；
2. 有物體在水面上才有表面張力，水面上無物體則沒有表面張力，如水蜘蛛要在水面上才有表面張力；
3. 特殊液體上不用放置物體就有表面張力存在，如水銀；
4. 液體體積越多則表面張力越大。

(四) 由語言因素而造成的迷思概念

如認為『內聚』力就是作用力方向向內。

(五) 直覺想法

如自以為溫度越高，表面張力越大。

(六) 經驗影響

沒看過水銀呈水銀薄膜附著的情形，因此認為水銀在任何界面上都成球珠狀。

（七）教科書的影響

如在教科書上皆強調水銀成球珠狀，因此認為水銀在任何界面都是球珠狀；以及在教科書上看到力或速度的方向是沿切線方向，因此認為任何作用力的方向恆為切線方向；或是教科書論述不清：教科書提到『液體的表面積越小則位能越低系統越穩定』的概念，其並未清楚介紹其原因，較清楚解釋的方法則是因為表面積越小時與空氣的接觸面越小，與空氣的接觸面積越小則受到空氣分子的作用力則越少，那麼液體內部粒子跟粒子之間的作用力相對來說就會比較大，液體內部作用力越大則位能才會越低，位能越低則整個系統處於一個較穩定的狀態。在教科書上有許多論述不清的地方往往也是造成學生產生迷思概念的來源之一。

二、建議

本研究有如下的建議：

（一）課程教材及教學上的建議

1. 相似科學概念需加強比較其定義與差異性

『表面張力』與『浮力』、『內聚力』與『水壓』、『毛細現象』與『大氣壓力現象』、『濡濕現象』與『浮力』等科學概念在觀察到的現象上有相似的情況，學生大部分都無法判斷兩個現象其中的差異性，因此會把先前學過的科學知識套用至另一科學概念來解釋，因而造成迷思概念，本研究建議在課程以及教學上可以多比較相似科學概念之間的差異，並讓學生統整以達於不混淆；

2. 概念連結的正確性

『溫度』與『表面張力』、『純度』與『表面張力』、『沸點』與『表面張力』、『溫度』與『毛細現象』等科學概念之間的連結，主要都是著重在『能量』的概念上，學生若對於能量的概念不清，則會造成迷

思概念，本研究建議教師在教授液體界面現象的單元先行複習釐清能量的概念，包括能量與形狀之間的關係、物體平時所處的位能情形等等，讓學生從能量的角度學習此單元概念之間的連結，使學生不致混淆；

3. 科學概念的中文字義以及圖表需加強說明

『內聚力』，就中文字義來看會上學生誤以為方向向內、水銀凝結成球珠狀此觀念在以往所學的教科書上均會看到。學生容易從字面的字義來解讀一些科學概念，或是就先前所學的學科知識內容來學習，往往會造成誤解甚至迷思概念的產生，教師在授課時應特別說明中文字義的來源以及背景、甚至於圖表解說，使學生不致產生迷思概念；

4. 課文中概念的因果關係需介紹清楚

譬如像『粒子動能越強則分子與分子間的作用力就減弱』，教科書上並沒有清楚陳述其因果關係，教師在授課的同時應該特別注意各個概念的因果關係，以免學生只是一味的背誦造成迷思概念。

（二）對未來研究的建議

1. 本研究礙於課程上的安排以及論文進度上的考量選高二的學生為施測對象，建議日後的研究者若在時間許可範圍內，則可對高二學生進行液體界面現象迷思概念的探討，因為此部分的課程內容是學生是在高二下的物理課程學習到相關知識，若能在學生學習之後立即施測，可以使得資料更為完善。
2. 本研究主要探討學生在此部分學科知識存有何種迷思概念以及迷思概念的來源，建議日後的研究者再針對各個迷思概念或其來源再加以深入探討，以便更能了解學生的想法，有助於改善學生的迷思概念。

參考資料

一、 中文部分：

王瓏真 (2004)：中小學生對於燃燒之迷思概念研究。台中：國立台中師範學院碩士論文（未出版）。

李賢哲、樊琳 (2005)：國小學童「電池」概念之診斷－以兩段式選擇題為例。科學教育學刊，13(3)，p63-288。

李莘怡 (2006)：溶解迷思概念之概念改變研究。台中：國立台中教育大學碩士論文（未出版）。

李暉、郭重吉 (1999)：科學話語與科學概念的學習，以國中理化課學習為例。科學教育，10，p3-30。

江淑卿(2001)：概念構圖與圖示對兒童自然科學的知識結構、理解能力與學習反應之影響。科學教育學刊，9(1)，p35-54。

邱慧珍(2002)：國小學童倍數解題及迷思概念之研究。屏東：國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文。

林振霖 (1993)：我國學生分子概念發展與診斷教學的研究：（二）我國學生分子概念發展的研究。彰化師範大學學報，4，p337-398。

林振霖 (1992)：我國學生分子概念發展與診斷研究（一）我國學生分子概念的理解與解題之間關係的研究。彰化師大學報(3)，p407-478。

邱鴻麟、高紹源(1997)：閱讀高中化學教科書後對高一學生所具有之迷思概念影響之研究…勒沙特列原理。科學與教育學報，1，p 235-257。

周孚平 (2004)：屏東縣漢原族群國中學生有關呼吸作用迷思概念形成原因之研究。屏東：國立屏東師範學院碩士論文（未出版）。

柯賢文(2007)：表面張力的應用。科學發展，411，p48-51。

- 許健將 (1990)：利用兩段式測驗以探查高三學生有關共價鍵分子及分子結構之迷思概念。彰化：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 袁頌西 (1999)：當代政治研究與自然語言問題。政治科學論叢，10，p1~26。
- 張世忠 (1999)：一堂國中裡化學課之教學觀察、評論和展望。科學教育月刊，219，P 2-9。
- 張容君、張惠博 (2007)：國中學生「燃燒」概念診斷之研究。科學教育學刊，15(6)，p671-701。
- 張容君、鄭一亭 (2004)：中小學生物理迷思概念的影響因素：中小學生物理概念診斷、理解與教學。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC93-2517-S-018-001)。
- 張惠博 (2004)：中小學生物理概念診斷、理解與教學。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC93-2517-S-018-001)。
- 張筱莉、林陳涌 (2001)：學童眼中的科學專有名詞。科學教育學刊，9(3)，p219-234。
- 張景媛 (2007)：概念發展模式。教學新知，31。
- 許良榮、劉政華 (2004)：中小學生之溶解概念的形成與發展。科學教育學刊，12(3)，p265-287。
- 郭重吉 (1985)：建構主義與科學教育的革新。科學教育學刊，7(3)，p213-224。
- 郭重吉 (1988)：從認知的觀點探討自然科學的學習。教育學院學報，13，p352-378。
- 郭重吉 (1990)：學生科學認識認知結構的評估與描述。彰化師大學報，1，p279-329。

- 郭重吉 (1993)：國中學生化學變化相關概念另有架構之探究。科學教育，4，p 25-51。
- 郭重吉(2000)：科學概念學習研究-總協調計畫(1/3)。行政院國家科學委員會專題成果報告(NSC89-2511-S-018-044)。
- 郭重吉、吳武雄(1989)：利用晤談方式探查國中學生對重要物理概念的另有架構之研究（二）。行政院國家科學委員會專題研究計畫(NSC-79-0111-S-018-03-D)。
- 郭鴻銘 (1976)：科學素養的教育-有關的觀念及其在教學方面之運用。科學教育月刊，2，p41-49。
- 陳啟明、陳瓊森 (1992)：發展紙筆測驗以探究高一學生對直流電路的迷思概念。彰師科學教育，3，p21-72。
- 陳瑞麟 (2003)：科學概念的指稱與投射。歐美研究，13(1)，p125-192。
- 陳均伊 (2004)：我國中小學生物理迷思概念診斷問卷的發展與實施：中小學生物理概念診斷、理解與教學。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC93-2517-S-018-001)。
- 陳均伊、張惠博(2004)：光反射與折射的另有概念診斷工具之發展與研究。科學教育學刊，12(3)，p311-340。
- 楊坤原、張賴妙理 (2004)：遺傳學迷思概念之文獻探討及其在教學上的啟示。科學教育學刊，12(3)，p365-398。
- 楊坤原、張賴妙理 (2004)：發展和應用二段式診斷工具來偵測國中一年級學生之遺傳學另有概念。科學教育學刊，12(1)，p107-131。
- 黃嘉明 (2004)：國小學童「水的蒸發、凝結、沸騰」迷思概念及心智模式之探討- 以新屋鄉為例。新竹：國立新竹教育大學碩士論文。
- 湯清二 (1990)：迷思概念與科學教學改進研究（一）『以遺傳概念為例』。彰化師範大學學報，p367-397。

- 湯清二 (1993)：我國學生生物細胞概念發展研究-迷思概念之晤談與概念圖。彰化師範大學學報，4，p141-170。
- 開泰、翁啟惠(1982)：大家談科學。科學月刊，146。
- 黃台珠(2000)：科學概念學習研究-中學生重要科學概念學習現況及教學改善策略研究(I)子計畫五:遺傳與演化概念(I) 行政院國家科學委員會專題研究計畫(89-2511-S-017-045)。
- 黃平屯(2004)：探究學生概念理解的方法：中小學生物理概念診斷、理解與教學。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC93-2517-S-018-001)。
- 黃玉菁 (2003)：以紙筆測驗探討高二學生粒子迷思概念。台北：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
- 黃俊偉 (2004)：中小學生科學概念的本質。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC93-2517-S-018-001)。
- 黃萬居 (1994)：國小學生酸鹼概念發展之研究。台北：國科會專題研究成果報告 (NSC83-0111-S133007)。
- 黃萬居 (1996)：國小教師對酸鹼的迷思概念之研究。台北市立師範學院學報, 105-132 頁。
- 黃萬居 (2003)：台灣地區國小學生酸鹼迷思概念類型和成因之研究(IV)(2/2)。台北：國科會專題研究成果報告 (NSC92-2522-S-133-007)。
- 詹耀宗、邱鴻麟 (2004)：以多元觀點探討中學生氧化還原迷思概念。高雄師大學報，17，p337-358。
- 廖焜熙 (2001)：理化科學概念及過程技能知研究回顧與分析。科學教育月刊，238，p2-11。
- 趙承琛 (1973)：有關界面化學的一些有趣現象。科學月刊，47。
- 褚德三 (2008)：物質科學物理篇(下)，龍騰文化。

蔡春來 (2002)：探討國中生對摩擦力的迷思概念。台北國立台灣師範大學碩士論文(未出版)。

蔡興國 (2004)：中小學生的物理迷思概念。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC93-2517-S-018-001)。

鄭麗玉 (1998)：如何改變學生的迷思概念。教師之友，39(5)，p28-36。

儲三陽 (1986)：從日常生活中看分子間的作用力。通俗科學講座（四十一）科學月刊，p197。

歐陽鐘仁 (1988)：科學教育概論。台北：五南書局。

魏明通 (1997)：科學教育。台北：五南書局。

蘇育任 (1997)：職前及在職國民小學教師的天氣概念及其相關迷思概念之探究。科學教育學刊，7(2)，p157-176。

二、英文部分：

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Bell, B. (1995). Interviewing: A technique for assessment science knowledge. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.). Learning science in the school: Research reforming practice (347-364). NJ: L. Erlbaum Associates.

Bruner, J. S. (1960). The Process of Education. Cambridge, Mass: Harvard University.

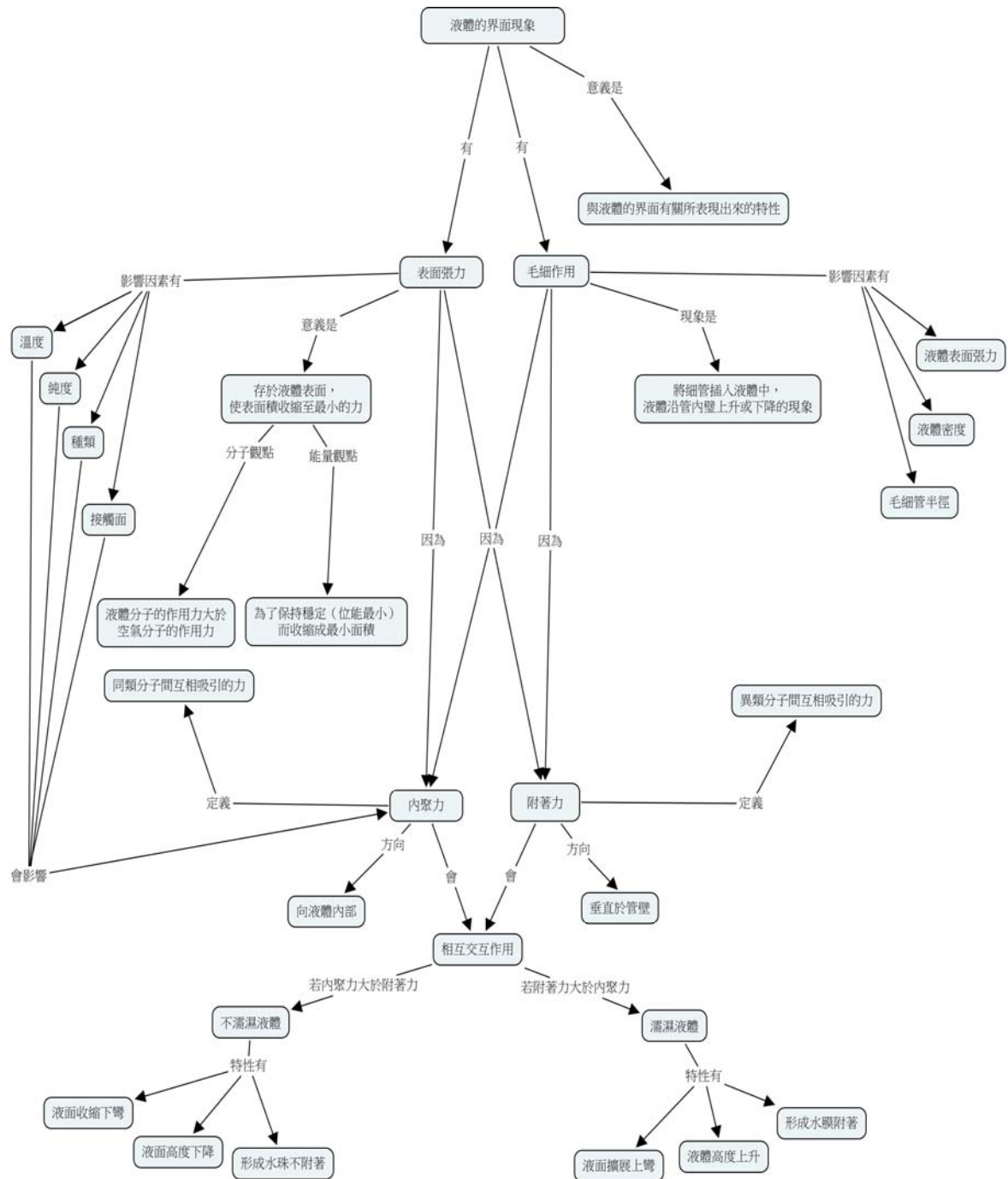
Caramazza, A., McCloskey, M., & Green, B. (1981). Naive beliefs in sophisticated subjects: misconceptions about trajectories of objects. Cognition, 9, 117-123.

- Clement, J., Brown, D.E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding “anchoring conceptions” for grounding instruction on students’ intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554–565.
- Dalen, D.B. (1973). *Understanding Educational Research*. New York : McGraw Hill Co.
- Driver, R. (1981). pupils’ alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93–101.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children’s ideas in science*. Philadelphia : Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children’s ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children’s ideas in science*. Open University Press: Milton Keynes.
- Edmondson, K. M. (1999). *Assessing Science Understanding through Concept Maps: A Human Constructivist View*. New York: Academic Press.
- Glynn, S. M., Yeany, R.H., & Britton, B.K. (1991) *The psychology of learning science the psychology of learning science*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Gilbert, J. G. & Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61–98.
- Harlen (2001). Taking children’s ideas seriously—Influence and trends. *Primary Science review*, 67, p14–17.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Frensham, P. J. (1982). Children’s science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623–633.

- Kaltakçi, D. & Didi, N. (2007). Identification of Pre-Service Physics Teachers' Misconceptions on Gravity Concept: A Study with a 3-Tier Misconception Test. *AIP Conf. Proc.*, 899, 499-500.
- Klausmeier, H. J. (1979). *Cognitive learning and development: Information processing and Piagetian perspectives*. Cambridge, MA: Harper & Row.
- Lewis, E. L. & Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (6), 657-677.
- Murphy, G.L. (2002). *the big book of concepts*. Bradford Books
- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53-62.
- McDermott, L. C. (1984). Alternative frameworks: interpretation of evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 6(1), 1-6.
- Nehm, R. H. & Reilly, L. (2007). Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *BioScience*, 57(3), 263-272.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). "Learning how to learn." Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1988). *Learning in science*. New Zealand: Heinemann Publishers.
- Ozgur, S. & Pelitodglu, F. C. (2008). The Investigation of 6th Grade Student Misconceptions Originated from Didactic about the "Digestive System" Subject. *Educational Sciences* 8 (1): 149-159.
- Shepardson, D. P. & Moje, E. B. (1994). The Nature of Fourth Graders' Understandings of Electric Circuits. *Science Education* 78(5), 489-514.

- Pella, M. O. (1966). concept learning in science. the science teacher ,33(1), 31-34.
- Rief, F. (1987). interpretation of scientific or mathematical concept:cognitive issues and instructional implications. cognitive science, 11, 395-416.
- Resnick, L. B. (1983). Mathematics and science learning: A new conception. Science, 220, 477-478.
- Southerland, S. A., Smith, L. K., Sowell, S. P., & Kittleson, J. M. (1999). Understanding Science Education' s Response to the United States' s National Accountability Movement. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak(Eds.). assessing science understanding : a human constructivist view.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. science education ,10(2), 159-169.
- Thagard, P. (1996). Mind: Introduction to cognitive science. Cambridge, MA: MIT.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1999). Research on alternative conceptions in science, In D. L. Gabel (Eds.), Handbook of research on science teaching and learning, 177-210. New York: MacMillan.
- White, R. & Gunstone, R. (1992). Probing understanding. New York: the falmer Press.

附錄一



液體界面現象概念圖

附錄二

『液體界面現象』問答題

姓名_____學號_____

一、如果把水黽(水蜘蛛)放在水上，請問水黽(水蜘蛛)會發生什麼情形？原因為何？

二、水龍頭的水滴，通常是什麼形狀掉下來的？原因為何？

三、內聚力的方向為何？內聚力的力量大小與深度之間的關係為何？

四、若在一杯純液體內加入少許雜質，會不會影響表面張力？原因為何？

五、請問酒精和純水，哪一個比較可以在杯口鼓起較高的液面？原因為何？

六、請問 90°C 的純水和 10°C 的水，哪一個比較可以在杯口鼓起較高的液面？原因為何？

七、請問滴一滴小油滴在水的表面，有幾個交界面具有表面張力的存在？

八、若把水銀分別滴在玻璃以及鋅板表面後，水銀的形狀會一樣嗎？原因為何？

九、若將水以及水銀分別裝在不同的玻璃容器內，請問在水面及水銀液面與介質接界處會看到哪一個現象？原因為何？

十、請問濡濕液體與非濡濕液體之內聚力與附著力在管壁上的方向為何？

十一、將一細管徑且開口的玻璃管插入液體中，會發現管中的液體高度與管外的液體高度不同，這是什麼現象？原因為何？

十二、將一細管徑且開口的玻璃管插入兩種不同溫度的水槽，請問哪一種溫度的水上升的水位較高？原因為何？

十三、若將毛筆放入水中，會看到筆毛發生什麼情形？原因為何？

十四、承上題，若將毛筆從水中拿出後，筆毛將會如何？原因為何？