

# 國三學生、師大學生、及國中理化科教師在物理概念之自發性類比物的發展研究

徐順益

國立彰化師範大學物理系

(最後修改日期 86 年 3 月 31 日

接受刊登日期：86 年 4 月 15 日)

## 摘要：

本研究以國中學生、大學生及國中老師為樣本，對所選定的幾個物理概念如：液體浮力、速度、庫倫靜電力、液體壓力、熱傳導、以及電流現象等，探討其引發自發性類比物的情形。國中學生則選自中部宜梧、陽明兩所三年級學生計一百六十人、大學生樣本取自在國立彰化師範大學物理系、化學系及生物系一、二及三年級學生計一百四十一人、國中教師的樣本來自在彰化師大進修之碩士學分班之理化科教師計二十三人。分析比較這三種類型的樣本的自發性類比物，結果如下：

- 一、國中教師與大學生所提出自發性類比物的項目，較國中學生為多。此與其背景知識之差異有關，國中教師與大學生所擁有的背景知識較為豐富，故能舉出較為多樣化的自發性類比物。
- 二、國中學生，大學生，以及國中教師所舉例之類比物大部份項目是相同的。
- 三、若依性質上的差異將類比物分成表面、結構與功能相似三類，則國中老師與大學生所舉出自發性類比物的項目性質，與國中學生所能舉出的相比較，則在結構、功能性質上所佔比例較大。
- 四、國中學生所舉出之自發性類比物有部份屬迷思或不當類比。
- 五、自發性類比物的項目中有許多屬於具體模型類比。
- 六、經驗為自發性類比物舉例的最大資源。

**關鍵詞：**類比物，類比，目標領域，自發性類比

## 一、問題的背景

### (一)引言

認知學者指出學習機制是概念發展、改變及交換的關鍵變項，應用適當的學習機制能使學習材料做更有效率的學習，以達成教學目標(Posner, 1982)。而類比思考被認為是一種重要的科學思考機制(Mechanism of scientific thinking)，(Clement, 1978., Gentner, 1983)，類比的技巧常被認為是發展科學課程與改進科學的一種有效技術，在解題上也是專家與生手共用的標準工具，成功的類比推理教學能避免學生去背誦一大堆似乎相互獨立的知識，減少學生的資訊超載，並可幫助學生有效理解新概念，建構一般化法則，以作為解決新問題的有效手段。

儘管影響理化學習成效的因素錯綜複雜，教材及學習方式是影響教學成敗的主要關鍵之一。在學習及教學過程中，國中學生引用自發性類比物來幫助思考以及解題以達到學習的目的，仍是一可行的策略之一，教師引用類比物以降低目標物的抽象度，以形成學習的催化劑，亦為教師常用的策略。例如；液體浮力、速度、靜電力、液體壓力、熱傳導、以及電流現象等物理學之單元，國中學生如何切入有用的類比物來幫助思考，另外正受職前教育的師範大學學生就同樣的主題，他們可能提供什麼樣子的類比物來幫助學習，以至於現在從事物理教學的教師，就同樣的主題，提供的類比物又是些什麼？他們之間有何不同？就不同階段的樣本，他們所提供的類比物是否有所演化？這些資料對於如何發展類比物教學將提供一可用的信息。

## (二)研究的目的:

本研究的主要目的在探討國中學生、大學生與國中教師其自發性類比物的使用情形，與差異所在。藉此瞭解各不同層次的樣本，其對科學概念之相似性認知及其自發性類比物之發展情形。

## 二、文獻探討

### (一)什麼是類比(Analogy)?

類比推理是一種知識轉移的過程，也就是兩個概念或事物，或不同領域的知識系統，藉由彼此某種相似的性質，從已知的知識系統轉換到另一未知系統的一個轉移過程(Vosniadou,1989)，或者說類比的意義是將事物間之屬性或結構關係有相似性的，放在一起並加以比較，從而推出新事物之性質，從歷史的觀點，研究類比的學者，對類比之定義並不很一致，諸如:

1. 類比可表示為 A 與 B 相似(Stepich, & Newby,1988 )。
2. 類比為 A:B::C:D 的關係 (Stenberg, & Rifkin, 1979)即 A 比 B 類似於 C 比 D 。
3. 具有相似性的過程、結構、功能、關係、外表或語意的兩件事物(Vosniadou & Ortony, 1989)。
4. 兩件事物之間的結構、功能等明確的相似性比較，而不只是表面或字面上的比較( Curtis , & Reigeluth, 1984)。
5. 為一種確認不同概念之間相似處的一種過程(Glynn, 1991)。
6. 類比是某種類型的相似性，可以視為一種更確定與更概念性的相似(Polyer, 1957)。
7. 由上面諸位學者對類比的看法，在廣義的定義下，類比可解釋成在兩事物間，藉由彼此在功能、結構、相關、過程、語意或文字表面具有相似性質的一種特質，由已知的知識領域，推廣至欲知的知識領域，而獲得或理解新知識的過程(Stepich & Newby, 1988., Gilbert,1989)。在狹義的定義，類比可解釋成兩事物間在功能、結構關係上相似的一種特質，並不包含屬性、表面的相似。因此它常涉及推理，不容易像表面關係般容易被察覺。故必須給予暗示， 才能得到良好的成效( Gick & Holyoak, 1983., 郭人仲,

1994)。此外依性質上的差異，可將類比概略的區分成表面、結構、與功能相似三類：

1. 表面上的類比，是屬於較低層次的認知，只探究來源(即源問題)與目標(即靶問題)在表面上是否能有對應(Mapping)關係。
2. 結構式的類比，則屬於較高層次的認知，其對應關係的產生必須使得來源與目標之間的基本原理(Underlying Principle)、結構、或規則具有相似性。
3. 功能性的類比，強調來源與目標二者之間是以「操作」時的功能為對應關係。

## (二)類比的認知理論

過去二十年來由於認知學派的興起，對於學習的看法，已由過去強調學習事件本身的刺激，轉移到信息、知識的結構，與學習的認知過程，及其如何影響新知識的獲得(Zeitoun, 1984)。由過去的研究中發現，概念的成長最重要的就是先備知識的擁有，先備知識經由組織並儲存在學習者的記憶中，並作為獲得新知識的架構(Framework) 或同化情境(assimilative context)，所以先備知識是獲得新知識的媒介。

有關類比學習的機制，在過去的研究中已有許多不同的觀點加以解釋，Zeitoun(1984) 曾綜合多位學者的研究結果整理如下：

1. 完形心理學(Gestalt Psychology)。
2. 奧斯貝的有意義的語文學習理論(Ausubel's theory of meaningful verba learning)。
3. 同化編碼理論(Assimilation encoding theory)。
4. 結構映射理論(Structure mapping theory)。
5. 精緻化理論(Elaboration theory)。
6. 基模理論(Schema theory)。

在本研究之中，將以在認知領域中的信息處理(information processing model) 觀點的基模理論，與認知心理學中的結構映射理論觀點為理論基礎，來探討類比學習的成效。以下就此兩個理論分別探討：

1. 基模理論：Rumelhart 和 Norman(1981)認為類比是將原有的基模(Schema) 加以修改而成的，並依據修改方式的不同分為 1.添加(accretion)、 2.調和(tuning) 即是基模的演進(Schema evolution)、 3.再結構 (restructuring)即基模的創建(Schema creation)。此與下面結構映射理論，以屬性或結構關係相似的多寡來分類截然不同，這裡所著重的是學習者本身的特質。當學習者在面對一個新事物時，他會在現存的基模中即背景知識裏去尋求解釋，然而若沒有現存基模可以滿足新事物的瞭解，那麼就必須產生一個類比基模(Analogical schema)，而此類比基模應該和新事物有一些相似及無關屬性，然後它便作為產生新事物的基模之模版。而類比物中的相似屬性，將會從類比基模遷移到新的基模當中。
2. 結構映射理論：該理論為 Gentner 融合其本人的研究成果與認知心理學的諸多研究結果所歸納出來。依據事物所共有的屬性(attributes)與事物之間所

共有的結構關係(structural relation)，作為分類相似性差異之參考。如一對一相似其屬性與結構關係的相似都很多，而類比則屬性相似少，結構關係的相似多(Gentner, 1983)。相似性的種類，共有之屬性、結構關係及舉例，如表一所示。

表一相似性的種類(修改自 Gentner, 1983., 1989)

| 種類       | 共有屬性 | 共有結構關係 | 舉例                             |
|----------|------|--------|--------------------------------|
| 1.一對一相似性 | 多    | 多      | X12 星系就如太陽系                    |
| 2.類比     | 少    | 多      | 原子結構就像太陽系                      |
| 3.抽象化    | 少    | 多      | 在原子結構與太陽系中質量小與質量大的物體都是繞著質量中心旋轉 |
| 4.純外觀相似  | 多    | 少      | 透明玻璃看起來就如水一般                   |
| 5.隱喻     | 少至多  | 少至多    | 鐵石心腸的人                         |
| 6.反常相似   | 少    | 少      | 咖啡就如太陽系                        |

### (三)類比在教學與學習上的角色

在文獻中有關類比教學與學習的研究可大概歸納成下列幾點：

1. 類比學習為最有效的教學與學習方式之一
  - (1) 類比可發展學生的批判性思考(Middleton, 1991)。
  - (2) 類比推理能改變迷思概念，造成概念的轉移(Brown, 1992., Clement, 1978, 1984)。
  - (3) 類比可以引起學生的學習興趣與動機(Duit, 1991)。
  - (4) 類比能協助學生建立抽象的概念和原則。
  - (5) 類比能協助學生解決問題(Black, & Solomon, 1987., Clement, 1978., Middleton, 1991)。
  - (6) 類比能增進學生的記憶(Mnemonics)，增加對概念的心智映像，協助學生瞭解新的概念(Middleton, 1991)。
  - (7) 類比推理能造成有效的學習(Klauer, 1989)。
  - (8) 類比是促進科學發明與發現的重要因素(Middleton, 1991., Thagard, 1992)。
2. 類比的誤用可能造成迷思概念

Treagust 等人(1992)的研究結果指出，在科學教學環境中使用類比教學，必須事先小心謹慎的準備，並且以學習者的觀點，讓學生們自己來建構他們自己的知識。因此類比的使用必須讓學生對類比物能完全瞭解並且適當的加以引導，避免學生為表面上相似的屬性所誤導(Duit, 1991)。例如在講解氫原子與氧原子組成水的模型時，我們常把木球當做原子，並且把氫原子塗上藍色，把氧原子塗上白色以利辨識，但事實上氫原子不是藍色，氧原子也不是白色。又如許多生物教科書在畫血管時把動脈用紅色表示，靜脈用藍色表示，導致許多學生誤以為有藍色的血液在體內流動(張崇愷，1985)。

#### (四)有關類比學習的一些實證性研究

##### 1. Clement (1978) 的教學研究。

Clement(1978)的自發性類比研究，研究一位大學化學系一年級的學生 Jed，發現 Jed 在類比推理過程中除去了迷思概念，並建立了一般化的法則。而此成效在傳統以教科書為主的教學中是無法獲得的。因此，研究類比推理與解題的認知過程，對於促進有效的學習而言是必須的。

Clement 也發現，在解生疏的問題時，學生通常會將問題與他熟悉的類似問題取得連結，而利用一連串的類比推理來解決問題，在自發類比推理的研究中，他得到三點主要結論。他認為自發類比解題成功的要件為：

- (1) 給與學生一個新的概念時，學生必須要能在心中想出另一個類比的概念。
- (2) 兩事物間類比的關係必須要明確。
- (3) 源類比概念必須要明確，才能再推出新的概念來解決問題。

##### 2. Clement 和 Brown (1984) 對自發性類比研究。

研究指出小孩子很難想像一個無生命而堅硬的桌子對於放在桌上的物體會施以一向上的作用力，Clement 和 Brown 運用以下的類比思考歷程，幫助學生了解這個力學的科學概念：

- (1) 找出一個類比的例子。
- (2) 注意學習物(靶問題)和類比物(源問題)之間的關鍵性特徵。
- (3) 找出連接此二者的類比橋(Bridging Analogies)。
- (4) 作一個明確的遷移。

##### 3. Brown (1992) 類比教學研究。

Brown 指出，應用類比推理教學必須考慮到三點：

- (1) 舉用例子要為學生所熟悉並有意義。
- (2) 類比之間的關係要很明確的表示出來。
- (3) 具體的力學模型可用來幫助學生理解物理現象，並且可以改變學生的概念。

##### 4. Wong, E.D. (1993) 的類比研究。

Wong 以建構主義的理論觀點為基礎，採用質的研究方式，對十一位來自加利福尼亞大學的教師教育研究群加以研究。實驗程序如下：

- (1) 首先研究者將一個注射筒的尖端封死。
- (2) 再把推進器壓縮和抽出。
- (3) 結果推進器分別會再退出和縮回原來的地方。

要參與者對上面的實驗加以解釋，並提出相關的類比例子。再用這個類比例子加以解釋。並評估和修改所設計的類比例子，或者再重新產生一個新的類比，以便能夠做更完美的解釋。研究發現，在經過自發性類比的使用後，參與

者在解釋上有所改變時，同時也對於問題的敘述愈發明確。

5. 陳恆迪等(1993)的國中物理概念類比學習之研究，陳恆迪、徐順益以結構映射理論為基礎，發展一類比教材，經學生自行閱讀教材後，再探討類比學習的效果。研究中共選四項物理概念為主題，以五所學校的 420 名國中二年級及三年級學生為樣本，並隨機指派一半班級為實驗組，其餘為控制組。經過前測及實驗組閱讀類比教材，控制組閱讀非類比教材後，所有的學生接受相同的後測，施測結果得到下面的主要研究結果：

- (1) 實驗組的類比學習成效顯著優於控制組。
- (2) 影響類比學習的相關因素可歸納為：
  - a. 學生在源領域中具有迷思概念。
  - b. 學生缺乏源領域的先備知識。
  - c. 學生為無關的自發類比所誤導。
  - d. 學生缺乏類比推理能力。
  - e. 學生對教材中的類比關係缺乏注意力。

### 三、方法與步驟

#### (一)工具的發展

本研究針對下列六種物理概念，包括液體浮力、速度、靜電力、水的壓力、熱傳導、以及電流現象，設計物理概念教學可用之類比物調查表。此調查表為開放性問卷。目標物除提供概念名稱之外，並給予明確的概念意義，如表二所述。其六種物理概念的呈現如下所述：

表二：物理概念教學可用之類比物調查表

| 學校       | 班級                               | 性別 | 姓名 |
|----------|----------------------------------|----|----|
| 1. 靶領域   | (1). 液體的浮力 = 物體沈入液體中的體積 × 液體的密度。 |    |    |
|          | (2). 物體在液體中所受到的浮力等於該物體所排開液體的重量。  |    |    |
| 可用類比物(1) |                                  |    |    |
| 可用類比物(2) |                                  |    |    |
| 2. 靶領域   | (1). 速度 = 位移 / 所經歷的時間。           |    |    |
|          | (2). 速度為單位時間內的位移。                |    |    |
| 可用類比物(1) |                                  |    |    |
| 可用類比物(2) |                                  |    |    |

#### 1. 液體浮力

- (1) 液體的浮力 = 物體沈入液體中的體積 × 液體的密度。
- (2) 物體在液體中所受到的浮力等於該物體所排開液體的重量。

#### 2. 速度

- (1) 速度 = 位移 / 所經歷的時間。

(2) 速度為單位時間內的位移。

### 3. 庫倫靜電力

(1) 兩電荷間的作用力與兩電荷的電量乘積成正比與兩物體的距離平方成反比。

### 4. 液體壓力

(1) 水的壓力 = 水的密度 × 水柱的高度。

(2) 容器內某一點的壓力等於該點所承受單位面積所形成之水柱的重量。

### 5. 熱傳導

(1) 熱量是從高溫處經由介質流向低溫處。

### 6. 電流現象

(1) 電流是在迴路內從電壓高的地方經由介質，流向電壓低的地方。

## (二) 樣本的選取及施測

樣本的選取分三部份：(1) 有多年理化科教學經驗之理化科教師，曾經多年教授過液體浮力、速度、靜電力、液體壓力、熱傳導、以及電流現象等單元。(2) 對上項所述之概念，有過深入學習之大學生，(3) 曾經學過上述概念之國中學生，因此本研究採機會取樣方式，教師樣本選自正在彰化師大接受碩士四十學分班之自然科教師，教學經歷至少五年以上，合計二十三人，大學生樣本選自在國立彰化師範大學物理系、化學系及生物系一、二、三年級的學生合計一百四十一人、國中學生則選自中部宜梧、陽明兩所三年級學生計一百六十人。每位樣本在五十分鐘的時間完成「物理概念教學可用之類比物調查表」之填寫。

(三) 收回之調查表，針對每一樣本所提供的類比物概念正確或迷失和不相關等先作分類，然後再對類比物的特性作較深的探討。

## 四、結果與分析

### 教師部份：

#### (一) 目標物：液體的浮力

1. 液體的浮力 = 物體沈入液體中的體積 × 液體的密度。
2. 物體在液體中所受到的浮力等於該物體所排開液體的重量。

#### 類比物：

1. 人在海水中游泳較在淡水中游泳，所感受的浮力較大。
2. 人在密度較高的死海中，會浮在水面。故所感受到的浮力較大。
3. 雞蛋在純水中會沉入水底，在水中加入適量的鹽巴後則會浮上來。
4. 氣體的浮力 = 物體在氣體中的體積 × 氣體的密度。
5. 每天所賺的錢 = 每天工作的時間 × 每小時的工作費。
6. 物體的質量 = 物體的體積 × 物體的密度。
7. 在導體中電壓 = 電流 × 電阻。
8. 施力 = 壓力 × 受力面積。

教師對液體浮力的類比物舉例有三種類型：1.浮力的感受、2.浮力的經驗、3.在數學上可用相同方程式表達者。嚴格來說類比物1、2及3所指的仍是產生浮力的一種現象，類比物4若以氫氣球在空氣中受有上浮的力，則可類比液體中的浮力現象。類比物5、6及7則只因其在教學上表示一個因變量等於兩個自變量之乘積。實際上像這種與目標物具有關係上對稱的物理現象，用作類比物教學或許只能幫助學生記憶，對於浮力內含的理解可能無法有正面的幫助。

#### (二)目標物：速度

1. 速度= 位移/所經歷的時間。
2. 速度為單位時間內的位移。

類比物：

1. 日生產率= 生產總數/天數。
2. 壓力 = 正向力/面積。
3. 電功率 = 電能/時間。
4. 頻率= 震動次數/時間。
5. 週期= 總時間/震動次數。
6. 單價= 總價/數量。
7. 密度= 質量/體積。
8. 電流= 電量/時間。

目標物速度，為一概念型態，老師的類比物大都屬於共用法則的舉例，因此可知在自然界屬於一變量對單位某變量的變化率，可謂非常之多，選擇日常生活中曾經體驗過的現象當類比物，對於學習會有正面的幫助。

#### (三)目標物：庫倫靜電力

1. 兩電荷間的作用力與兩電荷的電量乘積成正比與兩物體的距離平方成反比。

類比物：

1. 兩物體間的萬有引力與兩物體的質量乘積成正比與兩物體的距離平方成反比。
2. 摩擦過之塑膠尺與桌面上之小紙削間的距離愈短，則吸引力愈強。
3. 男女孩在一起交往時，其間的距離愈短則相互間的吸引力愈強。

萬有引力定律為學生所熟悉的現象，因此，教師在教庫倫靜電力時很自然引用它當類比物，類比物3並非大多數學生有過經驗的事情，但這種類比在教學上似可增加輕鬆的氣氛。

#### (四)目標物：液體壓力

1. 水的壓力= 水的密度×水柱的高度。
2. 容器內某一點的壓力等於該點所承受單位面積所形成之水柱的重量。

類比物：

1. 穿平底鞋或高跟鞋在沙地上行走，則高跟鞋在沙地上所留下的腳印較深。
2. 在雪地中行走需要穿較大之鞋子。



3. 手所受之力= 放在手上的同一本書×書的數量。
4. 潛水時潛入水中愈深，所受壓力愈大。
5. 大氣壓力= 76 公分水銀柱之高度×水銀之密度。
6. 電量= 電流×時間。
7. 施力= 壓力×受力面積。

這部份的類比物大致可分為兩類型，其一為壓力本身所呈現的物理現象，為日常生活中可體驗得到的，其二則為有相同之數學形式者，諸如類比物 1、2、3 及 4，可說是學習「壓力概念」時可以經驗類比方法切入之有效類比橋。

#### (五)目標物：熱傳導

1. 熱量是從高溫處經由介質流向低溫處。

類比物：

1. 熱流如流水，由高處流向低處。
2. 熱流如物體作自由落體運動，由高處向低處掉落。
3. 風由高壓流向低壓。
4. 電流由高電位流向低電位。
5. 在海邊白天吹海風，到晚上則吹陸風。

本部份的類比物均屬日常生活中可體驗到且為學生所熟悉者。但是有些類比物很難想像與目標物有所關聯。

#### (六)目標物：電流現象

1. 電流是在迴路內從電壓高的地方經由介質，流向電壓低的地方。

類比物：

1. 水流是由高水位流向低水位。
2. 氣流是由高壓流向低壓。
3. 物體在重力場中運動由位能高之處跑向位能低之處。
4. 熱量是從高溫處經由介質流向低溫處。
5. 心臟運送血液由高壓流向低壓。

本部份的類比物有些抽象度高過於目標物本身者，例如類比物 3 及 5。似乎不適合用於類比教學。

綜合以上教師舉例之類比物大致可分成下列幾種類型：

1. 屬不同領域，但有可映射之關係結構者。
2. 屬目標物之有經驗之物理現象者，亦即屬目標概念之較低層次之事實現象。
3. 有相同之因變項與自變項之關係者。
4. 能幫助記憶之類比連想者。

#### 大學生部份：

##### (一)目標物：液體浮力

類比物：

1. 人在海水中游泳較在淡水中游泳，所感受的浮力較大。
2. 雞蛋在純水中會沉入水底，在水中加入適量的鹽巴後則會浮上來。
3. 若將皮球壓入水中，當皮球沈入水中愈多則所施之力愈大。
4. 曹植秤象。
5. 氣體的浮力= 物體在氣體中的體積×氣體的密度。
6. 總價= 數量×單價。
7. 物體的質量= 物體的體積×物體的密度。
8. 施力 = 壓力×受力面積。
9. 作用力= 質量×加速度。
10. 力矩 = 力×力臂。
11. 當浮體的重量愈大，則沈入水中的部份愈多。

大學生對液體浮力的類比物舉例和國中教師的舉例相差不多，大致可分為：

1. 對浮力的感受。
2. 對浮力的經驗。
3. 與浮力共用相同關係結構者。

大多數的舉例與教科書或自身的經驗有關。

## (二)目標物：速度

類比物：

1. 生產率= 產量／時間。
2. 電功率= 電能／時間。
3. 頻率 = 震動次數／時間。
4. 電流 = 電量／時間。
5. 加速度= 速度的變化率／時間。
6. 角速度= 角位移／時間
7. 波速 = 波長／時間。
8. 壓力 = 作用力／施力面積。
9. 週期 = 總時間／震動次數。
10. 單價 = 總價／數量。
11. 密度 = 質量／體積。
12. 植樹問題，每棵樹之間的平均距離= 總距離／樹木總數。

大學生對速度概念的類比物舉例也大都屬共用法則的概念。

## (三)目標物：靜電力

類比物：

1. 兩物體間的萬有引力與兩物體的質量乘積成正比與兩物體的距離平方成反比。
2. 摩擦過之塑膠尺與桌面上之小紙屑間的距離愈短，則吸引力愈強。
3. 照度和光源的發光強度成正比，和距離的平方成反比。

4. 男女孩在一起交往時，其間的距離愈短則相互間的吸引力愈強。

大學生對靜電力的類比物舉例和國中教師的舉例幾乎一致，即朝正、負相吸的方面思考，類比物數量不易擴張。

#### (四)目標物：液體壓力

類比物：

1. 穿平底鞋或高跟鞋在沙地上行走，則高跟鞋在沙地上所留下的腳印較深。
2. 以在海棉上放置同底面積，不同重量的砝碼做實驗。
3. 射水槍時，壓力愈大則射的愈遠。
4. 氣泡在愈深的水中，則氣泡的體積愈小。
5. 大氣壓力= 空氣高度×空氣之密度。
6. 液體之壓力= 液體之密度×液柱的高度。
7. 電量= 電流×時間。
8. 力矩= 力×力臂。
9. 施力= 壓力×受力面積。
10. 波速= 波長×頻率。
11.  $F = -K \times X$
12. 化合物的當量數= 化合物的莫耳數×化合物在水中的解離度。
13. 潛水時潛入水中愈深，所受壓力愈大。

大學生對液體壓力的類比物來自經驗較多，其類型大致亦可分為：

1. 壓力的現象。
2. 與壓力有相同的關係結構之概念者。

#### (五)目標物：熱傳導

類比物：

1. 風由高壓流向低壓。
2. 電流由高電位流向低電位。
3. 流水，由高處流向低處。
4. 自由落體時，物體由高處向低處掉落。
5. 命令由高階首長經由傳令兵傳向低階的服務人員。
6. 以溫度計量體溫時，由高溫傳向低溫最後達熱平衡。
7. 的手拿鐵棒的一端，另一端加熱，則手會感到熱。

熱傳導的類比物舉例大學生有較人性化的舉例例如類比物五，其他和教師舉例大致相同，亦有抽象度很高的類比物。

#### (六)目標物：電流現象

類比物：

1. 水流是由高水位流向低水位。
2. 氣流是由高壓流向低壓。
3. 物體在重力場中運動由位能高之處跑向位能低之處。

4. 熱量是從高溫處經由介質流向低溫處。
5. 打雷時的閃電，由雲層中的高電壓釋放電荷到地面的低電壓。

大學生類比物舉例和教師的類比物舉例大致相同。由此可見大多數教師的自發類比物之形成，亦都來自生活的體驗，在從事教學之後能刻意尋找類比物來幫助教學的情況並不明顯。

### 國中學生部份：

#### (一)目標物：液體浮力

類比物：

1. 人在海水中游泳較在淡水中游泳，所感受的浮力較大。
2. 若將皮球壓入水中，則球會再浮出水面。
3. 潛水艇上浮時要排出水。
4. 物體的質量= 物體的體積×物體的密度。
5. 作用力= 質量×加速度。
6. 電量  $Q = I \times t$ 。
7.  $B(\text{浮力}) = V(\text{體積}) \times D(\text{密度})$ 。

#### (二)目標物：速度

類比物：

1. 生產率= 產量／時間。
2. 電功率= 電能／時間。
3. 閃光攝影的頻率= 閃動次數／時間。

#### (三)目標物：靜電力

類比物：

1. 兩物體間的萬有引力與兩物體的質量乘積成正比與兩物體的距離平方成反比。
2. 男女孩在一起交往時，其間的距離愈短則相互間的吸引力愈強。

#### (四)目標物：液體壓力

類比物：

1. 穿平底鞋或高跟鞋在沙地上行走，則高跟鞋在沙地上所留下的腳印較深。
2. 背書包時肩上的壓力= 書本的總重量／間帶與肩膀的接觸面積。
3. 水壩的厚度愈深愈大。
4. 施力= 壓力×受力面積。

#### (五)目標物：熱的傳導

類比物：

1. 流水，由高處流向低處。
2. 物體，由高處向低處掉落。
3. 風由高壓流向低壓。

#### (六)目標物：電流現象

類比物：

1. 水流是由高水位流向低水位。

2. 氣流是由高壓流向低壓。
3. 物體，由高處向低處掉落。
4. 熱量是從高溫處經由介質流向低溫處。

國中生的自發類比物舉例數量，明顯比教師及大學生少了許多，但是所舉出的類比物，則在形式上並無不同，唯在層次上顯然較偏向於具體經驗方面。

國中教師、大學生與國中學生所提出自發性不恰當類比及迷思類比之類比物如下：

### 教師部份:

#### (一)目標物：液體的浮力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 物體在真空中掉下的速度快，在水中掉下的速度慢，因在水中有浮力。
2. 把手沒入水中，沒入愈深，則感覺所受的浮力愈大。

#### (二)目標物：液體壓力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 如放在地上的水桶，上、下各打一個大小相同的洞，較下面的洞，因壓力大，所以噴到地上的水柱較遠。

#### (三)目標物：熱傳導

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 在流體中的擴散是由高濃度傳向低濃度。

#### (四)目標物：電流現象

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 能量由高能量流向低能量。

### 大學生部份:

#### (一)目標物：液體浮力

1. 物體在真空中掉下快，在水中掉下慢，即有浮力。
2. 把物體沒入水中，越深所受浮力越大。

#### (二)目標物：靜電力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 在不同高處丟一石頭，愈高的地方，石塊掉落所花的時間愈久，即受地球引力愈小之故。

#### (三)目標物：液體壓力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 在水中較淺的壓力比較深的壓力大。
2. 如大氣壓力，高處壓力大，低處壓力小。
3. 如放在地上的水桶，上、下各打一個大小相同的洞，較下面的洞，因壓力大，所以噴到地上的水柱較遠。

#### (四)目標物：熱傳導

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 在流體中的擴散是由高濃度傳向低濃度。

(五)目標物：電流現象

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 熱量傳播方向，由熱量多的傳到熱量少的。
2. 物體由受力大的地方往受力小的地方運動。

國中學生部份：

(一)目標物：液體浮力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 物體沉入水中，增高的水位等於所受的浮力。
2. 物體在液體中所受之壓力 = 沈入液體中之高度 × 液體的密度。
3. 胖子在水中易浮，瘦子易沉，並不是胖子的浮力大，浮力和質量並無關係。
4. 大胖子壓地球的力量 = 本身體積 × 本身密度。
5. 一片葉子所受空氣浮力，即葉片面積與大氣壓力之積。
6. 熱量 = 溫度 × 比熱。
7. 行車的距離 = 行車時間 × 速率。
8. 當選舉時，候選人當選的機率等於其買票花錢的多寡。

(二)目標物：速度

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 壓力是單位面積上所受之質量。
2. 龜兔賽跑中，龜的速度比兔快。

(三)目標物：靜電力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 磁鐵的體積愈大，則磁力愈強。
2. 考試成績 = 打球時間 × 念書時間。
3. 男女間吸引力與打架次數成反比，與接吻次數成正比。
4. 男女間吸引力與雙方相愛程度的乘積成正比，與相見時間的長短平方成反比。

(四)目標物：液體壓力

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 一平面所受的壓力 = 該平面所受物體的重量。
2. 在水底所受水的壓力大，浮力也較大。
3. 物體的體積 = 底的積 × 高。
4. 人所受之壓力 = 事情的難度 × 需用來處理的日數。
5. 讀書的壓力 = 書的密度 × 書本堆的高度。
6. 父母對我們的壓力 = 我們的成績 × 愛我們的程度。

(五)目標物：熱的傳導

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 星體間，質量較小的會被質量較大的吸引過去。
2. 在流體中的擴散是由高濃度傳向低濃度。
3. 水波藉水傳向平靜的水面。

### (六)目標物：電流現象

不恰當類比或迷思類比之類比物：

1. 人會由高壓的地方向低壓的地方流動。
2. 人往高處爬，水往低處流。

在不恰當或迷思的類比物舉例的數量，以國中學生最多，大學生次之，教師尚有少量迷思或不當之類比物舉例，自發性類比物在概念學習的主動建構上發揮影響是可預測的，如果學生在自修或思考解題時，若有錯誤或不當的自發性類比舉例時可能導引學生走入錯誤的思考或理解方向，而造成學習的負面影響。

## 五、結論

在本研究中由國中學生、大學生與國中老師，對於所選定的幾個重要物理單元，其自發性類比物的分析結果如下：

- (一) 國中老師與大學生所提出自發性類比物的項目，較國中學生為多。此與其背景知識之差異有關，國中老師與大學生所擁有的背景知識較為豐富，故能舉出較多樣化的自發性類比物。
- (二) 國中學生，大學生，以及國中教師的舉例之類比物有許多項目是相同的。
- (三) 若依性質上的差異將類比物分成表面、結構與功能相似三類，則國中老師與大學生所舉出自發性類比物的項目性質，與國中學生所能舉出的相比較在結構、功能性質上所佔比例較大。
- (四) 國中學生所舉出之自發性類比物有部份屬迷思概念。
- (五) 國中老師與大學生所提出自發性類比物的項目中有許多屬於具體模型類比。
- (六) 經驗為自發性類比物舉例的最大資源。
- (七) 國中學生類比教學的成敗，最重要的變數為類比物的適切與否。好的類比物應是與目標物之間具有多重性質的相似性，且為國中學生所熟悉或易於瞭解的。

學生的迷思或不當類比，可能造成學生學習上的障礙，如何在一目標概念的學習時，預防學生引用不當或錯誤的自發性類比值得進一步探討

## 陸、參考文獻

1. 郭人仲，〈相似性與學習成效的關係〉，《科學教育月刊》，167期，17-20頁，1994年。
2. 陳恆迪，〈國中學生物理概念類比學習之研究〉，《國立彰化師範大學科學教育研究所論文》(未出版)，1993年。
3. 張崇愷，《物理學的學習方法》，台北：幼獅出版社，1995年。
4. Black, D. & Solomon, J. Can pupils use taught for electric current? *The School Science Research*, 87 249-254, 1987.
5. Brown, D.E. Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 17-34, 1992.
6. Clement, J. The role analogy in scientific thinking, example from a problem

- Solving interview. ERIC:ED 287 702,1978.
7. Clement, J. & Brown, D. Using analogical reasoning to deal with 「 deep 」 misconception in physics, This paper was founded in part by FIPSE Grant # 6008302557,1984.
  8. Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. The use of analogies in written text. *Instruction Science*, 13, 99-117,1984.
  9. Duit,R.On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672,1991.
  10. Gentner, D. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170,1983.
  11. Gentner, D. The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and Analogical Reasoning* pp. 199-241, New York: Cambridge University Press,1989.
  12. Gick, M. L., & Holyoak, K. J. Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38,1983.
  13. Gilbert,S.W. An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Science Education*, 26(4), 315-327,1989.
  14. Glynn, S. M. Explaining science concepts: A teaching-with- analogies model. In S. M. Glynn, R. H., & Britton, B. K.(Eds.), *The psychology of learning Science*, 219-240,1991.
  15. Klauer,K.J. Teaching for analogical transfer as means of improving problem-solving, thinking and learning. *Instruction Science*, 18, 179-192,1989.
  16. Middleton,J.L. Student-generated analogies in biology. *The American Biology Teacher*, 53(1), 42-46,1991.
  17. Pella, M.O. *Concept of concept*, University of Wisconsin- -Medison,1975.
  18. Polya, G. (1957) 原著，閻育蘇譯《怎樣解題》台北：九章出版社，1993。
  19. Posner,G.J., Strike,K.A., Hewson,P.W. & Gertzog,W.A. Accommodation of scientific concept: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), p.p 211-227,1982.
  20. Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. Analogical processes in learning. In J. R. Anderson(Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale, NJ:Erlbaum, 1981.
  21. Stepich, D. A. & Newby. T. Analogical instruction within the information processing paradigm: Effective means to facilitate learning. *Journal of Science Education*,17.129-144,1988.
  22. Sternberg, R. J. Stalking the IQ quark. *Psychology Today*,1979.
  23. Thagard,P. Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in in Science Teaching*, 29(6), 537-544,1992.
  24. Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I. Science teacher's use of analogies: observations from classroom practice. *Journal of Science Education*, 14(4),413-22,1992.
  25. Vosniadou, & Andrew Ortony,(Eds).*Similarity and Analogical Reasoning* pp.1-15. New York: Cambrige University Press,1989.
  26. Wong, E. D. Self-generate analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 367-380,1993.
  27. Zeitoun,H.H. Teaching scientific analogies: a proposed model. *Research in Science echnological Education*, 2(2), 107-125,1984.