

概念及概念學習在學科教學上之應用

—以弱酸的教學為例

劉宏文
省立臺中第二高級中學

摘要：任何概念的組成都有其屬性與值，日常生活概念的屬性界定較為模糊，但科學概念界定卻是明確的。科學概念的學習可經由屬性的呈現，及正例、反例的並舉，從屬性的底層由下而上，經由對比及概念衝突而達到有效的學習。

本文即以弱酸的教學為範例，探討了屬性、正、反例的呈現，最後形成學生的認知結構，達到弱酸概念建立的目的。

關鍵詞：概念、認知、科學教育。

一、概念(Concept)的定義

Bruner 在“思考的研究”一書中表示(Bruner, 1956)表示：沒有一件事物是獨一無二的，或與其他事物完全不相關連的；因此任何一件事物都可找到一個歸屬的類別，而成為此類別中的一個正例(positive instance)。如：書的正例與正例間有許多共同的屬性(attribute)，即：許多頁、封面、印刷字體……等；每一屬性各有其值(value)，如：(多少頁)、(彩色、黑白)、(正楷、隸書)，此屬性與值的關係就組織成不同形式的概念。因此，簡單地說，概念可定義為：一群具有共同特性之事物的總稱。

二、概念的分類

概念依其屬性的組成型式大致分為下列兩大類：

1. 簡單概念：單一屬性，如：紅色。

2. 複雜概念：由兩個以上屬性共同界定，又可區分為：

(1) 聯合概念(conjunctive concept)：兩個以上屬性共同聯合組成，如：少女的屬性
①年齡②性別，缺一不可。

(2) 非聯合概念(disjunctive concept)：也是由兩個以上屬性共同界定，但不必同時成立。如：棒球比賽中的好球可以是。①投手投出的好球。也可以是②投手投出壞球，但打者揮空，或擊出界外球。

- (3)條件式概念(conditional concept)：屬性間存在某種條件的限制，如：紳士除了年齡及性別外，還必須能對女士彬彬有禮。

三、概念的學習

1.屬性學習：同一概念的衆多屬性間往往最凸顯(salience)的屬性最易被學習；此凸顯的屬性是否是相關(relevant)的屬性，往往可藉由假設驗證的過程逐步將不相關(irrelevant)的屬性淘汰掉，最後剩下相關屬性以確認概念。因此，假說驗證的過程即是一種主動認知過程(cognitive process)而且涵蓋了回饋(feedback)的過程。

Bruner et al. (1956)指出人們利用兩種策略進行假設驗證：

- (1)整體性策略(wholistic strategy)：假設遇到的第一個例證即涵蓋各種屬性，然後隨後來的例證逐步修正，一直到相關屬性成立。
- (2)部份策略(partist strategy)：先選擇一個聯合概念做為例子，然後驗證，若不符合，則另選一個聯合概念，若符合則保留之，如此學習者極易遺忘前面學習過的屬性，而遭致失敗。

2.規則學習：概念除了由相關屬性組成之外，還包含屬性間相互組合的規則在內；尤其在複雜概念的屬性間規則更多。(Kendler 1975)的研究顯示複雜概念的學習無法由制約—反應的增強而獲得，而是學習者由反例中經思考、建構的過程而學習到正確的概念，至於聯結概念、非聯結概念、及條件概念學習的難易程度，視情況而定。

四、概念學習範例→以弱酸的學習為例（高中化學第七章第二節）

弱酸的概念對多數高中生而言，僅止於定義的瞭解，因此是片段的無關聯性的；原因出自對弱酸的概念的許多屬性認識不清；導致後來對酸鹼滴定，中和及鹽的生成與水解等問題造成學習上的困難。本範例試圖從概念呈現圖著手以由下往上(bottom up)的方式，從認知心理學的角度逐步將概念與學生的內在經驗相結合以達到概念學習的目的。

概念的表徵(concept representation)

- 1.名字(Name)：弱酸。
- 2.定義：採阿瑞尼士(Arrhenius)酸的定義：凡是在水溶液中能解離出 H^+ 者稱為酸。

強酸：完全(或幾乎完全)解離者。

弱酸：部份解離者。

3. 屬性(attribute)與值(value)

屬性	值
(1)使石蕊試紙變色	紅色
(2)使酚 溶液變色	無色
(3)水溶液能導電	弱導電性
(4)解離度	小
(5)能被鹼中和	達當量點後溶液成鹼性
(6)與活潑金屬反應生H ₂	H ₂ 量較少
(7)pH < 7, [H ⁺] > 10 ⁻⁷ (25°C)	接近pH = 7
(8)平衡	平衡趨向反應物(K值很小)

4. 正例：單質子弱酸(一元弱酸) CH₃COOH(aq)。

反例：一元強酸HCl，及HCl(g)。

五、教學示範

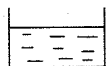
學生先備知識：(1)體積莫耳濃度(M)：即每升溶液內所含溶質的莫耳數。

(2)平衡常數(K)定溫下對任何反應aA + bB = cC + dD則

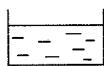
$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

1. 由感覺經驗開始：

各位同學家裡都有兩種酸，一種在廚房中用，是什麼酸？醋酸CH₃COOH(aq)。一種在廁所中用，是什麼酸？鹽酸(HCl(aq))很好！現在各取



及



放在這兒；

0.1M CH₃COOH

0.1M HCl

100mL

100mL

我們分別在兩種酸中加入下列試劑，結果如下表：

	0.1M CH ₃ COOH	0.1M HCl
①石蕊試紙	紅色	紅色
②導電性（燈泡發光）	弱光	強光
③加少許大理石	省量CO ₂ ↑	大量CO ₂ ↑
④加入金屬Zn片	少量H ₂ ↑	大量H ₂ ↑

同學有無注意到，這兩杯酸的濃度都是0.1M，但“威力”卻大不相同！你們知道為什麼嗎？現在讓我們一起解開“威力”之謎。

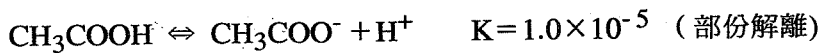
2. 屬性的列舉與解釋：

假想你自己是化身博士，穿了一套潛水衣，帶了一副特製的眼鏡（可惜尚未發明），潛到上述0.1M CH₃COOH及0.1M HCl中，你將會看到什麼呢？

讓我告訴你，如果你沒被“酸死”，你在醋酸溶液中，看到的絕大部份（90%以上）都是CH₃COOH分子，只有極少數的H⁺及CH₃COO⁻離子在游動；但在鹽酸中，你會看不到HCl分子，你看到的卻是大量的H⁺及Cl⁻離子，在水中游動。這就是HCl“威力”強大的原因。

3. 正例與反例的呈現：

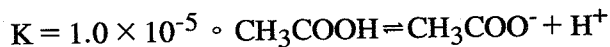
上述現象，如果我們以化學式表示，可寫成：



所以，0.1M HCl意味著水溶液中[H⁺] = 0.1M [Cl⁻] = 0.1M [HCl] = 0；0.1M CH₃COOH意味著水溶液中[H⁺] << 0.1M [CH₃COO⁻] << 0.1M [CH₃COOH] ≈ 0.1M。

如果問你0.1M HCl中[H⁺] = ? 你可以大聲說[H⁺] = 0.1M = 10⁻¹M，pH = 1。而0.1M CH₃COOH中[H⁺] = ? 你卻不可以大聲說[H⁺] = 0.1M 而是非常小於0.1M，那麼0.1M CH₃COOH中[H⁺]到底是多少？

我們的算法如下：因為CH₃COOH ⇌ CH₃COO⁻ + H⁺是一個平衡系



原有	0.1M	0	0
變化	-x	+x	+x

平衡	0.1-x	x	x
----	-------	---	---

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \text{ 即 } 1.0 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1} \quad x = [\text{H}^+] = 10^{-3}\text{M}$$

$$\text{pH} = 3$$

4. 正確概念的呈現：

現在我將剛才講過的內容整理一下，把不相干的東西去掉：

	$[\text{H}^+]$	pH
0.1M HCl	0.1M	1
0.1M CH_3COOH	10^{-3}M	3

好了！我們終於解開威力之謎了，原來 $[\text{H}^+]$ 的濃度相差了100倍，才造成鹽酸的威力如此強大。

5. 概念衝突的發生：

接下來，我們要做一件更有趣的事，我們如何可以把HCl及 CH_3COOH 的武功廢掉？大家想想用什麼辦法最好？

答：用鹼中和！

對了！我們能找到最方便的鹼是NaOH，現在我取0.1M NaOH 100mL我們先廢掉100mL 0.1M HCl的武功，要怎麼辦？

答：取0.1M NaOH 100mL與0.1M HCl 100mL中和。

對！同學知道酸鹼中和的代表式寫成 $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ，所以0.1M HCl 100mL要用0.1M NaOH 100mL中和才能達當量點，那麼，0.1M CH_3COOH 100mL要用0.1M NaOH多少來(mL)中和才能達當量點？還是100mL嗎？

6. 學生討論後，引出可能的迷思概念(misconception)或另有想法(alternative thinking)

我的說明如下：NaOH提供了 OH^- 進行 $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 的中和反應，所以有多少 H^+ 你就必需提供多少 OH^- ，因此我們需要100mL 0.1M NaOH去中和100mL 0.1M的HCl。

但是在 $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ 的平衡系中，前面提過 $[\text{H}^+]$ 的濃度比HCl中少了100倍，是否只要加入1/100的NaOH（即1mL）就可將 CH_3COOH 完全破功？

不是這樣的！因為 $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ 是一個平衡系，每取走一個 H^+ ，左邊的 CH_3COOH 會繼續解離出一個 H^+ 以維持平衡，因此當你不停的加入 NaOH ， CH_3COOH 就不停的解離，一直到全部的 CH_3COOH 全部解離為止。所以要廢掉上述兩種酸的武功，所加入的 NaOH 量是一樣的。唯一不同的是在 $0.1\text{M CH}_3\text{COOH}$ 100mL 中加入 100mL NaOH 達當量點溶液成鹼性。

7. 正確概念的確定：

我們再將上述現象整理成下表：達當量點時

	加入 0.1M NaOH 中和的量
$0.1\text{M HCl } 100\text{mL}$	100mL
$0.1\text{M CH}_3\text{COOH } 100\text{mL}$	100mL

六、討論

1. 上述教學示例，僅達到弱酸概念的建立，弱鹼也可比照上述方法，由學生自己模擬練習。

2. 概念的本質可分為：

(1) 自然的概念（日常生活概念），它的屬性有時不是十分明確的，如：企鵝與麻雀都是鳥類，但麻雀顯然具有成爲鳥的更多屬性，又如：杯子與盤子的界限十分模糊，因此乏晰性（或譯爲模糊性 *fuzziness*）是自然概念的本質之一。（Anderson, 1990）。

(2) 科學上的概念大多具有明確的屬性 (*well defined*)，也稱爲定義上的概念，如：三角形、酸、能量、力、平衡……等。

因此，教學時就應把握概念的本質，增進教學效果。

3. 概念學習的過程中，研究顯示 (Bower & Trabasso 1963)，不論正例或反例都有助於學習者建立相關的屬性，進而確認概念。概念學習，不是早先行爲學派所認爲：是經由多次的嘗試錯誤後，被動的回饋所制約；而是學習者在錯誤發生之後，對所受的回饋加以理解後，以形成正確的假設，最後再累積成爲概念。

4. 根據 Posner 等人的看法，科學概念的改變必須符合下列四個條件：(Posner et al., 1982)

(1) 不滿意 (Dissatisfaction)：對現有概念的不滿意，無法普遍解釋自然界的現象或

有效解決問題。

(2)明智的(Intelligible)：新的想法，相對於原有概念，似乎含意更廣，更為可行。

(3)有理的(Plausible)：新的概念，藉由類此或正反例的呈現，比原有概念更為合理而明晰。

(4)有效的(Fruitful)：新的概念比原有概念更能有效的解決問題，更具普遍性。

學生在經歷過上述階段後，概念才能有效的改變，新概念才能確立，Posner的觀點與上述弱酸概念建立的七個步驟相當符合；當概念的合理性愈高，愈有可能確立。

5. 概念學習由下而上(bottom up)的過程，即是一種學習者主動認知的過程，所以教師應體認此種回溯的特性，逐步的將陳述性知識，轉化成程序性知識，而在此轉換的過程meaning base是一重要的機制，除此之外，凡是能深化學習的方法（如：精緻化、組織化），也要注意、考慮。(Gagne, 1993)

七、參考資料

1. 林清山譯（民79）：教育心理學—認知取向，台北市：遠流出版社，124-128頁。
2. 鄭麗玉（民82）：認知心理學—理論與應用，台北市：五南圖書出版社，108-114頁。
3. Anderson, J.R. (1990): Cognitive psychology and its implications (3rd ed.), New York: W.H.Freeman and Company, pp.305 ~ 311。
4. Bruner, J.S., Goodnow, J.J., & Austin, G.A. (1956): A study of thinking, New York: Wiley。
5. Bower, G.H. & Trabasso, T.R. (1963): Reversals prior to solution in concept identification, Journal of Experimental Psychology, pp.409 ~ 418。
6. Gagne, E.D. (1993): The Cognitive Psychology of school learning (2nd ed.), New York: Harper Collins College Publisher, pp.176 ~ 182。
7. Kendler, H.H. & Kendler, T.S. (1975): From discrimination learning to cognitive development: A neobehavioristic odyssey, In W.K. Estes (Ed.), Handbook of learning and cognitive process, Vol.1, Hillsdale, N.J.: Erlbaum。
8. Posner, J., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982): Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, Science Education, 66(2), pp.211 ~ 227。

The implications of concept and conceptual learning and their applications in content—pedagogical instruction—The weak—acid teaching model as an example

Hong-Wen Liou
Taiwan Provincial Taichung Second
Senior High School

ABSTRACT

Each concept has its own attribute and value. Although the definition of everyday's concept is vague, the attribute of scientific concept is well-defined.

Scientific conceptual learning may come up to effective learning by presenting the attributes, examples and nonexamples which start bottom-up with the basic attributes, analogies and conceptual conflicts.

Through teaching model on weak-acid, this article discusses the cognition and perceptual operation of the students, and the presentation of attributes, examples and nonexamples to eventually meet the purpose of building weak-acid concept.

Key words: Concept, cognition, Science Education.

(收稿日期：85年3月25日，接受日期：85年4月9日)