

以熱學思想史的動態過程 探究科學理論的建構及教學上的啟發

陳育瑛 洪振方
國立高雄師範大學 科學教育研究所

摘要：本文探討的重點，即藉由熱學史上有關熱質說及運動說的辯證，來對科學的發展加以詮釋及闡述，並探討理論的興衰與科學家的自我信念。本文希冀藉由熱學思想史的動態過程，一窺科學理論的建構，以獲致教學上的啟發與運用，並提供教師們有關利用歷史小品來進行認知見習之科學史教學方向。

關鍵詞：科學史 科學教學 認知見習

壹、前言

「當我們致力於探討如何發展學生的思考技巧時，為什麼我們不嘗試從瞭解與學習科學家的思考著手？」Kipnis（1996）如是說。

的確，科學史料記載了饒負趣味、可資殷鑑的寶藏，足以提供吾人許多思維上的啟發。基於她豐富的內涵，Matthews（1994）曾談到，學者們於不同的時、地，均曾有過將科學史融入課程中的幾點訴求，諸如：

1. 史料能增進對科學概念及科學內容較好的理解力。
2. 科學知識的發展與個體思想的發展，可藉由歷史上的研討相互連接。
3. 在瞭解科學的本質上，歷史有其必要性。

有鑑於此，筆者嘗試從熱學思想史的建立，來詮釋科學家們思考的角度，以及理論建構的動態過程（dynamic process），並希冀能從中獲致教學上的啟發。

本文中有關熱學史料的部份，其素材主要來自於：(1)金吾倫（民 82），(2)李執中等譯（民 84），(3)郭奕玲 沈慧君著（民 85），(4)郭奕玲 沈慧君編著（民 84），(5)郭奕玲 沈慧君著（民 83）。經由採擷統整後，穿插筆者的思考與詮釋，而形成熱學思想史的脈絡。

貳、熱學思想簡史

一、熱學的初興與熱質說的導因

許多科學內容根源自日常生活中直接的經驗，熱學的研究亦然，由經驗中我們能辨

別冷熱的不同，這種冷熱的感覺既是與生俱來，探究熱的起源便一直是科學家們努力的目標。

自遠古時期，「火」便在文化的發展中扮演一個重要的角色，同時也是最易感受到的熱源。古希臘哲學家將火視為四大元素之一，於今而論未免荒誕無稽，然而四元素說雖不圓滿，卻完美符合當時許多可供觀察的現象，亦能對現象提出一個合理的解釋。由於「火是元素」這個觀念曾深植人心，也間接促成了「熱是物質」這個概念。

量熱學的興起使熱學由定性的道路慢慢走向定量的發展，但並不意味著熱學的探究也走向坦途。18世紀中葉著名的科學家波爾哈夫（H.Boerhaave, 1668-1738）便提出「熱是一種特殊物質所組成」之說法，並認定同溫度的物體便具有相同的熱量。他利用這種觀點來探討物質間熱量傳遞的問題，如將40度的水與同體積的80度的水相混合，水溫成為60度，據此推斷熱水將熱量輸予冷水。波爾哈夫認為物質混合時有能量交換的現象，這種想法深深影響著當時的科學界，並造成熱（heat）和溫度（temperature）混為一談的局面。

事實上，波爾哈夫未能解決所有的問題，如為何利用40度的水與同體積的80度的酒精相混合，水溫便較60度低。他進行了許多實驗，但終究未能解決這些異例（anomaly）上的難題。然而熱學初興時能有這些傲人的成就已頗為不凡，波爾哈夫之於熱學是相當有貢獻的。

二、布萊克的熱學研究

當時英國科學家布萊克（Joseph Black, 1728-1799）深入的剖析了波爾哈夫的實驗，並親自規畫新的研究，他發現波爾哈夫的實驗帶給他許多省思，並試圖從前人的資料中尋求對熱現象更適切合理的解釋。在探究的過程中布萊克發現一些重要的關鍵，據此他認定將溫度和熱量相混淆的見解是不正確的。

波爾哈夫曾做過相關的研究，他談到：「如要使水銀與水的熱增加到相同的溫度，加熱水銀只需較少的熱便可將溫度提高到相同的度數。」

顯然波爾哈夫在其中發現一些有關熱容量（heat capacity）的現象，卻未能找出更深入的想法。布萊克踏著波爾哈夫的肩膀看到另一片天地，並敏銳地感受到自己需求的方向。他研判我們不能因為溫度計讀得相同數字便粗略地認定40度的水銀和40度的水具有相同熱量；若水銀和水在加熱過程所需的熱量不一致，則將同溫度的物體視為同熱量的想法就有令人質疑的空間。

經過他縝密的思考，並利用不同的物質加以驗證，發現非但水及水銀有不同的熱容量，每種物質均有和其他物質相異的熱容量。他並發展了潛熱（latent heat）的概念，在物質相變的過程中熱量的進出是無法利用溫度計測得的，因此也更區分了熱和溫度截然不同的意義。

三、熱質說的疑難—熱質重量何處得？

當布萊克在熱學上的研究越來越細緻而精闢時，卻在理論上有一個潛伏的危機，也就是熱質說（caloric theory）的影響。布萊克認為，熱應屬一種物質，其質量微小且可流動。基於布萊克在熱學上的歷歷成就，熱質之觀點引起了廣大的共鳴，布萊克所倡導的熱質說很快地取得優勢地位，由於作為此一假說支柱的熱量守恒原理很容易被拿來和當時普遍盛行的物質守恒原理相提並論，成為自然界的普遍定律，再加上潛熱及熱容量的發展，熱質說對種種熱現象給予的簡明又清晰的詮釋顯然說服了當時的科學社群（scientific community, Kuhn, 1970）。以熱質說為基礎提出的這一幅令人讚賞的圖景，使幾乎所有的研究者都相信此一學說足以提供一套堅實的理論框架。

然而在布萊克的心中卻不免有一個無法解決的疙瘩，這也是他最感到困擾的：既然物質擁有質量乃是不變的定律，那麼熱質的質量究竟如何取得？也許他能避而不談，或者用「熱質的質量太過微細，不能用現今的儀器加以測量」的保護帶（protective belt, Lakatos, 1970）加以轉圜，但可以臆測的是他一直希望由實驗攫獲一些蛛絲馬跡，能對「熱質有質量」這關鍵點加以檢測，並提出具體的驗證，只可惜這種想法未能實現。

他越是思索這些不可解的問題，就越感到好奇。布萊克心裡一直確信熱必定是有質量的，便不停地驅使自己想辦法以各種可能達成的方式來驗證。在他心底免不了有一個聲音縈繞不去，「只要能將熱的質量測出，即使是一次也好，那就太完美了。」但是為何這樣多熱質進出的當兒卻總是不露痕跡，真叫人想不透啊！

冰 + 熱質 → 水

他也知道冰在相變的過程中加入熱質而能成水，不解的是無論多龐大的冰塊在融化時即便吸收許多熱也不對其質量有所影響，換言之，冰塊和熔解後的水質量相同。若由熱質說的觀點出發，這現象看來甚是不合常理。總不會加入了許多熱質卻不能測得一點一滴吧，真令人難以置信，要如何解釋這個燙手山芋呢？

布萊克煞費苦心卻遍尋不著出路。若熱質說能在這麼多理論中脫穎而出，將現今的熱現象敘述的這麼圓融，就沒有摒棄它的道理。一切只能怪造物者開了個玩笑，把熱設

計得如此巧思微妙，以至於窮畢生之力也未能將它隱蔽的一面揭發出來，即使如他這般耕耘熱學成就輝煌的大師，亦不能一窺堂廟，「我想總有一天待時機成熟，上帝會幫助有心人完成這項志業，現在是不可能測得熱的質量的。」他嘆息著並將此問題留待後人解決，這極具聲望並享有尊榮的理論始終未能將缺陷補齊，此疑點使熱質說留下一個不完美的圓。

布萊克對熱學的貢獻一直影響著許多信徒，將他的學說發揚並廣為流傳，他們希冀能由布萊克的熱質說出發，探求更多新知識。科學家們對熱質說感到信心十足，18世紀著名的科學家拉瓦錫（Antoine Lavoisier, 1743-1794）及拉普拉斯（Laplace, 1749-1827）還利用熱質說來支援其從事的科學研究，由熱質說的表現看來著實是可圈可點，然而建築在不堅實的、錯誤假設上的宏偉大廈仍是搖搖欲墜，終歸要崩場的。

四、倫福特的疑惑—熱有重量嗎？

這撼動整座熱質說大廈的物理學家不是別人，正是美國科學家倫福特（Rumford，原名 Benjamin Thompson, 1753-1814）。他深入鑽研熱學並對熱學產生極濃厚的興趣，他曾寫到：「進行熱的實驗往往是最樂意從事的事情，……從十七歲那年起這個課題就已經引起我的注意，……後來我雖常被別的事情干擾，但只要能抓住一點時間總要回到這個問題上來，而且對熱現象的興趣越來越濃。」由此可知，倫福特在對熱質說進行批判時早已對熱學鑽研至深，因而他能針對熱質說的膏肓處進行針砭，一連串的綿密實驗造成了熱質說的危機。

首先他對熱質說展開毫不猶豫的抨擊，「熱質是否具有重量」的觀點在倫福特眼中應加以明朗化，不能蒙著似是而非的面紗。他著手設計更精細的實驗，藉以反駁熱質說的信徒。

當時他的理論背景受到著名的荷蘭化學家波耳哈夫所寫的一篇關於「火」的論文的影響，波耳哈夫建議熱是受熱物體的振動，這個觀念在倫福特的思想中起了作用。他支持熱的運動說（kinetic theory），並推想若熱質能加以稱量，則不得不接受熱是物質的觀點；若是熱不能加以稱量，雖不必然否認（falsification, Popper, 1963）了熱質說，卻也能證實無論熱是否有重量，都比他的靈敏天平所能測的還要微小。

他細心策畫的精緻實驗，其中幾經波折，終於獲致令人滿意的結果，他巧妙地利用布萊克著名的學說作為開展自身研究綱領（research programme, Lakatos, 1970）的利器。倫福特挪用布氏的「潛熱」做為設計之腳本，憑藉此觀點中熱量的進出規畫研究之步驟，

實驗顯示在水凝結成冰的過程中放出相當多的熱量，卻對可觀察的重量沒有任何的影響。

倫福特驕傲的表白：「我想我們或許可安心的結論：所有試圖發現『熱對於物體可觀察的重量，具有任何的影響』之行徑，終將注定失敗。」

事實上這大膽的臆度雖失之輕率，卻說服了許多科學家，甚至連熱質說的信徒也開始懷疑「熱是否有重量」，而熱質說與運動說的辯證（argument）也開始由這場精彩的戲碼展開了長期的奮戰過程。

五、運動說的勝利

僅僅靠著熱與重量無關的實驗研究雖讓倫福特在競爭策略中獲得一時的勝利，卻不足以摧毀熱質說的硬核（hard core, Lakatos, 1970）地帶。支持熱質說的群眾可以假設「熱質不具有重量」建立理論周邊的保護帶，而得到喘息的餘地，然而倫福特卻醞釀另一波更強而有力的攻勢，企圖攻陷熱質說最後一道防禦藩籬。

倫福特在擔任大炮總監的任務時，基於他對熱學長期而深入的探索，他敏銳地發現下一個值得鑽研與思索的目標，那就是眾所皆知的摩擦生熱（heat from friction）現象，這基本的熱現象卻隱含無窮的信息，它激發了倫福特深層的思維。

熱質學家當然也解釋過諸如此類的摩擦現象，他們提到物體經由摩擦熱質亦被拉曳，金屬屑從金屬塊中切削下來時帶去了大量熱質，因此溫度明顯升高。倫福特針對這個關鍵點產生質疑，他在監製大炮鏜孔的過程注意到銅炮炮筒被鑽削時，在切下銅屑的當兒不僅銅屑溫度升高，炮筒溫度亦隨之提昇，產生大量的熱。倫福特研判若由熱質守恆的觀點著手則不可能發生此現象，當銅屑帶走炮筒的熱質時，理應使炮筒溫度降低，然而炮筒之溫度卻不減反升，這顯然產生了理論內部的相互矛盾。

掌握住熱質說的要害，倫福特進一步規畫下一個實驗，他先比較同一金屬屑和金屬片的比熱，發現它們的比熱是一樣的，於是便反駁了熱質說的「金屬屑比熱大」之論點。

接著，倫福特又設計了一個大炮鑽腔的實驗，他運用鈍的鑽頭來鑽炮腔，企圖將鑽腔的時間延長藉以產生更多的摩擦。實驗證實炮筒溫度上升了 39 度，而鑽下來的金屬屑卻只佔炮筒的 1/944，倫福特不禁問道：這熱質由那裡來？如果熱質的來源是金屬屑，則金屬屑必須降溫三萬七千度才合理。

為了推翻熱質說的根本論點，倫福特再度進行另一次生動的實驗，也就是著名的水箱實驗。他把圓桶放在一只水箱中，水箱中的水重 8.5 公斤，讓馬匹帶動鈍鑽頭在圓筒

中旋轉，經過兩個半小時竟使水沸騰起來。這一次漂亮的結果不僅讓所有的觀眾感到驚奇，連倫福特也意外極了，他簡直無法抑制自己的喜悅，回憶起當時的情景，他說：

「這件事雖然不值得大驚小怪，可是它卻使我感到兒童般的喜悅，假使我有流芳百世的野心，我必將它藏諸名山而不願公諸於世。」

的確，在旁人眼中的水箱沸騰卻是倫福特夢寐以求的理想，它不僅撼動了熱質說的硬核，也支持了倫福特心中的研究綱領。這強大的熱來源既不是空氣，也不是水，而是摩擦。只要不間斷的摩擦，熱將源源不絕的產生。這豐碩的成果，歷歷顯示出倫福特開發的研究戰線在一系列理論戰略中獲得極大的優勢，亦對熱的運動說強化了理論內部的硬核，在鑿鑿確證下熱質說面臨不可忽視的危機，新的研究綱領已然呼之欲出。

參、科學理論建構過程之交互競爭與交互辯證

一、布萊克為何篤信熱質說？

走筆至此，我們在熱質說與運動說這段著名的科學史中發現了些值得探討的部份。當我們追溯布萊克的思維時，發現他與倫福特在潛熱上所見到的具體事實應是相同的，為何布萊克始終未能從熱質說的懷抱中驚醒，從而發現其理論內部的缺陷呢？

實際上布萊克應對熱質說的整體概況有相當深切的瞭解，他洞悉熱質說的缺陷，然而當他帶著熱質說玫瑰色的眼鏡去觀察世界時，一切的疑問都變的如此渺小且可被原諒。在熱質質量這個方面所顯現的難題雖不能即時解疑，而利用「熱質質量微小」或甚至以「熱質不具有重量」的特置性假說（ad hoc，傅大為，民 77）來維護，但當時熱質說在外部理論上卻有很好的一致性，如「熱如何穿過真空」的現象，熱質說便有較佳的解釋而佔優勢。

科學理論並非獨立的結構，它們的基礎和其他科學的基礎息息相關，當時的科學社群多相信熱質說的解釋較為合理並具有好的釋疑力。有了這些支持，熱質說儼然形成範式（paradigm, Kuhn, 1970），在範式指導下此異例顯然被忽略，特別是布萊克一手草擬此學說，更以它成功的解釋許多現象並發展出熱容量及潛熱的觀念，他篤信熱質說乃是必然的宿命，縱使被束縛也不願輕言放棄。

二、倫福特勇於思考—大膽懷疑的批判者

相對而言，倫福特少了許多包袱，他一接觸熱學便對其疑難處產生極大的興致，當他假定熱質具有質量並試圖加以量測時，卻在實驗中發現熱質說更多的漏洞與矛盾，並一步步加以策畫俾能證偽其理論。我們可推測倫福特一開始即非熱質說的信徒，他不僅

堅持熱的運動說，並由許多觀察和經驗中體認熱質說的窒礙，他企圖經由縝密的實驗來顛覆熱質說的研究綱領，對其理論的根本存疑，儼然以批判者的角色自居。

基於對熱學的喜愛，他累積了廣博深厚的知識。倫福特絕非偶然的查察出熱質說之端倪，他早在進行各種實驗研究之前已有過深入的探討及在心中長期的反覆思索。當然他也許獨具慧眼及擁有過人的才華，然而「機遇只垂青那些有準備的頭腦」（巴斯得，引自金吾倫，民 82），倫福特與熱質範式引導下的研究社群最大的差異點即在於「一顆懷疑的心靈」，使他能順利看見這張「異常的紅桃牌」（Kuhn, 1970）。

二、倫福特的競爭策略

由此顯見，倫福特心中早已規畫出新的研究綱領，新綱領的誕生支持他朝著熱質說相反的方向前進。在與最大的敵手較勁之前，他評估了自己的勝算，並認定針對其懸宕已久的關鍵性問題做出判決（crucial）是他爭取優勢的最佳良方，因此他著手策畫熱質質量的測量，當時他也未有十全的把握，因此在實驗之前亦不宜妄下揣測。他靈巧的說明他的但書：「若熱質能加以稱量，則不得不接受熱是物質的觀點；若是熱不能加以稱量，雖不必然否證了熱質說，卻也能證實熱無論是否有重量，都比靈敏天平所能測的還要微小。」後者的證實雖不直接推翻熱質說，卻明顯地披露了熱質理論的致命傷。

除此之外他所做的一系列實驗，皆在彰顯其運動說的優點而摒棄熱質說的缺失。倫福特深明競爭的哲學，他善用兩研究綱領中之對立點，正面積極地開發他的理論戰線，藉以擴充保護帶之範疇，唯有如此始能與熱質說這樣龐大的理論巨人相抗衡，倫福特的努力使世人重視到他的聲音，並迫使他的競爭對手非可等閒視之。

四、熱質說與運動說的長期辯證

當時在符合事實的層面上，熱質說與運動說各自掌握一部份有利的籌碼，因此相互辯證了近五十年之久。事實證明熱的運動說雖以新生理論的姿態出線，尚未成熟，然而當相關理論發展到一定程度時，運動說逐漸展現其過人的預見力及解釋力，之後焦耳（J.P.Joule, 1818-1889）的熱功當量實驗及分子學說的開展更奠定了運動說的穩固地位；熱質說因未能對新現象做出合理的解釋，導致其理論的退卻並逐漸式微。

肆、教學上的啟發

由科學教育的角度來看，整個熱學發展的過程不僅饒富趣味且發人深思。由熱學思想史的交互辯證及批判思考（critical thinking）中，吾人可發現許多教學的新方向，以

提供研究及實務上的規畫、思考、反省和改進的參考點。

一、科學思考的認知見習

實際上，布萊克及倫福特均是聰穎優秀的科學家，在科學的發展過程皆佔有舉足輕重的地位。基於個人信念的差異，他們雖在方法上及方向上截然不同，但所秉持的理想是一致的，即希望釐清熱學的模糊地帶，引領熱學遠離迷霧。雖然在探索的過程不免被囿於時代背景，而在理論框架中均有所缺失，然而他們的功績並非以成敗論，而是科學進展的過程中若沒有這些勤奮慎重的科學家，便不可能激起深具啟發的浪花。在兩個研究綱領各擁江山的當兒，科學家們以自身的理念，嘗試藉不同角度去研究更艱鉅的理論問題和實驗問題，有了這些熱情和堅持才使理論將謬誤趨於更正，淬煉後的青華得以發展。

我們可清晰地發現布萊克及倫福特身上存在某些特質：具有自我反省、反向思考及批判思考能力，他們在理論形成的過程中貫穿實踐經驗和理性因素的綜合，在每個決定性的關鍵點作判斷，不停地思索並試圖由疑難處蛻變重生，解決問題，進而建構（construction）出自己的理論框架。

詳細地檢視目前的科學教學，在教師積極傳壇科學理論的同時，那些埋首於公式與方程式的莘莘學子，他們也具有這些科學家的特質與判斷問題、解決問題之能力嗎？

藉由熱學思想史的動態過程（dynamic process），是否亦能反映到當下的科學教育，當我們越來越重視科學本質（nature of science）的今天，這般真實發展科學的思考歷程，我們曾經將它置入科學教育的哪個角落？抑或從來不曾、也未能將它定位？

在現今的教學中我們能否試圖將思想上的訓練整合（integrate）在課程內，運用科學史的探討與辯證，讓學生們體驗科學家面對困境的處理模式，利用科學思考的認知見習（cognitive apprenticeship），讓下一代也能接受到這些寶貴的特質，成為懂得創造思考的有機體，真正以科學發展的過程來教授科學，而非僅止於解釋或呈現科學的結果。

三、客觀的科學？—理論選擇的理性與非理性

此外，科學家在面臨理論的選擇上，通常交織著理性及非理性的因素，一方面他們尋求對現象合理適切的解釋，希望以客觀的角度去追求真理的存在；卻又受到個人自我建構的信念及所置身的科學社群之影響，往往為己身信奉的研究綱領作辯護而不願屈服。如同布萊克之於熱質說，普里斯利（Joseph Pristley）也篤信燃素（phlogiston）的存在直到溘然長辭，由此可知概念改變著實有其不易之處。

從認知觀點來探討個體對於自然現象或概念的解釋，研究發現學生們對於一些自然現象的形成原因往往有自己的一套想法（郭重吉，民 77），從科學史的研究中發現這種直覺模式與概念發展常平行於人類歷史早期的模式（傅麗玉，民 85），如熱和溫度相同、地球是平的等等。這些概念常常深植人心，然而先備概念（preconception）通常有異於當代正統的科學概念，學生們正如過去的科學家，在自己的腦海中也各有一系列的研究綱領，傾向於保護自己建構出的原有概念，並在接受教育之前即成功地以先備的研究綱領解釋了許多現象。

基於「觀察滲透理論」（observation is theory-dependent）（Hanson, 1958）的觀點而言，現今科學教育常運用「呈現現象，印證理論」的方式顯然是不合宜的。我們亦可藉由上述科學思考的認知見習，引發學生更高層次的思維，對概念改變（conceptual change）的教學有所裨益。

伍、綜述—由歷史小品引發思維上的認知見習

在科學教育蓬勃發展的今日，科學史之運用方興未艾，已蔚為一股思潮，然而在國內嘗試藉科學思想史的辯證過程來啓迪學生思維的教學卻不多見。

Reach and Wandersee (1995) 曾提出，以短篇的歷史小品（history vignettes）提供學生討論，將對學生們的科學本質有所幫助。而科學發展史的探討，可以讓學生深刻地認識到科學家面對問題時的各種思維，將有助於學生領悟解決問題的方法與科學家創造的精神（洪振方，民 86）。

陳淑媛（民 86）曾以歷史小品來規畫教學，引導學生們進行科學史的批判與討論，並發現在學生們批判能力的培養、重建概念與概念的精緻化等幾個向度均有所增長。由此可知，利用科學史之歷史小品不僅能幫助提昇學生的思考，同時對學生們在科學本質上的瞭解亦有所助益。由於花費的時間頗為合理，因而在本國國情文化與考試制度下，實為一可行之科學教學模式。

「少算一個計算題不會影響他們可否考上大學，而多給學生五分鐘的思考卻可以讓他們受用一輩子。」（陳淑媛，民 86）。有志趣的教師，何不在下一回面對學生時，嘗試找尋一段如熱學史這般精彩的歷史小品，讓學生們體會認知見習的滋味，其成果說不定會帶給師生無限的驚嘆呢！

陸、參考文獻

- 郭重吉 (民 77) : 從認知的觀點探討自然科學的學習。 教育學院學報, 13, 351。
- 傅麗玉 (民 85): 科學史與台灣中等科學教育之整合－問題與建議。 刊載於 化學教育面面觀, 165, 台師大中輔會。
- 洪振方 (民 86) : 科學史融入科學教學之探討。 高雄師大學報, 8, 229。
- 陳淑媛 (民 86) : 融入科學史於高中基礎理化教學之行動研究, 高雄師大研究所碩士論文。
- 傅大為 (民 77) : ”Ad Hoc ”假設與「局部理性」—以達爾文演化論與古生物學兩者的近代關係發展史為例。 台大哲學系, 當代西方哲學與方法論, 61, 東大圖書。
- 金吾倫 (民 82) : 科學發現的哲學—拉瓦錫化學革命探究, 水牛出版。
- 李執中等譯 (民 84) : 科學方法新論, 桂冠圖書。
- 熊召弟等譯 (民 85) : 科學學習心理學, 心理出版。
- 郭奕玲 沈慧君著 (民 85) : 物理學演義, 凡異出版。
- 郭奕玲 沈慧君編著 (民 84) : 經典物理發展中的著名實驗, 凡異出版。
- 郭奕玲 沈慧君著 (民 83) : 物理通史, 凡異出版。
- Hanson, N.R. (1958) . Patterns of Discovery. London: Cambridge University Press.
- Kipnis, N. (1996) . The Historical-Investigative Approach to Teaching Science, Science and Education, 5, 277.
- Kuhn, T. S. (1970). The Structure of Scientific Revolutions, (2nd ed.), University of Chicago Press.
- Lacatos, I. (1970) . Falsification and the methodology of scientific research programmes, In I. Lacatos, & A. Musgrave (Eds.) Criticism and the growth of knowledge, 91. London : Cambridge University Press.
- Matthews, M. R. (1994). Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science. New York: Routledge.
- Popper, K. (1963) . Conjectures and Refutations. London : Routledge & Kegan Paul.
- Roach, L. E. ,& Wandersee , J. H (1995). Putting People Back into Science : Using Historical Vignettes . School Science and Mathematics, 95 (7) , P 365-370.

Research on the Construction of Scientific Theory and Inspiration in Teaching Through the Dynamic Process in Thermology

Yu-Ying Chen Jeng-Fung Hung

Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

The key points of the article were to interpret the development of science and to explore the rise-and-fall of the theory as well as the belief of the scientists by means of the argument in thermology on caloric theory and kinetic theory. We expected that the dynamic processes in the history of thermotic research, which revealed the way of construction of science theory, could be used on the applications on teaching, and furthermore, that history vignettes used to developed science teachers' cognitive apprenticeship might provide an alternative way of teaching on science history.

Key words: history of science science teaching cognitive apprenticeship