

提利用資訊科技教授科學：對學生學習的啓示

鄭美紅、李啓明

香港教育學院

電郵：maycheng@ied.edu.hk, kmli@ied.edu.hk

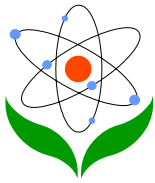
收稿日期：二零零二年五月七日

內容

- [摘要](#)
- [引言](#)
- [科學教與學](#)
- [利用資訊科技學習及教授科學](#)
- [科學教學的資訊科技革新及其對學生學習的影響](#)
 - [利用資訊科技進行科學探究活動](#)
 - [互聯網技術及科學專題](#)
 - [利用資訊科技進行科學評估](#)
- [利用資訊科技教授科學的概念框架](#)
- [參考文獻](#)

摘要

各界均致力推動在教學中應用資訊科技，並為科學教學注入了創新的元素。科學教與學一直奉行的學習理論，鼓吹學習者建構科學概念；亦有不少理論強調社會環境的支援對學習科學的重要性。利用資訊科技教授科學時，教師應留意資訊科技對科學學習的衝擊。本文旨在根據科學概念建構及社會環境影響的學習理論，探討一連串與資訊科技有關的創新教學法對學生學習科學的影響。本文將分析三類創新的科學教學法，包括：利用資訊科技進行科學探究活動、於



科學專題應用互聯網技術、及利用資訊科技進行科學評估。文章亦嘗試以概念框架作總結，用以分析資訊科技對科學教與學的影響。

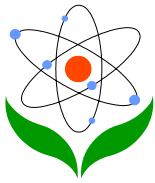
引言

香港政府提倡利用資訊科技教學，教師及教育工作者因而紛紛找尋支援學習的硬件及軟件。科學科本身的性質，較適合及便於引入資訊科技作教學支援，故此資訊科技與科學科的關係密切。縱然如此，資訊科技應用的原則及其對科學學習的影響，也值得重新思考。本文將先探討科學學習的意義，並分析利用上述三類創新的資訊科技，對科學教與學的影響。本文將以概念框架作一總結，分析資訊科技的應用如何與其他科學教與學的過程起著相互作用，並帶來最終的學習成果。

科學教與學

香港的小學科學科附屬於常識科課程，中一至中三級的科學學習則屬綜合科學科範疇，而中四級以上的科學課，則分為物理、化學及生物科。雖然課程名目各異，但科學科仍是本地學生 13 年學習生涯中重要的學習領域之一。近年，人們對如何學習科學的看法有所改變。1980 年代，科學學習側重發現或引導發現的取向(discovery approach or guided discovery approach)。發現取向假設知識是根本存在的，只留待學生去發現；學生踏入科學教室時對科學一無所知，需要在學習過程中發現部分科學概念。此學習取向沒有考慮學生的已有知識，並認為富意義的學習是透過發現過程產生的。

不久，發現取向受到質疑。研究顯示，學生與教師對學習過程的看法並不一致，尤其是對科學課的看法分歧最大，當中包括：科學課的目的和內容、活動的目的和內容、探究活動的科學設計、進行活動、取得結果、思考所做及所發生的事情、學生的經驗對其看法的影響、以及與預期成果的關係(Tasker & Freyberg, 1985)。另一方面，亦有研究探討了學生在科學課前所知的內容，以及這些已有知識對他們日後學習的影響(Osborne & Gilbert, 1980; Bell, 1981)。在英國，部分熱心的科學教育家(Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994)開始探討及承認學生在課前所具備的科學知識。他們認為，科學學習是學生在腦中比較及連繫新舊知識所產生的；因此，教師應在不同學習階段，亦即課堂前後及上課期間，了解學生的已有概念。雖然科學學習是個人在腦中連繫知識所建構而



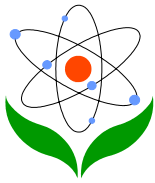
來，但 Driver, et.al. (1994)亦提出支援學生學習科學的社會環境同樣重要。這些支援包括：同儕間的交流、師生交流、在學校環境內的其他支援方式。資訊科技的應用可視為其中一種支援方式，用以協助學生建構新的科學概念。

利用資訊科技學習及教授科學

教師應把資訊科技的應用，視為學生於學習科學期間建構新知識的一種支援。更重要的是，教師應留意資訊科技的應用會否妨礙了課室內的社交及溝通過程。學習科學時有否資訊科技的支援，分別可以很大。同樣，人們習慣了使用鍵盤、計算機等資源，便甚少考慮這些資源對思想的影響；但如果缺少它們，生活也會有很大的轉變。資訊科技對思想及學習有多方面的影響。首先，處理文字或數據的軟件影響了言語或數字資料的表達方式。這些工具展示了活動可行及所需的元素。不過，軟件本身的限制亦很容易局限了表達形式，甚至影響解決難題或處理數據的方法。第二，利用軟件表達可以向讀者或聽眾展示或強調特定的資訊。利用另一表達形式或軟件，則可傳遞先前沒有強調的資訊。這些工具或資源其實具備某些訊息，界定了運作的限制。第三，資訊科技的應用，可比擬為用家與軟件設計者的交流過程。利用資訊科技學習的學生，其實是與軟件設計者互相交流。舉例來說，學生可透過電腦遊戲學習如何分辨生物與非生物，而在遊戲末段，學生發展了一套見解，而這見解正與遊戲的設計本義及設計者對生物及非生物所下的定義一致。教師應把資訊科技的教學資源視為「思維重組工具」(reorganisers of mental functioning) (Pea, 1993)。軟件設定下列條件，為學習下定義：所需資料、表達形式、支援意念組織的途徑及環境(草稿本、工作臺) (Perkins, 1993)。有鑑於此，部分教育家亦主張把兒童電腦視為發展設備(Pea, 1993)。資訊科技可用以協助或限制學生的學習。因此，教師應細心留意應用資訊科技所會帶來的影響，並以促進學生建構新的科學知識為目標。

科學教學的資訊科技革新及其對學生學習的影響

以下所分析的例子將分為三類，包括：探究活動的新方法、利用互聯網技術進行科學專題研習、評估的革新。



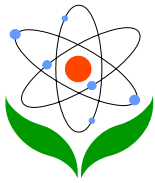
利用資訊科技進行科學探究活動

資訊科技可用以協助進行涉及數據記錄實驗等的科學探究活動，或用以模擬科學探究過程。其好處是減低師生對理解學習過程出現分歧的機會。數據記錄實驗的結果是以預設的探測器量度出來，學生可輕易從實驗的各項干擾中找出真正的結果，而他們所作的觀察亦能更集中在探測器所收集的數據。Johnstone (1993) 總結了學生進行科學探究活動所遇的困難。從實驗各項干擾中分辨真正的結果，是學生進行科學實驗時所遇的一個主要難題；其次是科學探究的複雜性。如要進行一個預先設計好的活動，學生便需要細閱探究程序，當中可能包含一連串陌生的科學術語。學生要先詮釋這些術語，思考過程亦因而減慢。當進行探究活動時，學生須同時應用某些技能，細閱指引，作出觀察或記錄數據。這就需要大量的即時記憶力。如果學生不熟悉剛學習的術語、技能及探究程序，便要花很多功夫，才能處理數據、作出分析、比較新舊科學概念，產生有意義的學習結果。單憑單一的探究活動，學生很難可以建構與科學家相同的概念。同一概念可能是科學家經過長年累月才能發現出來。不過，學生可能會認為，自己在科學探究過程中根本不可能取得有意義的結果，於是習慣依賴教師提供正確的答案。

利用資訊科技進行科學探究活動，可減輕學生的工作量，並把探究過程分拆成較容易掌握的步驟。在科學探究過程中，學生的工作可集中在一個或多個階段。例如進行數據記錄實驗期間，學生須集中觀察探測器所錄取的結果。有關數據會自動以圖表顯示，而學生所要做的，是根據自己的科學概念，思考及分析所得結果。進行電腦模擬實驗時，學生並不需要收集數據，故可集中觀察結果，並多考慮實驗設計的其他可能性。利用數據記錄工具可促進學生的學習，但教師亦應留意其限制。進行這類實驗時，學生處理數據、在特定時間收集讀數、或以傳統方法設置儀器的機會亦隨之失去。學生亦可能忽略了利用既定軟件以外，其他可行的數據表達或處理方法。因此，教師應提供其他學習機會，訓練學生操控儀器、收集數據及設計表達數據形式的技能。

互聯網技術及科學專題

透過互聯網學習，可讓學生自行涉獵及利用最新的資訊來建立知識，並隨時隨地與人分享有關知識 (Kearsley, G., 1996)。這種技術的特性，增加了各種學習活動的可能性，亦有助建立有利的學習環境，以助學生建構概念。根據 Duffy



& Bednar (1992)，建構主義學習觀的學習環境特點為：

「……內容豐富，課業真實，綜合發展及評估多個觀點，具備大量加強溝通及引用現實生活例子及難題的工具，自我反思、模擬專家解決難題，以及透過類似學徒訓練的指導模式引導學習。(頁 132)」

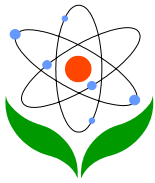
Hackbarth (1997) 把透過互聯網學習的活動分為三類：溝通、取得資訊、分享資訊。Harris (1998a, 1998b) 亦提出 18 項活動體系，並將之歸納成三類：人際交流、收集及分析數據、解決難題。

Harris 指出，人際交流一類包含六種活動體系：夥伴、全球化的教室、電子外觀、電子導師、答問服務及模擬。學生可透過電子郵件、通訊群組、論壇、即時文字或聲效溝通、聊天室、網上即時傳訊(ICQ)或網路會議室等音效及視像會議工具，個別或分組討論科學課題。學生及學校亦可參與一些提供專家顧問或導師服務的專題研習活動。例如「問問專家」計劃("Ask an Expert" project) 可讓參加者與數百位真正的專家聯絡，當中包括天文學家以至動物園管理員。

收集及分析資訊包括交換資訊、建立數據庫、電子刊物、電子模擬實地觀察、共同分析數據。學生須就特定的科學專題，利用互聯網或搜尋器搜集及比較所需的背景資料，以便透過電子媒介表達結果及作深入探討。這類專題的熱門課題包括：大發明家的資料庫或鳥類照相簿等。

Harris 指出，互聯網可透過下列活動體系，支援擬題學習的活動：搜集資料、同儕回應、模擬解難及事情發展結果、模擬實況、以及真實社交行為的專題。「光可走多遠？」("How Far Does Light Go?")是一項辯論習作，讓學生透過互聯網所列的實證，親身探討光的特性。「我的發明」("Inventions Project")則讓參加者合作發掘解決難題的方法，並創作發明，使生活更方便舒適。以上所舉例子僅為一小部分，用以說明互聯網技術如何提升及培育學生解決難題的能力。

鼓勵學生進行科學專題研習，是協助培育學生成為獨立學習者的其一方法。在研習過程中，學生能自行設計學習過程，提出問題，訂立策略以找出解決方法，並為自己的疑問找出答案。這些活動可讓學生自行建構科學知識。透過互聯網技術，資訊來源可更為廣泛。教師可以調適者的身份，協助學生消化從網上直接取得的複雜知識。根據互聯網及其他途徑取得的資料，學生可建構與科學家一致或不同的科學概念。教師應留意學生所建構的科學概念，以及會影響建構過程的所有可能因素。



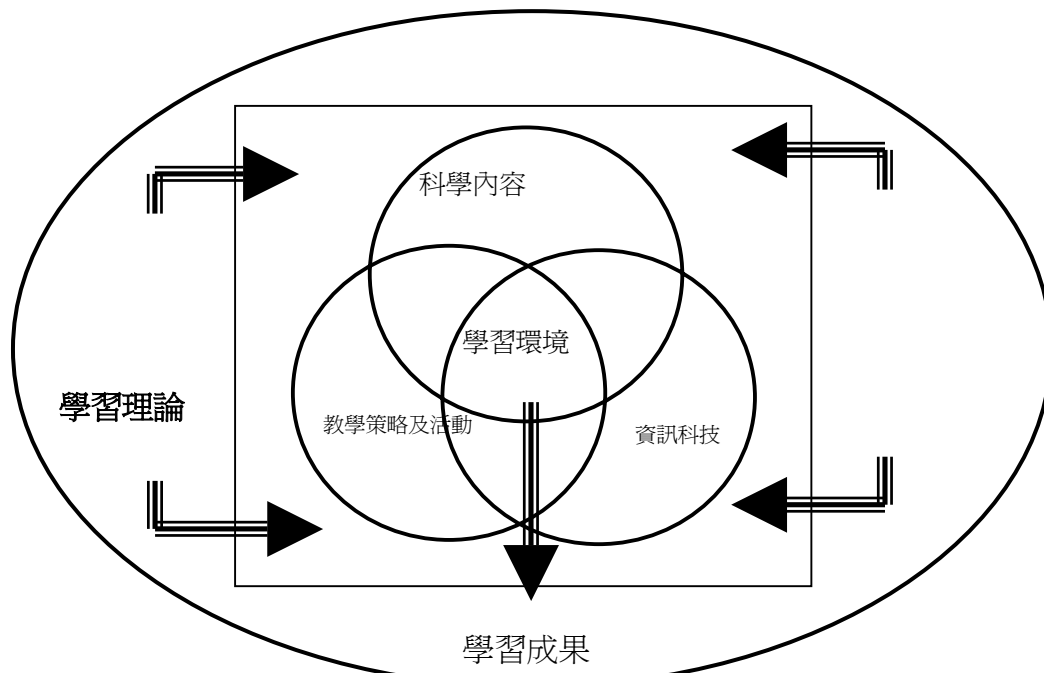
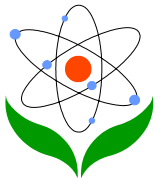
利用資訊科技進行科學評估

利用資訊科技進行科學評估，打破了多項選擇題的評估模式限制。Matinez (1993) 就電腦輔助測驗形式進行科學評估作出分析，結果發現這類型的測驗是多層面、不受限制、沒有任何提示的。多項選擇題練習只提供一定數量的選擇及可能的組合，而電腦輔助測驗的評估模式，則容許圖像形式的答案，並把回應的性質由單一層面轉化為多層面。此類評估模式沒有限制各個選擇的可能性，故可提供不受限制的回應。學生可把可能的項目以滑鼠拖曳到回應欄內，自行設計項目組合，從而增加組合的數目。由於缺乏引發修正或處理資訊的選擇，這些回應均在沒有任何提示之下產生。一般來說，資訊科技的應用將為未來的科學評估擔當重要的角色。Malcom (1993)總結了其重要性，認為科技將成為更普遍使用的評估工具，尤其就特定內容提供更豐富的問題、協助對閱讀感到困難的學習者、不懂英語的學習者、殘障學生、以及診斷有學習困難及錯誤觀念的學生。

利用科技可增加科學評估模式的可能性，這亦對評估課業的設計質素帶來啓示。由於選擇或項目組合數量增加，測驗內容對學生來說亦因而較為艱深，評估課業亦更趨複雜。教師應留意評估課業性質的轉變及學生的能力，繼而調整及融合任何新的可能性。

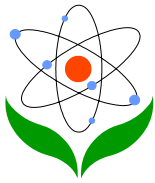
利用資訊科技教授科學的概念框架

從上述例子可見，能否利用資訊科技促進科學科的學習是有賴教師能否運用正確的方法。Bailo & Sivin-Kachla (1995) 指出要運用資訊科技達致有效的學習效果，是要取決於多個層面，包括：教師的角色、學生的特質、學科內容、及學習活動的實際推行。圖一說明了利用資訊科技教授科學各層面的統整關係。



圖一：利用資訊科技教授科學的概念框架

學習的成效可從評估學習成果及表現得知。無論評估結果是以分數或文字描述表達，所作的判斷都是根據學習過程前一些既定的標準及準則來訂定的。而這些標準則反映了學習目標的實踐程度。圖一所見，整體的教育目的為科學學習領域訂定了本科的學習目標及課程。老師便是根據這個學習領域框架選擇及組織學生將要學習的科學內容。為達致全人發展的教育目的，除了科學的知識及技能外，教師在設計教學內容時亦應留意下列問題：學習內容是否只靠記憶，還是要求較高層次的思維技巧？在學習過程中，是否需要同時培育學生合作及溝通等技巧？內容是否涉及價值判斷及道德問題？學習活動是否能提供機會讓學生發展其創造力及自學能力？有了明確的學習目標及內容後，教師應明白自身的角色是一個學習環境的締造者。在傳統的教室中，教學策略多以教師主導。資訊科技則多用以傳達及解釋視聽資訊，是協助老師講解的輔助工具。在開放式的教室裡，教師是一個學習的推動者。他/她引導學生參與學活動，讓學生在學習環境中產生互動並主動地探究學習內容。資訊科技則是在教師的協助下，讓學生建立知識及發展各種共通能力的有效認知工具。然而，教學策略及資訊科技的選取，乃取決於教師所持有的教學信念、也受其對學習理論的認知程度的影響。他/她是否堅信以學生為中心的教學策略的價值？他/她是否明白學生的個人特質及其需要？他/她是否理解在學習過程中哪些條件或因素包括心理的、生理的、社群的及環境的能夠增進學習的果效？以上都是應用資訊科技於科學教育所須要考慮的要點。



各界不斷鼓吹在科學教室應用資訊科技，然而教師實應細心留意資訊科技對學生學習的影響。資訊科技的推廣，必須以促進學生的學習為目的，而非只為引入新的教學科技而盲目地進行。

參考文獻

Bailo, E.R. & Sivin-Kachla, J. (1995). *Effectiveness of technology in schools: 1990-1994*. Washington, DC: Software Publishers Association.

Bell, B. (1981). When is an animal not an animal? *Journal of Biological Education*, **15**(3), 213-18.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, **23**(7), 5-12.

Duffy, T.M. & Bednar, A.K. (1992). *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hackbarth, S. (1997). Web-based learning in the context of K-12 schooling. In R.C. Branch & B.B. Minor (Eds.), *The Educational Media and Technology Yearbook 1997*. Englewood, CO: Libraries Unlimited.

Harris, J. (1998a). Curriculum-based telecollaboration: using activities structures to design student projects. *Learning & Leading With Technology*, **26**(1), 7-15.

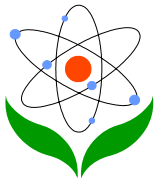
Harris, J. (1998b). In the Kitchen-Designs for Telecollaboration and Telepresence. Chap. 2 in *Virtual Architecture: Designing and Directing Curriculum-Based Telecomputing*, [Online]. Available:

<http://ccwf.cc.utexas.edu/~jbharris/Virtual-Architecture/Telecollaboration/more-telecollaboration.html> [2002, April 29].

Johnstone, A.H. (1993). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. In Edwards, D., Scanlon, E. and West, D., *Teaching Learning and Assessment in Science Education*. UK: The Open University.

Kearsley, G. (1996). The World Wide Web: Global access to education. *Educational Technology Review*, Winter(5), 26-31.

Kulm, G. & Malcom, S.M. (1992). *Science Assessment in the Service of Reform*.



USA: American Association for the Advancement of Science.

Malcom, S.M. (1993). Equity and excellence through authentic science assessment.

Matinez, M.E. (1993). Figural response in science and technology testing.

Osborne, R.J. & Gilbert, J.K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, **15**, 376-379.

Pea, R. (1993). Distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*. New York: Cambridge University Press.

Perkins, D.N. (1993). Person-plus: a distributed view of thinking and learning. In Salomon, G. (Ed.), *Distributed cognitions: psychological and educational considerations*. New York: Cambridge University Press.

Rodrigues, S. (1996). Review of computer based technologies on students' learning school science. In P.C. Clarkson and R. Toomey (Eds.), *Computing across the secondary curriculum: A review of research*. Melbourne: Deakin University Printery, NPDP, Computers Across the Secondary Curriculum Reference Group.

Tasker, R. & Freyberg, P. (1985). Facing the mismatches in the classroom. In Osborne, R. and Freyberg (Eds.), *Learning in Science*. Hong Kong: Heinemann.