

## 使用電腦模擬來進行科學探究

### PISA 2015 科學科的電腦化評估題目初探

#### 初中的科學探究

在 2002 年，香港課程發展議會重新修訂小一至中三的科學教育學習領域課程，訂立了六個學習範疇。相比以往的課程，現行的課程在科學學習的範疇上較著重發展學生的科學探究知識、技巧和精神。雖然如此，初中科學老師仍不太重視科學探究。原因可能是相對初中科學課題內容，科學探究較沉悶而不易引起學生興趣。亦有可能由於老師並不太懂得如何評核科學探究，學校考試亦極少考核科學探究。現時老師擬定的科學科評測試卷，多集中評核內容知識(content knowledge)，很少評核科學過程知識(procedural knowledge)或科學本質(nature of science)，亦甚少評核科學過程技能或能力。事實上，初中科學科課程實施至今十多年，老師過往甚少得到這方面支援，教育局甚少提供有關的教師專業培訓課程，情況值得關注。

國際上的科學教育越來越強調在課堂內進行科學探究，但礙於時間和資源的限制及考慮實驗的安全問題，香港在課堂進行的科學探究大多是簡單的，有既定步驟及預定結果，因此在過程中很難讓學生進行思考及主動參與。資訊科技正好可用來促進科學探究活動。例如，利用數據記錄儀(data logger)收集數據，其好處是學生可迅速地收集到數據，並製成圖表，繼而集中於實驗的觀察及分析所收集的數據，這亦有助提升學生進行科學探究的興趣。然而，很多學校只有兩套數據記錄儀，老師多使用來示範實驗，學生甚少可直接使用。此外，使

用數據記錄儀並不太方便，需要一些時間來設定儀器及電腦，而且有不少(如只有溫度、pH 等探測器)的局限性。至於使用電腦模擬(simulation)來進行科學探究活動，它可讓學生探究一些不可能在現實中觀察到、不能直接操控的現象，例如颶風(規模太大及危險)、化學反應(粒子太小難以觀察)、地震(太快、突如其來)、植物的生長(太慢)等。因此使用電腦模擬來進行科學探究在促進科學教育上是值得推廣的方法，可惜香港仍未有全面發展。筆者於 2015 年在馬來西亞一個名為「Sixth International Conference on Science and Mathematics Education」的科學及數學教育會議上，發現東南亞社會已有不少國家積極採用各類資訊科技來促進學生學習科學科技工程數學(STEM)及改善學生的高階思維(High Order Thinking, HOT)。

#### PISA 2015 利用電腦模擬評核科學探究能力

OECD 的 PISA 2015 的評估內容及過程全面實現電子化。PISA 2015 的主要考核範疇是科學科，OECD 在這屆 PISA 為科學科擬定了不少新的電腦化評估(CBA)題目，其中有些涉及互動(interactive)，而學生回答這些題目時需利用模擬來進行科學探究。這些題目通常涉及操控一些變項，及了解這變項對探究重點內容的影響。這些涉及互動的新題目對這個數碼世代的學生來說更有趣味，更重要的是它可用來評核學生的科學探究能力，這是在今天的 HKDSE 極少觸及的評核內容。

下面的樣本試題曾經在 PISA 2015 預試時使用。這些涉及互動的題目，學生除了需閱讀題目內容及介紹外，還需利用模擬來進行科學探究，以找出答案。

**樣本題目一：在熱天跑步(Running in Hot Weather)**

**題目背景資料簡介：**

在熱天跑步，體溫上升並會出汗。如果跑手因流汗流失的水分等於或大於體重的 2%時，就被認為處於脫水狀態。如果體溫上升到 40°C 或以上，跑手將會中暑。

學生可操控「氣溫」、「空氣濕度」、「喝水」這三個變項來進行模擬，以得知跑手在某特定條件下會否脫水及中暑。模擬結果<sup>註 1</sup> (如水分流失量及體溫等) 會分別顯示在水分流失計及體溫計中，結果數據亦會記錄在表格內。

以下問題(見圖一)為「當空氣濕度為 60% 時，氣溫上升對跑步一小時後的排汗量有甚麼影響？」

**評估的科學能力：**「評價及設計科學探究 (Evaluate and design scientific enquiry)」的能力。

**如何尋找答案？** 學生回答這題，需設定空氣濕度為 60%、有喝水，然後以不同溫度(例如在 20°C 及 25°C)進行模擬，以得知排汗量的變化。

**答案樣本：**由以下模擬的結果可知，排汗量會增加。

氣溫 (°C)	空氣濕度 (%)	喝水	排汗量 (升)	水分流失量 (%)	體溫 (°C)
20	60	有	0.8	0.0	38.9
25	60	有	1.1	0.0	39.1

另一題(見圖二)則提問「在 40°C、有喝水、空氣濕度 50%的情況下，跑步是否安全？」

**評估的科學能力：**「評價及設計科學探究」的能力。

**如何尋找答案？** 由於模擬只可以選擇空氣濕度為 20%、40% 或 60%，不可以選擇 50%，因此學生需使用模擬來建立在氣溫 40°C 及空氣濕度 50%下跑步是否安全的一個假說。他/她可先設定溫度為 40°C 及有喝水，然後分別在空氣濕度為 40%及 60% 進行模擬，以得知會否出現脫水或中暑。

**答案樣本：**藉著分析這兩個模擬結果，即空氣濕度為 40%及 60%下在 40°C 熱天跑步即使喝水均會出現中暑，推論空氣濕度為 50%時跑步是不安全的。

圖一：

**Running in Hot Weather**  
Question 3 / 6

**How to Run the Simulation**

Run the simulation to collect data based on the information below. Click on a choice, select data in the table, and then type an explanation to answer the question.

When the air humidity is 60%, what is the effect of an increase in air temperature on sweat volume after a one-hour run?

Sweat volume increases  
 Sweat volume decreases

★ Select two rows of data in the table to support your answer.

What is the biological reason for this effect?

Air Temperature (°C)	Air Humidity (%)	Drinking Water	Sweat Volume (Litres)	Water Loss (%)	Body Temperature (°C)

(資料來源: 取自 OECD (2015) “PISA 2015 Released Field Trial Cognitive Items”)

圖二：

**Running in Hot Weather**  
Question 5 / 6

**How to Run the Simulation**

Run the simulation to collect data based on the information below. Click on a choice, select data in the table, and then type an explanation to answer the question.

The simulation allows you to choose 20%, 40% or 60% for air humidity.

Do you expect that it would be safe or unsafe to run while drinking water with the air humidity at 50% and air temperature of 40°C?

Safe  
 Unsafe

★ Select two rows of data to support your answer.

Explain how this data supports your answer.

Air Temperature (°C)	Air Humidity (%)	Drinking Water	Sweat Volume (Litres)	Water Loss (%)	Body Temperature (°C)

(資料來源: 取自 OECD (2015) “PISA 2015 Released Field Trial Cognitive Items”)

註 1：模擬所顯示的結果是根據一個經簡化的數學模型而得到，該模型乃關於特定個體在不同條件下跑步一小時後，其身體是如何運作。

## 樣本題目二：節能房屋 (Energy-Efficient House)

以下是有關節能房屋的問題(見圖三)，學生需利用模擬探究在不同室外溫度下，不同的屋頂顏色如何影響能源消耗。

**評估的科學能力：**「科學地分析數據及證據 (Interpret Data and Evidence Scientifically)」的能力。

**如何尋找答案？**初時學生會以為紅色比起白色吸收較多熱能，因而認為紅色屋頂房屋在 20°C 有較低能源消耗。學生進行模擬，以比較白色屋頂房屋及紅色屋頂房屋分別在 10°C 和 20°C 時的能源消耗量。

**答案樣本：**由模擬結果知道在 10°C 或以下紅色屋頂房屋有較低能源消耗，而在 20°C 或以上白色屋頂房屋有較低能源消耗。當進行數次模擬後，學生應會修訂初時的想法，找出本題的正確答案。

### 藉探究建構知識

以上這些題目可說明學生可藉探究建構知識。學生使用模擬來建立假說或模型來解答問題，然後根據模擬結果檢視假說或模型是否正確。若不正確，可修正或重新定下另一個假說，以實驗再行驗證，從而作出新的結論。利用模擬來進行科學探究，在過程中學生均是主動參與，包括設計科學探究，收集模擬實驗數據，分析數據及結果，從而作出推論及結論。

圖三：

The screenshot shows a simulation interface for a house. It includes a title bar 'PISA 2015', a question title 'Energy-Efficient House', and a 'How to Run the Simulation' section. The main area shows a 3D house model with a red roof, a 'Run' button, and a table for data collection. The table has columns for Outdoor Temperature (°C), Roof Colour, and Energy Consumption (watt-hours). The current settings show Indoor Temperature at 23°C and Outdoor Temperature at 20°C.

(資料來源: 取自 OECD (2015) “PISA 2015 Released Field Trial Cognitive Items”)

### 結論

在這個資訊和通訊技術(ICT)蓬勃發展的時代，政府投放不少資源推行資訊科技教育，自 1998 年起已推出四個資訊科技教育策略。第一個策略(1998 至 2003)<sup>註 2</sup>及第二個策略(2004 至 2007)<sup>註 3</sup>著重於配備足夠的基礎設施、教師的專業培訓及提供電子學習資源，到了第三個策略(2008 至 2014)<sup>註 4</sup>才開始著重於資訊科技的使用方面，期望學校將資訊科技融入學與教以提升學習成果。第四個策略(2015 年開始)<sup>註 5</sup>再進一步把核心推至學生的學習，希望透過發揮資訊科技的潛能，提升學與教的互動經驗，促進學生的自主學習、同儕學習。然而，羅陸慧英教授及其團隊的最近研究結果<sup>註 6</sup>顯示，香港學校推行的電子學習方式並未能提升學生在電子學習任務方面的表現，亦未能優先探討如何將資訊科技有效地因應學科的本質用於課堂教學中。

雖然近年政府已大力推動電子學習，例如 2011 - 2014 年推行電子學習試驗計劃，期望透過電子學習促進傳統教學模式的範式轉移，令課堂學習的學習模式由教師為中心轉變為以學生為中心及增強互動元素；然而，這個電子學習試驗計劃只涉及 18 間中學及只有一個計劃涉及初中科學科。對於全港接近 500 間中學來說，絕大部份的學校仍未獲得這方面的支援。而且大部份電子學

註 2：詳見<第一個資訊科技教育策略：與時並進善用資訊科技學習五年策略 1998/99 至 2002/03>

註 3：詳見<第二個資訊科技教育策略：「善用資訊新科技 開拓教學新世紀」>

註 4：詳見<第三個資訊科技教育策略：適時適用科技 學教效能兼備>

註 5：詳見<第四個資訊科技教育策略：諮詢文件>

註 6：詳見“Law, N., Yuen, J., & Lee, Y. (2015). E-Learning Pedagogy and School Leadership Practices to Improve HK students: Computer and Information Literacy Findings from ICILS 2013 and beyond. CITE, Faculty of Education, HKU.”

習仍處於起步階段，例如時下一般“反轉課堂”，根本不能達到提升探究能力的成效，因為它未能觸及特定學科的高階思維，對科學探究的學習的成效難有深入影響。令人憂慮的是在 2014 年 9 月開始，為期三年的電子學習支援科學科自主學習計劃<sup>註 7</sup>的實施，該計劃其中一個支援重點是以電子學習支援科學探究的學生學習，迄今亦只有 22 間中學受

惠，成功經驗仍有待探討。2016 年施政報告<sup>註 8</sup>剛發表，其中一項(第 190 項)提到“政府將繼續為公營中小學建立無線網絡校園及購置流動電腦裝置提供財政支援”，這些措施是否有助電子學習進一步在全港推行，必須由學科專家與 ICT 學者及前線教育工作者共同探索。

註 7：此計劃由香港大學教育學院教育應用資訊科技發展研究中心羅陸慧英教授領導的專業團隊，負責向學校提供校本專業支援服務。

註 8：2016 年施政報告 <http://www.policyaddress.gov.hk/2016/chi/pdf/PA2016.pdf>

## 編者的話

各位校長、老師及教育界同工，

您們好！HKPISA 2015 是本中心負責的最後一屆，而這屆主測試的結果將於 2016 年 12 月 6 日公佈。我們除了於當天舉行新聞發佈會，亦會在稍後日子舉行學校講座，跟大家分享今屆的結果。此外，本中心正計劃於結果發佈後的未來數個月，舉辦科學科教師發展活動，詳情請參閱夾附的單張。貴校若有興趣參與，請填妥回條並傳真回本中心(26035336)。

隨著 HKPISA 2015 的完滿結束，本中心開展了新的一頁，現正致力於四大範疇的研究及發展工作：當中包括「香港青少年之追蹤研究 (HKLSA)」，「證據為本學校改進計劃研究 (EBSIP)」，「善用國際評估以促進教與學 (AFTL)」及「學生能力評估國際網絡 (INSLA)」，希望能基於過往的研究及近期更多元化的成果，繼續為教育界服務。未來我們仍需大家的支持和參與。再次向十五年來一直支持本中心研究工作的同工致以衷心感謝。

何瑞珠

香港中心總監

二〇一六年六月三十日

## 工作進程

HKPISA 2015	HKLSA	AFTL	EBSIP	INSLA
2016 年 1 月-12 月	2016 年 1-6 月	2016 年 12 月-2017 年 2 月計劃	2016 年 1-6 月	2016 年 1-6 月
<ul style="list-style-type: none"> <li>● PISA 2015 問卷的初步分析及研究報告撰寫</li> <li>● 12 月國際研究報告初步發表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 4 月於 AERA 會議分享研究成果</li> <li>● 進行深入訪談</li> <li>● 輸入訪談內容為文字檔案</li> <li>● 編碼及數據分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 科學科教師交流活動</li> <li>● 科學科教師 STEM 工作坊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 「學校起動計劃」學生問卷數據整理</li> <li>● 6 月於「學校改進與夥伴協作」學術研討會，發表論文</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 為馬來西亞大學舉辦 Workshop on “PISA like” Science Items</li> <li>● 與 Universiti Sains Malaysia 初擬長遠合作計劃</li> </ul>

## 最新活動簡報



由左至右：

何瑞珠教授, Dr. Kristiina Erkkilä (芬蘭),  
Dr. Stephen Krashen (美國)

教育大同主辦、本中心協辦的講座「考試，評估：21 世紀教育中的功用與誤用」已於 2 月 19 日順利完成。今次講座有幸邀請到國際著名學者 Dr. Kristiina Erkkilä 及 Dr. Stephen Krashen，就講題分別分享芬蘭及美國的經驗。本中心總監何瑞珠教授亦在講座分享香港的情況，指出香港考試及大型評估的功用與誤用，希望所帶出的訊息能有助改善香港的教育及評估系統。