

# POQE探究式學習模式 對於綠能學習表現之影響

洪榮昭 教授  
王志美 博士生  
葉建宏\* 講師  
葉貞妮 博士生

國立臺灣師範大學工業教育學系暨學習科學  
跨國頂尖研究中心

國立臺灣師範大學工業教育學系  
博仁大學

國立臺北科技大學技術及職業教育研究所

## 摘要

綠能科技為臺灣重要的能源發展方向，因此有關此領域的人才培育亦為重要，但目前臺灣對於綠能教育的探究式課程之討論仍不多見。故本研究藉由POQE探究式學習模式，以預測、觀察、測驗、解釋等探究歷程設計綠能學習課程，並在成就動機的期望價值理論基礎之下，提出四項研究假設建構一個研究模式，以了解成就動機在兩種類型的求知好奇心下，如何影響學習表現（價值）。為達研究目的，本研究採立意取樣方式，邀請五所公立技術型高中二年級學生參與課程，並進行問卷調查，有效參與者共287名，包含汽車科158人（55.1%），冷凍空調科129人（44.9%）。所收集的問卷資料經由刪題及信效度檢驗後，採用結構方程模式來驗證假設模型，研究結果顯示：一、成就動機對於二種類型的求知好奇心具有正相關；二、二種類型的求知好奇心對學習表現具有正相關。

**關鍵詞：**成就動機的期望價值理論、技術型高級中等學校、求知好奇心、探究式學習、綠能教育

\*本篇論文通訊作者：葉建宏，通訊方式：Kimpo30107@yahoo.com.tw。

# The Influence of POQE Inquiry-based Learning Mode on Renewable Energy Learning Performance

**Jon-Chao Hong** Professor  
**Chih-Mei Wang** PhD student  
**Jian-Hong Ye\*** Lecturer  
**Jhen-Ni Ye** PhD student

Department of Industrial Education and Institute for Research Excellence in Learning Sciences,  
National Taiwan Normal University

Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University  
Dhurakij Pundit University

Graduate Institute of Technological & Vocational Education, National Taipei University of  
Technology

## Abstract

Renewable energy technology is an important energy development trend in Taiwan, and the cultivation of talents in this field is important as well. However there are few discussions on the inquiry-based curriculum in renewable energy education. Therefore, this study adopts the POQE inquiry-based learning model to design renewable energy learning courses by the exploration process of prediction, observation, quiz and explanation. Based on the expected value theory of achievement motivation, this study proposes four research hypotheses and constructs a research model to explain how achievement motivation affects learning performance (value) in the context of the two types of epistemic curiosity. For research purposes, this study adopts a purposive sampling method. Sophomores from five vocational senior high schools were invited to participate in courses and then answered questionnaires. There

---

\*Corresponding author: Jian-Hong Ye, E-mail: Kimpo30107@yahoo.com.tw

were a total of 287 effective participants, including 158 people (55.1%) in the Department of Automobile Technique and 129 people (44.9%) in the Department of Refrigerator and Air-conditioning. The collected data were subjected to question deletion and reliability and validity checks. Hypothetical models were verified by using structural equation modeling (SEM). The results showed that, 1. Achievement motivation was positively related to two types of epistemic curiosity. 2. The two types of epistemic curiosity were positively related to learning performance.

**keywords:** epistemic curiosity, expectancy-value theory of achievement motivation, inquiry-based learning, renewable energy education, vocational senior high school

## 壹、前言

在全球各國致力於推動環境永續發展的目標下，開發高效能且乾淨的能源科技亦是目前臺灣能源科技發展首重的發展目標，因此政府積極推動的「前瞻基礎建設計畫」中，綠能建設也是其中的一項發展目標（經濟部，2017），而推動能源教育將有助於綠能科技人才的養成。研究指出，研發能源教材與教具，將有助於推展能源教育（高麗鳳、卓卿鉉、陳欽松，2016）。此外，就能源議題而言，在 108 課綱中被列為各個領域的學習重點（王尊玄、王仁俊，2020），技術型高中是未來專業技術人才培育的搖籃。建立技術型高中學生的素養力，對於推動產業的發展將會有莫大的幫助（黃文良、黃琮聖、王貳瑞，2013）。因此，若能發展適用於技術型高中的綠能課程，應對於綠能科技人才培育有正向助益。

近來，諸多研究指出將探究式學習方法結合於科學的學習中，可藉此激發學生的興趣並增強其學習動機（Suárez, Spechta, Prinsenb, Kalza, & Ternie, 2018），探究為科學家使用的方法及歷程，理解科學如何發展以及如何利用科學過程來發展新的資訊（Cairns & Areepattamannil, 2018），探究式學習（inquiry-based learning）則為一種以學生為中心的學習和教學方式，而 Fichten（2019）認為探究式學習包含獨立性、與理論的關係及反思等三個主要特徵。根據學習環境，探究式教育可以包括不同程度的探究學習（Alake-Tuenter et al., 2012）。探究式學習有幾種模式，其中部分可於實驗性課堂教學中實踐，而某些則可用於線上教學中使用（Hong et al., 2019）。探究模式的核心特色為設計出令人困惑又亟欲驗證真相的學習教材，Hong 等人（2019）提出 POQE 探究模式，增加一個問題（quiz），以確保參與者理解該單元的目標，探究模式的教學步驟依序為預測（Prediction, P）、觀察（Observation, O）、測驗（Quiz, Q）、解釋（Explanation, E）。而本研究即以 Hong 等人所發展的 POQE 探究模式為基礎，發展出探究式綠能課程。

成就動機理論被解釋為說明人們對成就任務的選擇以及對任務的堅持性與執行力（Wigfield & Eccles, 2000），因為成就動機理論認為人們的選擇、毅力與表現，可以透過信念解釋其對活動做得如何以及對活動的重視程度（Urdan & Kaplan, 2020）。過去許多有關學習者對成功期望的預期及增強能力動機之相關研究（Wigfield, Rosenzweig, & Eccles, 2017），採用成就動機的期望價值理論（Expectancy-value theory of achievement motivation, EVTAM, Wigfield & Eccles, 2000）進行探討。故本研究於 EVTAM（Wigfield & Eccles, 2000）基礎下，檢測 POQE 課程中學習者的成就動機、求知好奇心及綠能學習表現之間的關係，並針對研究分析結果提出具體建議。

## 貳、文獻探討

### 一、探究式學習

探究式學習為以學習者為中心，由學習者主動地自我指導學習。這是一種學生需負責自己學習的學習方法 (Becker, Klein, Göbbling, & Kuhn, 2020; Spronken-Smith & Walker, 2010)。因此，探究式學習被認為是有助於增強知識並促進對學習成果的合適工具 (Schmid & Bogner, 2015)。此外，探究式學習亦被認為在促使學生進行知識轉化時，必須將各種來源的資訊進行彙整，以形成和支持自己的主張，而這將有效地促進學習者的特定領域思維 (Voet & De Wever, 2017)。諸多的研究提及，探究式學習為一種提高學習者好奇心和動力的有效方法 (Suarez, Specht, Prinsen, Kalz, & Ternier, 2018)。故諸多學者提倡應採用探究式教學法幫助學習者構建知識並發展高級思維能力 (Lakkala, Lallimo, & Hakkarainen, 2005)。而探究式學習有許多模式，這些模式是經由不同的研究所採取不同探究式歷程所組成 (Song & Wen, 2005)。在本研究中則以 Hong 等人 (2019) 提出預測、觀察、測驗、解釋之 POQE 探究模式用以設計綠能課程。

### 二、成就動機

成就動機 (achievement motivation) 由 McClelland、Atkinson、Clark 與 Lowell (1953) 所提出，McClelland 等人認為人們是能夠通過努力獲取正向的成果 (正向動機) 或躲避失敗 (負向動機)。Maehr 與 Zusho (2009) 認為成就動機是學習者自己的認知。當某項行為涉及與卓越標準競爭時，就可以認為是一種成就動機，判別關鍵要素為想要做好某一特定活動 (Brunstein & Heckhausen, 2018)。Kumar、Zusho 與 Bondie (2018) 而成就動機最重要的目標是建立學習者的能力與包容性，藉此讓學習者更願意進行學習。學者認為學習者的成就動機定義將影響未來行為 (Maehr & Zusho, 2009; Weiner, 1974)。而 Hart、Mueller、Royal 與 Jones (2013) 強調學習者的成就動機為預測感知與學習成就之重要因素。因此，成就動機是學生學習品質的重要指標 (Michou, Matos, Gargurevich, Gumus, & Herrera, 2016)。故本研究中以成就動機作為潛在自變項。

### 三、求知好奇心

好奇心是指人們對於事物的求知慾望，也是人們最基礎的動力來源 (Kobayashi, Ravioli, Baranès, Woodford, & Gottlieb, 2019)，它更是組合人們的基本成分 (Kidd & Hayden, 2015)。Lindholm (2018) 認為好奇心是現代人的核心價值，它驅使人們或群體學習的動力、獲得新資訊的見解以及創新能力等。此外，好奇心也被視為人們的一種特

質，普遍存在於人們遇到一件新穎事物或不理解的現象時，會想要去探索並理解該事物或現象 (Litman, 2019)。求知好奇心 (epistemic curiosity) 為一種學習者對於資訊的渴望，學習者的求知好奇心將會激發起學習慾望 (Wang & Hayden, 2021)，使人們渴望擁有更多新資訊，它會不斷地激發人們求知的興趣 (Litman, 2005)。此外 Litman 與 Jimerson (2004) 更將求知好奇心分為興趣型 (interest, I) 與剝奪型 (deprivation, D)，I 型的求知好奇心指涉及新事物的探索，而 D 型的求知好奇心則指減少不確定性，並消除自己對事情的未知狀態。本研究則採用求知好奇心用以預測學習者於 POQE 探究式綠能學習中之學習表現。

#### 四、學習表現

課程推動的成效可由評估學習者是否自課程中學到相對應的知識來確認 (黃文良等人, 2013)。因此學習表現是學習中最常被提及的變項之一 (Hsieh, Lin, & Hou, 2016)。表現評估標準是指學習水平和成就水平的標準，例如學習表現 (Winberg & Hedman, 2008)。為了衡量學習表現，大多數研究者常使用成績測驗、作業或問卷調查來收集學生的看法 (黃文良等人, 2013; Moody & Sindre, 2003)，或藉由前測與後測結果加以確認進步標準，作為學習表現的主要衡量指標 (Allcoat & von Mühlennen, 2018)。而本研究中，學習表現係指學習者於參與 POQE 探究式綠能學習後之評估結果。

### 參、研究假設

#### 一、成就動機與求知好奇心之關係

Pohan、Maulina、Hasanah 與 Hardianti (2018) 研究證實，學習者於理科課程中，學習動機與好奇心之間的關係，結果發現當學習者的動機越強烈時，將會提升學習者的好奇心。Halamish、Madmon 與 Moed (2019) 則發現學習動力更易使學習者牢記所學習之內容，並增加其求知好奇心。另有研究指出，不同程度的動機皆可預測人們的求知好奇心，不論 I 型之求知好奇心或 D 型之求知好奇心，皆與學習目標有著重要關聯性 (Elliot, McGregor, & Gable, 1999)。因此，當成就動機越高時，學習者的求知好奇心也將越強烈。故本研究探討學習者的成就動機與求知好奇心之間的關係，其假設如下：

H1：成就動機與 I 型求知好奇心呈現顯著正相關。

H2：成就動機與 D 型求知好奇心呈現顯著正相關。

## 二、求知好奇心與學習表現之關係

過去諸多研究提及，學習者的求知好奇心能提升學習者的學習與成就表現（Gruber, Gelman, & Ranganath, 2014; Middlebrooks, McGillivray, Murayama, & Castel, 2016）。而根據 von Stumm、Hell 與 Chamorro-Premuzic（2011）研究發現，求知好奇心為預測學習表現重要因素之一。另外，Powell、Nettelbeck 與 Burns（2017）指出求知好奇心與信心為預測學習表現重要指標之一，並建議未來可將研究集中在求知好奇心或信心對預測學習成效之影響。因此，求知好奇心讓學習者認為自己是具有能力挑戰自我和成長，進而影響學習表現與學習動機（Jaen & Baccay, 2016），並且擁有較高求知好奇心之學習者於學習表現亦有正向相關（Shah, Weeks, Richards, & Kaciroti, 2018）。

過去研究顯示，遊戲化學習方式能夠激發學習者的求知好奇心，進而提升其學習表現（Hong, Hwang, Liu, & Tai, in press）。此外，亦有相關研究發現學習者求知好奇心能夠預測學習表現（Powell et al., 2017）。而 Özsaray 與 Eren（2018）更提到 D 型求知好奇心與 I 型求知好奇心與學習成就皆有顯著正向影響。因此，當學習者的求知好奇心越強烈時其學習表現也會越良好。故本研究探討學習者在 POQE 探究式綠能課程的情境中，求知好奇心與學習表現之間的關係，其假設如下：

H3：I 型求知好奇心與學習表現呈現顯著正相關。

H4：D 型求知好奇心與學習表現呈現顯著正相關。

## 三、研究模式

根據成就動機的期望價值理論之觀點，當人們對自己完成某些任務的能力充滿信心或對任務感興趣的學生，可能會表現出與積極成就相關的行為，例如：願意付出更大的努力並堅持挑戰性的任務（Wu & Fan, 2017），也就是說當學習者的學習動機越強烈時，將表現出越積極的成就行為，進而獲得良好的價值感知。承上，當成就動機越強烈，學習者將表現出更高程度的求知好奇心（成就行為），藉此獲得良好的學習表現（價值）。基此，本研究以成就動機的期望價值理論作為理論框架，提出四項研究假設，並建構其研究模式，如圖 1 所示。

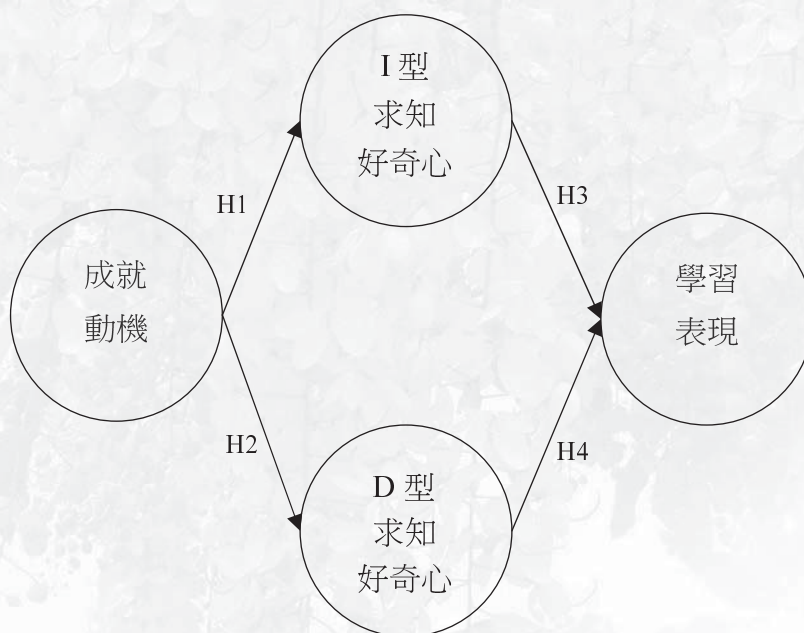


圖 1 研究模式

## 肆、教材設計

### 一、綠能學習的POQE探究模式

本研究根據POE (Prediction、Observation、Explanation) 探究模式，增加測驗 (Quiz)，修改為 POQE (Prediction、Observation、Quiz、Explanation) 探究式學習過程，用以幫助學習者於綠能學習歷程中進行探究。為使讓學習者能有效的參與POQE探究式學習過程，研究人員指出，在探究式的學習活動中，可以藉由科技幫助學習者認知支持，這不僅提供學生發展科學理解的機會，還能藉由使用可見的科學現象激勵學習者 (Oliver, 2008; Ucar & Trundle, 2011)。而本研究採用Hong等人 (2019) 所開發基於POQE模式的綠能學習網站作為教學工具，讓學習者使用，而參與者於網站的學習過程所述如下：

#### (一) 預測

在第一階段中，學習者在進入綠能學習網站的學習單元後，將先提出一道關於綠能知識的基礎問題給予學習者回答，在此階段，須從參與者的先備知識與科學能力來從中選擇一項最合適的答案，此階段中不會告訴學習者其回答正確與否。

## (二) 觀察

在第二階段中，將提供綠能影片或圖像資訊給予學習者，並透過影片、圖片進行綠能運作的模擬實驗以提供給學習者觀看。

## (三) 測驗

在第三階段中，提出與第一道題目相關但更進階的問題給學習者進行作答。在此階段，將「預測」與「觀察」等二個探究階段相結合，並藉此向學習者提出更進階的問題，而學習者需要反思此道問題與觀察階段所提供的資訊之間的關係。

## (四) 解釋

提供正確答案與科學解釋給學習者，在這個步驟中會將預測、觀察、測驗以及解釋的歷程內容，全部都進行科學化後傳遞給學習者，而此步驟則為綠能學習網站的最後一個學習歷程。



圖 2 POQE 探究模式

## 二、綠能學習內容

本研究中於技術型高中環保科技單元，進行了為期六週 POQE 探究式學習課程。以太陽能發電主題，其中包含主動式與被動式追日系統之比較、被動式追日系統的原理、單軸式與雙軸式追日系統之比較、太陽能電池的發電原理、太陽能電池的發電效率、太陽能電網的功用、太陽能電網的種類等七個子單元。而本研究所設計的綠能學習內容經由二位能源專長之大學教授及五位高中教師進行確認其正確性。

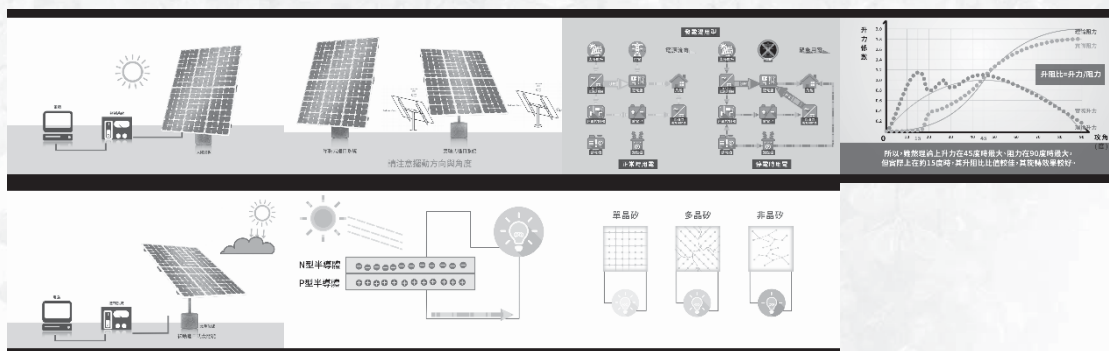


圖 3 學習單元截圖

## 伍、研究方法

### 一、研究歷程與資料蒐集

本次研究採立意取樣方式，邀請臺北市、新北市、宜蘭縣、臺中市、彰化縣各一所公立技術型高中的汽車科或冷凍空調科共九個班級學生，參與者共計342名二年級學生。

在本次教學實驗中，於研究進行時說明實驗流程，並由任課教師引導學生完成六週的線上綠能探究式課程學習。在六週的POQE探究式綠能課程中，為確保學生的匿名參與，每位學生隨機獲得一組使用帳號，學生可藉由帳號登入綠能學習網站上課，而後臺將會記錄學習者於課程各階段中的觀看時間。每位參與的學生每週將進行1至2個有關太陽能發電單元的學習，每1個單元約10分鐘的學習時間，在此學習網站中。每一個學習單元中都會包含預測、觀察、提問與解釋等四個探究歷程，且每一個歷程步驟學習者皆可重複觀看（詳見肆、教材設計）。

學習課程的最後一週時，透過紙本問卷給予學生填寫及進行學習表現的測驗，而在最後一週的測驗與填答中，亦透過填寫使用帳號的方式來確保資料對應的正確性及保障所有參與者確實匿名參與研究。

### 二、研究參與者

參與者共 342 人，刪除無效數據資料 55 份，有效參與者共 287 人，問卷回收率為 83.9%。性別方面，男生 282 人（98.3%），女生 5 人（1.7%）；科別方面，汽車科 158 人（55.1%），冷凍空調科 129 人（44.9%）。

### 三、研究工具

#### (一) 測量問卷

##### 1. 成就動機

成就動機使得人們在各種任務中追求高層次的成功，為一種影響人們完成具有挑戰性的任務，超越卓越標準並竭盡全力的動機 (McClelland, 1987)。因此，本研究參考此概念，修編自 Hong、Hwang、Tsai、Tai 與 Wu (in press) 成就動機量表，評估學生與他人進行比較，證明自己的能力和優勢以及超越他人的動力，例題如：我對於不懂的事情，願意花時間增加知識吸收等。藉此評估學習者對於成就動機的感知程度。

##### 2. 求知好奇心

求知好奇心為人們對於獲取新資訊的渴望，它將不斷地激發人們對於求知的興趣 (Litman, 2005)，而 Litman 與 Jimerson (2004) 將求知好奇心分為 I 型與 D 型，I 型求知好奇心指涉及新事物的探索，D 型求知好奇心指減少知識的不確定性並消除自己對事情的未知狀態。因此，本研究於此概念下，引用自 Litman 與 Spielberg (2003) 求知好奇心量表，I 型的求知性好奇心，例題如：當我碰到新概念，我會去探索它的涵意。D 型的求知性好奇心，例題如：當我碰到難預測結果的問題，我會花更多精神去想。由此評估學習者對於求知好奇心的感知程度。

##### 3. 學習表現

課程的推動成效，可藉由了解學習者是否確實從課堂中學習到相關的知識作為參考標準 (黃文良等人, 2013)。本研究使用於綠能學習網站中，將測試歷程中之題目做為學習表現評估的題目，例題如：請問以下太陽能電池的效率從高到低的排序是？A. 單晶矽 > 多晶矽 > 非晶矽 > 化合物半導體；B. 多晶矽 > 單晶矽 > 非晶矽 > 化合物半導體；C. 化合物半導體 > 單晶矽 > 多晶矽 > 非晶矽；D. 非晶矽 > 單晶矽 > 多晶矽 > 化合物半導體。

#### (二) 項目分析

本研究採用 AOMS 20.0 進行項目分析 (一階驗證性分析)，Hair 等人 (2010) 建議  $\chi^2/df$  值須小於 5，而 Abedi、Rostami 與 Nadi (2015) 建議 RMSEA 值應小於 0.100，GFI、AGFI 等數值應大於 0.800。而本研究三個構面的一階驗證性分析結果皆符合標準。Hair、Black、Babin 與 Anderson (2010) 建議以題項的因素負荷量 (factor loading, FL) 大於 0.500 作為內部效度之評估指標，再以此標準進行刪題後，成就動機構面由 6 題刪為 4 題，I 型求知好奇心構面由 5 題刪為 4 題，D 型求知好奇心構面由 5 題刪為 4 題。

表 1  
一階驗證性分析

指標	成就動機	I 型求知好奇心	D 型求知好奇心
$\chi^2$	0.857	8.815	8.825
df	2	2	2
$\chi^2/df$	0.429	4.407	4.412
RMSEA	0.000	0.109	0.109
GFI	0.999	0.984	0.985
AGFI	0.993	0.921	0.924

### (三) 構面信度與效度分析

#### 1. 信度

本研究問卷藉由 Cronbach's  $\alpha$  值來檢視一致性信度，而 Hair 等人 (2010) 建議 Cronbach's  $\alpha$  值應大於 0.700 則被視為通過信度檢驗之標準，而本研究 Cronbach's  $\alpha$  值介於 0.759 至 0.836；此外，Hair 等人 (2010) 建議組合信度 (composite reliability, CR) 的檢驗值應大於 0.700，而本研究各構面的 CR 值介於 0.764 至 0.840，顯示二項信度指標皆符合建議標準，如表 2 所示。

#### 2. 收斂效度

Hair 等人 (2010) 建議 FL 值應大於 0.500 方具備收斂效度，當題項低於此數值時，則應被剔除。而檢驗結果顯示，成就動機的 FL 值介於 0.502 至 0.795，I 型求知好奇心的 FL 值介於 0.698 至 0.810，D 型求知好奇心的 FL 值介於 0.655 至 0.864，如表 2 所示。此外，Hair 等人 (2010) 建議當構面的平均變異抽取量 (averaging variance extracted, AVE) 大於 0.5 則具備收斂效度，但 Fornell 和 Larcker (1981) 建議 AVE 小於 0.500，但構面的 CR 值高於 0.600 時，該構面的效度仍具有足夠有效性，而本研究檢驗結果顯示各構面的 AVE 值介於 0.454~0.840，符合建議標準，如表 2 所示。

表 2  
構面信度與效度分析

構面	M	SD	FL	CR	AVE
成就動機	3.696	0.593	0.502~0.795	0.764	0.454
I 型求知好奇心	3.618	0.579	0.698~0.810	0.838	0.655
D 型求知好奇心	3.500	0.593	0.655~0.864	0.540	0.840
學習表現	11.650	3.234	—	—	—

## 陸、研究結果

### 一、模型適配度檢驗

Hair 等人 (2010) 及 Abedi 等人 (2015) 對於模型適配度的各項建議值為  $\chi^2/df$  值須小於 5 (Hair et al., 2010), RMSEA 值應小於 0.100, 而 GFI、AGFI、NFI、NNFI、CFI、IFI 與 RFI 等指標值應大於 0.800, PNFI 與 PGFI 等指標值則應大於 0.500。本研究的模型適配度的指標值為  $\chi^2=235.08$ 、 $df=62$ 、 $\chi^2/df=3.792$ 、 $RMSEA=0.099$ 、 $GFI=0.897$ 、 $AGFI=0.849$ 、 $NFI=0.854$ 、 $NNFI=0.858$ 、 $CFI=0.887$ 、 $IFI=0.889$ 、 $RFI=0.817$ 、 $PNFI=0.679$ 、 $PGFI=0.611$ , 顯示本研究模式具有良好的模型適配度。

### 二、研究模式驗證分析

模式驗證結果顯示, 成就動機與 I 型求知好奇心有正相關 ( $\beta=0.538^{***}$ ,  $p<0.001$ ), 成就動機與 D 型求知好奇心有正相關 ( $\beta=0.503^{***}$ ,  $p<0.001$ ), I 型求知好奇心與學習表現有正相關 ( $\beta=0.312^{***}$ ,  $p<0.001$ ), D 型求知好奇心與學習表現具有正相關 ( $\beta=0.327^{***}$ ,  $p<0.001$ )。

成就動機對於 I 型求知好奇心的解釋力為 28.9%,  $f^2$  為 0.406; 成就動機對於 D 型求知好奇心的解釋力為 25.3%,  $f^2$  為 0.339; 二種類型的求知好奇心對於學習表現的解釋力為 25.9%,  $f^2$  為 0.350。

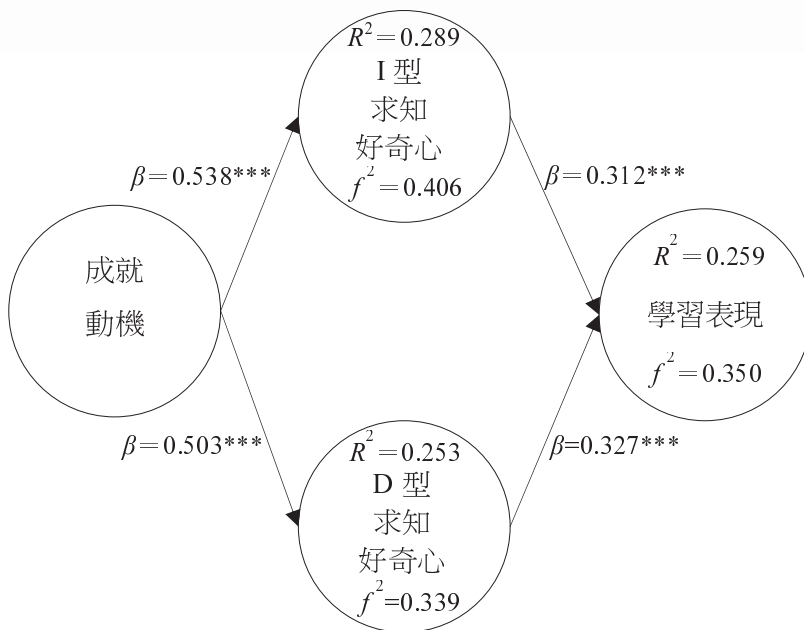


圖 4 研究模式驗證

## 柒、研究討論

### 一、成就動機與求知好奇心呈現正相關

Pohan 等人 (2018) 研究於理工課程情境中，探討學習者的動機與好奇心之間的關係，結果發現當學習動機越高時，將會提升學習者的好奇心。而 Halamish 等人 (2019) 則指出學習動力更容易讓學習者記住所學習的內容，且動機將會促進求知好奇心的提升。此外，Elliot 等人 (1999) 的研究則提及，不同程度的學習動機可以預測人們的求知好奇心。本研究驗證結果顯示，成就動機與二種類型的求知好奇心呈現正相關。意即當學習者擁有越強烈的成就動機時，也將會帶來越高層次的求知好奇心。

### 二、求知好奇心與學習表現呈現正相關

求知好奇心為驅使學生從事學習和智能活動的特質 (Binu, Vijay, Anusha, Anoop, Bhat, & D'Souza, 2020)。研究發現，求知好奇心讓學習者認為自己具有能力挑戰自我和成長，進而影響學習表現 (Jaen & Baccay, 2016)，擁有較高求知好奇心的學習者在學習表現有正向相關 (Shah et al., 2018)。因此，以往諸多研究發現，學習者的求知好奇心能夠提升學習者的學習與成就表現 (Gruber et al., 2014; Middlebrooks et al., 2016)。如 Powell 等人 (2017) 與 von Stumm 等人 (2011) 發現，求知好奇心為預測學習表現的構面之一。另外，Özsaray 與 Eren (2018) 研究也指出 D 型求知好奇心與 I 型求知好奇心皆與學習成就有顯著的正向影響。而本研究驗證結果顯示，二種類型的求知好奇心與學習表現呈現正相關。可見於 POQE 的探究式綠能課程中，當學習者擁有越高水平的求知好奇心時，將有助於提高學習者的學習表現。

## 捌、結論與建議

### 一、研究結論

探究與實作為臺灣接軌國際教學趨勢之重要方式。近年來的科技發展使得探究過程可以得到電子學習環境的支持，其教育效果也獲得顯著提高 (Hong et al., 2019)。而本研究基於成就動機的期望價值理論基礎下，提出四項研究假設，並建構一個研究模式，探討研究參與者對於在 POQE 模式下的綠能學習表現。研究驗證結果顯示：(一) 成就動機對於二種類型的求知好奇心具有正相關；(二) 二種類型的求知好奇心對學習表現具有正相關。可見探究式學習為一種能有效幫助學習者進行的能源學習方式。

## 二、研究建議

自研究結果可見，兩種類型的求知好奇心皆能促進學習者的學習表現，因此授課教師可根據學生的求知好奇心類型提升其對於探究知識，如：針對 I 型求知好奇心之學生給予更多新的知識來促進探究學習，而屬於 D 型求知好奇心的學生則透過探索未知的問題以誘發其探究學習的慾望。

然而雖於本研究中證實探究式學習對於綠能教育的效果，但探究式學習為一種「以學生為中心」的學習方式，有別於以往以教師為主的授課方式。故研究指出，在推動對探究式學習的變革中，師生皆需要時間建立融洽的關係及新的伙伴關係，以促進積極與合作的學習互動 (Theobald & Ramsbotham, 2019)。因此教學時，教師也應注意學習者參與情形，並適時提供引導幫助學生投入探究式的學習活動。

研究指出，探究式學習仍不是在教學中常見的學習方法 (Voet & de Wever, 2016)，但隨著科技的進步，讓多媒體內容可透過移動設備提升豐富學習環境的可能性 (Becker et al., 2020)，而本研究所使用基於 POQE 的電子系統，即是一項透過多媒體來進行探究式學習，且本研究也驗證此方式下的學習效果，因此建議學習系統設計者或是教師，皆可藉由教育科技幫助實踐探究式學習。

## 三、研究限制與未來研究建議

本研究著重於探究式學習之成果，而未著墨於實作面向，因此後續研究中擴展 POQE 探究模式，可增加動手做 (Do, D) 歷程，藉此探討於探究式學習模式中，實踐探究與實作的教學成效。

本次研究的參與者來自工業科別，因此學生的母群中存在性別比例嚴重失衡的問題，而在本研究中也出現過相同情形，因此建議未來可擴展取樣範圍及學科領域，邀請不同群科之學生參與研究，藉此了解基於 POQE 探究模式於不同學科領域與不同性別學生之學習表現是否相同。

## 致謝

本研究獲得教育部補助國立臺灣師範大學學習科學跨國頂尖研究中心之高等教育深耕計畫的經費支持。

## 參考文獻

- 王尊玄、王仁俊 (2020)。以 POEC 模式發展 STEM 課程為國中能源教育之行動研究——以風力發電為例。《工業科技教育學刊》，13，89-104。
- 高麗鳳、卓卿鉉、陳欽松 (2016)。綠能島教具與能源教育在國小教學之研究。《科學教育月刊》，394，35-49。
- 黃文良、黃琮聖、王貳瑞 (2013)。高職節能減碳教育之規劃與實現。《工程科技與教育學刊》，10 (1)，62-71。
- 經濟部 (2017)。《前瞻基礎建設計畫——綠能建設》。臺北：作者。
- Abedi, G., Rostami, F., & Nadi, A. (2015). Analyzing the dimensions of the quality of life in hepatitis B patients using confirmatory factor analysis. *Global Journal of Health Science*, 7(7), 22-31. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v7n7p22>
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640.
- Allcoat, D. & von Mühlén, A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26, 2140.
- Becker, S., Klein, P., Gößling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69, 101350.
- Binu, K. G., Vijay, V. S., Anusha, M. M., Anoop, C. V., Bhat, S., & D'Souza, R. (2020). Influence of epistemic curiosity on the study approaches of first year engineering students. *Procedia Computer Science*, 172, 443-451.
- Brunstein, J. C., & Heckhausen, H. (2018) Achievement motivation. In Heckhausen J., Heckhausen H. (Eds), *Motivation and action* (pp. 221-304). Cham, CH: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-65094-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-65094-4_6)
- Cairns, D. & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49(1), 1-23.
- Elliot, A. J., McGregor, H. A., & Gable, S. (1999). Achievement goals, study strategies, and exam performance: A mediational analysis. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 549-563.

- Fichten, W. (2019). Inquiry-Based Learning in Teacher Training. In H. A. Mieg (Ed.), *Inquiry-based learning-undergraduate research* (pp. 129-137). Cham, CH: Springer.
- Fornell, C. & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Gruber, M. J., Gelman, B. D., & Ranganath, C. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron*, 84(2), 486-496.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Halamish, V., Madmon, I., & Moed, A. (2019). Motivation to learn: The long-term mnemonic benefit of curiosity in intentional learning. *Experimental Psychology*, 66(5), 319-330.
- Hart, C. O., Mueller, C. E., Royal, K. D., & Jones, M. H. (2013). Achievement goal validation among African American high school students: CFA and Rasch results. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 31(3), 284-299.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Liu, Y. H., & Tai, K. H. (in press). Effects of gamifying questions on English grammar learning mediated by epistemic curiosity and language anxiety. *Computer Assisted Language Learning*. <https://doi.org/10.1080/09588221.2020.1803361>
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tsai, C. R., Tai, K. H., & Wu, Y. F. (in press). The effect of social dilemma on flow experience: Prosociality relevant to collective efficacy and goal achievement motivation. *International Journal of Science and Mathematics Education*. doi:10.1007/s10763-019-09958-3
- Hong, J. C., Tsai, C. R., Hsiao, H. S., Chen, P. H., Chu, K. C., Gu, J. & Sitthiworachart, J. (2019). The effect of the “Prediction-observation-quiz-explanation” inquiry-based e-learning model on flow experience in green energy learning. *Computers & Education*, 133, 127-138.
- Hsieh, Y. H., Lin, Y. C., & Hou, H. T. (2016). Exploring the role of flow experience, learning performance and potential behavior clusters in elementary students' game-based learning. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 178-193.
- Jaen, M. C. A. & Baccay, E. S. (2016). Curiosity, motivation, attitude, gender, and mathematics performance. *The Normal Lights*, 10(2), 98-103.
- Kidd, C. & Hayden, B. Y. (2015). The psychology and neuroscience of curiosity. *Neuron*, 88(3), 449-460.

- Kobayashi, K., Ravaioli, S., Baranès, A., Woodford, M., & Gottlieb, J. (2019). Diverse motives for human curiosity. *Nature Human Behaviour*, 3(6), 587-595.
- Kumar, R., Zusho, A., & Bondie, R. (2018). Weaving cultural relevance and achievement motivation into inclusive classroom cultures. *Educational Psychologist*, 53(2), 78-96.
- Lakkala, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2005). Teachers' pedagogical designs for technology-supported collective inquiry: a national case study. *Computers and Education*, 45(3), 337-356.
- Lindholm, M. (2018). Promoting curiosity? *Science & Education*, 27(9-10), 987-1002.
- Litman, J. (2005). Curiosity and the pleasures of learning: Wanting and liking new information. *Cognition & Emotion*, 19(6), 793-814.
- Litman, J. A. (2019). Curiosity: Nature, dimensionality, and determinants. In K. A. Renninger & S. Hidi (Eds.), *The Cambridge handbook on motivation and learning* (pp. 418-422). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Litman, J. A. & Jimerson, T. L. (2004). The measurement of curiosity as a feeling of deprivation. *Journal of Personality Assessment*, 82(2), 147-157.
- Litman, J. A. & Spielberger, C. D. (2003). Measuring epistemic curiosity and its diversive and specific components. *Journal of Personality Assessment*, 80, 75-86.
- Maehr, M. L. & Zusho, A. (2009). Achievement goal theory: The past, present, and future. In K. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation in school* (pp. 76-104). New York, NY: Routledge.
- McClelland, D. C. (1987). *Human motivation*. New York, NY: Cambridge University Press.
- McClelland, D. C., Atkinson, J. W., Clark, R. A., & Lowell, E. L. (1953). *The achievement motive*. New York, NY: Appleton-Century-Crofts.
- Michou, A., Matos, L., Gargurevich, R., Gumus, B., & Herrera, D. (2016). Building on the enriched hierarchical model of achievement motivation: Autonomous and controlling reasons underlying mastery goals. *Psychologica Belgica*, 56(3), 269-287.
- Middlebrooks, C. D., McGillivray, S., Murayama, K., & Castel, A. D. (2016). Memory for allergies and health foods: How younger and older adults strategically remember critical health information. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 71(3), 389-399.
- Moody, D. L., & Sindre, G. (2003). Evaluating the effectiveness of learning interventions: An information systems case study. In *European Conference on Information Systems 2003* (pp. 1-17). London, UK: School of Information Systems, London School of Economics.

- Oliver, R. (2008). Engaging first year students using a web-supported inquiry-based learning setting. *Higher Education*, 55(3), 285-301.
- Özsaray, A. E. & Eren, A. (2018). Achievement emotions, epistemic curiosity, and graded performance of undergraduate students in English preparatory classes. *Uluslararası Eğitim Programları ve Öğretim Çalışmaları Dergisi*, 8(1), 39-58.
- Pohan, L. A., Maulina, J., Hasanah, U., & Hardianti, T. (2018). Investigating the relationship between students' interest and intrinsic motivation with curiosity in learning science. In Nurhayati, Ir. (Ed.), *Proceedings of the 7th International Conference on Multidisciplinary Research (ICMR 2018)* (pp. 427-432). Medan, IND: Universitas Islam Sumatera Utara.
- Powell, C., Nettelbeck, T., & Burns, N. R. (2017). The incremental validity of intellectual curiosity and confidence for predicting academic performance in advanced tertiary students. *Personality and Individual Differences*, 116, 51-56.
- Schmid, S. & Bogner, F. X. (2015). Effects of students' effort scores in a structured inquiry unit on long-term recall abilities of content knowledge. *Education Research International*, 2015, Article ID 826734.
- Shah, P. E., Weeks, H. M., Richards, B., & Kaciroti, N. (2018). Early childhood curiosity and kindergarten reading and math academic achievement. *Pediatric Research*, 84(3), 380-386.
- Song, Y. & Wen, Y. (2018). Integrating various apps on BYOD (Bring your own device) into seamless inquiry-based learning to enhance primary students' science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 27(2), 165-176.
- Spronken-Smith, R. & Walker, R. (2010). Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education*, 35(6), 723-740. doi:10.1080/03075070903315502
- Suarez, A., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55.
- Theobald, K. A. & Ramsbotham, J. (2019). Inquiry-based learning and clinical reasoning scaffolds: An action research project to support undergraduate students' learning to 'think like a nurse'. *Nurse Education in Practice*, 38, 59-65.
- Ucar, S. & Trundle, K. C. (2011). Conducting guided inquiry in science classes using authentic, archived, web-based data. *Computers & Education*, 57(2), 1571-1582.

- Urduan, T. & Kaplan, A. (2020). The origins, evolution and future directions of achievement goal theory. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, 101862.
- Voet, M. & De Wever, B. (2017). Preparing pre-service history teachers for organizing inquiry-based learning: The effects of an introductory training program. *Teaching and Teacher Education*, *63*, 206-217.
- Voet, M. De Wever, B. (2016). History teachers' conceptions of inquiry-based learning, beliefs about the nature of history, and their relation to the classroom context. *Teaching and Teacher Education*, *55*, 57-67.
- von Stumm, S., Hell, B., & Chamorro-Premuzic, T. (2011). The hungry mind: Intellectual curiosity is the third pillar of academic performance. *Perspectives on Psychological Science*, *6*(6), 574-588.
- Wang, M. Z. & Hayden, B. Y. (2021). Latent learning, cognitive maps, and curiosity. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *38*, 1-7.
- Weiner, B. (1974). *Achievement motivation and attribution theory*. Morristown, NJ: General Learning Press.
- Wigfield, A. & Eccles, J. S. (2000). Expectancy - value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, *25*(1), 68-81.
- Wigfield, A., Rosenzweig, E. Q., & Eccles, J. S. (2017). Achievement values: Interactions, interventions, and future directions. In A. J. Elliot, C. S. Dweck, & D. S. Yeager (Eds.). *Handbook of competence and motivation: Theory and application* (2nd ed., pp. 116-134). New York, NY: The Guilford Press
- Winberg, T. M. & Hedman, L. (2008). Student attitudes toward learning, level of pre-knowledge and instruction type in a computer-simulation: effects on flow experiences and perceived learning outcomes. *Instructional Science*, *36*(4), 269-287.
- Wu, F. & Fan, W. (2017). Academic procrastination in linking motivation and achievement-related behaviours: A perspective of expectancy-value theory. *Educational Psychology*, *37*(6), 695-711.