

# 十二年國民基本教育課綱素養評量 --以自然科為例

陳秀容<sup>1\*</sup> 蔡顯饗<sup>2</sup>

<sup>1</sup>彰化縣立彰泰國民中學

<sup>2</sup>國立彰化師範大學

## 壹、緒論

美國哲學家及教育家杜威強調教育是經驗的重組、改造、轉變與重建的一種歷程，是個人在與教育情境互動中，自然會形成經驗重組的歷程（引自徐宗林，2000）。但要使學生有意義的學習科學在傳統教學的情境脈絡下是不易達到的教學目標（Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998; Costa, 1995; Hennessy, 1993; Layton, Jenkin, Macgill, & Davey, 1993; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003），因傳統教學的科學課程缺少了和每天生活世界的關聯性（Millar & Osborne, 1998; Osborne & Collins, 2000）。因而近代教育改革著重將學校課程的教學與評量盡可能與學生的生活經驗結合，使學生能在日常生活情境中將課堂上所學的知識應用出來，進而達到『素養』教育目標。

十二年國民基本教育課綱以培養學生的「核心素養」為課程發展主軸，所謂『核心素養』是指學生為適應現在生活及未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度（教育部，2014），然而課程、教學與評量三者相輔相成（Jang & Ryan, 2003）、密不可分（吳

俊憲，2020；顏國樑、閔詩絰，2018），要使學生達到最佳的學習效果需對教育現場進行實徵性研究，將所得結果回饋至課程與教學設計（Komorek & Duit, 2004），進而達成教學目標。故現今以『核心素養』為課程主軸，除了教學現場實施素養導向的教學外，如何設計與進行『素養導向評量』有著不可或缺的重要地位。

## 貳、科學素養評量

經濟與發展組織（Organization for Economic Cooperation and Development, OECD）自1997年起創建國際性學生評量（International Student Assessment, PISA），每三年舉辦一次，調查15歲學生的閱讀、科學與數學素養，藉以評估參與國家教育系統下的學生科學、數學與閱讀領域之素養狀況。OECD認為學生必須發展與21世紀相關的技能與知識（Bybee & Fuchs, 2006），而PISA測驗除提供參與國學生科學、數學與閱讀領域之素養表現狀況外，並可從中窺見有助於學生、學校、教育系統能成功的眾多國際性政策方針（Bussie're, Knighton, & Pennock, 2007）。

現今學校課程的方向和科學教育目

的是培養學生的科學素養（教育部，2014；教育部，2018；Bybee, 1997; Koballa, Kemp, & Evans, 1997; Mayer & Kumano, 2002），國內近年來正如火如荼的推廣科學素養評量，如：國家教育研究院（2020）自民國109年開始北、中、南分區推廣素養評量工作坊；臺北市政府教育局（2019）分別設計出適用於國小、國中與高中階段的全球素養評量手冊供教師使用；大學入學考試中心（2017）針對十二年國民基本教育新課綱大學升學命題是以素養導向命題做宣導與範例說明；國中教育會考針對十二年國民基本教育實施後的素養導向評量提出範例說明（臺灣師範大學心理與教育測驗研究發展中心，2018）；彰化縣政府發文請各校鼓勵教師於平時測驗及定期測驗增加素養導向評量題目，希望各科定期測驗中素養題型能占試題比例5%，藉以引導學生建立核心素養能力，並熟悉素養導向評量題型，同時也舉辦彰化縣素養導向評量題庫徵題計畫（彰化縣政府，2020）。由此可見科學素養評量亦是教育中的一個重要環節，將評量結果回饋到課程進而修正課程與教學的設計，落實『培養未來公民之科學素養』教學目標。

## 參、科學素養評量如何出題

2006年以科學為主題的PISA測驗中，我們可看出科學素養的特徵：脈絡、能力、科學知識與態度（Bybee, McCrae, & Laurie, 2009），2015年PISA測驗又再次回歸到科學主題，一樣依循著科學素養的主軸。科學素養的基本元素為當面臨涉及科學的狀況時

能理解並能夠在個人的、社會的、全球的脈絡下使用科學的能力。科學素養涉及以下四個特徵：（1）個體的科學知識與使用那知識去識別問題、獲取新知識、解釋科學現象、對於科學相關議題能由證據歸納出結論；（2）瞭解科學的特性並知道科學是人類探究與獲得知識的一種型式；（3）意識到科學與技學如何塑造我們的物質、知識和文化環境；（4）願意從事科學相關議題，具有科學理念是一個有建設性、能進行反思的公民（OECD, 2006）。而PISA測驗所關注的『科學素養評量』面向與我國的十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要（教育部，2018）中學習表現所強調的『探究能力包含思考智能與問題解決、科學的態度與本質』所關注的面向相同，如表一所示。

任宗浩（2019）指出素養導向評量需具備兩大要素，要素一為生活中真實的情境中會面臨到的真實問題，因核心素養強調『應用在生活情境中的能力』，著重應用核心知識與技能以解決真實情境脈絡中的問題，故試題應盡可能接近真實世界中可能會遇到的生活情境、學術探究情境以及學習脈絡情境中的問題；要素二則是跨領域或跨學科素養，其涵意除跨學科的內容題材之外，也廣泛的涵蓋十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要（教育部，2014）中所指之符號運用、多元表徵、資訊媒體識讀與運用以及系統性思考等跨學科甚至跨領域的共同核心能力。除從生活中發想科學素養評量命題方向，亦可從PISA2006科學素養評量架構中得到一些靈感的啟發，

如表二所示，其範圍涵蓋了科學的脈絡(如：生活狀況中的科學與技學)、科學能力(如：辨識科學議題、解釋科學現象、使用科學證據)、科學知識(如：學生瞭解的科學概念以及對科學本質的瞭解)、學生對科學的態度(如：對科學的興趣、對科學探究的支持、對資源與環境的責任)等。

**表一：PISA2015科學素養評量框架與十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要學習表現對應一覽表。**

PISA2015 科學素養評量	PISA2015 科學素養評量細項說明	十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要學習表現對應
<b>科學的解釋</b>		
<b>現象</b>	<b>能識別自然和技術現象</b>	<b>探究能力 -問題解決-觀察與定題：</b>
( Explain phenomena scientifically, EP)		(1) 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。 (2) 能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題(或假說)。
<b>能評估自然和技術現象</b>		
		<b>探究能力-思考智能-推理論證：</b>
		(1) 將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。
<b>科學的態度與本質-養成應用科學思考與探究的習慣：</b>		
		(1) 對於有關科學發現的報導，甚至權威的解釋(例如：報章雜誌的報導或書本上的解釋)，能抱持懷疑的態度，評估其推論的證據是否充分且可信賴。
<b>能對自然和技術現象提出解釋</b>		
		<b>科學的態度與本質-培養科學探究的興趣：</b>
		(1) 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因。

**評估和設計 能描述科學調查**

**科學探究**

( Evaluate

and design

scientific

enquiry,

ED)

**探究能力-問題解決-分析與發現：**

(1) 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。

**探究能力-問題解決-討論與傳達：**

(1) 能利用口語、影像(例如：攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或經教師認可後以報告或新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果、價值、限制和主張等。視需要，並能摘要描述主要過程、發現和可能的運用。

**能對科學調查進行評估與批判。** 探究能力-問題解決-討論與傳達：

(1) 能理解同學的探究過程和結果(或經簡化過的科學報告)，提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。

**探究能力-思考智能-批判思辨：**

(1) 能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。

**科學的態度與本質-養成應用科學思考與探究的習慣：**

(1) 對於有關科學發現的報導，甚至權威的解釋(例如：報章雜誌的報導或書本上的解釋)，能抱持懷疑的態度，評估其推論的證據是否充分且可信賴。

(2) 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。

**能提出解決問題 探究能力-問題解決-劃與執行：****的科學方法**

(1) 能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的探究活動。

**科學的闡述 能分析、評估各種 探究能力-問題解決-分析與發現：**

**數據與證據 不同表述中的數據**  
 ( Interpret data and evidence scientific ally, ID )  
**據、主張和論點，並從各種不同表述中的數據、主張和論點得出適當的科學結論**

(1) 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。

**探究能力-思考智能-建立模型：**

(1) 能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。

**肆、科學素養評量試題實作****一、命題範例**

國家教育研究院(2020)所舉辦的素養導向評量工作坊中有提供給參與教師實際命題的指引與規準，如附錄所示，讓教師在面臨素養導向評量命題時有所依循與參考。而表三所列試題即是參考 PISA 2006 科學評量試題脈絡中環境主題之全球的（世界各地的生活）層級進行命題的發想，因素養評量脈絡是生活中真實的情境中會面臨到的真實問題，且要跨領域或跨學科素養，故因地制宜彰化縣學校故試題的發想以地緣相

關的食物與污染問題著手。

**二、命題建議**

因學生平時試卷作答多以選擇題與填充題居多數，鮮少遇到需要文字描述的題型，故學生作答素養評量試題遇到需文字描述作答的部分，答題表現普遍不理想，故在評分規準時可分等級，描述完整可拿到全部的分數，而描述有所缺失較不完整也可拿到部分的分數，藉此鼓勵學生能多寫出自己的推論與想法。

表二：PISA 2006科學評量試題的脈絡

層級 主題	個人(自我、家庭和 同儕)	社會的 (社區)	全球的 (世界各地的生 活)
健康	健康維護、 事故、營養	疾病控制、社會傳 播、食物選擇、社區 衛生	流行病、傳染性疾 病傳播
自然資源	個人耗費的物質 和能源	維人類族群的維 持、生活品質、安 全、食物的生產與 分配能源供應	可再生和不可再 生、自然系統、人口 增長、物種永續利 用
環境	環保行為、物質的 使用和處理	人口分佈、廢物處 理、對環境造成的 影響、當地氣候	生物多樣性、生態 可持續性、污染控 制、土壤的生產與 流失
危害	自然的和人為的、 關於居住的決定	地震與惡劣天氣的 劇變、海岸線緩慢 和漸進的變化 、風險評估	氣候變遷、現代戰 爭影響
科學和技術的邊界	對自然現象科學解 釋的興趣、以科學 為基礎的愛好、 運動和休閒、音樂 和個人技術	新材料、設備和過 程、基因工程、武器 技術、交通	物種滅絕、空間探 索、宇宙的起源與 結構

翻譯自 Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006 (OECD, 2006).

表三：素養導向評量命題指引與規準

題組 主題幹	<p>彰化縣境內因電鍍廠工廠排廢水污染水源，導致和美、花壇、鹿港、都有農地因為遭受重金屬汙染。對這些受污染的農地，環保單位多已將地上作物剷除、銷毀，並將場址公告為污染控制場址，限制農民對其農地的耕種及使用，對於這些被公告為控制場址的農地，農民日日期盼其所賴以維生的土地能够早日回到原來的面貌，繼續從事耕種。圖一即為受污染的農地所種植出的花生各部位重金屬含量分析，花生自種植至採收花生其成長期約四個月。請依據圖一回答下列問題：</p> <table border="1"> <caption>Data extracted from Figure 1: Cadmium accumulation in peanut parts over time</caption> <thead> <tr> <th>天數 (Days)</th> <th>根 (Root) (mg/kg)</th> <th>莖 (Stem) (mg/kg)</th> <th>葉 (Leaf) (mg/kg)</th> <th>花生 (Peanut) (mg/kg)</th> <th>平均 (Average) (mg/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>~20</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td><td>~10</td></tr> <tr><td>40</td><td>~80</td><td>~30</td><td>~20</td><td>~20</td><td>~30</td></tr> <tr><td>60</td><td>~600</td><td>~380</td><td>~320</td><td>~380</td><td>~380</td></tr> <tr><td>70</td><td>~120</td><td>~60</td><td>~40</td><td>~60</td><td>~80</td></tr> <tr><td>80</td><td>~200</td><td>~50</td><td>~80</td><td>~80</td><td>~120</td></tr> <tr><td>100</td><td>~220</td><td>~150</td><td>~100</td><td>~150</td><td>~150</td></tr> <tr><td>120</td><td>~250</td><td>~220</td><td>~30</td><td>~220</td><td>~220</td></tr> </tbody> </table> <p>圖一：花生不同部位組織對重金屬之累積吸收變化</p>	天數 (Days)	根 (Root) (mg/kg)	莖 (Stem) (mg/kg)	葉 (Leaf) (mg/kg)	花生 (Peanut) (mg/kg)	平均 (Average) (mg/kg)	20	~20	~10	~10	~10	~10	40	~80	~30	~20	~20	~30	60	~600	~380	~320	~380	~380	70	~120	~60	~40	~60	~80	80	~200	~50	~80	~80	~120	100	~220	~150	~100	~150	~150	120	~250	~220	~30	~220	~220
天數 (Days)	根 (Root) (mg/kg)	莖 (Stem) (mg/kg)	葉 (Leaf) (mg/kg)	花生 (Peanut) (mg/kg)	平均 (Average) (mg/kg)																																												
20	~20	~10	~10	~10	~10																																												
40	~80	~30	~20	~20	~30																																												
60	~600	~380	~320	~380	~380																																												
70	~120	~60	~40	~60	~80																																												
80	~200	~50	~80	~80	~120																																												
100	~220	~150	~100	~150	~150																																												
120	~250	~220	~30	~220	~220																																												
取材說明	<p>參考PISA 2006科學評量試題脈絡中環境主題之全球的（世界各地的生活）層級進行命題的發想，因地屬彰化縣學校故試題的發想以地緣相關的食物與污染問題著手。</p>																																																
子題一	<p>( ) 1、由圖一可看出採收花生時，種子重金屬濃度約多少？mg/kg            (A) 60 (B) 100 (C) 220 (D) 320</p>																																																
學習內容	<p>(1) 主題：科學、科技、社會及人文。次主題：環境汙染與防治。            學習內容：環境汙染物對生物生長的影響及應用            (2) 主題科學、科技、社會及人文。次主題：環境汙染與防治。            學習內容：重金屬汙染的影響。</p>																																																

學習表現	<p>(1) 探究能力 -思考智能-推理論證-能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。</p> <p>(2) 探究能力 -思考智能-批判思辨-能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。</p> <p>(3) 探究能力 -問題解決-分析與發現-能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。</p> <p>(4) 科學的態度與本質-培養科學探究的興趣-透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，</p>
評量目標	學生解讀圖表的能力
參考答案	D
評分規準	<p>A、B、C-答錯-配分 0 分 D -答對-配分 2 分</p>

子題二	2、花生田的水與土壤受到重金屬污染，為何所種植出的花生之不同部位中都有重金屬含量，請你推論一下其原因為何？
學習內容	<p>(1) 主題：生物體的構造與功能。次主題：動植物體的構造與功能。 學習內容：植物體根、莖、葉、花、果實內的維管束具有運輸功能。</p> <p>(2) 主題：科學、科技、社會及人文。次主題：環境汙染與防治。 學習內容：環境汙染物對生物生長的影響及應用</p> <p>(3) 主題：科學、科技、社會及人文。次主題：環境汙染與防治。 學習內容：重金屬汙染的影響。</p>
學習表現	<p>(1) 探究能力 -思考智能-推理論證-能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。</p> <p>(2) 探究能力 -思考智能-批判思辨-能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。</p> <p>(3) 科學的態度與本質-培養科學探究的興趣-透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因。</p>

評量目標	維管束是植物的輸導組織，貫穿根、莖、葉
參考答案	維管束是植物的輸導組織，分佈於根、莖、葉，因水中含重金屬，故根吸水時重金屬亦隨之由維管束輸送至各部位。
評分規準	(1) 完整描述-配分 5 分-能說出植物之維管束分佈連貫根、莖、葉，因水中含重金屬，故根吸水時重金屬亦隨之由維管束輸送至各部位。 (2) 部分正確描述-配分 2 分--由維管束輸送至各部位。 (3) 不正確描述-配分 0 分-其它描述。

子題三	<p>右圖為小智觀察花生田間物種間的食性關係所畫出的食物網，請問因花生田遭受鎘汙染，請問</p> <p>(1) 食物網中何種生物體內的鎘金屬濃度最高？  (2) 試推論其原因為何？</p> <pre> graph TD     P[花生] --&gt; FM[田鼠]     P --&gt; L[蝗蟲]     FM --&gt; H[鷹]     L --&gt; H     L --&gt; C[雞]     L --&gt; S[麻雀]   </pre>
學習內容	<p>(1) 主題：生物與環境。次主題：生物間的交互作用。  學習內容：隨著生物間、生物與環境間的交互作用，生態系中的結構會隨時間改變，形成演替現象。</p> <p>(2) 主題：科學、科技、社會及人文。次主題：環境汙染與防治。  學習內容：重金屬汙染的影響。</p> <p>(3) 主題：科學、科技、社會及人文。次主題：環境汙染與防治。  學習內容：環境汙染物與生物放大的關係。</p>

學習表現	(1) 探究能力 -思考智能-推理論證-能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 (2) 探究能力 -思考智能-批判思辨-能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。
評量目標	學生能推論出重金屬污染有生物放大作用，故最高階消費者的體內重金屬濃度最高。
參考答案	(1) 鷹。 (2) 因重金屬污染有生物放大作用，故最高階消費者鷹的體內重金屬濃度最高。
評分規準	(1) 正確-配分 2 分-鷹。其它-配分 0 分。 (2) 完整描述-配分 5 分-因重金屬污染有生物放大作用，故最高階消費者鷹的體內重金屬濃度最高。 部分正確描述-配分 2 分-提及生物放大作用或最高階消費者。 其它-配分 0 分。

## 參考文獻

- 大學入學考試中心 (2017)。108 新課綱與素養導向命題精進方向。2021 年 6 月引自：[https://www.ceec.edu.tw/files/file\\_pool/1/0J193582659306285510/17.pdf](https://www.ceec.edu.tw/files/file_pool/1/0J193582659306285510/17.pdf)
- 任宗浩 (2019)。素養導向教學與評量的實踐－從教學提問開始。2021 年 6 月引自：<https://reurl.cc/K6xVZn>
- 吳俊憲 (2020)。素養導向學習評量理念與標準本位評量設計示例。臺灣教育評論月刊，9(9)，143-148。
- 徐宗林 (2000)。教育大辭書。2021 年 6 月引自：<https://terms.naer.edu.tw/detail/1305816/>
- 教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北市：教育部。
- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域。臺北市：教育部。
- 國立臺灣師範大學心理與教育測驗研究發展中心 (2018)。國中教育會考之十二年國民基本教育養導向評量。2021

年 6 月引自：<https://cirn.moe.edu.tw/upload/ckfile/files/10704%E5%85%AC%E5%91%8A%E6%9C%83%E8%80%83%E7%B4%A0%E9%A4%8A%E5%B0%8E%E5%90%91%E8%A9%A6%E9%A1%8C%E7%A4%BA%E4%BE%8B.pdf>

國家教育研究院 (2020)。年度活動計畫。2021 年 6 月引自：<https://workshop.naer.edu.tw/NAWeb/Services/wFrmYearPlanAct.aspx>

彰化縣政府 (2020)。彰化縣素養導向評量題庫徵題計畫。2021 年 6 月引自：<https://groups.google.com/a/hhjh.chc.edu.tw/g/bulletin/c/9ytgvfzBKmo?pli=1>

臺北市政府教育局 (2019)。全球素養評量手冊。2021 年 6 月引自：<https://sites.google.com/view/globalcompetence/>

顏國樑、閔詩紜 (2018)。透過十二年國民基本教育課綱分析翻轉教學之實踐。臺灣教育評論月刊，7(8)，41-48。

Aikenhead, G. S. (1996). Science education:

- Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Bybee, R. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R., & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 349-352.
- Bussiere, P., Knighton, T., & Pennock, D. (2007). Measuring up: Canadian results of the OECD PISA study. The performance of Canada's youth in science, reading and mathematics—2006 first results for Canadians aged 15. Canada: Human Resource and Social Development Canada and Council of Ministers of Education.
- Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(8), 865-883.
- Costa, V. B. (1995). When science is “another world”: Relationships between worlds of family, friends, school, and science. *Science education*, 79(3), 313-333.
- Cobern, W. W. and Aikenhead, G. S. 1998. “Cultural aspects of learning science”. In *International Handbook of Science Education*, Edited by: Fraser, B. J. and Tobin, K. G. 39-52. London: Kluwer.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: Implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, 22, 1-41.
- Jang, E. E., & Ryan, K. E. (2003). Bridging gaps among curriculum, teaching and learning, and assessment. *Journal of curriculum studies*, 35(4), 499-512.
- Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26, 619-633.
- Koballa, T., Kemp, A., & Evans, R. (1997). The spectrum of scientific literacy. *The Science Teacher*, 64(7), 27-31.
- Layton, D., Jenkins, E., Macgill, S., & Davey, A. (1993). Inarticulate science? Perspectives on the public understanding of science and some implication for science education. Driffield, East Yorkshire, UK: Studies in Education.
- Mayer, V.J., & Kumano, Y. (2002). The philosophy of science and global science literacy. In V.J. Mayer(Ed.), *Global science literacy*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Millar, R., Osborne, J., & Nott, M. (1998). Science education for the future. *School Science Review*, 80(291), 19-24.
- OECD. (2006). Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006. Paris: OECD.
- Osborne, J., & Collins, S. (2000). Pupils' & parents' views of the school science curriculum. London: Kings College.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about - science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692-720.