



新疆職前理科教師“科學探究”教學知識調查研究[#]

李玉峰

新疆師範大學 初等教育學院 新疆，烏魯木齊，830013

電郵：405447280@qq.com

熊建文

華南師範大學 物理與電信工程學院，廣東，廣州，510631

收稿日期：二零一一年十二月廿三日
(於二零一二年六月廿四日再修定)

內容

- [摘要研究背景](#)
- [研究方法](#)
- [研究結果](#)
- [結論與建議](#)
- [參考文獻](#)

摘要

科學探究是科學課程內容之一，“科學探究”教學知識是與教師面對科學探究—這一課程內容的學科教學知識，是與科學探究教學實踐活動聯繫更為直接的專業知識。教師職前培養階段所獲得知識是學科教學知識的重要來源，是職後“學科教學知識”發展的知識基礎。本研究從教師對科學探究過程的理解、科學探究教學方法知識、科學探究教學評價知識三個方面來描述職前理科教師的“科學探究”教學知識，並探討科學探究知識學習方式對科學探究教學知識現狀的影響。研究發現：新疆職前理科教師“科學探究”教學知識認知水準普遍不高，缺乏對科學探究過程系統的理解。科學探究教學知識的學習方式是影響科學探究教學知識水準的顯著因素，並提出了具有針對性的建議。

關鍵字: 新疆，職前理科教師，“科學探究”教學知識

[#]本研究為教育人文社會科學研究青年基金專案：《新課程改革視野下的新疆少數民族初中物理教師“學科教學知識”發展研究》階段性成果，項目批准號：11YJC880060。



研究背景

科學探究是學生學習科學課程的重要方式，也是科學課程內容組成部分。通常意義上的科學探究是科學家們用以研究自然界並基於此種研究獲得的證據提出種種解釋的 多種不同途徑。在科學教育中科學探究是學生經歷與科學家相似的探究過程，為獲取知識、領悟科學的思想觀念、學習和掌握方法而進行的各種活動。科學探究活動 包含提出問題、提出猜想與假設、制定探究方案、獲取事實與證據、解釋、檢驗與評價、表達與交流等要素；科學探究需要觀察、實驗、合理合法的收集、處理、發 佈資訊等基本技能；科學探究活動需要比較、分類、判斷、歸納、演繹、想像和分析、綜合等思維活動。^[1-8]

舒爾曼^[9] (1987) 最早提出“學科教學知識”(Pedagogical Content Knowledge, 簡寫為 PCK) 的概念-學科教學知識是教師在面對特定的主題、問題、議題時，如何根據學生的不同興趣與能力，將學科知識進行組織、調整、與呈現，並實施與教學。學科教學知識是教師專業發展的核心知識。此後“學科教學知識”引起了眾多學者的關注。不同的研究者開始從兩種不同的途徑探討學科教學知識的內涵。靜態的分析研究：在科學教育研究中，科學教師的“學科教學知識”內涵研究成爲國外“學科教學知識”研究的熱點，Magnusson^[10]等人 1999 年研究了科學教師“學科教學知識”架構中最爲仔細的描述，它將科學“學科教學知識”分成不同的取向，科學課程知識、學生對科學理解的知識、科學素養評價的知識、教學策略知識。臺灣學者王靜茹(2009)^[11]認爲科學教師的學科教學知識包含課程、融入科學本質與科學探究、融入學科知識、教學與學習、評價、科學教師班級管理等六部分組成。在國內的文獻中僅有蔡鐵權(2010)^[12]在探討了科學教師“學科教學知識”由科學教學信念、科學課程知識、學習者知識、教學法知識、科學素養評價知識等組成。動態的建構研究：科克倫^[13]等人認爲學科教學知識是教師整合學科知識、教學知識、學生知識、情境知識四種知識的理解，學科教學知識是教師在特定的教學情境中主動建構與生成的，並非簡單地知識傳授形成。綜上所述，科學教師學科教學知識是教師在特定的教學情境中整合科學教學信念、科學課程知識、教學法知識、學習者知識、教學評價知識等內涵的理解。

“科學探究”教學知識是教師在面對“科學探究”(課程內容)時的學科教學知識，是教師在教學活動中整合科學教學信念、科學探究課程內容知識、教學法知識、學習者知識、教學評價知識的理解。科學探究教學知識是與教師科學探究教學活動最直接的專業知識。在職前教育階段的教師教育課程，職前教師獲得各種科學探究學科教學知識的重要來源。爲了解職前理科教師的“科學探究”教學知識現狀，本研究在 2011 年 5-6 月期間，在新疆主要高等師範院校的理科專業進行了調查。本文以調查資料爲根據，對教師對科學探究過程



的理解、教學方法、教學評價等方面對職前理科教師的科學探究教學知識現狀進行描述，並分析其影響因素，並提出有針對性的建議。

研究方法

調查對象

概念界定：職前理科教師主要是指在高等師範院校所培養的即將畢業的理科教師，本研究中所調查的物件是指已經接受學科知識學習、教育學知識、學科教學知識，即將進行實踐教學環節的職前理科教師。

本研究中為保證研究結果不受被調查者語言水準的影響，調查對象為確定為漢語系學生、或“民考漢”^①學生，採用目的抽樣的辦法選取：新疆師範大學小學理科、物理、化學、生物專業，昌吉學院物理學專業、石河子大學師範學院物理學專業、伊犁師範學院物理學專業等新疆主要師範院校即將進入實踐教學環節的職前理科教師進行問卷調查；對相關專業教法課教師進行建構性訪談。

民考漢：參加漢語言統考並報漢語言招生院校及專業的維吾爾、哈薩克、蒙古、柯爾克孜、塔吉克、錫伯、烏孜別克、塔塔爾、達斡爾、藏、俄羅斯 11 個民族的考生。

調查工具

通過文獻分析，發現職前理科教師應該掌握：有關科學探究的教學信念、科學探究課程知識、學生知識、教學法知識、教學評價知識。在本研究中科學探究過程理解整合了科學探究教學信念、課程知識、學生知識。因此我們的調查問卷中需要獲得學生對科學探究過程理解、教學法知識、教學評價知識。

因此我們的調查問卷包括五部分：(1)被調查者的個人基本情況(2)科學探究過程的理解(3)科學探究的教學方法 (4)科學探究的教學評價知識(5)獲得科學探究知識的途徑與建議。第(1)部分包括被調查者的學校、民族、專業、年級等方面的資訊。第(2)科學探究知識主要包括對於科學探究的認識、科學探究的外顯行為等知識。第(3)科學探究教學法知識主要包括科學探究的教學模式、教學形式、教學策略等知識。第(4)科學探究教學評價知識主要包括科學探究評價目標、評價方法、評價策略等知識。第(5)部分職前理科教師獲得科學探究相關知識的途徑與建議。



問卷題目是根據《科學課程標準》(3-6年級)、《義務教育初中科學課程標準》、《高中物理課程標準》、《高中化學課程標準》、《高中生物課程標準》等文獻中關於科學探究過程的描述，並結合科學探究教學法知識、科學探究教學評價的參考文獻自行編制完成。問卷總計包括 37 個題目，採用複選題的形式出現。

本研究的建構性訪談，主要通過對教法課的任教老師的訪談瞭解新課程背景下“科學探究”教學知識的內容、傳授方式、評價方法等內容。

調查實施

在全面實施調查前，新疆師範大學初等教育學院 07 小學教育理科方向 30 名學生進行了與調查，並且根據調查的結果對調查問卷進行了修訂。

對於新疆師範大學的小學教育理科班、物理學專業、生物學專業、化學專業，採用本人到現場實施調查研究，並同教法課教師進行訪談。對於昌吉學院、伊犁師範學院的學生採取郵寄的方式，有學生集體填寫，當堂交卷；實施調查前對施測人員進行相關解釋與說明，並下發調查須知，強調調查的程式。調查採取匿名填寫的形式，問卷內容也充分注意避免與個人身份認證相關的問題。

共發放問卷 220 份，回收問卷 193 份，有效問卷 184 份。產生 9 份廢卷的原因主要是學生個別選項沒填。在統計分析時，排除了空白選項的問卷。

資料分析方法

首先對“科學探究知識”、“科學探究教學方法知識”、“科學探究的教學評價知識”的頻率分佈進行定性描述。然後將“科學探究過程的理解”、“科學探究教學方法知識”、“科學探究評價知識”得分的三個連續變數與“科學探究知識的獲得方式”進行相關性分析，估計科學探究獲得方式與科學探究知識的相關性。統計分析軟體為 SPSS statistics17.0。

研究結果

職前理科教師“科學探究”教學知識的總體情況

《表 1 給出了被調查對象在學校、專業、性別、民族等方面的比例構成，以及不同學生資訊在“科學探究”教學知識的差異。新疆主要師範院校在“科學探究”教學知識方面表現不同，科學探究知識平均分 22.65，伊犁師範學院的



學生得分為最高；科學探究教學法知識平均分 12.91，伊犁師範學院表現最好；科學探究教學評價知識，石河子大學師範學院學生表現最好。在不同的專業間比較，學習綜合科學課程的小學教育理科方向學生的表現比分科的物理、化學、生物專業要好。女生的“科學探究”教學知識整體上優於男生。不同民族學生的學科教學知識表現不同，占被調查總數 78.21%的漢族學生總體表現在平均分以下；民考漢的少數民族學生總體表現不錯。

表 1: 職前理科教師“科學探究”教學知識總體情況

個人資訊	科學探究過程理解		科學探究教學法知識		科學探究教學評價知識		
	均值	標準差	均值	標準差	均值	標準差	
學校							
新疆師大	51.09%	22.71	6.97	13.16	6.13	6.98	2.43
昌吉學院	16.30%	21.59	5.58	11.11	6.01	5.12	3.23
石大師院	16.30%	22.11	5.90	12.34	8.12	8.90	4.12
伊犁師院	16.30%	24.10	8.93	14.54	9.12	7.12	1.23
專業							
小教理科	16.30%	24.18	7.09	14.53	7.02	7.93	2.46
物理學	51.08%	21.13	6.71	11.7	4.85	5.96	2.03
化學	16.30%	21.57	6.87	12.4	5.21	7.12	2.23
生物學	16.30%	23.12	7.56	14.2	6.89	6.89	2.34
性別							
男	51.61%	21.25	6.74	12.21	5.22	6.12	2.09
女	48.38%	24.26	7.09	14.16	7.02	7.9	2.51
民族							
其他民族	3.27%	21	12.72	9	4.24	8.5	2.12
哈薩克族	4.91%	26.33	8.08	10.66	4.04	8.33	1.15
維吾爾族	13.58%	24.28	6.87	15	7.28	7.8	2.69
漢族	78.21%	21.25	6.74	12.21	5.22	6.125	2.09
總體	平均分	22.65		12.91		7.01	

“科學探究”過程理解

“科學探究過程的理解”得分呈正偏態分佈，其平均值為 22.7（占總分的 57.5%），標準差 7.03。科學探究過程的理解分成關於科學探究本身的知識和具有科學探究能力的外顯行為兩個方面來討論。在關於科學探究本身知識中，對科學探究物件認識題目：



2 下面哪些不是科學探究的物件？

A 蝸牛的運動 B 宇宙的來源 C 地球的岩石 D 光和作用 E 金融危機爆發原因

“6 下面哪些活動是科學探究的物件？

A 地球變暖 B 偽娘現象 C 選秀 D 七·五事件 E 民族團結

辨識度比較高，得分率分別為 0.6207、0.8285。

10 下面哪些活動屬於制定計劃與設計實驗？

A 制定實驗方案 B 選擇實驗器材 C 執行實驗程式

D 選擇資料處理方法 E 選擇實驗結果呈現方式

此題屬於複選題，正確答案是 A、B，此題的得分率最低，僅為 23.1%。分別計算小學教育理科方向學生的錯誤率為 0.6363，物理學專業的錯誤率 0.6896 相差不多，但是小學教育理科方向學生的 ABCDE 均選的學生占到 0.235，物理學專業學生 ABCDE 選項學生僅有 0.103，這說明小學教育理科較物理學專業更容易混淆“制定計劃與設計實驗”這一科學探究要素，這與課程標準中對該要素的描述有重要關係。

《科學課程標準》（3-6 年級）中關於“制定計劃”的內容要求：

4.1 能提出進行探究活動的大致思路。

4.2 能對自己或小組提出的探究問題作出書面計畫。

《義務教育物理課程標準》2011 版中關於“制定計劃與設計實驗方案”的內容要求：

- 經歷設計實驗與制定計劃的過程；
- 明確探究目的和已有條件。
- 嘗試考慮影響問題的主要因素，有控制變數意識。
- 嘗試選擇科學探究方法及所需要的器材。
- 瞭解設計實驗與制定計劃在科學探究中的意義。

《普通高中物理課程標準》中關於“制定計劃與設計實驗方案”的內容要求：

- 知道實驗目的和已有條件，制定實驗方案
- 嘗試選擇實驗方法及所需要的裝置與器材
- 考慮實驗的變數及其控制方法
- 認識制定計劃的作用

小學教育理科方向學生掌握的制定計劃是“學生能提出探究活動大致思路、對自己的探究問題做出書面計畫”，容易對實驗步驟、選擇資料處理方法、選擇實驗結果呈現方式等活動產生性質產生誤解；物理專業學生所理解的制定計劃與實驗方案是“明確實驗目的與已有條件、選擇實驗方法、實驗器材、控制變數”，制定計劃與設計實驗方案的內涵描述比較清晰。究其最終原因是不



同專業學生僅僅瞭解本專業科學課程標準，缺少對科學教育從小學到高中的統一、系統的認識。

表 2: “科學探究” 知識

	科學探究過程的理解題目（舉例）	得分率
科學探究本身的知識	下面哪些不是科學探究的物件	0.6207
	科學探究作為人類的認知活動具有一定的階段性	0.2481
	下面哪些活動符合科學探究精神	0.3301
	科學探究需要一定的研究方法	0.3302
	下面哪些活動是科學探究的物件	0.8285
	在教育研究視野中，所談到的“科學探究”含義是	0.2633
科學探究外顯行爲	下面那哪些問題不屬於提出科學問題？	0.9076
	下面哪些陳述屬於猜想或假設？	0.2901
	具有提出問題能力的學生可以：	0.3542
	下面哪些活動屬於制定計劃與設計實驗？	0.2310
	具有猜想或假設能力的學生可以：	0.4072
	下面哪些活動屬於進行實驗與收集證據？	0.3621
	具有制定計劃與設計實驗能力的學生可以：	0.4116
	具有進行實驗與收集證據能力的學生可以：	0.3608
	下面哪些活動屬於科學探究中的表達與交流？	0.3287
	下面那些活動屬於的“分析與論證”？	0.3451
	具有對於證據分析與論證能力的學生可以：	0.4072
具有表達與交流能力的學生可以：	0.4374	

科學探究的教學法知識

“科學探究過程的教學知識”得分呈正偏態分佈，其平均值為 13.16129（占總分的 27.4%），標準差為 6.2。科學探究的教學知識包括科學探究教學的理論基礎和科學探究的教學策略知識。從表 3 可以看出，得分率最高為 71%，最低為 35%，這意味者大部分的被調查者不能夠完全掌握科學探究的教學知識。



表 3:科學探究教學知識

科學探究教學知識（題目舉例）	得分率
建構主義構理論的哪些觀點為科學探究教學提供了理論依據：	0.4920
探究教學中的教師的主導作用體現在：	0.3864
基於建構主義的科學探究教學中應該：	0.4807
創設問題情境的教學策略包括：	0.3584
科學探究教學評價目包括：	0.5041
把握探究開放度的教學策略包括：	0.7116
研討交流的教學策略包括：	0.4057
啓發學生形成假設的教學策略包括：	0.4878

科學探究教學評價知識

“科學探究教學評價知識”得分成正偏態分佈，平均分為 6.983871（占總分的 15.1%），標準差為 2.45278。得分率最高為 60%，最低為 24%。從表 4 可以看出學生對科學探究教學評價的知識掌握不夠好。

表 4:科學探究教學知識

科學探究教學評價知識（題目舉例）	得分率
科學探究教學評價目的包括：	0.5041
科學探究教學評價的維度包括：	0.6014
在對學生的科學探究精神和探究態度進行評價的主要方法	0.5689
可以評價學生的科學探究能力的探究作品	0.2459
紙筆測驗可以評估學生的那些探究能力？	0.3011

“科學探究”教學知識與被調查者學習方式的關係

“科學探究”教學知識與被調查物件的學習方式存在顯著相關。被調查者的不同學習方式，深刻影響其對科學探究過程的認識和科學探究外顯行爲的理解；職前教師在學習過程中理解教學方法知識。“科學探究”教學知識三個組成成分之間存在顯著相關性，表明學科教學知識是各種組成要素在具體的教學情境中的重新建構與理解，是一種綜合性知識，並非其組成要素的簡單疊加，因此在“科學探究”教學知識的學習中既要加強其組成要素的學習，又要通過學生參與科學探究活動的方式綜合建構。



表 5: “科學探究” 教學知識與調查物件學習方式相關性

	學習方式	科學探究過程理解	科學探究教學法知識
學習方式		.469**	.694**
科學探究過程理解	.469**		.567**
科學探究教學法知識	.694**	.567**	
科學探究教學評價知識	.382**	.517**	.632**
科學探究教學知識	.550**	.851**	.837**

Pearson 相關係數，**. 表示在 .01 水準（雙側）上顯著相關。

對科學探究知識學習的建議分析

對被調查者學習科學探究知識的建議進行內容分析，對於建議中的詞語進行頻數分析發現，出現頻率從高到低的順序依次是，多做實驗、理論與實踐結合、學生親自實踐、課堂學習中多進行科學探究、提供硬體基礎。注重學生科學探究實踐性知識的獲得，是促進學生科學探究知識成長的重要途徑，有助於職前教師入職後，進行科學探究的有效教學。

結論與建議

從上面的結果，可以初步得出如下結論：

新疆維吾爾自治區主要師範院校的職前理科教師對“科學探究”教學知識掌握程度普遍不高。

這主要體現為整體調查問卷的得分呈現正偏態分佈，整體得分情況較低，對於科學探究過程本身的知識、具備科學探究能力的外顯行為、科學探究的教學評價知識得分有一定的差異，但總體得分不高；對於科學探究的研究方法、科學探究的含義缺乏全面的理解；對於科學探究後所形成的表現性成果缺乏全面的認知，得分率普遍較低。

職前教師對“科學探究”教學知識缺乏系統的認識。



這主要表現為各專業職前教師所瞭解的“科學探究”內容標準要求描述形式不同。小學教育理科職前教師瞭解的“科學探究”的內容標準中包括科學探究的認識、科學探究要素能力要求；物理專業職前教師瞭解的科學探究內容標準從七個科學探究要素去描述探究能活動及理解；化學專業職前教師瞭解的“科學探究”內容標準時從對科學探究的理解、發展科學探究能力（科學探究要素活動）、學習基本的實驗技能、完成基礎的化學實驗四個方面論述；生物學專業職前教師瞭解的“科學探究”內容標準是從理解科學探究、發展科學探究能力（科學探究要素活動）兩個方面陳述；

各個專業課程標準中對的科學探究能力的描述差異很大。比如：制定計劃與設計實驗方案探究要素在義務教育階段不同課程標準中描述。

《義務教育初中科學課程標準》2011 版中的描述：

“能針對探究的目的和條件，設計探究的思路、選擇合適的方法（觀察、實驗、調查、訪問、資料查詢等），制定探究方案”；

《義務教育物理課程標準》2011 版中關於“制定計與設計實驗方案”的內容要求：

- 經歷設計實驗與制定計劃的過程；
- 明確探究目的和已有條件。
- 嘗試考慮影響問題的主要因素，有控制變數意識。
- 嘗試選擇科學探究方法及所需要的器材。
- 瞭解設計實驗與制定計劃在科學探究中的意義。

《義務教育生物課程標準》2011 版中的描述：

- 擬定探究計畫
- 列出所需要的材料與用具
- 選出控制變數
- 設計對照實驗

《義務教育化學課程標準》2011 版中的描述：

- 在教師指導下或通過小組討論，提出活動方案，經歷制定科學探究活動計畫的過程
- 能在教師的指導下或通過小組討論，根據所要探究的具體問題設計簡單的化學實驗方案。具有控制實驗條件的意識。



由於不同專業的職前教師僅學習本專業任教學科的科學探究內容要求，所以導致在對於具備科學探究能力的外顯行為的調查中發現，不同專業的被調查者僅對於本專業的科學探究能力行為標準有一定的瞭解，對小學3年級—高中階段各種探究能力的外顯行為缺乏全面的瞭解，比如：對於“提出問題能力的學生可以怎樣”的調查中，被調查者僅僅可以辨識本專業的能力標準，本題的得分率只有35%。

職前教師進行科學探究知識的學習方式是影響其科學探究教學知識的重要因素。

這主要表現為科學探究知識的學習方式同學生的科學探究知識水準之間存在非常顯著的正相關。從調查的情況來看，在專業課中所形成的科學探究實踐經驗是形成科學探究教學知識的來源之一，教法課是學習科學探究教學信念、科學探究知識、學生知識、教學法知識、教學評價知識的主要來源，此外研究性學習也可以成為影響科學探究知識的重要來源。

對於地處我國西北內陸的新疆，多民族聚居區域，在基礎教育課程改革的背景下對於職前理科教師的科學探究知識傳授應該注意一下幾點：

注重系統的講授科學探究知識

在同相關專業的教法課老師進行訪談的過程中發現，科學探究作為一種重要的學習方式和課程內容，在教法課中出現的章節不多，比如在某些物理教學論中科學探究作為一種教學形式來出現，關於科學探究的教學策略知識、教學理論基礎、教學評價知識講述比較多，而對課程標準中科學探究的課程要求沒有深入分析，任課教師多根據教學進度靈活安排。而教師對於課程標準中科學探究要求的掌握情況，是影響教師教學設計的重要因素，因此為了促進新課程改革下的有效科學探究教學，在職前理科教師的教育中應該系統的介紹本專業的課程標準中對於科學探究的具體要求，並集合實際例子進行深入的分析。

教法課教師在進行科學探究的課程標準內容分析時，針對本專業課程標準中的敘述進行分析，缺乏對小學3年級開始—高中階段各階段學生所應達到科學探究能力標準的認知，這將導致職前教師對在進入職場前缺乏對學生所應具備的科學探究的最低要求的瞭解，從而影響科學探究的教學效果。在同教法課老師的訪談中發現，在這方面他們著力不多，因此有必要對從小學3年級—高中各階段學段學生的科學探究能力在課程標準中的要求有一個系統的瞭解。

針對我國科學課程的設計採用分科與綜合相結合的實際情況，在對職前理科教師進行科學探究知識的教授中，在對各學段課程標準中科學探究要求瞭解的基礎上，精加工本專業的科學探究能力要求。



注重多種途徑學習科學探究知識

理科專業的教學法課程是學習課程標準要求、科學探究教學知識、科學探究教學評價知識的主要途徑，因此在教學法的課程中注重採用案例分析、研究學習的方式，做好科學探究相關知識的傳授。

在專業課的學習中滲透科學探究實踐活動。採用科學探究的學習方式學習理科專業課程可以獲得科學探究的實踐經驗，加深對科學探究過程中所蘊含科學精神的體驗，更能加深對專業課程內容的理解。

因此，針對理科教師獲得科學探究知識的途徑特點，我們在實際的教學中應該在教法課的學習中採用靈活多樣的方式做好科學探究知識的教學，同時鼓勵學生採用在專業課、科技創新項目中積極參與，積累科學探究的實踐性知識。

總之，對職前理科教師的科學探究知識傳授，必須與正在進行的基礎教育課程改革實際問題相聯繫的，全面瞭解各學段要求、重點掌握本專業標準為中心，採用多種形式進行科學探究知識教學是當務之急。只有正確掌握科學探究的相關知識才能把自己的科學探究教學用活，教學中才能得心應手、靈活主動、遊刃有餘。

參考文獻

- [1]中華人民共和國教育部，科學課程標準（3-6年級）[EB/OL]
<http://www.being.org.cn/ncs/sci/p/sci-p.htm>
- [2]中華人民共和國教育部，義務教育初中科學課程標準（2011版）
[EB/OL]<http://www.being.org.cn/ncs/2011/義務教育初中科學課程標準2011年版.pdf>
- [3]中華人民共和國教育部，義務教育物理課程標準（2011版）[EB/OL]
<http://www.being.org.cn/ncs/2011/義務教育物理課程標準2011年版.pdf>
- [4]中華人民共和國教育部，義務教育化學課程標準（2011版）[EB/OL]
<http://www.being.org.cn/ncs/2011/義務教育化學課程標準2011年版.pdf>
- [5]中華人民共和國教育部，義務教育生物課程標準（2011版）[EB/OL]
<http://www.being.org.cn/ncs/2011/義務教育生物課程標準2011年版.pdf>
- [6]中華人民共和國教育部，普通高中物理課程標準[EB/OL]
<http://wenku.baidu.com/view/ac01f30d6c85ec3a87c2c534.html>
- [7]中華人民共和國教育部，普通高中化學課程標準
[EB/OL] <http://wenku.baidu.com/view/bf074ef9aef8941ea76e0504.html>



- [8]中華人民共和國教育部,普通高中生物課程標準[EB/OL]
<http://wenku.baidu.com/view/903de24efe4733687e21aa26.html>
- [9]Shulman, L.S. Knowledge and teaching: Foundation of the new reform [J].Harvard Educational Review, 1987, 57(1):1-22.
- [10]Magnusson, S., Krajcik, J.,&Borko,H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome &N.G. Lederman (Eds.), Examing pedagogical content knowledge. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999,PP.95-132.
- [11]王靜如編著，國小科學教學專業指標[M].高雄市：王靜如，2009.10，第 27-127 頁。
- [12]蔡鐵權,陳麗華,科學教師學科教學知識的結構[J]. 全球教育展望,2010 年 第 10 期.
- [13]Cochran K.F. , DeRuiter J. A, & King R. A. Pedagogical content knowledge: An integrative model for teacher preparation [J]. Journal of Teacher Education,1993, 44(4):263-272.
- [14]美國國家研究理事會，戢守志等譯。《美國國家科學教育標準》。科學技術文獻出版社，1999，P.28
- [15]（美）弗林克爾，瓦倫著，蔡永紅等譯，教育研究的設計與評估[M]北京：華夏出版社，2004 年 1.
- [16]李新鄉，物理教學論[M] 北京：科學出版社，2005.9