

教育部九十七年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：高中化學實驗評量規準建立與實作評量對於學生學習之影響

主持人：劉俊庚、鄭泰中

執行單位：臺北市立中崙高級中學

一、計畫目的

近幾年，世界各國無不積極地推展教育改革，其中最為重要的即是教學評量方式的轉變。傳統的評量方式因其去情境化的特質，以及過度重視認知層次一直為人所詬病，在建構主義的時期，強調學生多元能力發展及主動建構知識，評量已成為教學的一環，其目的不再只是給學生一個分數，更是要了解學生學習過程、提供回饋與協助學生成長的活動。邱美虹和湯偉君（2000）認為在教育環境不斷變革中，評量方式的改革應與課程規劃相呼應。而美國國家科學標準（1996）則提及現今科學教育的目標應重視學生在真實世界中問題解決的能力，且因為教學目標的改變，使得評量方式的應用也需隨之改變。在科學教育白皮書（2003）則提及「課程」、「教學」與「評量」三者之間的結構需要緊密的連結，才能得到最好的教學效果。由此可見，評量對於學生學習的影響是顯而易見。

然而，現今關於實驗室的評量仍付之闕如，課程綱要也幾乎僅對概念的層次與發展做詳盡的敘述，對於學生其他能力，則以大尺度的定義方式，如「培養學生思考的能力」，至於如何評量？則並未有清楚的指示與說明，如此更容易使基層教師忽略此非知識能力之教導（邱美虹和湯偉君，2000）。猶如上所述，教育的變革也意謂著評量方式必須做調整與改革，但現今教師卻缺乏有效的評量工具以減輕其評量時的負擔，更使得評量工作無法因應時代而做適當的改革。近年來，許多國內外學者已開始倡導實作評量（邱美虹，2000；魯俊賢和吳毓瑩，2007），然實作評量之信度與效度受到極大的批評，且實施時較為耗時耗力，在實務上仍讓許多教師裹足不前。

因此，本研究期望能建立評量規準，提供高中化學教師未來在基礎化學實驗課程評量的參考與依據，透過標準化的評量工作，教師在教學歷程中可參照評分規準（scoring rubrics）進行相關實驗教學活動之評量，並且依學生的表現給予相對應的評量結果，如此將提高評量的信、效度，更可大幅地減少教師在實驗課程評量工作的負擔，對於學生的學習也將會有很大的助益。

如上所述，本研究之目的如下：

- （一）建立高一基礎化學實驗課程評量規準。

(二) 探討實作評量對於高一學生在基礎化學學習之影響。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

(一) 執行單位對計畫支持的情形

本校對於本計畫持完全支持的態度，不論是在經費、人力或場地部分，均大力支持，使本研究能順利進行。

(二) 本研究參與計畫人員

研究主持人：劉俊庚、鄭泰中

評分者：劉俊庚、賴俊文（臺北市立中崙高級中學教師）

專家學者：邱美虹教授（國立臺灣師範大學 科學教育研究所）

鍾曉蘭老師（國立三重高級中學化學教師、國立臺灣師範大學 科學教育研究所博士生）

三、研究方法

本研究為建立高一基礎化學實驗課程之評量規準，並且探討此規準應用於實際課程之情形，並針對實施後相關問題做修正，藉以提供高中化學教師未來在基礎化學實驗課程評量的參考與依據。此外，也透過此規準探討實作評量對於高一學生在基礎化學學習之影響，本研究的受試者為兩班高中一年級學生，學生人數分別為 35 人和 36 人，分別對兩組受試者施以不同的課程，分別為「實作評量組」和「傳統實驗組」。

(一) 研究樣本

本研究選取的受試者為臺北市某公立高中一年級學生，總計兩班學生共 71 人參與本研究。

(二) 研究工具

本研究使用的研究工具包含了下列幾個部分，分別是：1.各實驗概念前測；2.學習動機工具，而評量規準部分則包含實驗操作與技能和實驗報告兩個部分。各工具詳述如下：

- 1.各實驗概念前測：每次實驗前均針對實驗內容做相關知識、概念和技能方面的測驗（實驗 1、2、4 和 5），以紙筆測驗的方式進行。
- 2.學習動機工具：本研究預計採用Tuan, Chin & Shieh（2002）所發展之「**為學生科學動機量表（SMTSL）**」來評量不同組別學生在實作評量後學習動機表現情形。
- 3.實驗操作與技能評量規準：針對每次實驗由兩位評分者依「**實驗操作與技能**」評量規準評量學生之實驗操作情形，評量層次分為三個層次，分別為完全做到（2pt）、部分做到（1pt）和完全未做到（0pt），最後計算學生在每次實驗總分。

4.實驗報告 (Reports) 評量規準：依「**實驗報告 (Reports) 評量規準**」對學生實驗報告做評量。

(三) 評量的形式

在評量的形式部分，為達到多元評量的方式，本研究從下列幾個向度來評量學生的實際表現，如此的方式可透過學生的表現，讓教師了解學生不同的認知、科學過程技能和情意的表現。而不同的評量形式也可提供更為豐富的訊息來描述學生的成就與表現。

表 1. 實作評量的向度

評量向度	向度說明	配分比例	備註
紙筆測驗 (Written tests)	每次實驗前，均針對實驗內容做相關知識、概念和技能方面的測驗(實驗 1、2、4 和 5)，每題 1 分。	20%	
實驗操作與技能 (Manipulation and Skill)	每次實驗過程，由兩位研究者針對學生實驗操作做評量，並依下列評量規準做評量，評量層次分為三個層次，分別為完全做到 (2pt)、部分做到 (1pt) 和完全未做到 (0pt)，最後則計算學生在每次實驗總分。而實驗 3—酸鹼未知溶液測試為實驗測驗，不做實驗操作評量。	30%	
教師觀察 (Teacher Observation)	兩位評量教師透過實際觀察，評量學生實驗精神與態度。	10%	
小組計畫與合作 (Group Project)	兩位評量教師透過實際觀察，評量小組團隊合作之情形。	10%	
實驗報告 (Reports)	每次實驗完畢，均針對學生實驗報告做評量，並依下列評量規準做評量，最後則計算學生在每次實驗總分。	30%	

(四) 實驗教學活動與評量工作

本研究之教學活動採取「整合性教學單元」(Integrated Instructional Units)，其與一般典型的實驗教學之比較，如表 2 所示。整體來說，整合性教學單元較傳統的科學教學模式更能提供學生學科素材的理解、科學性推理的發展和學習興趣，這也是本研究採取此教學模式的主要因素。此外，每次實驗課程也予以錄影記錄，作為後續研究或評量時之參考。

表 2. 整合性教學單元與典型的實驗教學之比較

目的	典型的實驗室經驗	整合性教學單元
精熟學科素材	並未較其他教學模式較佳或較差	相較於其他教學模式更能增進精熟

科學性推理	協助某些部分的發展	度	協助某些更為精緻部分的發展
科學本質理解	很少改善		當明確地指示目的時，有部分的改善
科學興趣	僅有部分證據顯示能增進興趣		有很多證據顯示能增進興趣
複雜度理解與實證工作的多樣性	沒有充分的證據		沒有充分的證據
實務技能的發展	沒有充分的證據		沒有充分的證據
小組合作的發展	沒有充分的證據		沒有充分的證據

(資料來源：Singer et al., 2006: p.100)

(五) 評量規準的訂定

本研究參閱美國新標準 (New Standards) 的評量規準，依據新標準 (New Standards) 其分為概念理解 (conceptual understanding)、科學性思維 (scientific thinking)、科學探究 (investigation) 和工具 (tool)、技術 (techniques) 和溝通 (communication)，如下表 3 所示。

表 3. New Standards 的評量規準

評量向度	評量規準說明
概念理解	可以使用這些概念去描述熟悉的現象，或是解釋你的觀察。當你使用概念去做預測或解釋不熟悉的現象時，表示有較深層的理解。 可以利用多重的方式來表徵概念，如文字、圖畫、圖表、數學表格和模型。 解釋概念包括顯示它如何被使用，如何被表徵，和與其他科學概念的關係。
科學性思維	就因果來書寫問題。 確認影響情境的變數，並且能控制它。 解釋與模型的思考，並基於證據和邏輯來改變。 提出與分析不同的解釋。 認識事實與觀點之間的差異。
科學探究	確認問題：在許多不同的設計中選擇，然後試著解決與判斷其結果。 控制性實驗 (Controlled experiment) 現場觀察晤談 (Field work) 設計 (Design) 次級研究 (Secondary research)
工具、技術與溝通	可以顯示你使用科學性工具與技術，並且你如何傳達你所學。

並且，其標準的設定與判準，參考新標準的八項特點來做訂定，其特點如下：(邱美虹，2000)

1. 標準的內容應建立在對所有學生的高標準要求上。

- 2.標準應是嚴格且符合世界級的水準。
- 3.必須是有用的，它的發展必須滿足每個國民、就業及終生學習所需。
- 4.標準必須是簡明扼要，以呈現在該領域中最重要的知識與技巧。
- 5.標準應能在一限定的時間內完成。
- 6.標準應該是可調適的，並允許彈性的存在。
- 7.標準應該要足夠清楚且可資利用。
- 8.標準能反映廣泛的共識。

依據上述的標準，本研究參考相關文獻與書籍後，針對基礎化學實驗課程中相關實驗操作技能與實驗報告相關問題，擬訂實驗操作與技能（Manipulation and Skill）規準和實驗報告（Reports）評量規準，隨後經兩位專家（科學教育和化學領域）審查，依專家審查結果討論後修正作為本研究之評量規準。

（六）資料收集

為探討實作評量對於高一學生在基礎化學學習之影響，本研究結果的資料收集係以每個實驗做為收集的單位。此外，在整個實驗課程進行前，先施以「學習動機量表」量表，課程完畢後，再重複施測「學習動機量表」量表。並且，整個實驗課程完畢後，則以訪談的方式，詢問學生在實作評量後之感受，訪談過程予以錄音。

（七）資料分析

- 1.本研究由兩位評分者分別針對每個實驗進行評量，而評分者間一致性部分，預計使用的方法包括皮爾遜積差相關係數（Pearson product moment correlation）和完全一致性百分比（percent of exact agreement），做為評分者信度之依據。
- 2.研究者以「學習動機量表」問卷施測所得之分數，作為學生對於實作評量後之指標，並以學生在問卷所得分數之前後差異，視為學生對科學學習動機之改變情形，進行分析、討論及比較實驗組與對照組的學生在實作評量後學習動機是否存在差異。
- 3.「實作評量組」和「傳統評量組」之評量結果比較與個別學生的能力與回饋分析。

四、目前完成程度

目前已完成高一基礎化學實驗課程評量規準，評量規準分為下列部分，分別是：

（一）紙筆測驗（written tests）工具

每次實驗前，均針對實驗內容做相關知識、概念和技能方面的測驗（實驗 1、2、4 和 5），每題 1 分。測驗題目如附錄 1 所示。

(二) 實驗操作與技能 (Manipulation and Skill) 評量規準

每次實驗過程，由兩位研究者針對學生實驗操作做評量，並依評量規準做評量工作，評量層次分為三個層次，分別為完全做到(2pt)、部分做到(1pt)和完全未做到(0pt)，最後則計算學生在每次實驗總分。評量規準如附錄 2 所示。

(三) 實驗報告 (Reports) 評量規準

每次實驗完畢，均針對學生實驗報告做評量，並依所擬訂之評量規準做評量，最後則計算學生在每次實驗報告之總分。評量規準如附錄 3。

下半年預定將上述的評量規準實際應用於基礎化學實驗課程上，藉以探討實作評量對於高一學生在基礎化學學習之影響，和修正原先所擬訂之評量規準。

五、預期成果

(一) 評量規準部分

期望本評量規準的建立能提供高中化學教師未來在基礎化學實驗課程評量的參考與依據。

(二) 實作評量部分

本研究為探討實作評量對於高一學生在基礎化學學習之影響。期望能了解實作評量實際應用於實驗教學中將會遇到的問題與解決策略。最後，將研究結果寫成報告發表。

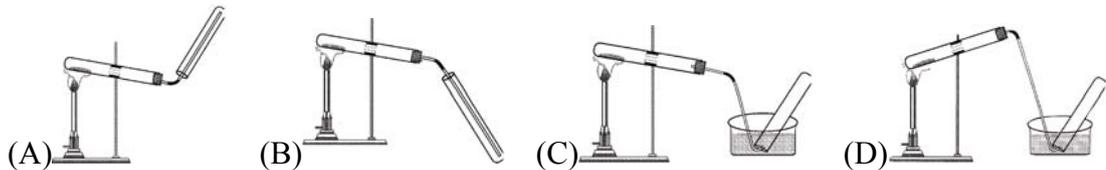
實驗前測

Exp 1：氣體的製備和性質—氮的製備及反應

- () 1. 關於亞硝酸鈉與氯化銨加熱反應製備氮氣的實驗，下列敘述何者正確？ (A) 氯化銨為催化劑 (B) 加熱時，酒精燈宜集中一點加熱，可迅速達到高溫開始反應 (C) 硬試管平放，開口上仰 10° 角，以避免水流回試管，致使試管破裂 (D) 實驗結束後，應先將導管移出集氣裝置，再移開酒精燈。
- () 2. 下列何種氣體不溶於水，適合用排水集氣法收集？ (A) 氧 (B) 氮 (C) 氯化氫 (D) 二氧化硫。
- () 3. 有關氣體的敘述，以下何項錯誤？ (A) 惰性氣體元素中，在大氣中以氮的存量最多 (B) 工業上可用純氮充入容器中驅出空氣以保存食品 (C) 實驗室裡可用排水集氣法收集氧氣 (D) 氮在常壓下沸點甚低，可用作低溫冷卻劑。

關於氮氣的製備與檢驗的實驗，回答 4~5 題：

- () 4. 下列各圖所示的裝置，何者最適合用來製備收集氮氣？



- () 5*. 下列關於實驗操作的敘述，何者正確？（應選兩項） (A) 導管在產生氣泡後應立即收集，以免浪費 (B) 反應結束時，應先將導管取出，再移開火焰 (C) 點燃的線香放入充滿氮氣的瓶中可繼續燃燒 (D) 點燃的鎂帶在氮氣瓶中燃燒，所產生的化合物呈黃色 (E) 前項化合物與水反應產生氣體，可使潮溼的藍色石蕊試紙變紅。

6. 試寫出鎂帶在氮氣瓶中燃燒所生之化合物，與水反應產生氣體的化學反應式。(2pt)

答：.....。

7. 下列各種氣體皆可在實驗室製備，分別寫出最適合的收集方法？ (A) SO_2 (B) HCl (C) CO_2 。(3pt)

答：.....

.....

實驗操作與技能 (Manipulation and Skill)

Topic : 1. 氣體的製備和性質—氮的製備及反應

實驗技能	評量項目	完全做到	部分做到	完全未做到	備註
使用天平的 技能	使用前天平歸零	完全歸零	未完全歸零	未作任何歸零動作	
	放置秤量紙	秤重時均放置秤量紙	使用其他紙類或器具	未放置任何紙類，直接將放置於秤盤上	
	取用藥品	使用刮杓且適當秤取	使用刮杓，但取用時過量，或將藥品散落於秤盤上	未使用刮杓直接將藥品倒入，取用過量時將藥品倒回藥品罐，或將藥品整個散落於秤盤和桌上	
	秤重 (亞硝酸鉀和氯化銨)	秤取正確的重量	小數點不正確，或未做適當的估計	完全不會讀取讀數	
實驗器材組 裝	氮氣製備裝置	正確組裝氮氣製備裝置	氮氣製備裝置有部分錯誤，如硬試管未傾斜 5°。	完全不會裝置。	
	酒精燈加熱裝置	利用酒精燈加熱過程有利用擋風板，且酒精燈的高度適中	利用酒精燈加熱過程未利用擋風板，但酒精燈的高度適中	利用酒精燈加熱過程未利用擋風板，且酒精燈的高度太高或太低	
實驗過程的 技能	收集氣體的過程 (排水集氣法)	集氣瓶內無氣泡	集氣瓶內有少數的氣泡	集氣瓶內有大量的氣泡	
	收集氣體的過程 (氣體產生的速率)	氮氣產生的速率適中，且若產生速率太快適時將導管移出水面	氮氣產生速率太快，惟知道將導管移出水面	氮氣產生速率太快，且不知道將導管移出水面	
	收集氣體的過程 (收集完氣體後)	收集完氣體後，先將導管移出水面後，再移開酒精燈	收集完氣體後，未先將導管移出水面後，再移開酒精燈	收集完氣體後，未將導管移出水面後，且酒精燈仍在燃燒	
	氣體的檢驗	利用火柴和鎂帶來檢驗，先點燃鎂帶後，儘速置入集氣瓶中	利用火柴和鎂帶來檢驗，先點燃鎂帶後，未能儘速置入集氣瓶中	完全不知道如何利用火柴和鎂帶來檢驗	
	酸鹼性檢驗	利用紅色石蕊試紙來檢驗，且將石蕊試紙置於燃燒匙來檢驗鎂帶燃燒的結果	利用紅色石蕊試紙來檢驗，但將石蕊試紙置於集氣瓶中檢驗鎂帶燃燒的結果	完全不知道如何來做檢驗工作	
實驗善後廢 棄物清理	清洗各種容器。	利用毛刷清洗乾淨無汗漬	直接用水清洗	未清洗	
	桌面整理	乾淨無水漬	乾淨但仍有水漬	未清理	
	廢液處理	將藥品做適當回收，且正確倒入回收桶中	僅將部分藥品回收，或未倒入正確回收桶中	直接傾倒入水槽中	

實驗報告 (Reports)

Topic : 1. 氣體的製備和性質—氮的製備及反應

項目	評量規準與範例說明	分數	備註	
實驗目的 (2pt)	a. 完整陳述實驗的目的，需陳述兩項實驗目的。	2	本次實驗目的 1. 熟悉氣體製備的基本技術及收集方法。 2. 氮氣的性質以及了解氮氣與鎂反應產物的特性。	
	b. 僅陳述部分的實驗目的，如僅陳述實驗目的其中一項。	1		
	c. 未附有實驗目的的說明，或是說明不正確，如未能陳述下列實驗目的其中一項。	0		
實驗安全事項 (3pt)	a. 整個實驗過程需注意之安全事項均能標示清楚，且能提出適當的預防危險發生的方法 (5 個以上)。	3	本次實驗相關安全事項 1. 點燃酒精燈時，不可以酒精燈互點，需要利用火柴點燃酒精燈。 2. 加熱後的硬試管溫度很高，不可用手直接拿取，需靜置一段時間後，再以抹布取下沖洗。 3. 鎂帶燃燒會產生強烈的白光，應避免眼睛直視，保護眼睛。 4. 使用酒精燈需遠離火源，或使用時需以金屬檔板，不可以書本來墊高酒精燈的高度。 5. 此反應過程激烈，最好用小火，若反應太快，可先將火移開。	
	b. 僅能提出部分實驗過程需注意之安全事項與出適當的預防危險發生的方法 (3-4 個)。	2		
	c. 僅能提出少許實驗過程需注意之安全事項與適當的預防危險發生的方法 (1-2 個)。	1		
	d. 完全未提出部分實驗過程需注意之安全事項與適當的預防危險發生的方法，或未答。	0		
實驗記錄 (2pt)	1.		(3pt)	
	a. 整個實驗裝置與操作正確，且能夠針對每個實驗器材作適當的說明。	3		硬試管平放，開口向下傾斜 5°。 收集氣體採取排水集氣法。
	b. 整個實驗裝置與操作正確，但未對每個實驗器材作適當的說明。	2		
	c. 整個實驗裝置與操作有部分的錯誤，且未對每個實驗器材作適當的說明。	1		
	d. 未有實驗裝置圖形與說明。	0		
	2.			
a. 正確答案 (熄滅)。	1	(1pt)		

	b.不正確答案(如繼續燃燒),或未答。	0	
	3-1		(1pt)
	a.正確答案(繼續燃燒)	1	
	b.不正確答案(如熄滅),或未答。	0	
	3-2		(1pt)
	a.正確答案(藍色)。	1	
	b.不正確答案(如紅色),或未答。	0	
	3-3		(1pt)
	a.正確答案(鹼性)。	1	
	b.不正確答案(如酸性),或未答。	0	
	4.		(1pt)
	a.正確答案(檢驗前為紅色,檢驗後為藍色)。	1	
	b.不正確答案(如檢驗前為紅色,檢驗後仍為紅色,顏色沒有變化),或未答。	0	
問題與討論	1.		(8pt)
	a.完整陳述問題之內容(如提及“反應物在混合共熱的過程中會產生水蒸氣,遇試管口上端會凝結成小水滴,若小水滴滑至試管底部則易造成冷熱不均的現象,試管容易破裂”)。	2	
	b.僅陳述部分內容,或是陳述的內容有部分錯誤(如“燃燒的氣體氮比空氣重,所以將其下傾斜使氣體快速導入,避免水蒸氣在瓶口處凝結成的水滴回流到試管底部造成破裂”;或是“避免冷凝管逆流”)。	1	
	c.未附有說明,或是說明完全不正確(如“收集氮氣較為方便”,或是“讓整個試管充滿氮氣”)。	0	
	2.		
	a.完整陳述內容(如“若先移開酒精燈,則試管內溫度會下降,內部壓力會減小,易造成導管吸水以致試管破裂,因此需要先行移開導管再移酒精燈”)。	2	
	b.僅陳述部分內容,或是陳述的內容有	1	

	部分錯誤（如“先關閉火源，則會因熱脹冷縮以致水倒流，發生危險”）。		
	c.未附有說明，或是說明完全不正確（如“避免氣體過多”，“防止其他物質進入橡皮管”或僅提及“破裂”）。	0	
	3.		
	a.完整陳述問題之內容（如“因為生成的氮氣難溶於水，故可以直接使用排水氣法收集”）。	2	
	b.僅陳述部分內容，或是陳述的內容有部分錯誤（如“因為生成的氮氣比空氣輕，故可以直接使用排水氣法收集”）。	1	
	c.未附有說明，或是說明完全不正確。	0	
	4.		
	a.完整陳述內容（如“生成黃色氮化鎂，且氮化鎂溶於水會產生氨和氫氧化鎂，故會使紅色的石蕊試紙呈藍色”）。	2	
	b.僅陳述部分內容，或是陳述的內容有部分錯誤（如僅陳述“生成黃色氮化鎂，且氮化鎂溶於水會呈鹼性，故會使紅色的石蕊試紙呈藍色”）。	1	
	c.未附有說明，或是說明完全不正確。	0	
廢棄物處理 (2pt)	a.完整陳述本次實驗各項化學藥品的處理方式。	2	<p>本次實驗化學藥品處理方式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.亞硝酸鈉與氯化銨皆屬於無機鹽類，可等試管冷卻後，加水稀釋，倒入水槽。 2.實驗使用過的火柴及石蕊試紙，不可棄置水槽，需丟入垃圾桶。
	b.僅陳述本次實驗部分化學藥品的處理方式，或是化學藥品處理的方式有部分錯誤（如僅陳述下列化學藥品其中一種處理方式）。	1	
	c.未陳述各項化學藥品的處理方式，或是陳述的方式完全不正確。	0	
實驗改進 (2pt)	a.針對本實驗的缺失，提出完整的改進方法。	2	
	b.僅針對本實驗提出部分的改進方法。	1	
	c.未提出任何方法，或未答。	0	

課程延伸	1.		參考答案
	a.完整陳述收集氣體的方法，且有正確的理由與解釋。	2	排水氣法 適用於難溶於水的氣體，收集氣體的純度較高。(氫氣、氧氣和二氧化碳)
	b.收集氣體的方法不完整，或是陳述的理由與解釋有些錯誤。	1	向上排氣法 易溶於水且氣體密度大於空氣密度(氣體的分子量大於28.8)。(氯化氫 HCl)
	c.未提出任何方法，或未答。	0	向下排氣法 易溶於水且氣體密度小於空氣密度(氣體的分子量小於28.8)。(氨 NH ₃)
	2.		參考答案
	a.完整陳述各種氣體的製備方法，且有正確的解釋或方程式。	2	氫氣： $Mg+2HCl \rightarrow MgCl_2+H_2$
	b.各種氣體的製備方法不完整，或解釋和方程式有些錯誤。	1	氧氣： $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O+O_2$ $2H_2O \rightarrow O_2+2H_2$
c.未提出任何方法，或未答。	0	二氧化碳： $CaCO_3+2HCl \rightarrow$ $CaCl_2+H_2O+CO_2$	