

如何評鑑學生的實驗報告： 大學普通物理學實驗報告評分規準的建立

羅豪章¹ 蘇明俊²

¹國立台中教育大學 數位內容科技學系

²樹德科技大學 休閒事業管理系

(投稿日期：民國 99 年 07 月 06 日，修訂日期：99 年 12 月 15 日，接受日期：99 年 12 月 20 日)

摘要：實驗，是重要的科學學習活動之一，而實驗報告的撰寫則是實驗活動的一環。從建構主義和科學寫作的角度來看，實驗報告的撰寫除了實驗相關制式的基本資訊和數據呈現之外，更有其科學學習的意涵。本研究旨在建立一份適用於大學普通物理學實驗報告的評分規準，教師可以憑藉此規準對學生的實驗報告進行評鑑，學生則可在評分規準的引導下，達到實驗報告撰寫在科學學習上的功能。本研究採用問卷調查法，透過德懷術彙整十二位國內第一線上教導學生進行普通物理實驗教師與科學教育專家們對於大學普通物理學實驗報告評分的看法，逐步形成評分規準的共識。為了瞭解不同評分者使用本研究所發展的規準進行評分時的一致性，研究者商請三位教學實務教師，對六十一份大一普通物理學實驗報告進行評分，再以 SPSS 軟體進行評分者一致性統計考驗，藉以評估此規準在教學實務評分時的適切性。經過四回合線上德懷術問卷調查，研究團隊發展出一份具十七項次的評分規準，而統計考驗結果，肯德爾和諧係數($\omega = .930$; $P < .001$)顯示，不同評分者在評分上具一致性，表示此規準在教學實務評分工作，具其適切性。

關鍵詞：普通物理實驗、實驗報告、評分規準

壹、前言

實驗，是科學學習活動中重要的一環，包括所有基本過程與統整過程的綜合能力。

長久以來，實驗課教學的重要性及必要性，則普遍被科學教師或科學教育學者所強調。在台灣，大學普通物理學實驗大多數仍以食譜式 (cookbook) 實驗為主要實施方式，學

生在既定的實驗設計腳本下，進行相關的實驗活動。這種食譜式實驗教學方法在學生科學學習上雖然不如探究式教學法來的豐富，但是在教學人力、資源、以及環境等諸多考量下，確實有其不得不存在的價值。因此，如何在現有的實驗教學下，尋求對學生科學學習更有助益的策略，將是值得努力的方向。

撰寫實驗報告是科學實驗課程中一項重要的活動，實驗報告的撰寫（實驗寫作），乃是以寫作方法呈現和進行來證明已經被瞭解的科學事實或概念，是五種符合現代科學的寫作形式之一（Key, 1999）。建構主義觀點主張學習是一個主動的、詮釋性的、以及互動的歷程（Tobin, 1990），學習者在情境脈絡中進行學習，並藉由解決真實有意義的問題中建構相關的知識（Brown, Collins, & Duguid, 1989; Polman, 1999）。因此，學生透過科學寫作，讓學生不僅從學習中獲得知識，並對某些事物產生反應、分類、以及知識建構（Rivard, 1994），也可以反應作者的思考歷程並增進其對於科學內容的學習（Applebee, 1984）。從這個角度來看，一份好的實驗報告絕非只是呈現數據而已，更是要將學習對於數據背後所蘊含概念的理解給呈現出來。

對於實驗報告的撰寫，每位授課教師或許有不同的要求，然而多數的教師並沒有提供一個明確的評分規準給學生，而僅是告知學生實驗報告內容要有的項目與格式。在進行評鑑時，教師們通常也是整體、全面性地（holistically）給予實驗報告一個分數或等級。這個事實提醒我們：應該提供一個明確的評分規準（rubric）給學生，一個包含各項標準（criteria）以及清楚描述在每一個標準下，不同撰寫表現如何評分的規準，這個規準可以讓教師根據其所列的標準與描述逐項評分（analytic score），而非僅給予一個整體

總得分（holistic score）。這個規準同時可以讓學生清楚地知道教師將如何評鑑他們的實驗報告，透過這個評分規準的指導下，學生能夠有機會改進他們實驗報告的撰寫能力，並進一步在撰寫的過程中達到科學學習的目的。

為了達到學生藉由實際儀器操作與數據分析的實驗研究方法，探討檢證物理規律並建構相關理論之意涵，並透過學生在過程中處理所遭遇的問題，進而培養其問題解決能力的目的。本研究旨在建立一份適用於大學普通物理學實驗報告的評分規準，並評估此規準在教學實務上的適用性。

貳、研究方法

本研究採用問卷調查法，透過德懷術（Delphi method）彙整專家們對於大學普通物理學實驗報告評分的看法，逐步形成評分規準內容的共識；研究者並以 SPSS 軟體進行統計考驗，以瞭解教學教師在使用此一規準進行評分時的一致性。

十二位國內第一線上教導學生進行普通物理實驗教師與科學教育專家擔任本研究德懷術的學者專家，相關背景分析如表 1 所示。從表一可知，參與者以男性居多（83.33%），四十到五十歲佔 75%，以博士學歷居多（66.67%），教學年資則以五年內居多。

圖 1 顯示這十二位學者專家參與本研究所設計的四回合（four-round Delphi process）線上問卷調查的流程。整個問卷調查為期約一個半月（45 天），每一回合研究團隊均透過 EMAIL 和電話，邀請參與者進入網路線上問卷調查頁面進行填答，而每一回合線上開放填答時間為一週，研究團隊則在所有學者專家填答完畢後，對填答結果進行統計分析。

表 1：德懷術學者專家背景分析一覽表 (N=12)

背景變項	類別	人數	百分比
性別	男	10	83.33%
	女	2	16.67%
年齡	31-35 歲	1	8.33%
	36-40 歲	1	8.33%
	41-45 歲	5	41.67%
	46-50 歲	4	33.33%
	51-55 歲	1	8.33%
最高學歷	學士	1	8.33%
	碩士	3	25%
	博士	8	66.67%
教學年資	1-5 年	4	33.33%
	6-10 年	3	25%
	11-20 年	2	16.67%
	21-30 年	2	16.67%
	30 年以上	1	8.33%
專長	科學教育	5	41.67%
	物理	7	58.33%

第一回合的問卷設計是研究團隊根據現有文獻資料彙整出評分規準中應有的內容項目，以及對參與者個人背景資料調查所形成的初始問卷，經由施測後收集學者專家的回答後進行統計分析，並將作答的統計結果，呈現於第二回合問卷中，並據以小幅修改第二回合的問卷設計。如此問卷設計、問卷施測、以及問卷分析的過程，反覆出現在每一回合中，前一回合的問卷分析結果又牽動著下一回合的問卷設計，形成一個環環相扣的德懷術歷程。這四個回合的問卷調查主軸又可區分為兩個部分：第一個部分是第一、二回合，主要是針對規準中評分項目做確認；第二個部分是第三、四回合，主要則是針對規準評分項目中的描述詞 (descriptors) 與權值 (weighing) 進行確認。第二、四回合問卷調查的實施是要求參與者根據他們前一回合 (第一、三回合) 回答的統計分析結果，對同樣的問題進行再一次的確認。

經過四個回合的問卷調查，研究團隊形成評分規準最後的版本，本研究邀請三位擔任大學普通物理學實驗教學的教師，以此規準對六十一份普通物理學實驗報告進行評分，再以統計方法求取其肯德爾和諧係數 (Kendall's coefficient of concordance)，藉評分者一致性的信度，評估此規準在教學實務評分時的適切性。

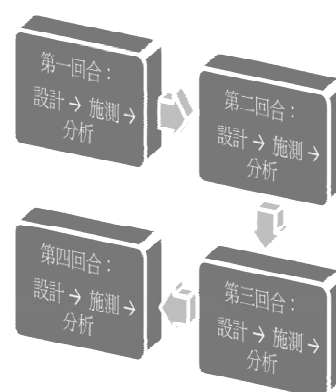


圖 1：四回合的德懷術問卷調查流程

參、結果

研究團隊參酌十五份現有相關文獻資料中的評分規準，彙整出十四項評分的規準，並據以形成初版問卷，問卷採採 Likert 式五點量表，計分方式採「非常同意」給 5 分，「同意」給 4 分，「很難說同意或不同意」給 3 分，「不同意」給 2 分，「非常不同意」給 1 分。經由第一回合的問卷調查實施，統計分析結果如表 2 所示。除原十四項規準外，部分專家還建議新增四個題項，包含學生個人對實驗的理解或感受、學生自行蒐集彙整實驗相關資料、實驗理論延伸討論與進階應用、以及數據誤差分析。因此，研究團隊在第二回合問卷設計時，除了將每一回合學者

專家填答情形與表二的結果呈現外，並加入這四個建議的新增項目。

第二回合問卷調查參與者參考上一回其他專家學者的回答情形，對問卷中十八項填答（原十四項加新增四項）進行再次的填答與確認，統計分析結果如表 3 所示。

Todd 與 Reece (1989) 提到，在問卷中所有專家於每一題圈選重要程度為 4 與 5 的總比例達百分之七十五以上者，顯示該題的重要性已達一致性。同時，Faherty(1979)、Raskin(1994)也提出，藉由四分位差可以瞭解專家意見的分布情形，四分位差越小表示意見越一致。一般可將專家意見一致性分成三種：高一一致性（四分位差小於 0.6）、中一致性（四分位差介於 0.6 與 1.0 之間）、以及低

表 2：第一回合問卷調查統計分析結果

評分標準		專家答題百分比 (%)					描述統計項次				
		非常重要	重要	普通	不重要	非常不重要	平均數	中位數	眾數	標準差	四分差
1	實驗名稱	42.67	50	8.33	0	0	4.33	4	4	.65	0.5
2	實驗目的	83.34	8.33	8.33	0	0	4.75	5	5	.62	0
3	實驗假設	75	25	0	0	0	4.75	5	5	.45	0.25
4	實驗原理	58.33	41.67	0	0	0	4.58	5	5	.51	0.5
5	材料名稱和儀器	25	41.67	33.33	0	0	3.92	4	4	.79	0.75
6	實驗步驟	16.67	50	33.33	0	0	3.83	4	4	.72	0.5
7	實驗方法	50	33.33	16.67	0	0	4.33	4.5	5	.78	0.5
8	實驗觀察	75	25	0	0	0	4.75	5	5	.45	0.25
9	圖表的呈現	83.33	16.67	0	0	0	4.83	5	5	.39	0
10	實驗數據的呈現	58.33	41.67	0	0	0	4.58	5	5	.51	0.5
11	資料統整與分析	91.67	8.33	0	0	0	4.92	5	5	.29	0
12	實驗結論	50	41.67	8.33	0	0	4.42	4.5	5	.67	0.5
13	報告結構編排	16.67	66.66	16.67	0	0	4	4	4	.60	0
14	報告內容是否清楚、合邏輯	50	50	0	0	0	4.5	4.5	4	.52	0.5

表 3：第二回合問卷調查統計分析結果

評分標準	專家群答題百分比 (%)					描述統計項次					重要性	一致性
	非常重要	重要	普通	不重要	非常不重要	平均數	中位數	眾數	標準差	四分差		
1 實驗名稱	25	75	0	0	0	4.25	4	4	.13	.25	●	高
2 實驗目的	100	0	0	0	0	5	5	5	0	0	●	高
3 實驗假設	100	0	0	0	0	5	5	5	0	0	●	高
4 實驗原理	75	16.67	8.33	0	0	4.67	5	5	.65	.25	●	高
5 材料名稱和儀器	8.33	58.33	33.34	0	0	3.75	4	4	.62	.5		高
6 實驗步驟	58.33	25	16.67	0	0	4.08	4	4	.67	.25	●	高
7 實驗方法	66.67	33.33	0	0	0	4.67	5	5	.49	.5	●	高
8 實驗觀察	100	0	0	0	0	5	5	5	0	0	●	高
9 圖表的呈現	100	0	0	0	0	5	5	5	0	0	●	高
10 實驗數據的呈現	75	25	0	0	0	4.75	5	5	.45	.25	●	
11 資料統整與分析	100	0	0	0	0	5	5	5	0	0	●	高
12 實驗結論	75	25	0	0	0	4.75	5	5	.45	.25	●	高
13 報告結構編排	8.33	75	16.67	0	0	3.92	4	4	.51	0	●	高
14 報告內容是否清楚、合邏輯	75	25	0	0	0	4.75	5	5	.45	.25	●	
15 學生個人對實驗的理解或感受	58.33	25	16.67	0	0	4.42	5	5	.79	.5	●	高
16 學生自行蒐集彙整實驗相關資料	50	41.67	8.33	0	0	4.42	4.5	5	.79	.5	●	高
17 實驗理論延伸討論與進階應用	50	41.67	8.33	0	0	4.42	4.5	5	.79	.5	●	高
18 數據誤差分析	66.67	25	8.33	0	0	4.58	5	5	.67	.5	●	高

表 4：第三回合問卷調查描述詞部分統計分析結果

評分標準	等第/ 配分 / 原描述詞	贊成人數 (百分比)
實驗名稱	A (4-5) 實驗名稱完整且簡要	9 人 (75%)
	B (2-3) 有寫出實驗名稱，但不是很清楚	9 人 (75%)
	C (0-1) 未寫出實驗名稱	11 人 (91.7%)
實驗目的	A (6-8) 完整陳述實驗目的	12 人 (100%)
	B (3-5) 有寫出實驗目的，但沒有清楚陳述	12 人 (100%)
	C (0-2) 未寫出實驗目的，或是錯誤的實驗目的	12 人 (100%)
實驗假設	A (6-8) 奠基在變項與結果間的假設是清楚且合邏輯的	8 人 (66.7%)
	B (3-5) 清楚陳述變項與結果間的關係，但邏輯上有錯誤	12 人 (100%)
	C (0-2) 未寫出實驗假設，或是錯誤的實驗假設	12 人 (100%)
實驗原理	A (4-5) 在實驗中的相關理論都清楚且具體描述	11 人 (91.7%)
	B (2-3) 大略提到實驗中的相關理論，但不清楚	9 人 (75%)
	C (0-1) 未寫出實驗的相關理論	10 人 (83.3%)
實驗步驟	A (4-5) 清楚的列出所有步驟，並完整的描述每一個步驟	10 人 (83.3%)
	B (2-3) 概述所有步驟，但不合邏輯，或描述的不夠清楚	10 人 (83.3%)
	C (0-1) 並未列出實驗步驟，或步驟有誤	12 人 (100%)
實驗方法	A (4-5) 實驗方法清楚說明、簡要，呼應實驗設計，並可重複運用，且清楚掌握自應變項	10 人 (83.3%)
	B (2-3) 大略說明實驗方法，但未呼應實驗設計，且未明確掌握自應變項	11 人 (91.7%)
	C (0-1) 並未陳述與實驗有關的方法	12 人 (100%)
實驗觀察	A (6-8) 正確觀察、描述和組織，且有詳細的解釋	8 人 (66.7%)
	B (3-5) 正確觀察、描述和組織，但未有相關解釋	10 人 (83.3%)
	C (0-2) 並未針對實驗的觀察有任何的描述	11 人 (91.7%)
圖表的呈現	A (6-8) 圖表清楚、正確，且整齊標示，容易了解。圖表正確且整齊的標示	9 人 (75%)
	B (3-5) 圖表正確且整齊標示	8 人 (66.7%)
	C (0-2) 並未呈現必要的圖表或遺漏了重要的標示	11 人 (91.7%)
實驗數據的呈現	A (4-5) 所測得數據要列表清楚交代，套數及組數都要照實驗題目或一般約定的要求，不得只做單次測量	10 人 (83.3%)
	B (2-3) 大略的呈現出實驗的數據，但沒有清楚交代，或繁雜沒邏輯	11 人 (91.7%)
	C (0-1) 未呈現實驗數據，或遺漏重要的實驗數據	12 人 (100%)
資料統整與分析	A (6-8) 實驗中所有的資料都能正確的統整，並清楚的分析 and 交代過程	11 人 (91.7%)
	B (3-5) 大部分的實驗資料有正確的統整和分析	12 人 (100%)
	C (0-2) 實驗資料並未正確的統整、描述與分析	11 人 (91.7%)
實驗結論	A (4-5) 清楚運用結論來支持實驗假設	10 人 (83.3%)
	B (2-3) 大略的針對實驗的結果做出簡單的結論，但未運用結論來支持實驗假設	11 人 (91.7%)
	C (0-1) 未寫出實驗結論	11 人 (91.7%)

報告結構 編排	A (4-5) 實驗報告內容和架構按照不同類型劃分，並清楚標示主標題、次標題等 B (2-3) 實驗報告內容架構看起來是整齊的，但缺乏組織 C (0-1) 實驗報告撰寫內容與結構率，且缺少很多內容	11 人 (91.7%) 10 人 (83.3%) 12 人 (100%)
報告內容 是否清 楚、合邏 輯	A (4-5) 實驗報告的撰寫是符合科學的形式，並有清楚的論點，文字的描述合邏輯，且沒有錯別字 B (2-3) 實驗報告的撰寫大致符合科學的形式，但沒有清楚的論點，文字的描述未能合邏輯，且有錯別字 C (0-1) 報告內容沒有邏輯，撰寫內容不清楚	10 人 (83.3%) 11 人 (91.7%) 12 人 (100%)
學生個人 對實驗的 理解或感 受	A (4-5) 學生個人完整並清楚寫出對實驗的理解或感受，以及學到什麼 B (2-3) 學生個人僅寫出對實驗部分與粗略的理解或感受 C (0-1) 學生個人並未寫出對實驗的理解或感受	12 人 (100%) 12 人 (100%) 12 人 (100%)
學生自行 蒐集彙整 實驗相關 資料	A (4-5) 學生自行蒐集彙整實驗相關資料，並完整呈現 B (2-3) 學生有自行蒐集彙整部分實驗相關資料，但不完整 C (0-1) 學生並未自行蒐集彙整實驗相關資料	8 人 (66.7%) 11 人 (91.7%) 12 人 (100%)
實驗理論 延伸討論 與進階應 用	A (4-5) 提到實驗理論延伸討論與進階應用，並完整說明如何應用 B (2-3) 僅提到部分的實驗理論延伸討論與進階應用，但未清楚說明 C (0-1) 未提到實驗理論延伸討論與進階應用	11 人 (91.7%) 12 人 (100%) 12 人 (100%)
數據誤差 分析	A (4-5) 提到數據的誤差，且針對誤差結果討論與分析出降低錯誤的方法 B (2-3) 提到數據的誤差，但未針對誤差結果進行分析與討論 C (0-1) 未針對提到數據誤差	11 人 (91.7%) 12 人 (100%) 12 人 (100%)

表 5：第四回合問卷調查描述詞部分統計分析結果

評分標準		描述詞	贊成百分比 (%)
實驗名稱	A (4-5)	原描述詞：實驗名稱完整且簡要	25
		專家 G：實驗名稱正確且完整	25
		專家 H：實驗名稱完整且清楚	16.67
		專家 J：實驗名稱完整且確切	33.33
	B (2-3)	原描述詞：有寫出實驗名稱，但不是很清楚	50
		專家 D：有寫出實驗名稱，但未能切題	25
		專家 H：實驗名稱不完整或不清楚	16.67
		專家 G：有寫出實驗名稱，但不正確	8.33
C (0-1)	原描述詞：未寫出實驗名稱	58.33	
	專家 D：有寫出實驗名稱但完全離題，或未寫出實驗名稱	41.67	
實驗目的	A (6-8)	原描述詞：完整陳述實驗目的	100
	B (3-5)	原描述詞：有寫出實驗目的，但沒有清楚陳述	100
	C (0-2)	原描述詞：未寫出實驗目的，或是錯誤的實驗目的	100

實驗假設	A (6-8)	原描述詞：奠基在變項與結果間的假設是清楚且合邏輯的	25
		專家 A：實驗結果與操作變項間的假設具有邏輯相關性	16.67
		專家 C：陳述變項與結果間的關係不清楚	0
		專家 H：實驗假設與前提有清楚的陳述且正確	16.67
		專家 L：符合邏輯且能清楚陳述變量與結果間之關係	41.67
	B (3-5)	原描述詞：清楚陳述變項與結果間的關係，但邏輯上有錯誤	100
C (0-2)	原描述詞：未寫出實驗假設，或是錯誤的實驗假設	100	
實驗原理	A (4-5)	原描述詞：在實驗中的相關理論都清楚且具體描述	58.33
		專家 A：對實驗所應用的關理論都清楚且具體地描述	41.67
	B (2-3)	原描述詞：大略提到實驗中的相關理論，但不清楚	41.67
		專家 L：大略提到實驗中的相關理論，但描述不夠清楚明確	50
		專家 J：大略提及實驗中的相關理論，但不夠完整清楚	8.33
	C (0-1)	原描述詞：未寫出實驗的相關理論	25
		專家 C：未寫出實驗的相關理論或錯誤	8.33
專家 D：誤用與實驗不相關理論，或未寫出實驗的相關理論		25	
專家 G：未寫出實驗的相關理論或寫出錯誤的理論	41.67		
實驗步驟	A (4-5)	原描述詞：清楚的列出所有步驟，並完整的描述每一個步驟	50
		專家 L：清楚列出所有步驟，並完整描述每一步驟，且畫出必要之裝置圖	41.67
		專家 I：僅要求到 B 之程度即可給滿分	8.33
	B (2-3)	原描述詞：概述所有步驟，但不合邏輯，或描述的不夠清楚	75
		專家 C：概述所有步驟，或描述的不夠清楚	8.33
		專家 J：概述所有的實驗步驟，但邏輯或順序不完整或正確	16.67
C (0-1)	原描述詞：並未列出實驗步驟，或步驟有誤	100	
實驗方法	A (4-5)	原描述詞：實驗方法清楚說明、簡要，呼應實驗設計，並可重複運用，且清楚掌握自應變項	58.33
		專家 I：僅要求到 B 之程度即可給滿分	8.33
		專家 J：實驗方法和實驗設計理念相呼應並十分地合，而且了解自應變項之間的相依關係	33.33
	B (2-3)	原描述詞：大略說明實驗方法，但未呼應實驗設計，且未明確掌握自應變項	66.67
		專家 J：只大略提及實驗的方法，卻未和實驗設計做相關聯結，並且未明確地指出自應變相間的關係	33.33
C (0-1)	原描述詞：並未陳述與實驗有關的方法	100	
實驗觀察	A (6-8)	原描述詞：正確觀察、描述和組織，且有詳細的解釋	16.67
		專家 A：能正確觀察，並系統化地具體描述，且有詳細註解或解釋	58.33
		專家 I：僅要求到 B 之程度即可給滿分	8.33
		專家 J：實驗觀察仔細，描述詳盡且流暢，組織架構也很完整	16.67
	B (3-5)	原描述詞：正確觀察、描述和組織，但未有相關解釋	50
		專家 F：大致觀察、描述和組織，但未有相關解釋	25
		專家 J：實驗觀察仔細，但內容的描述和組織架構方面，有進步的空間	25
C (0-2)	原描述詞：並未針對實驗的觀察有任何的描述	58.33	
專家 J：未確切詳盡的將實驗觀察結果描述出來，內容上的架構也未成型	41.67		

圖表的呈現	A (6-8)	原描述詞：圖表清楚、正確，且整齊標示，容易了解。圖表正確且整齊的標示	41.67
		專家 A：圖表呈現正確且符合學術期刊常用表示方法，圖示齊標示清楚，易於辨讀，容易了解	25
		專家 G：圖表正確且整齊的標示，清晰易懂	8.33
		專家 J：圖表內容的呈現十分清楚且正確，符號單位等標示也很清楚，一目了然	16.67
		專家 L：圖表正確整齊、清楚標示，且容易呈現關係容易了解	8.33
	B (3-4)	原描述詞：圖表正確且整齊標示	33.33
		專家 C：圖表正確，但不整齊或不容易了解	16.67
		專家 D：圖表內容雖正確，但形式不易判讀	8.33
		專家 F：圖表說明部份遺 部份的資訊	0
		專家 J：圖表內容完整清楚，但有部分資訊未說明清楚	41.67
C (0-2)	原描述詞：並未呈現必要的圖表或遺 了重要的標示	83.33	
	專家 J：圖表內容不完整，符號或單位等方面的資訊，未說明清楚	16.67	
實驗數據的呈現	A (4-5)	原描述詞：所測得數據要列表清楚交代，套數及組數都要照實驗題目或一般約定的要求，不得只做單次測量	50
		專家 G：數據根據實驗設計，完整列表交代清楚	50
		專家 J：實驗數據完整而且清楚，並以有效位數的方式來呈現其實驗數據結果	0
	B (2-3)	原描述詞：大略的呈現出實驗的數據，但沒有清楚交代，或繁雜沒邏輯	100
C (0-1)	原描述詞：未呈現實驗數據，或遺 重要的實驗數據	100	
資料統整與分析	A (6-8)	原描述詞：實驗中所有的資料都能正確的統整，並清楚的分析 and 交代過程	75
		專家 J：實驗資料能有系統性的組織統整，並能詳細的分析討論其因果關係，內容的流暢度也很不錯	25
	B (3-5)	原描述詞：大部分的實驗資料有正確的統整和分析	100
	C (0-2)	原描述詞：實驗資料並未正確的統整、描述與分析	58.33
專家 J：實驗資料和結果未能有組織性的去統整，也未合邏輯性與流暢度，缺乏詳盡的分析討論		41.67	
實驗結論	A (4-5)	原描述詞：清楚運用結論來支持實驗假設	58.33
		專家 A：對實驗重要結果歸納成具體摘要陳述，並得到清楚結論呼應支持實驗目的與假設	25
		專家 J：實驗結論和一開始的實驗假設之間彼此互相呼應，充滿意義性	16.67
	B (2-3)	原描述詞：大略的針對實驗的結果做出簡單的結論，但未運用結論來支持實驗假設	58.33
		專家 D：能針對實驗的結果做出結論，但未能充分運用結論來支持實驗假設	41.67
	C (0-1)	原描述詞：未寫出實驗結論	100

報告結構編排	A (4-5)	原描述詞：實驗報告內容和架構按照不同類型劃分，並清楚標示主標題、次標題等	58.33
		專家 J：實驗報告內容完整充實，並且有系統性的去組織其內容，內容的流暢度很好並且清楚地去呈現所有的內容	41.67
	B (2-3)	原描述詞：實驗報告內容架構看起來是整齊的，但缺乏組織	41.67
		專家 J：實驗報告內容雖然充實，但缺乏組織系統性，以致於內容的表達不夠清楚流暢	50
	C (0-1)	原描述詞：實驗報告內容架構看似整齊，但缺乏組織，或出現先後順序不符邏輯	8.33
報告內容是否清楚合邏輯	A (4-5)	原描述詞：實驗報告的撰寫是符合科學的形式，並有清楚的論點，文字的描述合邏輯，且沒有錯別字	33.33
		專家 D：實驗報告的撰寫符合科學論文的格式，並有清楚的論點，文字的描述合邏輯，且沒有錯別字	58.33
		專家 G：實驗報告的撰寫符合科學的形式，並有清楚的論點，文字的描述合邏輯，且沒有錯別字	8.33
	B (2-3)	原描述詞：實驗報告的撰寫大致符合科學的形式，但沒有清楚的論點，文字的描述未能合邏輯，且有錯別字	100
	C (0-1)	原描述詞：報告內容沒有邏輯，撰寫內容不清楚	100
學生個人對實驗的理解或感受	A (4-5)	原描述詞：學生個人完整並清楚寫出對實驗的理解或感受，以及學到什麼	100
	B (2-3)	原描述詞：學生個人僅寫出對實驗部分與粗略的理解或感受	100
	C (0-1)	原描述詞：學生個人並未寫出對實驗的理解或感受	100
學生自行蒐集彙整實驗相關資料	A (4-5)	原描述詞：學生自行蒐集彙整實驗相關資料，並完整呈現	16.67
		專家 A：學生自行蒐集彙整實驗相關資料，並完整呈現作為實驗討論依據	75
		專家 I：僅要求到 B 之程度即可給滿分	8.33
	B (2-3)	原描述詞：學生有自行蒐集彙整部分實驗相關資料，但不完整	58.33
		專家 J：學生自行蒐集彙整資料，但內容不夠完整或缺乏系統性	41.67
C (0-1)	原描述詞：學生並未自行蒐集彙整實驗相關資料	100	
實驗理論延伸討論與進階應用	A (4-5)	原描述詞：提到實驗理論延伸討論與進階應用，並完整說明如何應用	83.33
		專家 I：僅要求到 B 之程度即可給滿分	16.67
	B (2-3)	原描述詞：僅提到部分的實驗理論延伸討論與進階應用，但未清楚說明	100
	C (0-1)	原描述詞：未提到實驗理論延伸討論與進階應用	100
數據誤差分析	A (4-5)	原描述詞：提到數據的誤差，且針對誤差結果討論與分析出降低錯誤的方法	100
	B (2-3)	原描述詞：提到數據的誤差，但未針對誤差結果進行分析與討論	100
	C (0-1)	原描述詞：未針對提到數據誤差	100

一致性（四分位差大於 1.0）。因此，本研究在評估問卷中各項標準保留或 除時，是以每一項標準被圈選重要程度為 4 與 5 的總比例未達百分之七十五，以及 Faherty(1979)、Raskin(1994)所界定的四分位差大於 1.0 者，作為本研究 題依據。表 3 顯示，專家們對於所有標準認定的均為高一一致性，然而第五標準「材料名稱和儀器」專家們圈選重要程度的比例僅為 66.67%，未達百分之七十五，因此予以 除，不列入本研究之評分標準。

經過第二回合的 選，在第三回合問卷設計時，評分規準中共保留十七項的評分標準，同時將每項標準分成 A、B、C 三個評分等第，並加入各等第的配分和描述詞。從表 3 中可知，「實驗目的」、「實驗假設」、「實驗觀察」、「圖表的呈現」、以及「資料統整與分析」五項標準，專家一致認為其重要程度為「非常重要」(表 3 中粗體字部分所示)，故研究團隊在進行配分時，這五項標準之配分為 A (0-2)、B (3-5)、C (6-8)，而其他標準之配分則為 A (0-1)、B (2-3)、C (4-5)。

第三回合問卷調查，學者專家除了對評分標準各等第的描述詞外，並對各項標準的評分權值進行作答。施測後，贊成保留原問卷中各評分標準描述詞統計結果如表 4 所示。認為原描述詞需要修改的學者專家皆在問卷中填入建議的描述詞語，這些建議的描述詞語也將納入第四回合問卷設計中。在標準的評分權值調查部分，則有 10 位 (83.33%) 專家贊成各評分標準均等值，有兩位專家不贊成等值。

第四回合問卷設計是呈現第三回合問卷回答情形，以及學者專家對部分描述詞的建議，並要求參與者參酌後再重新作答。經施測後統計結果如表五所示。各項標準每個等第最後的描述詞，將採用學者專家贊成度最

高者，如表 5 中粗體字部分所示。在標準的評分權值調查部分與第三回合相同，原不贊成等值的兩位專家仍採反對立場，其餘 10 位 (83.33%) 專家則贊成各評分標準均等值。

最後評分規準如表六所示，在標準的評分權值部分，因為有 10 位 (83.33%) 專家贊成各評分標準均等權，因此研究建議採用本規準進行評分時，直接將各項標準得分加總即為實驗報告的評鑑得分。

為了瞭解不同評分者間的評分一致性，三位擔任大學普通物理學實驗教學的教師（基本資料描述如表七所示），以本研究所發展的評分規準，對評分者 B 所任教之大一普通物理學實驗教學班級六十一份實驗報告（牛論第二運動定律）進行線上評分。研究者將完整的規準以網頁形式呈現，評分者對每一份實驗報告，進行逐項的評分工作，在完成十七項評分後系統自動加總出現總得分。

三位評分者的六十一份實驗報告得分，以統計方法（同分者以等級的平均值插入）所得到的結果如表八所示。由表七可知，肯德爾和諧係數為 0.930，卡方值為 167.396 ($p < .01$)，顯示三位評分者間有顯著相關存在。

肆、討論與結論

1. 研究團隊一開始以文件分析方式彙整十五份現有的評分規準形成問卷初稿，在第一回合的問卷調查回收整理後，部分學者專家認為還有不足之處，在彙整他們的建議後，加入四項新增的規準，經過第二回合的問卷調查後發現，參與的專家學者普遍贊成這些規準在評分時的必要性，因此研究團隊決定納入。進一步分析這些規準，可發現若干與科學學習有關的意義蘊含其中：「學生自行蒐集彙整實驗相關資料」

表 6：大學普通物理學實驗報告評分規準

評分標準	描述詞		評分欄
實驗名稱	A (4-5)	實驗名稱完整且確切	
	B (2-3)	有寫出實驗名稱，但不是很清楚	
	C (0-1)	未寫出實驗名稱	
實驗目的	A (6-8)	完整陳述實驗目的	
	B (3-5)	有寫出實驗目的，但沒有清楚陳述	
	C (0-2)	未寫出實驗目的，或是錯誤的實驗目的	
實驗假設	A (6-8)	符合邏輯且能清楚陳述變量與結果間之關係	
	B (3-5)	清楚陳述變項與結果間的關係，但邏輯上有錯誤	
	C (0-2)	未寫出實驗假設，或是錯誤的實驗假設	
實驗原理	A (4-5)	在實驗中的相關理論都清楚且具體描述	
	B (2-3)	大略提到實驗中的相關理論，但描述不夠清楚明確	
	C (0-1)	未寫出實驗的相關理論或寫出錯誤的理論	
實驗步驟	A (4-5)	清楚的列出所有步驟，並完整的描述每一個步驟	
	B (2-3)	概述所有步驟，但不合邏輯，或描述的不夠清楚	
	C (0-1)	並未列出實驗步驟，或步驟有誤	
實驗方法	A (4-5)	實驗方法清楚說明、簡要，呼應實驗設計，並可重複運用，且清楚掌握自應變項	
	B (2-3)	大略說明實驗方法，但未呼應實驗設計，且未明確掌握自應變項	
	C (0-1)	並未陳述與實驗有關的方法	
實驗觀察	A (6-8)	能正確觀察，並系統化地具體描述，且有詳細註解或解釋	
	B (3-5)	正確觀察、描述和組織，但未有相關解釋	
	C (0-2)	並未針對實驗的觀察有任何的描述	
圖表的呈現	A (6-8)	圖表清楚、正確，且整齊標示，容易了解。圖表正確且整齊的標示	
	B (3-5)	圖表內容完整清楚，但有部分資訊未說明清楚	
	C (0-2)	並未呈現必要的圖表或遺漏了重要的標示	
實驗數據的呈現	A (4-5)	所測得數據要列表清楚交代，套數及組數都要照實驗題目或一般約定的要求，不得只做單次測量	
	B (2-3)	大略的呈現出實驗的數據，但沒有清楚交代，或繁雜沒邏輯	
	C (0-1)	原描述未呈現實驗數據，或遺漏重要的實驗數據	
資料統整與分析	A (6-8)	實驗中所有的資料都能正確的統整，並清楚的分析 and 交代過程	
	B (3-5)	大部分的實驗資料有正確的統整和分析	
	C (0-2)	實驗資料並未正確的統整、描述與分析	
實驗結論	A (4-5)	清楚運用結論來支持實驗假設	
	B (2-3)	大略的針對實驗的結果做出簡單的結論，但未運用結論來支持實驗假設	
	C (0-1)	未寫出實驗結論	

報告結構編排	A (4-5)	實驗報告內容和架構按照不同類型劃分，並清楚標示主標題、次標題等
	B (2-3)	實驗報告內容雖然充實，但缺乏組織系統性，以致於內容的表達不夠清楚流暢
	C (0-1)	實驗報告撰寫內容與結構率，且缺少很多內容
報告內容是否清楚、合邏輯	A (4-5)	實驗報告的撰寫符合科學論文的格式，並有清楚的論點，文字的描述合邏輯，且沒有錯別字
	B (2-3)	實驗報告的撰寫大致符合科學的形式，但沒有清楚的論點，文字的描述未能合邏輯，且有錯別字
	C (0-1)	報告內容沒有邏輯，撰寫內容不清楚
學生個人對實驗的理解或感受	A (4-5)	學生個人完整並清楚寫出對實驗的理解或感受，以及學到什麼
	B (2-3)	學生個人僅寫出對實驗部分與粗略的理解或感受
	C (0-1)	學生個人並未寫出對實驗的理解或感受
學生自行蒐集彙整實驗相關資料	A (4-5)	學生自行蒐集彙整實驗相關資料，並完整呈現作為實驗討論依據
	B (2-3)	學生有自行蒐集彙整部分實驗相關資料，但不完整
	C (0-1)	學生並未自行蒐集彙整實驗相關資料
實驗理論延伸討論與進階應用	A (4-5)	提到實驗理論延伸討論與進階應用，並完整說明如何應用
	B (2-3)	僅提到部分的實驗理論延伸討論與進階應用，但未清楚說明
	C (0-1)	未提到實驗理論延伸討論與進階應用
數據誤差分析	A (4-5)	提到數據的誤差，且針對誤差結果討論與分析出降低錯誤的方法
	B (2-3)	提到數據的誤差，但未針對誤差結果進行分析與討論
	C (0-1)	未針對提到數據誤差

表 7：一致性信度評分者基本資料

	評分者		
	A	B	C
性別	男	男	女
教學年資	6-10 年	11-20 年	6-10 年
最高學歷	博士	碩士	博士
專長	科學教育	物理	物理

表 8：評分者一致性信度肯德爾和諧係數考驗

個數 (N)	3
Kendall's ω 檢定 ^a	.930
卡方 χ^2	167.396
自由度	60
漸進顯著性	.000

顯示，學生在資訊時代進行科學學習，資料蒐集和統整的能力是必要的，學生透過自行資訊蒐集和統整過程，將對該實驗有更深入的認識，並讓實驗和報告的撰寫，符合主動學習和知識建構的歷程。要求「學生個人對實驗的理解或感受」意指學生必須主動與實驗的過程和數據之間產生互動，進而詮釋其意義，此一歷程與建構主義的學習觀點是一致的。「數據誤差分析」強調學生除了在實驗數據的呈現和資料統整與分析外，更需對所處理的數據背後所可能存在的誤差進行探討分析，可以讓學生能夠瞭解實驗過程和數據分析歷程中，誤差如何產生和如何避免。「實驗理論延伸討論與進階應用」則希望要求學生除了能透過實驗檢證既存的理論，更能深入思考這些理論或現象所蘊含的意義，並思索未來的應用性。至於原本在問卷初稿中出現的「材料名稱和儀器」一項，雖然經過第二回合的選後被除，然而實驗相關的材料和儀器仍然會在報告撰寫中出現，只是這部分的評分可能分散到實驗步驟、實驗目的、或實驗方法等項目的敘述完整性上。

2. 整體而言，相較於現存既有的實驗報告評分規準，這份規準比較偏重學生對實驗過程與數據意義的認知，強調學生除了從實驗手冊或教師所提供的資料外，還需主動蒐集統整相關資訊納入實驗報告撰寫之中，對於實驗可能產生的誤差也應瞭解其產生的原因，並思索如何透過相關措施或作為，達到降低誤差的目的（問題解決能力的展現）。
3. 本研究在規劃時，在每一個評分規準中的三個（A、B、C）等第中，加入2~3分的彈性評分，讓教師在使用本評分規準時，能先根據各描述詞的敘述，確定學生報告

表現的等第，再依據教師個人的專業經驗與判斷，給予學生該項適合的分數，希望如此可以兼顧教師的專業自主性和不同評分者間評分一致性問題。

4. 肯德爾和諧係數檢定結果顯示，三位評分者間有顯著相關存在，意即評分結果頗為一致。根據評分者一致性信度的觀點可知，對於不同教師在使用本研究所發展的規準進行評分時，應能獲致頗為一致性的結果。
5. 對於普物實驗教學教師而言，相較於過去只評一個整體總分，一開始使用本研究規準逐項進行評分時，應該會有負擔增加的感覺，這個現象從參與本研究評分教師的反應可以得知。然而三位教師也認為，在進行過大約十餘份實驗報告評分工作，漸漸熟悉規準內容和評分方式後，這種感覺也會逐漸消失。
6. 本研究三位評分者在進行評分時，是透過網頁呈現評分表單，教師對規準中每一個標準逐項鍵入得分，再由程式計算總得分，教師可以儲存完整學生實驗報告的評分結果（含各項標準得分與總得分），學生可以從這份評分結果，瞭解自己在每個評分規準的表現，並據以調整自己未來實驗報告的撰寫。未來推廣時，除了可以使用書面紙本評分外，考量教師評分便利性和儲存完整的評分結果，建議採用電腦進行評分工作。
7. 本研究僅就評分規準的建立，及其評分者一致性信度考驗進行探討，後續研究可以進一步思索探究學生在此評分規準引導下撰寫實驗報告，與其科學學習兩者間的關係。

誌謝

本論文為國科會專題計畫「線上科學寫作融入實驗課程之研究」(NSC 98-2511-S-040 -001)之部分研究結果，承蒙行政院國家科學委員會經費補助。特此致謝。

參考文獻

1. Applebee, A. N. (1984). Writing and reasoning. *Review of Educational Research*, 54, 577-596.
2. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning, *Educational Researcher*, 18, 32-42.
3. Keys, C. W. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: Connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83(2), 115-130.
4. Polman, J. L. (1999). Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry. New York: Teachers Collage Press.
5. Rivard, L. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implication for practice and research. *Journal of research in science teaching*, 31(9), 969-983.
6. Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities. In pursuit of better questions and answers to improve learning, *School Science and Mathematics*, 90(5), 403-415.

附錄一 大學普通物理學實驗報告評分規準文獻統整一覽表

編號*		文獻														
評分規準		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
實驗 論	實驗內容簡介		○		○		○					○	○			
	實驗目的		○						○	○	○		○	○		○
	實驗假設	○			○		○			○	○		○			
實驗的原理和理論	實驗原理											○		○	○	○
實驗的材料	材料名稱和儀器	○	○					○	○	○				○		○
實驗步驟與方法	實驗步驟	○			○				○		○	○		○		○
	實驗方法	○	○		○		○		○	○	○		○			
實驗觀察	實驗觀察	○	○	○	○				○	○	○					
實驗資料結果	圖表的呈現	○							○	○		○	○	○		○
	實驗數據的呈現		○	○			○		○		○			○	○	○
實驗資料分析與推論	資料統整與分析			○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
實驗結論	實驗結論	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
實驗報告的呈現方式	報告結構編排	○		○	○	○	○				○	○	○			○
	報告內容是否清楚、合邏輯	○		○	○		○				○	○	○			

1. 百度文庫 (2009)。基礎物理實驗報告撰寫規範及評分標準。線上檢索日期：2009 年 8 月 25 日。網址：<http://wenku.baidu.com/view/0a0470eeaeaad1f346933fd2.html>
2. 嘉義大學應用物理學系 (2005)。物理實驗評分標準。線上檢索日期：2009 年 8 月 25 日。網址：http://140.130.91.3/~ygwu/oper_rule.doc
3. 暨南大學 木工程學系 (2006)。普通物理實驗 (Laboratory for General Physics)。線上檢索日期：2009 年 8 月 25 日。網址：http://staffweb.ncnu.edu.tw/yuhsin/Courses/Syllabus_%B4%B6%B3q%AA%AB%B2z%B9%EA%C5%E7_Spring2006.doc
4. Saskschools.ca. (2006) . LAB REPORT EVALUATION FORM. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://www.saskschools.ca/curr_content/science9/chemistry/worddocs/labeval2.PDF
5. College of engineering ,the university of Iowa. (2009) . Lab Report Writing evaluation Sheet:52:187. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://www.engineering.uiowa.edu/~ctc/docs/class_docs/2009_spring/CPS_Lab_Writing_Eval_Sheet%20-%20Spring%2009.pdf
6. Chemical Engineering Department, Kuwait University. (2009) Lab Report Evaluation Form.

- Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://chemeng.kuniv.edu/assessment/lab_form.pdf
7. White Station Chemistry.(2009). Science Lab Report Evaluation Rubric. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: <http://www.wshschemistry.com/files/LabReportRubricPage1.pdf>
 8. Physics Department of California State Polytechnic University, Pomona. (2009) . Laboratory Report Self-Evaluation. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: <http://www.csupomona.edu/~ajm/classes/phyXXXL/selfeval.pdf>
 9. American Society for Microbiology, Washington DC. (2008) . Evaluation : Lab report. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://www.microbelibrary.org/Edzine/Curriculum/Collection/2008/July/Furlong/6Report_rubric.pdf
 10. EECS Department of Case Western Reserve University. (2004) . 475 Course Grade Sheet. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://drushel.cwru.edu/375/Grade_Sheet_475.pdf
 11. David Colarusso. (2007) . Science Department Lab Report Evaluation Rubric. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: <http://www.davidcolarusso.com/dropbox/1222741564.doc>
 12. The University of Arizona Department of Biochemistry and Molecular Biophysics General Biology Program for Secondary Teachers. (2002) What's Wrong with the Plants? Lab Report Student Evaluation Form. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://biology.arizona.edu/sciconn/lessons2/Loredo/lab_report_evaluation.htm
 13. EECS Department of Case Western Reserve University (2005) . Graduate Lab Reports. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: <http://www.eecs.case.edu/courses/lego375/labreports.html>
 14. North Carolina State University(2004). Lab Write improving lab reports. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://www.ncsu.edu/labwrite/lc/lc-labrepeval_selfguide.htm
 15. Utah Education Network. (2007) . Science Lab Report Rubric. Retrieved September 10, 2009 from the World Wide Web: http://www.uen.org/Rubric/rubric.cgi?rubric_id=25

A Study on How to Evaluate Students' Laboratory Reports: Generalized Rubric Matrix Construction for Grading the General Physics Laboratory Reports

Hao-Chang Lo¹ Ming-Jun Su²

¹National Taichung University of Education

²Shu-Te University

Abstract

Scientific experiment activities play an important role in science learning and lab report writing is a part of scientific experiment activities. Writing a lab report does not only present the information and data but learn science based on science writing and constructionism. This study aims at constructing a generalized rubric matrix that defines the criteria by which lab reports will be evaluated and provides different levels of performance for each criterion. Delphi method, a systematic, interactive forecasting method, was adopted. Twelve experts, seven physics educators and five science educators who teach at different university in Taiwan, were involved in this study. The statistical test of inter-judge reliability, Kendall's coefficient of concordance, was used to evaluate the extent of agreement among a set of judges each of three instructors has graded in entirety a set of sixty-one Lab reports. Finally, seventeen criteria were included in the final rubric matrix after a four-round Delphi process. The Kendall's coefficient of concordance was significant ($\omega = .930$; $P < .001$), confirming the consistency between judges. It indicated that the evaluation will be homogenous when instructors evaluate undergraduate student's general physics experiment reports using this scoring rubric.

Key words: general physics experiment, laboratory reports, rubric