

國中物理教學

評量試題模式之設計

許榮富

國立臺灣師範大學物理系

科學教學評量，旨在診斷學生學習困難之所在及其真懂的程度，以回饋於教學策略上，再依個別差異的需要，輔導學生的學習，達成學習目標的功能。

國內目前仍無法擺脫紙筆語文試卷，來評量學生了解科學的程度，本文遷就現實環境，不談此項偏失，只談在國中物理教學評量中，如何確實掌握進行可信有效的試題命題工作。

此外，為提升我國科學教育的學術研究工作，筆者茲後均擬對該題材，提出研究主題建議。

一、國民中學科學教育的目標

國中生為什麼要學科學？

這是一個最根本也是最重要的問題，不論主持國家科學教育政策者、國中科學教師、國中生、國中科學教科書編輯專家、學生家長及教育行政人員，都該再次的就這個問題着意深思，溝通並澄清國中階段的科學教育目標？平日執行的人，如何才能方向一致，同心協力地往前推進。

國中生為什麼要學科學呢？答案只有兩個，一是培養其為未來的科學家，一是培養其具有科學素養的國民。我國選擇後者，主要是取其長遠的價值，國中生若具有科學素養（science literacy），則未來的社會，能呈現理性和諧的民主氣氛⁽⁴⁾。那麼什麼是全民科學素養型的科學教育呢？

全民科學素養型的科學教育之特色是強調科學教學係以學生為中心（student-

centered)，培養其對科學概念作有意義的理解學習過程中 (meaningful understanding) 養成獨立安排實驗情境、確認變因、確實動手、細心觀察、尊重數據、收集數據、分析資料，歸納推理，形成概念。經由此類實作的科學過程，除習得獨立自學能力、尊重他人、互助合作，獲得一生長遠有價值 (long-term value) 心領意會的活用科學知識外，並能綜合運用科學精神、科學方法及科學態度於評鑑處理各種事務上，在困擾情境下，以開放 (openedness) 心智、理性心態，找出變因，掌握變因，下最好的處理決定 (the best decision-making)，以克服困境、解決問題。

二、國中物理教育的目的

一位國中學生問他的物理老師：我學物理作什麼呢？我成績不好，也當不起物理學家，為什麼要花那麼多時間來「讀」物理呢？

依據全民科學素養型的國中學科學教育目標，這個問題，可以明顯地作如下答覆：

國中生「學習」物理，在培養基礎科學能力，除能夠活用正確的物理概念外，併重形成該概念的過程訓練，透過此訓練，以養成獨立自學、推理思考及創造力等三方面的能力，換句話說，國中生物理教育併重物理概念及科學過程的學習。

三、國中物理教學化常化

為達成國中物理教育的目的，國中物理教學選定以學生為中心 (student-centered) 及科學過程為中心 (science-process-centered) 之教學策略，併重物理概念之學習及該概念形成的過程訓練，此即正常化的國中物理教學。

國中物理教師，應妥善佈置教室環境，刺激學生對物理學習的興趣，輔導學生設計實驗、操作實驗，鼓勵學生自行形成有意義理解的物理概念，並在教學過程中，運用或注意下列探究教學法之原則：

1. 善用教學媒體並將教材教法溶入物理科教學中。
2. 教師言行要能引導學生，運用操作過程去得到答案，以養成學生自學活動之習慣，故應設法使實驗與上課溶合。
3. 教師言行要能引導學生，運用實作之科學精神、正確科學方法、積極客觀之科學態度，以培養學生科學過程能力。

4. 教師言行宜採開放心態 (openness)，增多討論機會，允許學生引用其發現，作為支持其說法之證據。

5. 教師言行能引導學生設計新實驗、更新學習環境，支持學生新發現。

6. 教師言行對學生要具鼓勵性，忌用懲罰。

7. 教師宜重視發問技巧，等待學生回答問題時間不可低於五秒。

筆者在許多機會下，發現目前國中物理教學仍部份存在着如下偏失教法，其情形如下：

1. 驗證式教學策略：講課與實驗分開，先介紹物理概念，再設計實驗去證實它，全然以物理知識學習為中心。

2. 演講式教法：依教材章節而教，且未能將教材教法溶入物理科教學中，演講授課，未能使學生體會本科教學目的，師生極少研討，且評量內容偏失，使學生對學習物理，輕者沒有信心，重者懼怕。

3. 食譜式實驗教學：依照實驗步驟操作實驗，難以培養學生獨立自學能力、推理思考能力及創造力。

此種教法，顯然地過份偏向「知識成果」的教學，忽略了「知識形成」的能力培養，學生學得的是零碎科學知識，學習物理，却背誦字句，練習解題，強記解法，求得短暫應付考試之技巧，外衣裡，學生能夠演算難題，實際上，不知其物理意義，斯此教學，活用融貫重要物理概念都有問題，更遑論科學精神、科學方法、科學態度，以及獨立自學、推理思考及創造力等能力之培養了。

扭轉國中物理教學的偏失，在現實環境下，由改進入學考試及平時教學命題設計下手，誘導教師走向正確的教學方向，在現階段實為最切實可行的辦法，唯在科學教育長遠的功能上看，應視為急救性質，另該尋求治本之道。

四、國中物理教學評量試題模式

為配合國中物理教學正常化，於評量上應遵守下列五項原則⁽²⁾：

1. 科學教學評量，旨在診斷學生學習困難所在，以回饋於教學策略上，再運用各類教學媒體，配合學生個別差異促進其對科學概念之有意義的理解學習。

2. 科學教學評量應該多樣化，除紙筆語文考試外，外加非語文模式，面談模式及實作模式。

3. 科學教學評量須配合教材及課程目標，使學生學習思路一致。
4. 科學教學評量注重學生個別差異之事實，每題層次應由淺而深，依層次系列而問，形成題組形式。
5. 科學教學評量內容應着重：
 - (1) 活用的科學概念，並具統整形式的評量。
 - (2) 形成科學概念的科學過程之能力的評量。
 - (3) 具體的實驗操作技能的評量。

筆者基於這五項科學教學評量原則，就現行國中物理教科書內容，融入布魯姆⁽³⁾教學目標系統分類，配合行為目標⁽⁶⁾，運用評量理論及設計技巧⁽⁵⁾，設計成下列三個類型之評量試題模式，俾能供國中物理教師今後命題之參考。

(一) 物理概念核心型（模式 I）

題目係以主要物理概念為核心，針對整體性及概括性的理解來命題，形成統整題群，並以次概念為題幹，依行為目標層次逐漸升次序，設計每一細目，形成題組形式，以達成了解學生困難所在，及照顧個別差異之原則。筆者反對，直接引用測驗專家所談「分佈均勻」之原則，用於物理教學評量上，否則，易導致偏於記憶零碎知識的評量。

物理概念核心型（模式 I）相對應之行為目標如下：

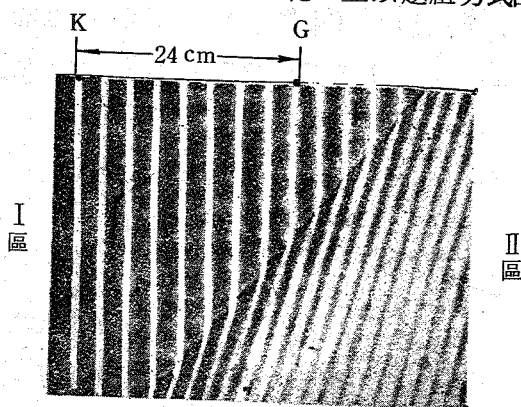
- I-110 記憶特定單一或碎瑣的知識。
- I-111 「術語」或「記號」的知識。
- I-120 記憶關於處理事物的方法的知識。
- I-125 方法的知識。
- I-130 記憶「一般」或「抽象」的知識。
- I-131 原理及法則的知識。
- I-210 翻譯之能力。
- I-211 以自己的話重述所學之知識。
- I-212 為所學知識列舉適當例證。
- I-217 能利用所給公式來計算（純代公式）。
- I-218 能將抽象觀念轉換為具體的觀察。
- I-320 原理或法則之應用能力。
- I-321 應用適當的科學術語於新的情況。

- I-322 選用適當公式以解答新的問題（比較）。
- I-323 選用適當原理或學說以解釋新的現象或情況。
- I-410 分析組成要素之能力。
 - I-411 指出整體中各個組成要素。
 - I-414 指出現象中的限制因素及其限度。
- I-420 分析各組成要素相互關係之能力。
 - I-421 指出「構造」與其「功能」間的相互關係。
 - I-422 將複雜的過程作合理的順序排列。
 - I-424 區別事實與推理。
- I-430 分析組織原理之能力。
 - I-431 指出「學說」的組織原理或構成複雜現象的基本組織原理。
- I-510 表達能力。
 - I-511 能將片斷的部分的知識綜合成為新的整體。
- I-520 規劃或建議的能力。
- I-621 判斷所得「知識」對於科學的價值或貢獻。

示範實例：

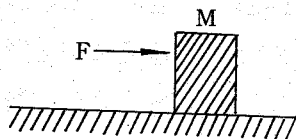
限於篇幅，無法列出每個主概念群體型，僅提出3題作為示範，並以題組方式出現：

1. 右圖為一水波槽實驗所攝得的圖形
波由I區傳入II區，且波產生器每
秒振動六次，經量得K G間的距離
為24公分，



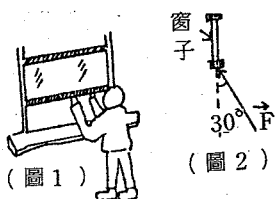
- (1) 在圖中的I區和II區分別畫出一條水波的射線。
- (2) I區內水波波速約為_____。
- (3) 水波在II區內的頻率_____。
(變大、變小或不變?)

2. 如右圖所示，一物體質量M仟克，靜止在一平滑無摩擦的平面上，受到一固定大小的水平力F牛頓作用，物體起動後歷經4秒才停止施力。



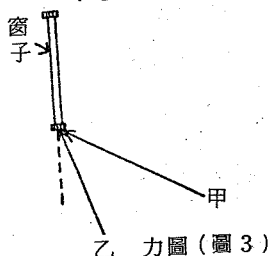
- (1) 此物體在起動經過 4 秒以後，能夠繼續運動是由於牛頓第幾定律？
- (2) 此物體在起動後 6 秒之速度大小為多少公尺／秒？
- (3) 計算對此物體在起動後第 5 秒至第 7 秒所作的功為多少？

3.



某人以 F 力的大小，沿與窗子成 30° 的夾角推舉窗子（參考圖 1 和圖 2）

- (1) 用作圖法畫出向上推的有效力（須在圖中標明有效力，與推力的夾角度數）。
- (2) 甲、乙二人分別用圖示的力推窗子（圖 3），誰用的力量大？
- (3) 窗子所受上推的力，那一個大？



統整題群試題，誘導學生作融會貫通之主概念的學習，階梯層次結構的題組型，提供診斷學生錯誤原因，藉學生答錯之層次，發現困難所在。因此，設計時宜打破固定題形限制，選擇、填充、是非、作圖及問答均可混合使用。

(二) 科學過程核心型（模式 II）

以形成物理概念的探討過程為命題的核心，亦為國中物理教學評量的重點。探討過程包括：觀察、推理、蒐集資料、分類、應用因果及時空關係、量度、研判數據、預測、控制變因、解釋數據資料、下操作型定義、形成假設及判斷實驗結論。

科學過程核心型（模式 II）相對應之行爲目標層次如下：

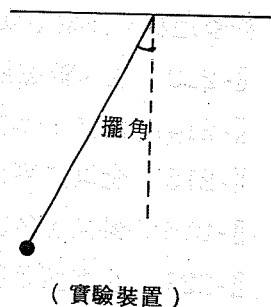
- II-213 能由數據製成圖表或圖解。
- II-214 由文字轉換為數式或記號（反之亦然）。
- II-215 能以文字或其他方式說明圖表內容。
- II-216 變換各種性質之圖表。
- II-221 由圖表發現數學關係。
- II-222 指出數據中正比或反比關係。
- II-223 解釋各項數據。
- II-224 能根據所給基準以分類。

- II-225 指出各項事物或現象間的異同點。
- II-226 指出各項事物或現象間的因果關係。
- II-231 根據所得數據資料預測其趨勢（外推）。
- II-232 根據所得數據資料預測其將來必然之結果。
- II-233 根據所得數據資料預測其結果。
- II-234 由觀察或實驗做適當的預測或結論。
- II-311 適當應用五官或儀器作定性或定量之觀察。
- II-312 為探討問題選擇適當的觀察事項。
- II-412 指出所設計實驗中之變因。
- II-413 指出所設計實驗中之「假設」部分。
- II-423 為解釋實驗結果、區別或判斷數據之可靠性。
- II-531 根據所觀察之事實建立適當的假設。
- II-610 根據內在證實之評鑑。
- II-611 判斷實驗結論是否有充分的數據支持。
- II-620 根據外在基準（價值）之評鑑。

示範實例：

1. 某生研究單擺擺動，他認為擺動週期可能與「擺角的大小」、「擺長」及「擺錘質量」三個因素有關。他測量得資料如下表。

表 一 擺長 25 公分，擺角 10°	
擺錘質量（公克）	擺動 10 次時間
50	10.1 秒
60	9.8 秒
70	10.1 秒
80	10.0 秒
90	10.2 秒
100	10.0 秒



- (1) 在取得上表資料時，他控制的變因是_____。
- (2) 在取得上表資料時，他操縱的變因是_____。

(3) 請將資料整理入方格紙中。(見答案卷附圖Ⅱ)

(4) 由擺錘質量與擺動時間在方格紙上所顯示的關係，可判斷兩者_____。
(成正比，成反比，無關)

2. 質量 1 公斤的物體，在平面上沿一直線滑動，測得其位置變動的情形如下表：

時 間 (秒)	0	1	2	3	4	5...
位 置 (公尺)	0	0.38	0.72	1.02	1.25	

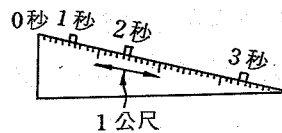
(1) 求運動過程中，時間間隔 1 秒之平均速度，並繪入答案卷之圖表中。

(2) 由圖判斷加速度大小為：_____

(3) 物體在滑動時，受多少摩擦力？_____

(4) 若運動時，所受摩擦力都相同，經過多久，物體停止不動？

3. 一小物體由斜面靜止下滑，測得下滑的時間與位置如圖及表：



(1) 1 至 2 秒間，物體運動的平均速度為多少公尺/秒？

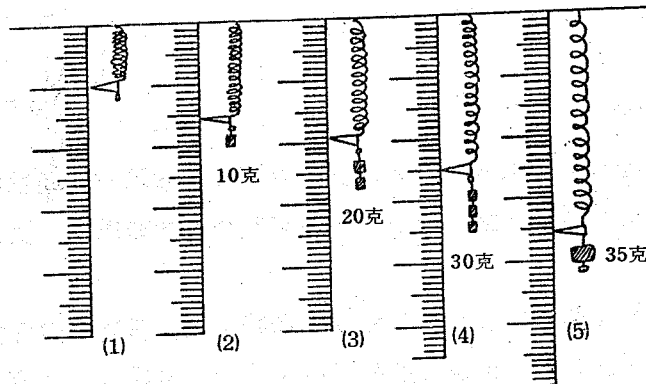
(2) 根據加速度的定義，以 1 至 2 秒間和 2 至 3 秒間的平均速度，求出平均加速度的大小為多少公尺/秒²？

時 間	0	1 秒	2 秒	3 秒
斜面上位置	0	0.4 公尺	1.6 公尺	3.6 公尺...

(3) 若小物體為 0.005 公斤，小物體在斜面上受力大小為多少牛頓？

(4) 3 秒末的瞬時速度為多少公尺/秒？

4.



在一鉛直懸掛的彈簧下面依次懸掛質量 10 克、20 克、30 克、35 克的砝碼，結果如上圖所示

(6 分)(1) 將彈簧長度與砝碼重列表記錄下來

(5 分)(2) 在方格紙上畫出彈簧受力和彈簧伸長長度的關係圖

(5 分)(3) 將質量為 35 克的砝碼取下後，彈簧會不會恢復到原來的長度？

為什麼？

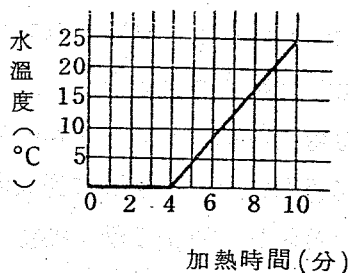
5. 將 10 克 0°C 之冰塊放入一小杯內緩緩

加熱，所得的資料繪成右圖：

(1) 加熱 10 分鐘，小杯內水的溫度是
() $^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 水的比熱是 1 卡 / 克 $^{\circ}\text{C}$ ，熔化熱
80 卡 / 克，從開始加熱歷經 4 分鐘
，有多少熱傳入杯內？() 卡

(3) 加熱 4 分鐘至 10 分鐘間，有多少熱
傳入杯內？() 卡

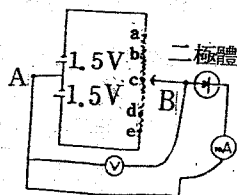


6. 某生取一個二極體，根據下圖的電路，測得下列數據：

電壓 (V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
電流 (mA)	0	0	0	0	0	0	0	20	50	120	300

上表中的最後一組數據 (電壓 1.0V，
電流 300 mA) 可能是 B 點箭頭指在那
一點時所測得的結果？(C 點是可變電
阻器的中點)

(1) a (2) b (3) d (4) e



科學過程核心型的評量模式，旨在診斷學生了解並熟用科學過程的能力，發現其形成物理概念中，失落或困難之處，誘導學生併重物理概念的學習，及形成該概念的過程訓練。

科學過程核心型的題目，宜針對實驗探討過程，循上所列行為目標細節細心設計，避免掉入乾實驗學習之評量，誤導教師在黑板上分析實驗過程，培養虛假科學過程能力，造成學生除原有科學概念型艱難計算題演練外，還須演練科學過程型副作用。

(三) 實作技能核心型（模式Ⅲ）

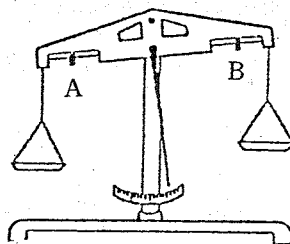
國中學生物理的學習既以實作為基礎，實驗操作的能力，即應列於評量重點之一。實驗操作技能應包括感應器官上的技術領悟、學習目標情境上的定向、嚐試錯誤、正確的實作、熟練的操作及融會貫通後的創作。

實作技能核心型（模式Ⅲ）相對應之行爲目標層次如下：

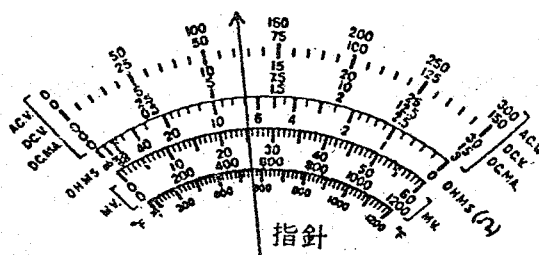
- Ⅲ-131 原理及法則的知識。
- Ⅲ-218 能將抽象觀念轉換為具體的觀察。
- Ⅲ-311 適當應用五官或儀器作定性或定量之觀察。
- Ⅲ-312 為探討問題，選擇適當的觀察事項。
- Ⅲ-313 為進行實驗，選用適當的科學技術。
- Ⅲ-422 將複雜的過程，作合理的順序排列。
- Ⅲ-521 能設計實驗，以驗證假設。

示範實例：

1. 如右圖，等臂天平未放任何物體時，指針偏向右方，今欲調整歸零，應將：①螺帽A固定，螺帽B向左旋入②螺帽A固定，螺帽B向右旋出③螺帽B固定，螺帽A向左旋出④螺帽B旋入，螺帽A向左旋出。

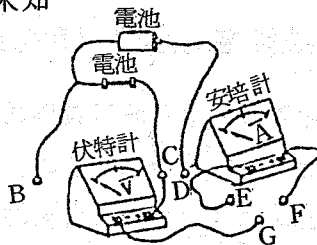


2. 下圖為三用電錶圖，當選擇開關旋轉至 $R \times 10$ 檔上，由圖上指針所指的電阻大小應為（ ）歐姆。

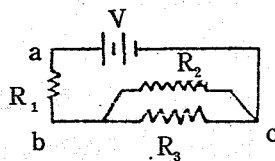


3. 我們想用一只安培計和一只伏特計來測定一未知電阻的值，試完成右圖之線路。

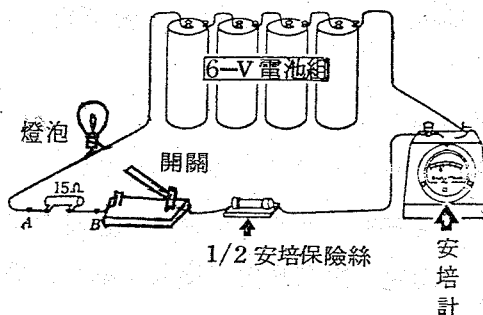
- (1) D點應接在()點。
- (2) B點應接在()點。
- (3) E點應接在()點。



4. 有一線路如右圖， R_1 R_2 R_3 為電阻器， V 為電池提供的電壓，今有伏特計 $^+ \text{V} ^-$ 及電流計 $^+ \text{A} ^-$ ，請回答下列兩個問題：



- (1) 要測 R_2 兩端的電位差，繪圖表示伏特計安裝方法，並註明正負端
 - (2) 要測流經 R_2 的電流大小，繪圖表示電流計安裝方法，並註明正負端
5. 右圖為電路之實際裝置圖，試問：
- (1) 以線路符號，畫出其相對應的線路圖。
 - (2) 通路時，電流方向為_____。
(以 $A \rightarrow B$ 或 $B \rightarrow A$ 表示之)



實作技能核心型模式的命題，宜刻意針對實驗儀器，操作細節，操作中可能面臨之困難及解決方法來設計題目，應該作到學生不親自操作實驗無法完全作答之評量，促成學生實作之教學策略。

五、評量後的輔導

好的命題設計，必然能夠顯示學生真正理解程度並診斷其困難所在。教師此時，應針對其困難層次，作對應的輔導，對反應完全符合行為目標者，提供其稍高層次自學媒體或引導其進行另一個主概念之學習，對反應大致符合行為目標者，提供自我修正或補充之資料，對反應落後行為目標者，提供適切輔助措施，以達成學習目標。

顯然地，在國中物理教學中之月考、期考的評量，除試卷設計不能偏失外，評量之

後的輔導更是重要，配合學生個別差異的需求，發展全套自學媒體更是迫在眉睫。

六、結 語

命題設計能力已是科學教師必備條件之一，時下，中央與地方教育機構，陸陸續續舉辦命題範例研習活動，配合各科教學目標，實作命題，期盼導正各科教學正常化，達成培育具有科學素養之國民的科學教育目標，並於多次場合，強烈暗示，今後入學考試命題設計與此雷同，聯招會邀請專家及國中教師入闢擔任命題指導及備詢任務，決心剷除升學壓力對理科教學的負面影響，在此誘因下，國中物理教師更需精通命題設計了。

顯然地，今日科學評量試題，逐漸步入品質管制階段，一人命題，或難達此水準，或極辛勞，解決之道，只能同校物理教師分工合作，共同出題，以減輕負擔，提昇品質，為此，筆者特別設計「命題計畫表」及「試題分析表」以供使用。

本文的試題模式設計，融合國中物理教材與行為目標於一體，作統整設計，較易把握命題方向與要領⁽¹⁾，期盼國中物理教師多予體會揣摩，以提升國中物理教育之品質。

附：學術研究建議

針對我國國民中學，班級人數龐大，且使用同一本物理教科書之實情下，仍要注重個別輔導，鼓勵學生藉自學，以發揮個人潛能，獲得最大成就，下列四個與評量相關主題，可供科學教育學術研究：

國中物理命題計畫表

教 材 單 元												題 數	備 註
類 形 模 式 層 次	行 爲 目 標	測 驗 題					非 測 驗 題						
		100	200	300	400	500	100	200	300	400	500		

說明：模式Ⅰ：科學概念核心型 模式Ⅱ：科學過程核心型 模式Ⅲ：實作技能核心型

國中物理科試題分析表（選擇題）

行為目標：			編號：	
			設計人：	
			層次：	
			模式：	
題目內容：				
命題說明與試題分析：				
選目	人數		命題說明	
A	H			
	L			
B	H			
	L			
C	H			
	L			
D	H			
	L			
難度指數：				
區別指數：				
檢討評論：				

國中物理科試題分析表（非測驗題）

行為目標：	設計人：	編號：
	層 次	模 式
	1.	1.(I)(II)(III)
	2.	2.(I)(II)(III)
	3.	3.(I)(II)(III)
題目內容：		
命題說明：		
診斷分析：		(%)配分
評量結果分析：		
檢討評論：		

1. 科學教學評量模式研究。

紙筆語文測驗很難或無法測得部份科學過程及實作操作能力，科學教學評量必須多樣化，增多非語文模式。

面談模式或實作模式，每類模式之功能、優缺點及其分配比例，皆為科學教育研究題材。

2. 全套自學媒體設計之研究。

診斷出學生學習困難所在，就需開出處方並給藥，顯然地，國內尚未發展這類藥劑，全套自學媒體設計之研究，勢在必行。

3. 科學過程之評量研究。

科學教學評量，很難評鑑科學過程之能力，因此此項研究工作值得進行。

4. 學生回答物理科試題思考方法的研究。

藉學生回答問題之思考過程，可以判定是否具有有意義之學習，是否真懂。

參考資料

1. 毛松霖 物理教學評量與命題設計。師大科學教育中心發行，民國六十八年。
2. 許榮富 明日的科學教育。幼獅文化事業公司印行，民國七十三年。
3. Bloom, B.S., et al., *Taxonomy of educational objectives: Cognitive domain*. N. Y.: David McKay Company, Inc., 1956
4. Bybee, R.W. Citizenship and science education. *Science Education*, 1982, 44(6), 337-345.
5. Gronlund, N.E. *Construction Achievement tests* (3rd Ed.). N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1982
6. Mager, R.F. *Preparing instructional objectives*. San Francisco: Fearon Publishers, 1962