



# PISA 科學素養評量 手冊

前 言 PISA 與科學素養	
張惠博 校長	
林陳涌 教授	----- i
第一章 PISA 理念介紹	
李 暉 教授	----- P 1~P 7
第二章 PISA 科學素養指標	
李 暉 教授	----- P 8~P13
第三章 PISA 題型介紹	
李 暉 教授	----- P 14~P17
第四章 PISA 命題原則	
李 暉 教授	----- P 18~P30
第五章 PISA 評分與詮釋	
李 暉 教授	----- P31~P33
第六章 PISA 試題範例	
李 暉 教授	----- P34~P55
第七章 PISA 試題	
PISA 種子教師	
S01 海平面上升與地層下陷	----- P57~P72
S02 食物的選擇	----- P73~P82
S03 後像的特性與應用	----- P83~P92
S04 腳踏車	----- P93~P98
S05 你對輻射”單位”了解多少	----- P99~P106
S06 粉塵爆炸	----- P107~P116
S07 戴奧辛問題	----- P117~P130
S08 太陽能發電	----- P131~P138

S09 胡椒蛾	P139~P146
S10 曬鹽	P147~P154
S11 核能發電	P155~P160
S12 海嘯	P161~P166
S13 放射性碘	P167~P170
S14 水中的吸管	P171~P180
S15 塑化劑	P181~P190
S16 筆筒樹的浩劫	P191~P198
S17 暖氣蜂	P199~P206
S18 亂石崩雲，驚濤駭浪	P207~P220
S19 益生菌，真的有益嗎？	P221~P228
S20 那個先來？蛋或是雞？	P229~P236
S21 點屎成金？	P237~P246
S22 竹筴與食物的漂白	P247~P260
S23 愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長	P261~P276
S24 再生輪胎	P277~P288
S25 山崩災害	P289~P300

第八章 PISA 試題設計心得	
PISA 種子教師	P301~P323

附錄 本手冊貢獻者	P325~P328
-----------	-----------



## 前言-- PISA 與科學素養

TIMSS、PISA 與 PIRLS 是我國參與國際學生學習成就調查比較著名的例子。TIMSS 的內容是數學與自然科，一般我們學生的表現均屬名列前茅；PISA 的內容除了數理外還有閱讀理解，我們學生在數理方面表現不錯，但在閱讀理解就不盡理想；PIRLS 的內容只有閱讀理解，我們的學生表現僅是差強人意。除了內容的差異外，TIMSS 比較接近成就測驗，依照共同課綱命題，題型較接近我們台灣學生熟悉的簡短精確；而 PISA 與 PIRLS 強調的是素養的測驗，題型採用情境題，在題目中提供較多的資訊，供學生判斷與推理。

強調素養的測驗不只是變更測驗題型而已，而是強調一個不同的教育理念，也就是一個探討教育目標應該是什麼的議題。TIMSS 測驗可以說是在檢測一個封閉性教育系統的成果，檢測學生對預先存在課綱的學習成果。而素養的測驗，是在檢測學生在一個開放性系統的表現，運用已經習得的知能在情境中經由推理分析統整來表現。兩者應該都是教育目標的一部分，但是，長久以來台灣教育受制於升學考試，大幅偏重 TIMSS 模式而忽略 PISA 模式，這就是為什麼近年來科教教育社群一再呼籲必須重視 PISA 調查所帶來的意義。

教育部與國科會鑑於我國學生在 2009 年 PISA 的表現，希望能在中學數理教學中引入 PISA 的理念，故邀請數理教育社群發展台灣版的 PISA 題目，俾作為未來推廣之用，遂結合國內科學教育專家與優秀中小學教師一起發展 PISA 題目，在發展過程逐漸體認 PISA 的理念，然後將理念轉化成情境題目。過程中，成員深深感受到 PISA 理念的重要性，與題目發展的複雜度與困難度。謹以彙整所得的第一手在地的題目拋磚引玉，冀望科學教育社群能再接再厲，深化 PISA 的理念並落實在各國中小學，他日能蔚為甜蜜的果實。

國立彰化師範大學校長

張惠博

國立臺灣師範大學教授

林陳涌

2011.11.18



# 第一章 PISA 理念介紹

## 一、PISA 簡介

國際學生評量計畫（The Programme for International Student Assessment，簡稱PISA）是由經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development，簡稱OECD）所委託的評量計畫。PISA測驗所評量的是十五歲學生分別在閱讀、數學、科學領域的素養能力，目的在於了解這些即將完成義務教育的學生是否已經準備妥當成為具有良好素養且能積極貢獻社會的良好公民。與其他大型國際測驗之目的（例如TIMMS之目的在於瞭解學生學習成就）有所不同。PISA測驗的主要內涵並不在於鑑別學生是否有效地記憶已知的學科知識，而在於評量他們是否能夠把這些知識有效地應用，並且從不同角度分析與解決問題，應用於進入社會後所面臨的各種情境及挑戰。

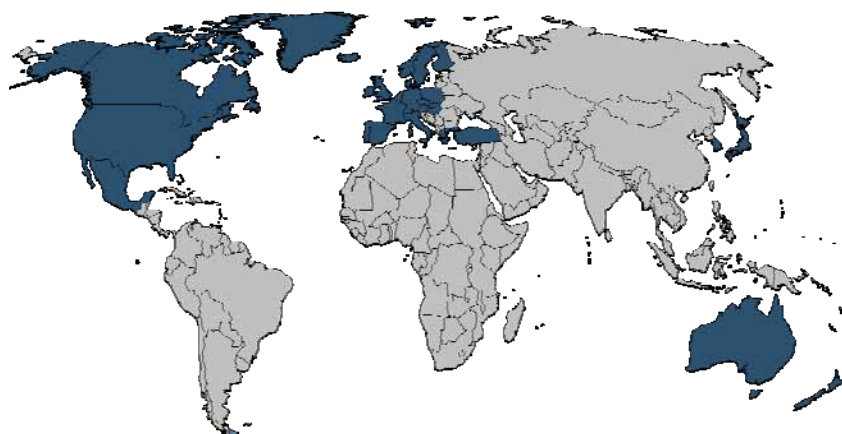


圖1-1 OECD會員國

### （一）PISA的宗旨（本段引自PISA國家研究中心[http://pisa.nutn.edu.tw/pisa\\_tw\\_02.htm](http://pisa.nutn.edu.tw/pisa_tw_02.htm)）

PISA研究的宗旨是針對十五歲學生，生活知能的學習成效提供跨國際的比較，以及各國教育效能的分析，並由此界定國民素養的內涵。PISA評量計劃為檢視學校教育結構如何影響教育產出的品質和均等，而關於教育均等議題的探討，主要聚焦在社會經濟背景指標所能解釋的變異比率。亦即國家內公私立學校、城鄉間、各族群（種族，移民類別）間，教育品質和受教育的機會是否公平均等。

PISA為了檢測性別間與不同社經背景間的表現差異，在學校環境的影響下，學校的投入轉化為學生的表現成效。透過教育的過程以及學生的學習動機，對自己的學習策略和信念，家庭和學校的投入等，這些因素彼此如何相互影響及其對政策發展的影響。

PISA測驗採取素養（literacy）的觀點設計，試題在於鑑別十五歲的學生分

別在閱讀、數學及科學三方面的素養。這三種素養不僅是學校課程的核心，也是成人社會所需具備的重要知能。試題呈現的方式有別於一般學校的考題，著重「情境化」及「生活化」，並不限於課程內容，受測學生須先把資訊理解並將統整、評鑑、省思能力靈活運用，自行建構問題情境的答案。而評量的焦點是在於年輕人能否使用習得知識技能，面對真實世界的挑戰而非僅是學校課程的精熟程度。

## （二）PISA的過去與未來

PISA國際評量計畫每三年舉行一次，第一次調查是在2000年，共有43國參與；第二次調查是在2003年，參與國家數為41國；第三次調查於2006年舉行，共有57國參加；第四次調查於2009年舉行，共有68國參加，臺灣開始參與於PISA 2006調查計畫，目前已參與二次，正在進行的是PISA 2012。每次調查，各國通常會有4,500至10,000名學生接受施測調查。

PISA每次評量會從數學、科學及閱讀三個領域中選定一個主要領域，賦予較多的重要性（略多於全部施測時間的二分之一），另外二個次領域的評量題數，相較之下不若主領域深入、廣泛。PISA 2000的主要領域為閱讀，2003為數學，2006為科學，2009的主要領域又回到閱讀，2012將輪到數學，依次類推。目前有日漸增加的非OECD會員國（稱為夥伴國家）加入此一計畫合作進行，顯示其評鑑結果日漸受到國際之重視。

## （三）PISA測驗的執行

PISA的測驗內容乃由參與國家所組成的國際學科專家協會共同協定制訂，協會的成員包括：澳洲教育研究議會（Australian Council for Educational Research）、荷蘭教育測量學院（Netherlands National Institute for Educational Measurement）、美國教育測試服務中心（Educational Testing Service, USA）、日本國家教育研究學院（National Institute for Educational Research, Japan）及美國的Westat。在臺灣，是由教育部與國科會統籌規劃，首次參與的PISA 2006由國立花蓮教育大學科學教育中心主辦，而PISA 2009及PISA 2012則由台南大學執行。其中包含閱讀、數學、科學三個學科專家委員會，分別負責審核閱讀、數學及科學的評量內容，以確保評估的效度與適切性。

## （四）臺灣參加PISA計畫對國家教育的意義

自從西元2000年開始進行PISA計畫以來，這個比較性調查的結果，紛紛成為各國教育政策制訂時的重要參考依據，調查的結果似乎顯示著這批即將成人的各國準公民，到底是誰準備好登上全球的競爭舞台。究竟學生們在完成基礎教育的階段，是否具備基礎的能力，能夠繼續在人生中不斷學習，理性地分析問題及有效地表達意見解決問題呢？學生們是否已掌握了所需的知識及能力，面對未來世界的挑戰？

對臺灣而言，參與PISA計畫對國家教育是深具意義的。研究結果可以讓教育工作者了解學校的效能，讓教學改革者鑒察教育改革的成效，並能夠檢討我國

的基礎教育效能是否達至國際水平。並且，在透過了解各國的教育方向與步伐，教育決策者可以因應全球發展制定適宜的政策，以適應新世紀的變化。研究結果也將提供有效的指標來了解在我國的教育制度之下，學校能否提供優質而均等的教育經驗給不同階層的學童，以及教育工作者和家長的努力將如何地影響學生的表現。

## 二、受測學生之取樣方式與過程

PISA評量的施測工作，每次皆在正式施測前一年舉行預試（Field Trial），並於隔年正式實測（Main Study）。預試工作旨在讓國家評量中心熟稔隔年實測之相關事務。以下以PISA 2006為例分別說明施測的取樣方式與過程。

### （一）取樣概況

PISA實測的對象含括全國滿十五歲的在學學生。PISA 2006之母群為出生於1990年1月1日～1990年12月31日之在學學生。依據教育部統計處的資料顯示，臺灣地區符合受測資格的全國滿十五歲的人口數為334,391人。在這些人口當中，首先排除豁免測試的學生（如華僑學校、美國學校、啟智學校等），以及沒有在學（就業或補習）的學生數。排除上述考量之十五歲在學學生總數值，需再經由PISA的ACER與Westat二個組織確認審查無誤後，臺灣評量中心即依符合資格之學校分區及分學制列出符合資格之學生。

### （二）取樣過程

為確保施測品質，取樣須遵守下列六項關鍵程序：

- 依定義確認學生母群。
- 依符合資格之學生，列出學校（或機構）名單。
- 自名單中抽取學校樣本。
- 自學校樣本中找出合格的學生母群。
- 自每一抽中學校中再抽出所需之學生樣本（每校40人）
- 保留取樣過程之文件，並據以計算取樣和調查操作之有效性。

取樣要求包括：

- 提供全國十五歲在學學生名單及出生年月日
- 提供所有學校名單、類型及所在地區
- 所有偏遠小校皆應考慮在內
- 說明排除被選取學校之學生數及理由
- 至少150校，4500名學生

採分層叢集取樣（使用KeyQuest系統），分北市、高市及北、中、南、東共六區，並按學校類型（高中、高職、五專、國中、...）依母群比例隨機抽取。共取236校（應測人數為 $236 \times 40 = 9,440$ ），實際取得樣本8,815人（女4,193，男4,622），

到考率為 93.4%。其中包括：高中3,642名、高職2,069名、國中2,353名、五專149名、建教合作班71名、實用技能班191名、進修學校340名。

### 三、施測試題

PISA 自2000 年起每三年進行一次評量，而PISA 2006 為第三次評核週期。內容涵蓋「數學」、「科學」、「閱讀」的基礎能力測驗，PISA 2006評量重點為科學。提供學生受測的試題本共計有十三種版本。以下簡要說明不同版本之試題組合，及不同領域之題型舉例。

#### (一) 試題組合

PISA 2006實測的試題本共計有十三個版本，以七個「科學」群組 (cluster)、四個「數學」群組、二個「閱讀」群組進行組合，每個題本均含四個群組。評量中心在抽選受測學生作業時，Keyquest資料庫軟體也同步地排訂每位學生所須受測的試題本。各試題本之群組組合如表1-1所示。其中「S」代表科學素養試題；「M」代表數學素養試題；「R」代表閱讀素養試題。阿拉伯數字代表群組序號。

表1-1 試題本之群組組合情形

題本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
群組	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	M1	M2	M3	M4	R1	R2
	S2	S3	S4	M3	S6	R2	R1	M2	S1	M4	S5	M1	S7
	S4	M3	M4	S5	S7	R1	M2	S2	S3	S6	R2	S1	M1
	S7	R1	M1	M2	S3	S4	M4	S6	R2	S1	S2	S5	M3

#### (二) 試題涵蓋領域

PISA評量相較於其它的評量較為複雜，此評量並非只讓學生僅選擇單一答案（是非題、選擇題），而採用大量的開放式問答題測驗出學生們應用及分析問題的能力，主要目的為瞭解個人參與社會活動的能力。施測試題的涵蓋領域包含有「科學」、「數學」、「閱讀」，以下是它們分別所涵蓋的內容。

##### 1. 閱讀素養評量

在閱讀素養評量中，試題的方向要求學生要能閱讀不同種類文章。包括小說信件、工作申請表格、公眾議題等，透過敘述、立論、機關公告、曲線圖、表格、媒體廣告等方式，引導受試者分析、詮釋、或進一步的評鑑、反思文章內容。

##### 2. 數學素養評量

數學素養的評量著重在推理、論證、建模、表徵、解題等能力之運用。將問題置於一個脈絡或情境之中，要求學生活用數學知識概念的理解配合上述能力之運用，組織建構解決問題的方法。難度較高的試題，通常需要較高程度的反思、創意、與論證。



### 3. 科學素養評量

科學素養的評量，在學科部份包括物理、化學、生物及地球科學。試題類型可以分成三大類：（1）形成科學議題（Identify science issues）：要求學生從所提供的資訊之中，擬訂可以透過科學方法解決的研究問題；（2）解釋科學現象（Explain phenomena scientifically）：針對日常生活中常見的現象，如石雕受酸雨侵蝕，解釋其發生的原因；（3）科學舉證（Use scientific evidences）：利用科學證據來支持本身的主張或論點。此外，PISA 也收集學生家庭環境與學校背景資料，以及各種有關學校的背景資料及其所提供的教育內容。這些資訊與學生在閱讀、數學及科學素養表現有所關連，有助於進一步研究作為教育政策之參考。

## 四、問卷主要內容

PISA 2006除了評量十五歲學生的科學素養、數學素養、閱讀素養之外，另有二份問卷是為了進一步了解受測學校及學生的特質。問卷的類型總共分為「學校問卷」以及「學生問卷」。問卷主要的目的是尋找影響學生的學習成就和社會、文化、經濟及教育等層面的關聯性，為教育政策的決策提供依據。問卷中變數的內容和數量的選擇經過國際專家、OECD 和國家評量中心嚴格討論和試測，保證問卷的相關性和有效性。以下是學校問卷及學生問卷說明及舉例。

### （一）學校問卷

學校問卷主要是由受測學校的校長或是教務主任負責填寫，完成問卷所須的時間約為三十分鐘。PISA 學校問卷包括了「學校結構組織」、「教職員」、「學校的資源」、「績效責任以及招生方式」、「科學與環保」、「職業與升學」等六大項。PISA 的學校問卷能釐清各受測學校的教育資源，辦學方向等影響施教層面之重要因素，問卷結果也將有助於學生測驗結果之解釋。例如，資源之分配對同一個國家的不同學校或是不同國家的學生成就有何影響？

### （二）學生問卷

PISA 2006學生問卷於試題本測驗結束後進行，交由各受測學生填寫，學生們有約三十五分鐘的時間作答。問卷內容的設計在於瞭解學生們「個人與家庭的狀況」、「對於各種科學相關議題的觀點」、「環保議題」、「就業傾向與科學」、「學習時間」、「科學的教學與學習情形」，結果將有助於學生測驗結果之解釋。

## 五、施測期程與過程

### （一）施測期程的排訂

2006年實測擇於民國2006/4/15~5/15進行。透過執行團隊約聘的十三名施測人員於一個月的時間將全臺灣地區受測學校施測完畢。為了求取公平起見，除因月考、校慶、天災等因素，所有受測各校之受測期程皆由評量中心隨選排訂。

## (二) 施測過程

### 1. 施測流程

根據PISA準則，完整之施測流程必須費時3小時30分鐘。其中包含(1)測驗說明、(2)試題本施測、(3)問卷施測、(4)休息時間、(5)施測資料分發與收集。標準之施測時程如下：

- 施測資料分發 5分鐘
- 測驗說明 20分鐘
- 試題本施測（第一階段）60分鐘
- 休息時間 10分鐘
- 試題本施測（第二階段）60分鐘
- 休息時間 15分鐘
- 問卷施測 35分鐘
- 施測資料收集 5分鐘

### 2. 施測現場

以PISA 2006為例，各受測學校均配合良好，無重大違規事項。部分學校以記嘉獎的方式鼓勵同學出席，也加派人手幫忙監試。試題本的作答，大部分的同學幾乎在第二階段的前30分鐘以內可以完成；問卷也多在半小時以內可以完成，因此並無時間不夠的問題。由於PISA的受測時間與各校上下課時間不同，因此在試場方面，大部分的學校均使用較大的會議室或閱覽室，以避免受到其他教室的干擾。

## 六、閱卷評分實施方式與過程

PISA測驗題目的形式包括「是非選擇題」、「封閉式問答題」（短答題）、「開放式問答題」、「態度選項」，其中「是非選擇題」、「態度選項」由電腦閱卷，所有的「封閉式問答題」（短答題）、「開放式問答題」則必須進行人工評卷。

以PISA 2006為例，閱卷團隊總共20位閱卷人員，當中包含16位數學、科學閱卷者，4位閱讀閱卷者。整體工作共費時六週。閱卷者之招募、訓練、實作等所有閱卷工作皆遵照PISA頒佈之閱卷手冊進行。

### (一) 閱卷者的招募

閱卷之人數依照National Project Manager手冊之設計，總共招募了20位閱卷者。其中16位閱卷者負責數學與科學之閱卷，4位閱卷者負責閱讀之閱卷。除此之外也招募了4位備位閱卷者，以確保整體閱卷工作能按照排程如期完成。在20位閱卷者當中擇優同時設立了4位Table leader，所有的評卷結果皆需通過Table leader之檢閱，以確保整體閱卷之精確度。

為了確保閱卷之信度，PISA規定閱卷者必須具備以下之資格：

- (1) 充分瞭解目前高中一年級之自然科學領域學科內容。
- (2) 瞭解十五歲學生如何表達。
- (3) 可以全程參與。

根據大會所頒佈之閱卷準則，評量中心招募六位科學教育研究所研究生，十位自然教育系應屆畢業生作為科學與數學試題之閱卷人員，全部之閱卷者都具有理工背景。而閱讀的閱卷人員則由具有教育背景之四位研究生擔任。

## (二) 閱卷訓練

所有的閱卷工作必須於六週之內進行完畢。為求閱卷之品質，大會規定每位閱卷者之每日閱卷時間不得超過六小時，且每連續三小時必須擁有充分的休息時間。為求結果之精準，PISA要求在正式閱卷之前，必須使用PISA所設計之手冊進行訓練。在訓練的過程當中，所有閱卷者必須：(1) 回答所有待閱題目、(2) 獨自進行評卷工作、(3) 評卷結果需通過Table leader 之檢閱，這些環節皆在於提高每位閱卷者之評分精確度。同時大會規定，訓練時間必須佔整體閱卷時間之10%，因此評量中心排訂了二日半的工作天進行人員的訓練。

## (三) 閱卷形式

閱卷之型態分為單閱 (single coding) 與複閱 (multiple coding)。受測之題本總計有十三種版本，所有的題本首先全部進行單閱。而在十三種版本當中，其中六種版本，在進行完單閱之後需要各抽出一百本題本由四位table leader進行分別的獨立評閱，以增進結果之一致信度。

在閱卷工作當中，所有閱卷者皆需遵守保密協定，不可帶離題本評閱區。所有的題本也以batch (堆) 為單位進行評閱，每人每次只取一堆進行評閱，閱畢歸回原位。任何的評卷問題，皆不可私下交換意見，只能和Table leader 或負責教授討論。

## (四) 給分標準

在PISA 測驗題目當中的「是非選擇題」、「態度選項」由電腦閱卷，而所有的「封閉式問答題」(短答題)、「開放式問答題」則必須進行人工評卷。在試題本當中所有問答題之右上方當中，皆編有評分代碼。評卷者需根據學生答題的得分狀況，圈選出對照的代碼。

PISA 測驗的給分標準主要分為四級，包含「滿分」、「部分得分」、「零分」、「沒有作答」。由於閱卷者的評分即是將該生當題之得分對應碼直接以筆清楚圈選而出，因此PISA的閱卷工作稱為Coding，閱卷者稱為Coder。閱卷標準依PISA執行處發給的閱卷指引 (coding guide) 評閱 (詳見第六章試題範例)。

## 第二章 PISA 科學素養指標

PISA 2006是OECD第一次以科學為主的評量，因此學生在PISA 2006的科學表現將成為未來PISA科學評量比較的基準點；也因為如此，以下關於PISA科學素養之架構指標皆以PISA 2006為說明依據。

與眾多傳統的學生科學表現評量比起來，PISA 並不侷限測量學生科學概念的精熟程度。PISA 2006 強調學生在三個向度上的潛能 (capacity)：形成科學議題 (identify scientific issues)、解釋科學現象 (explain phenomena scientifically)、以及當面臨和科學/技學相關的社會議題時，懂得使用科學證據支持主張、解決問題、或下合理決定 (use scientific evidence as they encounter, interpret, solve and make decisions in life situations involving science and technology) (簡稱科學舉證)。這三個向度充分反應了現代社會工作對人力素質的要求。以下分別介紹PISA 2006 之「科學素養架構」與「科學評量理論架構」。

### 一、PISA 2006 科學素養架構

針對每個 PISA 的主題領域，都擬定有一個評鑑架構，以符合 OECD PISA 管理委員會 (PISA Governing Board, PGB) 的要求。該架構定義領域，描述評量範圍，具體說明測驗結構，並概述報告結果的可能性。

2002 年底 OECD 邀請各國的專家參與一個科學論壇，作為第一步的準備、修訂和擴大 PISA 2006 的科學架構。該論壇成立了一個工作小組，並起草了一份架構草案供第二次科學論壇審查。隨後 2003 年 3 月由 PGB 進一步將草案產出。在 PGB 會議之後，設立了科學架構擴展委員會 (Science Framework Expansion Committee)，以繼續發展該框架，直到滿足 PISA 2006 年的合約要求。該委員會和論壇與工作小組一樣，由著名的科學教育學者 Rodger Bybee 所領導，他隨後並擔任 PISA 2006 的科學專家小組 (SEG) 的主持人。

科學架構在 2003 年提交給專家委員會 (consortium)，以求在領域的定義和組織方面會有較佳的發展 (尤其是情境、能力和知識的討論)。在其後的十個月中，經由科學專家小組 (SEG)、試題發展人員，以及在國家中心和科學論壇的諮議下，專家委員會 (consortium) 進一步發展架構，並於 2004 年 8 月將草案的最終版本提交 OECD。隨後根據 2005 年的預試，進行了一些修改，並於 2006 年初與整套例題一併公開。所有 PISA 2006 的三個領域架構出版在 OECD (2006)。

PISA 2006 並定義科學素養 (scientific literacy) 為：一個人...

- 當面臨科學相關議題時，能夠使用科學知識 (scientific knowledge) 去發現問題、形成新知識、解釋現象、並得到有事實根據 (evidence-based) 的結論。例如：一個人閱讀一則跟健康有關的訊息時，這個人是否能區別訊息中科學的成份與非科學的成份？或者他能否利用科學知識支持自己的決定？

- 能夠明瞭科學是人類經由探究所形成的知識。例如：學生是否明白有事實根據的解釋跟個人的主觀意見是不同的？
- 能夠察覺科學和技學深深的影響我們周遭物質的（material）、符號的（intellectual）以及文化的（cultural）環境。例如：一個人是否明白並能說明科技對國家經濟、社會機構和文化的影響？和一個人是否明白環境的變遷對社會穩定和經濟發展的影響？
- 願意以公民的身份參與和科學相關的社會議題或科學想法（ideas of science）。本向度強調學生是否重視科學？包括學生是否關心科學議題以及能否使用科學方法去了解這個世界或解決問題？能記憶與複述科學知識並不代表一個學生會選擇科學相關的行業或參與和科學相關的社會議題，因此了解 15 歲的學生對科學的興趣、是否喜歡科學探究、是否自覺對環保議題有責任等都是一個未來公民是否支持科學活動很好的指標。

## 二、PISA 2006 的科學評量理論架構

PISA 2006 根據以下四個相互關連的向度定義了科學素養，也根據這四個向度發展了它的評量工作（tasks）與題目（questions）：（a）與生活相關的情境（context）、（b）學生必須具備的能力（competencies）（簡稱科學能力素養）、（c）相關的科學知識（knowledge）（簡稱科學知識素養）、以及（d）學生的態度（attitudes）（簡稱科學態度素養）（請參見圖 2-1）。我們稱上述發展出來的四個向度為科學評量的理論架構（framework）。

### （一）情境（context）

為了符合 PISA 要評量學生是否適應未來的生活，PISA 2006 的試題包含了廣泛的、與科技相關的生活情境（life situations）；同時，這些情境又可分為個人的、社會的和全球三個項目。請參考圖 2-2。

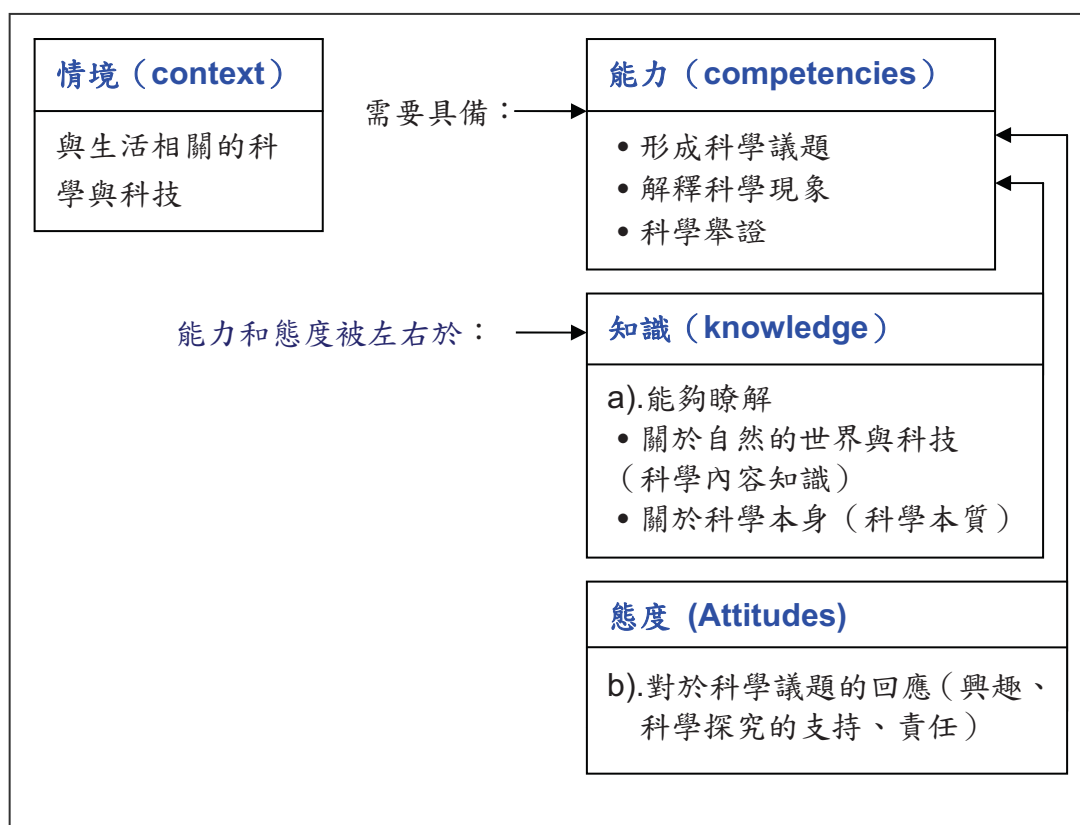


圖 2-1 PISA2006 科學評量理論架構 (framework)

	個人的 (個人、家庭、類團體)	社會的 (社群)	全球的 (世界生活)
健康	健康維持、意外、營養學	疾病的控制、疾病傳染、食物選擇、社群健康	流行疫情、疫情的擴散
自然資源	物料與能源的個人使用	人口數量的維持、生活品質、安全、糧食的產出與分佈、能源供給	創新與維持、自然系統、人口生育、物種平衡
環境	對環境友善的態度、使用與控制資源	人口分佈、垃圾控制、環境衝擊、在地天氣	生物多樣性、永續生態、污染控制、土壤的產出與流失
災害	自然與人為因素、建築判斷	劇變 (地震、極端氣候)、緩慢的進化 (海岸線侵蝕、陸地沉降)、冒險的測試	氣候改變、現代戰爭的影響
科學與科技的探索	科學解釋與自然現象的興趣、科學興趣、運動與休閒、音樂與個人化科技	新物料、儀器革新、基因改革、運輸	物種的滅絕、太空探索、宇宙的起源與結構

圖 2-2 PISA2006 科學的情境 (context) 向度

## （二）科學能力素養（competencies）

PISA 2006 的科學試題注重學生三種科學能力素養的表現，它們分別是形成科學議題（identify scientific issues）能力素養、解釋科學現象（explain phenomena scientifically）能力素養以及科學舉證（use scientific evidence）能力素養等三個項目。圖 2-3 列出了各項能力素養的內涵。同時值得注意的是：所有科學本質的試題都是屬於形成科學議題能力素養，所有屬於解釋科學現象的試題都是屬於科學內容知識的項目。

## （三）科學知識素養（knowledge）

PISA 2006 的科學知識素養下分（a）科學內容知識（knowledge of science）、（b）科學本質（knowledge about science）二個項目。科學內容知識再分成物理學、化學、生物學、地球、太空學（Earth and space science）、與技學。科學本質再分成科學的探究和科學的解釋：科學的探究強調探究是獲取科學證據的手段；科學的解釋則強調科學家如何使用數據以解釋大自然的現象。

## （四）科學態度素養（attitudes）

PISA 2006 的科學態度素養是根據 OECD 在 2006 年的一份調查結果擬定的，它包括以下四個項目：（a）對科學探究有支持（support for scientific enquiry）、（b）對科學學習有信心（self-belief as science learner）、（c）對科學學習有興趣（interest in science）以及（d）自覺對環境與資源有責任（responsibility towards resources and environments），如圖 2-4 所示。

整體而言，PISA 2006 關於三大素養的定義，以及科學評量架構的四個向度（情境、科學能力、科學知識、科學態度）整合於表 2-1，說明 PISA 2006 的測驗範圍。

<p><b>形成科學議題 (identify scientific issues)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 透過科學化研究辨識可能的議題</li> <li>● 在科學訊息當中發現研究的關鍵</li> <li>● 在科學研究當中辨識主要特徵</li> </ul>
<p><b>解釋科學現象 (explain phenomena scientifically)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 在主題情境當中應用科學知識</li> <li>● 科學地描述或解釋現象並且預測改變</li> <li>● 給予恰當的描述、解釋與預測。</li> </ul>
<p><b>科學舉證 (use scientific evidence)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 佐以科學證據建立與延伸出結論</li> <li>● 發現在結論背後的假設、證據與論述。</li> <li>● 將科學應用於社會與科技的發展</li> </ul>

圖 2-3 PISA2006 科學能力素養 (science competencies) 向度

<p><b>對科學探究有支持 (support for scientific enquiry)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 能瞭解同時考量數個科學面向與論述的重要。</li> <li>● 使用事實資訊以及合理的解釋</li> <li>● 導出結論需具備邏輯與嚴謹過程</li> </ul>
<p><b>對科學學習有信心 (self-belief as science learner)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 有效率的處理科學任務</li> <li>● 在解決科學問題當中克服困難</li> <li>● 展現強的科學能力</li> </ul>
<p><b>對科學學習有興趣 (interest in science)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 對於科學與科學相關議題擁有好奇心</li> <li>● 透過使用多樣的資源與方法展露出汲取課外科學知識與技術的意志。</li> <li>● 展露出持續對於科學資訊擷取的興趣，包含未來有意從事與科學相關的職業。</li> </ul>
<p><b>自覺對環境與資源有責任 (responsibility towards resources and environments)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 擁有環境維護的個人責任意識。</li> <li>● 能認知環境總貌乃來自於個人的行動。</li> <li>● 擁有意志採取行動來維護自然資源。</li> </ul>

圖 2-4 PISA2006 學生科學態度素養 (attitudes) 向度



表 2-1 PISA 2006 的測驗範圍

	科學	閱讀	數學
定義及其特殊性	<p>對個體而言，測驗範圍為：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>科學的知識的處理與應用，以期能對科學的相關議題找出問題、獲取新知、解釋科學現象和依證據做出結論；</li> <li>理解科學的特質是人類知識與探究的一種型式；</li> <li>是否察覺科學與科技如何形塑我們物質的、知性的和文化的環境；</li> <li>以科學的想法從事科學相關的議題，做為有省思能力的公民；</li> </ul> <p><b>科學素養</b> 必須對科學概念有所瞭解，具有應用科學觀點的能力以及對證據做出科學的思考</p>	<p>個體為了達成其目的，或發展個人知識與潛能，以參與社會活動而對寫作文本理解、應用與反省之能力。</p> <p>除此之外尚有解讀、字面的理解，<b>閱讀素養</b>包括閱讀、解釋與反思，以及利用閱讀去實現生活中目標的能力。</p> <p>PISA 的重點在於利用閱讀去學習而非去學習閱讀，因此所要評量學生的不是最基本的閱讀技能。</p>	<p>個體的能力是否可以辨別和理解數學在世界上所扮演的角色，和做出有根據的評斷，以及為了成為一個有建設性、關心和有反思能力的公民而能利用數學以符合個體的生活需求</p> <p><b>數學素養</b>是和對數學更廣泛的功能用途有關的，包括在各種情況下辨認和明確陳述數學問題(或將數學問題化為算式)之能力。</p>
知識領域	<p>科學內容的知識(Knowledge of science),包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“自然科學(Physical systems)”</li> <li>“生活系統(Living systems)”</li> <li>“地球與太空系統(Earth and space systems)”</li> <li>“科技系統(Technology systems)”</li> </ul> <p>關於科學的知識(Knowledge about science), 包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“科學的探究”</li> <li>“科學的解釋”</li> </ul>	<p>閱讀素材的型式：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>連續文本(Continuous texts) 包括不同種類的散文，諸如：故事、說明、論證。</li> <li>非連續文本(Non-continuous texts) 包括圖片、表格與清單。</li> </ul>	<p>相關數學領域和概念的群組：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>數量</li> <li>空間與形體</li> <li>改變與關聯</li> <li>不確定性</li> </ul>
涵蓋能力	<p>科學任務或過程之類型：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>確認科學議題</li> <li>以科學解釋現象</li> <li>使用科學的證據</li> </ul>	<p>閱讀工作或過程之類型</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>提取資訊的能力</li> <li>解釋文本的能力</li> <li>反應和評鑑文本的能力</li> </ul>	<p>數學所需之組合能力與技巧：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>複製(簡單的數學運算)</li> <li>連接(結合想法去解決直接的問題)</li> <li>反應(較寬廣的數學思考)</li> </ul>
背景情境	<p>科學應用的範圍，重點在於如何應用於個人的、社會的和全球的情境，諸如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“健康”</li> <li>“自然資源”</li> <li>“環境”</li> <li>“危害”</li> <li>“科學與科技的界線”</li> </ul>	<p>如何使被建構的文本：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>私人的(例如：個人的信件)</li> <li>公開的(例如：官方文件)</li> <li>職業的(例如：一份報告)</li> <li>教育的(例如：與學校有關的讀物)</li> </ul>	<p>數學應用的範圍，重點在於如何應用於個人的、社會的和全球的情境，諸如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>個人的</li> <li>教育的和職業的</li> <li>公共的</li> <li>科學的</li> </ul>

## 第三章 PISA 題型介紹

PISA測驗題目的形式包括「是非選擇題」、「封閉式簡答題」、「開放式問答題」、「態度試題」。依形式各題型舉一例分述於下，其餘在第六章「試題範例中詳述」：

### 一、是非選擇題(multiple-choice)

主要在於瞭解學生基礎的理解能力。選擇題包括了標準的四選一單選題（學生必須選出一個最佳答案），以及複合式選擇題（由數個是非題敘述組成一個叢集，學生必須在每一個敘述中選出一個可能的答案，是/否，對/錯，正確/不正確等），叢集當中所有選擇皆正確之時，才能夠得到分數。主要用於鑑別受測學生解決該提問的基礎能力。

### 二、封閉式簡答題(short closed-constructed response)

要學生在有限的範圍內以一個數字、一個詞或是一個短句作為答案。類似於是非選擇題，只有一個正確的答案。但是和選擇題不一樣的是，受測學生無法使用猜測的方式猜出正確答案。因為在題目當中並沒有標示出供答題選擇、參考的提示。

### 三、開放式問答題(open- (extended) constructed response)

如此的題型，並不只是要學生說出答案，還需要學生也說出思考的過程，來解釋答案的意義，通常要求更廣泛的寫作，這些寫作經常需要做出一些解釋或理由。可以鑑別出受測學生是否具備解決該領域較為困難之提問的能力。

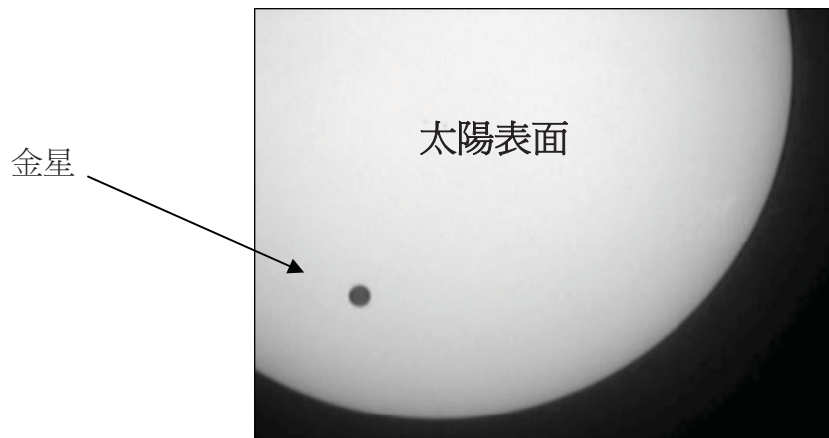
以下列二個試題為例，說明上述三種題型：

---

## 科學 12 金星凌日

於西元 2004 年六月八日，從地球可以看到金星星體橫越太陽表面。所謂「金星凌日」，即發生於金星公轉行至地球與太陽之間。上一次的金星凌日發生於西元 1882 年，預估下一次將會發生於西元 2012 年。

下圖是西元 2004 年的金星凌日，望遠鏡指向太陽並將影像投射在白紙上。



### 問題 12.1 (四選一單選題)

為什麼觀察凌日要將影像投射在白紙上，而不直接用望遠鏡看呢？

- A. 對金星顯現而言，陽光太亮
- B. 看到的太陽夠大，不須要放大
- C. 經由望遠鏡看太陽，對眼睛可能造成傷害
- D. 影像要變小，所以須要投影到紙卡上

### 問題 12.3 (封閉式簡答題)

下面陳述中有些劃下線的字。

天文學家預言這個世紀末將會有土星凌日橫越太陽表面，就像所見到的海王星一樣。

當凌日發生時，上面那三個有下線的字對網路或是圖書館搜尋是最有幫助的呢？

.....  
.....  
-----

## 運動



定期但適度的運動對我們的健康有益。

### 問題 1：運動（複合式選擇題）

定期運動有什麼好處？請就各項陳述，圈出「是」或「否」。

這是定期運動的一項好處嗎？	是或否？
運動幫助預防心臟和循環的疾病。	是/否
運動引導健康的飲食。	是/否
運動幫助避免變得過重。	是/否

### 問題 5：運動（開放式問答題）

爲什麼當你在做運動時比起當你的身體在休息時，你必須更用力呼吸？

.....

.....

.....

## 四、態度試題(attitudinal item)

大部份 PISA 2006 科學試題都包含了一項新的態度選項，用來連結試題與學生對該科學議題的態度。主要有有二種形式，一是測試學生對於學習科學的興趣，另一是有關於調查學生對於此項科學的支持度（同意度）。這些問題並沒有正確的答案，也不會計算在學生的測驗總分內。每個態度試題包括二至三個小題，以李克特四點量表(Likert four point scale)呈現，用以測驗學生對科學的興趣或對科學的支持程度。每個態度試題的格式都以陰影處理以示區別，見圖 3-1、圖 3-2 和圖 3-3。

**問題 10N(S485Q10N)：酸雨**

對於下列的資料，你感興趣的程度有多少？

請在每一行內只勾選一個方格。

	高度興趣	中度興趣	少量興趣	沒有興趣
a) 知道哪些人類活動對於酸雨最具影響	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) 得知減少造成酸雨的氣體排放的科技	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) 瞭解修復遭酸雨破壞的建築物的方法	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

圖 3-1 正式施測”對科學學習的興趣”選項

**問題 10S(S48Q10S)：酸雨**

對於下列的陳述，你同意的程度有多少？

請在每一行內只勾選一個方格。

	非常同意	同意	反對	非常反對
a) 老遺跡的保存應該建立在破壞原因關科學證據的基礎上。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) 於酸雨原因的陳述應該建立在科學研究的基礎上。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

圖 3-2 正式施測”支持科學探究活動”選項

**問題 10S(S48Q10S)：酸雨**

燃燒化石燃料（煤、石油和天然氣）會使得酸雨日益嚴重。以下有四項關於這個議題的意見。

請圈選出和你的意見最接近的敘述（圈出代號）。回答只是表達意見，沒有正確或不正確。

- A. 我認為酸雨還不構成問題，對於我們是否改變化石燃料的使用
- B. 用行動來減少酸雨是好的，但是不要因此改變我的生活型態
- C. 為了協助減少酸雨，如果每個人都這麼做，我也願意減少對化石燃料的依賴
- D. 我會減少使用來自化石燃料的能源，以協助減少酸雨

圖3-3 預試「符合意見」的責任類試題

## 第四章 PISA 命題原則

PISA 測驗的主要內涵在於評量學生是否能夠把知識有效地應用，並且從不同角度分析與解決問題，應用於進入社會後所面臨的各種情境及挑戰。本章以 PISA 2006 為例，介紹 PISA 的測驗設計，以及由 Australian Council for Educational Research (ACER) 所領導的「PISA 學科專家委員會(PISA consortium)」，發展 PISA 2006 紙筆測驗之運作過程。內容除部分引用林煥祥(2008)外，主要節譯自 OECD (2007, 2009) (轉引自李暉和劉聖忠，2010)。

### 一、測驗範圍

PISA 測試的三個主要領域(科學、數學、閱讀)中，PISA 2006 是第一次以科學做為主要領域，而閱讀和數學則為次要領域。以下說明僅限於科學領域。

PISA 的試題是以一個共同的主題(stimulus)來構成**題組(units)**，許多不同類型的主題往往以文本、表格、和圖形等方式結合在一起。每個題組包含數個**題目(item)**來評估學生的科學能力和知識。此外，PISA 2006 約有 60% 的科學題組設計了一或兩個題目來測驗學生對科學的態度，這是 PISA 首次採用態度試題。在本章中以「認知試題」和「態度試題」來區分這兩種不同類型的題目。

PISA 2006 的**正式施測(main study)**總共有 37 個科學題組，包括 108 個認知試題和 31 個態度試題，測試時間為約 210 分鐘。這和 PISA 2003 的主要領域(數學)時間分配是一樣的，但 PISA 2003 是沒有態度試題的。

正式施測的 108 個科學認知試題中包含 22 個 2003 年的試題。其餘的 86 個題目則是從 222 個新發展的題目中所選出來的。這些新發展的試題是 2005 年在各國進行過的預試(field trial)所測試過的。

測驗時可使用鉛筆，橡皮和尺，在某些情況下也允許使用計算器(某些國家計算器是教室中日常計算的基本配備)。各國的國家中心可以基於該國的標準決定是否讓學生使用計算器。回答試題一般而言是不需要使用計算器的，但使用計算器可能對某些學生在一些數學試題所涉及的解題步驟上會有幫助。

### 二、測驗設計

正式施測試題分為 13 個**群組(clusters)**(7 個科學群組，二個閱讀群組和 4 個數學群組)，每個群組的測試時間皆為 30 分鐘。這些試題被分配在 13 個**題本(booklets)**中，每個題本依循環輪替設計，各包含四個群組，見 p. 4 表 1-1。S1 至 S7 標記為科學群組，R1 和 R2 標記為閱讀群組，而 M1 至 M4 標記為數學群組。R1 和 R2 是和 2003 年相同的兩個閱讀群組，但數學群組並不是 2003 年的

完整群組。有 8 個科學題組(units)是延用自 2003 年的試題，且分布在 7 個科學群組的前面（第一或第二）的位置。

每個題本(booklet)有四個群組(clusters)，每個群組由數個題組(units)組成，每個題組又包含數個題目(items)。題本中群組的設計是採全聯(fully-linked)設計，屬於一種平衡的不完全區塊設計。每個群組會在 4 個題本中出現各一次，所以在施測中，有十三分之四的學生會作答到此一群組。這種設計的另一作用是每一個成對的群組只會出現在一個（唯一的一個）題本中。

每個被抽樣選中的學生都被隨機分配作答 13 個題本中的一本（每個受測學校隨機選出 40 位學生，按抽出次序分配作答題本。例如某校第一位學生作答題本 4，則下一位作答題本 5，餘類推；最後一位學生應作答題本 4。下一個學校的第一位學生輪到作答題本 5 開始），每個學生會進行兩小時的測試，測驗一小時後可以有短暫的休息。作答說明中並向學生強調，態度問題是沒有正確答案的，而且不會影響到他們的考試成績，但如實回答是很重要的。

### 三、測驗發展中心

基於前兩次 PISA 測驗的經驗顯示，結合多樣性的專家測驗發展中心，可以成就概念嚴格的素材，使得跨文化和跨國家的多樣性具有最高的水準。因此，為了編製 PISA 2006 新的科學試題，PISA 專家委員會(consortium)比 PISA 2003 擴充更多的測驗發展中心。測驗發展小組由五個多樣文化和知名的測驗機構組成，包括澳大利亞的 ACER，荷蘭的 CITO，挪威奧斯陸大學的 ILS，德國基爾大學的 IPN 和日本的 NIER。

此外，PISA 2006 鼓勵測驗發展小組以該地區的语言進行初步的試題發展，包括認知的實驗室活動。在試題已經達到良好狀態後，才翻譯成 OECD 的官方語言（英文和法文）。測驗發展小組的工作協調與監控，完全由 ACER 的科學試題與架構發展的學科專家委員會(consortium)負責。

### 四、發展時間表

PISA 2006 於 2003 年 9 月正式啟動，2007 年 12 月結束。而試題發展計畫則於 2003 年 7 月即已開始，並於 2003 年九月在奧斯陸(Oslo)舉行為期三天的命題者會議準備命題資料。這次會議的目的包括：

- 熟悉 PISA 2006 的科學素質架構草案，特別是對測驗發展的影響；
- 討論試題發展的要求，包括試題表徵和格式、使用的標準和樣式，認知實驗室程序和時限；
- 根據前兩次 PISA 執行的經驗，將詳細的指引(guideline)予以簡化，以避免在試題發展中潛藏翻譯和文化的問題；
- 審查樣本試題，以提供每一個測驗發展團隊會議所需；

- 為 PISA 2006 的科學專家小組 (Science Expert Group, SEG) 在科學架構草案的適當性上提供建議，以奠定試題發展的基礎。

2003 年 10 月舉行 PISA 2006 SEG 會議後，即開始發展試題。試題發展的主要階段於 2004 年 12 月完成**預試(field trial)**用試題。在這 15 個月期間，徹底而細緻的進行試題和各種認知實驗室活動的撰寫與審查工作。大部分國家於 2005 年 3 月至 8 月進行了預試，之後在 2005 年 12 月選出正式施測的試題，並分發給各國。表 4-1 顯示了 PISA 2006 試題發展時序的主要進程和活動。

表 4-1 PISA 2006 試題發展時間表

活動項目	活動期間
由 OECD 初步發展試題架構	2002 年 12 月至 2003 年 6 月
由 ACER 國際組織發展試題架構	2003 年 10 月至 2006 年 8 月
試題發展	2003 年 7 月至 2004 年 10 月
接受來自世界各參與國提交之試題	2004 年 2 月至 6 月
預試(Field Trial)相關資料分發	2004 年 11 月至 12 月
將英文版試題翻譯成各國語言	2004 年 12 月至 2005 年 4 月
預試編碼員(閱卷者)訓練	2005 年 2 月
各參與國進行預試	2005 年 3 月至 8 月
正式施測 (Main Study)試題選取	2005 年 8 月至 10 月
英文版及法文版正式施測的最終相關資料準備	2005 年 10 月至 12 月
正式施測相關資料分發	2005 年 12 月
正式施測編碼員訓練	2006 年 2 月
各參與國全面正式施測	自 2006 年 3 月開始

## 五、認知試題測驗發展

測驗發展過程始於 2003 年 9 月在奧斯陸舉行之試題發展人員會議，製備資料以引導所有認知試題的發展程序。此一過程不斷的聯繫參與國家進行試題之寫作、審查，測試與提交，並延伸發展為預試(field trial)試題，最後製成**所有試題來源的最終版本**（包括英文和法文），並完成**編碼(閱卷)指引(coding guide)**和**編碼者(coder)**的培訓教材，同時選擇和製備正式施測的試題。

### (一)試題發展過程

認知試題的發展遵循一套完整的準則而行，這套準則是經過 PISA 2006 科學專家小組(SEG)所認可，並於計畫之初就開始實施。該準則包括了發展進程和時間表的綜述、試題規範的要求、符合架構的重要性、並討論影響試題難度的議題，同時提供了一些樣本試題。五個測驗發展中心的命題者都要遵循這些準則。

一個完整的 PISA 題組(unit)包括一個統整的主題，一個或多個題目(問題)，以及對每一個問題作答的編碼(閱卷)指引。每個編碼指引都包含一組作答類別



(全部給分,部分給分和不給分),學生的每個回答都會有一個適合的得分代碼,並且附有每個類別的回答樣本。某些試題使用兩位數字編碼來區分同一得分但不同的認知方式。例如:代碼“12”,第一個數字(1)代表得分或答題水準,第二數字(2)表示學生使用的方法或取向。

### 1. 第一階段的發展

通常情況下,測驗發展中心所進行的科學認知試題發展第一階段,會採取以下步驟。這些步驟是以線性方式描述,但實際上常是以循環的方式協商,亦即試題往往經歷各種不同的步驟不只一次。

#### (1)先期準備

命題人員以當地語言編寫符合標準格式的題組(unit),包括主標題(stimulus)以及一或多個題目(問題),並提供每個题目的編碼指引(coding guide)。試題隨後取決於一系列的認知實驗室活動,包括試題諮議(item panelling)(也稱為試題分解(item shredding)或認知演練(cognitive walkthrough))、認知晤談、試驗或審前測試(也稱為認知比較研究)。所有試題取決於諮議和所進行的地區領試測驗。此外,試題中有顯著的比例進行了認知晤談。

#### (2)地區專家諮議

每一個題組首先經過相關測驗發展團隊會議的仔細審查。此一階段的認知實驗室過程,通常有题目的撰寫者參與,對题目的各個面相,從學生和編碼者(閱卷者,coder)的觀點進行分析。

試題經過諮議後,再繼續進行修訂。若需要大幅度修改,則將試題拉回到諮議階段進一步審議。

#### (3)認知晤談

然後,將準備好的多種題組,讓個別學生或學生團體試答。並對學生進行放聲思考、個別訪談和團體訪談等方法,來釐清學生試答試題的思維過程,再根據這些晤談對题目進行廣泛的修訂。這個階段對於澄清問題的遣辭用字特別有用,並可針對學生的作答,提供訊息以修訂編碼指引。

#### (4)地區領試測驗

試題發展第一階段的最後一個步驟,是在試題發展國家的學校中,選擇一些15歲的學生班級進行領試測驗(pilot test)。不但可提供試題功能的統計數據,包括比較困難的题目,而且可以得到真實情境下學生實際的回答內容,而得以發展更詳細的編碼指引。

領試測驗的數據可用以得知是否有必要進一步修訂試題,或是完全放棄該試題。相形之下,修改較少的題組得以倖存下來,然後正式提交給測驗發展中心去進行第二階段的發展。如果最初是以他種語文發展的,之後就會再翻譯成英文。

### 2. 第二階段的發展

試題發展的**第二階段**，先由至少一個測驗發展團隊審查每個題組，負責審查的團隊必須不是該試題最初的發展團隊。每個題組必須至少曾經通過一次大樣本適齡學生的領試測驗測試。

### **(1) 國際專家諮議**

由國際專家仔細審查試題後，提供回饋做進一步的試題改進。特別著重的重點是對於試題在不同文化和民族背景下施測後的回饋，有時甚至導致題目或整個題組被汰除。倖存的題組則可準備進行進一步的領試測驗，以及提供國家中心做為檢討之用。

### **(2) 國際領試測驗**

每一次領試研究(pilot study)的測驗題本，都是由一些不同測驗發展中心所發展的題組構成。這些題本經過一些不同學校選出的數個整班的學生測試，但因翻譯和時間進度的限制，這些現場測試主要在澳大利亞的學校執行。有時也會進行不同的試題版本測試，並將結果進行比較，以確保有最好的替代形式。領試研究所得的數據則使用標準的試題反應技術(item response techniques)分析。

領試測驗的結果經過檢討後，許多題目會進行小幅修訂。如果有必要進一步修改，該題目則會被汰除，或是將修訂版再次送交諮議和測試。領試測驗其中一項最重要的結果，在於瞭解這些年齡層的學生對每一個設計好的題目是如何作答的。這些林林總總的回答，會加入該試題的編碼指引，以進一步說明每個回答類別，提供編碼（閱卷）者更多的指引。關於題組的實例（包括題組本身、題目背景資料、評分標準與範例、以及題目說明），詳見第六章。

## **(二) 試題的國家審查**

2004年2月，各國的計畫主持人(NPM)取得試題審查準則，以便審查認知試題和提供回饋。這套準則也準備做為之後在預試中審查所有的試題，並提供修訂態度試題之參考。

同時，NPM也拿到一份試題草案分配與審查的後續執行時間表。這些審查的主要的特徵，在於各國專家是針對關於15歲的學生在各方面的特徵來對試題進行評價。包括素材是否和該國的課程有關、是否和培養學生生活能力有關、如何讓學生對試題有興趣、以及試題的真實性是否符合在科技上實際的應用。NPM也被要求去釐清任何試題的文化顧慮或其他問題。例如可能的翻譯或標識的困難，並給予每個題目進行總體評價，做為是否將該題目保留在題庫中之依據。

當試題已經發展至足夠完整的階段，即迅速送往國家中心審查，並要根據NPM的回饋，匯整出一系列的報告，用以進一步修改試題。特別是在不同國家情境有關的文化議題，如果有潛在的爭議空間，則此題目必須汰除。NPM對每一個题目的評價均予匯整，並被廣泛用於預試試題的選擇。

## **(三) 試題的國際審查**

除了由各國進行正式的，結構化進程的試題審查，認知試題也於2003年10月和2004年的2月、7月、9月的SEG會議中被詳細的檢視。

2004年7月的SEG會議緊接在科學論壇之後於華沙舉行，所有試題在此階段都已發展完成，並經科學論壇詳細審查過。所有參與PISA的國家都被邀請派出國家科學專家與會，並提供諮詢意見。

## 六、態度試題測驗發展

### (一)測驗發展

PISA 2006科學專家小組在第一次會議中，就將情意領域的評量定為主要重點之一。科學架構擴展委員會(Science Framework Expansion Committee)並建議，使用三種態度量尺(three attitude scales)進行評量：

- 對科學的興趣；
- 科學探究的價值——後來更名為對科學探究的支持；以及
- 對資源與環境的責任。

為方便起見，以下本章將這三個量尺的縮寫為「興趣」，「支持」和「責任」。

在2003年9月於奧斯陸召開的PISA 2006第一次測驗發展人員會議中，來自IPN測驗發展中心的工作人員提出，合宜的題組應包含一些題目，要求學生指出他們對三項陳述同意的程度。此一建議隨後在10月的SEG會議中獲得支持，後續並發展為李克特氏(Likert-style)態度量表的題目。如p. 17~18，圖3-1~圖3-2，題組「酸雨」中的二個例子。

PISA 2006態度量表的「興趣」題目，所使用的是單邊回答的格式(unipolar response format)，而不是傳統的雙邊格式(bipolar format)，以減少社會期望(social desirability)影響學生的回答。必須承認的是，這種單邊回答格式在「支持」類的試題中可能有很大的風險，但PISA使用的語言種類繁多，沒有一種令人滿意的替代方案可以適應如此多樣的陳述類型。PISA態度試題採用李克特氏四點回答量表，因為它不允許學生選擇中立的回應。

2004年2月在雅典舉行的第二次SEG會議中，測驗發展人員提出了第二類態度試題（如p. 18圖3-3所示）。在此試題類型中，依序列出四個關於某一議題的意見，代表對於環境永續發展不同的承諾水準，學生必須選擇一個最符合他們的意見。和所有的態度試題一樣，這種類型的題目被放置在題組的最後面，讓學生先熟悉問題情境，再去選擇意見。最初，符合意見(match-the-opinion)的試題是隨機排列的，但後來因為避免這些試題被批評會影響作答而做了改變。

李克特氏的試題類型在減少學生作答時間上是非常有效的。但是，將選項以形容詞來分等級，可能產生一些文化變數上的顧慮。有人並且認為，李克特氏題目的排列，可能導致學生回答方式有固定的模式，而隨機排列的「符合意見」試題可以避免這些潛在的缺陷。無論如何，因為某些因素——主要是這只是實驗性質以及發展的成本考量——已決定對於「對資源與環境的責任」的量尺，要限制「符合意見」題目的發展。

所有試題至少都接受了兩輪諮議，但因時間限制，只有約三分之一經過實際整班學生的領試測試。這些被選為預試的試題編在題組中，在提交給 NPM 審查之前先再一次諮議。同時，也提交翻譯成法文與進行專業編輯。這些過程的回饋導致大部分試題都曾被修訂，也有許多試題被汰除。特別是來自法文專家的回饋，發現很多潛在的翻譯問題，例如「支持」類的陳述在法文的表達中，不只是指意見，還包含採取某些行動的意義，這些情形可能發生在其他語文之中。

## (二) 情境式命題特色

PISA 2006 也針對學生對科學的態度從四方面進行探究：1) 對科學探究的支持；2) 對科學學習的信心；3) 對科學學習的興趣；以及 4) 對資源和環境的責任。我國學生測驗的結果顯示，與過去 TIMSS 2003 之結果截然不同。我國學生在喜歡科學的指標 (index of enjoyment science) 上並不遜於北歐等國，上述結果與以往所得不同，極有可能是測驗的題目與以往之大型測驗 (如 TIMSS) 或一般研究有很大改變。PISA 2006 在命題上不同於過去使用直接式的問題而是採用情境式的問題。所謂情境式的問題就是在一些實際的科學問題 (無論是 knowledge of science 或 knowledge about science) 之後，針對該問題之情境背景提問，而非直接問學生喜歡科學的程度或科學課程的重要性。此種情境式命題提供了對科學態度的新評估方式，不僅臺灣學生表現不同於以往，包括鄰近的亞洲國家也都呈現提昇之現象。當然，這絕對不表示以往 TIMSS 與諸多研究的效度有問題，相反地，結合這兩種測驗結果將有助於我們更瞭解學生對科學的態度。

## 七、預試(field trial)

總共有 113 個科學題組 (492 個認知題目) 已送交國家中心審查。在考慮各國的回饋後，科學專家小組 (SEG) 保留了 103 個題組 (377 個認知題目) 作為預試題庫。其中有 38 個題組 (37%) 是由各國所提交的。

在此階段所有被保留的題組，都要接受專業編輯的編輯檢驗。這有助於發現任何殘留的印刷錯誤，文法上的不一致，以及不符標準的版面設計，最後並進行閱讀水準檢驗以確保題目是適合 15 歲學生閱讀。

### (一) 預試選題

2005 年預試所使用的新認知題目，是在 2004 年 9 月於斯洛伐克 (Slovak) 首府 Bratislava 舉行的 SEG 會議上，歷經兩天半由題庫中選出來的。每一位 SEG 成員首先選十個題組，在全部 103 個題組中選出 67 個至少獲得一票的題組。隨後 SEG 詳細地逐題審查這些題組，然後在初選中汰除 14 個題組，並在被保留的題組中刪除部分題目。接著，對未進入初選的各題組進行逐題審查，共找出另外 28 個題組被添加到入選名單中，同時也提出了許多改進試題措辭方式的建議。

在這個階段，有 81 個題組被保留在題庫中，大約比所需的題目多出 25%。再次檢視這些題目的架構分類和預估難度，最後選出 62 個新題組 (237 認知題

目)，以盡可能符合測驗架構的需求。在每一個選題的步驟中，各國對試題的評價都已納入考慮，而且 SEG 成員在任何時候都不被告知這些試題是哪個國家出的。在 SEG 會議一週後，所選出的試題，連同 2003 年做為連接研究的 9 個題組（25 題），提交到 NPM 會議。

隨後在 NPM 會議中，有一個題組因為考慮在某些文化情境下可能不適用而被剔除，另有一個題組因為對於相關科學內容的真實性一直有所疑慮而被其他題組所取代。此外，有少數題目在將試題彙編成群組（cluster）與題本（booklet）時，因為空間和版面設計的限制而不得不予剔除。最後的預試題庫總共有 247 個科學認知題目，包括 25 個連接用試題和 222 個新題目。這些數字又因為 2004 年 12 月的南亞海嘯，增列了一個新題組（危險的波浪）而調整過。題庫中也有幾個題組是針對學生對於基本科學概念所產生的迷思概念而設計的。

預試所選的態度題目，包括所有 9 個追蹤比較用的題組(link item)和所有新題組（除了一個以外），共 144 個題目，發給國家中心審查。在考慮各國和法文專家的回饋之後，留下了 124 個題目，其中 105 個被列入最後題庫中。70 個科學預試題組中有 60 個至少包含一個態度題目，有 37 個題組超過一個態度題目。更多關於態度試題的分配如表 4-2。

表 4-2 預試所有科學試題

	態度試題				態度試題小計	認知試題	總計
	興趣	支持	責任	符合意見			
連接試題	6	3	3	0	12	25	37
新試題	38	23	20	12	93	222	315
總計	44	26	23	12	105	247	352

## （二）培訓預試編碼員(閱卷者)

在最後選題和寄交試題之後，即準備各種文件和資料以協助培訓閱卷者（編碼員，coder）。2005 年 2 月舉辦科學、閱讀和數學的國際編碼培訓班，並針對包含所有需要手工編碼的題目，備妥綜合編碼指引（包括英文和法文）。編碼指引強調的是編碼員對學生的回答選定適當的代碼，而不是直接評分。換言之，編碼指引是對所有可能的回答加以分類，而這些學生不同的回答並不一定都得到不同的分數。每個主題領域都備有單獨的培訓工作坊文件，同樣包括英文和法文版。這些文件中增加了學生對非選擇試題（須手工編碼）的回答，以便於編碼培訓班之討論和實際編碼中之使用。

每個參與國家都派了代表參加於西班牙 Marbella 進行的培訓班。培訓工作坊鼓勵各國代表針對實例公開討論如何編碼，並展示少數對編碼指引所做的修訂。這些修訂被納入了兩個星期後寄發的最終編碼指引和培訓教材。在舉辦國際培訓班之後，每個國家中心再根據綜合編碼指引的譯本，自行舉辦編碼培訓活動。

### (三) 預試編碼查詢

專家委員會並提供編碼查詢服務，以支持每個國家學生回答手稿的編碼。當編碼過程中產生任何不確定時，國家中心可通過電子郵件提交查詢問題，可立即直接傳送給委員會的專家。當此一回答被納入考慮後就會迅速通知各國，以確保更高的編碼一致性。

所有的查詢問題與專家委員會的答覆都會刊登在 PISA 的網站。有新的查詢問題被接受時，查詢報告(queries report)就會正式地更新。亦即所有國家編碼(閱卷)中心都可以迅速獲得新的答案消息。在所有國家的編碼主管都能發現，儘管在他們提交的許多查詢上有相當大的變化，但查詢服務是一個特別有用的資源。

### (四) 預試結果

從預試認知試題的回答資料中進行了進一步的分析。這些分析包括標準的 *ConQuest*® 試題分析(答題合理性，試題鑑別度，試題難度，誘答項分析，平均能力和編碼類別的點二系列相關，試題遺漏率等)，以及性別與試題的交互作用，和試題與國家的交互作用的分析。基於這些重要的測驗統計，約有 40 個新試題自題庫中被剔除，而不納入正式施測中。遭剔除者還包括許多著重於迷思概念的題目和幾個完整的題組。在每一個複合式選擇題中的陳述也都被另外分析，使得有些題目本身雖然被保留，但某些選項卻被剔除。分析還顯示，9 個 PISA 2003 的題組中，有一個在正式施測中被剔除。

態度試題的分析結果顯示，在正式施測時置入態度試題，對於測驗的實施影響甚微。態度試題的每一個陳述部分，在分析上都視為個別試題計分。這些分析顯示，「興趣」類試題與「支持」類試題，和符合意見的「對資源與環境的責任」類一樣，形成了單一量尺。在 12 個符合意見的試題中，只有一個除外，其餘都具有良好的心理測驗性質。

不幸的是，分析顯示，被設計用以測量「永續發展的責任」的李克特式試題，有些像是跨越到「支持」類的向度，而不易維持符合原有的向度，因此不予列入正式施測。其他關於個人健康和安全的問題，和一些「興趣」類的試題混淆，因此亦不考慮列入正式施測。

為了與「責任」類試題的發現一致，該架構根據預試的結果加以修訂，將「責任」量尺的定義，改為實現大眾健康的個人責任，並恢復其原來的名稱「對資源和環境的責任」。

### (五) 作答時間研究

在預試中收集了平均作答時間的數據進行研究，結果則被用於估計正式施測時群組作答時間的參考。估計完成李克特式態度試題的平均時間為 0.75 分鐘。另一方面，完成符合意見式態度試題的平均時間是 1.25 分鐘。

在評估科學認知試題平均作答時間時，只採取每一題本中的第一個群組的作答時間數據。因為以往的 PISA 作答時間研究顯示，在題本的後半部較前半部有

更多人未回答和用猜測。在題本的第一個群組完成一個認知試題的平均作答時間是 1.68 分鐘。

預試得出的結論是，正式施測時科學群組應包含 17 個認知題目，要加入態度試題時依下列公式處理：大約兩個李克特式試題（每題含 2-3 個陳述）替換一個認知試題；5 個符合意見式試題，替換 4 個認知試題。

#### （六）預試試題的國家審查

國家試題的審查此時進入新的一輪，此時每個國家都提出在預試時的試題運作經驗。並設計出一套審查指引，協助各國專家將重點放在最重要的特徵上。此外，NPM 也被要求對每一個題目（包括認知和態度）進行從 1（低）到 5（高）的試題評等，以指出它在正式施測時的優先順序。幾乎所有國家都對所有預試題目完成了審查。

所有的 NPM 都完成了完整的預試審查報告。這些報告根據翻譯與修正過程，和預試編碼過程中的經驗，提出個人試題優缺點的評論意見。

### 八、正式施測(main study)

2005 年 8 月於華沙舉行了一個科學態度論壇。其主要目的是考慮預試的分析結果，為是否將態度試題納入正式施測的科學題組中，提供諮詢意見。大約 75% 的各國專家都贊成納入「興趣」類試題，約 25% 的人贊成納入「支持」類試題。學科專家委員會和 SEG 對 PGB 提出忠告，建議以符合意見式試題評估「對資源與環境責任」的態度，而且不會影響認知試題的選擇。

#### （一）正式施測的科學試題

根據預試作答時間研究的結果，並考慮所納入的興趣與支持態度試題，估計正式施測的選題需要包含大約 105 個科學認知的題目。這表示要選出大約 83 個新題目，因為 PISA 2003 還有 8 個題組（22 個題目）要延用於 2006 的正式施測。

和選題過程的第一步驟一樣，每個 SEG 成員基於科學素養評量的相關性，各提名 8 個新題組。接著 SEG 考慮所有可取得的資料，包括預試的數據，各國的審查和評等，翻譯過程中產生的問題，來自各國預試結果和架構的要求。態度試題最初是被忽略的，直到這個過程的最後一個步驟，當它被證實選定的題組載有充分的興趣和支持試題，足以使這些量尺健全的被建構。

試題的選擇，必須符合下列條件：

- 所有選出的題目必須有令人滿意的心理測驗性質；
- 試題必須避免產生編碼問題，除非這些問題能通過修改編碼指引得到完全的解決；
- 題目最好要得到國家中心的高度評等，以及避免低評等。

此外，新試題與連接試題的合併必須盡可能滿足這些額外條件：

- 主要架構類別（能力與知識），必須滿足科學素養的架構的細目；

- 必須有一個適當的試題難度分佈；
- 需要手工編碼的試題比例不能超過 40%。

最後 SEG 選出了 30 個新題組（92 個認知試題）。這比所需要的試題略多一點，隨後 6 個題目（包括一個完整的題組）被剔除，而保留了架構類別所需的平衡。被選出的題目包括少數迷思概念試題，雖然其心理測量性質低於一般滿意度，但因為重要而被 SEG 列入。

被選出的試題在 NPM 的平均優先評價分數為 3.91，其餘題目平均為 3.69。在最後被選定的 29 個題組中，有 11 個題組的原始來源是來自 8 個國家提交的初稿。整體而言，所發展的 29 個題組是來自 12 個國家，8 種不同的語言；包括 8 個最初以英文發展的題組。

29 個新題組中有 9 個題組同時包括「興趣」類和「支持」類的態度試題，有 9 個題組僅含一個「興趣」類試題，5 個題組僅含「支持」類試題，其餘 6 個題組沒有安置態度試題。連接用的題組是因為它們曾在 2003 年出現過而被保留，這些題組都未置入態度試題，因此完整的正式施測科學試題題庫包括 37 個題組（8 個連接題組和 29 個新題組），其中包括 108 個認知題目與 32 個態度題目（18 興趣類題目和 14 個支持類題目）。

SEG 另安排了 18 個未在預試出現的題組，做為 PISA 公開的科學題組樣本，SEG 做了小幅修改。這些題組中的 16 個，由 62 個題目組成，被列入 *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006* (OECD, 2006) 的附件。另外兩個題組保留做為未來 PISA 可能的調查之用。

正式施測的題庫在 2005 年 10 月於澳洲 Mildura 舉行的 NPM 會議中公佈。科學試題的分佈遵守主要的架構類別，摘要列於表 4-3，表 4-4 和表 4-5。

值得注意的是，在架構中定義了科學能力向度與科學知識向度，而並未對獨立的題目進行分類。特別是，憑藉定義的效力，題目被區別為評估「對科學現象的解釋」的能力，也同時被歸類為科學的知識試題。

表 4-3 正式施測科學能力題目（題目類型依照科學能力）

題目類型	科學能力			總計
	形成科學議題	解釋科學現象	科學地舉證	
選擇題	9	22	7	38 (35%)
複合式選擇題	10	11	8	29 (27%)
封閉式問答題(簡答題)	0	4	1	5(5%)
開放式問答題	5	16	15	36 (33%)
<b>總計</b>	<b>24 (22%)</b>	<b>53 (49%)</b>	<b>31 (29%)</b>	<b>108</b>



表 4-4 正式施測科學能力試題（題目類型依照科學知識）

題目類型	科學能力		總計
	科學內容的知識	關於科學的知識	
選擇題	24	14	38 (35%)
複合式選擇題	15	14	29 (27%)
封閉式問答題(簡答題)	4	1	5 (5%)
開放式問答題	19	17	36 (33%)
<b>總計</b>	<b>62 (57%)</b>	<b>46 (43%)</b>	<b>108</b>

表 4-5 正式施測科學能力題目（依能力區分知識類別）

試題比率	科學能力			總計
	形成科學議題	解釋科學現象	科學地舉證	
物理系統		15	2	17 (13%)
生物系統		24	1	25 (23%)
地球與太空系統		12	0	12 (11%)
科技系統		2	6	8 (7%)
科學探究	24		1	25 (23%)
科學實驗	0		21	21 (19%)
<b>總計</b>	<b>24 (22%)</b>	<b>53 (49%)</b>	<b>31 (29%)</b>	<b>108</b>

從表4-5中可顯示，所有的題目，若是所評估的能力被歸類為形成科學議題（*identifying scientific issues*）的，就被列為是關於科學的知識（*knowledge about science*）的題目。這是因為在測驗發展中，為了減少科學內容知識的試題，因此「形成科學議題」和「解釋科學現象」這兩種量尺盡可能保持獨立。這被認為重要，因為PGB和SEG傾向於用能力量尺來表達PISA 2006中的科學成就。

依照分類歸屬，題目中兩種知識成分的相對權重，在很大程度上決定了三種能力的相對權重。在2004年6月預試之前，PGB決定「科學的知識」在評量中所佔的配分約為60%。這個決定從整體的性別差異的觀點而言，產生了深遠的後果，PISA 2006的科學成果顯示，男生在「科學的內容知識」試題上普遍勝過女生，而女生在「關於科學的知識」試題上普遍勝過男生。

## （二）培訓正式施測的編碼員

科學、閱讀和數學的國際編碼培訓班，於2006年2月舉行。針對包含所有需要手工編碼的題目，備妥綜合編碼指引（包括英文和法文），並於2006年1月30日寄交國家中心。此外，將預試所用的培訓教材，參照預試中的學生回答和編碼查詢服務的實例，修訂編碼指引。

編碼員培訓班是依國家排定座位，因此很明顯的看出所有參與國家中，只有三個國家未派員參加編碼員培訓會議。和預試一樣，在培訓會議中只有一小部分需要澄清，以使編碼指引和培訓教材盡可能更明確。經修訂的編碼指引和培訓教材備妥於3月初寄發。

### （三）正式施測編碼查詢服務

編碼員查詢服務在正式施測的三個測試領域中都正常運作。編碼員發現任何學生的回答難以編碼時，都可向專家委員會提出查詢。委員會將會提供跨國的一致編碼意見。查詢的報告和委員會的答覆都會透過委員會的網站提供給所有國家中心，並定期更新，以期都能收到新的查詢結果。

### （四）正式施測試題分析的審查

在收到正式施測的數據後，對試題的回答再進行深入分析，以確定任何題目絕對不會受到學生成就數據的影響。此類試題會被從國際數據庫中刪除，否則在某些情況下，特定國家的數可能產生特殊的問題。實際上，有兩個科學題目已被從國際數據庫中剔除。

## 九、結語

OECD 自 1961 年成立以來，一直是世界重要議題的智庫兼發動機構，許多世界重要議題的政策研究和形成都來自於 OECD。而政策研究素以過程嚴謹及提供完整可信的統計資料著稱，也一直是 OECD 的首要工作。不僅是在經濟與產業方面的研究，OECD 也進行許多教科文與健康方面的政策研究。PISA 即是由其主導的學生能力研究，以期提供各國政府做為制定政策之依據。事實上，自從 2000 年開始進行 PISA 計畫以來，這個具有比較性質的調查研究，已成為各國教育政策制訂時的重要參考依據。

本章以 PISA 2006 為例，介紹了其測驗發展的詳細過程，並以科學領域為主，說明試題發展與修訂的細節。期望藉他山之石，做為國內發展大型測驗之參考。是實上 PISA 2006 除了評量十五歲學生的科學、數學與閱讀素養之外，另有三份問卷是為了進一步了解受測學校及學生和家長的特質。問卷的類型總共分為「學校問卷」、「家長問卷」以及「學生問卷」（台灣未參與家長問卷）。主要的目的是尋找影響學生的學習成就和社會、文化、經濟及教育等層面的關聯性。限於篇幅，未再詳述。

## 第五章 PISA 評分與詮釋

在這一章中，我們將說明題組（unit）是如何形成與給分的、學生表現是如何被評量的、科學素養水準的定義以及展示 PISA 2006 科學的試題範例。

### 一、題組的形成與給分

PISA 2006 科學題組的形成是根據上節描述的科學評量理論架構（framework）中的四個向度（情境－能力－知識－態度），而且是在國際專家團隊（international expert panel）的指導下建構的。基本上試題（questions）是邀請 PISA 參加國提供意見並發展的。在 PISA 2006 的試題基本上是以題組（unit）的方式呈現。一個題組首先會以學生熟悉的情境（stimulus）開始，再根據這個情境發展數個題目，每一題都會評量學生不同的能力（competencies）項目以及學生在科學內容知識和/或科學本質上的了解。

PISA 2006 的試題有很多不同的形式：如申論題、開放式問答題、封閉式問答題、單一式或複選式選擇題等。為了確保開放式問答題的給分具有一致性，PISA 2006 發展了評分操作手冊（scoring manual），嚴格的要求每一個參與國家遵照手冊上的給分原則給予每一個學生每一題的得分。根據 PISA 事後根據各國給分的情形分析，各國間的給分情形維持相當良好的裁判間一致性（inter-country reliability）。

### 二、學生表現是如何被評量的

PISA 2006 的評量基本上是以半小時為單位的題群（cluster）為骨幹。考試時，發給每一位學生一本題本（booklet），每一本題本有四個題群，也就是一次二小時的考試時間。每一個題群會出現在四本題本中的四個不同位置，也就是說每一個題目（item）也一樣會出現在四本題本中的四個不同位置。如此符合 IRT（item response theory）設計理念的安排使得每一個題目可以根據難度（difficulty）的計算賦每一個題目一個特定的得分。一旦每一個題目可以被賦予一個特定的得分後，我們就可以根據一個學生在題本中的最好表現去預測他的得分，而這個得分就可以被用來反應所謂學生的能力（estimated ability）或科學表現。

根據上述程序，PISA 2006 設定 OECD 所有國家的平均表現（mean score）為 500 分，標準差（standard deviation）為 100 分，以作為學生得分的詮釋基準點。如此的調整會讓大約三分之二的 OECD 國家的學生之得分介於 400-600 之間。500 分基準點的方式適用於科學素養不同向度的不同項目上。

### 三、PISA 2006 科學素養水準的定義

科學素養水準 (proficiency levels) 是 PISA 2006 用來表示學生得分數所代表的層級概念，在這個層級概念中 PISA 2006 可以詳細的描述學生可以表現什麼。學生的得分被分為七層素養水準 (levels)，第六層 (level 6) 代表題目最難分數最高的題目，第一層 (level 1) 代表題目最簡單但分數也最低的題目；各層素養水準的最低分、能表現此水準的學生百分比及學生具體行為描述，請參考圖 5-1。圖 5-1 中，最左邊一欄是素養水準 (proficiency level)，第二欄是可以被列入那層素養水準的最低分。例如：學生要能被列入第六層的素養水準，他的得分至少必須超過或等於 707.9 分。值得注意的是最低素養水準不是第一層，而是低於第一層 (below level 1)，以 OECD 國家的平均表現值來說明，這個層級的學生約佔總人數的 5.2%。這個素養水準的學生無法完成最簡單的 PISA 試題。根據 PISA 的說法，經過 2007 年的數據分析後，它們的科學專家團隊 (PISA Science Expert Group) 建議第二層素養水準 (level 2) 是最基本的科學素養水準。在這個素養水準之上，表示學生具備有效且合理參與科學或技學社會議題的行為能力。

一個像 PISA 這樣每三年要舉辦一次的國際性評量，每一次的評量一定要有一些相同的題目以校準 (reliable trend) 每一次評量的結果；那些不用被留下繼續使用的題目就可以公開供大眾檢視。

綜合上述，臺灣學生的科學素養平均表現 (mean performance in science) 佔全世界的第四名。在此排名之下分析臺灣學生個別素養的表現，臺灣學生在形成科學議題的能力素養佔全世界的第十七名，在解釋科學現象的能力素養佔全世界的第三名，在科學舉證的能力素養佔全世界的第八名。臺灣學生在科學知識素養二個項目的表現，科學本質知識素養 (knowledge about science) 比科學知識素養 (knowledge of science) 高 7 分。臺灣男女同學在科學素養平均表現 (mean performance in science) 上，男生 (536) 略優於臺灣女生 (529)，不過以此等差距，也可以說跟全世界男女生的比較結果一般，並沒有顯著的差異。臺灣男女生在科學知識素養上，臺灣男生 (550) 在科學內容知識上明顯比女生 (531) 好一點；臺灣女生 (528) 在科學本質知識素養上比臺灣男生 (523) 要好一點。臺灣男女生在科學能力素養上，形成科學議題上臺灣女生 (512) 略優於臺灣男生 (506)；在解釋科學現象上臺灣男生 (554) 顯著優於臺灣女生 (535)；在科學論證能力上不分上下 (皆為 532)。臺灣男女生的性別差異吻合全球趨勢。

層級	最低得分	學生達成% (OECD 平均)	能力指標
六	707.9	1.3%	達到此等級的學生，可以在多樣複雜的情境當中定義、解釋、應用科學知識與科學本質。他們可以結合不同的訊息資源並加以解釋、擷取、使用證據給予決論。他們能清楚與一貫地展露精熟的科學思考與歸納能力，並擁有能力使用科學瞭解來解決陌生的科學與科技情境問題。達到此等級的學生在科學知識當中提出論證並能在個人、社會、全球的情境當中給予評論與建議。
五	633.3	9.0%	達到此等級的學生能夠在複雜的情境之下應用科學知識與觀念定義出科學議題，並能在生活情境當中應用、比較、選擇、歸納所獲得的科學證據。他們具備進階的探究能力，能正確應用知識並在情境當中給予反思與論證建構出具備論證與反思的解釋。
四	558.7.	29.3%	達到此等級的學生可以有效率地處理包含清楚現象的科技與科學情境和議題當中並予以結論。他們可以從不同的學科當中擷取並整合科學與科技的解釋，並加以與生活情境結合。這個等級的學生可以透過科學知識與證據採取正確行動並延伸結論。
三	484.1	56.7%	此等級的學生，在某種範圍的情境當中可以辨識出科學議題。學生們可以運用事實與知識來解釋現象並能佐以簡單的模式進行探究。學生能在不同的學科當中解釋與使用科學的概念並加以應用並可以根據事實發展出簡短的論述並且運用科學的知識推導結論。
二	409.5	80.8%	此等級的學生能夠在熟悉的情境之下透過簡易的研究方式來提供可能的解釋與結論。在科學探究結果與科技問題解決方面他們能夠提出簡易的詮釋與說明。
一	334.9	94.8%	此等級的學生，只能在極少數熟悉的情境之下運用有限的科學知識，並且僅能根據所給的證據當中擷取顯易的脈絡給予科學詮釋。

圖 5-1 科學素養的測驗內涵

## 第六章 PISA 試題範例

### 一、PISA 2006 的試題範例

如之前數章所述，PISA的試題是情境式命題，且以題組（unit）形式呈現，內含數小題（item）。題型已於第三章簡單介紹，本章選了三個公開的試題範例，分別是防曬品、運動、和溫室，讓大家檢視題目的難度、題目形式、以及不同領域題目的代表性。詳細內容請同時參閱第二章素養架構、第三章題型、第五章評分與詮釋，並同時參閱圖5-1。

### 參考文獻

PISA國家研究中心（2011）。評量宗旨。2011年4月3日取自

[http://pisa.nutn.edu.tw/pisa\\_tw\\_02.htm](http://pisa.nutn.edu.tw/pisa_tw_02.htm)。

李 暉、劉聖忠（2010）。PISA 2006的測驗設計與試題發展。輯於國家教育研究院籌備處主編之測驗及評量專論文集—題庫建置與測驗編製（第二章）。台北：國家教育研究院籌備處。

林煥祥（主編）（2008）。臺灣參加PISA 2006成果報告。花蓮市：花蓮教育大學。

OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD, Paris.

OECD (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World (Vol.1)*. OECD, Paris.

OECD (2009). *PISA 2006 Technical Report (Vol.2)*. OECD, Paris.

素養 水準	最低 得分	能 力		
		形成科學議題	解釋科學現象	科學舉證
六	707.9	酸雨 問題 5.2 (717) (滿分)	溫室 問題 5 (709)	
五	633.3			溫室 問題 4.2 (659) (滿分)
四	558.7	防曬品 問題 4 (574) 問題 2 (588) 衣服 問題 1 (567)	運動 問題 5 (583)	防曬品 問題 5.2 (629) (滿分) 問題 5.1 (616) (部份計分) 溫室 問題 4.1 (568) (部份計分)
三	484.1	酸雨 問題 5.1 (513) (部份計分) 防曬品 問題 3 (499) 大峽谷 問題 7 (485)	運動 問題 1 (545) 酸雨 問題 2 (506) 瑪莉·蒙塔古 問題 4 (507)	溫室 問題 3 (529)
二	409.5	基因改造農作物 問題 3 (421)	大峽谷 問題 3 (451) 瑪莉·蒙塔古 問題 2 (436) 問題 3 (431) 大峽谷 問題 5 (411)	酸雨 問題 3 (460)
一	334.9		運動 問題 3 (386) 衣服 問題 2 (399)	

圖 2-5 PISA 2006 公開試題範例分布圖

## 防曬品

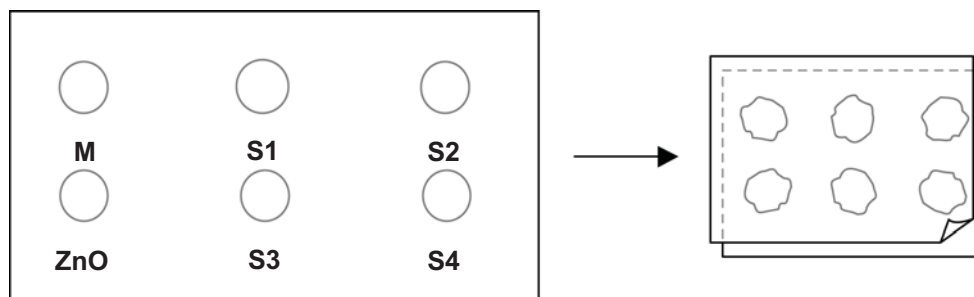
咪咪和狄恩想知道哪種防曬產品提供他們皮膚最佳的保護。防曬產品的**防曬係數 (SPF)** 顯示每種產品吸收陽光的紫外線輻射成分的有效程度。相較於低防曬係數的防曬品，高防曬係數的防曬品保護皮膚的時間更長。

咪咪想出一個方法去比較一些不同的防曬產品。她和狄恩收集了下列東西：

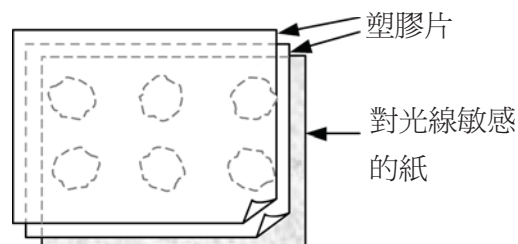
- 兩張不吸收陽光的透明塑膠薄片；
- 一張對光線敏感的紙；
- 礦物油 (M) 和含有氧化鋅 (ZnO) 的乳霜；以及
- 四種不同的防曬品，它們被稱為 S1、S2、S3 和 S4。

咪咪和狄恩將礦物油包含在內是因為它能让大部分的陽光穿透，而氧化鋅則是因為它幾乎可以完全阻擋陽光。

狄恩將每種物質滴一滴在一張塑膠薄片上所標示的圓圈內，然後將第二張塑膠片覆蓋在上面。他將一本大書放在兩張薄片之上並且往下壓。



咪咪接著將塑膠片放在一張對光線敏感的紙上面。對光線敏感的紙的顏色由深灰色轉變為白色（或非常淺灰色），依它暴露在陽光下多久而定。最後，狄恩將這些薄片放在陽光充足的地方。





## 問題 2：防曬品 (S477Q02)

試題類型：選擇題

科學能力：形成科學議題能力

知識類別：科學探究（科學本質）

應用範圍：健康

背景：個人

試題難易度：588 分（層級四）

答對率（OECD 國家）：40.5%

707.9	層級六
633.3	層級五
558.7	層級四
484.1	層級三
409.5	層級二
334.9	層級一
	低於層級一

在比較防曬品的效能時，下列哪一個是礦物油和氧化鋅作用的科學性描述？

- A 礦物油和氧化鋅都是被試驗的因素。
- B 礦物油是被試驗的因素，而氧化鋅是對照物質。
- C 礦物油是對照物質，而氧化鋅是被試驗的因素。
- D 礦物油和氧化鋅都是對照物質。

防曬品評分 2

## 滿分

代號 1：D 礦物油和氧化鋅都是對照物質。

## 零分

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題說明

本問題要求學生對「科學探究」的本質要有一般性的瞭解，以及能認出特別是在兩種極端受測效果的物質對照下，防曬品的效果是如何被測量的。這是關於紫外線輻射防護的應用，而背景是個人關注的。

除了可以從實驗的描述中找出有何改變和被測量的變項之外，學生必須能確定被用以定量受測變項的方法才能獲得滿分。本問題屬於層級 4。

問題 3：防曬品 (S477Q03)

試題類型：選擇題

科學能力：形成科學議題能力

知識類別：科學探究 (科學本質)

應用範圍：健康

背景：個人

試題難易度：499 分 (層級三)

答對率 (OECD 國家)：58.3%



下列哪一個問題是咪咪和狄恩嘗試回答的？

- A 與其他的防曬品比較，每種防曬品的保護如何？
- B 防曬品如何保護你的皮膚免受紫外線輻射傷害？
- C 有沒有任何防曬品提供比礦物油更少的保護？
- D 有沒有任何防曬品提供比氧化鋅更多的保護？

防曬品評分 3

滿分

代號 1：A 與其他的防曬品比較，每種防曬品的保護如何？

零分

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題說明

本問題要求學生正確地找出這項實驗所嘗試要回答的問題，亦即學生需要從題目的實驗敘述中找出受測變項。此問題最初所關切的是有關科學的方法學，以及以往所稱的「科學探究」。這是關於紫外線輻射防護的應用，而背景是個人關注的。由於問題要求學生認出有何改變以及受測變項，故屬於層級 3。

## 問題 4：防曬品 (S447Q04)

試題類型：選擇題

科學能力：形成科學議題能力

知識類別：科學探究 (科學本質)

應用範圍：健康

背景：個人

試題難易度：574 分 (層級四)

答對率 (OECD 國家)：43.0%

層級六	707.9
層級五	633.3
層級四	558.7
層級三	484.1
層級二	409.5
層級一	334.9
低於層級一	

為什麼第二張塑膠薄片被往下壓？

- A 避免油滴變乾。
- B 將油滴盡可能地向外擴展。
- C 將油滴保留在標示的圓圈內。
- D 使得油滴的厚度一樣。

防曬品評分 4

## 滿分

代號 1：D 使得油滴的厚度一樣。

## 零分

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題說明

本問題所關注的是在「科學探究」中，如何使用技巧來控制變項。學生必須瞭解描述技術的目的是確保防曬品相同的厚度。因為探究的方法學是“科學探究”問題的焦點。這是關於紫外線輻射防護的應用，而背景是個人關注的。

正確的答案是學生要能察覺防曬品的厚度會影響結果，而且需要在實驗的設計中說明。因此，本題具有層級 4 的特性。

問題 5：防曬品 (S477Q05)

試題類型：開放式問答

科學能力：科學舉證能力

知識類別：解釋科學 (科學本質)

應用範圍：健康

背景：個人

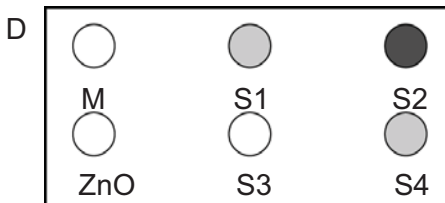
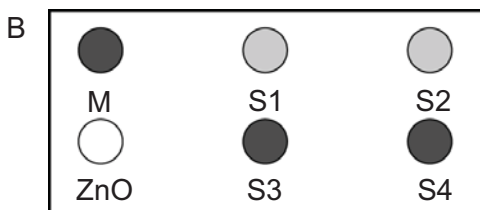
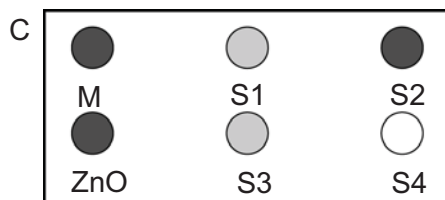
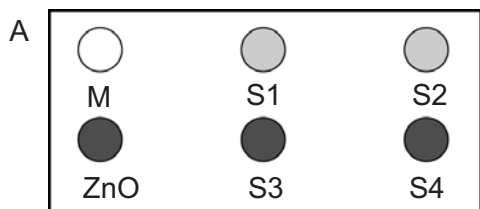
試題難易度：滿分 629 分；部分得分 616 (層級四)

答對率 (OECD 國家)：43.0%



對光線敏感的紙是深灰色，當它暴露在一些陽光下時會褪色成較淺的灰色，而當暴露在大量陽光下時會變成白色。

這些圖示中哪一個顯示出可能會出現的圖案？請解釋為什麼你選擇它。



答案：.....

解釋：.....

.....

.....

## 防曬品評分 5

### 滿分

代號2：A。解釋 ZnO 的圓點維持深灰色(因為它阻擋了陽光)和 M 的圓點變為白色(因為礦物油吸收極少陽光)。[無需(雖然是充分的)包含括號內的附加解釋]

- A。ZnO 已經阻擋了陽光，而 M 讓陽光通過了。
- 我選 A 因為礦物油應該是最淺色，而氧化鋅最深色。

### 部分分數

代號1：A。對 ZnO 圓點或 M 圓點其中一個解釋正確，但是沒有同時給予兩者正確解釋，也沒有對另一圓點給予錯誤的解釋。

- A。礦物油提供最低的 UVL 防護。因此塗抹其他物質的紙張不會是白色。
- A。氧化鋅幾乎吸收了全部的輻射線，而圖示顯示如此。

### 零分

代號 0：其他答案。

- A。因為 ZnO 阻擋光而 M 吸收它。
- B。ZnO 阻擋陽光而且礦物油讓它通過。

代號 9：沒有作答。

### 試題說明

本題是「科學學證」能力中層級 4 的一個例子。在題目中給了學生一項實驗結果，要求學生指出結果為何者，並解釋他們的結論。本問題要求學生展現對所予圖形的理解，然後做出正確的選擇。正確的答案要求題目所給的證據必須吻合圖形中的灰影。學生為了形成結論，必須整合三項證據：(1) 礦物油能讓大部分的陽光穿透，而氧化鋅則可以阻擋大部份陽光；(2) 對光線敏感的紙暴露在陽光下；以及 (3) 只有一個圖形吻合所有規範。因為所要求的結論必須與可得到的證據間，有邏輯上的一致性，因此本題被劃歸為「科學的解釋」類別，這是關於紫外線輻射防護的應用，而背景是個人關注的。

學生必須整合幾個證據，並有效地解釋它的邏輯一致性，以形成正確的結論，故此問題屬於層級 4。在層級 4 尚有滿分與部份得分的區別。這可以由選擇正確圖形所需之技能來加以解釋。滿分的回答被認為是比部份得分更具有完整的解釋。題組 (units) 溫室與防曬品 (圖 2.33 和 2.23) 某些能力上對層級 3 而言是個很好的例子。

## 運動

定期但適度的運動對我們的健康有益。



### 問題 1：運動 (S493Q01)

試題類型：是非題組

科學能力：解釋科學現象能力

知識類別：生命科學 (科學知識)

應用範圍：健康

背景：個人

試題難易度：545 分 (層級三)

答對率 (OECD 國家)：56.6%



定期運動有什麼好處？請就各項陳述，圈出「是」或「否」。

這是定期運動的一項好處嗎？	是 或 否？
運動幫助預防心臟和循環的疾病。	是 / 否
運動引導健康的飲食。	是 / 否
運動幫助避免變得過重。	是 / 否

## 運動評分 1

### 滿分

代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「是、否、是」。

### 零分

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

### 試題說明

這是一個複雜的選擇題，學生必須就所列之三個小題選擇「是」或「否」。能夠正確的回答全部（三個）問題（依序為：是、否、是）才能得分。學生必須具有某些運動知識會較具優勢，因此問題被列為使用科學解釋現象的能力。問題對十五歲的學生有高度的關聯因為這關係到他們自己的個人健康。這個問題在 545 分呈現困難層級，這要高於平均的困難度，故被列入層級 3 的較高部份。在此層級中，學生能夠選擇事實與知識去解釋現象，也可以從不同的學科中解釋與利用科學概念，而且可以直接應用它。

問題 3 運動 (S493Q03)

試題類型：是非題組

科學能力：解釋科學現象能力

知識類別：生命科學 (科學知識)

應用範圍：健康

背景：個人

試題難易度：386 分 (層級一)

答對率 (OECD 國家)：82.4%



當肌肉被運動時發生了什麼事情？請就各項陳述，圈出「是」或「否」。

當肌肉被運動時這情況會發生嗎？	是 或 否？
肌肉獲得增加的血液流動。	是 / 否
脂肪在肌肉中形成。	是 / 否

運動評分 3

滿分

代號 1：全部兩個答案皆正確：答案依次序為「是、否」。

零分

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題說明

在這個問題中，得分的學生要能夠正確地想起關於肌肉運作和體內脂肪生成的知識。亦即學生必須具有科學事實的知識，包括活動肌肉可以增加血液流動，以及當肌肉被運動時不會生成脂肪。學生要能夠接受選擇題中的第一個解釋（選擇「是」），而拒絕第二個解釋（選擇「否」）。

這兩個包含在問題中的事實解釋並無關聯。無論回答「是」或「否」都代表一種關於肌肉運動效果被廣為流傳的知識。因此，本題具有層級 1 特性，**運動、衣服、大峽谷**（圖 2.29, 2.26 和 2.27）等題組都是層級 1 的問題，位於「使用科學解釋現象」能力量尺的最底部。



## 問題 5：運動 (S493Q05)

試題類型：開放式問答

科學能力：解釋科學現象能力

知識類別：生命科學 (科學知識)

應用範圍：健康

背景：個人

試題難易度：583 分 (層級四)

答對率 (OECD 國家)：45.2%



為什麼當你在做運動時比起當你的身體在休息時，你必須更用力呼吸？

.....

.....

.....

運動評分 5

## 滿分

代號 11：爲了清除增加的二氧化碳濃度，並且提供更多的氧給你的身體。

*(不可以用「空氣」代替「二氧化碳」或「氧」)*

- 當你運動身體時，你的身體需要更多氧，並且產生更多二氧化碳。呼吸就是做這件事。
- 呼吸加快可以讓更多的氧進入血液，並且移除更多二氧化碳。

代號 12：清除身體中增加的二氧化碳濃度；或者供給身體更多的氧，但只答了二者中的其中一個。*(不可以用「空氣」代替「二氧化碳」或「氧」)*

- 因爲我們必須除去積聚起來的二氧化碳。
- 因爲肌肉需要氧。*(這暗示當你運動時(使用肌肉)，身體需要更多的氧)*
- 因爲運動會消耗氧。
- 你更用力呼吸是是因爲你把更多的氧帶進你的肺部。*(表達不佳，但學生知道這樣做是增加氧的供給。)*
- 因爲你消耗了許多能量，所以你的身體需吸入二、三倍或更多的空氣。它

同時也需要清除你身體裡的二氧化碳。(第二句可獲代號 12，這暗示比平時更多的二氧化碳需要由身體排出；第一句雖然不構成相互矛盾，但是若只答這句只能獲代號 01。)

### 零分

代號 01：其他答案。

- 爲了給你的肺部更多空氣。
- 因爲肌肉消耗更多能量。(不夠具體)
- 因爲你的心跳加快。
- 你的身體需要氧 (沒有提及需要更多的氧)。

代號 99：沒有作答。

### 試題說明

關於本題學生必須解釋呼吸變得更沉重(更深或更急促)爲何與增加運動有關。要得到分數必須能夠解釋運動時比未運動時，肌肉需要更多的氧氣 且／或 必須清除更多的二氧化碳。因爲學生爲了明確的解釋問題必須召回知識，因此本題屬於「科學知識」的範疇。關於人體生理學的相關知識相當適合應用在「健康」上，雖然只是個人的情境。

爲了要敘述增加運動會使發生在肺部的氣體交換增加，學生需要獲取身體系統的知識。爲了產生對現象的解釋，一些特殊知識會被用到，因此本問題屬於層級 4。

## 溫室

閱讀文章並回答下列問題。

### 溫室效應：事實還是想像？

生物需要能量才能生存。維持地球上生命的能量來自於太陽，由於太陽是如此熾熱，因此將能量輻射到太空中。這些能量只有一小部分會到達地球。

地球的大氣層就像包裹著我們星球表面的保護毯一樣，避免存在於真空世界裡的溫度差異。

大部分來自太陽的輻射能量穿過地球的大氣層。地球吸收部分這些能量，而部分則從地球表面反射回去。部分這些反射的能量會被大氣層吸收。

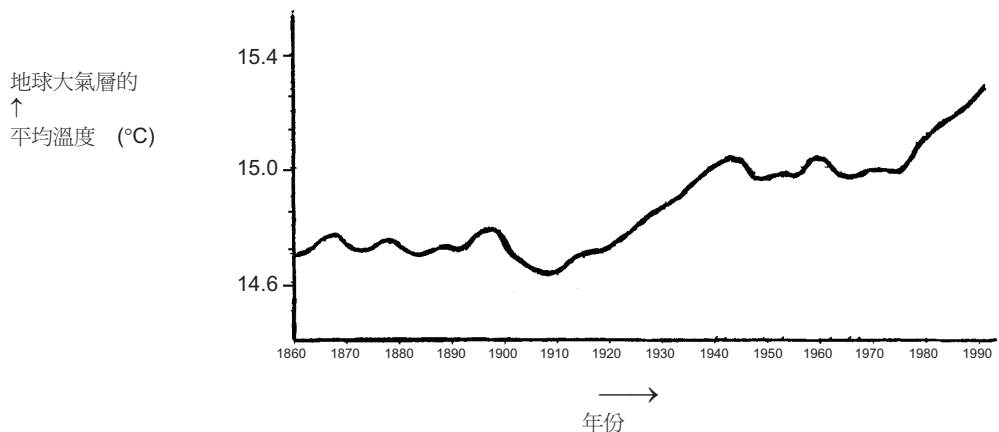
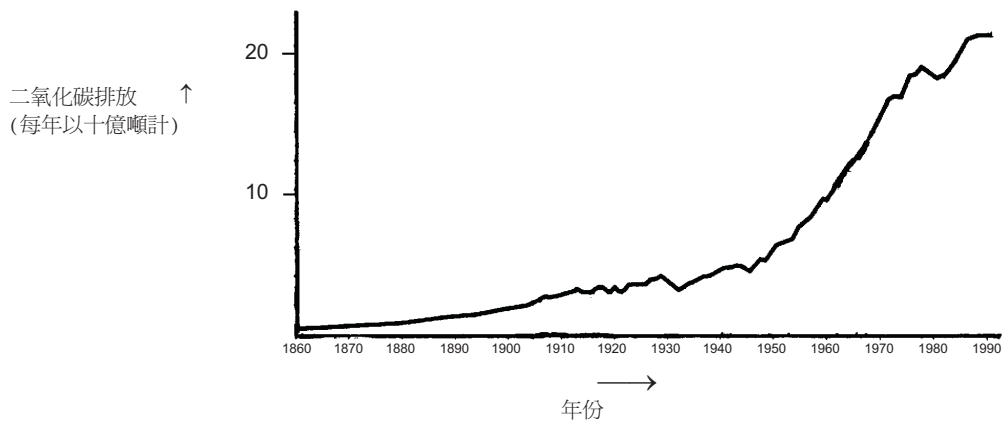
正由於如此，地球表面以上的平均溫度比如果沒有大氣層時來得高。地球大氣層有著和溫室一樣的效應，因此有了溫室效應一詞。

據說溫室效應在二十世紀變得越來越顯著。

事實上，地球大氣層的平均溫度已經增加。報章雜誌經常聲稱，二氧化碳排放的增加是二十世紀溫度上升的主要原因。

一位名叫小德的學生對於地球大氣層的平均溫度和地球上二氧化碳排放之間的可能關係感到興趣。

他在圖書館找到下列兩幅曲線圖。



小德從這兩幅曲線圖得出結論，確信地球大氣層的平均溫度的增加是由於二氧化碳排放的增加。

## 問題 3：溫室 (S114Q03)

試題類型：開放式問答

科學能力：科學舉證能力

知識類別：解釋科學（科學本質）

應用範圍：環境

背景：全球

試題難易度：529 分（層級三）

答對率（OECD 國家）：54%

層級六	707.9
層級五	633.3
層級四	558.7
層級三	484.1
層級二	409.5
層級一	334.9
低於層級一	

曲線圖中有什麼資料支持小德的結論？

.....

.....

溫室評分 3

## 滿分

代號 11：提及（平均）溫度與二氧化碳排放兩者均增加。

- 當排放增加，溫度增加。
- 兩幅曲線圖都在上升。
- 因為在 1910 年兩幅曲線圖都開始上升。
- 隨著 CO<sub>2</sub> 排放，溫度便會上升。
- 在兩幅曲線圖上的資訊線一起上升。
- 所有東西都在增加。
- CO<sub>2</sub> 排放越多，溫度越高。

代號 12：提及（一般而言）溫度與二氧化碳排放有正相關。

（註：這個代號旨在反映學生是否懂得運用以下的專有術語，例如：「正相關」、「相似曲線」或「成正比例」— 雖然，嚴格來說，下列例子並不完全正確，但它反映了學生對題目有足夠的了解，所以可以給予分數。）

- CO<sub>2</sub> 的數量與地球的平均溫度是成正比。
- 曲線形狀相似，表示兩者之間有關係。

## 零分

代號 01：提及（平均）溫度或二氧化碳排放其中一項有增加。

- 溫度已上升。
- CO<sub>2</sub> 正在增加。
- 它顯示了溫度的急劇轉變。

代號 02：提及溫度與二氧化碳，但沒有清楚表明兩者有什麼關係。

- 二氧化碳排放（曲線圖一）對地球上升的溫度（曲線圖二）有所影響。
- 二氧化碳是導致地球溫度增加的主因。

其他答案。

- 二氧化碳排放比地球平均溫度大幅度地上升。（註：這個答案不正確，因為這表示 CO<sub>2</sub> 排放與溫度上升到什麼程度，而非指出「兩者皆增加」的正確答案）
- 多年來 CO<sub>2</sub> 的上升是由於地球大氣層的溫度上升。
- 曲線圖所顯示的向上趨勢。
- 有上升。

代號 99：沒有作答。

## 試題說明

對於「科學舉證」能力，題組（unit）**溫室和防曬品**（圖 2.33 和 2.23）對層級 3 而言是個很好的例子。在溫室題組中的問題 3，學生必須解釋圖形中所呈現的證據，並能推論結合圖形支持平均溫度與二氧化碳排放同時增加的結論。學生被要求從兩個相同時間尺度的圖形做比較以找出證據，去判斷「地球大氣溫度與二氧化碳排放量是有關係的」這個結論是否具有效度。學生必須首先要從數行閱讀文本中看出一些端倪，得分與否須視能否看出兩個圖形都隨時間攀升，或是二者之間存在正相關，並以此支持結論。這個環境議題的作用是依情境界定的也是全球性的。所要求學生的技能是解釋所題供的圖形資料，因此本問題是屬於「科學的解釋」範疇。

學生在此層級 3 的題目中得分，要能夠在兩個圖形中找出簡單的模式，並以此支持結論。

## 問題 4：溫室 (S114Q04)

試題類型：開放式問答

科學能力：科學舉證能力

知識類別：解釋科學 (科學本質)

應用範圍：環境

背景：全球

試題難易度：滿分 659 (層級五)  
部份計分 568 (層級四)

答對率 (OECD 國家)：34.5%



另一名學生小妮卻不同意小德的結論。她比較兩幅曲線圖，指出曲線圖中有些部分並不支持他的結論。

請從曲線圖中的某一部份舉出一個不支持小德結論的例子。請解釋你的答案。

.....

.....

.....

溫室評分 4

## 滿分

代號2：能夠指出兩幅曲線圖中，有哪一部分的曲線不是同時上升或下降，並作出解釋。

- (約) 在 1900-1910 這段時期，CO<sub>2</sub> 增加，但溫度則下降。
- 1980-1983 這段期間，二氧化碳下降而溫度則上升。
- 溫度在 1800 年代的變化不大，但第一幅曲線圖則持續上揚。
- 在 1950-1980 這段期間，溫度沒有增加，而 CO<sub>2</sub> 有增加。
- 從 1940 年至 1975 年，溫度大致維持一樣，但二氧化碳排放顯示急遽上升。
- 1940 年的溫度比 1920 年的高出許多，但它們有類似的二氧化碳排放。

## 部分分數

代號 1：指出了正確的時期，但沒有給予解釋。

- 1930–1933
- 1910 年之前。

指出一個特定年份（而不是時期），並提供合理的解釋。

- 在 1980 年，排放下降，溫度則仍然上升。

舉出了不支持小德結論的例子，但卻寫錯了時期。（註：這類型錯誤必須有證據支持—例：在曲線圖中有一處清楚地描繪一個正確答案，但在轉述資料到文字時出錯。）

- 在 1950 年至 1960 年期間溫度下降，而二氧化碳排放卻增加。提及兩條曲線的不同之處，但沒有指出任何特定的時期。
- 在某些地方溫度上升儘管排放下降。
- 早先有很少的二氧化碳排放，但是卻有很高的溫度。
- 當曲線圖一有穩定的增加時，在曲線圖二卻沒有增加，它維持不變。（註：它「大體上」維持不變。）

- 因為剛開始時溫度仍高，但二氧化碳則很低。

提及其中一幅曲線圖的不規則變化。

- 大約在 1910 年時溫度已下降，然後開始上升了一段時間。
- 在第二幅曲線圖可以見到就在 1910 年之前，地球大氣層的溫度下降。指出了兩幅曲線圖的不同之處，但未能清楚解釋。
- 在 1940 年代，熱度相當高，但二氧化碳卻非常低。（註：這個解釋雖然不清楚，但兩者的不同之處有被清楚地點出來。）

## 零分

代號 0：提及一條曲線的不規則變化，但沒有明確地提及兩幅曲線圖。

- 它上升一點，然後又下滑。
- 它在 1930 年下滑。

提及一段沒有清楚界定的時期或年份，但沒有提供任何解釋。

- 中間部分。
- 1910 年。

其他答案。

- 在 1940 年平均溫度增加，但二氧化碳排放並沒有。
- 在 1910 年左右，溫度已增加但排放沒有。



代號 9：沒有作答。

### 試題說明

本題是在題組「溫室」中關於「科學舉證」的最後一例，要求學生在圖形中找出無法支持結論的地方。這個問題要求學生尋找兩個圖形中異於正相關一般趨勢的特殊差異。學生必須指出圖形不是同時上升或同時下降的部份，並以此做為結論的理由。這要比問題 3 包含了更多的洞察與分析技能，而不僅僅是兩個圖形間一般的關係的歸納，學生不但要指出存在差異的地方，還要提出解釋才能得到滿分。

有效地比較兩組資料的細節，並就所予結論提出批判，獲的滿分就位於科學素養量尺的層級 5。如果學生瞭解問題在問什麼，而且正確地指出兩個圖形的差異，但是未能就此差異提出解釋，就只能得到部份分數，並且被歸於科學素養量尺的層級 4。

這個環境議題的作用是依情境界定的也是全球性的。要求學生具有解釋所予圖形資料的技能，故屬於「科學解釋」的範疇。

### 問題 5：溫室 (S114Q05)

試題類型：開放式問答

科學能力：解釋科學現象能力

知識類別：地球科學（科學知識）

應用範圍：環境

背景：全球

試題難易度：709 分（層級六）

答對率（OECD 國家）：18.9%

707.9	層級六
633.3	層級五
558.7	層級四
484.1	層級三
409.5	層級二
334.9	層級一
	低於層級一

小德堅持自己的結論，即地球大氣層平均溫度的上升是由於二氧化碳排放的增加所引起的。但是小妮則認為他的結論太草率。她說：「在接受這個結論之前，你必須確定其他可能影響溫室效應的因素維持不變。」

請寫出小妮所指的其中一個因素。

.....

.....

### 溫室評分 5

#### 滿分

代號 11：寫出一個因素提及來自太陽的能量或輻射。

- 太陽發熱和地球可能改變位置。
- 由地球反射回去的能量。

代號 12：寫出一個因素提及一種自然成分或一種可能的污染源。

- 空氣中的水蒸氣。
- 雲。
- 像火山爆發的事情。
- 大氣層的污染（氣體、燃料）。
- 廢氣的數量。
- 氟氯碳化物（CFC）。

- 汽車數目。
- 臭氧（為空氣的一個成分）。  
（註：如學生填上臭氧層受破壞，請用代號 03。）

### 零分

代號 01：提及影響二氧化碳濃度的原因。

- 砍伐熱帶雨林。
- CO<sub>2</sub> 的排放量。
- 化石燃料。

代號 02：提及不夠具體的因素。

- 肥料。
- 噴霧器。
- 天氣情況如何。

代號 03：其他錯誤因素或其他答案。

- 氧的數量。
- 氮。
- 臭氧層裡的洞也越來越大。

代號 99：沒有作答。

### 試題說明

題組 (unit) 「**溫室**」(圖 2.33) 的問題 5 是一個「層級 6」，以及「使用科學解釋現象」能力的實例。在此問題中，學生必須分析結論以說明其它可影響溫室效應的因素。這個問題包含了「辨識科學議題」與「使用科學解釋現象」兩種能力。學生需要瞭解測量變項、瞭解這些變項，以及控制外在的改變因素是必要的。學生必須處理地球系統的科學知識，以找出至少一個將被控制的因素。後者的評鑑標準在於考慮重要的科學技能已被納入，因此這個問題被分類為「使用科學解釋現象」的能力。這個環境議題的作用是依情境界定的也是全球性的。

如同第一步驟，學生若要在這個問題得到分數，就必須要能找出有何改變以及有哪些是考量過的變項，並對於如何認出其它因素影響之探究方法要有足夠的瞭解。無論如何，學生也需要瞭解脈絡中的情節並認出其主要成分。要決定有什麼「其它」因素可能影響地球溫度與二氧化碳排放入大氣的含量之間的關係，包含了許多抽象的概念和它們之間的關係。本問題在「使用科學解釋現象」的類別上，居於層級 5 和 6 之間。





## 第七章 PISA 試題

PISA 種子教師

S1 海平面上升與地層下陷·····	P 57~P 72
S2 食物的選擇·····	P 73~P 82
S3 後像的特性與應用·····	P 83~P 92
S4 腳踏車·····	P 93~P 98
S5 你對輻射”單位”了解多少·····	P 99~P106
S6 粉塵爆炸·····	P107~P116
S7 戴奧辛問題·····	P117~P130
S8 太陽能發電·····	P131~P138
S9 胡椒蛾·····	P139~P146
S10 曬鹽·····	P147~P154
S11 核能發電·····	P155~P160
S12 海嘯·····	P161~P166
S13 放射性碘·····	P167~P170
S14 水中的吸管·····	P171~P180
S15 塑化劑·····	P181~P190
S16 筆筒樹的浩劫·····	P191~P198
S17 暖氣蜂·····	P199~P206
S18 亂石崩雲，驚濤駭浪·····	P207~P220
S19 益生菌，真的有益嗎？·····	P221~P228
S20 那個先來？蛋或是雞？·····	P229~P236
S21 點屎成金？·····	P237~P246
S22 竹筴與食物的漂白·····	P247~P260
S23 愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長·····	P261~P276
S24 再生輪胎·····	P277~P288
S25 山崩災害·····	P289~P300





## S01 海平面升上與地層下陷

指導教授--王順美 國立臺灣師範大學環境教育研究所

設計團隊--周鴻騰 國立空中大學生活科學系

李青芬 新北市立中正國中

徐毓慧 基隆市立建德國中

許芳謹 基隆市立中正國中

郭淑妙 基隆市立百福國中

陳立偉 臺北市立湖山國民小學

劉建煌 苗栗縣立大山國小

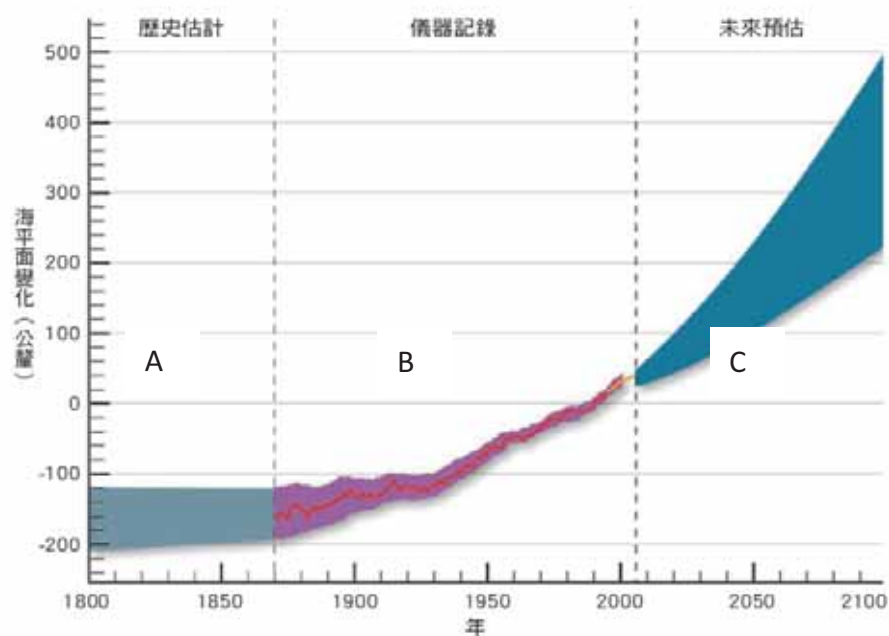
蔡佳雯 基隆市立百福國中

## S01 海平面上升與地層下陷

### 問題 01：海平面上升與地層下陷

閱讀下列文章並回答下列問題：

傑倫與伊林一起觀賞《 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 》紀錄片，這是第一部記錄臺灣氣候變遷的紀錄片。因為全球溫室氣體排放量居高不下，導致溫室效應加劇，全球平均溫度持續上升，海溫也在上升，結果造成了冰川逐漸消融，同時也因為海水的熱膨脹，而造成海平面持續上升。在這部片中，他們也很細心的觀察到：格陵蘭冰棚和南極洲冰原是覆蓋在陸地上的冰(陸冰)，而北極的海冰是漂在海面上的冰(海冰)。



全球平均海平面監測及推估圖

資料來源：趙丰(2008)。海平面，你隱藏了多少秘密？*科學人*。75：68-72

<http://libserver.wlsh.tyc.edu.tw/sa/pdf.file/ch/c075/c075p068.pdf>

- (1) 以上所提供的資料中，從 1900 年至 2011 年海平面呈現什麼樣的趨勢？是什麼因素會影響到海平面的變化？

-----  
-----

- (2) 以上曲線圖中，寬度愈大表示誤差愈大。B 段的寬度愈來愈小，請問如何解釋？

因為觀測儀器的進步，所監測的資料較為準確。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
表示海平面變化沒有太大的差別。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
因為資料的來源較多源自於實際的觀測數。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
因為年代距今愈遠，資料愈不全，所以資料愈寬。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否



海平面上升與地層下陷 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：(1) 1. 1900 年~2011 年間，可以看出全球平均海平面有上升的趨勢。從 1950 年~2011 年間的海平面上升的速率變得增快。

2. 海平面的上升可能的因素，有一部份是因為海水增溫，海水體積因熱而膨脹所致，另一部份則來自陸冰融他匯流入海所增加的水量。

- (2) 1. 因為觀測儀器的進步，所監測的資料較為準確。 一是  
 2. 表示海平面變化沒有太大的差別。 一否  
 3. 因為資料的來源較多源自於實際的觀測數。 一是  
 4. 因為年代距今愈遠，資料愈不全，所以資料愈寬。 一是

部分給分：

代號 11：只有寫出全球平均海平面有上升的趨勢。

代號 12：只有寫出影響因素。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)</b> ： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)</b> ： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	左段灰色區塊變動不明顯。中段紅色區塊是衛星儀器監測到的數據，呈現明顯上升並加速的情況。右段藍色區塊屬推估未來，可能未知因素多、未知範圍大，但也呈現上升的趨勢。 根據 IPCC(2007)說明海平面上升主要有兩個原因：(1)地

	球平均溫度升高，海水受熱膨脹，體積增加(在總增量中約占 57%)。(2) 地球平均溫度升高，南極洲、格陵蘭與陸上冰川消融，使海水體積增加(在總增量中約占 28%)。
--	--

## 問題 02：海平面上升與地層下陷

傑倫則對於「是海冰還是陸冰對海平面變化的影響較大？」感到興趣，老師拿了一杯放了冰塊的鹽水，來比喻說明海冰融化的現象。請回答下列問題：



圖 2 漂浮在北極海面上的海冰      一杯放了冰塊的鹽水

圖片來源：[http://www.yn.xinhuanet.com/sms/2008-12/08/content\\_15124916.htm](http://www.yn.xinhuanet.com/sms/2008-12/08/content_15124916.htm)  
<http://blog.udn.com/tsueying/298502>

若根據老師的講解，漂浮在北極海面上的海冰融化或南極的陸冰融化，哪一個會明顯造成海平面上升？請問老師提供的理由是什麼？

- A. 北極海冰造成海平面上升的影響較大，因為海冰直接融化而進入海洋。
- B. 北極海冰造成海平面上升的影響較大，因為海冰完全是水所組成的。
- C. 北極海冰造成的影響不大，因為海冰在融化前在海水即佔有體積。
- D. 北極海冰造成的影響不大，因為南極陸冰的體積比北極海冰大多了。

## 海平面上升與地層下陷 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：C. 北極海冰造成的影響不大，因為海冰在融化前在海水即佔有體積。

以一杯放了冰塊的鹽水為例，冰塊融化不會明顯造成水位升降，用以類推海冰融化也是一樣的道理。北極海面上漂浮的海冰，在融化前在海水中即佔有體積，但在融化後不會造成海平面明顯的上升。而南極的陸冰融化，海平面會明顯上升。因為陸冰在融化前，不在海水中佔有體積，但是在融化後，會形成等質量的水流入海洋，所以會上升。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)</b> ： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)</b> ： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	根據 IPCC(2007)說明海平面上升主要有兩個原因：(1)地球平均溫度升高，海水受熱膨脹，體積增加(在總增量中約占 57%)。(2) 地球平均溫度升高，南極洲、格陵蘭與陸上冰川消融，使海水體積增加(在總增量中約占 28%)。本題論及海冰融解會不會造成海平面上升，這由於在南極洲的冰棚是覆蓋在陸地上，在融化前並不在海水中佔有體積，所以在融化後會形成等質量的水流入海洋。而北極的海冰(浮冰)，在融化前在海水中即佔有體積，但在融化後不會造成海平面明顯的升或降。因此海冰融化，海平面不會上升；而陸冰融化，則會影響海平面上升。 學生必須從閱讀本文，判斷陸冰與海冰之間的不同，得分

	<p>與否必須能否依課堂所學(自然與生活科技),以及在日常生活的觀察,依此找到答案。本題所要求學生的技能是解釋所提供的文本與圖片資料,因此本問題是屬於「科學解釋」的範疇。</p>
--	---

### 問題 03：海平面上升與地層下陷

(題型 1—判讀與理解圖上畫出箭號與方向的意義，進而提出解答)

海平面上升對於各個地方的影響，會因為各地方的情況不同而有所不同。以下是在臺灣的彰化、雲林、嘉義、屏東沿海地區的情境示意圖，請回答下列問題：

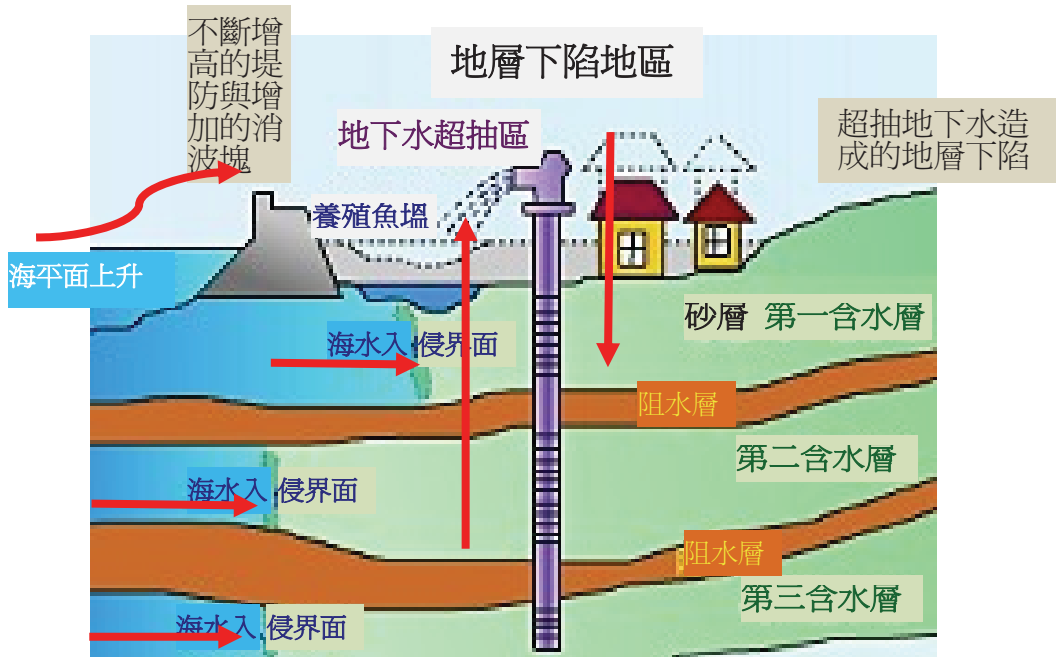


圖 3 海平面上升與地層下陷

圖片來源：<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2005/inmjh/08-files/0802.htm>

(1) 地下水層污染、土壤鹽化等問題主要是什麼原因所導致的？

-----  
 -----

(2) 海水倒灌、海岸地侵蝕、堤防潰堤等問題主要是什麼原因所導致的？

-----  
 -----

(3) 若沿岸地區以增高的堤防與增加消波塊來因應全球暖化對彰化、雲林、嘉義、屏東沿海一帶的影響，從上圖中你認為要考慮那些因素？你認為增高堤防是不是長期有效的解決方法？

-----  
 -----

海平面上升與地層下陷 題型 1 評分三

評分說明：

滿分：

代號 2：(1) 地下水層污染、土壤鹽化等問題主要是過度超抽地下水造成海水入侵所引起的。

(2) 海水倒灌、海岸地侵蝕、堤防潰堤等問題主要是陸冰融化、海水的熱膨脹造成海平面上升所引起的。

(3) 考慮的因素包括：(1)海平面上升的情況、(2)地層下陷的情況、(3)颱風增加暴潮的情況。

可以有兩種不同的回答：

3-1 是可以的，更多的消波塊或建築更高的堤防，可以阻擋海水倒灌，防止海岸地侵蝕、堤防潰堤。

3-2 是不太可能，因為海平面上升與地層下陷的速度太快了，建堤防或投入更多的消波塊，長時間後，它們依然會慢慢沈下去。

部分給分：

代號 1：1. 僅寫出過度超抽地下水，但沒有提及海水入侵。

2. 僅寫出海平面上升，但沒有提及陸冰融化、海水的熱膨脹。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	海平面上升主要有兩個原因：地球平均溫度升高，海水受熱膨脹，體積增加。地球平均溫度升高，南極洲、格陵蘭與陸上冰川消融，使海水體積增加。海平面上升將使得國土縮減外，還會加劇海岸侵蝕、海水倒灌或海堤潰決。海

平面上升將使地層下陷的地區受到災害之情況更加劇烈。地層下陷主要是過度超抽地下水，造成海水入侵所引起的。因為海水入侵將會導致地下水層污染、土壤鹽化等問題，反過來危害居民及農漁業環境。

在海岸地區投入更多的消波塊或建築更高的堤防，就短時間而言，加高與加強可以抵擋海岸侵蝕、海水倒灌。但長時間而言，也要考慮消波塊或堤防也會下沉的情況。除此，考慮的因素還可以包括颱風增加暴潮的情況。(經濟部水利署，2011)。

因此，海平面上升，對於各個地方的影響，會因為各地方的情況不同而有異。在臺灣的彰化、雲林、嘉義、屏東沿海一帶，因養殖業抽地下水影響地層，則所受到的衝擊會更大。因此，若沿岸地區以增高的堤防與增加消波塊來因應全球暖化，則是讓學生根據兩者之間的動態關係上，思考這項策略的利與弊，並且作出選擇。

學生必須從閱讀文本及圖片中，看出兩者之間的關係，得分與否視學生能否依課堂所學(自然與生活科技)，以及在日常生活的觀察，依此找到答案。本題所要求學生的技能是解釋所提供的文本與圖片資料，因此本問題是屬於「科學解釋」的範疇。



問題 03：海平面上升與地層下陷

(題型 2—判斷與畫出圖上的箭號與方向)

海平面上升，對於各個地方的影響，會因為各地方的情況不同而有異。在臺灣的彰化、雲林、嘉義、屏東沿海一帶因養殖業抽地下水影響地層，海平面因全球暖化有所改變，請協助完成示意圖，將上述的影響表達清楚：

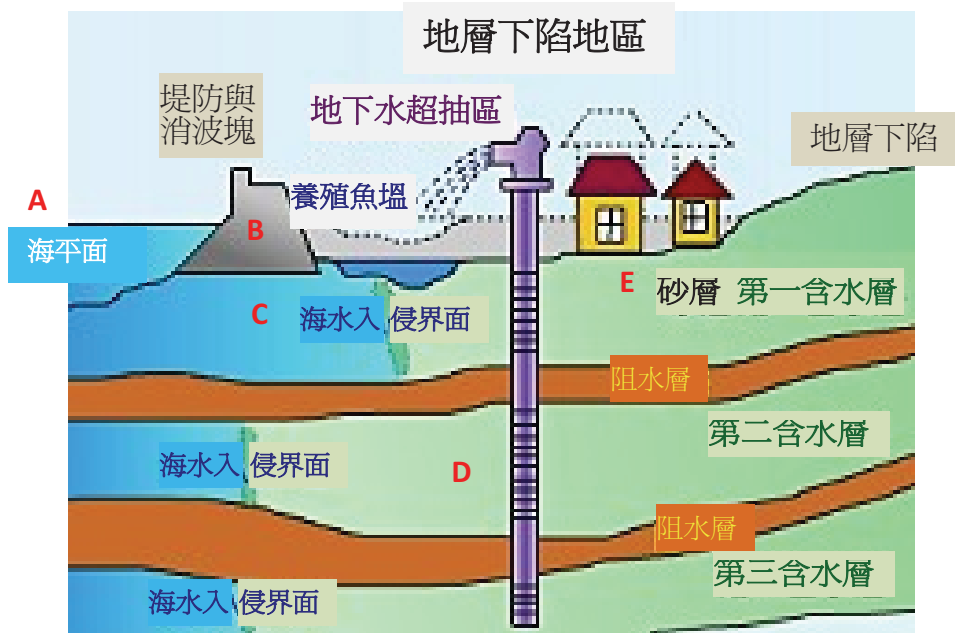


圖 3 海平面上升與地層下陷

圖片來源：<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2005/inmjh/08-files/0802.htm>

- (1) 地下水層污染、土壤鹽化等問題主要是什麼原因所導致的？請從上圖的 A、B、C、D、E 處，挑選與地下水層污染、土壤鹽化問題相關之處，並依序排列，各處又以上下左右的箭號，表示其移動方向，造成此環境問題。

-----

-----

- (2) 海水倒灌、海岸地侵蝕、堤防潰堤等問題，在上圖中，主要是什麼原因所導致的？

-----

-----

- (3) 若沿岸地區以增高的堤防與增加消波塊來因應全球暖化對彰化、雲林、嘉義、屏東沿海一帶的影響，從上圖中你認為要考慮那些因素？你認為增高堤防是不是長期有效的解決方法？

-----

-----

## 海平面上升與地層下陷 題型 2 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：(1) D↑，C→，E↓。或 D↑，C→。(D 要列為第一位且箭頭向上，C 要在 D 之後列出並向右，E 不一定要列，方向為向下)。

(2) A↑ (或海平面上升)

(3) 建造堤防與投入消波塊考慮的因素可以包括：1.海平面上升的情況、2.地層下陷的情況。

對於加高堤防是否有效，可以有兩種不同的回答：

3-1 短時間是有效的，更多的消波塊或建築更高的堤防，可以阻擋因海平面上升所帶來的海水倒灌，防止海岸地侵蝕、堤防潰堤。

3-2 長時間靠加高堤防，效果是不確定，因為海平面上升與地層下陷同時在發生，其垂直距離改變速度無法確定。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	海平面上升主要有兩個原因：地球平均溫度升高，海水受熱膨脹，體積增加。地球平均溫度升高，南極洲、格陵蘭與陸上冰川消融，使海水體積增加。海平面上升將使得國土流失外，還會加劇海岸侵蝕、海水倒灌或海堤潰決。海平面上升將使地層下陷的地區受到災害之情況更加劇烈。地層下陷主要是過度超抽地下水造成海水入侵所引起的。因為海水入侵將會導致地下水層污染、土壤鹽化等問題，

反過來危害居民及農漁業環境。

在海岸地區投入更多的消波塊或建築更高的堤防，就短時間而言加高與加強可以抵擋海岸侵蝕、海水倒灌。但長時間而言，也要考慮消波塊或堤防也會下沉的情況。除此，考慮的因素還可以包括颱風增加暴潮的情況。(經濟部水利署，2011)。

因此，海平面上升，對於各個地方的影響，會因為各地方的情況不同而有異。在臺灣的彰化、雲林、嘉義、屏東沿海一帶，因養殖業抽地下水影響地層，則所受到的衝擊會更大。因此，若沿岸地區以增高的堤防與增加消波塊來因應全球暖化，則是讓學生根基於兩者之間的動態關係上，思考這項策略的利與弊，並且作出選擇與決定。

學生必須從閱讀文本及圖片中看出兩者之間的關係，得分與否必須能否依之課堂所學(自然與生活科技)，以及在日常生活的觀察，依此找到答案。本題所要求學生的技能是解釋所提供的文本與圖片資料，因此本問題是屬於「科學解釋」的範疇。

問題 04：海平面上升與地層下陷

對於下列的陳述，你同意的程度有多少？

請在每一行內只勾選一個方格。

非常同意 同意 不同意 非常不同意

我願意在寒暑假收集更多海平面上升或地層下陷的資訊來確定其影響因素。

當我檢視數據時我會花時間確定數據的來源，我會更謹慎的應用數據資料。

海平面上升與地層下陷 評分四

評分說明：(略)

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	本試題是測學生科學態度中探究的支持與學習的興趣。因為針對海平面上升與地層下陷的議題中，除了有意願再進一步的探究之外，也可以顯示對這個環境議題的關心。但科學講求證據，所有觀測到的數據都要小心翼翼的反思，才能使用。這也說明了科學態度的重要性。





## S02 食物的選擇

指導教授--王順美 國立臺灣師範大學環境教育研究所

設計團隊--劉建煌 苗栗縣立大山國小

李青芬 新北市立中正國中

周鴻騰 國立空中大學生活科學系

徐毓慧 基隆市立建德國中

許芳謹 基隆市立中正國中

郭淑妙 基隆市立百福國中

陳立偉 臺北市立湖山國民小學

蔡佳雯 基隆市立百福國中

## S02 食物的選擇

### 問題 01：食物的選擇

小明和小華爭論 CH<sub>4</sub> (甲烷) 和 CO<sub>2</sub> (二氧化碳) 哪一個對全球暖化的影響比較大？小明認為是 CH<sub>4</sub>，因為 CH<sub>4</sub> 的全球暖化潛勢比較大(如下表)，但是小華認為是 CO<sub>2</sub>，依據下表，你認為小華應該提出什麼證據來證明他的看法？

溫室氣體	全球每年排放量	半衰期 (年)	全球暖化潛勢
CO <sub>2</sub>	230 億噸	50-200	1
CH <sub>4</sub>	2 億噸	12	23

\*全球暖化潛勢(global warming potential)：特定時間(100年)內每種氣體相對於 CO<sub>2</sub> 所造成的暖化影響力。

-----

-----



## 食物的選擇 評分一

評分說明：

滿分：

代號 11：提及所排出來 CO<sub>2</sub> 的量比較大。

代號 12：提及 CO<sub>2</sub> 的半衰期很長，會停留在大氣中很久，影響比較久。

零分：

代號 0：CH<sub>4</sub> 的全球暖化潛勢比較大，或 CO<sub>2</sub> 全球暖化潛勢比較小。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input checked="" type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	CH <sub>4</sub> 的全球暖化潛勢是 CO <sub>2</sub> 的 23 倍，但是全球 CO <sub>2</sub> 的排放量遠高於 CH <sub>4</sub> ，而且半衰期較長，留在大氣中的時間較久，因此 CO <sub>2</sub> 對全球暖化的影響比 CH <sub>4</sub> 大。 本題藉由不同立場的辯護中，讓學生發現兩組數據對全球暖化影響的差別，並解釋數據所隱含的意義。

**問題 02：食物的選擇**

有一篇科學雜誌的報導如下：

以同樣的重量單位來比較，生產牛肉產生的溫室氣體所造成的暖化效應，大約是生產雞肉的 13 倍、生產馬鈴薯的 57 倍。根據聯合國糧食及農業組織 (FAO) 在 2006 年的報告，我們的飲食特別是肉類，排放到大氣中的溫室氣體比運輸或工業更高。  
(科學人雜誌 2009 年第 85 期 3 月號)

小明閱讀了上文之後開始每週一日吃蔬食。你認為他是依據上文中的哪些資訊？

-----  
-----

## 食物的選擇 評分二

評分說明：

滿分：

代號 11：生產肉類所排出的溫室氣體(二氧化碳、甲烷)比蔬菜多。

- 少吃肉類減少溫室氣體(二氧化碳、甲烷)。
- 吃肉類會增加溫室氣體(二氧化碳、甲烷)，加速溫室效應。

代號 12：生產牛肉產生的溫室氣體(二氧化碳、甲烷)所造成的暖化效應是馬鈴薯的 57 倍。

代號 13：生產蔬食所產生的溫室氣體(二氧化碳、甲烷)較少。

代號 14：吃肉類所產生的溫室氣體(二氧化碳、甲烷)多過運輸和工業。

零分：

代號 0：其他答案。

- 只寫「蔬食救地球」，未描述原因。
- 多吃肉類對身體不好。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率( )	
試題說明	以同樣的重量單位來比較，生產肉類產生的溫室氣體所造成的暖化效應，遠高於生產蔬菜。本題是「科學解釋」能力的問題，學生必須從題本中看出蔬菜的生產過程所排出來的碳當量比生產肉類少，所以吃蔬食有助於減少碳排放。

## 問題 03：食物的選擇

根據小明每週一日吃蔬食的行為，我們可以知道？

小明相信科學人雜誌的資訊	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
小明在乎飲食對環境的影響	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否

食物的選擇 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：是、是。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	上一題文本中的內容是造成小明每週一蔬食原因，因此可推論小明是相信並認同文中的內容。本題是要讓學生去探討行為背後的原因。

**問題 04：食物的選擇**

小明住在台北，今天他到超級市場購買每週一蔬食的食材，他選擇了 A 套，老師說對於環境的影響，小明做了較佳的選擇，你認為老師是依據什麼做判斷？

A 套：台灣米、古坑咖啡、台灣蔬果

B 套：泰國米、巴西咖啡、日本蔬果

### 食物的選擇 評分四

評分說明：

滿分：

代號 1：A 套是國內所生產，運送距離比較短。

代號 2：食物運送的距離。

零分：

代號 0：只提到「都是國內生產」，但是沒有提到和運送距離有關。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	學生要能從兩套食材的內容，歸納出它們的差異在於 A 套是國內生產，而 B 套是國外生產。生產地點越遠運輸所排的溫室氣體越高，對環境的負面影響越大。







## S03 後像的特性與應用

指導教授--王順美 國立臺灣師範大學環境教育研究所

設計團隊--徐毓慧 基隆市立建德國中

李青芬 新北市立中正國中

周鴻騰 國立空中大學生活科學系

許芳謹 基隆市立中正國中

郭淑妙 基隆市立百福國中

陳立偉 臺北市立湖山國民小學

劉建煌 苗栗縣立大山國小

蔡佳雯 基隆市立百福國中

## S03 後像的特性與應用

人類藉由眼睛觀察自然界，瞭解自然現象，然而，由於眼睛接受光線之後，經由大腦處理影像，有時會出現與真實世界不一致的現象。如在平面鏡前可以看到鏡後的影像，但別人在鏡後卻找不到任何影像。以下介紹一種特殊的視覺現象：

當我們專注看著某一影像時，常會發現所看到的影像有連續或是停留在眼前的情形（物體不在眼前，但眼前仍然出現該物體的影像），這種現象可稱為後像。

後像產生的主要原因為視覺暫留，是指光對視網膜所產生的視覺，在光停止作用後，仍保留一段時間的現象。後像又可分為正片後像和負片後像。正片後像的顏色與形狀和原物相同，常應用在快速播放之圖片，產生連續動畫的效果。而負片後像的顏色轉變成原來物體的互補色（如紅色變成青色，藍色變成黃色，黑色變成白色），負片後像產生的原因，除了視覺暫留之外，還包括視覺疲勞，必須較長時間（至少約 10 秒鐘）注視某種物體，才會出現。

兩者的差異如下表所示：

	產生原因	顏色變化
正片後像	視覺暫留	與原色相同
負片後像	視覺暫留、視覺疲勞	變成互補色

### 問題 01：後像的特性與應用

由上表與文字內容判斷下列何者敘述正確，圈出是或否？

人眼所見的影像會因為大腦的處理而和自然界有所差異。	是 / 否
後像是大腦之中暫時存放的影像。	是 / 否
長時間注視某物體所形成的後像，顏色與原物相同。	是 / 否

後像的特性與應用 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「是、是、否」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率( )	
試題說明	學生必須就所列之三個小題選擇「是」或「否」。能夠正確的回答全部(三個)問題(依序為：是、是、否)才能得分。學生必須依據文章所提供的內容判斷問題的對錯。

**問題 02：後像的特性與應用**

40 歲的台灣攝影師陳志通，以「縮時攝影」的手法，將 3 年多來一次次拍攝下的合歡山美景，濃縮成短短 3 分鐘的影片，紀錄了合歡山的雲海、星空、日出、夕陽等美景，影片 PO 上網，引起一片讚嘆叫好，有網友建議觀光局，應該買來當台灣的形象廣告。

(節錄自 TVBS 新聞 2011/04/30)

問：請利用後像原理說明攝影師陳志通如何將所拍照片製作出 3 分鐘的影片？

---

---

後像的特性與應用 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：答案為「正片後像」，內容包含「需要大量照片或圖片」以及「播放時間短或快速」，呈現動畫效果。

部份給分：

代號 1：答案內容包含「需要大量照片或圖片」或「播放時間短或快速」其中一個。

零分：

代號 0：答案為「負片後像」或其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	什麼是縮時攝影?簡單來說,就是固定的時間間隔連續拍同一場景,拍攝大量的照片後,再將照片一張張的全部串連起來快速播放。由於每張照片的呈現時間短,就會像卡通影片一般造成視覺暫留的效果,成為動態影片,而不是一張張的照片。 學生如果仔細閱讀題目可以藉由「快速播放」及「顏色與原色相同」兩個特點,得到「正片後像」這個答案。因為負片後像的產生需要在長時間注視某物體之後才產生,而其有顏色變為互補色的特性,因此,不適合用於解釋「縮時攝影」的影像特質。

**問題 03：後像的特性與應用**

人眼要分辨兩張不同連續翻動的圖片，翻動的間隔時間需要大於 0.04 秒，否則會出現視覺暫留的現象，而將兩張圖片視為同一個畫面。因此，製作縮時攝影的影片時，一秒鐘至少須播放幾張圖片？要列出算式。

-----  
-----

### 後像的特性與應用 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：答案為「每秒鐘播放多於 25 張圖片」。算式正確，答案亦正確。

部分給分：

代號 2：列出正確算式，但結果錯誤。

零分：

代號 0：計算錯誤，或其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	在這個問題中，得分的學生要能夠利用數學的計算技巧，將一秒除以 0.04 秒，來獲得 25 個時間間隔，也就是 25 張或 26 張連續撥放的圖片。由此了解「動畫」製作的基本技巧。 算式： $1/0.04=25$ 張/秒。

**問題 04：後像的特性與應用**

為了使醫生在長時間動手術時，不會受到其他顏色的干擾，產生「眼花撩亂」的情形，所以手術衣都用青綠色的。假設有一天，人類與外星人往來頻繁，人類醫生需要幫流著藍色血液的外星人動手術時，你認為他們的手術衣應該更換成什麼顏色？以避免在手術時眼花撩亂，並請說明理由。

---

---



後像的特性與應用 評分四

評分說明：

滿分：

代號 2：敘述中包含「黃色」以及「黃色為藍色之互補色」。

部分給分：

代號 1：• 答案敘述中只有「黃色」。

• 答案敘述有提到需選擇「藍色的互補色」。

零分：

代號 0：只寫「負片後像」，或其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	當醫生動手術時，一直注視在紅色內臟上，如果轉頭看旁邊，便會看到綠色的暫留影像。為了使醫生在長時間動手術時，不會產生「眼花撩亂」的情形，所以手術衣都用綠色的。如果手術對象為流著藍色血液的外星人，因為負片後像的影響，醫生會看到互補色為黃色的影像，因此，手術衣更換為黃色，較能幫助醫生專注。





## S04 腳踏車

指導教授--	任宗浩	國立臺灣師範大學科學教育中心
	李哲迪	國立臺灣師範大學科學教育中心
設計團隊--	祁明輝	臺北市立龍山國中
	王美玲	臺北市立萬華國中
	吳美玲	臺北市立介壽國中
	柯若萍	國立政大附中
	張嫻嫻	臺北市立萬華國中
	黃振祐	臺北市立古亭國中
	黃泰日	臺北市立石牌國中
	劉新	臺北市立螢橋國中
	黎湘玲	臺北市立萬芳高中
	蘇彥享	臺北市立天母國中

## S04 腳踏車

在此能源日益短缺的時代，腳踏車是不錯的短程代步交通工具之一。腳踏車的主要結構如下圖所示，其中利用一些機械組合而成為一個方便的交通工具。



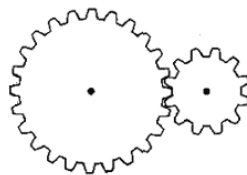
<http://urbanvelo.org/wordpress/wp-content/uploads/2008/02/engin1.jpg>

<標記構造名稱：前車輪、踏板、曲柄、大鏈輪、鏈條、小鏈輪、後車輪>

圖 腳踏車的構造

當腳施力於腳踏車的踏板時，使曲柄與大鏈輪一起轉動，進而帶動鏈條跟著轉動，鏈條又帶動小鏈輪轉動，而與小鏈輪連接的後車輪也跟著開始轉動，因此腳踏車便可以行駛了。

齒輪間除了可以鏈條連結外，亦可將齒輪間以互相咬合方式連接，如下圖所示，而達到傳動的目的。

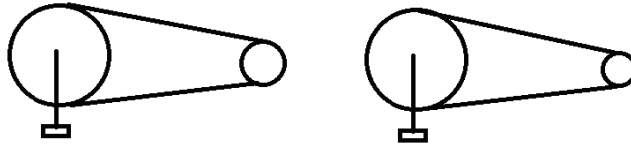


### 問題 01：腳踏車

有一種多段變速的腳踏車，會將數個不同半徑(齒數)的小鏈輪與後車輪連接，騎車時可依不同情況改變與鏈條連接的小鏈輪。現有甲、乙兩種連接方式，如下圖所示，則腳踩踏板使曲柄均轉動一圈時，哪一種連接方式可使腳踏車行駛距離最遠？並說明理由。

甲

乙



(同一部腳踏車照片圓形圖案表示鏈輪(齒輪))

---

---

腳踏車 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：乙，腳踩踏板使曲柄均轉動一圈時，因小鏈輪的齒數較少(或半徑較小)，小鏈輪(後車輪)轉動圈數較多，故行駛距離較遠。

部分給分：

代號 1：•(1)乙。

•(2)小鏈輪(後車輪)轉動圈數較多。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

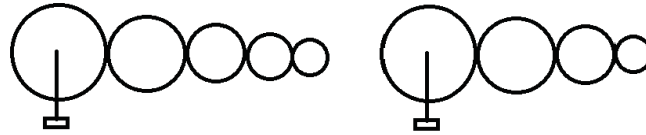
試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易(層級二)
試題說明	關於本題學生必須解釋齒數較少(或半徑較小)的小鏈輪，小鏈輪(或後車輪)轉動圈數較多。因為學生為了明確的解釋問題必須具有一些知識，因此本題屬於「科學知識」的範疇。 為了要敘述對現象的解釋，學生需要一些科學知識，因此本問題屬於層級二。

問題 02：腳踏車

小強與大明各設計一款以齒輪互相咬合方式來帶動後車輪轉動的腳踏車，如下圖所示。則哪一人的設計是可行的？並說明理由。

小強

大明



<標記名稱：踏板、曲柄、大鏈輪、小鏈輪、後車輪>  
圓形圖案表示鏈輪(齒輪)

-----  
-----

腳踏車 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：小強，腳踩踏板使曲柄轉動時，大鏈輪（或踏板、或曲柄）的轉動方向與小鏈輪的轉動方向相同。

部分給分：

代號 1：• (1) 小強。

• (2) 大鏈輪（或踏板、或曲柄）的轉動方向與小鏈輪的轉動方向相同。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中(層級三)
試題說明	關於本題學生必須解釋大鏈輪與小鏈輪（或後車輪）的轉動方向必須相同，腳踏車才可前進或後退。因為學生為了明確的解釋問題必須具有一些知識，因此本題屬於「科學知識」的範疇。 為了要敘述對現象的解釋，學生需要一些特殊的科學知識，因此本問題屬於層級三。





## S05 你對輻射”單位”了解多少

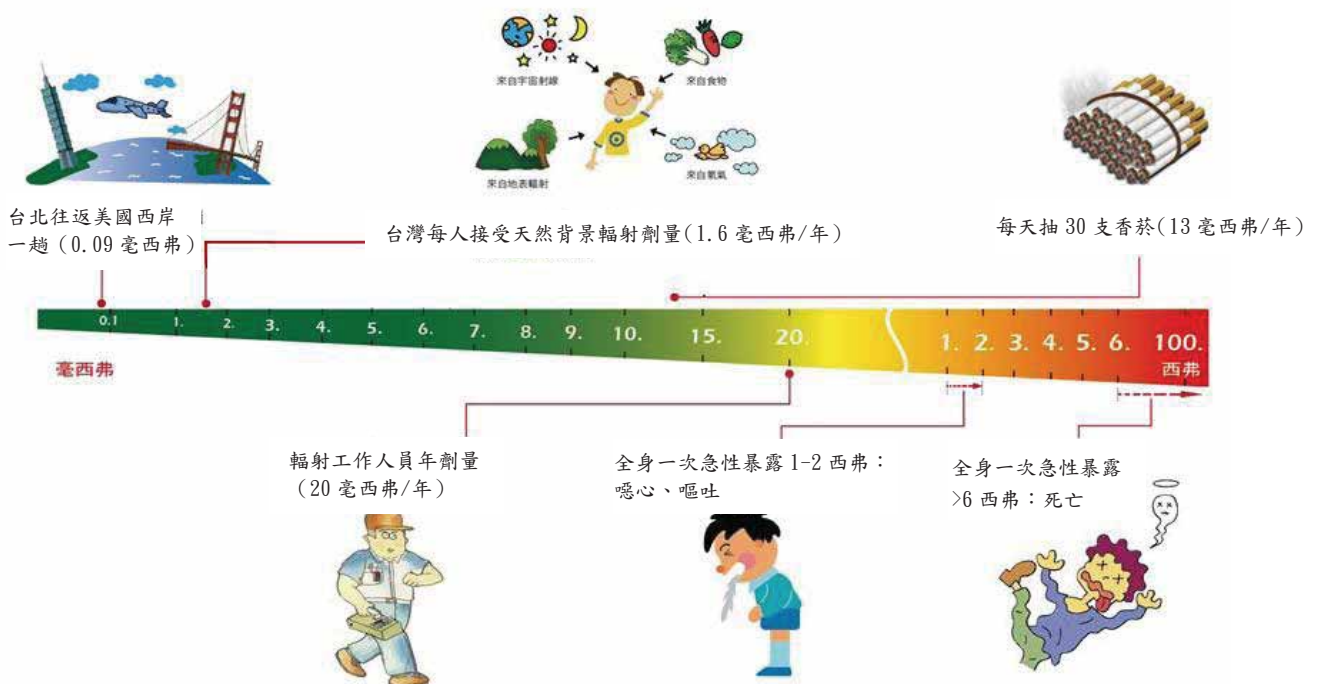
指導教授--	任宗浩	國立臺灣師範大學科學教育中心
	李哲迪	國立臺灣師範大學科學教育中心
設計團隊--	吳美玲	臺北市立介壽國中
	王美玲	臺北市立萬華國中
	祁明輝	臺北市立龍山國中
	柯若萍	國立政大附中
	張嫻嫻	臺北市立萬華國中
	黃振祐	臺北市立古亭國中
	黃泰日	臺北市立石牌國中
	劉新	臺北市立螢橋國中
	黎湘玲	臺北市立萬芳高中
	蘇彥享	臺北市立天母國中

## S05 你對輻射”單位”了解多少

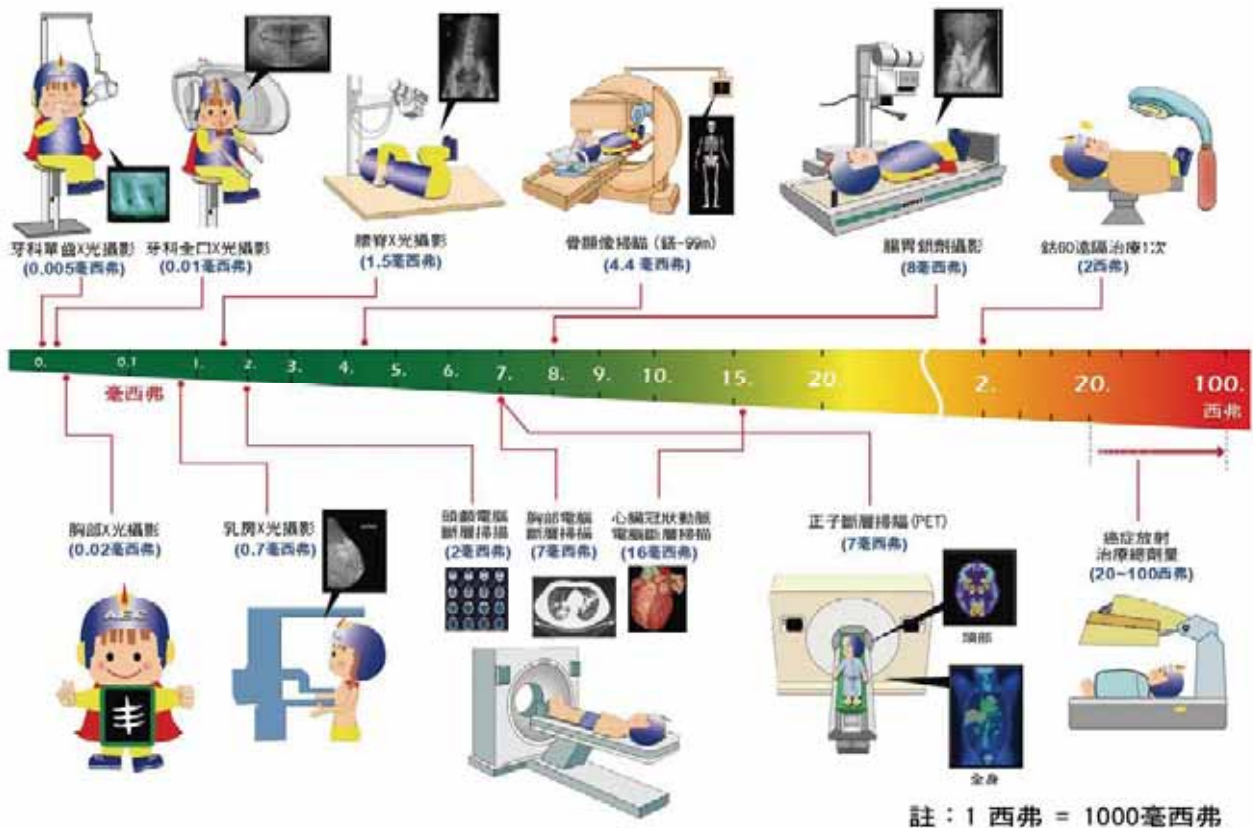
有關輻射的單位大體可分為兩類，一類與輻射源有關，另一類與吸收體有關，對輻射源來說，單位時間所發生的核裂變反應平均次數，稱為放射性活度 (radioactivity)，單位是貝克(符號為 Bq)，每秒鐘一次核裂變稱為 1 貝克。核變過程會釋放出輻射物，貝克是一個很小的單位，實際應用時常常要用千貝克 (kBq) 和百萬貝克 (MBq)。除貝克外，還有一個常用單位叫做居里 (符號為 Ci)，它是貝克的 370 億倍 ( $3.7 \times 10^{10}$  倍)。換句話說，一個放射性活度為 1 居里的輻射源平均每秒鐘發生 370 億次核裂變反應。

至於描述輻射對吸收體的影響，其中一種單位為「西弗」(Sv)、「毫西弗」(mSv) 或「微西弗」( $\mu\text{Sv}$ )，通常以每年總吸收量來描述輻射對人體的危害性，如毫西弗/年。生活中其實處處有受輻射的影響，台灣法定人體 1 年可接受的輻射量是 1000 微西弗 (不含天然背景輻射劑)， $1\text{Sv} = 10^3 \text{mSv} = 10^6 \mu\text{Sv}$ 。下圖是行政院原子能委員會所提供一般游離輻射及醫療游離輻射的比較圖：

一般游離輻射劑量比較圖



## 醫療游離輻射劑量比較圖



行政院原子能委員會 製作

### 問題 01：你對輻射”單位”了解多少

東京電力公司於2011年3月27日上午曾宣佈福島2號機組渦輪機房地下室積水中碘-131放射性活度達每秒發生29億次的核裂變，要描述這29億次的核裂變的放射性活度，應選擇下列何種單位較合適？

- (A) Bq (B) Ci (C) Sv (D)  $\mu$  Sv

你對輻射”單位”了解多少 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：(B)Ci。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	本題是描述輻射源的放射性活度，因此單位可用 Bq 或 Ci，但 29 億次的核變用 Bq 為單位顯然不妥，而 $1\text{Ci} = 370$ 億 Bq，所以 29 億次的核變約為 $0.08\text{Ci}$ ，在表達方面較方便，故解答為 B。

問題 02：你對輻射”單位”了解多少

麗華去年往返美國西岸兩次、，在台灣做做全口牙 X 光攝影 1 次、乳房 X 光攝影 1 次、胸部 X 光攝影 1 次，幫 麗華 算算看，她所接受的輻射是否超過安全劑量？

-----  
-----

### 你對輻射”單位”了解多少 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：910 微西弗，沒有超過安全範圍，有完整說明及計算過程才給滿分。

部分給分：

代號 1：若計算式沒錯，只是計算結果錯，則給 2 分。

零分：

代號 0：算式及結果都錯。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	從表中數據看算出往返美國西岸兩次 $0.09 \times 2$ 毫西弗，全口牙 X 光攝影 1 次 0.01 毫西弗，乳房 X 光攝影 1 次 0.7 毫西弗，胸部 X 光攝影 1 次 0.02 毫西弗，所以麗華去年輻射量總共接受 ( $0.09 \times 2 + 0.01 + 0.7 + 0.02 = 0.91$ 毫西弗)，相當於 910 微西弗。而台灣法定人體 1 年可接受的輻射量是 1000 微西弗，所以麗華去年所接受的輻射量沒有超過安全範圍。

**問題 03：你對輻射”單位”了解多少**

有一位懷孕的婦女，身體不舒服，可能需要照 X 光作進一步檢查，但是很擔心 X 射線會對胎兒產生不良影響，如果你是一位懷孕的媽媽，你要如何做決定？

---

---

你對輻射”單位”了解多少 評分三

評分說明：

滿分：

代號 2：若回答尋找相關資料，例如 X 射線的輻射劑量是多少，以及 X 射線對不同階段胎兒的影響程度，並和醫生討論相關事宜等完整回答則給滿分。

部分給分：

代號 1：若只回答其中幾樣。

零分：

代號 0：完全答非所問。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	本題是開放性問題，主要是讓學生思考著遇到困難，或是該要做決定的時候如何冷靜沉著應對，並且知道尋找相關資料及專業人員諮詢討論，以便做最適切的決定。





## S06 粉塵爆炸

指導教授--	任宗浩	國立臺灣師範大學科學教育中心
	李哲迪	國立臺灣師範大學科學教育中心
設計團隊--	黃泰日	臺北市立石牌國中
	王美玲	臺北市立萬華國中
	吳美玲	臺北市立介壽國中
	祁明輝	臺北市立龍山國中
	柯若萍	國立政大附中
	張嫻嫻	臺北市立萬華國中
	黃振祐	臺北市立古亭國中
	劉新	臺北市立螢橋國中
	黎湘玲	臺北市立萬芳高中
	蘇彥享	臺北市立天母國中

## S06 粉塵爆炸

週五晚間一間工廠發生爆炸意外，經調查，初步原因極可能是工廠裡打磨廠房的鋁質粉塵在管道內堆積，遇上電器開關的熱能冒出火花，最後引發連鎖效應，在排風筒內引起爆炸。事發後，現場黑色濃煙滾滾、味道刺鼻。

這爆炸意外即所謂的粉塵爆炸，它是粉末狀之可燃性固體在空氣中以分散（懸浮）之狀態存在時，與爆炸性混合氣體相同，當供給熱能會引發爆炸。爆炸燃燒中的粉塵，氧化反應十分迅速，所產生的熱能很快傳遞給相鄰的粉塵，從而引起一系列連鎖反應。

據科學家表示，粉塵爆炸必須具備一定的條件，歸納起來不外乎燃料、氧氣、溫度、可燃性粉塵粒徑及其懸浮濃度的大小。通常認為粉塵粒徑在  $100\ \mu\text{m}$  以下時有爆炸之可能，且粉塵在單位體積中需有一定量以上始能爆炸。〔註： $\mu\text{m}$ （微米） $=10^{-6}\ \text{m}$ 〕

常見易爆炸之粉塵如下表所示：

類別	粉塵名稱
農產物	澱粉、棉花、稻穀、豆類
金屬類	鋁、鎂、鐵、錳、矽、鈦、鋅
塑膠系	醋酸纖維、硝酸纖維、木質素樹脂
	酚樹脂、聚乙烯、聚苯乙烯、合成橡皮
其他	煤炭、硫黃、木屑

參考資料：<http://www.chem.ntnu.edu.tw/~chem/oldWWW/antiFire/04.htm>

### 問題 01：粉塵爆炸

粉塵懸浮於空氣中，容易引起爆炸，就以下推論的合理性，圈選「是」或「否」。

以下推論是否合理？	是或否？
物質的顆粒愈小，單位質量的表面積愈大，則燃燒速度愈快。	是／否
物質的顆粒愈小，沈降速度小，則懸浮在空氣中的時間愈長。	是／否
物質的活性愈大，引爆所需的能量較小，與物質顆粒大小無關。	是／否

### 粉塵爆炸 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：三個答案全對，依序為：是、是、否。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	在這個問題中，得分的學生要能夠正確地了解粉塵爆炸與物質的表面積大小、懸浮時間長短、引爆能量大小的關係。亦即學生必須具有科學事實判斷的能力。

## 問題 02：粉塵爆炸

下表是相同類型的可燃性粉塵懸浮於空氣中，您認為哪一種狀況下引發粉塵爆炸的危險性最高？

選項	粉塵粒徑 (微米)	單位體積內的粉塵質量(毫克/公升)
A	100 $\mu$ m	20 mg / L
B	100 $\mu$ m	40 mg / L
C	50 $\mu$ m	40 mg / L
D	50 $\mu$ m	20 mg / L

## 粉塵爆炸 評分二

評分說明：

滿分：

代號 1：C 粉塵粒徑： $50\mu\text{m}$ ，單位體積內的粉塵質量： $40\text{mg/L}$ 。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	在這個問題中，得分的學生要能夠充分了解粉塵的總表面積大小與粉塵粒徑、粉塵濃度（單位體積內的粉塵質量）的關係。

問題 03：粉塵爆炸

您認為下列哪些場所（可複選），較不可能引起粉塵爆炸？請提出您的理由。

- A.煤礦坑      B.金礦坑      C.麵粉工廠      D.大理石研磨工廠  
E.壓克力切割工廠

-----  
-----

粉塵爆炸 評分三

滿分:

代號 3：寫出兩個正確選項及正確理由。

B.金礦坑 理由：金的活性很小，不容易燃燒(氧化)。

D.大理石研磨工廠 理由：大理石不是可燃物。

部分給分：

代號 4：寫出一項正確選項及正確理由，或寫出兩個正確選項，但沒寫理由。

零分:

代號 0：其他答案或理由不正確。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	在這個問題中，得分的學生要能夠正確地了解粉塵是否具有可燃性。亦即學生必須具有科學事實的知識與判斷的能力。

**問題 04：粉塵爆炸**

只要控制粉塵爆炸的一些條件，便可以防止或降低工廠發生粉塵爆炸的機率。假如你是廠長或是安全顧問，你想設計何種措施以降低粉塵爆炸的機率？

---

---



粉塵爆炸 評分四

評分說明：

滿分：

代號 3：只要填寫出下列一項即可。

常清掃及保持良好通風，避免粉塵濃度累積；嚴禁任何火源與靜電；增加濕度，親水性粉塵會吸附水份，使粉塵難以彌散和著火；降低粉塵紊動程度，以減少吸收空氣中的氧氣而加快其反應速率。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	
試題說明	在這個問題中，得分的學生要能夠正確地了解粉塵爆炸的要素。亦即學生必須具有科學事實的知識與判斷的能力。





## S07 戴奧辛問題

指導教授--	李 暉	國立東華大學科學教育中心
	劉聖忠	國立東華大學科學教育中心
	蔣佳玲	國立東華大學科學教育中心
設計團隊--	林宛青	宜蘭縣復興國中
	吳月鈴	宜蘭縣復興國中
	吳殷宏	宜蘭縣復興國中
	巫依倫	花蓮縣宜昌國中
	李恩銘	花蓮縣吉安國中
	林于人	花蓮縣花蓮高級中學
	林建義	花蓮縣宜昌國中
	陳怡翔	宜蘭縣復興國中
	陳雅瑜	國立東華大學
	黃文怡	花蓮縣私立慈濟大學附屬中學
	黃俊澤	花蓮縣光復國中
	葉淑貞	花蓮縣政府
	劉祝住	花蓮市國風國中
	戴淑萍	花蓮縣美崙國中



### 戴奧辛問題 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：(B) 百萬分之一 (ppm)。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	測驗對於濃度單位的理解程度。

### 問題 02：戴奧辛問題

以下是企鵝的幾項比較，其中有哪幾項是造成「阿德雷企鵝體內戴奧辛量為 68.7 皮克/公斤，而台灣鴨低於 1 皮克/公斤」此一研究結果的可能原因，請圈選出來。

企鵝和台灣鴨的比較(研究結果的可能原因)	圈選
A. 企鵝以魚類為主食，鴨以玉米、穀物為主食。	是/否
B. 企鵝無飛行能力，鴨有短程飛行能力。	是/否
C. 南極企鵝的平均壽命約 20 年，市售鴨隻平均只飼養 5 個月即進行宰殺。	是/否
D. 企鵝的平均體重約 4.5 公斤，鴨的平均體體重約 3 公斤。	是/否

戴奧辛問題 評分二

評分說明：

滿分：

代號 1：AC 圈是 BD 圈否，全對才給分。

零分：

代號 0：其他選擇配對。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	測驗學生對研究中的因果關係是否明白，並能判定何種原因具有影響力，依其判別程度推測學生對科學現象之解釋能力。

問題 03 戴奧辛問題

下列是數種阿德雷企鵝的組織，何者可能含有最高量的戴奧辛殘留？

- (A) 骨骼      (B) 血液      (C) 脂肪      (D) 肌肉



戴奧辛問題 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：(C) 脂肪。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	經由文本給予的線索進行推理，以測驗學生對脂溶性概念與生物體組織的認知程度。

問題 04 戴奧辛問題

在南極生活的人類可能經由哪些方式「攝入」戴奧辛？

---

---

戴奧辛問題 評分四

評分說明：

滿分：

代號 11：包含下列三項理由，(1)攝取當地食物、(2)呼吸當地空氣 (3) 飲用當地的水。

部分給分：

代號 12：提到(1)攝取食物與其他任一項理由。

零分：

代號 01：未提及(1)攝取食物一項、不知道、完全無關的理由。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	測驗學生對下列兩個項目的理解力，一、大氣、海洋，此一全球循環對地球的影響程度，二、生物與當地環境間交互作用的關係。 讓學生於答題時，思考南極環境污染的管道，進而意識到南極地區受其他地區影響而污染的議題。

### 問題 05 戴奧辛問題

對於下列的資料，你感興趣的程度有多少？請在每一行內只勾選一個方格。

		高度興趣	中度興趣	少量興趣	沒有興趣
a)	知道哪些人類活動會製造戴奧辛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	知道戴奧辛對人體有哪些危害	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c)	知道減少戴奧辛汙染的做法	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

戴奧辛問題 評分五

評分說明：

滿分：

代號 11：每一項都有作答。

零分：

代號 12：其中任何一項沒有作答。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	觀察學生對於環境污染議題的興趣程度。

**問題 06 戴奧辛問題**

塑膠廢棄物的燃燒、造紙木漿的漂白等都會產生戴奧辛，使汙染問題更嚴重。以下有三項關於這個議題的意見。請圈選出和你的意見最接近的敘述（圈出代號）。

- 
- A. 我願意減少使用紙張，以協助減少戴奧辛的產生。
  - B. 如果政府規定賣場不得免費提供塑膠袋，我會自備購物袋。
  - C. 我認為減緩戴奧辛汙染是政府的責任，和學生較無關聯。
-

戴奧辛問題 評分六

評分說明：

代號 11：選 A，態度主動，自覺對環境與資源有責任  
 選 B，態度被動，對環境與資源有責任的感覺較低。

零分：

代號 12：選 C，對環境與資源有責任但無自覺。  
 代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input checked="" type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	選 A，態度主動，自覺對環境與資源有責任。(D-1/D-2/D-3) 選 B，態度被動，對環境與資源有責任的感覺較低。 選 C，對環境與資源有責任無自覺 自覺對環境與資源有責任 (responsibility towards resources and environments) D-1 擁有環境維護的個人責任意識。 D-2 能認知環境總貌乃來自於個人的行動。 D-3 擁有意志採取行動來維護自然資源。







## S08 太陽能發電

指導教授--	李 暉	國立東華大學科學教育中心
	劉聖忠	國立東華大學科學教育中心
	蔣佳玲	國立東華大學科學教育中心
設計團隊--	林于人	花蓮縣花蓮高級中學
	吳月鈴	宜蘭縣復興國中
	吳殷宏	宜蘭縣復興國中
	巫依倫	花蓮縣宜昌國中
	李恩銘	花蓮縣吉安國中
	林宛青	宜蘭縣復興國中
	林建義	花蓮縣宜昌國中
	陳怡翔	宜蘭縣復興國中
	陳雅瑜	國立東華大學
	黃文怡	花蓮縣私立慈濟大學附屬中學
	黃俊澤	花蓮縣光復國中
	葉淑貞	花蓮縣政府
	劉祝住	花蓮市國風國中
	戴淑萍	花蓮縣美崙國中

## S08 太陽能發電

近年來，國際油價飛漲，全球尋求原油以外的替代能源，紛紛投入再生能源技術研發。在眾多再生能源項目中，太陽能是一種初階的能源，具有潔淨、無噪音、無污染等環保特性，成為各國發展再生能源的重點，台灣也不例外。簡單的說，太陽能的發電原理，是利用太陽能電池吸收波長  $0.4\mu\text{m}\sim 0.8\mu\text{m}$  的可見光，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。

### 問題 01：太陽能發電

太陽能發電的條件有哪些？請就各項陳述，圈出『是』或『否』。

以下條件是太陽能發電考慮的必要條件嗎？	是或否
特定季節的日照	是/否
轉換光變電的高效率設備	是/否
緯度的高低	是/否
乾淨的空氣品質	是/否

太陽能發電 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：全部四個答案皆正確，答案依次序為「否、是、是、是」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input checked="" type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	這是一個複雜的選擇題，學生必須能夠正確的回答全部(依序為：否、是、是、是)才能得分。本題旨在測學生對太陽能源開發條件的研究能力和瞭解程度，因為需以科學探究的知識來思考較多層面，對於 15 歲接觸科學研究還不多的學生若要考慮到全部，是有困難的；所以試題難易度預估為層級四。

## 問題 02：太陽能發電

台灣日照環境不錯，具有發展太陽能發電條件，而台電在「太陽光電第一期計畫」目前規劃以南部設置 7560 千瓦最多，中部占 1880 千瓦，北部占 260 千瓦，澎湖七美則占 300 千瓦。若『日照』是影響太陽能發電的重要因素，下面表格提供台灣地區日照時數及日照率（日照時數/可照時數）

	春 (3~5月)		夏 (6~8月)		秋 (9~11月)		冬 (12~2月)	
	日照時數	日照率	日照時數	日照率	日照時數	日照率	日照時數	日照率
台北	122.5	31	193.3	47	112.9	32	54.7	17
新竹	141.9	38	229.3	56	193.0	55	119.0	36
台中	185.0	48	221.6	55	214.2	61	178.7	55
嘉義	137.7	36	171.5	43	135.9	37	129.6	40
台南	220.0	57	234.7	58	215.2	61	195.1	59
高雄	201.4	52	195.7	48	189.1	50	175.8	53
恆春	229.9	60	226.4	57	209.0	60	194.4	58
台東	137.3	35	235.8	58	157.7	44	105.2	32
花蓮	113.4	35	224.2	55	136.9	39	77.6	24
宜蘭	110.5	28	207.9	51	120.2	34	74.9	23

- 日照時數：將在地面上一天實際接受直射陽光的『小時』數。
- 可照時數：衡量一天在天空無雲、煙、霧等晴朗天氣時陽光照射大地，以日出開始到日沒為止，以『小時』數計算。

試以探討太陽光電發電所需條件來解釋為何台電會規劃南部設置的瓦數最多？

-----

-----

太陽能發電 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：南部日照時數或日照率最高。

部份給分：

代號 1：南部陽光較大。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	學生必須能夠使用表格中數據的意義來解釋生活中實際的狀況，讓科學探究的知識能有實際運用。

### 問題 03：太陽能發電

台灣各城市在夏季的溫度都高於  $30^{\circ}\text{C}$ ，尤其是台北市，甚至有時還會超過  $35^{\circ}\text{C}$ 。我們所感受的『悶熱』，其實是代表能量的消耗，人們都在室內讓他們的冷氣拼命運轉，室外就接受很多排出的熱空氣，這種惡性循環會讓夏天的城市悶熱情況永遠存在。但如果我們的冷氣能夠攔住太陽過度的熱量，並且將其轉變為拯救生命的冷氣時會怎樣呢？

若想要利用太陽能來改善人們在室內狂吹冷氣所造成的惡性循環，你認為最有效且環保的構想應該是哪個？

- (A) 使用太陽能電池來轉換太陽的輻射能來供應冷氣所需的電能。
- (B) 利用太陽能板來當屋頂遮陽，使室內溫度下降，可以減少吹冷氣。
- (C) 把太陽能量儲存起來，儲熱原理是把水和鹽封在真空儲存槽，利用水在固態、液態、氣態間轉換，就可以把太陽的熱能做有效利用。
- (D) 使用太陽的熱量來將一種合成的液體(沸點  $14.4^{\circ}\text{C}$ )，建立足夠的蒸汽來驅動一個特製渦輪機，再利用此液態循環系統將熱轉換成供應冷氣所需的電能。

太陽能發電 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：(C) 把太陽能量儲存起來，儲熱原理是把水和鹽封在真空儲存槽，利用水在固態、液態、氣態間轉換，就可以把太陽的熱能做有效利用。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	本題要學生考慮到太陽能不只是放出熱能，也可利用水的三態變化來儲存太陽能，並間接運用來產生冷氣，且純水是環保的物質。







## S09 胡椒蛾

指導教授--任宗浩 國立臺灣師範大學科學教育中心  
李哲迪 國立臺灣師範大學科學教育中心

設計團隊--劉 新 臺北市立螢橋國中

王美玲 臺北市立萬華國中

吳美玲 臺北市立介壽國中

祁明輝 臺北市立龍山國中

柯若萍 國立政大附中

張嫻嫻 臺北市立萬華國中

黃振祐 臺北市立古亭國中

黃泰日 臺北市立石牌國中

黎湘玲 臺北市立萬芳高中

蘇彥享 臺北市立天母國中

## S09 胡椒蛾

在英國，19世紀初期的生物學家蒐集上百種蛾，其中包括胡椒蛾（*Biston betularia*）。胡椒蛾的翅色呈現灰黑斑駁的紋路，色度上由淺灰到深黑色都有。胡椒蛾在夜間活動，白天則停棲在樺樹上，一動也不動。樺樹暗色的樹幹上長了許多淺灰色的地衣，當淺灰色的蛾停棲在樹幹上，偽裝效果自然能避開日行性鳥類的捕食，所以地衣的生長有利於淺灰色胡椒蛾的族群（如圖 1-1 和 1-2 所示）。原本胡椒蛾的體色，普遍偏淺灰色，而深黑色蛾較少。1850 年代，英國的工業革命展開，大量的工廠改變了周圍的環境，生物學家發現黑蛾反而變的比較優勢。生物學家對於胡椒蛾生態改變的原因提出了一個假設：

地衣是一類藻菌共生型態的生物，對空氣污染相當敏感。由於工廠大量興建之後，所排放的廢氣可能導致樺樹樹幹上的地衣數量銳減，進而讓淺灰色胡椒蛾失去其保護色的功能。相對地，由於樺樹樹幹上的地衣數量減少，使得深色樹幹成為黑蛾的保護色。



圖 1-1 缺乏地衣樹幹上的胡椒蛾      圖 1-2 長了地衣樹幹上的胡椒蛾  
資料來源：Biology the unity and diversity of life, Starr and Taggart, 1998

### 問題 01：胡椒蛾

英國生物學家持續觀察興建工廠附近的環境與生態，發現：

- A. 工廠所在地以及附近地區的樺樹受砍伐而大量減少。
- B. 樺樹樹幹上的地衣數量大量減少。
- C. 胡椒蛾的數量僅剩原本的 1/10。
- D. 淺灰色和深黑色胡椒蛾數量均減少，但淺灰色的胡椒蛾減少較多。

以上發現之中，那些可以支持生物學家的假設？

- (1) AB
- (2) 僅有 B
- (3) BCD
- (4) BD
- (5) ABCD

胡椒蛾 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：選項(4)。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
試題說明	在這個問題中，得分的學生要能夠正確地了解一個假說成立的支持證據。在生物學家對工廠對淺色胡椒蛾數量減少所提出的假說中，有兩項關鍵的支持證據，其一為地衣的數量與應隨空氣污染的程度越嚴重而越少，其二為淺色與深色蛾的比例應隨地衣的數量增加而變大。

問題 02：胡椒蛾

1950 年代，一位生物學家在英國的城市 A 及城市 B 兩處做實驗。將兩種體色的胡椒蛾在翅上做標記，再於城市 A 及城市 B 的樺木樹林野放淺灰色和深黑色胡椒蛾各 500 隻。一段時間之後，再於該兩地以相同的方式隨機捕捉胡椒蛾 100 隻有標記的胡椒蛾，其中兩種體色的胡椒蛾數量如下表。

胡椒蛾隻數		實驗地點	
		城市 A	城市 B
淺灰色 胡椒蛾	野放隻數	500	500
	再捕隻數	20	70
深黑色 胡椒蛾	野放隻數	500	500
	再捕隻數	80	30

你認為甚麼原因造成 A、B 兩個城市中，兩種顏色胡椒蛾生存數量比例的差異，請說明原因。

胡椒蛾 評分二

評分說明：

滿分：

代號2：理由正確，且指出與表格中數據間的關係。

類型一：提到城市A具有對淺灰色胡椒蛾生長環境的不利因素，或是對深黑色胡椒蛾生長環境的有利因素。並能藉以說明表格中的數據。

類型二：提到城市B具有對淺灰色胡椒蛾生長環境的有利因素，或是對深黑色胡椒蛾生長環境的不利因素。並能藉以說明表格中的數據。

部分給分：

代號1：理由正確，但未指出與表格中數據間的關係。

零分：

代號0：其他答案。

代號9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
試題說明	對淺灰色蛾生長的有利因素包括：工廠較少導致空氣汙染較不嚴重、地衣數量較多等等。

問題 03：胡椒蛾

如果生物學家對於胡椒蛾生態改變的推測原因是正確的，你認為有哪些觀察到的現象可以作為工業污染的指標？

-----  
-----

胡椒蛾 評分三

評分說明：

滿分：

代號2：提及深淺色胡椒蛾的數量比例及另外一項正確的指標（如地衣的數量或覆蓋面積）。

部分給分：

代號1：僅提及一項正確的指標。

零分：

代號0：其他答案。

代號9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
試題說明	對淺灰色蛾生長的有利因素包括：工廠較少導致空氣汙染較不嚴重、地衣數量較多等等。





## S10 曬鹽

指導教授--李 暉 國立東華大學科學教育中心  
劉聖忠 國立東華大學科學教育中心  
蔣佳玲 國立東華大學科學教育中心

設計團隊--黃俊澤 花蓮縣光復國中  
吳月鈴 宜蘭縣復興國中  
吳殷宏 宜蘭縣復興國中  
巫依倫 花蓮縣宜昌國中  
李恩銘 花蓮縣吉安國中  
林于人 花蓮縣花蓮高級中學  
林宛青 宜蘭縣復興國中  
林建義 花蓮縣宜昌國中  
陳怡翔 宜蘭縣復興國中  
陳雅瑜 國立東華大學  
黃文怡 花蓮縣私立慈濟大學附屬中學  
葉淑貞 花蓮縣政府  
劉祝住 花蓮市國風國中  
戴淑萍 花蓮縣美崙國中

## S10 曬鹽



(來源: 雲嘉南濱海國家風景區管理處網頁

<http://www.swcoast-nsa.gov.tw/upload/media/690/ea9b3a3f-346f-46b1-8aa6-a0cc135df769.jpg>)

鹽是人類生活中重要的物質，台灣四面環海，在西南沿海一帶因氣候條件特殊，於三百多年前即開始有人利用太陽的能量來獲得粗鹽，此稱為曬鹽法。曬鹽法的過程是將海水引入開發平坦的鹽田後，利用太陽光的熱量，將海水經過蒸發、濃縮，最後結晶產生粗鹽。這種利用大自然能源的製鹽方法，跟一般農作物一樣須要靠天吃飯，在日照充足且高溫氣候下可以提高產量。若是遇到大雨，會讓幾天來曬鹽的成果毀於一旦，因此曬鹽法有季節性且產量極不穩定，故台灣於2002年已停止該種產鹽的方式。

### 問題 01：曬鹽

曬鹽是利用太陽的熱能將水份蒸發，因此水的蒸發速率直接影響鹽的產量，若蒸發速率越快，可以在相同時間內有更高的產量，以下哪一些條件可以使得水的蒸發速率增加？請就各項陳述圈出「是」或「否」。

以下條件可以增加水的蒸發速率嗎？	是 或 否？
溫度上升。	是 / 否
空氣的相對溼度變大。	是 / 否
水與空氣的接觸面積 加。	是 / 否
通風良好的場所。	是 / 否

曬鹽 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：全部四個答案皆正確，依序為「是、否、是、是」。

零分：

代號 0：其他答案。

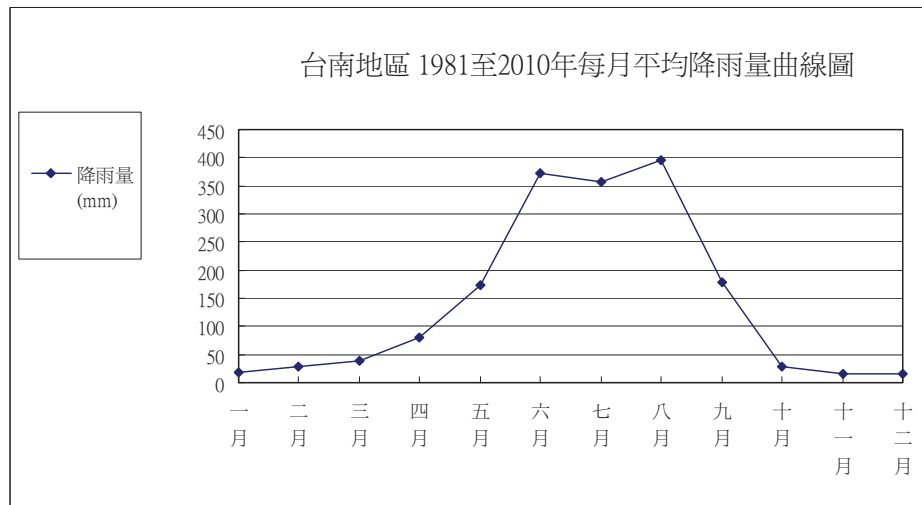
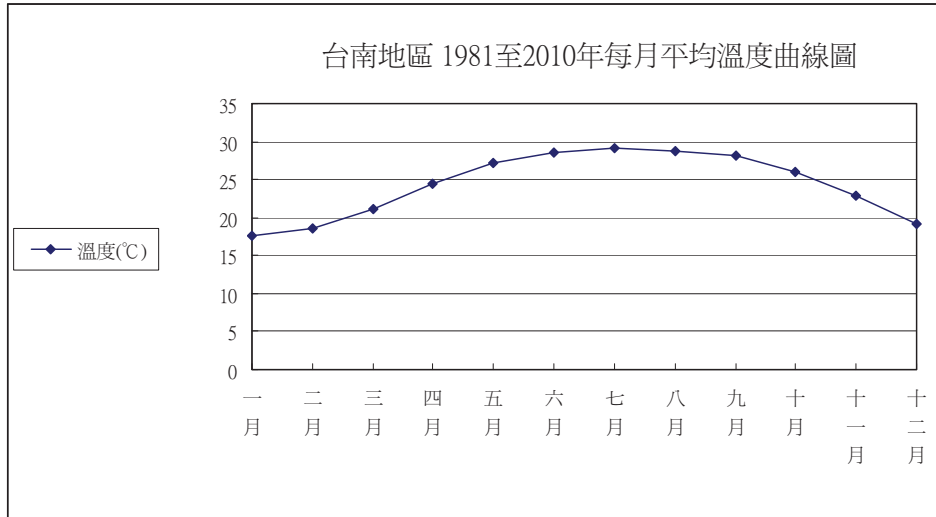
代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	29%(樣本數 52 人)
試題說明	影響水份蒸發的因素不只有溫度，還有許多其他的條件，該題學生若要全對，仍需要對水份蒸發的環境條件有更多的認知與瞭解，故學生要能瞭解科學現象並進而與環境結合，屬於層級四。

問題 02：曬鹽

已知一年當中在台南沿海地區的鹽田，六月至九月的鹽產量最少，試由下圖所示的台南地區 1981 至 2010 年的月平均溫度及月平均降雨量來推測，說明鹽產量最少的原因？



-----

-----

曬鹽 評分二

評分說明：

滿分：

代號 21:提到六月到九月降雨量多。

- 夏季降雨量多。
- 因為降雨量多。
- 雖然六到九月溫度高，但是降雨量卻較多。
- 容易遇到下雨天。
- 降雨高海水被雨水稀釋。

部份給分：

代號 11:只提到颱風。

- 六到九月颱風多。

代號 12:同時提到降雨多且溫度高。

- 六到九月溫度高，降雨量亦多。

零分：

代號 01：提到其他的天候因素。

- 因梅雨季。
- 因午後雷陣雨。
- 因六到九月溫度較高。

代號 02：其他答案。

- 跟機械或人力特性有關係。
- 人工可以收集較細故較多。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	50%(樣本數 52 人)
試題說明	本題目學生可以知道溫度高有利鹽產量增加，但降雨多反而造成產量降低，而試題告知六到九月是鹽產量最少，雖

然該段時期溫度高，降雨量也高，但兩者對鹽的產量的結果是相反的，故只有降雨的因素是降低產量，而提供圖表是希望學生會對圖表做判斷，決定出何者是該段時期影響產量的主要因素。

本題中，提供充足的條件讓學生依所資料做判斷，透過比較溫度與降雨的差異性，提讓學生運用圖表與知識來解釋現象並加以應用，因此本題屬於層級三。

**問題 03：曬鹽**

台灣的曬鹽採收方式可分為早期的人工收集及後期的機械收集兩種。人工收集大約十多天可收集一次，而機械收集必須要足夠厚度的鹽層才能採收，故一年只能收集一次。機械化的收集雖然減少了人力成本，但是每公頃鹽田由機械收集的年產量約 30 萬公噸，而人工收集的年產量可高達 90 萬公噸。試說明為何人工收集的年產量較高？

-----

-----

**曬鹽 評分三**

評分說明：

滿分：

代號 21：提到人工可搶在下雨來前收集。

- 人工收集遇到的下雨次數較少。

代號 22：提到機械收集只能一次，遇到下雨就前功盡棄。

部份給分：

代號 11：提到人工可以多次收集或機械一年只收集一次。

- 人工可以收集較多次。

代號 12：提到機械要等鹽達到一定量才收集。

- 人工不像機械要等到粗鹽達到一個定量才收集。
- 機械收集要等粗鹽有足夠厚度。
- 機械收集要等到鹽層達一定厚度才可採收。

零分：

代號 01：其他答案。

- 人工收集的效率比機械好。
- 人工收集較省時。

代號 99：沒有作答。

**試題分析：**

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	7.7%(樣本數 52 人)
試題說明	這一題要學生能利用題目所題供條件能去思考收成與降雨的關係，而非只是單純的收集次數的關係。機械一年因故只能收成一次，故無法避開下雨，人工可搶在下雨前或下雨時做收集，因此人工的收集會比機械來得多。 此題的情境較為複雜，與日常生活的經驗不相同（人工 > 機械），因此學生要更能具有深入的思考才不會只看到表面的次數推論，所以此題為層級五。





## S11 核能發電

指導教授--余曉清 國立交通大學教育研究所

設計團隊--陳聖昌 苗栗縣頭份國中

吳家碩 桃園縣仁美國中

吳慧珍 桃園縣慈文國中

施權城 新竹縣竹東國中

蔡佩宜 桃園縣大有國中

## S11 核能發電

日本最近發生大地震，引發海嘯破壞福島核能發電廠，結果造成核能發電廠內的核子反應爐的溫度不斷上升，並且產生嚴重的輻射外洩。我們知道核能發電廠的運作，主要是由核分裂產生的熱能，讓水加溫變成水蒸氣，再利用水蒸氣推動汽渦輪來發電，同時使用幫浦引入海水，將多餘的熱能藉由海水排到海裡。而核分裂的原理是由一顆中子撞擊鈾 235，接著產生更多的中子撞擊形成連鎖反應，產生大量的熱。另外，為了減緩中子的撞擊速度與吸收多餘中子，一般核電廠都利用緩和劑與控制棒來做控制，讓核能發電廠可以安全的運作。

### 問題 01：核能發電

核能發電相關概念	是或否?
利用核分裂反應產生的能量來發電	是 / 否
利用核分裂產生熱能，將水加熱變成水蒸氣後推動汽渦輪來發電	是 / 否

核能發電 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1: 全部兩個答案皆正確：答案依次序為「是、是」。

零分：

代號 0: 其他答案。

代號 9: 沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	
試題說明	關於題組「核能發電」的子題一，學生必須從文字中了解核能發電廠的運作方式，從中理解核能發電是利用核分裂的方式產生能量，以及核分裂產生熱能，將水加熱變成水蒸氣後推動汽渦輪來發電。學生要能夠接受題目中的第一個解釋（選擇「是」）和第二個解釋（選擇「是」）。這兩個解釋只需要學生能夠運用文章中的科學知識，就能夠解釋，因此屬於「使用科學解釋現象」能力量尺的第一層。

問題 02：核能發電

請問福島核電廠需要不斷灑水且輻射不斷外洩的原因是什麼？

---

---

核能發電 評分二

評分說明：

滿分：

代號 1：指出核能外洩的狀況，並提供合理的解釋。

- 可能因為緩和劑和控制棒的損壞造成核分裂無法被控制，因而輻射不斷外洩，且核分裂時產生的大量熱能必須藉由不斷灑水冷卻。

零分：

代號 2：指出核能外洩的狀況，但沒有解釋為何要不斷灑水。

- 可能核能外洩時溫度過高，所以要灑水降溫。

代號 3：指出不斷灑水的原因，但是沒有解釋核能外洩的原因。

- 可能因為緩和劑和控制棒的損壞造成核分裂無法被控制，因而輻射不斷外洩。

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	關於本題，學生要了解核電廠的構造和核能發電的原因，並且整合知識後理解核電廠的運作方式。要得到分數必須能夠解釋「可能因為緩和劑和控制棒的損壞造成核分裂無法被控制，因而輻射不斷外洩，且核分裂時產生的大量熱能必須藉由不斷灑水冷卻」。因為學生為了明確地解釋問題必須要能夠整合知識，因此本題屬於「科學知識」的範疇。而核能外洩是屬於一種人為災害，因此應用範圍歸類在「災害」，並且這種災害會造成全球性的影響，將情境設定在「全球」。





## S12 海嘯

指導教授--余曉清 國立交通大學教育研究所

設計團隊--吳慧珍 桃園縣慈文國中

吳家碩 桃園縣仁美國中

施權城 新竹縣竹東國中

陳聖昌 苗栗縣頭份國中

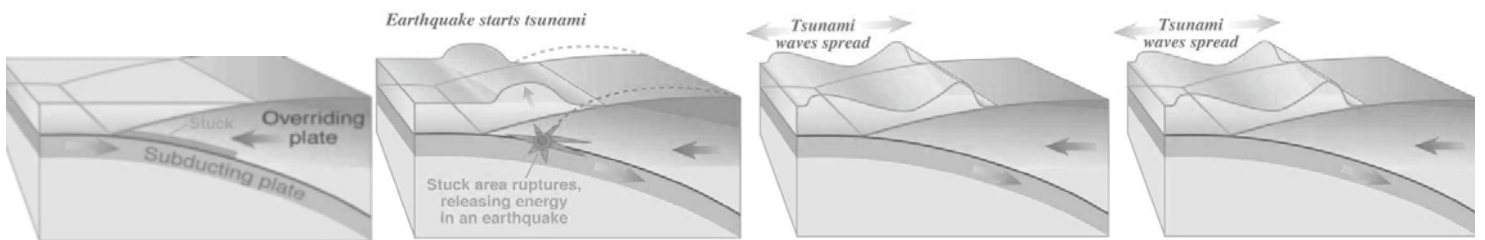
蔡佩宜 桃園縣大有國中

## S12 海嘯

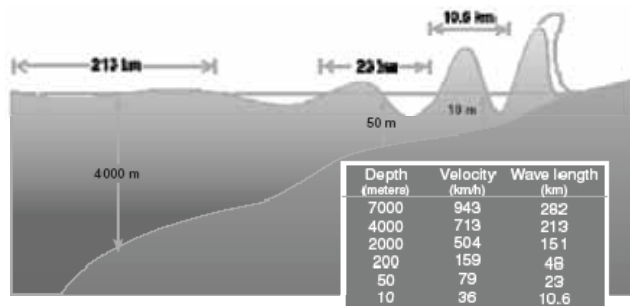
今年3月11日，日本當地時間下午2點46分(台北時間下午1點46分)於宮城縣外海發生芮氏規模9.0級地震，並引發超過10公尺的海嘯，包括東京在內的東北沿海城市均遭到侵襲。

根據日本氣象廳統計，最大的海嘯發生於宮城縣仙台市仙台新港，約有10公尺高；岩手縣釜石市測得最大4.2公尺高的海嘯；其於東北沿海也分別測得從3到7公尺不等的海嘯。

海嘯一般是指因海底發生大地震、海底山崩或火山爆發，使得海底地殼劇烈變動，引發海水運動而成。



當海嘯從較寬廣較深的海域傳到海岸時，則會變形。當海水傳到岸邊時，因為水深變淺，所以波浪的傳遞速度變慢。當前一波海浪的速度變慢後，後一波因為速度未降追了上來，造成波高變高。所以即便在深水區不高的波浪，到了岸邊波高卻會增加許多。

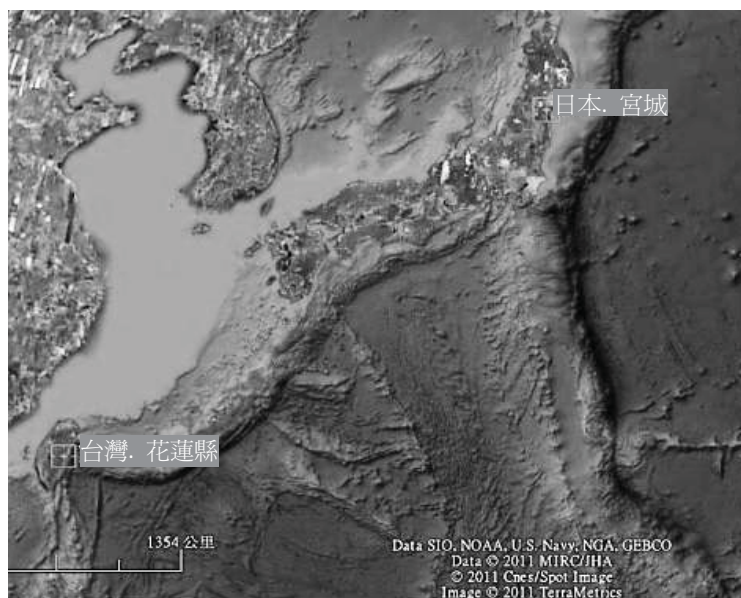




## 問題 01：海嘯

日本海嘯發生後，台灣發布海嘯警報，宜蘭、花蓮、台東停班停課，然而台灣時間 17:40 測到海嘯到達波高 10 公分，隔天在美國東岸華盛頓州觀測海嘯到達波高約為 1 公尺。請問你如何解釋距離日本較近的台灣波高較低，而距離較遠的美國的波高較高呢？

圖、日本宮城縣及台灣花蓮



圖、美國華盛頓州



海嘯 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：指出海岸地形的不同造成海嘯，並能合理解釋三個地點發生海嘯的可能性不同。

- 海嘯是由於當海水傳到岸邊時，因為水深變淺，而造成波浪疊加形成海嘯。日本宮城縣和美國華盛頓州都屬於有大陸棚的海岸地形，然而台灣花蓮縣外海地形陡峭，沒有寬宏的大陸棚，所以台灣雖然距離日本很近，但波浪靠近花蓮時不會疊加，因此海嘯到達時，波高比距離較遠的美國低。

代號 2：指出海岸地形的不同造成海嘯，並能合理解釋比較三個地點海岸地形的不同，推斷海嘯發生的可能性不同。

- 海嘯是由於當海水傳到岸邊時，因為水深變淺，而造成波浪疊加形成海嘯。從日本宮城縣、台北花蓮縣和美國華盛頓州的海岸地形圖判斷，美國華盛頓州的海岸地形圖和會發生海嘯的日本宮城縣在靠近陸地時，會一段較淺的海岸，而台灣花蓮縣沒有這樣的地形，因此推斷台灣較不容易發生波浪高的海嘯，所以海嘯到達時，波高比距離較遠的美國低。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input checked="" type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	
試題說明	在這個問題中，學生必須要先閱讀題目標題中的文章後理

解海嘯的成因，知道「海嘯是由於當海水傳到岸邊時，因為水深變淺，而造成波浪疊加形成海嘯」。而閱讀子題一中的內容，從日本宮城縣、台灣花蓮縣和美國華盛頓州三個地點的海岸地形圖中判斷日本宮城縣和美國華盛頓州都屬於有大陸棚的海岸地形，然而台灣花蓮縣是屬於迅速加深的地形，只有很小的一點大陸棚（200m 以內）。學生可以從日本宮城縣和美國華盛頓州都是相似的海岸地形而台灣不是，或者從日本宮城縣和美國華盛頓州的海岸都有坡度緩和的大陸棚而判斷較容易形成海嘯。

因此所要求學生的技能是要能從題目標題中理解海嘯，再運用所學得的知識解釋所提供的圖形資料，因此本問題是屬於「解釋科學現象能力」的範疇，而海嘯是屬於一種天然災害，因此應用範圍歸類在「災害」，並且這種災害會造成全球性的影響，將情境設定在「全球」。





## S13 放射性碘

指導教授--佘曉清 國立交通大學教育研究所

設計團隊--施權城 新竹縣竹東國中

蔡佩宜 桃園縣大有國中

吳家碩 桃園縣仁美國中

吳慧珍 桃園縣慈文國中

陳聖昌 苗栗縣頭份國中

## S13 放射性碘

輻射外洩物質中含有含量高的放射性的碘，會造成對人體的傷害。因為碘是人類甲狀腺素所必需的原料，當放射性的碘進入人體後，會進入甲狀腺的細胞中，慢慢累積破壞甲狀腺組織。放射性「碘 131」的半衰期約為八天，即代表輻射物質外洩經過八天之後，碘的放射性就已減半。受到日本核災的影響，中國大陸引爆搶鹽熱潮，根據世界衛生組織規定，每公克鹽應含 20~40 微克的碘，每天只要攝取 150 微克的碘，就可以阻止甲狀腺吸收約 80% 的放射性碘 131。服用過量的鹽或碘卻可能產生許多不良反應，如腎臟病變或增加甲狀腺機能亢進的危險等。

### 問題 01：放射性碘

擔心放射性碘會對人體造成傷害，中國大陸引爆搶鹽熱潮。但是有一部分的人並不支持以吃鹽補充碘，請提出這些人不支持吃含碘的鹽以預防輻射傷害可能的理由。

-----

-----

放射性碘 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：指出全球洋流和氣流影響輻射物質的移動，並提出合理的解釋。

- 因為日本處於中緯度的西風漂流帶，因此日本的輻射外洩出的放射性物質會往太平洋方向，不容易向西飄移影響中國。而洋流受到氣流的也流向太平洋方向，放射性物質也不容易從海水中傳到中國。

代號 2：指出放射性物質的半衰期與造成危害的區域大小相關，並提出合理的解釋。

- 放射性碘的半衰期為八天，即使放射性碘隨著氣流或洋流繞地球一圈到達大陸，其危害的程度也減小許多。

代號 3：指出吃含碘的鹽並不是預防放射性碘的好方法，並提出合理的解釋。

- 為了要達到足夠的碘攝取量而吃過量的鹽，反而可能造成病變。此外，正常攝取含有碘的食物，例如：海帶，就可以預防。

部份給分：

代號 4：

有正確的結論，但沒有解釋。

- 放射性碘對大陸地區人民的危害不大。

給予可能的原因，卻解釋錯誤。

- 因為全球氣流和洋流的關係，放射性碘不會影響大陸地區的人民。
- 因為半衰期的關係，放射性碘不會影響大陸地區的人民。
- 因為吃含碘的鹽不見得會有效果。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的

科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	<p>在這個問題中，要求學生從實際的事件中思考人群的想法，從已知的知識中舉出證據，推斷支持或不支持者的想法，並比較其差異性。支持吃含碘的鹽以預防輻射傷害的人們認為輻射可能會從洋流或氣流傳至當地，造成人體受到輻射傷害，因此可以從含碘的鹽中攝取足夠的碘，以取代人體攝入放射性碘；不支持的人們則會認為因為全球氣流和洋流方向不利於日本的輻射外洩影響中國，而且放射性碘的半衰期短只有八天，因此輻射物質從日本傳至大陸的劑量是相當少，推斷其危害的程度不大，此外，若從含碘的鹽攝取取代放射性碘，則每天需要攝取4至8克的鹽，而過多的鹽和碘卻都會對人體造成病變，因此不須因為日本輻射外洩而大量食用含碘的鹽。學生能延伸建議人們吃含碘高食物如：海帶，來獲得碘以取代放射碘等。</p> <p>學生必須要能夠理解地球科學領域及生命科學領域的知識，並且運用知識提出證據，屬於「科學舉證」能力，而此涉及人體的生理運作，因此屬於「健康」應用範圍，而核災造成輻射外洩，從全球氣候判斷是否可能影響全球的環境和生物健康，因此是處於「全球」的背景。</p> <p>此題屬於科學舉證中的科學素養水準5，學生要能夠在複雜的事件中，蒐集相關證據，進行反思並進行辯證，並加以解釋。</p>





## S14 水中的吸管

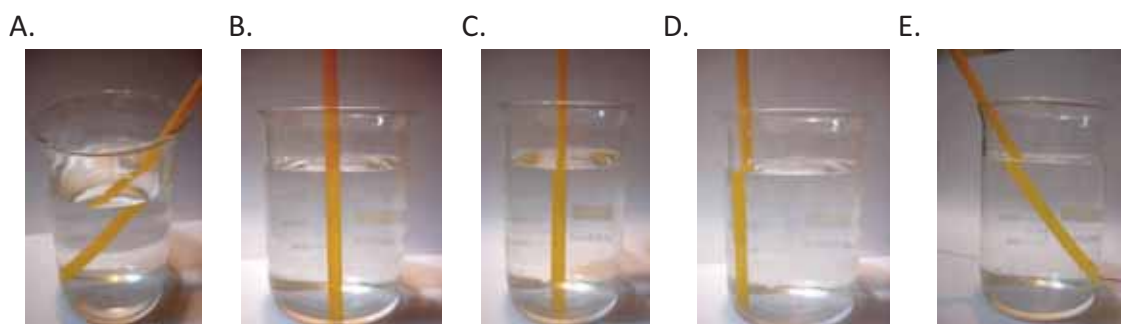
指導教授--林建隆 國立彰化師範大學物理系  
陳忠志 國立高雄師範大學科學教育研究所  
張惠博 國立彰化師範大學  
設計團隊--丁健峻 臺中市立光明國中  
何興中 國立臺南第一高級中學  
郭富添 臺中市立光復國民中小學國中部

## S14 水中的吸管

閱讀下列文章，並回答相關問題：

折射是生活中常見的現象，水中的吸管像被折斷似的彎曲、游泳池的深度看起來總是覺得比較淺、雨後天空中彩虹的形成…都是光線折射所形成的現象。

小明利用吸管、燒杯及水進行實驗，探究光的折射現象，他在燒杯內倒入七分滿的水後，將吸管放入水中，觀察吸管在水中的變化情形，並拍照進行分析。下列各圖為小明所拍攝到吸管在水中的變化情形。



### 問題 01：水中的吸管

對於下列陳述，你同意的程度有多少？請在每一行內只勾選一個方格。

	非常同意	同意	不同意	非常不同意
1. 對於筷子在水中呈現出不同的成像變化，我願意更深入的探究原因為何？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我有興趣了解並嘗試解釋水中筷子折斷現象和彩虹形成的原因。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我能舉證其他例子說明，光線的折射現象。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

水中的吸管 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：(1) 非常同意；(2) 非常同意；(3) 非常同意。

部份給分：

代號 1：(1) 同意；(2) 同意；(3) 同意。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	1-1 非常同意(27%)、同意(67%)、不同意(5%)、非常不同意(1%)； 1-2 非常同意(32%)、同意(61%)、不同意(7%)、非常不同意(0%)； 1-3 非常同意(22%)、同意(62%)、不同意(15%)、非常不同意(1%)。
答對率 ( )	
試題說明	1-1 本命題為科學態度評量試題，藉由自然現象的觀察陳述，評量學生是否展露出持續對於科學資訊擷取的興趣，包含未來有意從事與科學相關的職業。 1-2 本命題藉由自然現象的觀察分析，評量學生對於科學與科學相關議題擁有好奇心 1-3 本命題為科學能力評量試題，評量學生利用科學證據建立與延伸出結論的科學能力。

## 問題 02：水中的吸管

小明將拍攝到的照片分享給同學觀看，同學對於其中一張水面下吸管消失不見的照片(如右圖)，特別感興趣，紛紛提出解釋，下列關於同學的說法，何者最合理？



- A 小丁：「吸管本身不發光，沒有光線進入眼睛，故無法看見水中的吸管。」
- B 小丙：「吸管並沒有插入水面下，不會有反射光線射出，故無法看見水面下的吸管。」
- C 小乙：「水中吸管反射出的光線並沒有穿透過玻璃杯，故無法拍到影像。」
- D 小甲：「相機所在的位置，無法捕捉到水中吸管反射出的光線，故無法拍到影像。」

水中的吸管 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：正確答案為「D」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	A(13%)、B(17%)、C(26%)、D(43%)、未作答(1%)
答對率 ( )	
試題說明	水中吸管會向四面八方反射出光線，光線通過玻璃時會產生折射，相機成像必須有光線進入鏡頭中。 題幹中圖片僅出現水面上的吸管而水面下吸管消失，顯示因為光線穿過玻璃時產生的折射現象，讓相機所在位置，並沒有來自水面下吸管所反射出的光線，因此無法拍攝到水面下吸管的影像。

問題 03、04：水中的吸管

小明查閱資料發現光在傳播時，若經兩個不同「介質」的界面，由於介質傳遞光的速率不同，會在界面產生「折射」，導致光線前進方向發生改變，就如同插入水中的筷子好像折斷一般。當光從傳播速度慢的密介質進入傳播速度快的疏介質時，會有一部分折射，一部分反射(圖 A)，當入射的光線和法線的夾角超過某一角度時，光線會全部反射而沒有折射(圖 B)，此時稱之為「全反射」。反之，如果光從傳播速度快的疏介質進入傳播速度慢的密介質，則不會發生全反射的現象。

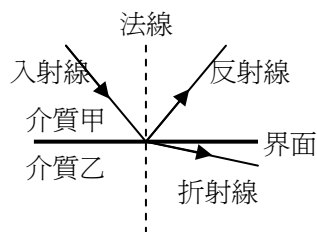


圖 A 光進入不同介質產生部分反射、部分折射

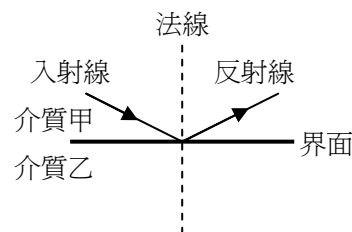


圖 B 光進入不同介質產生全反射

現代的光纖通訊是用光訊號的強弱變化，代表不同的訊息。將帶有訊息的光束入射光纖的一端，光纖便會引導光束傳播到另一端的接收器，再經由轉換器將光訊號還原，便可得回原本的訊息。所謂「光纖」便是使用兩種不同介質的同軸纜線(圖 C)，讓光利用「全反射」的原理進行傳遞(圖 D)，如此一來光訊號就不會外洩，訊息可傳播很長的距離而不需設中途轉駁站。

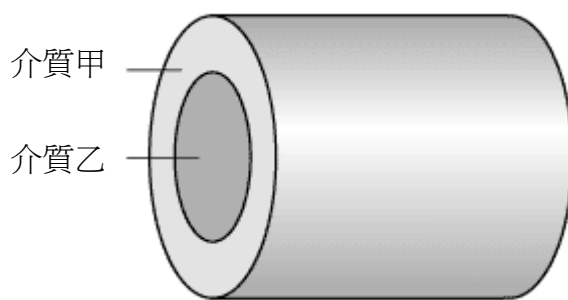


圖 C 光纖的切面

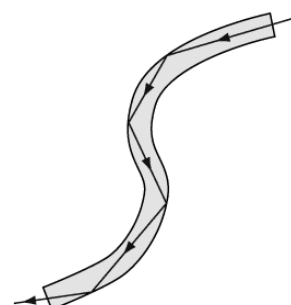


圖 D 光在光纖中的傳播情形

### 問題 03：水中的吸管

請問：由文中敘述判斷，光在圖 C 介質甲和介質乙中傳播速率的快慢為何？為什麼內外的介質要做如此安排？

---

---

### 水中的吸管 評分三

評分說明：

#### 第一小題

滿分：

代號 2：正確答案為「光在介質甲中的速率  $>$  光在介質乙中的速率」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有回答。

#### 第二小題

滿分：

代號 2：因當光由傳播速度慢的介質到傳播速度快的介質時，才會產生全反射。

部份給分：

代號 1：1. 回答光在不同介質中速率不同。

2. 光進入不同介質會產生部分反射、部分折射。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有回答。

#### 試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	3-1 答對(25%)、答錯(64%)、未作答(11%) 3-2 答對(11%)、部分給分(24%)、答錯(52%)、未作答(13%)
答對率 ( )	
試題說明	由題幹的說明中可了解「當光從傳播速度慢的介質進入傳播速度快的介質時…此時稱之為「全反射」。反之，如果光從傳播速度快的介質進入傳播速度慢的介質，則不會發生全反射的現象。



問題 04：水中的吸管

請問：利用光纖來傳播光訊號有什麼優點？

.....

.....

水中的吸管 評分四

評分說明：

滿分：

代號 2：當光利用「全反射」的原理進行傳遞時，光就不會外洩，因此傳播時能量耗損少，可傳播很長的距離而不需要中途轉駁站。

部份給分：

- 代號 1：1. 傳播速率快或傳播距離遠或兩者。  
2. 能量不外洩(不減少)。  
3. 不需設中途轉駁站。

零分：

- 代號 0：其他答案。  
代號 9：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	4-1 答對(72%)、部分給分(19%)、答錯(4%)、未作答(5%)
答對率 ( )	
試題說明	由題幹中文字說明可了解『讓光利用「全反射」的原理進行傳遞，如此一來光訊號就不會外洩，訊息可傳播很長的距離而不需設中途轉駁站。』



## S15 塑化劑

指導教授--周進洋 國立高雄師範大學科學教育研究所  
洪振方 國立高雄師範大學科學教育研究所  
劉宏文 仁德醫護管理專科學校

設計團隊--李學昌 南投縣立草屯國中  
江清俊 臺中市立光明國中  
邱懿歆 臺中市立雙十國中  
鄭基豐 臺中市立居仁國中

## S15 塑化劑

閱讀下面資料後，回答下列問題。

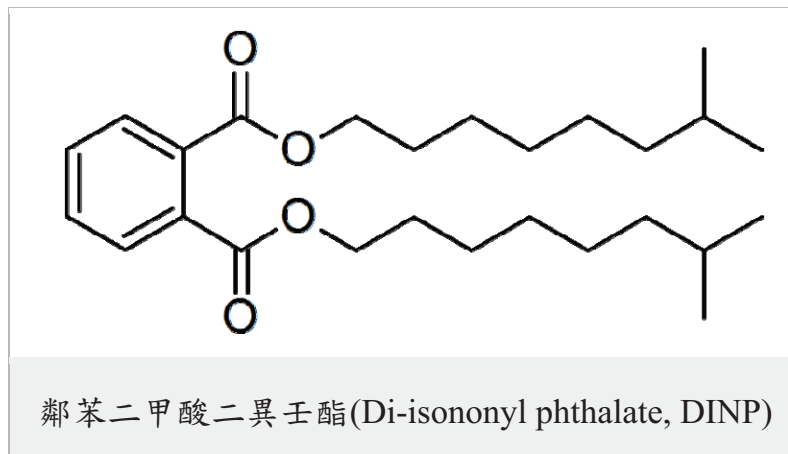
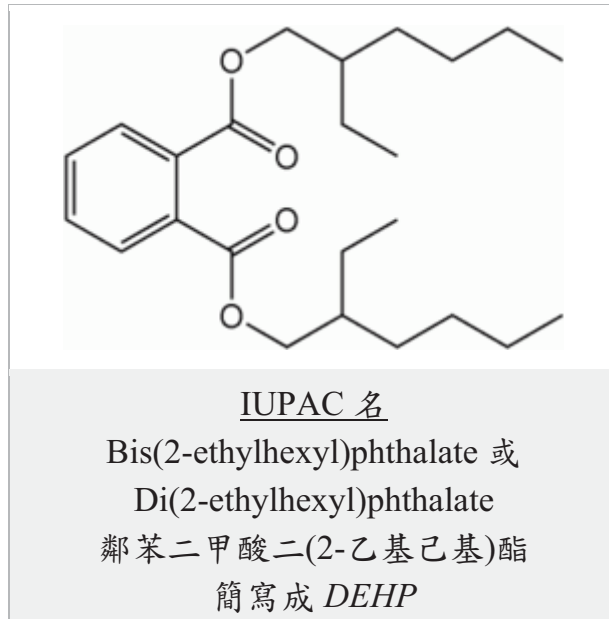
2011 年台灣爆發有毒起雲劑事件，起因在於不肖廠商將食品添加物起雲劑其中的棕櫚油成份，改以價格較低廉的工業原料塑化劑 (DEHP 跟 DINP) 來取代，起雲劑的成本可從 (800 元/公升降至 150 元/公升)，不僅可降低其成本，也可使食品の色澤鮮麗，保存期限更長，但卻可能造成致癌及生殖系統異變，造成人體的傷害。塑化劑常常添加在各式塑膠製品中，可以讓產品變軟、變得更好彎曲，適量添加是合法的，可是絕對不能用在食品中。

塑化劑有十多種，這次發現的 DEHP (鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 Di(2-ethylhexyl)phthalate 跟 DINP (鄰苯二甲酸二異壬酯 (Di-isononyl phthalate, DINP))，只是其中兩種，塑化劑的分子式可分成兩部份，前面一部份是鄰苯二甲酸酯，後面一部分是碳鏈，鄰苯二甲酸酯有親水性，碳鏈有親油性，所以塑化劑可以讓油水混合均勻。

而 DEHP 有八個碳，DINP 有九個碳，雖然 DEHP 的毒性較強，但 DINP 的碳多一個，親油性較高，較 DEHP 難排出體外；DEHP 及 DINP 容易透過飲水、食物鏈等途徑進入體內，會在 72 小時內由人體代謝出去，於猴子動物試驗之結果顯示，有 85% 由糞便中排出；其餘部分則由尿液排出。依據各國包括英國、美國及我國相關研究與調查結果，顯示透過飲食而攝入 DEHP 之情形普遍存在，國人每日自食物攝入 DEHP 的量約為 1.029 mg，故並未被我國環保署列為毒性物質。

歐盟將 DINP 列為環境荷爾蒙，會造成內分泌失調，阻害生物體生殖機能，包括生殖率降低、流產、天生缺陷、異常的精子數、睪丸損害，還會引發惡性腫瘤或造成畸形兒，美國及日本則未將 DINP 列為環境荷爾蒙，我國衛生署亦參照國際間對食品塑膠包裝之管理規範，於 99 年 11 月 22 日公告修正「食品器具容器包裝衛生標準」，增訂塑膠類中 DEHP 之溶出限量標準為 1.5 ppm (毫克/公升) 以下，而食品中則不得添加 DEHP。

(資料來源：行政院衛生署食品藥物管理局)



## 問題 01：塑化劑

對於探討下列的問題，你感興趣的程度為何？請將你的興趣程度勾選在方格內。

一、食品中是否被添加塑化劑？

高度興趣  中度興趣  少量興趣  沒有興趣

二、食品中被添加的是哪一種塑化劑？

高度興趣  中度興趣  少量興趣  沒有興趣

三、食品中添加的塑化劑對人體產生的影響？

高度興趣  中度興趣  少量興趣  沒有興趣

四、你會從什麼管道，知道哪些食品被添加過量的塑化劑？（可複選）

報紙  電視  網路  不知道

塑化劑 評分一

評分說明：

滿分：

四點量表

3分：代號 4:高度興趣（報紙、電視、網路）。

2分：代號 3:中度興趣（報紙、電視、網路其中二個）。

1分：代號 2:少量興趣（報紙、電視、網路其中一個）。

0分：代號 1:沒有興趣（不知道）。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	答對率（樣本數 62 人） 1-1 高度興趣 24.19%；中度興趣 35.48%； 少量興趣 27.42%；沒有興趣 12.90%。 1-2 高度興趣 20.97%；中度興趣 32.26%； 少量興趣 30.65%；沒有興趣 16.13%。 1-3 高度興趣 29.03%；中度興趣 38.71%； 少量興趣 25.81%；沒有興趣 6.45%。 1-4 代號 4:48.39%；代號 3:40.32%；代號 2:11.29%。
答對率（）	
試題說明	本問題欲了解學生對科學的知識與技能學習的興趣程度（態度-對科學有興趣 C-2 透過使用多樣的媒體資源與方法展露出汲取課外科學知識與技術的意志。）

## 問題 02：塑化劑

塑化劑中 DEHP 跟 DINP 會造成人體危害，因此衛生署將塑膠類中 DEHP 之溶出限量標準為 1.5 ppm (毫克/公升)以下，某檢驗員在 100 毫升的果汁中檢驗出 0.7 毫克的 DEHP 請你判斷此果汁是否超標違規？

- (A)是 原因為何？\_\_\_\_\_
- (B)否 原因為何？\_\_\_\_\_
- (C)不知道

**塑化劑 評分二**

評分說明：

滿分：

$$3 \text{ 分} : \frac{0.7}{100} \times 10 = \frac{7}{1000} > \frac{1.5}{1000}$$

代號 2：答案 A 是及有描述原因。

部份給分：

$$1 \text{ 分} : \frac{0.7}{100} < \frac{1.5}{1000}$$

代號 1：答案僅 A 是未寫原因或 B 否有寫原因。

零分：

代號 0：不知道。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	答對率 (樣本數 62 人) 代號 2:19.35%；代號 1：51.63%；零分：27.42%； 代號 9:1.61%
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否由文中做比較，並且從證據中形成結論。(科學能力-科學舉證 3-1 佐以科學證據建立與延伸出結論)



**問題 03：塑化劑**

請問經由飲食所進入人體的 DEHP 跟 DINP 其代謝情況，由以上文章中，可做以下推論，正確的有哪些？ (可複選)

- (A) DEHP 的碳數較少，親油性較高，較難排出體外。
- (B) DINP 的碳數較多，親油性較高，較難排出體外。
- (C) DEHP 跟 DINP 大約 72 小時內，就可從糞便及尿液排出。
- (D) DEHP 跟 DINP 會致癌且不易代謝出去。

**塑化劑 評分三**

評分說明：

滿分：

代號 2：B、C。

部份給分：

代號 1：A、C 或 C 或 B。

零分：

代號 A、D。

代號 9：沒有作答。

**試題分析：**

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	答對率 (樣本數 62 人) 代號 2:85.48%；代號 1:12.90%；零分:1.61%
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否將文章中科學概念運用在主題情境中進行解釋。(科學能力-解釋科學現象 2-1 在主題情境當中應用科學知識)

**問題 04：塑化劑**

由於塑化劑 (DEHP) 未被我國環保署列為必驗的毒性物質，請問如果你是食品業者，是否會在食物中添加塑化劑 (DEHP)？

- (A) 會 原因為何？ \_\_\_\_\_
- (B) 否 原因為何？ \_\_\_\_\_
- (C) 不知道

### 塑化劑 評分四

滿分：

3 分

代號 3：答案是(A)及有描述原因；危害健康、違反法令、不道德等。

部份給分：

代號 2：2 分答案是(A)及有描述部分原因

代號 1：答案僅是會(A)未寫原因或(B)否有寫原因；省錢、增加保存期限、美觀等。

零分：

代號 0：不知道。

代號 9：沒有作答。

### 試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input checked="" type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	答對率 (樣本數 62 人) 代號 3:4.84%；代號 2:35.48%；代號 1:48.38%； 代號 0:11.29%
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否由文中做比較，並且從證據中形成結論。(科學能力-科學舉證 3-1 佐以科學證據建立與延伸出結論)



## S16 筆筒樹的浩劫

指導教授--王國華 國立彰化師範大學科學教育研究所  
劉嘉茹 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--葉辰楨 新北市立三峽國民中學

王淑卿 臺中市立雙十國中

曾素貞 臺中市居仁國中

黃俊邠 國立彰化高中

蔡明致 臺中市立居仁國中

## S16 筆筒樹的浩劫

近年來，臺灣美麗的山林正遭遇一場浩劫，屬於大型蕨類的筆筒樹出現大量枯萎並凋零死亡現象，如下右圖。根據學者由 2008 年至 2010 年所做的全臺調查，死亡比例以新北市土城山區 87% 最高，這個地區的筆筒樹族群正面臨生存的危機。

### 問題 01：筆筒樹的浩劫

筆筒樹是原始的蕨類，蕨類體內存在著豐富多樣的抗病害化合物，因此鮮少生病，古老的筆筒樹也是如此。要解決目前筆筒樹所遭遇的危機，科學家可說是面臨了新的挑戰。為了解決這個問題，科學家進行了一系列的活動，並提出以下的報告：

- A 筆筒樹的發病區域內，仍有健康植株存活。
- B 從病株培養，找到菌核病菌，這些菌核病菌會產生孢子。
- C 枯萎的筆筒樹頂端，有被啃咬入侵的痕跡。
- D 菌核菌孢子會透過空氣散布傳播感染，使得筆筒樹感染面積逐漸擴大。
- E 應該有很小的蟲體，先破壞筆筒樹的防禦機制，才使得病原菌入侵。

請問以上 A、B、C、D、和 E 的敘述中，哪些選項是科學家所收集的證據？哪些是根據證據所做的推論？

答：

1.屬於「收集科學證據」的敘述：

-----

2.屬於「根據證據所做的推論」的敘述：

-----

筆筒樹的浩劫 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：(1) ABC。

(2) DE。

ABC 為科學家觀察到的現象，因此屬於「收集的證據」；DE 為根據前數觀察現象，科學家推測筆筒樹的染病機制，故為「根據證據所做的推論」。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中（層級四）
答對率（）	
試題說明	筆筒樹的大量死亡是一個新的科學議題，在沒有確切解決方法的情況下，科學家必須進行一系列的探究活動找出筆筒樹罹病死亡的原因。本題描述在真實問題情境中，科學家的活動及報告，讓學生辨識在科學探究活動中，何者為「蒐集的證據」，何者為「根據證據所做的推論」，屬於針對環境議題的科學探究活動，檢視學生是否具備運用科學證據（3-1）的能力。

## 問題 02：筆筒樹的浩劫

科學家觀察罹病的筆筒樹，發現一開始是葉子先枯萎，新芽緊接著枯萎，最後頂端腐爛；解剖發現莖中心的組織腐爛，呈現黑褐色，維管束喪失輸送水分及養分的功能，整棵植株也就難以存活。以下有數種科學家所提出的解決方法，根據問題 1 和問題 2 所敘述的內容，你覺得最能『維持生態多樣性』的處理方法是哪一項？並說明你選這個選項的理由。

### 解決方法：

- A. 砍除並銷毀死株，以防止疫情擴散。
- B. 筆筒樹在食物網中有其特定的地位，應順其自然，不以人為方式干預。
- C. 蒐集成熟健康的蕨類孢子，到沒有發生疫情的地方進行復育，以避免筆筒樹滅絕。
- D. 筆筒樹突然大量死亡，可能是它所生存的環境平衡被破壞，必須先找出破壞生態平衡的原因，並想辦法減低這個因素所造成的影響。
- E. 使用強效的藥物滅菌，才能迅速解除筆筒樹的危機。
- F. 以基因轉殖方式培育出不會染病的筆筒樹，並大量繁殖，取代原生的樹種。

### 我支持的作法：

-----

-----

### 我支持的理由：

-----

-----



筆筒樹的浩劫 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：D，說明筆筒樹與其他生物之間存在著交互作用，必須從環境做整體考量，才能徹底 解決問題。

部份給分：

代號 11：C，說明復育瀕臨絕種生物的重要性。

代號 12：A，並說明減少死株可以減緩病原體感染其他健康植株。

零分：

代號 0：其他選項。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中（層級四）
答對率（）	
試題說明	<p>筆筒樹是台灣森林生態系中常見的植物，卻大量枯死，代表該處的生態平衡遭受破壞，而筆筒樹的死亡，也會影響食物網中其他的物種，可能降低生物多樣性。本題希望學生依據原本具備的科學知識，選出最能維持生物多樣性的處理方式，就必須做整體的生態評估與考量，故 D 為最好的答案，C 以復育方式避免筆筒樹絕種，但不夠全面性找出解決之道；A 可爭取時效性，先避免筆筒樹罹病面積擴大，可作為暫時性的措施，但無法解決問題。其它答案則對於此問題情境並不適切。</p> <p>本題要求學生根據科學知識去判斷並說明自己支持的作法，屬於辨識科學議題（1-1），在提出說明的部份，則必須在主題情境中運用科學知識（2-1），並考慮多重面向的可能性。</p>

問題 03：筆筒樹的浩劫

在尋求解決筆筒樹的問題之時，我們必須先具備蕨類的基本知識。蕨類植物是最古老的陸生植物之一，在氣候溫暖濕潤的石炭紀，形成了繁茂巨大的沼澤森林，直到現在，他們仍是森林生態系常見的植物，蕨類的生活史如下圖所示：

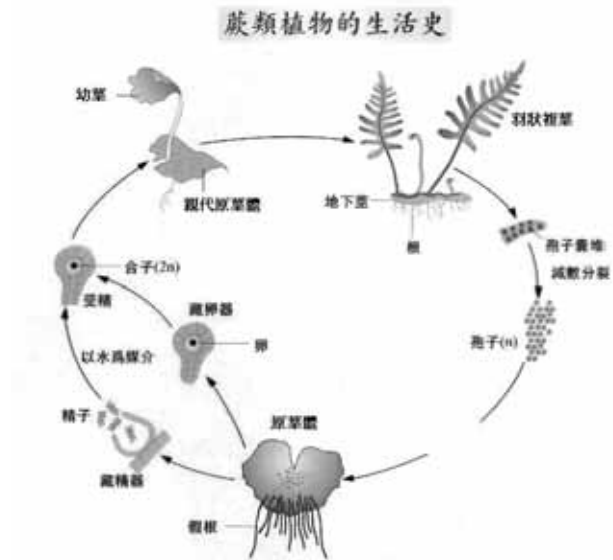


圖 蕨類植物的生活史

請判別下列各個敘述是否正確？並在第二欄圈選「是」或「否」。

有關蕨類的敘述	是否正確
1. 筆筒樹因為具有維管束，體內物質的運輸非常有效率，因此能夠適應各種不同的陸地環境。	是 / 否
2. 蕨類植物用孢子繁殖後代，所以目前臺灣的筆筒樹都具有相同的基因組合。	是 / 否
3. 從蕨類化石在地層中的分布，我們可以推測這個地區當時是屬於溫暖濕潤的環境。	是 / 否

筆筒樹的浩劫 評分三

評分說明：

滿分：

- 代號 2：(1) 否。  
 (2) 否。  
 (3) 是。

零分：

- 代號 0：答案錯誤。  
 代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易（層級三）
答對率（）	
試題說明	本題測驗學生對於蕨類的生理、生殖及生態環境等方面的了解，運用生活史中「有性生殖必須以水為媒介」作為線索，了解筆筒樹具備有性與無性生殖，能夠在較潮濕的環境中大量繁殖（孢子），卻也維持了基因多樣性。同時呼應問題 2，解決問題須以維持生物多樣性為考量。本題測驗學生在主題情境運用科學知識的能力（2-1），故屬於「解釋科學現象」。





## S17 暖氣蜂

指導教授--王國華 國立彰化師範大學科學教育研究所  
劉嘉茹 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--蔡明致 臺中市立居仁國民中學  
王淑卿 臺中市立雙十國中  
曾素貞 臺中市立居仁國中  
黃俊邠 國立彰化高中  
葉辰楨 新北市立三峽國民中學

## S17 暖氣蜂

閱讀下面資料後，回答下列問題。

德國的研究人員①運用紅外相機拍攝蜂巢內部景象，觀察到“暖氣”蜜蜂能精準提供熱能的奇妙現象。②擔任提供熱能的“暖氣”蜜蜂應是透過肌肉運動積蓄熱量，把體溫提高至攝氏 44 度。③“暖氣”蜜蜂隨後爬到蜂巢中的“育兒室”供暖。當“育兒室”溫度控制在攝氏 35 度左右時，孵化出的蜜蜂主要負責外出採集花蜜花粉；當“育兒室”溫度控制在攝氏 34 度時孵化出的蜜蜂充當“管家”，負責清理蜂巢、餵養幼蟲等。④“暖氣”蜜蜂使各種蜜蜂維持在一定數量，確保它們“各司其職”，維繫蜂巢這一龐大社會體系的穩定性。“暖氣”蜜蜂不僅為蜂巢“育兒室”供暖，還透過精確控制幼蟲孵化期溫度決定成蟲類型，在蜂群中扮演重要角色。

### 問題 01：暖氣蜂

一般學者在研究過程中，必須廣泛收集證據，並根據證據提出推論。請根據前述資料，判別與下列各敘述相關的題目是否正確？並在第二欄圈選「是」或「否」。

- ①運用紅外相機拍攝蜂巢內部景象，觀察到“暖氣”蜜蜂能精準提供熱能的奇妙現象。
- ②擔任提供熱能的“暖氣”蜜蜂應是透過肌肉運動積蓄熱量，把體溫提高至攝氏 44 度。
- ③“暖氣”蜜蜂隨後爬到蜂巢中的“育兒室”供暖。當“育兒室”溫度控制在攝氏 35 度左右時，孵化出的蜜蜂主要負責外出採集花蜜花粉；當“育兒室”溫度控制在攝氏 34 度時孵化出的蜜蜂充當“管家”，負責清理蜂巢、餵養幼蟲等。④“暖氣”蜜蜂使各種蜜蜂維持在一定數量，確保它們“各司其職”，維繫蜂巢這一龐大社會體系的穩定性。“暖氣”蜜蜂不僅為蜂巢“育兒室”供暖，還透過精確控制幼蟲孵化期溫度決定成蟲類型，在蜂群中扮演重要角色。

問題	請圈選
(1) 敘述①是這次研究所收集的證據？	是 / 否
(2) 敘述②是這次研究人員根據證據所做的推論？	是 / 否
(3) 敘述③是這次研究人員根據證據所做的推論？	是 / 否
(4) 敘述④是這次研究人員根據證據所做的推論？	是 / 否

暖氣蜂 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：全部四個答案皆正確：答案依次序為「否、否、否、是」。

①運用紅外相機拍攝蜂巢內部景象，觀察到“暖氣”蜜蜂能精準提供熱能的奇妙現象。

這是觀察到現象，屬於觀察提出問題的層次，而非提出數據的證據。

②擔任提供熱能的“暖氣”蜜蜂應是透過肌肉運動積蓄熱量，把體溫提高至攝氏 44 度。

由於敘述中有「應是透過肌肉運動積蓄熱量，把體溫提高至攝氏 44 度。」文中並無肌肉運動積蓄熱量的數據，因此屬於提出假設的層次。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	敘述①是研究人員運用紅外相機拍攝蜂巢內部景象，觀察並測量到“暖氣”蜜蜂的體溫顯著高於其他蜜蜂，是供熱的證據。 敘述②是研究人員觀察並測量到“暖氣”蜜蜂的體溫高達攝氏 44 度，推測“暖氣”蜜蜂應是透過肌肉運動積蓄熱量。 敘述③是研究人員測量及觀察到“暖氣”蜜蜂爬到蜂巢中的“育兒室”供暖，使“育兒室”溫度在攝氏 35 度左右，並且孵化出的蜜蜂主要負責外出採集花蜜花粉的“採集蜂”；而當

“育兒室”溫度控制在攝氏 34 度時孵化出的蜜蜂，是負責清理蜂巢、餵養幼蟲等，充當“管家蜂”。

敘述④是研究人員根據前項觀測，推測：“暖氣”蜜蜂不僅為蜂巢的“育兒室”供暖，還透通過“育兒室”的位置及數量精確控制幼蟲孵化期溫度決定成蟲類型，在蜂群中扮演重要角色。



## 問題 02：暖氣蜂

飛行中的蜜蜂，其翅膀拍打的頻率每秒約 200 次，如果不是因為蜜蜂體積小、再加上飛行時雙翅拍動所造成之氣流，將其體內產生的熱帶走，那麼在 1~2 分鐘內，溫度升到 48~50°C，蜜蜂就有熱死的可能。

日本的研究人員發現，當大黃蜂攻擊捕食蜜蜂時，可能反而被蜜蜂抓入巢中。這時二、三百隻蜜蜂會形成一個蜂球，將大黃蜂圍在中間，由於中央氣溫會隨著新陳代謝速率增加而升高，因此可將大黃蜂熱死。但是，蜜蜂之致死溫度（45~47°C）低於大黃蜂（48~50°C），因此被捲在中心的一些蜜蜂也同時成了陪葬品。

請根據前述資料，判別下列各個題目是否正確？並在第二欄圈選「是」或「否」。

題目	請圈選
(1) 熱死大黃蜂的高溫是由蜂球中的蜜蜂，以雙翅快速震動，摩擦生熱所造成的嗎？	是 / 否
(2) 蜜蜂將大黃蜂抓入巢中，是否可以減少熱的對流與輻射，讓蜂球迅速提高溫度將大黃蜂熱死呢？	是 / 否
(3) 蜂巢內的氣溫是否可以藉由蜜蜂拍打翅膀來提高或降低溫度呢？	是 / 否

暖氣蜂 評分二

評分說明：

滿分：

代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「否、是、是」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率（）	
試題說明	<p>問題(1) 熱死大黃蜂的高溫是由蜂球中的蜜蜂，以雙翅每秒約拍動200次，利用肌肉收縮加速代謝產生體熱，經蜂球中蓄積熱量所造成的高溫。解釋與答案不符，雙翅每秒約拍動200次是飛行中的蜜蜂，巢中密封一樣有這樣快地拍打速率嗎？</p> <p>問題(2) 蜜蜂集體將大黃蜂抓入巢中，在密閉蜂巢中可以減少熱的對流與輻射，讓蜂球迅速提高溫度而將大黃蜂熱死。</p> <p>問題(3) 蜂巢內的氣溫可以藉由蜜蜂拍打翅膀時肌肉代謝產體熱而提高蜂巢內的氣溫，或是在入口鼓動空氣流通降低蜂巢內的氣溫。</p>

**問題 03：暖氣蜂**

一隻正在高溫下飛行的蜜蜂，若由飛行所引起的風不足以將身體上的熱帶走，牠們只好將蜜囊裡的花蜜含在口器，藉著頻頻擺動口器使花蜜中的水分蒸散，來達到降低體溫的效果。這是蜜蜂唯一能使體溫降至比外界氣溫更低的好方法，並且減少了水分的花蜜會變成更濃稠（減輕了重量），因此蜜蜂可以再攜帶更多的花蜜回巢。

如果天氣很熱，這些接到花蜜的蜜蜂也會將花蜜放在口器，藉擺動口器來降低體溫；而蒸散作用所造成蜂巢內濕度上升，會刺激其他工蜂在蜂巢入口處擺動翅膀，將巢外乾燥的空氣帶入，如此集體擺翅作用可使蒸散作用更有效率。如果天氣不熱，這些在巢內的工蜂會選擇是否接受濃稠花蜜；因此，工蜂採回來的花蜜是稀是稠就可被調節了。

請問：全球暖化造成極端的氣候現象(酷寒、乾旱、驟雨)，對於工蜂調控蜂蜜的濃(稠)度會造成怎樣的影響？請自行假設一狀況說明。

-----  
-----

暖氣蜂 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：能說明所假設狀況的自變項(溫度或濕度、水分蒸發)以及因變項(蜂蜜的濃度)，及兩者之間的因果關係。

零分：

代號 0：缺少自變項、因變項(蜂蜜的濃度)或未說明兩者之間的因果關係。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	極端的氣候現象(酷寒、乾旱、驟雨)，會影響自變項(溫度、濕度、) 改變水分的蒸發速率。 水分的蒸發速率太快則蜂蜜濃稠，使工蜂無法藉以散熱，降低工蜂的採蜜範圍。 水分的蒸發速率太慢，則工蜂必須耗費更多糖份，藉代謝作用產生更多的體熱，協助濃縮蜂蜜的濃(稠)度。



## S18 亂石崩雲，驚濤駭浪

指導教授--林明良 國立高雄師範大學科學教育研究所  
蘇明俊 樹德科技大學休閒事業管理系

設計團隊--林詩珊 臺中市立清水國中  
陳仁杰 彰化縣立大村國中  
林百脩 臺中市立東新國中  
陳琬菁 臺中市立光明國中  
蘇錦玲 臺中市立黎明國中

## S18 亂石崩雲，驚濤駭浪

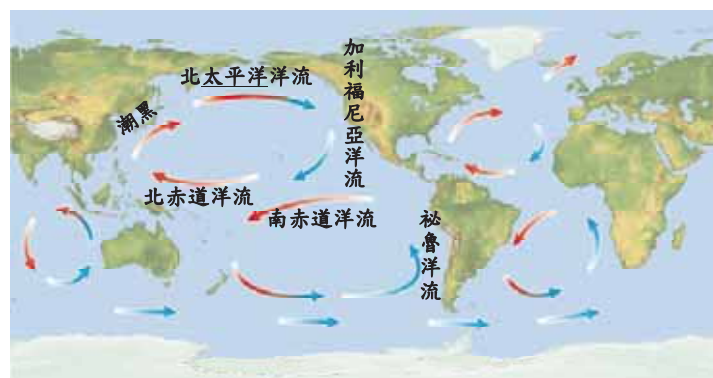
住在臺灣的小庭，看到下面報導，對照行星風系圖及全球洋流圖，思考研究一些問題。

【福爾摩沙日報報導】

2011年3月11日，日本發生規模9.0大地震，其東北地區隨即引發超過22公尺高的海嘯侵襲。日本福島核廠一號爐，在地震發生引發海嘯的四小時後，已發生爐心熔解，氫氣外洩爆炸，導致輻射外洩事故。

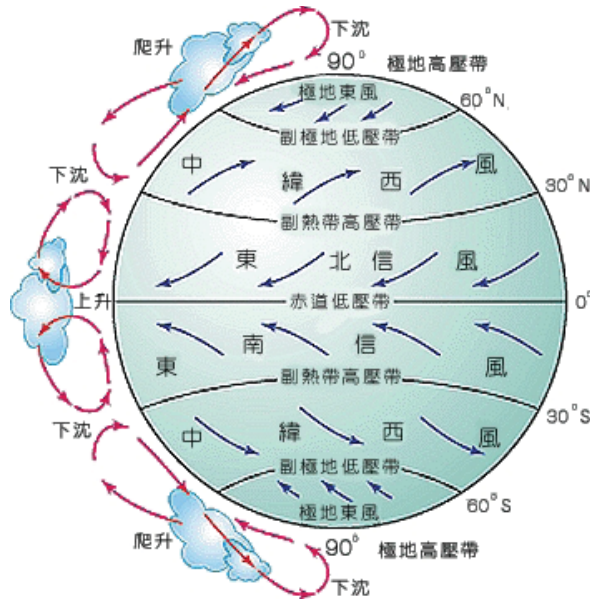
因為風向關係，放射物飄到宮城縣。3月22日冰島政府表示，已在首都雷克雅維克(Reykjavik)的輻射監控中心驗出微量、來自日本的輻射微粒；挪威則有科學家表示，幾天內輻射就會遍布整個北半球。

3月21日，針對福島第一核電廠排水口附近海水進行取樣調查，檢測出大幅超出國家基準值的放射性物質，可能是由於對福島第一核電廠3號機和4號機進行噴水作業，造成滲透入土地中的放射性物質流入海中，或是空氣中的放射性物質隨著雨水流入海中。



全球洋流圖

(引自南一書局，99下，自然與生活科技第六冊第四章)



行星風系圖

(引自石再添等合著(1998)，《地學通論(自然地理概論)》，  
台北市：固地文化事業有限公司，第 223、224 頁)

### 問題 01：亂石崩雲，驚濤駭浪

日本東北 311 大地震造成全球輻射污染的疑慮，請思考下列  
哪些問題可以用科學研究的方式加以回答。

請針對每個問題，圈選「是」或「否」。

這個問題是否可以用科學研究的方式加以回答	是或否
(1) 日本如何訂定新的能源政策？	是 / 否
(2) 全球洋流系統如何影響輻射物質的擴散？	是 / 否
(3) 季風風向與輻射塵濃度的關係。	是 / 否
(4) 日本政府如何運用各界救災捐款？	是 / 否

亂石崩雲，驚濤駭浪 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：3 分；代號 4：高度興趣（報紙、電視、網路）。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)</b> ： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)</b> ： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級三
答對率（）	答對率 32.0%
試題說明	政府訂定政策或經費運用問題，所關聯的議題除了科學知識外，尚須考量政治、人民感受、經濟等非由科學研究可以得出結論的變因。全球洋流系統如何影響輻射物質的擴散，以及季風風向與輻射塵濃度的關係，則確實可以設計可控制的變因，用科學實驗加以探究。



**問題 02：亂石崩雲，驚濤駭浪**

小庭研究相關的資料，並提出日本福島核電廠的輻射外洩，不會隨空氣流動影響南半球。小庭做成這個結論的證據是什麼？

.....

.....

亂石崩雲，驚濤駭浪 評分二

評分說明：

滿分：

- 代號 1：1、答案為「從行星風系圖中發現北半球及南半球風向相反，因此輻射藉由空氣帶到南半球的機會很低。」  
2、赤道低壓帶使得空氣不會直接流到南半球。

零分：

代號 0：不知道。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	答對率 45.4%
試題說明	政府訂定政策或經費運用問題，所關聯的議題除了科學知識外，尚須考量政治、人民感受、經濟等非由科學研究可以得出結論的變因。全球洋流系統如何影響輻射物質的擴散以及季風風向與輻射塵濃度的關係則確實可以設計可控制的變因的科學實驗加以探究。

**問題 03：亂石崩雲，驚濤駭浪**

這次海嘯將日本地區大量垃圾、廢棄物帶入海中，小庭推測未來在澳洲沿海會發現來自日本垃圾及廢棄物的可能性，下列哪些敘述較符合？

- (A)可能性很高，日本和澳洲緊鄰太平洋，海域相同，汙染物質易流過去。
- (B)可能性很高，藉由魚群或海洋生物將汙染帶至澳洲。
- (C)可能性很低，因為南北半球洋流不同，汙染物質不易流通。
- (D)可能性很低，日本離澳洲太遙遠，汙染物質無法漂流這麼長的距離。

亂石崩雲，驚濤駭浪 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：答案為「A、B」。

零分：

代號 0：其他答案。

只有 A 或只有 B。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	答對率 24.0%
試題說明	藉由題目提供的全球洋流圖解釋澳洲沿海會發現來自日本垃圾及廢棄物的可能性。

**問題 04：亂石崩雲，驚濤駭浪**

小庭對於輻射外洩影響臺灣的程度尤為關切，發現兩派說法：

- 一是主張「臺灣被輻射塵污染的機率遠低於美國西岸」，
- 一是主張「臺灣受輻射塵污染的機率遠遠高於美國西岸」。

你贊成哪一個主張，並請提出你所根據的科學證據。

.....

.....

亂石崩雲，驚濤駭浪 評分四

評分說明：

滿分：

代號 1：1、可能不會，因為此時臺灣附近洋流由南向北流動，且風向開始轉變為南風，沒有明顯受東北季風影響，因此受汙染可能性低。」

2、「可能會，因海水洋流為全球性流通，受輻射汙染的物質可能經由黑潮、北太平洋洋流、加利福尼亞洋流及北赤道洋流回到臺灣，只是汙染的濃度會降低，且此季節風向較不穩定，轉為東北風還是有可能受影響」。

零分：

代號 0：其他答案，例如

「可能不會」部份：1.因海水淡化輻射、輻射不溶於水；  
2.季節、行星風系(皆未詳加描述)。

「可能會」部份：1.「可能會」部份：1.只提及「過不久也會，只是時間問題」，但未以科學角度說明；  
2.日本是鄰國。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	答對率 40.9%
試題說明	藉由題目提供的行星風系圖找出日本福島核電廠的輻射外洩不會隨空氣流動影響南半球的立論證據。

**問題 05：亂石崩雲，驚濤駭浪**

這次日本大地震所引發許多災難，也包括造成大量漂流的廢棄物，假設我們可以追蹤或利用這些廢棄物，你能藉此做些怎樣的研究？

- (A) 廢棄物的種類與地震規模大小之關係。
- (B) 廢棄物的位置與洋流流速之關係。
- (C) 廢棄物的顏色與流行趨勢之關係。
- (D) 廢棄物的數量與海水密度之關係。

亂石崩雲，驚濤駭浪 評分五

評分說明：

滿分：

代號 1：答案為「B」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	答對率 59.0%
試題說明	進行科學研究要慎選可以控制的變因。



**問題 06：亂石崩雲，驚濤駭浪**

以下有四項關於能源相關議題的討論，請圈選出你感興趣的程度。  
回答只是在表達意見，沒有正確的答案。

	高度興趣	中度興趣	少量興趣	沒有興趣
a) 了解關於核能發電的安全維護。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) 了解臺灣核能發電在災害發生時的相關應變措施。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) 知道輻射塵對人體危害及正確防範方法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) 了解現有再生能源的效能及發展程度。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

亂石崩雲，驚濤駭浪 評分六

評分說明：(略)

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input checked="" type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	
試題說明	探討學生對於核能的安全及再生能源的發展是否具有興趣。



## S19 益生菌，真的有益嗎？

指導教授--王國華 國立彰化師範大學科學教育研究所

劉嘉茹 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--曾素貞 臺中市立居仁國中

王淑卿 臺中市立雙十國中

黃俊邠 國立彰化高中

葉辰楨 新北市立三峽國民中學

蔡明致 臺中市立居仁國民中學

## S19 益生菌，真的有益嗎？

凡應用至人類或其他動物，可藉由改善內生性微生物相之平衡，而有益於宿主的活菌，不論是單一或混合菌株均可視為“益生菌”。此一闡述廣泛為國際上所接受而延用至今。

乳酸菌(*Lactobacillus*)為腸內菌叢的一種，也是俗稱的益生菌之一。可將消化道中之碳水化合物分解，生成乳酸，降低體內環境酸鹼值，有效阻止有害菌增殖，並維持腸內菌叢之安定與健全，所以可說是和人體健康有極密切的相關之重要菌群。此外乳酸菌在目前人們日常飲食醱酵產品中亦擔任重要的角色，故亦被認為是和人類生活息息相連之重要菌群。由於乳酸菌在保健上的應用逐漸受到重視，因而引發各方利用生物技術加以改良、探討並應用之研究。

### 問題 01：益生菌，真的有益嗎？

根據前文之敘述，請問乳酸菌與人類之間的關係與下列何者相似？

- A 山蘇附著於樟樹的樹幹上生長。
- B 寄居蟹與花蟲海葵的共生。
- C 兩隻公羚羊在求偶季節鬥角。
- D 冬蟲夏草中的蝙蝠蛾幼蟲與菌類。

益生菌，真的有益嗎？ 評分一

評分說明：

滿分：

代號 01：正確答案為：B。

零分：

代號 02：其他答案。

代號 99：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	本題先讓學生了解何謂“益生菌”，並能理解其與宿主之間的交互作用為“共生”。

## 問題 02：旅行者腹瀉

旅行者腹瀉，其實就是我們俗稱的“水土不服”，其定義為在旅行期間或旅行後，每天有 3 次或 3 次以上未成形糞，或未成形糞次數不定但伴有發熱、腹痛或嘔吐；通常兒童和老人的症狀要比青壯年嚴重。過去，由於醫學不發達，人們常認為旅行者腹瀉就是因氣候、食物或水土的改變所導致。現經研究證實，旅行者腹瀉是由細菌（大腸桿菌、沙門桿菌、志賀桿菌）、病毒（如輪狀病毒、諾羅病毒）、腸道寄生蟲（如腸梨形鞭毛蟲、痢疾阿米巴）等致病微生物所引起的急性腸道感染，其中最為常見的是產毒性大腸桿菌，占腹瀉者的 60% 以上。

大部分旅行者腹瀉是短暫性的，一般 1-5 天會自行痊癒。然而，若腹瀉帶血、發高燒、症狀嚴重或症狀持續要立即去看醫師。和你的醫生討論請教可能用得到的醫藥與治療方法，不要自行隨便使用抗生素，因其會殺死腸內益生菌而破壞腸內細菌平衡，將使病情惡化。

請根據前述資料，判別下列各個題目是否正確？並在第二欄圈選「是」或「否」。

題目	請勾選
(1) 引起旅行者腹瀉之大腸桿菌也可稱為益生菌。	是 / 否
(2) 預防旅行者腹瀉，應避免攝取生的或未煮熟的肉類、海鮮食物。	是 / 否
(3) 使用預防旅遊者腹瀉症的非抗生素類藥物，避免抗藥性之產生。	是 / 否

旅行者腹瀉 評分二

評分說明：

滿分：

代號 01：全部三個答案皆正確，正確答案為：「否、是、是」。

零分：

代號 02：其他答案。

代號 99：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	學生必須從閱讀文章中了解，在自然生態中，存在不同差異的族群，原本對人類宿主有益的大腸桿菌，因為菌株不同，造成的影響不同。同時，在本子題中亦提供下一子題之相關線索~~抗藥性 v. s. 抗生素。

### 問題 03：益生菌，真的有益嗎？

歐洲「腸道出血性大腸桿菌感染症」(簡稱 E H E C) 疫情的源頭終於現身，然而並不是先前世人普遍認定的黃瓜、萵苣或番茄，更與西班牙無關，而是德國北部地區種植的豆芽，遭到新菌系的大腸桿菌污染，因此釀成這波公衛風暴。

據世界衛生組織(簡稱 WHO)表示，引發此次疫情的病菌，可能是由 2 種不同的大腸桿菌通過基因重組形成，因此毒性很強，先前從未在任何疫情中出現過。WHO 指出，受到感染的 1,600 多人中，有 499 人出現一種叫做「溶血性尿毒綜合癥(簡稱 HUS)」的腎功能衰竭癥狀。這種非常罕見的綜合癥兆會讓腎臟停止運轉，並有可能導致死亡。在大腸桿菌疫情感染人群中，通常只有少部分患者會出現這種癥狀。WHO 食品安全專家克魯斯說，這種致命菌株具有多種特性，比其它菌株毒性更強。

假若你是一位研究人員，請問你會進行哪些研究，找出為何大腸桿菌會出現毒性如此強的變種菌株之可能解釋？

-----  
-----



益生菌，真的有益嗎？ 評分三

評分說明：

滿分：

代號 01：

零分：

代號 99：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	學生得分與否視其能否依之課堂所學(自然與生活科技)，以及在日常生活的觀察所得，依此做出符合科學探究之推論。本題之難度高即在此~要求學生的技能是“提出合乎科學方法的可能研究方向”，因此本問題是屬於「辨識科學議題~在科學訊息當中發現研究的關鍵」的範疇。





## S20 那個先來?蛋或是雞?

指導教授--王國華 國立彰化師範大學科學教育研究所

劉嘉茹 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--黃俊邠 國立彰化高中

王淑卿 臺中市立雙十國中

曾素貞 臺中市立居仁國中

葉辰楨 新北市立三峽國民中學

蔡明致 臺中市立居仁國民中學

## S20 那個先來?蛋或是雞?

閱讀下面資料後，回答下列問題。

英國的科學家研究發現，蛋殼的形成仰賴一種僅能在雞的卵巢中找到的蛋白質 ovocledidin-17(簡稱 OC-17)。OC-17 蛋白質主要作用是加速蛋殼發展的催化劑，以形成硬殼保護蛋黃與蛋白，讓雞胚胎得以發育。

英國科學家利用超級電腦放大一枚雞蛋的構造，研究結果顯現 OC-17 在啟動結晶化上是為關鍵，OC-17 將碳酸鈣轉化為方解石晶體，而該晶體構成了蛋殼。方解石晶體可在許多骨骼與貝殼內發現，然而雞形成方解石晶體的速度較其他物種快速—每 24 小時形成 6 公克的殼。由此研究發現，科學家現在相信，在雞蛋能夠形成前，必須先有 OC-17，而 OC-17 只能在雞的卵巢中發現。

### 問題 01：那個先來?蛋或是雞?

OC-17 蛋白質是雞蛋蛋殼結晶化的關鍵物質，是否可以在蛋殼上分析得到其成分，請問下列哪一項敘述是正確的？

- A. 可以，OC-17 蛋白質被吸收與碳酸鈣結合轉變為方解石晶體。
- B. 不可以，透過化學反應 OC-17 的蛋白質結構發生改變。
- C. 不可以，OC-17 蛋白質只加速反應的進行但不參與反應。
- D. 可以，OC-17 蛋白質在超級電腦放大的蛋殼上可以看見其結構。

那個先來?蛋或是雞? 評分一

評分說明：

滿分：

代號 01：正確答案為：C。

零分：

代號 02：其他答案。

代號 99：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放式問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學證據、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)</b> ： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)</b> ： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	主要是探討學生對催化劑的化學特性之瞭解。

## 問題 02：那個先來？蛋或是雞？

雞蛋殼的表面結構中，分布大約 7500 個氣孔。剛生出來的蛋，氣孔是閉鎖，表面光滑；隨著產出的時間越久，氣孔會慢慢敞開，蛋的表面會變得粗糙。下列有關蛋的氣孔其作用與運用的敘述，何者正確？

- A. 以單位面積而言，蛋型的鈍端比銳端的氣孔來得少，因為鈍端處有氣室。
- B. 氣孔越大越好，其氣體的擴散效果會越佳，對細菌的防禦也越好。
- C. 挑選雞蛋時，觸摸蛋殼表面，越光滑代表其新鮮度越好。
- D. 氣孔若將其封住，蛋就可以保存得越久，不易腐爛。

那個先來?蛋或是雞? 評分二

評分說明：

滿分：

代號 01：正確答案為：C。

零分：

代號 02：其他答案。

代號 99：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放式問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學證據、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)</b> ： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)</b> ： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	偏易
答對率 ( )	
試題說明	由命題內容去推論氣孔的功能，然後選出正確的答案。

### 問題 03：那個先來？蛋或是雞？

成熟的卵泡進入輸卵管，輸卵管分泌的蛋白將卵黃包住，然後逐漸下行，形成內外殼膜，最後到達泄殖腔，輸卵管是蛋殼形成的地方。

請根據前述資料，判別下列各個題目是否正確？並在第二欄圈選「是」或「否」。

問題	請圈選
(1) 會形成蛋殼的生物，一定是進行體內受精。	是 / 否
(2) 卵生生物，只要有輸卵管，皆會形成蛋殼。	是 / 否



那個先來?蛋或是雞? 評分三

評分說明：

滿分：

代號 01：全部二個答案皆正確為：答案依次序為「是、否」。

零分：

代號 02：其他答案。

代號 99：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放式問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學證據、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	偏易
答對率 ( )	
試題說明	主要是探討學生對文章內容研讀後，是否與一般所學的生物知識接上軌。最後能根據既有的知識，做出正確的判斷。





## S21 點屎成金？

指導教授--王國華 國立彰化師範大學科學教育研究所

劉嘉茹 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--王淑卿 臺中市立雙十國中

曾素貞 臺中市立居仁國中

黃俊邠 國立彰化高中

葉辰楨 新北市立三峽國中

蔡明致 臺中市立居仁國中

## S21 點屎成金？

閱讀下面資料後，回答下列問題。

目前全球人口共約 70 億，平均每天的肉品消耗量約 7 億公斤。每生產 1 公斤的牛肉約製造出 16.7 公斤的牛糞。全球龐大的畜養業所產生的糞便成為處理廢棄物的一大問題。

為解決動物糞便的問題，有些國家已研發出糞便沼氣發電技術。首先蒐集糞便置於沼氣池中，隔絕空氣並控制一定的溫度、濕度和酸鹼度，引進微生物進行發酵，分解其中的有機物而產生沼氣，再利用沼氣作為燃料來發電。沼氣是多種氣體的混合物，其中甲烷約佔 60~70%，還有少量硫化氫，所以略帶臭味。而沼氣中的甲烷、二氧化碳和氧化亞氮都是造成溫室效應的有害氣體。

### 問題 01：點屎成金

請根據前述資料，先判別下列問題透過科學研究來評估蒐集動物糞便產生沼氣是否有益？再請就各項敘述在第二欄圈選「是」或「否」。

問題	請圈選
(1) 糞便沼氣發電使糞便廢棄物大量減少。	是 / 否
(2) 糞便產生的沼氣經蒐集可成為發電燃料。	是 / 否
(3) 糞便沼氣發電可解決全球溫室效應問題。	是 / 否

點屎成金 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「是、是、否」。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)</b> ： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)</b> ： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中偏易（水準 3）
答對率（）	
試題說明	<p>本題屬於科學能力「辨識科學議題」，1-2「在科學訊息當中發現研究的關鍵」，科學本質的「科學探究」。探究糞便沼氣發電廠蒐集糞便於沼氣池中進行發酵產生沼氣是否有益處的議題？探究糞便沼氣發電不僅可以降低養殖場糞便廢棄物污染問題，還可將沼氣作為發電廠的燃料。又將是溫室氣體的有害沼氣轉化成能源，可適度降低溫室效應，但不能過度推論成可解決全球溫室效應問題。</p> <p>此議題屬於將「自然科學」與「生活系統」的科學知識應用於「環境」與「科學與科技的探索」，其情境向度由社會的科技應用擴展至全球的降低溫室氣體與溫室效應。試題難度中偏易--水準 3，學生運用事實與知識在試題情境中可辨識出科學議題。</p>

問題 02：點屎成金

臺灣研發出一種可將糞便轉化成燃料油的機器，將蒐集的畜禽糞便經過機器內熱化學高溫高壓處理 4 小時後，糞便會轉化成燃料油。不過，機器的生產效率會因糞便來源不同而異。根據統計一頭豬每天的排糞量約 2.5 公斤，一頭牛每天排放約 50~60 公斤。利用豬糞與牛糞進行糞便製造燃料油的研究比較，結果如圖 1、圖 2。依據圖中的數據，請寫出機器利用「牛糞」或「豬糞」產生燃料油的效率，何者較佳？並說明理由。

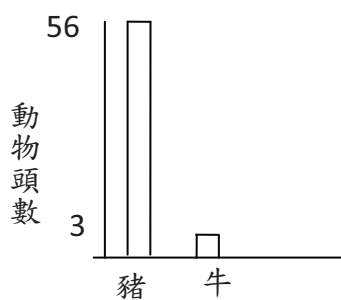


圖1：轉化糞便製造出1公升燃料油所需的動物頭數

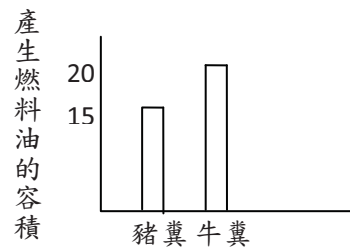


圖2：處理每公斤動物糞便所轉化出的燃料油容積

---



---

點屎成金 評分二

評分說明：

滿分：

代號21：能夠回答「牛糞」產生的燃料油效率較佳，並應用（圖1）結果做正確解釋。

- 牛糞。3頭牛的牛糞所生產燃料油的容積相當於56頭豬所生產的量，因此牛糞轉化效率較佳。
- 牛糞。同樣製造出1公升糞便燃料油所需的牛頭數較少。
- 牛糞。（圖1）牛與豬的頭數相比，牛比豬少許多，因此牛糞轉化效率較佳。

代號 22：能夠回答「牛糞」產生的燃料油效率較佳，並應用（圖2）結果做正確解釋。

- 牛糞。處理1公斤牛糞可產生20毫升的燃料油大於1公斤豬糞可產生15毫升的量，因此牛糞轉化效率較佳。
- 牛糞。轉化每公斤牛糞所產生的燃料油容積大於豬糞。
- 牛糞。牛一天可以排出50-60公斤的糞，且每公斤牛糞所生產的燃料油的容積也較豬糞多。
- 牛糞。圖2可知牛糞可生產更多的燃料油，因此牛糞轉化效率較佳。

代號 23：能夠回答「牛糞」產生的燃料油效率較佳，並綜合（圖1）、（圖2）結果做正確解釋。

- 牛糞。製造1公升燃料油只需3頭牛，豬卻要56頭；處理1公斤牛糞可產生20毫升的燃料油大於1公斤豬糞可產生15毫升的量，因此牛糞轉化效率較佳。
- 牛糞。每公斤牛糞所生產的燃料油容積大於豬糞；製造出1公升糞便燃料油所需的動物頭數，牛比豬少，因此牛糞轉化效率較佳。
- 牛糞。每公斤牛糞所生產的燃料油容積大於豬糞；製造出1公升糞便燃料油所需的動物頭數，牛比豬少，代表牛每天產的糞便量遠大於豬，因此牛糞轉化效率較佳。
- 牛糞。豬糞每公斤可生產的燃料油較牛糞少，且在糞便的收集上，豬糞比牛糞收集的少，所以牛糞的收集量多，生產燃料油量也多，牛糞相對就比豬糞來的好。
- 牛糞。牛所需要的頭數較少，生產的燃料油較多。

部份給分：

代號 11：能夠回答「牛糞」產生的燃料油效率較佳。但沒有解釋。

- 牛糞。

代號 12：能夠回答「牛糞」產生的燃料油效率較佳。但未能由（圖 1）或（圖 2）正確舉證說明。

- 牛糞。因為牛比較好吃，所以牛糞比較厲害。
- 牛糞。比較臭，沼氣比較多。
- 牛糞。是因為牛糞的沼氣量較多。
- 牛糞。因為牛糞的排放量比較多。
- 牛糞。因為牛糞的量較多，雖然需較多的時間，但平均每個人可用的燃料油較多。
- 牛糞。雖然牛糞容積大，但所需牛較少，可增加生產資源。
- 牛糞。牛都吃草比較健康。
- 牛糞。因為一頭牛一天約排50-60公斤糞便。

零分：

代號 01：回答「豬糞」產生的燃料油效率較佳。沒有解釋。

- 豬糞。

代號 02：回答「豬糞」產生的燃料油效率較佳。解釋錯誤。

- 豬糞。比較臭。
- 豬糞。沼氣比較多。
- 豬糞。因為牠是雜食性動物。
- 豬糞。因為所需頭數較多。

代號 9：沒有回答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	<b>科學知識(KOS)：</b> <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 <b>科學本質(KAS)：</b> <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中（水準 4）
答對率（）	
試題說明	本試題難易度屬於中度—水準 4，學生可以從不同學科整合科學與科技並作解釋，透過科學知識與證據進行延伸結論。屬於評量科學能力「運用科學證據」、「3-2 發現在結論背後的假設、證據與論述」的試題。綜合「自然科學」、「生



活系統」、「科技」的知識與「科學解釋」的科學本質。將臺灣行政院農委會研發出可將糞便轉化成燃料油的機器，探究不同動物糞便有不同的燃料油轉化率，將其研究結果的數據以圖形方式來測試學生對於證據所做的結論與科學解釋的統整能力。

本題應用範圍屬於「科學與科技的探索」，將動物的糞便廢棄物蒐集後以機器轉化成燃料油，探索不同動物糞便的燃料油轉化率之差異，目前此科技僅限於一個國家所以屬於「社會的」情境向度。

問題 03：點屎成金

利用科技將動物的糞便轉化成沼氣或燃料油，這種燃料屬於生質燃料。生質燃料是指經由生物體新陳代謝的產物或經轉化所產生的燃料。其生成的能源稱為生質能源，屬於再生能源，符合經濟性、安全性與環境保護，符合可永續提供當代與未來需求的永續能源；也是可減少環境污染的乾淨能源，又稱綠色能源，不同於人類長期使用的化石燃料如煤炭、石油和天然氣，以及核能。因為目前科技發展的限制，生質能源的轉化效率偏低，成本較高。

對於下列的陳述，你同意的程度有多少？請在每一行內只勾選一個方格。

題目	非常同意	同意	反對	非常反對
(1) 有興趣學習如何提升生質能源的產生效率。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2) 願意使用乾淨而少污染的乾淨能源即使費用較昂貴。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(3) 如果糞便處理廠設在我家附近我願意接受。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(4) 生質能源是值得各國研究與發展的議題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

點屎成金 評分三

評分說明：(略)

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input checked="" type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input checked="" type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	無
答對率 ( )	
試題說明	<p>本題屬於科學態度試題，藉以連結上述題目以測試學生對於本主題「點屎成金」--將糞便廢棄物轉化成沼氣或燃料油等生質能源議題的支持度與研究興趣。應用的科學知識包括生活系統與科技，屬於應用範圍包含自然、環境、科學與科技的探索。</p> <p>試題(1)：是個人的情境向度，評量學生是否有興趣「學習如何提升生質能源的產生效率」？屬於科學態度「3.對科學學習的興趣」、「3-1.對於科學與科學相關議題擁有好奇心。」</p> <p>試題(2)：是個人的情境向度，評量學生是否同意「付出較高成本使用乾淨能源」？屬於科學態度「4.對環境與資源責任的自覺」、「4-2.能認知環境總貌乃來自於個人的行動。」</p> <p>試題(3)：是社會的情境向度，評量學生是否同意「在社區附近建立糞便處理場」？屬於科學態度「4.對環境與資源責任的自覺」、「4-3.擁有意志採取行動來維護自然資源。」</p> <p>試題(4)：是全球的情境向度，評量學生是否同意「生質能源是值得各國研究與發展的議題」？屬於科學態度「1.對科學探究的支持」、「1-3.導出結論需具備邏輯與嚴謹過程。」</p>





## S22 竹筴與食物的漂白

指導教授--周進洋 國立高雄師範大學科學教育研究所

洪振方 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--邱欣怡 國立高雄師範大學科學教育研究所

李淑貞 高雄市立五福國中

張瑞純 高雄市立鼎金國中

喻鴻鈞 高雄市立大社國中

## S22 竹筷與食物的漂白

### 問題 01：竹筷與食物的漂白

小融在電視上看見了一則報導，傳統市場麵類及豆類加工食品，添加過量過氧化氫漂白的比例偏高，發現有一成多不合格，長期食用有致癌危險；各賣場供應的免洗筷和牙籤以及飯店、餐廳、夜市等場所的免洗筷、牙籤及竹籤也被檢驗出含漂白劑二氧化硫或過氧化氫。面對市售這類黑心食品，常常在外面用餐的小融，想用簡單的方法檢驗免洗筷中過量的二氧化硫及食品中添加的過氧化氫。

小融為了想了解常用的免洗筷中二氧化硫的殘留量，他做了以下實驗：

#### 實驗一

- 步驟一：利用削鉛筆機，將有二氧化硫殘留的免洗筷，取一雙用純水洗 5 分鐘作為實驗組，另一雙不清洗作為對照組，然後分別削成竹屑。
- 步驟二：將兩種竹屑各秤 2 克重後，分別放入試管中。
- 步驟三：每個試管加入 20 毫升的純水，並攪拌。
- 步驟四：每隔 10 分鐘用試紙檢驗試管中二氧化硫的含量，直到 60 分鐘為止。
- 步驟五：推估二氧化硫濃度(檢驗後的二氧化硫試紙反應後與試紙色卡的顏色比對可推估二氧化硫的濃度)。

對於下列的資料，你感興趣的程度有多少？請在每一行內只勾選一個方格。

- (a) 知道哪些食品容易被添加過量的漂白劑  
 高度興趣  中度興趣  少量興趣  沒有興趣
- (b) 知道簡單檢驗哪些食品被添加過量的漂白劑  
 高度興趣  中度興趣  少量興趣  沒有興趣
- (c) 知道如何去除食物中過量漂白劑的方法  
 高度興趣  中度興趣  少量興趣  沒有興趣

竹筷與食物的漂白 評分一

評分說明：

四點量表：

代號 4：高度興趣。

代號 3：中度興趣。

代號 2：少量興趣。

代號 1：沒有興趣。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級 2
答對率 ( )	(答對率 79.6%)
試題說明	本問題欲了解學生對科學的知識與技能學習的興趣程度。 (態度-對科學有興趣 3-2 透過使用多樣的資源與方法展露出汲取課外科學知識與技術的意志)。

**問題 02：竹筷與食物的漂白**

從實驗一的步驟中，你認為小融設計的實驗一想嘗試回答哪一個研究問題？

- (A) 免洗筷當中是否含有二氧化硫？
- (B) 探討免洗筷清洗前後的二氧化硫釋出量關係？
- (C) 二氧化硫是否能漂白筷子？
- (D) 免洗筷是否安全可靠？



竹筷與食物的漂白 評分二

評分說明：

滿分：

代號 1：B.探討免洗筷清洗前後的二氧化硫釋出量關係？

零分：

代號 0：其他答案。

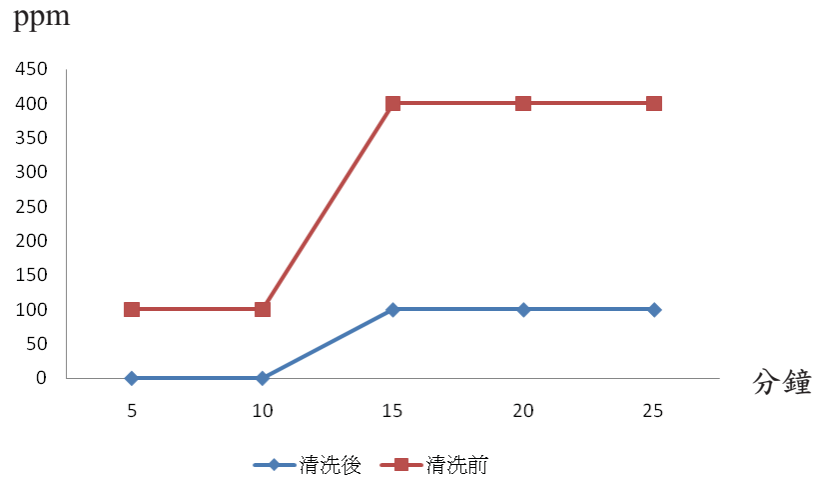
代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否成功連結研究問題與研究設計。(科學能力-形成科學議題 1-1 透過科學化研究辨識可能的議題)。

問題 03：竹筷與食物的漂白

小融將實驗一結果整理成圖一，根據圖一的結果，請問小融應該可以獲得什麼樣的結論？(請寫出三項)



圖一：免洗筷在清洗前後，二氧化硫殘留量與時間關係圖。  
縱軸為二氧化硫釋出量，橫軸為檢驗時間。

### 竹筷與食物的漂白 評分三

評分說明：

滿分：

代號 3：答案描述含有三項結論：實驗組與對照組釋放二氧化硫的時間、兩組量的比較。

- 例如：
- 1.沒清洗的竹屑在一開始就釋放 100ppm 的二氧化硫。
  - 2.對照組則在 10 分鐘以後才開始釋放二氧化硫，沒清洗的竹屑在 10 分鐘後釋放的二氧化硫上升至 400ppm。
  - 3.有清洗的竹筷釋放出較少的二氧化硫。

部份給分：

代號 2：答案描述僅含有以上三項結論其中兩項。

代號 1：答案僅部分含有以上三項結論其中一項。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否由圖表中做對照組與實驗組的比較，並且從證據中形成結論。(科學能力-科學舉證 3-1 佐以科學證據建立與延伸出結論)。

**問題 04：竹筷與食物的漂白**

接下來，小融想要進行實驗二來了解何種方式能去除食物中殘留的漂白劑-過氧化氫。首先，小融在網路上蒐集了相關的資料，找到了一些可能去除食物中過氧化氫的方式：

方法一：將食物浸泡在水中一段時間之後再進行烹煮。

在設計實驗之前，請你替小融想一想，這個方法如果可以成功的去除食物中殘餘的過氧化氫，可能的原因是什麼？

方法一可能成功原因：

---

---

竹筷與食物的漂白 評分四

評分說明：

方法一：

代號 1：寫到評分重點：溶解度(過氧化氫易溶於水)。

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否將溶解度等科學概念運用在主題情境中進行解釋。(科學能力-解釋科學現象 2-1 在主題情境當中應用科學知識)。

**問題 05：竹筷與食物的漂白**

小融在網路上蒐集了相關的資料，找到了第二種可能去除食物中過氧化氫的方式：

方法二：豬血、菠菜莖頭、枸杞、大蒜及紅莧菜等含有亞鐵離子，殘留過氧化氫的食物可與這些材料共同加熱，即可清除過氧化氫。

在設計實驗之前，請你替小融想一想，這個方法如果可以成功的去除食物中殘餘的過氧化氫，可能的原因是什麼？

方法二成功原因：

---

---

竹筷與食物的漂白 評分五

評分說明：

方法二：

代號 1：寫到評分重點：催化劑或氧化還原或化學反應。(正解為亞鐵離子能催化過氧化氫，鐵離子或加熱可催化或促進過氧化氫的分解。寫到亞鐵離子或鐵離子與過氧化氫進行氧化還原反應或是化學反應均為國三學生所具有的合理推測)。

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否將氧化還原、催化反應等科學概念運用在主題情境中進行解釋，解釋生活與化學的關係。(科學能力-解釋科學現象 2-1 在主題情境當中應用科學知識)。

**問題 06：竹筷與食物的漂白**

最後，小融在網路上蒐集了相關的資料，找到了第三種可能去除食物中過氧化氫的方式：

方法三：食物放入烤箱中加熱，調整烤箱使之溫度超過過氧化氫的沸點，即可去除過氧化氫。

在設計實驗之前，請你替小融想一想，這個方法如果可以成功的去除食物中殘餘的過氧化氫，可能的原因是什麼？

方法三成功原因：

.....  
.....



竹筷與食物的漂白 評分六

評分說明：

方法三：

代號 1：寫到評分重點：透過氧化氫沸點後過氧化氫揮發。

代號 0：其他答案。

代號 9：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input checked="" type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率 ( )	
試題說明	本問題所關注的是學生能否將沸點等科學概念運用在主題情境中進行解釋。(科學能力-解釋科學現象 2-1 在主題情境當中應用科學知識)。





## S23 愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

指導教授--王國華 國立彰化師範大學科學教育研究所

劉嘉茹 國立高雄師範大學科學教育研究所

設計團隊--黃柏蒼 高雄市立正興國中

巴蕙琳 高雄市立苓雅國中

曾元珩 高雄市立後勁國中

張宜珍 屏東縣立鶴聲國中

謝昌耀 高雄市立甲仙國中

## S23 愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

### 問題 01：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

閱讀下列文章並回答下列問題：

今年是發現愛滋病30周年(1981發現)，依據世界衛生組織(WHO)及聯合國愛滋病組織(UNAIDS)資料，約有3400萬人罹患愛滋病，但其中卻有半數的人不知情，病患中超過9百萬人尚未獲得合適的藥物治療，估計每年有180萬人死於愛滋病。可見愛滋病對於人類整體衛生、經濟及社會安定影響甚鉅，為全球極度關切的議題。

愛滋病(AIDS)又稱為後天免疫缺乏症候群，是由人類免疫缺乏病毒(簡稱HIV)所引發的傳染病。HIV屬反轉錄病毒的一種，在感染後會整合入宿主細胞的基因組中，其傳染途徑主要是性行為傳染，其他感染途徑則包括：血液傳染(如共用針頭、輸血等)和母子垂直感染，HIV透過破壞人類的免疫系統，將引起各種伺機性感染，甚至使人罹患特殊惡性腫瘤，最後造成死亡。

目前愛滋病仍無法完全治癒，1990年代問世的抗反轉錄病毒藥物雖能延長愛滋病患者的壽命，並不能將病毒根除。但專家警告，它同時也會讓世人的危機感降低，不再認為愛滋病是可怕的致命疾病。此外科學家正研究「基因療法」，希望透過改造病患血液細胞基因，強化病患免疫系統，以有效抵抗愛滋病毒感染。儘管目前已有數十名病患接受這種新型治療，但仍需一段時間才能確認療效及安全性。

資料來源：行政院衛生署疾病管制局



圖(一)聯合國歷年愛滋病病患人數統計圖 (修改自聯合報)

根據文章所述，下列何者為正確的描述？

- (A)現在的醫學科技使得愛滋病可以完全治癒。
- (B)抗反轉病毒藥物讓愛滋病患能活得更久，但不能完全治癒病患。
- (C)基因療法已廣被認可為一種有效快速的愛滋病治療法。
- (D)感染愛滋病毒的人通常會立即發現自己已經染病。

愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分一

評分說明：

滿分：

代號 1：僅答案 B 正確。

零分：

代號 2：僅選 A 或 C 或 D。

代號 3：複選兩個答案以上，其中一個包含正確答案 B。

代號 4：複選兩個答案以上，但不含正確答案 B。

代號 9：未作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級 2
答對率 ( )	答對率 79.6%
試題說明	本題要求學生對於全球在控制愛滋病蔓延上的努力有一定的認識，在證據的支持上要有一般性的了解；此題是屬於健康範圍，背景則屬於全球性議題。 學生必須要在文章的脈絡中尋找可能造成愛滋病治療的關鍵字，發現支持的論述。本題具有層級 2 的特性。

## 問題 02：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

根據文章中的圖表，以下何者是最合適的描述？

- (A) 全球愛滋病感染總人數與新感染愛滋病的人數是逐年增加。
- (B) 全球愛滋病感染總人數與新感染愛滋病的人數是逐年下降。
- (C) 新感染愛滋病的人數是逐年增加，但是全球愛滋病感染總人數的人數是逐年下降。
- (D) 全球愛滋病感染總人數是逐年增加，但在 1996 年之後新感染愛滋病的人數是逐年下降。

愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分二

評分說明：

滿分：

代號 1：僅答案 D 正確。

零分：

代號 2：僅選 A 或 B 或 C。

代號 3：複選兩個答案以上，其中一個包含正確答案 D。

代號 4：複選兩個答案以上，但不含正確答案 D。

代號 9：未作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級 3
答對率 ( )	答對率 41.0%
試題說明	本題要求學生能透過問題中圖表曲線的辨識與分析，了解愛滋病罹患的嚴重性，及全球在控制愛滋病情的努力已略見成效。此題是屬於健康範圍，背景則屬於全球性議題。學生必須透過愛滋病患人數統計圖表正確的判讀，發展出簡短的論述並運用科學知識進而推導出結論。本題具有層級 3 的特性。

問題 03：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

這是可以透過科學研究來回答的問題嗎？請就各項陳述，圈出「是」或「否」。

(a) 愛滋病的感染路徑為何？	是 / 否
(b) 政府應該補助愛滋病人的醫藥費嗎？	是 / 否
(c) 基因療法對愛滋病的治療效果為何？	是 / 否



愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分三

評分說明：

滿分：

代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「是、否、是」。

零分：

代號 2：其他答案。

代號 9：未作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級 4
答對率 ( )	答對率 28.4%
試題說明	這是複雜的選擇題，學生必須就所列之三個小題選擇「是」或「否」，能夠正確回答全部問題（依序為是、否、是）才能得分。本問題要求學生對於愛滋病的相關科學知識要有一定的了解。此題是屬於健康範圍，背景則屬於社會議題。學生需對科學探究的本質有正確性的理解，具有整合的解釋能力，方能全部答對。本題具有層級 4 的特性。

**問題 04：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長**

為了研究某一種新藥物對愛滋病的療效，隨機選取了 100 位愛滋病患。這個研究長達六個月。下列哪一個是最佳的實驗設計？

- (A) 100 位病患都接受此藥物。
- (B) 只有一位病患不使用此藥物，其他 99 人都接受此藥物。
- (C) 隨機選取 50 位病患使用此藥物，而其他 50 位不使用此藥物。
- (D) 病患自由選擇他們是否要使用此藥物。

愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分四

評分說明：

滿分：

代號 1：僅答案 C 正確。

零分：

代號 2：僅選 A 或 B 或 D。

代號 3：複選兩個答案以上，其中一個包含正確答案 C。

代號 4：複選兩個答案以上，但不含正確答案 C。

代號 9：未作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級 3
答對率 ( )	答對率 42.5%
試題說明	本題主要是檢測學生是否對於科學探究的方式具備基本的知識和態度。因為探究的方法學是科學探究問題的焦點。此題是屬於健康範圍，背景則屬於社會議題。學生能運用知識並佐以簡單的實驗模式進行探究。本題具有層級 3 的特性。

問題 05：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

根據圖表資料，來說明「全球感染愛滋病總人數雖增加，但有逐年減緩趨勢」的現象。

---

---

愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分五

評分說明：

滿分：

代號 1：由長條圖「感染 HIV 人數」逐年趨緩的趨勢看出此現象。

代號 2：由曲線「新感染 HIV 人數」及曲線「死於愛滋病者」兩條曲線的差距逐年縮小的趨勢看出此現象。

部份給分 (1 分)：

代號 3：僅提及曲線「新感染 HIV 人數」或僅提及曲線「死於愛滋病者」逐年趨緩的趨勢看出此現象。

零分：

代號 4：其他答案。

代號 9：未作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	滿分：4.5%、1 分：20.1%
試題說明	本題需要學生從問題的圖表中確實舉出曲線的趨勢來支持本問題所提出的現象。由此可得知學生對於「愛滋病」科學論證的能力。

問題 06：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

對於下列的資料，你感興趣的程度有多少？請在每一行內只勾選一個方格。

	沒有興趣	少量興趣	中等興趣	高度興趣
(1) 知道愛滋病毒的構造及感染方式	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(2) 愛滋病療法的最新發展	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(3) 預防感染愛滋病的方式	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分六

作答情形：

6-a:高興趣 15.0%，中興趣 39.8%，少興趣 24.8%，沒興趣 20.3%。

6-b:高興趣 15.0%，中興趣 32.3%，少興趣 37.6%，沒興趣 15.0%。

6-c:高興趣 40.6%，中興趣 34.6%，少興趣 17.3%，沒興趣 7.5%。

※綜合態度:高興趣 23.6%，中興趣 35.6%，少興趣 26.6%，  
沒興趣 14.3%。

評分說明：

對此科學議題沒有興趣選「1」。

對此科學議題少量興趣選「2」。

對此科學議題中等興趣選「3」。

對此科學議題高度興趣選「4」。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題(四點量表)
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input checked="" type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率( )	
試題說明	本題是題組「愛滋病」中關於「態度」的試題，共有 3 個小題，以李克特氏四點量表記分。 學生對此科學議題沒有興趣選「1」，對此科學議題少量興趣選「2」，對此科學議題中等興趣選「3」，對此科學議題高度興趣選「4」，由此可得知學生對於「愛滋病」科學議題的態度。

**問題 07：愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長**

從文章的描述中，您覺得下列作法可能對減緩愛滋病蔓延有益？請就各項陳述，圈出「是」或「否」。

(a) 避免與愛滋病患者體液(如血液、口水等)的交換	是 / 否
(b) 以針頭注射藥物時，避免重複使用	是 / 否
(c) 使用化學藥劑破壞 HIV 細胞壁	是 / 否



愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長 評分七

評分說明：

滿分：

代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「是、是、否」。

零分：

代號 2：其他答案。

代號 9：未作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input checked="" type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	
答對率 ( )	
試題說明	這是複雜的選擇題，學生必須就所列之三個小題選擇「是」或「否」，能夠正確回答全部問題（依序為是、是、否）才能得分。本問題要求學生對於愛滋病的相關科學知識要有一定的了解，且能經由閱讀文章中的關鍵字而推出答案。此題是屬於健康範圍，背景則屬於社會議題。





## S24 再生輪胎

指導教授--陳忠志 國立高雄師範大學科學教育研究所

張惠博 國立彰化師範大學

設計團隊--李明昆 高雄市立前鋒國中

謝甫宜 高雄市立嘉興國中

林百鴻 高雄市立前鎮高中

簡聿成 高雄市師大附中

## S24 再生輪胎

閱讀下列文章並回答下列問題：

「再生輪胎」是指輪胎胎皮花紋已磨耗完畢，而胎體保持完好的輪胎，經過再製的處理，將胎面剩餘的花紋刮除後，再利用黏著劑貼上新胎皮花紋，所形成具有環保概念的輪胎。然而相關研究報告也指出，再生輪胎品質在強度、抗摩擦特性等均低於新製之一般輪胎品質。

### 問題 01：輪胎安全

依據你的科學知能，下列有關輪胎安全的檢測敘述，可否在實驗室裏透過科學探究的方法進行測試？請就每一選項圈出「可」或「否」。

敘述內容	可否在實驗室裏透過科學探究進行測試？
路面溫度升高容易造成胎皮花紋磨損。	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 否
車輛載重過重容易造成胎皮花紋磨損。	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 否
車輛胎皮花紋不足容易造成車輛打滑	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 否
路面溫度升高容易造成胎皮花紋磨損。	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 否

輪胎安全 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：全部四個答案皆正確：答案依次序為「可、可、可、可」。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級三
答對率 ( )	(答對率：62.1%)
試題說明	這是一個複雜的選擇題，學生必須就所列之四個小題選擇「可」或「否」。能夠正確的回答全部（四個）問題（依序為：可、可、可、可）才能得分。學生必須能夠辨識出變項間可能關係，屬於形成科學議題中：在科學訊息當中發現研究的關鍵的部分，因此問題列為形成科學議題的能力。其中，選項 A 中學生必須能夠辨識出不同輪胎（再生輪胎與一般輪胎）與輪胎胎皮花紋磨損情形的變項關係、選項 B 中學生必須能夠辨識出路面溫度高低與輪胎胎皮花紋磨損情形的變項關係、選項 C 中學生必須能夠辨識出車輛載重大小與輪胎胎皮花紋磨損情形的變項關係、選項 D 中學生必須能夠辨識出車輛胎皮花紋深度與車輛打滑情形的變項關係。

**問題 02：車輛胎紋不足**

新聞報導指出：「國道一號中山高速公路中部路段，近日來接連發多起重大死亡車禍事故，經過國道第三警察隊調查發現，發生車禍原因，疑似是再生輪胎爆胎後，黏貼胎皮散落四週，影響到後方來車行車安全惹的禍。時序進入炎夏，基於保障所有民眾的行車安全，國道高速公路警察局將嚴格取締車輛胎紋不足的車輛」。

依據你的科學知能，請問國道警察「將嚴格取締車輛胎紋不足的車輛」的想法，最合理的科學解釋為下列哪一個選項？

- A.車輛胎紋不足容易造成輪胎老化，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發更重大的車禍事故。
- B.車輛胎紋不足容易造成輪胎爆胎，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發車禍事故。
- C.車輛胎紋不足容易造成車輛打滑，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發車禍事故。
- D.車輛胎紋不足容易造成載重過重，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發車禍事故。

車輛胎紋不足 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：B. 車輛胎紋不足容易造成輪胎爆胎，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發車禍事故。

零分：

代號 0：A. 車輛胎紋不足容易造成輪胎老化，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發更重大的車禍事故。

C. 車輛胎紋不足容易造成車輛打滑，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發車禍事故。

D. 車輛胎紋不足容易造成載重過重，除了危害自我行車安全，亦可能危害後方來車的行車安全，引發車禍事故。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級四
答對率( )	(答對率：31.0%)
試題說明	這是一個單一選項的選擇題，學生必須就所列之四個選項中選出最合宜的選項(B)才能得分。 當車輛輪胎胎紋趨於磨平，胎紋與地面孔隙變小散熱效能變差，容易造成胎壓增加形成爆胎現象。此試題屬於解釋科學現象中：科學地描述或解釋現象並且預測改變的部分，因此問題列為解釋科學現象能力。

**問題 03：高速公路道路行車安全**

關心高速公路道路行車安全人士建議政府機關應強制「禁止再生輪胎使用，以維護高速公路道路交通安全」。

依據你的科學知能，請問下列哪一個原因是關心高速公路道路行車安全人士所提出主張最合理的科學解釋？

- A. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎較一般輪胎爆胎後，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。
- B. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎的載重性能較一般輪胎不足，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。
- C. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎的抓地力性能較一般輪胎不足，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。
- D. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎的耐用時間較一般輪胎不足，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。



高速公路道路行車安全 評分三

評分說明：

滿分：

代號 2：A. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎較一般輪胎爆胎後，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。

零分：

代號 0：B. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎的載重性能較一般輪胎不足，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。

C. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎的抓地力性能較一般輪胎不足，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。

D. 同一廠牌相同規格尺寸的再生輪胎的耐用時間較一般輪胎不足，容易危害後方來車形成更重大的交通意外。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級四
答對率( )	(答對率：31.0%)
試題說明	這是一個單一選項的選擇題，學生必須就所列之四個選項中選出最合宜的選項(A)才能得分。當使用再生輪胎的車輛輪胎爆胎後，胎皮散落後方四處，容易對後方車輛造成危害，形成更大範圍的交通意外現象。此試題屬於解釋科學現象中：科學地描述或解釋現象並且預測改變的部分，因此問題列為解釋科學現象的能力。

#### 問題 04：再生輪胎與環保

環保學者擔憂，禁止使用再生輪胎，就必須大量使用原廠製造的新輪胎，將導致熱帶地區國家大量種植橡膠樹；而且製作輪胎的原料之一石油也會被大量開採，以因應新輪胎製造的需求。這一些行為可能讓一些國家遭到異常氣候所導致的嚴重損失。

如果再生輪胎遭到法令明文管制，會造成下列的後果嗎？就各種情況，圈選「是」或「否」。

基於製作新輪胎的橡膠原料需求，開墾森林以大量種植橡膠樹，可能會造成生態系統變異。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
大量製造新輪胎會造成過度開採石油，容易造成未來能源短缺。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
大量製造新輪胎會導致工廠排放大量溫室氣體，加劇地球的溫室效應。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否
不堪使用的輪胎無法回收再利用，可能進一步造成環境汙染。	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否

再生輪胎與環保 評分四

評分說明：

滿分：

代號 2：全部四個答案皆正確：答案依次序為「是、是、是、是」。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input checked="" type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級三
答對率( )	(答對率：75.9%)
試題說明	這是一個複雜的選擇題，學生必須就所列之四個小題選擇「是」或「否」。能夠正確的回答全部（四個）問題（依序為：是、是、是、是）才能得分。學生必須能夠辨識出變項間可能關係，屬於形成科學議題中：在科學訊息當中發現研究的關鍵的部分，因此問題列為形成科學議題的能力。其中，選項 A 中學生必須能夠辨識出製作新輪胎原料（橡膠）與開墾森林種植橡膠樹的變項關係、選項 B 中學生必須能夠辨識出製造新輪胎與開採石油的變項關係、選項 C 中學生必須能夠辨識出製造新輪胎與排放溫室氣體的變項關係、選項 D 中學生必須能夠辨識出無法回收再利用的輪胎與環境污染的變項關係。

**問題 05：胎壓與節能**

輪胎專家指出，「輪胎胎壓在安全範圍內適當的增加可增加車輛的載重能力，對於沒有加裝動力方向盤的車輛轉彎時也較輕鬆駕駛，不過行駛時震動也會增加」。2008 年油價狂漲，歐巴馬競選美國總統時，也公開建議大家把輪胎氣壓打高來省油對抗高油價。

請問，歐巴馬總統為什麼會有這樣的主張。請你提出詳盡的說明？

.....  
.....

**胎壓與節能 評分五**

評分說明：

滿分：

- 代號 2：1. 因為輪胎氣壓適當的增高時可提升載重能力，可減少運輸次數達到省油效果。  
2. 因為輪胎氣壓適當的增高時，可減少滾動摩擦阻力，達到省油效果。

部分給分：

- 代號 1：1. 僅寫出專家說的，但未提及輪胎氣壓適當的增高可提升載重能力，可減少運輸次數達到省油效果。  
2. 僅寫出騎單車的經驗，但未提及輪胎氣壓適當的增高可減少滾動摩擦阻力，達到省油效果。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input checked="" type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	層級四
答對率 ( )	(答對率：44.8%)
試題說明	這是一個開放式問答題。當輪胎胎壓越高，則輪胎的滾動摩擦係數越低。所以，胎壓低會加大耗油，若能將車輪氣壓在安全範圍內適度增高可降低滾動阻力，達到省油效果。此試題屬於解釋科學現象中：科學地描述或解釋現象並且預測改變的部分，因此問題列為解釋科學現象的能力。





## S25 山崩災害

指導教授--林明良 國立高雄師範大學科學教育研究所

蘇明俊 樹德科技大學休閒事業管理系

設計團隊--侯依伶 高雄市立陽明國中

謝隆欽 屏東縣立來義高中

## S25 山崩災害

---

台灣地處西北太平洋颱風的移動路徑上，每年平均都有 2~3 個颱風通過台灣，不僅帶來大量的降水，也造成各式各樣的災害。在台灣的山區每因為颱風過境，造成大規模的山崩災害，山上的土石受大雨影響，造成鬆動後，以很快的速度向下崩移，因而造成下方的村落或道路被掩埋，甚至於山區鄉鎮的聯外道路也會被洪水與土石流沖斷。

---

### 問題 01：山崩災害

下列哪一項是颱風過境容易造成山崩的原因？

- A. 颱風引起猛烈而快速的強風，從陡峭的山壁上吹落大量的土石。
- B. 颱風中心的氣壓偏低，巨大的氣壓差異造成山壁破裂而產生崩落。
- C. 颱風帶來的雨水減少了土石之間的摩擦力，造成土石向下崩移。
- D. 颱風中心附近強烈的上升氣流擾動了山坡上土石的結構，造成土石移位下滑。



山崩災害 評分一

評分說明：

滿分：

代號 2：C. 颱風帶來的雨水減少了土石與底部岩盤之間的摩擦阻力，造成土石向下崩移。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input checked="" type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	80.7%
試題說明	本問題要求學生對山崩形成的原因有一般性的了解，並能了解水在山崩過程中所造成的影響。這是在進行山崩災害預測及防護時需要被考量的因素。本題屬於災害議題的應用，而背景是社會關注的。 學生必須要在文章的脈絡中尋找可能造成山崩災害的原因，也要具有一般的科學知識才能獲得分數。

**問題 02：山崩災害**

小德看過了有關山崩災害報導之後，想要對引發山崩的原因進行深入的了解以釐清山崩災害發生的主因。請你盡量寫出小德可能必須要對哪些引發山崩的因素進行探討？

---

---

山崩災害 評分二

評分說明：

滿分：

代號 2：寫出地質結構、雨量、土地開發、植被狀況、順逆向坡、山坡夾角、是否挖去坡腳、累積的土石、水土保持、地形、地震等二個以上的因素。

部分給分：

代號 1：只寫出上述的其中一項因素。

只寫出摩擦力、人為開發、人為因素、環境破壞、自然因素等模糊的名詞。

零分：

代號 0：其他答案。(風、命中注定、不知道、不清楚)

代號 99：沒有作答。

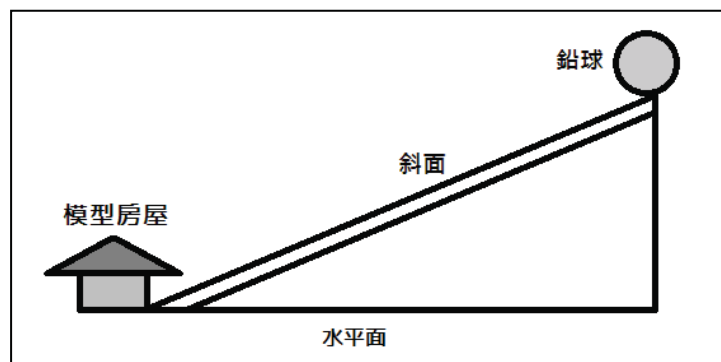
試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input checked="" type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input checked="" type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	中
答對率( )	41.3%
試題說明	本問題要求學生對山崩形成的原因有一般性的了解，並考量在探討山崩災害時所需要考量的因素。這是在進行科學調查時所需要具備的能力。本題屬於災害議題的應用，而背景是社會關注的。 學生必須要在文章的脈絡中，尋找可能造成山崩災害的原因，也要具有形成議題已進行科學探究能力，才能獲得滿分。

### 問題 03：山崩災害

小德想了解山上土石崩落對下方村落建築物的影響。因此準備了一個 2 公斤重的鉛球，來模擬崩落的土石，並打算讓鉛球從斜面上滾落，撞擊斜面下方的模型房屋（如下圖），來模擬土石崩落時對山區村落的影響。為了比較不同因素對模型房屋破壞力的影響，小德共設計了下列六個不同的實驗。

實驗編號	斜面與水平面夾角	斜面長度	斜面性質
第一次實驗	20°	100cm	塑膠板
第二次實驗	20°	50cm	塑膠板
第三次實驗	40°	100cm	塑膠板
第四次實驗	40°	50cm	木板
第五次實驗	60°	100cm	木板
第六次實驗	60°	50cm	木



根據小德所設計的實驗，下列哪些敘述是小德可能得到的發現？

- A. 山地坡面的岩層界面特性會影響土石的撞擊力量。
- B. 山地坡面的傾斜度特性會影響土石的撞擊力量。
- C. 崩落土石的大小會影響土石的撞擊力量。
- D. 崩落土石的滾動距離會影響土石的撞擊力量。

山崩災害 評分三

評分說明：

滿分：

代號 2：同時選擇(A)、(B)、(C)、(D)四個答案

(A)山地坡面的岩層特性會影響土石撞擊力量。

(B)山地坡面的傾斜度特性會影響土石撞擊力量。

(C)崩落土石的大小會影響土石撞擊力量。

(D)崩落土石的滾動距離會影響土石撞擊力量。

部分給分：

代號 11：只寫出(A)、(B)、(C)、(D)三個答案中的其中 1 個答案。

代號 12：只寫出(A)、(B)、(C)、(D)三個答案中的其中 2 個答案。

代號 13：只寫出(A)、(B)、(C)、(D)三個答案中的其中 3 個答案。

零分：

代號 0：其他答案。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input checked="" type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input checked="" type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input checked="" type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率( )	28.7%
試題說明	本問題要求學生能科學探究的方法有一般性的了解，並能認出操作變因和實驗結論之間的關係。這是在進行科學探究過程所需要具備的能力。本題屬於災害議題的應用，而背景是個人關注的。 學生必須要在题目的脈絡中辨認出實驗設計的變因，用以形成實驗可能獲得的結論，也要具有一般的科學探究知識才能獲得滿分。

### 問題 04：山崩災害

每逢颱風季節，台灣就會飽受洪水和山崩災害的威脅。下列有關災害防治工作的敘述，請就各項陳述的合宜性，圈出「是」或「否」。

洪水和山崩是自然現象，並不是人力可以完全解決的問題。	是／否
洪水和山崩的發生完全是因為人為過度開發山地的結果。	是／否
颱風所造成的洪水和山崩災害，不僅是天災，也是人禍。	是／否
重視水土保持的工作可以完全杜絕洪水和山崩的發生。	是／否

山崩災害 評分四

評分說明：

滿分：

代號 1：全部四個答案皆正確：答案依序為「是、否、是、否」。

零分：

代號 0：答案錯誤。

代號 99：沒有作答。

試題分析：

試題類型	<input checked="" type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input type="checkbox"/> 開放性問答題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input checked="" type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input checked="" type="checkbox"/> 社會的、 <input type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	難
答對率( )	33.3%
試題說明	這是一題複雜的選擇題，學生必須根據所列的三小題選擇「是」或「否」。能夠正確的回答全部四個問題(依序為：是、否、是、否)才能得分。本問題要求學生對科技的應用與極限有一般性的了解，並能認識人對大自然的影響。這是在進行山崩災害的認知及防護時需要具備的觀念。本題屬於災害議題的應用，而背景是個人關注的。 正確的答案是需要學生具有對自然環境正確的概念，要能知道人類活動的影響與科學的極限，才能獲得滿分。

### 問題 05：山崩災害

以下有三項關於颱風災害議題的討論，請圈選出你感興趣的程度。回答只是在表達意見，沒有正確的答案。

	高度興趣	中度興趣	少量興趣	沒有興趣
(a) 想知道台灣哪些地區容易發生洪水和山崩災害嗎?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) 想知道洪水和山崩災害的形成原因嗎?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) 想了解減少洪水和山崩災害的方法嗎?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



山崩災害 評分五

評分說明：(略)

試題分析：

試題類型	<input type="checkbox"/> 是非選擇題、 <input type="checkbox"/> 選擇題、 <input type="checkbox"/> 封閉式簡答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 開放性問答題、 <input checked="" type="checkbox"/> 態度試題
科學能力	<input type="checkbox"/> 辨識科學議題、 <input checked="" type="checkbox"/> 解釋科學現象、 <input type="checkbox"/> 運用科學證據；
科學知識類別	科學知識(KOS)： <input type="checkbox"/> 自然科學、 <input type="checkbox"/> 生活系統、 <input type="checkbox"/> 地球與太空、 <input type="checkbox"/> 科技 科學本質(KAS)： <input type="checkbox"/> 科學探究、 <input type="checkbox"/> 科學解釋
應用範圍	<input type="checkbox"/> 健康、 <input type="checkbox"/> 自然、 <input checked="" type="checkbox"/> 環境、 <input checked="" type="checkbox"/> 災害、 <input type="checkbox"/> 科學與科技的探索
情境向度	<input type="checkbox"/> 個人的、 <input type="checkbox"/> 社會的、 <input checked="" type="checkbox"/> 全球的
科學態度	<input type="checkbox"/> 探究的支持、 <input type="checkbox"/> 學習的信心、 <input type="checkbox"/> 學習的興趣、 <input checked="" type="checkbox"/> 責任的自覺
試題難易度	易
答對率 ( )	
試題說明	本問題要求學生對颱風災害議題，請圈選出你感興趣的程度。本題屬於災害議題的應用，而背景是社會關注的。





## 第八章 PISA 試題設計心得

PISA 種子教師

S01 海平面上升與地層下陷·····	P301
S02 食物的選擇·····	P302
S04 腳踏車·····	P303~P304
S05 你對輻射”單位”了解多少·····	P305
S06 粉塵爆炸·····	P306
S08 太陽能發電·····	P307~P308
S09 胡椒蛾·····	P309
S10 曬鹽·····	P310
S11~13 核能發電、海嘯、放射性碘·····	P311~P312
S15 塑化劑·····	P313
S17 暖氣蜂·····	P314
S21 點屎成金? ·····	P315~P316
S22 竹筴與食物的漂白·····	P317
S23 愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長·····	P318~P319
S24 再生輪胎·····	P320~P322
S25 山崩災害·····	P323





## S01 海平面上升與地層下陷

周鴻騰 國立空中大學生活科學系

### 一、敘述題目如何產生：

受全球暖化影響，台灣西部沿海正面臨海平面上升、海岸線侵蝕與流失的危機。位於台灣西南部海岸的嘉義縣，原本就有地層下陷的危機，如今面臨全球氣溫暖化，可能面臨海平面上升的危機；兩大危機加在一起，除了可能衍生水患問題加劇，還可能引發水資源不足、海岸沖蝕和沙洲流失等問題。

海平面上升所造成的經濟衝擊，除了來自於土地所造成的損失外，還有保護措施的成本費用、建設與開發機會的損失，以及增加洪水危害和海水倒灌等來自於社會成本的損失。這些在地的環境議題，有必要讓教師與學生以科學的方法對此議題更深度的探究。

### 二、小組討論間有趣的內容或困難與如何做出最後決定

由於PISA是以素養取向之測驗，試題著重評測學生資訊理解，及統整、評鑑、省思等能力靈活運用。小組間除了在校內不斷釐清、修正內容之外，其實也是在挑戰自己拋棄舊有的出題策略。在這個反覆修正的過程中，雖然我們對議題的知識是熟悉的，但出一個好題目卻是冗長且反思的過程。

其實我不斷回到PISA的理論基礎及素養架構說明、PISA評分規準、分類方式及材料選取的技巧、以及不斷觀摩之前的試題。也不斷在實作過程中，將問題提出進行小組討論與決策。透過本次研習出題經驗，也讓自己發揮創意、活用教材、了解PISA測驗的出題技巧，是一個很不賴的學習。



## S02 食物的選擇

劉建煌 苗栗縣大山國小

接觸 PISA 是因為曾經在網路上閱讀過 PISA 的測驗題組，對題組的創意感到好奇，因此對於參與這次的命題我充滿高度的興趣，也希望自己能產出那種看起來簡單，但是頭腦需要轉個彎才能作答的題目。

我被分配到的組別是北一區，指導教授是王順美教授，本組成員的學科背景有化學、生物以及環境教育。經過全組討論後決定以國中生物課本中的相關知識以及環境生態相關議題來命題。我所負責的題組是「素食救地球」，此題組命題的主要目的是想讓作答者去思考素食和節能減碳的關係，然而可能會牽涉到個人宗教信仰的問題，因此修正命題方向，以食物里程以及食物生產過程的排碳量為主軸，題組的名稱也修改為「食物的選擇」。

剛開始命題時大家仍無法脫離過去出題的習慣，想得太多也出得太複雜，題幹的敘述很冗長，卻無法掌握到 PISA 題目的核心，我深深覺得要把題目出得像 PISA 範例的題組那般的「看似簡單卻不簡單」的確是不容易。然而，因為小組成員的學科背景不同，每一次的討論都是一種腦力激盪，每個人的突發奇想，都為命題帶來更多的思考空間，大家也從一次又一次的討論中，一再翻盤又翻盤的挫折中探索著題組的內容。

經過全組多次的討論，從符合題組的格式、探索 PISA 命題方向，到最後用字遣詞的字字斟酌，題組終於完成了！這是大家共享的成果，在這參與的過程中，我感受到不同領域之間彼此對話、廣納不同觀點的重要性，這是活化命題方向的關鍵。除此之外，命題的創意性，也讓我對自己慣習的教學方式有所反思，這是命題之外最大的收穫。



## S04 腳踏車

祁明輝 臺北市立龍山國中

今年二月，接受臺師大林陳涌教授邀約，參與「PISA 數理教師專業成長計畫」支援團隊，同時希望能透過輔導團找一批熱心教師參加 PISA 種子教師培訓與試題研發工作，由臺師大科教中心任宗浩副研究員與我共同負責北一區工作坊。由於工作時程只有三到四個月左右，因此就近邀請臺北市、新北市與基隆市國民教育自然領域輔導團夥伴共計 15 人參加。於四月 12 日在科教大樓舉行籌備會，之後於四月 30 日舉行 PISA 教師專業成長研習工作坊第一次會議（北一區、北二區、東區），由國立東華大學劉聖忠教授與李暉教授分別就 PISA 科學素養的概念架構與評量形式、情境式評量試題的規劃與實務，使與會教師了解 PISA 理念及命題原則。

五月起，即與臺北市輔導團參與團員利用團務會議時間，展開分組命題與討論工作。由於「PISA 評量的焦點在於學生運用習得知識、技能以面對真實挑戰的能力，而不僅只是學校課程的精熟程度。」同時「PISA 不單評量學生這些領域的知識，更進一步關心學生應用知識到真實議題的能力。」然此一命題理念與國內一般著重知識性的紙筆測驗命題大相逕庭，因此單只思考命題內容就格外傷透腦筋，看到輔導團夥伴們一一提出試題討論，心想自己也該多加油了。最後想到近年來各國倡導低碳生活，而「腳踏車」是各國人民普遍的短程代步工具之一，而臺灣研發與製造的腳踏車在世界上也是屬一屬二的，故決定以「腳踏車」為題，重點放在腳踏車踏板、齒輪與鏈條的傳動關係，並加入變速的概念。

六月 7 日於萬華國中，任宗浩副研究員參與團員命題設計討論時，針對「腳踏車」試題又激盪出「若腳踏車不以鏈條傳動，單以齒輪互相咬合方式來帶動後車輪，則應如何設計？」的點子，另在六月 11 日 PISA 教師專業成長會議（北一區、北二區、東區）試題分享報告及討論中，參與教授與教師亦給予指導與建議，其中子題中有關騎腳踏車爬坡時，應使用哪一種與後車輪連接小鏈輪（齒數多、還是齒數少的齒輪）較省力，因涉及知識性較深的概念故予捨棄，「腳踏車」試題終於完成。

在國內長期以升學導向的教學現場中，教師教學大多著重課本認知內容傳授，而紙筆測驗則為評量學生學習成效的主要工具。近年來

更因資訊工具普及，以及教師忙於教學備課、輔導學生的時間壓力下，各家書商審定本提供的「題庫光碟」頓成為大、小考試最方便的命題工具，然而近年我國學生在國際性測驗中國際排名與學習興趣的強烈對比，以及對應 PISA「強調學生能靈活應用在校所習得知能，而不只是複製所習得的知識」的理念，在未來實施十二年國教時，如何讓學生在義務教育階段能習得面對未來挑戰的能力，值得從事教育工作者的我們深思。





## S05 你對輻射”單位”了解多少

吳美玲 臺北市立介壽國中

有鑒於學生在學習過程中，常常無法與生活做連結，有同學甚至無法比出1公尺大約有多長，1公斤重的米大約有多少。個人覺得學習必須有畫面的，不應該只是作反覆的紙上試題練習，更應該時時關懷周圍所發生的事情，教師應該透過自然科學的教學，培養學生，當遇到事情時，要本著科學理性分析的態度來面對問題、分析問題，進而解決問題，更能尊重自然、尊重人，更能有謙卑為懷的心胸。

在我們目前的教育環境，考試領導教學是個不爭的事實，因此，若能在評量技術上去研發，就顯的更為重要了。因此藉著這次 pisa 試題的發展，就盡量朝這方面去思考。說真的，要發展一個好的題目的確不容易，這個題目的形成也是本著這個理念去發展。在當時（2010年3月）正好是日本發生發生大地震，福島核電廠受到破壞，造成輻射外洩，新聞天天報導有關輻射的問題，並出現輻射劑量的單位”毫西弗”等字眼，而1毫西弗代表什麼意思，相信非但一般人民弄不清楚，學生也一定不知所云，所以才想到要出一個有關認識輻射單位的問題。

試題的設計是本著，即使有些知識學生還沒學過，但是經由題目的引導，從中收集相關訊息，經分析、判斷、歸納，進而找到答案，這應該比一直反覆做不太需要思考，只要重複練習就會做，或是沒學過就一定不會做的題目要有意義吧！



## S06 粉塵爆炸

黃泰日 臺北市立石牌國中

參與了「PISA 教師專業成長工作坊」之後，更加了解評量的形式可以更多樣，不必侷限於基本學力測驗的傳統模式。以往的評量過於重視學生科學概念的精熟程度，而 PISA 強調的是科學素養，包含情境、能力、知識與態度，而不只是成就取向，必須結合真實的生活，評鑑出學生的關鍵知能。希望學生在面對科學議題時，能善用科學知識去發現問題、解釋現象，並能舉證支持自己的定論。

我們知道「考試領導教學」並非正確的教育方向，但亦反映出教學與評量關係密切，若將評量轉為科學素養取向，教學也必定重視科學知能與態度的養成，多訓練學生閱讀、思考、組織、辨證及表達等能力，切莫僅以機械式操作且速食主義的單選題型，抹煞了孩子們創造與想像的空間，讓更活化多樣的評量方式，激發並引導出更多元的學習。

好的評量試題需要更多的時間與心力去研究設計，我們北市輔導團的老師參與了專業成長研習，在多位專家教授的指導與協助下，讓我們更進一步體認 PISA 的理念與內涵，且依教師專長科目分為生物、物理、化學、地球科學四組，進行命題實作，透過試題分享報告及相互討論彼此意見交流，過程中也請教授們評析修正，讓試題更加嚴謹，以達評量之最佳效能。

我們化學組的成員有瑩瑩、湘玲和我，設計的主題為「粉塵爆炸」，題材選自新聞報導及其相關資料，屬生活中偶發的事件，也給學生正面的安全宣導及災害防制教育。各子題分別以是非、選擇、問答等不同類型呈現，藉以評量學生是否具備科學事實的知識與判斷能力。經由此次工作坊與評量命題實作，讓我們獲益良多，也學習到不少寶貴的經驗，更對評量有了新的價值與定位。



## S08 太陽能發電

林于人 花蓮縣花蓮高級中學

能參加今年的 PISA 命題工作坊，要感謝東區的指導教授們給我機會來認識 PISA 這個國際活動，並體會到評量方式會決定學生的學習方式，進而影響他們對知識的追求熱誠。由於在高中教學，看到台灣高中生面對不小的升學壓力，使得學習科學時只能片段而不連貫，因此對於觀察數據以形成科學議題的能力較為薄弱；他們甚至認為學習科學知識到底有何用，學習動力也因此減小！本來覺得台灣這樣的環境，要落實真正的科學教育是有困難的，但科教所的老師們總是鼓勵在中小學教學的我們說：『我們再教學現場可以給學生小小的一步，可能成為他在未來對科學領域學習的一大步！』，這句話的確很激勵我和一起讀研究所的同學們。很开心在了解 PISA 命題的目標和精髓之後，可以有實作的機會，並和東區的夥伴們一起努力修改題目，使題目更聚焦。

我們東區分成三組。起初，我們這組的組員討論之後，先訂出命題所關心的科學主題，主要是在自然資源中的物料和能源使用，以及對環境友善的態度、使用與控制資源。之後，大家就各自發展題目，有黃俊澤老師的『曬鹽』、戴淑萍老師的『水資源』以及我的『太陽光電發電』。會選擇『太陽光電發電』作為命題主題的原因是一篇『穿上太陽能板，自己發電打手機』科技研發文章的啟發，覺得很有趣且發現太陽光能的應用已經深入到生活的各個層面，我認為中學生們應該要對太陽光電發電有所認識，因而將太陽能發電這主題發展成 PISA 試題。

我的子題一是要能選出影響太陽能發電的因素，在發展過程中，感謝有地球科學專長的蔣佳玲老師指正，認為『日照角度』應該不影響太陽能發電，因此建議我修改子題裡的選項。我自己評估在我的第一個子題裡最難判斷的選項是『乾淨的空氣品質』，會列這個選項的原因是有文獻提及『自動除塵太陽能板』，認為太陽能板長期在戶外會有灰塵累積在上面因而增大電阻，進而影響太陽能板的導電效果！子題二是由『台電的太陽光電第一期計畫』的數據來開始設計題目，提供台灣各地在四季不同時節的日照率和日照時數，並給予日照率和日照時數的定義，希望中學生們可以利用所提供的科學資料來回答開放式問答題。台灣目前的大型正式考試都以選擇題為主，使得學生對於開放式問答題的答題意願非常低落，為了鼓勵學生能嚐試回答子題

二，我所設定的答案是較簡短的。子題三的命題概念是以環保為出發點，也提醒大家在吹冷氣的同時，能思考到如何消除廢熱的惡性循環。但這個子題需要同學們有物理變化的能量概念，才能選出正確答案。

在整個命題過程中，還要感謝花蓮高工的江慕倫老師的協助，由於他提供太陽光電發電系統的相關資訊，使這個題目有機會能發展出來。本來應該再發展有關『對能源的正確態度』的子題四，但由於學校課務繁忙，家庭有年幼孩子要照顧，時間頗有限，因而沒有繼續下去，留了一些遺憾！



## S09 胡椒蛾

劉新 臺北市螢橋國中

是5月吧！輔導團分派緊急任務，希望各科能製作一題PISA試題，時間相當緊迫。雖然對於PISA國際評量計畫時有耳聞，也知道本國學生在國際間評比的成績相當優異，也約略瞭解該類評量類型與一般學校的評量或坊間參考書的試題不同，但真要出個符合PISA國際評量計畫內涵與精神的試題，那可是大學問了。

始作蛹者的祈主任傳來一堆PISA國際評量計畫所釋出的2006年的PISA試題，印出厚厚一大疊資料，研究了好幾天後，才約略掌握PISA國際評量計畫試題是運用素養（literacy）的觀點來設計評量題。測驗的主要內容分三個領域：閱讀素養、數學素養及科學素養，測驗評量對象是15歲相當本國國二年層的學生，評量學生將學習的知識及技能能否應用於日常生活情境，能否解決所面臨問題及挑戰的程度。研究試題範例後，題組的模型逐漸在腦海中成形，只是要選擇哪類的科學概念套用進去呢？這的確是傷腦筋。當時學校國一學生的自然課程進度正在進行演化的單元，天擇概念倒是可以當作研發的素材。有關生物抗藥性是一個選項，正好國內外發生一些超級細菌的問題，但是缺乏確實的研究數據只好作罷。翻閱了幾本英文版大學教科書，其中一本提到英國胡椒蛾體色的研究，資料充足，心中大石總算落下，此刻PISA試題研發的素材總算有著落了。

英國胡椒蛾體色變化的研究向來是教科書建立演化模型最常提及的，國中教科書上只是一個改寫模擬的情境，如果能由英國胡椒蛾體色變化研究史切入，重新進入學者研究的歷程，較能具體探測學生科學探究的技能。所以，首先完成題幹情境的描述。接著設計3個子題，前2題是評量學生科學探索方面有關研究數據的料資分析、推論的能力，第3題則是應用題，如何利用科學探索的結論應用於日常生活。接著的行程是在臺師大科教中心任老師的引導下，輔導團團員再一起檢視各個題組的適切性，團員提供意見，再做一些題幹修辭方面的修正。我出題部份的問題較少，究其原因也許是題幹資料有所本吧！感謝臺師大科教中心提供機會讓個人有幸參與PISA試題研發，凡走過必留下痕跡，讓我更進一步檢視自己的教學品質，更堅信如何能引導學生進行科學探索是科學教師努力的教學目標，方能符合國際科學學習的主流方向。



## S10 曬鹽

黃俊澤 花蓮縣光復國中

個人有幸可以接觸 PISA 的試題批閱工作，而在第一次接觸 PISA 的試題批閱時，給了自己一些不同的想法，因為以前自己命題時出問答題，在試題批閱後，無法量化學生的作答結果，不容易去分析評量學生作答的方向及情形，只能大概知道學生對這題的答對率（題目難易）。但是接觸 PISA 的命題方式及批改方式後，發現問答題是可以成長的，透過每一次的測驗及批閱，可以知道學生的作答分佈情形，也可以透過學生的作答方向，改變教學的方向，而這個原因也是推動我這次命題時很重要的動力來源，因此命題好了之後，還自己找任教的 2 個班級來施測看看，覺得還蠻有收穫的。

在這次的命題的過程中，有幾次機會是與其他教師共同分享討論彼此的試題，在會中聽到其他教師發表的試題，發現每個教師的點子都非常棒，如果認真的發展下來，很多題目都可以比我的曬鹽的例子更能貼近生活、也更有意義，所以我當時認為大家所需要的只是時間去瞭解及適應這種的命題方式。

想想這一次的曬鹽命題，最剛開始的命題的概念是最困難形成，因為有好多可以命題的方向，每個題目都可以出，但重點是不知要選哪一個會比較好？也不知道會不會努力命題後，卻發現題目的格局太小而不可行。因此最初的方向選擇在腦中徘徊了好一陣子才定下來，當然只要題目方向一經確定後，接下來是開始找資料及命題的各項工作，試題發展的進度就很快。有關我這次的試題發展步驟，我把他回想一下寫成下表，以供未來的教師可以參考。



S11 核能發電  
S12 海嘯  
S13 放射性碘

施權城 新竹縣竹東國中

由於自己身為在職教師並且同時於交通大學進修教育研究所之故，有此機緣參與這次模擬 PISA 題組的設計，敝組由交大佘曉清教授指導，參與的組員多為同時佘老師的學生以及正式教師的人員，包含桃園縣某國中蔡佩宜老師、苗栗縣某國中聖昌老師以及此篇撰寫者新竹縣竹東國中施權城。佘老師考量設計 PISA 題組時需要兼顧科學教育及專業學科上的知識，並且重視現職教師的教學及出題經驗，因此挑選具備兩種身分的在職進修教師參與此活動。此外，此組另有兩位桃園國教輔導團的教師參與題組設計。

PISA 研究的宗旨是針對十五歲學生，生活知能的學習成效提供跨國際的比較，以及各國教育效能的分析，並由此界定國民素養的內涵（參考 PISA in TAIWAN 網站）。設計 PISA 題組時必須考慮評量的層次與題目內容是否貼近生活，佘老師考量此兩部分於設計題目時的重要性，因此於討論一開始便引導眾人確定共同主題，確定主題為最近的時事—日本地震後，再根據成員不同的學科背景進行分組，分出生物專長、物理專長以及地球科學專長三組，每組討論此主體中的相關背景知識與議題，確立題目的內容。在確立主題之後，共同討論題目適合的評量層級，再依此評量層級修正題目內容。完成此兩部分後，進行題目的內容精緻化的工作，因為討論時間較少，只能以成員所知的知識以及網路資料作為題目內容的依據，而缺乏驗證內容的正確性。

經過共同討論形成主題及分組討論完成題目內容的過程，設計出日本地震相關的三個題組，分別是生物背景的放射性碘輻射題組、物理背景的核能外洩題組以及地球科學背景的海嘯題組。我與蔡佩宜學姊負責完成放射性碘輻射題組，在討論過程中，要從眾多的知識中選出想要問的題目是件有趣而且具有挑戰性的工作，其有趣之處在於每個人都會有自己認為適合作為題目的想法，但要如何達成共識變成討論過程中引發充分討論的原因，而最後要如何選出適合的題目內容、要如何嘗試說服對方並且達成共識的確是有挑戰性的。除了考慮自己認為適合的部分也要具體提出評量的層級才能夠凝聚共識，再從題目走向選擇相關的知識放入題目中，此部分和平時出學校考卷的模式不相同，由於 PISA 題組評量的是科學本質的能力，因此要根據想要評量的科學本質選擇相關的知識，而一般的學校考題則是針對要評量的

知識進行題目的設計，因此設計的過程截然不同。

回顧工作坊的過程，我們這組是所有組別中唯一於全體分享時間中完整呈現題目的組別，要歸功於佘曉清教授的引導以及分秒必爭地掌控流程，雖然題組內容以及題目還有許多可以改進的空間，但由於工作坊之後大家便回歸自己的工作崗位，並無延續共同討論，因此事後是由我整理當天討論的內容，修正題組內容的完整性以及符合 PISA 題組規格的文件格式。





## S15 塑化劑

李學昌 南投縣立草屯國中

很榮幸能受邀參加 PISA 的命題，但答應之後就有一點後悔，因為覺得自己的能力不足，若命出水準不佳的題目，會很漏氣沒面子，後來看到命題教師群的名單，發現每一組都有教授可以指導，就安心的去參加命題說明會議，學習別人的命題經驗與技巧。

我們當老師的常鼓勵學生要勇於嘗試，不要怕失敗，失敗了再檢討修正，就可以做得更好，因為「檢討為成功之母」，但說的容易做起來難；當有毒塑化劑問題引起民眾恐慌時，身為化學老師的我，就想把「起雲劑」與有毒「塑化劑」，當作命題的主題，但要將想法變成命題時，發現從網路搜尋到很多的資料，要將眾多資料消化後，去蕪存菁，聚焦組合，真是不太容易，還好有洪振方教授及多位老師的指導與協助，才能順利完成。

參加這次的 PISA 的命題，喚起我十多年前，剛當老師時的熱情，那時的我精力充沛，不怕苦不怕難，以教育學生為己任，還擔任教育部自然領域深耕種子老師，到三峽教育研究院受訓五週，學到很多九年一貫課程規劃的知識與用意，也認識各縣市許多有識之士，大家一起投入新課程的教材教法設計，雖然很累但收穫良多；這次更讓我體會到主辦單位的用心，為了讓台灣命出有水準的題目，集合北、中、南各地的教師群，大家共同為目標而努力，希望可以診斷出學生的能力與缺失，並且提出補救之道，我身為其中的一份子，真是感到驕傲。



## S17 暖氣蜂

蔡明致 臺中市居仁國中

在求學的過程中，對於新知識的時效性，眾所周知的是：論文期刊>雜誌>教科書。對於中學生而言，教科書卻是接受科學知識的主要途徑。但是，教科書中所舉的實例，可能因為時空或背景知識的不同而使學生有不同的感受；可能因為城鄉文化的差距，容易引發迷思，甚至根本無法體會…。因此，以教師的角度來看，如何在教學歷程藉由引進周遭生活中的實例，連結科學新知識、轉介生活新經驗，讓學生體驗生活中的科學，進而成為有意義的學習，甚至促進學生養成個人的科學素養，是從事科學教育者的一項重要使命。

在參與 PISA 命題研討的過程，藉由試題分析規準的提醒與參與團體審題會議的討論，使命題過程不再只是強調對科學知識及科學能力的檢核。命題分析規準的向度中增加了「科學態度」及「情境向度」，可以強化命題內容的「生活化」及「情境化」，使施測過程成為學生經歷科學事件的一項途徑。參加團體審題會議的討論，除了可以集思廣益，使命題內容能符合規準外，更可以腦力激盪與相互觀摩，提升命題情境的事件性與問題解決的科學性。

此外，命題經驗與命題理念的分享對於初次接觸 PISA 命題的教師而言，就如同雁鴨「印記」一般的深刻與重要。會議中印象最深的就是 PISA 命題獲選人——劉嘉茹教授，她的命題特色是測驗內容加入了新知識的導入與不同領域知識之統整，這提醒了我們：測驗也可以是教學。因此，藉由劉教授的經驗，小組內的夥伴們就由期刊與雜誌出發，分析報導內容的概念架構，形成雙向細目分析，進而命題與審題。這也是此次所有命題團隊中，生物團隊能夠產出量最多的原因。而我的“暖氣蜂”的命題，正是由看電視節目(Discovery 頻道)的過程中獲得靈感，才能順利產出。



## S21 點屎成金？

王淑卿 臺中市立雙十國中

2011年5月7日參加第一次「PISA教師專業成長工作坊」研習時，聽完林陳湧教授說明本工作坊的目標與宗旨後，再有周進洋教授與王國華教授分別講述「PISA科學素養的科學架構與評量形式」和「情境式評量題的規劃與實務」，茅塞頓開。第一次開始完整建構PISA國際評量試題的基本架構，但是對於命題方式仍然非常陌生，不知如何選擇適當的命題情境，如何設計並針對情境、應用科學知識與科學能力、評量出15歲學生的科學素養和生活知能的學習成效。

當天下午主席宣布，各小組分別進行討論，提出1~2個命題方向。當時大家討論踴躍，但每個人提出的命題方向，總是有人認同也有人不以為然。記得當時我也興致勃勃高談闊論「微生物」、「益生菌」、「酵素」等一系列情境方向，但有老師提出太艱澀、太廣泛、不太可行等，開始心生怯畏。察覺若每個人都有不同的意見，如何共同命出1~2個主題呢？心中的壓力逐漸增大。不料到了生物組指導教授王國華老師來參與討論時，王教授卻對每個人提出的看法與意見，表示肯定且認同，最後裁示大家分別回去寫寫看，於規定期限內交給助理燕燕後再交王教授審查。

峰迴路轉，王教授的肯定彷彿打了一針強心劑。但是因為當時我提出的命題情境受到其他老師的質疑，於是想換個更生活化、更有趣味的題目，於是絞盡腦汁卻一直未能定案。直到期限到了燕燕催稿了，只好將眼前蒐集的背景知識統整作為命題情境「牛糞」先交出去，趕鴨子上架。

6月13日第2次到王教授研究室，大家分別報告命題理念。我的架構是將又髒又臭的牛糞變成有用的鑽石、燃料油和沼氣，並可生產牛糞油汽車，而牛又被稱為「暖化炸彈」會造成全球暖化等，當時一心想將相關議題一網打盡，卻造成內容又臭又長。割愛若非有別人的幫助還真是不捨，在王教授的指導下，協助我將主題聚焦在牛糞與能源的相關議題，並於當下提出「點屎成金」的主題名稱，王教授說可以，我的命題方向終於拍板定案。

開會回去後修正命題，再繳交再開會。每次王教授請燕燕事先將大家完成的命題寄給大家，對大家不僅有進度壓力，更有互相觀摩與學習的機會。5月28日王教授說每個老師的命題都不錯，分別回去

發展各自的命題。這時發現壓力更大，大家必須獨立完成自己的命題，而非原以為的所有老師共同完成命題。

每次小組聚會時，大家共同討論，提出寶貴的意見，每次都帶著不同的工作進度回去。陸續開始各子題的題型設計、將數據資料轉換為圖形、題幹內容與子題測驗內容的呼應、難度設計、最後進行試題分析，終於完成 PISA 試題。

8 月 13 日工作坊共同會議時，張惠博校長請各組老師上台報告各組的命題。當由不同領域、不同層級的教授和教師等專家分別對我的報告內容提出不同角度的看法與意見，時間已到 12 點多午餐時間，大家依然熱烈論。過程中不論是褒是貶其實這就是我參加「PISA 教師專業成長工作坊」的最大收穫。

在試題發展期間，雖然有壓力，卻逐漸發現命題過程中的趣味與成就，尤其是命題技巧的成長與對主題內容了解的程度。感謝王國華教授多次犧牲週末假日的指導，助理燕燕與生物小組的明致老師、辰楨老師、俊邠老師和素真老師，大家共同成長，協助完成命題。



## S22 竹筷與食物的漂白

邱欣怡 國立高雄師範大學科學教育研究所

這一次的化學命題小組成員們皆為國中、小教師。在洪振方教授領帶的第一次小組會議當中，我們一致認為，在設計 PISA 的試題時，最為困難的應該就是找到適合的情境了。因此，我們先瀏覽了近年歷屆國中、小的科展級國際科展的得獎作品，希望能從中找到適合的情境，以及藉由科展作品中所提出的數據進行延伸、設計題目。

當時正式塑化劑議題被廣泛討論的時候，化學材料與我們生活的連結突然受到了重視。在我們的教學經驗討論中也發現，學生對於將所學的自然科知識應用在日常生活中感到困難，彷彿學習困難的化學只是為了考試。因此，我們得到一個共識-設計與生活貼近的化學議題，希望能藉由題目拉進化學與生活的距離，讓學生對於所學的知識有更廣泛的應用，進而強化學習動機。另外，我們也參照了近來台灣學生在 PISA 中表現較弱的部分來設計題目，希望能強化學生這些能力。

題目設計完成的時候，我們先邀請了 128 位國中三年級學生進行填答。結果與 PISA 的測驗結果相符，學生在形成議題以及利用證據形成結論的部分較弱，在這些相關的試題的答對率頗低。根據這個結果，我們討論過是否應該要將題目改成選擇題或是降低試題的難度。後來，考慮到本次出題的主要目的：提升學生在 PISA 測驗的表現，我們仍然決定保留答得不好答對率低，但是重要的題目，也希望藉由這些題目能讓我們對於學生的學習情況有更加深入的了解。



## S23 愛滋病 30 年 治癒之路仍漫長

曾元珏 高雄市後勁國中

### 一、 初期階段

藉由小組聚會討論命題情境後，以腦力激盪方式，粗略思考可以當作主題的題目，再請大家回去搜尋此類主題相關資料，並於下次小組聚會前事先轉寄給大家。此時搜尋及討論的主題有：檳榔製品毒性之探討、光觸媒對校園水池殺菌之影響、探討小紅姬緣椿象與倒地鈴的關係、台灣蜆淨化水質的研究、愛滋病及超級細菌等。經由小組討論，覺得愛滋病的相關訊息普遍且廣為大家所熟悉，並在「行政院衛生署疾病管制局」的網站又可搜尋到較具有公信力的相關資料，而在目前國中課本裡又已有粗略提到病毒等相關內容，所以最後選定了「愛滋病」這個議題。

### 二、 題組階段

議題確認後，小組便將試題依照「科學能力」分工進行個別的試題編寫。但在編寫過後發現題目間會各自為政，彼此引用的文章內容及方向皆不大相同，所以又在小組聚會中，成員間達成以題組的方式，以某篇文章為主軸，再藉由此篇文章發揮出各式的題型。在此過程中成員互相進行討論與對話，一句一句的刪減與編修內容，而達成了最初步的問卷型態及各試題的評量架構。在這當中，題目的最後生成並達成共識是最困難的，此時大家要一起提出意見做出修改，難免會有多方看法，同時又還要修飾句子使其精簡，所以所花得時間頗多，也較為辛苦。

### 三、 施測階段

問卷完成後，小組成員分配到各自學校進行施測，並將施測完成的數據打成 SPSS 資料檔。此部分有趣的是，在施測及數據分析過程中，會發現小組在命題中的不足及尚可改進的部份，發現雖經由長時間的小組討論，卻在實際施測後才發現一些還需要再做修改的部份。例如：態度題「沒有興趣」原設為 4 選項，「高度興趣」原設為 1 選項，在數據分析上便易造成混亂，變成數據愈高愈無興趣，這部分卻是在之前小組討論間未想過及發現到的。而此處困難的部份則是在設計 SPSS 數據輸入的格式，以及將問卷結果一題一題輸入的過程會較花時間。

#### 四、 完成階段

最後，綜合各校施測結果得出試題難易度的百分比，以了解命題是否過於艱澀，並與其他南區各組及指導教授進行內容與施測結果的討論，在此過程中發現本組命題尚有許多不足之處，例如：文章內容須再加入傳染途徑以利受試者閱讀與了解、引用圖形影印後會不清楚需自行重畫，以及為使問卷整體更為完整，而新加入了一題試題等，編修完成後尚再與本組指導教授進行討論後，始完成此次南區 PISA 生物組之最終問卷。



## S24 再生輪胎

謝甫宜 高雄市立嘉興國中

茲將參與本屆 PISA 試題之物理組討論的命題過程進行反思，以提供未來對於相關 PISA 命題的參考。

### 一、PISA 試題的產出

南部物理組由資深且具有豐富 PISA 試題之命題經驗的 陳忠志教授為召集人，與會的同儕教師中國中自然科教師與高中物理教師各兩位，一同為本屆 PISA 試題之命題集思廣益。大致上分為以下四個階段進行命題：

1. 確認符合 PISA 命題的方向與格式，並約定交稿與聚會討論的時程；
2. 每一位教師根據上述討論的命題方向與格式設計一題題組，以電子郵件相互傳遞訊息和討論，作為下次聚會討論的依據；
3. 每一位教師就其出題之旨趣與內容進行報告，由同儕教師們共同討論與修改；
4. 根據上述討論與同儕之建議再修改題組，形成最終的試題與交稿。

由上述第 1 至 4 點的歷程，我們持續修改與精緻試題以達成此次關於物理科的命題任務。

### 二、物理組命題的困難處與旨趣

#### (一)物理組命題的困難處

根據參與上述物理組討論試題的歷程觀之，因為在同儕教師所任教的國、高中，慣於採用成就評量的方式撰寫段考試題，鮮少留意學生運用概念進行科學推理的歷程來進行命題，而更大的難度在於試題需符合 PISA 所欲評量學生某些方面的能力指標或判準與其所規範的既定格式，以致於在命題方面具有相當大的挑戰性。

此外，該命題必須具有新穎性、獨創性與儘量契合時事，而題組的命題模式也涉及必須是國、高中學生所能閱讀理解之短文的撰寫，並且試題能具備評量學生理解圖、表之能力的成分，這些因素都是導致在命題上，必須從日常生活中汲取相關的新聞或文章，反覆地修改、重寫、討論與定稿。



## (二)物理組命題的旨趣

筆者首次受邀參與這次台灣區南部物理組 PISA 試題命題之討論而深感榮幸，反思與會討論之歷程有以下啟發：

1. 瞭解參與 PISA 命題的意義與目的；
2. 同儕教師提供相當多的寶貴建議，豐富個人在題組為本的命題能力；
3. 更加注重學生的科學推理歷程，而非僅注意概念學習或成就測驗；
4. 研發創新試題的方法必須廣泛地閱讀科學書籍、科展議題以及日常生活週遭的時事中汲取命題的靈感；
5. 撰寫的題組文本必須是國、高中學生所能閱讀理解的內容，而且最好能評量學生從圖表中擷取可用於解題的訊息之能力。

## 三、討論與建議

### (一)討論

從參與這次台灣區南部物理組 PISA 試題命題之討論中，個人認為受益最多的是同儕教師本身。往昔被分配對於任教學校段考試題的命題時，許多教師習於參考出版社給予的命題光碟再加以修改，這些以評量學生概念理解為本位的成就測驗，鮮少注重學生的推理歷程、形成科學議題的能力、或是運用概念解題等能力，造成台灣學生在概念測驗與制式試題的精熟學習，在上述這些更高層次的思考部分卻付諸闕如，亦即我們並未給予學生練習運用概念推理、問題解決與形成科學議題的機會，也無法窺知學生運用概念解題背後之機制，學生僅止於熟稔這些制式化的試題與注重成績之良窳。

雖然近年來，篩選國、高中學生的基本學力測驗，也逐漸著重學生對於圖、表與閱讀科學短文之題組的能力，試題本身也力求創新，可是這種總結性的評量方式之試題大多仍以評量學生所學之概念為主，無法進一步培養學生更高層次的思考能力。因此，透過 PISA 試題之同儕教師的討論試題過程，提供科學教師們反思改變試題的評量方式是相當重要的取向。

### (二)建議

這次參與 PISA 試題的討論之同儕教師多為生手，雖然在分組討論之前，資深教授與富有 PISA 命題經驗的教師已宣導其旨趣、命題方向、提供指標和範本、以及如何尋得合適的試題，可是，初次討論 PISA 命題對於個人而言尚屬首遭，希冀未來若仍有參與命題機會時，能提供同儕教師參考，幾點建議如下所示：

1. 主辦單位能提供更多歷屆 PISA 命題的範本予與會教師參考；
2. 主辦單位能多辦幾場關於 PISA 命題的說明會讓更多教師參與和理解；
3. 以教師研習或由各縣市國教輔導團主導，舉辦 PISA 命題說明會；
4. 教師多關心與自然科學相關的報導或議題以擷取其中的命題靈感；
5. 教師可從學生可能持有迷思概念之研究中，設計相關概念的試題；
6. 應增加同儕教師參與討論的與會次數，讓試題更加精緻化。



## S25 山崩災害

侯依伶 高雄市立陽明國中

參加了「PISA 教師專業成長研習工作坊會議」之後，才知道要形成一個診斷學生學習成果的題目必須考慮許多的環節。除了要有合適發揮的主題之外，還必須要設計成各種不同的試題類型，而且還要考慮要測量的科學能力和應用的範圍、背景。

經過與指導教授的討論和商量之後，我們先選定了與山崩主題相關的新聞事件。為了題目的豐富性，我們先決定要設計多種的試題類型。教授也提醒在 PISA 2006 的結果中，台灣學生在「形成科學議題」的世界排名較低，也因此需要多朝這個方向來進行題目設計。另外，科學學習態度和興趣也是我們想要進一步探討的，所以應該一併設計在題目中。

在題目設計的過程中，我們發現以過去的命題思維，我們很會寫「科學解釋」的題目，但在寫「科學論證」和「形成科學議題」的相關題目時，卻遭遇相當大的挑戰。指導教授建議我們可以參考一下歷屆科展的題目，從科展中找尋可以命題的空間以及可以提供參考的數據。

其實歷屆科展中可以提供山崩研究的資料真的很多，讓我們多了許多靈感，命題的過程也隨之順利不少。在與其他各組分享的座談會上，各組的老師熱烈的給予我們許多建議，讓我們看到原本命題的盲點，也使得重新修訂之後的題目更加符合 PISA 的精神。





## 附錄 本手冊貢獻者

依姓氏筆劃排列

### 主 編

張惠博校長  
林陳涌教授

國立彰化師範大學  
國立臺灣師範大學科學教育研究所

### 指導教授

#### 北一區、北二區、東區

王順美教授

國立臺灣師範大學環境教育研究所

任宗浩助理研究員

國立臺灣師範大學科學教育中心

李 暉教授

國立東華大學科學教育中心

李哲迪助理研究員

國立臺灣師範大學科學教育中心

佘曉清教授

國立交通大學教育研究所

黃茂在副研究員

國家教育研究院

劉聖忠教授

國立東華大學科學教育中心

蔣佳玲教授

國立東華大學科學教育中心

#### 中區、南區

王國華教授

國立彰化師範大學科學教育研究所

周進洋教授

國立高雄師範大學科學教育研究所

林明良教授

國立高雄師範大學科學教育研究所

林建隆教授

國立彰化師範大學物理系

洪振方教授

國立高雄師範大學科學教育研究所

張惠博校長

國立彰化師範大學

陳忠志教授

國立高雄師範大學科學教育研究所

劉宏文教授

仁德醫護管理專科學校

劉嘉茹所長

國立高雄師範大學科學教育研究所

蘇明俊教授

樹德科技大學休閒事業管理系

## 試題設計 種子教師

### 北一區、北二區、東區

王美玲教師	臺北市立萬華國民中學
吳月玲教師	宜蘭縣復興國民中學
吳美玲教師	臺北市立介壽國民中學
吳家碩組長	桃園縣仁美國民中學
吳殷宏教師	宜蘭縣復興國民中學
吳慧珍組長	桃園縣慈文國民中學
巫依倫教師	花蓮縣宜昌國民中學
李青芬教師	新北市立中正國民中學
李恩銘教師	花蓮縣吉安國民中學
周鴻騰講師	國立空中大學生活科學系
林于人教師	花蓮縣花蓮高級中學
林宛青教師	宜蘭縣復興國民中學
林建義教師	花蓮縣宜昌國民中學
林茂成教師	新竹市光武國中
祁明輝教師	臺北市立龍山國民中學
施權城教師	新竹縣竹東國民中學
柯若萍教師	國立政治大學附屬高級中學
徐毓慧教師	基隆市建德國民中學
張文昭教師	臺中市光德國中
張嫻嫻教師	臺北市立萬華國民中學
梁中昊教師	臺北市立金華國中
莊祿崇校長	桃園縣楊梅國中
許志宏教師	桃園縣楊梅國中
許芳謹教師	基隆市中正國民中學
郭淑妙教師	基隆市立百福國民中學
陳立偉主任	臺北市立湖山國民小學

陳志豪教師	臺中市向上國中
陳怡翔教師	宜蘭縣復興國民中學
陳雅瑜教師	國立東華大學
陳聖昌教師	苗栗縣頭份國民中學
黃文怡教師	花蓮縣私立慈濟大學附屬高級中學
黃俊澤教師	花蓮縣光復國民中學
黃振祐教師	臺北市立古亭國民中學
黃泰日教師	臺北市立石牌國民中學
葉淑貞教師	花蓮縣政府
劉建煌教師	苗栗縣大山國民小學
劉祝住教師	花蓮縣國風國民中學
劉新教師	臺北市立螢橋國民中學
蔡佳雯教師	基隆市立百福國民中學
蔡佩宜教師	桃園縣大有國民中學
黎湘玲教師	臺北市立萬芳高級中學
戴淑萍教師	花蓮縣美崙國民中學
鍾昌宏教師	臺中市光榮國中
蘇彥享教師	臺北市立天母國民中學

### 中區

丁健峻教師	臺中市立光明國民中學
王淑卿教師	臺中市立雙十國民中學
江清俊教師	臺中市立光明國民中學
何興中教師	國立臺南第一高級中學
李學昌教師	南投縣立草屯國民中學
林百脩校長	臺中市立東新國民中學
林詩珊教師	臺中市立清水國民中學
邱懿歆教師	臺中市立雙十國民中學
郭富添教師	臺中市立光復國民中小學國中部

陳仁杰教師	彰化縣立大村國民中學
陳琬菁教師	臺中市立光明國民中學
曾素真教師	臺中市立居仁國民中學
黃俊邠教師	國立彰化高中
葉辰楨教師	新北市三峽國民中學
蔡明致主任	臺中市立居仁國民中學
鄭基豐教師	臺中市立居仁國民中學
蘇錦玲教師	臺中市立黎明國民中學

### 南區

巴蕙琳教師	高雄市立苓雅國民中學
李明昆教師	高雄市立前峰國民中學
李淑貞教師	高雄市立五福國民中學
林百鴻教師	高雄市立前鎮高級中學
邱欣怡教師	國立高雄師範大學科學教育研究所
侯依伶教師	高雄市立陽明國民中學
張宜珍教師	屏東縣立鶴聲國民中學
張瑞純教師	高雄市立鼎金國民中學
陳宗慶校長	高雄市立立德國民中學
喻鴻鈞教師	高雄市立大社國民中學
曾元珩教師	高雄市立後勁國民中學
黃柏蒼教師	高雄市立正興國民中學
謝甫宜教師	高雄市立嘉興國民中學
謝昌耀教師	高雄市立龍肚國民中學
謝隆欽教師	屏東縣立來義高中
簡聿成教師	國立高雄師範大學附屬高級中學

主辦單位：教育部、行政院國家科學委員會

承辦單位：國立彰化師範大學

協辦單位：國立臺灣師範大學、國立高雄師範大學