

## 感謝

---

---

應試指南是化繁為簡，讓評量內涵的溝通更為人性有效的重要工作之一，各位老師不辭勞苦，遠從全臺各地齊聚國立臺南大學，貢獻豐富的基礎教育實務經驗，讓 PISA 中心提議的初稿，更臻完整也更具實用價值。此刻你看到的，正是各位老師與 PISA 中心的共同產出。然而這只是路程的一半而已，它需要透過你再傳授到受測學生的腦子裡，才算完滿。

在此，PISA 中心除了衷心的感謝，下列參與本應試指南編修的諸位老師外，你熱心地將此指南，傳授給受測學生，達成編修此指南的預定目的，PISA 中心在此一併表示感謝。至於，大家願意把教育的範疇，往外多跨一步，讓臺灣的基礎教育與國際標準無縫接軌，則不是感謝兩字所能表達的。

大業國中 林豐乾老師	中正國中 沈 驗老師	中正國中 李育芬老師
右昌國中 林啟祥輔導員	北港國中 梁恩嘉校長	忠孝國中 葉俊生老師
芬園國中 周芬美校長	東原國中 邱詩娟組長	苑裡中學 劉釋華老師
建德國中 莊適維老師	峨眉國中 黃錫裕主任	魚池國中 郭憲璋主任
培英國中 李元亨老師	復興國中 蘇敬菱老師	新生國中 王建今老師
楊梅國中 許志宏老師	雙十國中 王淑卿老師	龍山國中 祁明輝老師
宜蘭縣國教輔導團 葉鴻楨 自然與生活科技專任輔導員		

臺灣 PISA 國家研究中心



# 目 錄

---

---

壹、前言 .....	1
貳、PISA 科學素養評量 .....	3
一、科學素養的內涵與定義 .....	3
二、科學素養的評量架構 .....	3
三、科學素養的試題類型 .....	6
參、科學素養樣本試題應用調查 .....	8
一、樣本試題的結構與應用流程 .....	8
二、分析結果與討論 .....	8
肆、科學素養評量的應試注意事項 .....	11
一、閱讀注意事項 .....	11
二、作答注意事項 .....	12
伍、結語 .....	13
陸、樣本試題與學生作答反應分析示例 .....	14
溫室效應 .....	14
臭氧 .....	19
運動 .....	22
生物複製 .....	24
防曬品 .....	27

## 壹、前言

---

臺灣在 2006 年首次參加由經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development，簡稱 OECD）所發展的國際學生能力評量計畫（Programme for International Student Assessment，簡稱 PISA），PISA 的科學評量強調學生在三個層面的能力：辨識科學議題（identify scientific issues）、解釋科學現象（explain phenomena scientifically）以及運用科學證據（use scientific evidence），這三個層面充分反映現代社會工作對人力素質的要求。

由於 PISA 創新而真實的評量設計、標準化的抽樣和評分程序以及嚴謹的執行品質監控，大致能說服關心教育統計的產學各界。整體而言，PISA 跨國和跨時間評量結果的比較，受到相當普遍的重視。因此，持續參與 PISA 可進一步獲得臺灣教育成效的趨勢統計。同時激勵學校教師關心依 PISA 結果所建議的教學改進措施。面對客觀資訊，希望能有效凝聚各種意見和作法，積極提升教育品質，努力厚植國民的關鍵能力和終身學習意願。

PISA 2009 與 PISA 2006 的比較顯示臺灣學生在科學素養表現呈現微幅下降的現象，由於不同國家、不同年份 PISA 評量結果的量尺是相同的，因此，科學素養降低 12 分，這是值得注意的警訊。然而在 PISA 2009 科學素養表現中，百分等級 5 和百分等級 95 的兩組學生分數差異幅度較大，顯示，在追求未來整體高科學素養表現的同時，縮短個別差異的幅度仍有改善的空間，而這也將是臺灣科學教育值得關注的議題。學生數學與科學的優異表現，一直是臺灣競爭力的基石。因此，面對 PISA 2009 評量結果所隱含我們優勢不再的資訊，緊接著 PISA 2012 又即將登場，關心臺灣教育的社群宜立即啟動對談，共商精進策略。

PISA 評量自 2000 年起，每三年進行一次調查，評量的試題是由世界各國的專家所共同研發，內容廣泛，涵蓋各種生活情境中的問題；雖然臺灣學生的科學能力整體來說不算差，但仍有成長的空間。而學生面對與學校評量差異頗大的科學素養評量，難免會有陌生或失誤，進而影響作答，無法發揮應有的素養水準。有鑑於此，臺灣 PISA 國家研究中心收集學生在 PISA 所公佈的樣本試題上的反應，並據以彙整應試建議，旨在進一步釐清評量焦點，協助學生掌握 PISA 科學

評量設計的核心，以發揮其真正的素養水準；並提供教師教學與評量的參考資訊，期能應用 PISA 科學評量的理念與設計，並落實 PISA 評量科學素養能力的精神。

本手冊的內容首先介紹 PISA 科學素養，分析其評量架構所對應的科學素養內涵，並根據學生在樣本試題的測驗結果，洞察學生答題常犯的錯誤，最後提出一些作答的建議和策略。

## 貳、PISA 科學素養評量

---

---

「理解科學與科技」不只是年輕學子因應現代社會生活必備的能力，同時也是他們未來參與生活相關之科學與科技政策決定時，所需的科學能力。為了測量學生是否具備此種理解能力，PISA 並不侷限於測量學生科學概念的精熟程度，而是著重測量學生解決問題的能力和傳達複雜科學概念的溝通能力，同時考量全球化經濟的趨勢以及科技產業對人力素質的要求。因此，PISA 強調評量學生是否能運用科學知識來辨識科學問題、是否能解釋科學現象以及是否能針對科學相關的議題形成證據導向的結論。

### 一、科學素養的內涵與定義

PISA 2009 科學素養的定義如下：能運用科學知識來辨識科學問題、獲得新知、解釋科學現象、並形成證據導向的結論；能理解科學特徵是一種人類知識探索的型態；能覺察科學與科技來形塑周遭物質、知識以及文化的環境；且成為一個具有意願投入科學相關議題、具有科學概念、及具反思性的公民。

PISA 2006 的調查主軸是科學，有 103 題科學題目。而此調查中 OECD 國家的科學平均為 500 分，此分數將是 PISA 2009 科學表現比較以及未來此類比較的基準。然而，不同於 PISA 2006 的科學調查，在 PISA 2009 的調查主軸為閱讀，而科學的測驗時間只占 90 分鐘，比 PISA 2006 科學的測驗時間短，且測驗題目較少。PISA 2006 的試題分配及涵蓋面較廣，因此可以針對科學素養進行知識和技能的深度分析，而 PISA 2009 的科學部份僅能著眼於整體表現。

### 二、科學素養的評量架構

PISA 2009 調查延用 PISA 2006 科學素養的評量架構。為評量 15 歲學生的科學素養，PISA 2006 提出了四個相互關聯的向度，並據此發展評量試題：

(1) 與生活相關的情境、(2) 學生必須具備的能力、(3) 相關的科學知識、以及 (4) 學生的態度。

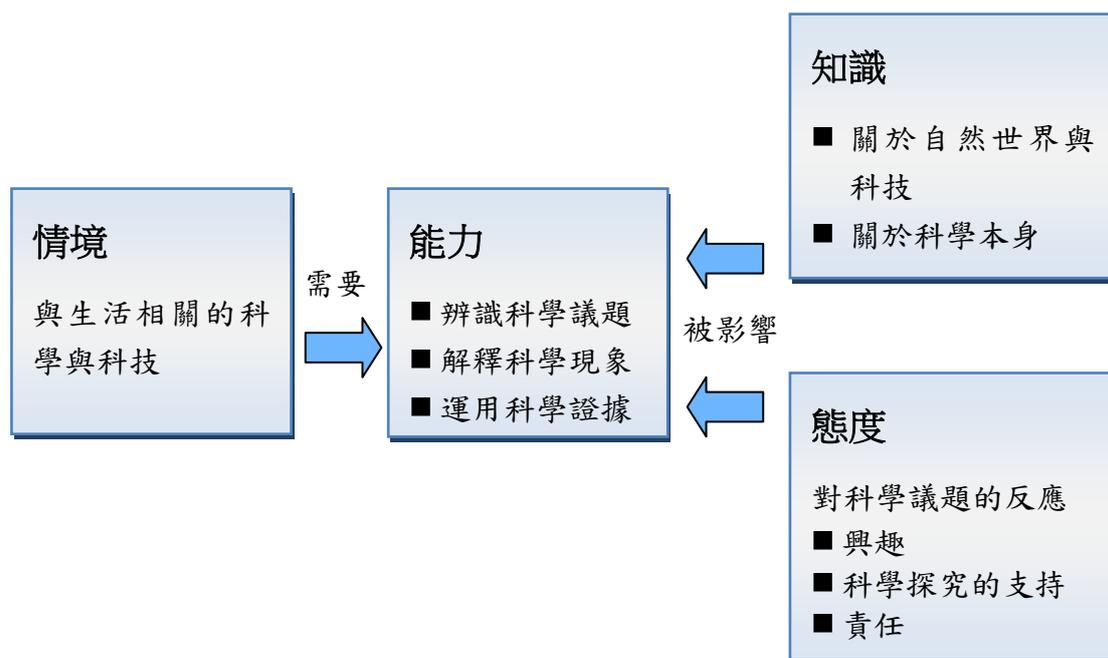


圖 1 PISA 科學素養評量架構圖

## (一) 情境

為評量學生是否能適應未來的生活，PISA 的科學試題包含了「健康」、「自然資源」、「環境」、「災害」與「科學與科技的探索」等生活情境。而這些生活情境又可分為個人（個人、家庭與同儕團體）、社會（社群）和全球（世界生活）。PISA 問題所選用的情境與學生未來所要適應的成人世界息息相關，而成人世界經常遇到健康、環境、災害等科學與科技相關的情境之探索。

## (二) 科學的能力

PISA 的科學試題注重學生在三種科學能力的表現：

### 1. 辨識科學議題

其中包括知覺到可用科學方法探究的議題、定義蒐尋科學資訊的關鍵詞、並且覺察出科學探究的主要特徵。例如：哪些事物應該一起比較、哪些變項應該被控制／改變、還需要哪些其他的資訊、應該要做什麼才可以蒐集到相關資料等。

## 2. 解釋科學現象

此能力是希望學生能運用合適的科學知識於給定的情境中。其中包括科學地描述或詮釋現象，並預測會有什麼樣的改變；界定什麼是合適的描述、解釋與預測等。

## 3. 運用科學證據

此能力是包含取得科學資訊，並根據科學證據形成論證和結論。因此，學生需要詮釋科學證據、與人溝通、並下結論；界定結論背後的假設、證據、與推理；反省科學與科技發展中的社會意涵等。

### (三) 科學的知識

同時包括了科學內容知識 (knowledge of science)、以及科學本質 (knowledge about science)。科學內容知識乃關於自然世界與科技的知識，可分為物理、化學、生物、地球與太空科學、以及科技等。選取的標準包括了與真實生活情境的相關性、屬於重要且有用的科學概念、合適於 15 歲學生的發展程度。考慮到科學知識是在個人、社會、與全球脈絡之中的瞭解與經驗，PISA 不將之分為「學科」(sciences)，如物理學科、生物學科等；而以「系統」(systems) 取代之，如物理系統、生命系統等。

科學本質則包含了兩個類別：有關科學的知識包括了兩個類別：科學探究 (scientific enquiry) 和科學解釋 (scientific explanations)。

1. 科學探究：其中包括起源（如好奇、科學問題）、目的、實驗、資料類型（如量化測量、質化觀察的資料）、測量（如可重複性、變異性、儀器的精準度等）、結果的性質（如實徵的、暫時的、可測試的、可否證的等）。
2. 科學解釋：其中包括形式（如假設、理論、模型、定律）、形成（如資料呈現、既有知識與新證據的角色、創造力與想像力、邏輯）、規律（如邏輯上必須具一致性、必須有證據為基礎等）、結果（如產生新的知識、新的方法、新的技術；導引出新問題與新的探究）。

#### (四) 態度

科學教育的主要目標之一是發展學生的態度，使之喜歡參與科學議題、進而習得並應用科學與科技的知識，使個人、社會、全球得以獲益。參考了 Klopfer (1976)、Gardner (1984)、Gauld & Hukins (1980)、Laforgia (1988)、Schibeci (1984) 等人關於態度的研究之後，PISA 2006 嘗試以創新的方式來評量學生的態度。除了問學生他們對科學的想法之外，並問學生對於試題中科學相關議題的態度為何。對科學態度的評量包含了三個面相：對科學的興趣(interest in science)、對科學探究的支持(support for scientific enquiry)、及對自然資源與環境的責任(responsibility towards resources and environments)。

值得注意的是，在 PISA 2006 的學生問卷中及測驗題本最後，皆有評量學生科學態度的題目。在 PISA 2006 學生問卷的部分，除了蒐集學生在上述三個面相的態度，並蒐集了學生在科學方面的參與度(例如自我效能、校外科學活動的參與頻率等)、學生認為科學在他們自己生活與社會中具有多少價值的觀點(例如職業選擇、社會利益等)。

### 三、科學素養的試題類型

PISA 科學試題使用四種題型：選擇題、多重是非題、封閉式問答題以及開放式問答題。這四種題型的比例分別為選擇題占 1/3、多重是非題與封閉式問答題占 1/3、開放式問答題占 1/3。

#### (一) 選擇題

每題選擇題有四~五個選項，只有一個正確答案。選擇題可以用來測量科學的理解歷程，然而卻無法讓讀者進一步解釋和提出支持或反對的論點。

#### (二) 多重是非題

多重是非題則是由二~四題是非題所組成，通常必需全對才能得分。

### (三) 封閉式問答題

封閉式問答題會先要求學生從「是」或「否」兩個正反面的立場中圈選出合理的答案，再要求科學論證來支持自己所選擇的答案。

### (四) 開放式問答題

開放式問答題的主要目的在於讓學生自己建構答案，由作答者提出自己的觀點以及支持的理由和論證。大多數的試題計分為二元（亦即得分或沒有得分），但有些複雜的多重選擇題與開放式回答採用部分計分的方式。採用部分計分的試題都附有一份詳細的評分規準手冊，明確說明什麼情況下是「滿分」、「部分分數」與「零分」。評分時，由科學領域專家進行人工閱卷，依據學生理解的程度評判給予分數，不會因為書寫表達能力不好而扣分。

## 參、科學素養樣本試題應用調查

---

---

臺灣學生在 PISA 科學素養評量試題反應的分析，有助於更深切理解學生在作答時的問題，並釐清影響學生表現的非素養能力因素。因此，臺灣 PISA 國家研究中心透過 PISA 的樣本試題，以九所國中的 491 位近 15 歲學生為研究對象，根據評量的結果與 PISA 評量設計和評分規準的省思，探討學生在作答時常犯的錯誤，以提供學生未來在科學素養應試時，面對不熟悉的題材或題型的作答建議，以發揮其應有的素養表現。

### 一、樣本試題的結構與應用流程

此次評量以 PISA 所公布的樣本試題為主，包含「溫室效應」等共計 12 個單元（詳見表 1 表 1 及表 2），參與此次測驗調查的共計 491 位學生，其中有 76 位八年級學生及 415 位九年級學生。為在不增加學生測驗負擔的情況下，有足夠的試題樣本反應作分析，樣本試題題本共有二式（A 式和 B 式），A 式含 17 題及 B 式含 19 題（表 1、表 2），並以隨機方式分配給 235 位及 256 位學生作答，測驗時間約為 45 分鐘，施測日期在 100 年 4 月至 6 月間。

### 二、分析結果與討論

#### （五）測驗結果

PISA 試題的國際答對率、臺灣 PISA 2006 答對率、及樣本試題答對率的對照如表 1、表 2 所示。臺灣學生在 PISA 2006 科學的表現不差，因此在大多數的試題上，臺灣 PISA 2006 的答對率皆高於國際的答對率。由於此次測驗都是國中學生，因此答對率偏低的試題就稍微多一些。包括 S128Q02~S128Q03 生物複製、S508Q02 基因改造農作物、S485Q02 酸雨、S213Q02 衣服、S253Q01 和 S270Q03 臭氧、S426Q07 大峽谷、S447Q02~S447Q04 防曬品、S195Q02 和 S195Q04 賽邁爾維斯日記以及 S493Q01 和 S493Q05 運動。

表 1 樣本試題題本 A 之試題答對率

試題名稱	國際 PISA 2000 答對率	國際 PISA 2003 答對率	國際 PISA 2006 答對率	臺灣 PISA 2006 答對率	本次測驗 答對率
S114Q03 溫室效應	0.57	0.54	0.54	0.69	0.64
S114Q04 溫室效應	0.39	0.36	0.35	0.56	0.40
S114Q05 溫室效應	0.25	0.22	0.19	0.30	0.43
S128Q01 生物複製	0.62	0.65	-	-	0.72
S128Q02 生物複製	0.45	0.49	-	-	0.42
S128Q03 生物複製	0.61	0.62	-	-	0.29
S508Q02 基因改造農作物	-	-	0.61	0.69	0.59
S508Q03 基因改造農作物	-	-	0.74	0.74	0.65
S485Q02 酸雨	-	-	0.58	0.72	0.52
S485Q03 酸雨	-	-	0.67	0.83	0.78
S485Q05 酸雨	-	-	0.36	0.41	0.36
S213Q01 衣服	0.40	0.42	0.48	0.54	0.44
S213Q02 衣服	0.75	0.76	0.79	0.95	0.87
S253Q01 臭氧	0.28	-	-	-	0.27
S253Q02 臭氧	0.35	-	-	-	0.43
S253Q05 臭氧	0.54	-	-	-	0.63
S253Q03 臭氧	0.56	-	-	-	0.44

註：標記灰底表示本次測驗答對率 < 國際答對率

表 2 樣本試題題本 B 之試題答對率

試題名稱	國際 PISA 2000 答對率	國際 PISA 2003 答對率	國際 PISA 2006 答對率	臺灣 PISA 2006 答對率	本次測驗 答對率
S426Q03 大峽谷	-	-	0.68	0.79	0.72
S426Q05 大峽谷	-	-	0.76	0.88	0.85
S426Q07 大峽谷	-	-	0.61	0.65	0.59
S447Q02 防曬品	-	-	0.41	0.45	0.32
S447Q03 防曬品	-	-	0.58	0.53	0.50
S447Q04 防曬品	-	-	0.43	0.48	0.38
S447Q05 防曬品	-	-	0.27	0.47	0.38
S477Q02 瑪莉·孟塔古	-	-	0.75	0.71	0.59
S477Q03 瑪莉·孟塔古	-	-	0.75	0.91	0.85
S477Q04 瑪莉·孟塔古	-	-	0.62	0.89	0.72
S195Q02 賽邁爾維斯日記	0.25	-	-	-	0.23
S195Q04 賽邁爾維斯日記	0.63	-	-	-	0.61
S195Q05 賽邁爾維斯日記	0.68	-	-	-	0.77
S195Q06 賽邁爾維斯日記	0.60	-	-	-	0.80
S493Q01 運動	-	-	0.53	0.36	0.43
S493Q03 運動	-	-	0.82	0.79	0.68
S493Q05 運動	-	-	0.45	0.59	0.45
S129Q01 白晝	0.39	0.43	-	-	0.43
S129Q02 白晝	0.18	0.19	-	-	0.34

註：標記灰底表示本次測驗答對率 < 國際答對率

標記加方框表示臺灣答對率 < 國際答對率

## (六) 學生常犯錯誤

從這次的測驗中，我們發現了一些學生在作答時常犯的錯誤，列舉如下：

1. 不清楚題目的用意或不懂題目在問什麼。
2. 沒有仔細閱讀題目。
3. 不熟悉利用科學論證或以科學證據來支持自己論點的作答方式。
4. 主觀的陳述自己對問題的看法，忘記或忽略題目中的資訊。
5. 不習慣提出解釋、或忽略作答要求。如題目要求回答是或否之外，並寫出理由。學生往往只圈選是否，卻沒有解釋理由。
6. 沒有作答。

這些錯誤有若能避免，則可更精確的測量學生的能力。

## 肆、科學素養評量的應試注意事項

---

---

PISA 評量是三年一次的國際性評量，對臺灣學生而言，評量結果不影響在校成績亦不影響升學，學生作答動機因而較低。評量前對學生的解說與士氣鼓舞是很重要的。曾參加過 PISA 評量的學校主任表示，他們在評量前會以『國手』來稱呼參與評量學生、會主動利用公佈試題讓學生練習，了解素養評量、甚至會幫參加評量的學生記小功，獎勵學生。這些方式都能有效的提升學生作答動機。

從歷屆的 PISA 評量結果可看出，學生在科學素養上已有不錯的成績，但仍須精益求精，特別是在一些該得分而未得的地方上，實屬可惜。從本次 PISA 科學素養樣本試題的測驗顯示，學生面對評量時的作答技巧仍有進步空間，特別是在洞察問題的題意與內涵以及在開放式問題的作答方面。學生表現需要更多的指導和學習。因此，我們提出一些有關科學素養評量的作答建議，作為老師們在指導學生時的參考。

### 一、閱讀注意事項

#### 1. 仔細閱讀題目，洞察問題的題意和目的。

情境化試題如同應用問題，題幹的文字敘述會稍微多一些。因此要仔細的閱讀題目，注意關鍵字詞，才能清楚題意，做出正確的判斷和回答。

#### 2. 詳細解讀圖表資訊。

在多數的問題裡，題目通常會附有圖形或表格，而答案大部分都可從在圖表中擷取獲得，因此作答時要確實了解圖表的單位、數據，以至於推論出其趨勢等。另外還需注意引用圖表數據回答時，敘述上要盡可能詳細、清楚，才不會造成過於籠統而拿不到分數的情形。

## 二、作答注意事項

### 1. 盡力作答。

題目如有要求解釋的部分，請學生盡量闡釋。PISA 試題的評分並未採用答錯扣分的機制，因此對於有疑慮或無法確定答案的試題仍可嘗試的作答，千萬不可空白不答。開放式問答題也是一樣，可試著依照題意寫一些推論或從中列舉一些重點，都有機會獲得部分分數。

### 2. 不要害怕陌生的情境脈絡題目。

PISA 的科學試題包含了「健康」、「自然資源」、「環境」、「災害」與「科學與科技的探索」等生活情境。而這些生活情境又可分為個人（個人、家庭與同儕團體）、社會（社群）和全球（世界生活）的情境。雖然試題的情境盡量是以學生感興趣或生活中會遭遇的為主，但各國文化風情不同，且每位學生的生活歷練也有差異，因此，作答時一定會遇到不熟悉的情境。對於特殊的情境，題目中都會有概略的介紹，至於會影響作答的事物或專有名詞，一定會有明確的定義或說明。所以，不必害怕回答那些陌生的情境脈絡題目，也不要放棄作答。

### 3. 根據題目資訊回答問題，勿以自己感受或常識（多為「另有概念」）作答。

在 PISA 科學試題的開放性問答題裡，相關的資訊通常會以圖形或表格來呈現，然後要求學生對一項陳述判斷對／錯、或是支持／反對，並提出論證說明。此類型的題目中一定會有『請依據上圖』或『請根據表格中的數據』字句，提醒學生應以圖表中的資料做為作答的依據。所以，不要隨性地以自己的經驗或感受發表意見，更勿以一般常識作答，尤其所謂的「常識」多屬另有概念，容易導致推論不準確或不相關。

## 伍、結語

---

---

PISA 科學素養測驗強調建構式的反應，希望學生在試題背景訊息下，靈活運用自己的知識和技能解決實際問題。PISA 科學評量為我們學生的科學學習提供了一個參照標準，老師們可以借鑒 PISA 科學素養的構念與本文所提供學生作答反應常犯的錯誤，進行教學的因應調整，幫助學生提高科學學習。冀望經過 PISA 評量的洗禮後，臺灣的教育能再向前邁進一步。

參加國際評量終究會進行各國學生成績的比較，希望本應試指南能提供學生在作答時一點小小的幫助，不要因為不適應而發揮不了真正的實力。期待我們的孩子未來都能成為具有競爭力的地球公民。

## 陸、樣本試題與學生作答反應分析示例

---

---

### 溫室效應

閱讀文章並回答問題。

#### 溫室效應：事實還是幻想？

生物需要能量才能生存，而維持地球生命的能量是來自太陽。由於太陽非常熾熱，因此將能量輻射到太空中。只有一小部分的能量會到達地球。

地球表面的大氣層，就像包裹著我們的星球表面的毯子一樣，保護著地球，使她不會像真空的世界那樣，有極端的溫差變化。

大部分來自太陽的輻射能量，會透過大氣層進入地球。地球吸收了部分能量，其他則由地球表面反射回去。部分反射回去的能量，會被大氣層吸收。

由於這個效應，地球表面的平均溫度比沒有大氣層時的溫度為高。大氣層的作用就像溫室一樣，因此有了「溫室效應」一詞。

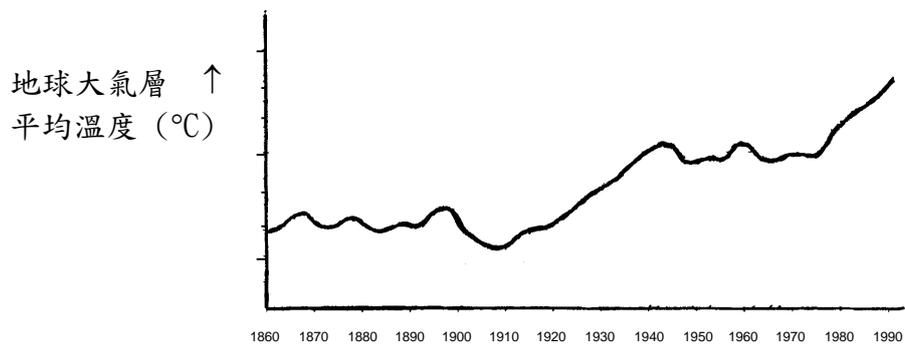
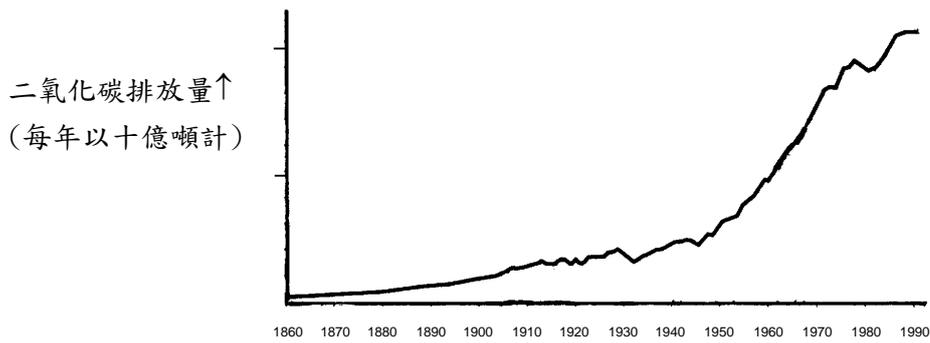
溫室效應在二十世紀越來越顯著。

事實顯明，地球大氣層的平均溫度不斷上升。報章雜誌常說，二氧化碳排放量增加，是二十世紀氣溫上升的主要原因。

小德有興趣研究地球大氣層的平均溫度和地球上二氧化碳排放量之間的關係。

他在圖書館找到下面兩幅曲線圖。

小德從曲線圖得出結論，認為地球大氣層平均溫度的上升，顯然是由二氧化碳排放增加而引起的。



#### 問題 4：溫室效應

S114Q04-0129

小德的同學小妮卻不同意他的結論。她比較兩幅曲線圖，指出其中有些資料並不符合小德的結論。

請從曲線圖中舉出一項不符合小德結論的資料，並解釋答案。

#### 溫室效應 問題 4 計分

#### 滿分

代號 2：能夠指出兩幅圖中，有哪一部分的曲線不是同時上升或下降，並作解釋。

- (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。
- 1800-1900 這段期間，溫度的變化不大，但第一幅圖則持續增加。

- 1950-1980 這段期間，溫度沒有上升，而 CO2 卻不斷上升。
- 由 1940 年開始，至 1975 年，溫度的變化不大，但二氧化碳則大幅增加。
- 1940 年的氣溫比 1920 年的高得多，但二氧化碳的排放則變化不大。

### 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。
- 指出一個年份（而不是時期），並提供合理解釋。
- 在 1980 年，排放量下降，溫度則仍然上升。

或

舉出了証據，證明小德的結論不是正確的，但卻寫錯了時期。（註：這錯誤必須有證據支持—例：在圖中有一處清楚表示出一個正確答案，但在轉述資料時有錯。）

- 在 1950 年至 1960 年期間，溫度下降，二氧化碳排放量卻上升。
- 指出兩條曲線的不同之處，但沒有提及任何特定的時期。
- 在某些地方可以見到排放量下降，溫度上升。
- 開始的時候，二氧化碳的排放量少，但溫度卻高。
- 在圖一，可以見到有穩定的上升，但在圖二則見不到有上升，而是維持不變。[註：「整體上」維持不變。]
- 因為開始時溫度仍高，但二氧化碳則很低。
- 指出其中一幅圖的趨勢轉變。
- 大約在 1910 年，可以見到溫度下降，然後開始上升，並維持了一段時間。
- 在圖二，可以見到剛在 1910 年之前，地球溫度下降。
- 指出了兩幅圖的分別，但未能清楚解釋。
- 在 1940 年至 1950 年期間，溫度很高，但二氧化碳卻非常低。[註：這個解釋雖然差，但兩者的分別卻被清楚點出來了。]

### 零分

代號 0：僅僅就其中一條曲線的改變趨勢作出描述，而沒有把改變與兩幅圖連繫在一起。

- 這條曲線首先上升，然後又下滑。
- 在 1930 年，曲線向下滑。
- 指出了一段時間（但表達不明確）或指出了一個年份，但沒有提供任何解釋。

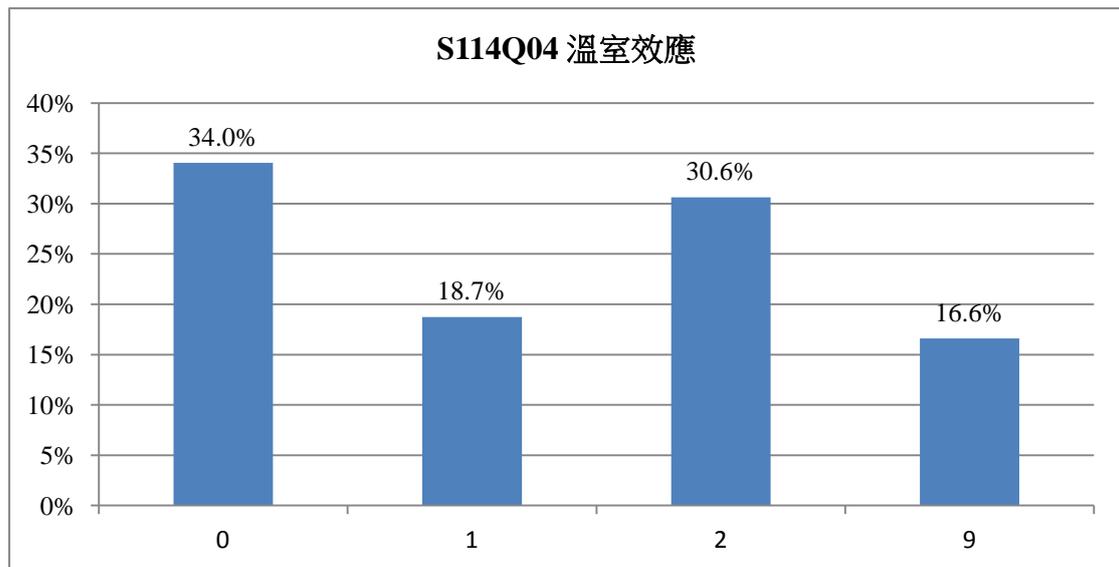
- 中間部分。
- 1910 年。

其他答案。

- 1940 年，平均溫度上升，但二氧化碳排放量沒有增加。
- 1910 年左右，溫度上升，排放量卻沒有增加。

代號 9：沒有作答。

**答題統計：**



**學生常犯的錯誤：**

學生在面臨這類問題時，最常以自身學習經驗來進行回答，而忽略題目所要求的關鍵步驟，如本題未得分的學生，大多是忽略了「從曲線圖中舉出一項」這類字眼。

- 地球大氣層的溫度。不見得都是 CO<sub>2</sub> 造成，也有少部分的 CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>O、CO 都是溫室氣體來保持地球溫度。
- 小德只查了二氧化碳排放量以及平均溫度的資料，並未查閱其他可能危害大氣層的氣體的資料。
- 不只是二氧化碳，氟氯碳化物是破壞臭氧層的主原，導致地球表面增溫。

在得到部分分數的學生回答當中，學生多半是只提出一個時間點，而非一個期間，這如同單一個點沒有斜率的概念一樣，因此只提出一個時間點是不能論及上升或下降，學生不見得不具備此概念，但因回答過於簡單而只得到部分分數。

- 在 1910 年地球平均溫度下降，但 CO<sub>2</sub> 排放量是增加的。
- 平均氣溫在 1910 年時有下降，但二氧化碳排放量卻是上升。
- 因為 1970 年排放量增加但是溫度卻沒升高，我們只能說有可能有關聯。

#### 作答建議：

本題為關於「運用科學證據」的範例，要求學生在圖形中找出無法支持小德結論的地方。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。因此需要洞察與分析的技能，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。

在回答這類問題時，應依照題目所要求來完整回答，避免使用自身經驗去答題，此題 PISA 著重於學生「科學解釋」或是「運用科學證據」的能力，而非學生的「科學知識」有多少。

---

# 臭氧

## 臭氧

請閱讀以下有關臭氧層的敘述。

地球的大氣層充滿了氣體，是地球上生物賴以維生的珍貴自然資源。不幸地，無論是國家還是個人，人類的活動正給這項資源帶來破壞。尤其是做為地球上生物防護罩的臭氧層，正在不斷地減少中。

氧分子由 2 個氧原子構成。與氧分子不同的是，臭氧分子是由 3 個氧原子所組成。

- 5 在空氣中，臭氧的數量非常少：空氣中每百萬個分子中，臭氧分子不到 10 個。然而，近十億年來，大氣層中的臭氧在保護地球生命方面，扮演著不可或缺的角色。依據所在位置的不同，臭氧既可能會保護地球上的生物，也可能會傷害地球上的生物。對流層（地表以上 10 公里）中的臭氧是「不好」的，它會傷害肺部組織和植物。但 90% 的臭氧位在平流層（地表以上 10~40 公里），它是「好」
- 10 的，它之所以對生物有益，是因為它會吸收來自太陽的紫外線。

- 少了這層有益的臭氧，人類便容易因為照射到愈來愈多的紫外線，而得到某些病症。過去數十年來，臭氧的含量已經減少。1974 年，人們假設氟氯碳化物 (CFCs) 是造成臭氧減少的罪魁禍首。一直到 1987 年，科學檢測仍無法有足夠的證據證明氟氯碳化物就是造成臭氧減少的的原因。在同年 9 月，來自世界各地的外交官們
- 15 齊聚在蒙特婁（加拿大），一致同意嚴格限制氟氯碳化物的使用。

文章來源：Connect, UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, Section from an article entitled 'The Chemistry of Atmospheric policy', Vol. XXII, No. 2, 1997 (spelling adapted)

---

### 問題 3：臭氧

S270Q03

文章最後提到了蒙特婁國際會議，會議中討論了許多臭氧層耗損的相關問題。下面的表格列出其中的兩個問題。

請問這兩個問題能用科學研究加以回答嗎？

請針對每個問題圈選「是」或「否」。

問題：	是否能用科學研究加以回答？
科學上對於氟氯碳化物是否會影響臭氧層仍然不確定，這可以做為政府不限制氟氯碳化物生產的理由嗎？	是 / 否
若氟氯碳化物的生產速率不變，2002 年時氟氯碳化物在大氣中的濃度是多少？	是 / 否

### 臭氧 問題 3 計分

題旨：過程：識別問題

主題：大氣變化

範疇：與地球與環境有關的科學

### 滿分

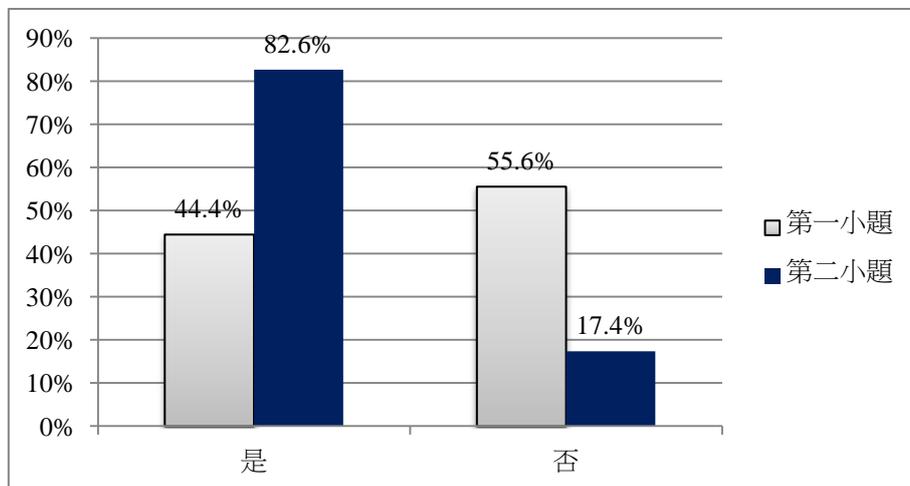
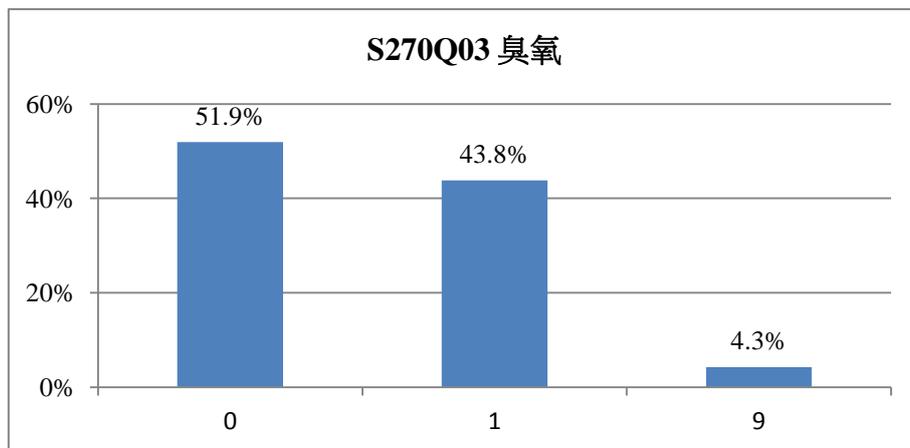
代號 1：答案依序為：否，是

### 零分

代號 0：其他答案

代號 9：沒有作答

### 答題統計：



### 學生常犯的錯誤：

本題重點在於是否能用科學研究來加以回答，但題目本文 13~14 行已載明「科學檢測無法證明」，學生未清楚看完試題，純粹以是非題的概念去回答，導致第一小題有將近一半的學生回答「是」。但第一小題為政策上經多方考量後所做出的決策，應與科學研究無關。

### 作答建議：

建議學生應仔細閱讀試題，或是多加檢查。

加強學生對於「科學研究」定義的了解。

---

## 運動

定期而且適度的運動對我們的健康有益。



---

### 問題 1：運動

S493Q01

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
運動可以達到健康飲食。	是/否
運動幫助避免變得過重。	是/否

### 運動 問題 1 計分

#### 滿分

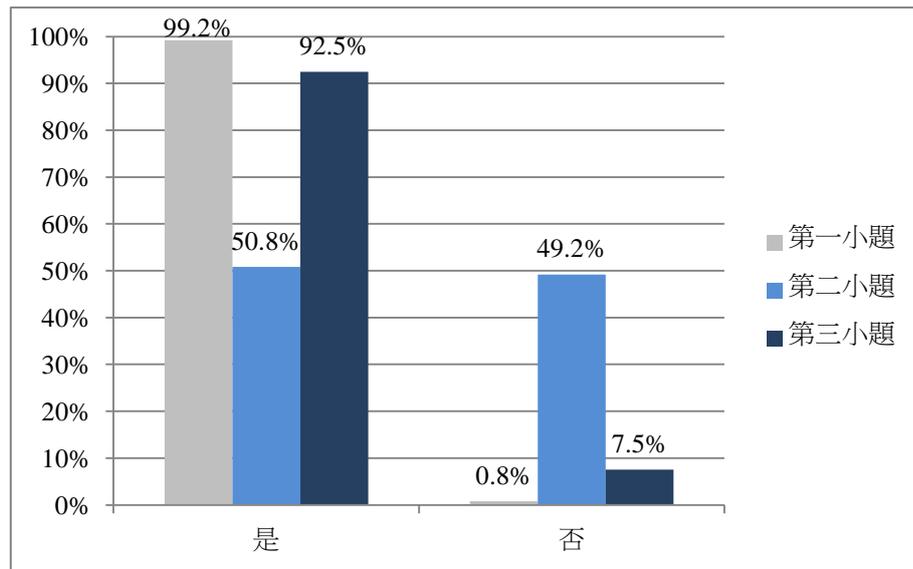
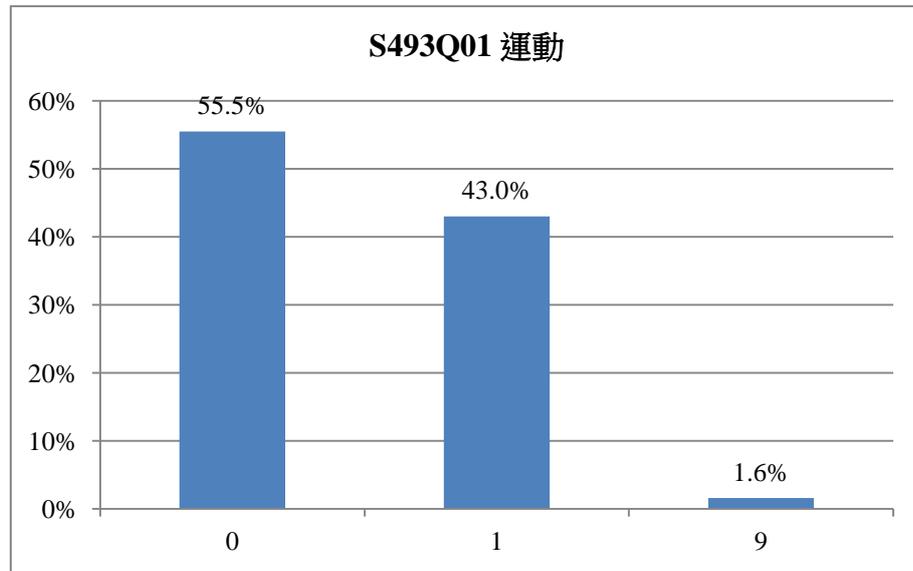
代號 1：全部三個答案皆正確：答案依次序為「是、否、是」。

#### 零分

代號 0：其他答案

代號 9：沒有作答

答題統計：



學生常犯的錯誤：

本題重點在於回答定期運動的好處，但健康飲食與運動並無直接關聯，但學生直覺地將「運動」與「健康」做連結，導致第二小題有將近一半的學生回答「是」。

作答建議：

建議學生應小心看清題意，避免作過多的推論或聯想。

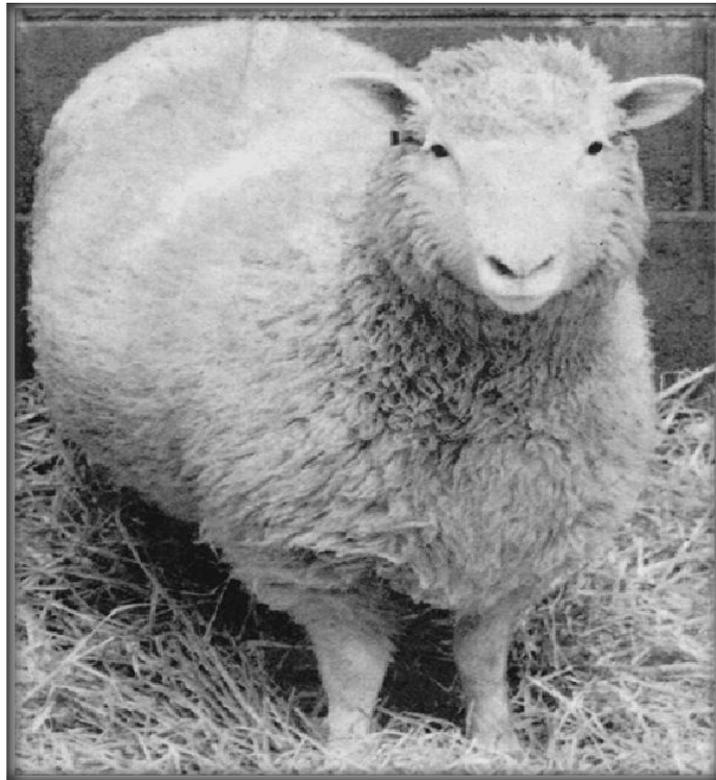
## 生物複製

請閱讀以下這一篇新聞報導內容後，回答下列問題。

### 拷貝生物的機器？

無庸置疑地，如果 1997 年有一場動物選舉的話，桃莉必然會勝出！如照片所示，桃莉是一隻蘇格蘭綿羊。但桃莉不是一隻普通的羊，她是另一隻羊的複製品。所謂生物複製就是：拷貝，也就是「從某一原版」進行拷貝。科學家已成功地創造複製羊（也就是桃莉），並確認桃莉就是「原版羊的複製品」。這個為羊所設計的「拷貝機器」是由蘇格蘭一位名叫伊恩·威爾姆特的科學家所設計出來的。他從一頭成熟羊（羊 1）的乳房中取出很小的一塊組織，並將這塊組織的細胞核

取出。然後他將此細胞核植入另一頭母羊（羊 2）的卵細胞內。由於卵細胞所產生的物質決定了羊 2 的性狀，在將細胞核植入卵細胞之前，他必須先將卵細胞中所有物質都移除掉。伊恩·威爾姆特再將羊 2 被處理過的卵細胞植入另一頭母羊（羊 3）的體內。使得羊 3 懷孕，有了一頭小羊：也就是桃莉。有些科學家認為，再過幾年，複製人也有可能會出現。但許多國家已經決定立法禁止複製人類。



### 問題 3：生物複製

S128Q03

本文最後一段寫到：許多國家已經決定立法禁止人類的複製。

之所以有此決定，是基於以下兩個可能的理由。

你覺得這些理由是科學的理由嗎？

請分別就這兩個理由圈出「是」或「否」。

理由：	是否科學？
複製人可能會比一般人容易得到某些疾病。	是／否
人類不應該逾越萬物創造者的角色。	是／否

### 生物複製 問題 3 計分

#### 滿分

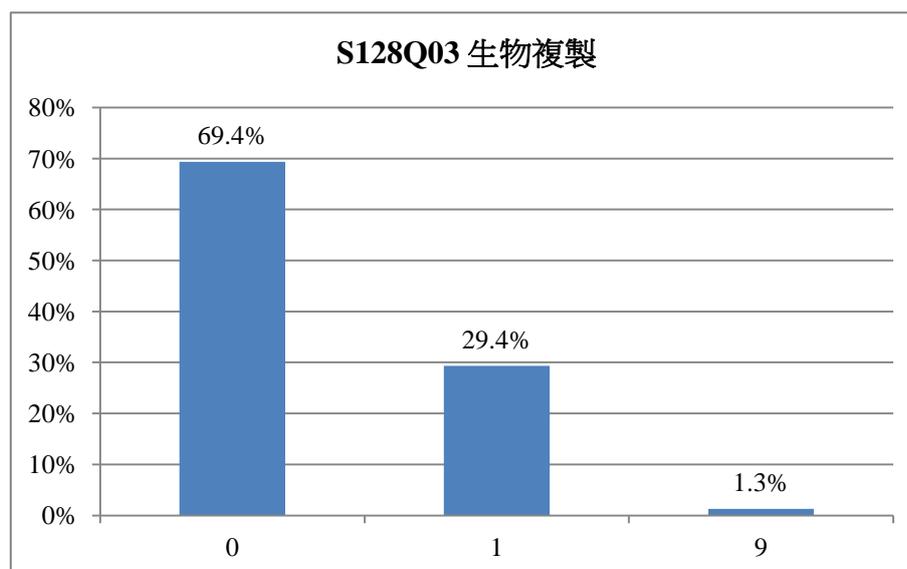
代號 1： 答案依序為：是，否。

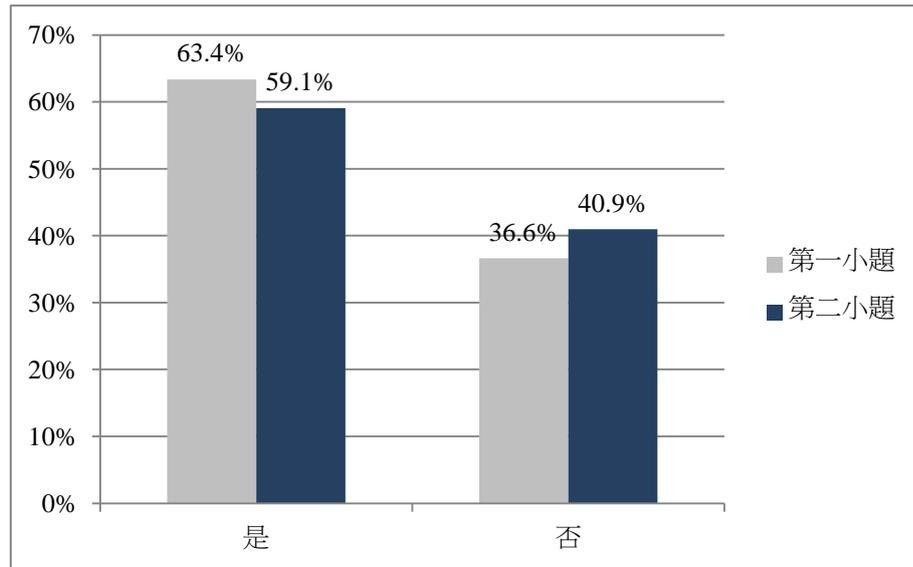
#### 零分

代號 0： 其他答案

代號 9： 沒有作答

#### 答題統計：





### 學生常犯的錯誤：

本題需要釐清何種理由是屬於科學的理由，第二小題過半數的學生都答錯，其中一個可能原因為學生沒有看清楚問題，直接以該敘述對或錯來回答。

另一個可能的原因為，學生不見得沒有意識到科學理由與倫理道德之間的差別，但可能對「萬物創造者」一詞的意思不確定，或是將其聯想為與演化論有關。

### 作答建議：

建議學生應看清題意，避免作過多推論或聯想。

## 防曬品

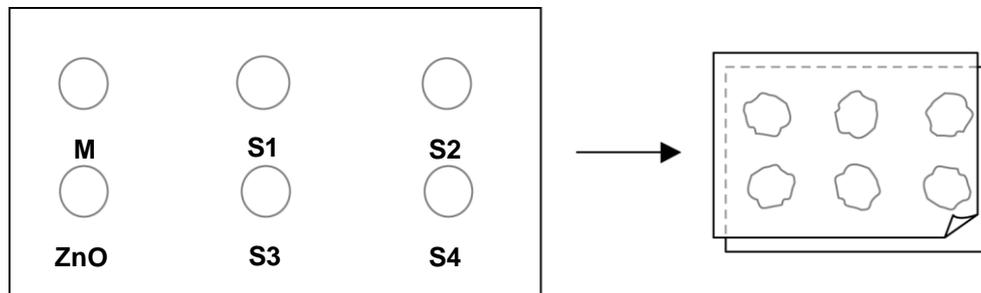
咪咪和狄恩想知道哪一種防曬產品提供他們皮膚最佳的保護。防曬產品的*防曬係數*（SPF）顯示每種產品吸收陽光紫外線輻射成分的有效程度。相較於低防曬係數的防曬品，高防曬係數的防曬品保護皮膚的時間更長。

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：

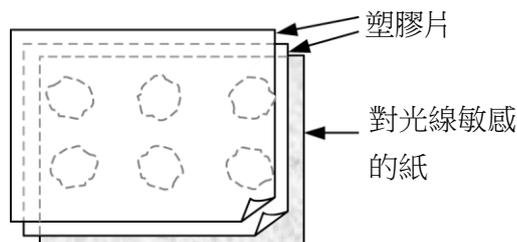
- 兩張不吸收陽光的透明塑膠；
- 一張對光線敏感的紙；
- 礦物油（M）和含有氧化鋅（ZnO）的乳霜；以及
- 四種不同的防曬品，它們被稱為 S1、S2、S3 和 S4。

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轉變為白色(很淡的灰色)，依它暴露在陽光下的時間長短而定。最後，狄恩將這些紙片放在陽光充足的地方。



## 問題 2：防曬品

S447Q02

在比較防曬品的效能時，下列哪一個是礦物油和氧化鋅功用的科學性陳述？

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

**防曬品 問題 2 計分 (答對率：0.32)**

**滿分**

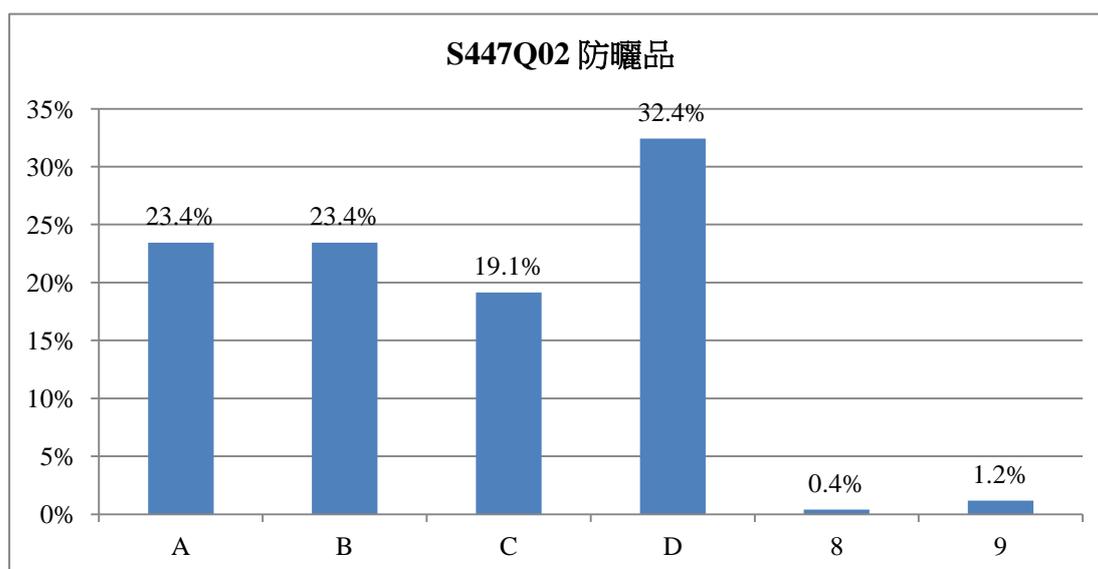
代號 1：D 礦物油和氧化鋅都是對照的物質。

**零分**

代號 0：其他答案

代號 9：沒有作答

**答題統計：**



註：8 為不合理的答案

### 學生常犯的錯誤：

本題對學生來說屬於偏難的試題，即使國際上的答對率也只有 4 成。學生在回答該題時，首先需要了解何為「科學性陳述」，另外也需對「實驗組」與「對照組」的意義有一定的了解。由數據顯示，前三個錯誤選項都占有 2 成上下的比例，表示學生可能對上述的名詞定義不清楚而猜題。

題目一開始便說明想得知何種防曬產品保護效果好，因此主要的實驗組應為四種防曬產品，而礦物油與氧化鋅只是用以對照的物品。

### 作答建議：

加強對於「實驗組」與「對照組」定義的了解。

建議學生應仔細閱讀試題，或是多加檢查。