

由大學學測命題趨勢與教學現場所見現象 談地球科學教學策略與學習方法

陳偉軒

摘 要

地球科學在高中課程中授課時數遠少於其他主要科目，但其中所講述的主題包羅萬象，使得學生習慣採取記憶、背誦的方式學習，但未能探究其中的原理，以至於測驗成績未必能夠與投入的時間成正比。本篇文章根據學科能力測驗試題的分析數據，檢視目前大學入學考試要求學生具備的能力指標；並加上作者在地球科學教學過程中所遭遇到的狀況，簡要提出幾個實例說明學生面臨到的問題與瓶頸，並說明這些困難點發生的原因，以及如何輔助學生突破困境。

關鍵字：學科能力測驗、地球科學、基礎概念、盲點

壹、前言：

地球科學為綜合高中學生所必須修習的科目。雖然地球科學不在指定科目考試範圍中，但被列為學科能力測驗中自然科的考試內容之一；在目前政府所推行的教育政策影響下，分配於繁星推薦、申請入學的升學名額逐年增加，學科能力測驗的重要性也隨之水漲船高，使得地球科學的學習越來越受到大家的重視，學生也較有意願表達自己在學習地球科學所遭遇到的問題與困難。在本篇文章中，藉由在平時教學過程中授課、解惑等過程，以及分析學科能力測驗試題與作答數據，大致整理出對學生而言較為棘手的內容與概念，以及近年的測驗命題趨勢，作為擬定教學策略的依據。

貳、課程結構：

根據教育部頒訂的普通高級中學課程綱要（或稱為九九課綱），地球科學課程分為兩冊、八大主題、授課時數共四學分，詳細內容如下^[1]：

冊數	主題	內容綱要	詳細內容
上冊	主題一 人與地球環境	1. 人與地球的綜覽 2. 探索地球的起源	地球與人類的相互影響、地球的起源與歷史、地質年代與定年法
	主題二 太空中的地球	1. 從太空看地球 2. 從地球看星空	宇宙的分層、太陽系的結構、地球環境的特殊之處、天體運動
	主題三 動態的地球	1. 地球的結構 2. 大氣與海洋的變動 3. 固體地球的變動	大氣、海洋與地層結構、大氣與海洋的運動、地質活動、礦物與岩石的分類、台灣的地質歷史
	主題四 天然災害	1. 氣象災害 2. 地質災害	颱風的成因與災害、洪水的成因 雨災害、地震、山崩與土石流
	主題五 地球環境變遷	1. 氣候變化 2. 海岸變遷 3. 永續發展	長期與短期氣候變化、溫室效應與人類活動、海岸地形變遷的各種因素、自然資源的合理使用

冊數	主題	內容綱要	詳細內容
下冊	主題六 地球古今談	1. 地球觀的探索 2. 探索時序的根源	人類對地球認識的演變、各種曆法與天體運動的關係
	主題七 地球環境的監測與探索	1. 觀風雲 2. 測海象 3. 探地層 4. 望星空 5. 地球環境的現代觀測技術	氣象觀測、氣象預報、氣象資料的判讀、海象觀測、水團與溫鹽圖、地球物理法、各種望遠鏡的構造與觀測原理、地面遙測、太空遙測、遙測資料的判讀
	主題八 地球環境的特徵	1. 壯麗的山河 2. 深邃的海洋 3. 多變的天氣 4. 燦爛的星空	風化、侵蝕、搬運、沉積、褶皺、節理、斷層、海底地形、海洋鑽探、大氣運動與天氣的關聯性、光譜學在天文觀測扮演的角色

參、統計數據：

關於學生學習地球科學的成效，在此以學科能力測驗成績做為參考指標。藉由分析作答情形，了解學生在地球科學與其他科目學習成效上的相對差異；以下採用近六年來學科能力測驗（內容涵蓋九五暫綱與九九課綱）自然科的作答情況，作為統計數據的分析來源。

表一為九十八年至一〇三年學科能力測驗自然科之中，全國考生物理、化學、生物、地球科學四個科目答對率的統計數據，其中各個數據後方括弧標示出該科目在當年度答對率與其他科目相比較的排名；表格最下方的排名總和，是各科近六年排名的總和；總和值越小，代表近六年平均排名較佳、答對率較高。由統計數據能夠觀察出，學生在地球科學的表現與物理科較為接近，但與生物科有一段落差。

表一 全國考生各年度學科能力測驗自然科答題正確率統計表

		物理	化學	生物	地球科學
答題正確率	98 年	47.25% (2)	42.35% (4)	63.74% (1)	46.31% (3)
	99 年	51.00% (3)	50.65% (4)	55.05% (1)	52.20% (2)
	100 年	54.59% (3)	53.28% (4)	57.33% (1)	55.83% (2)
	101 年	52.47% (2)	50.88% (3)	57.76% (1)	47.76% (4)
	102 年	52.31% (2)	42.41% (4)	51.88% (3)	52.72% (1)
	103 年	46.61% (4)	50.82% (3)	58.59% (1)	53.27% (2)
平均答對率		50.71%	48.40%	57.39%	51.35%
排名總和		(16)	(22)	(8)	(14)

資料來源：大學入學考試中心（103 年）。學科能力測驗統計資料 [公告]。台北市：大學入學考試中心。民 103 年 2 月 7 日，取自：大學入學考試中心網頁：

<http://www.ceec.edu.tw/AbilityExam/AbilityExamStat.htm>

傳統觀念認為地球科學是偏向記憶性的科目，對於學生而言較容易吸收、準備；但由表一之中的數據可以看出，與同樣被視為記憶性內容較多的生物科相比之下，地球科學的答題正確率平均仍約有百分之六的落差，反而僅僅領先偏向理解、推理性為主的物理科不到百分之一。

為了更深入探究其中的原因，以下呈現近六年地球科學命題的雙向分析表，分析地球科學題目中所包含的概念。首先列出大學入學考試中心對學科能力測驗自然科題目所訂定的認知目標與相對應的能力指標。

表二 大學入學考試中心學科能力測驗試題雙向細目表的各項指標內容

知識	1a	能知道重要的科學名詞和定義
	1b	能知道基本的科學現象、規則、學說、定律
	1c	能知道科學之侷限性
	1d	能知道科學對人類文明的影響
理解	2a	能了解數據、式子、或圖形的意義
	2b	能由數據或圖表（看）找出其特性、規則或關係

	2c	能根據圖表作解釋、歸納、延伸、推論、或結論
應用	3a	能選用適當的資料
	3b	能根據科學定律、模型，解釋日常生活現象
分析	4a	根據圖表說明重要的科學原理
	4b	能找出或發現問題的因果關係
	4c	能根據事實作合理的推斷
	4d	能整理分辨事物的異同

註：綜合與評鑑兩個層次因層級較高，故暫不列入。

資料來源：大學入學考試中心（103 年）。學科能力測驗試題分析 [公告]。台北市：大學入學考試中心。民 103 年 2 月 7 日，取自：大學入學考試中心網頁：

http://www.ceec.edu.tw/Research2/m3_1.aspx

表三 近六年學科能力測驗地球科學試題雙向細目表

	知識				理解			應用		分析			
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	4a	4b	4c	4d
98 年	0 題	5 題	0 題	0 題	0 題	1 題	0 題	0 題	2 題	4 題	1 題	2 題	1 題
99 年	0 題	1 題	0 題	0 題	1 題	2 題	3 題	1 題	1 題	1 題	2 題	3 題	1 題
100 年	1 題	3 題	0 題	0 題	5 題	0 題	0 題	1 題	0 題	0 題	3 題	2 題	2 題
101 年	2 題	3 題	0 題	0 題	1 題	0 題	2 題	0 題	0 題	0 題	3 題	4 題	1 題
102 年	3 題	3 題	0 題	0 題	0 題	2 題	3 題	0 題	0 題	0 題	2 題	3 題	2 題
103 年	0 題	4 題	0 題	0 題	0 題	1 題	2 題	0 題	2 題	0 題	3 題	3 題	0 題
總計	6 題	19 題	0 題	0 題	7 題	6 題	10 題	2 題	5 題	5 題	14 題	17 題	7 題
	25 題				13 題			7 題		43 題			

資料來源：大學入學考試中心（103 年）。學科能力測驗歷屆試題 [公告]。台北市：大學入學考試中心。民 103 年 2 月 7 日，取自：大學入學考試中心網頁：

<http://www.ceec.edu.tw/AbilityExam/AbilityExamPaper.htm>

表四 近六年學科能力測驗地球科學試題雙向細目表

	知識				理解			應用		分析			
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	4a	4b	4c	4d
98 年	0%	31%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	13%	25%	6%	13%	6%
99 年	0%	6%	0%	0%	6%	14%	18%	6%	6%	6%	14%	18%	6%
100 年	6%	18%	0%	0%	28%	0%	0%	6%	0%	0%	18%	12%	12%
101 年	13%	18%	0%	0%	6%	0%	13%	0%	0%	0%	18%	26%	6%
102 年	17%	17%	0%	0%	0%	11%	17%	0%	0%	0%	11%	17%	11%
103 年	0%	27%	0%	0%	0%	7%	13%	0%	13%	0%	20%	20%	0%

註：表格內的各個百分比數據，是原始數據經由四捨五入之後的結果。

資料來源：大學入學考試中心（103 年）。學科能力測驗歷屆試題 [公告]。台北市：大學入學考試中心。民 103 年 2 月 7 日，取自：大學入學考試中心網頁：

<http://www.ceec.edu.tw/AbilityExam/AbilityExamPaper.htm>

肆、分析討論：

從表三與表四的數據可以得知，學科能力測驗中地球科學的命題方向，仍保有一定份量的記憶性試題，也就是雙向細目表中的知識能力部分；但在理解與分析兩種試題總和所佔的比例卻是前者的兩倍，可見測驗目的除了要求學生對地球科學具有基本認知之外，更重視將所學知識使用於延伸、推論、分析……等更高層次的階段。這也就能夠解釋為何學生單純憑藉著記憶性的方式學習地球科學，無法在測驗中取得好表現的原因。

然而從平時的教學過程中也可以發現，即使有部分學生能夠體會地球科學必須以融會貫通的方式吸收與學習，但在面對問題時仍然不易取得突破性的進展，並且可以藉由學生的提問中，發現多數學生遭遇到的困難具有高度重疊性；意即某些學生反映出的困難點，同時也是困擾大多數學生的問題所在。以下根據以往學生提出頻率較高的問題，在近六年學科能力測驗的題目中尋找出雷同的題目，說明學生的盲點所在以及因應之道。

一、如何判斷太陽、月亮、恆星等天體的週日運動方向與軌跡？

相關題目：九十九年學科能力測驗自然科試題第 30 題

雅婷到土耳其旅行，特別到木馬屠城記提到的特洛伊城戰爭遺址一遊，發現遺址外有座仿當時戰爭所用的木馬，且在木馬一側的地面上有磁磚砌成的馬影子輪廓（示意如圖 7，此圖未表示出實際方位）。經查證，夏至中午時木馬的影子會落在磁磚砌成的輪廓內。已知特洛伊城位於北緯 40.7° 度，下列哪張示意圖中的虛線最能代表當地夏至的太陽軌跡？

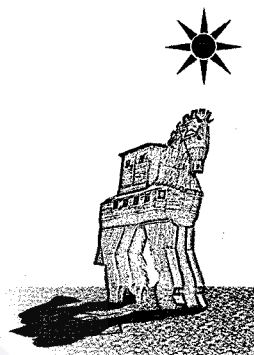
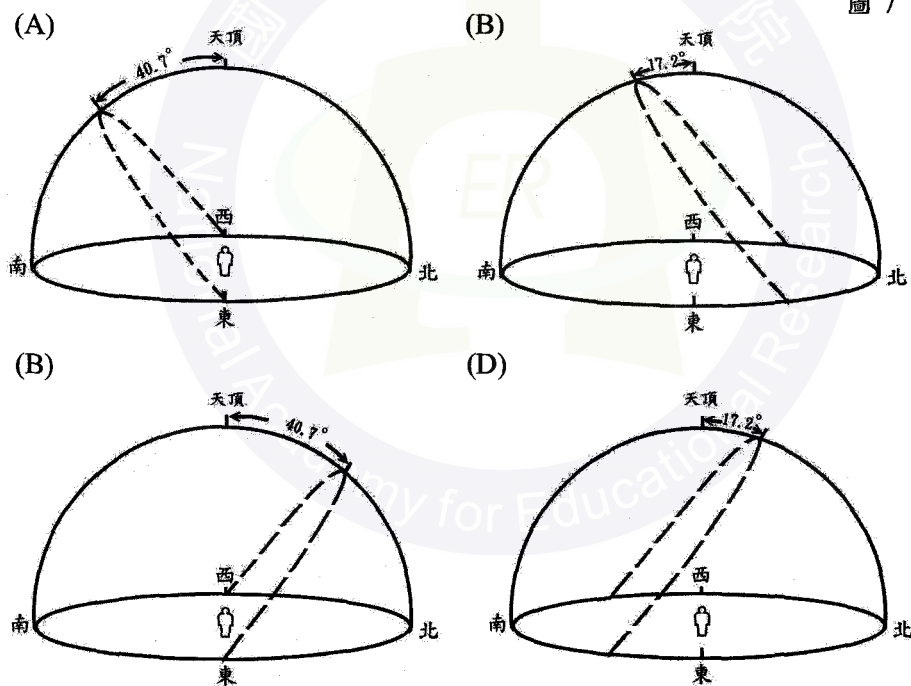


圖 7

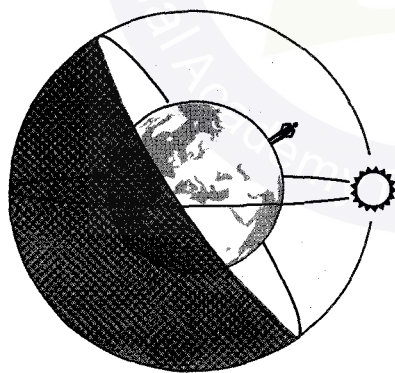


周日運動指的是運動週期為一日的天體運動，起因於觀察者隨著地球繞著地軸自轉；由於地球一天繞地軸自轉一圈，天體在地表上的觀察者眼中，也就以地球自轉反方向一天繞行天球一圈。雖然運動方向能夠以相對運動的概念解釋，但由於地球外形是立體的球面，使得學生在日常生活中觀察相對運動的經驗，難以應用於判斷周日運動的軌跡。目前教科書上常見的判斷方式如圖一所示，是先標示出天體在

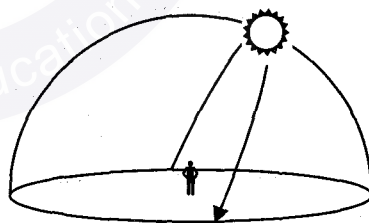
天球上的運動軌跡，再以觀察者為中心畫出一個半球，顯示觀察者可以看到的天球範圍，最後如圖二調整這個半球的角度呈平放狀態，表示以觀察者的角度觀看天體運動的實際情況^[2]。

學生利用這個方法判斷周日運動的軌跡時，第一個會遭遇到的問題是不了解這個圖示所代表的意義；在學生的認知中，除了月球與人造衛星之外，沒有任何天體繞行地球運轉，但圖示中卻是天體環繞地球運行，如果學生不熟悉天球與相對運動的概念，就難以使用這樣的方式判斷出天體正確的軌跡與方向。第二個會遭遇到的問題是空間概念的熟悉度，由於牽涉到立體空間繪圖與物體旋轉，對於空間概念較為薄弱的學生而言，是一個不易跨越的障礙。

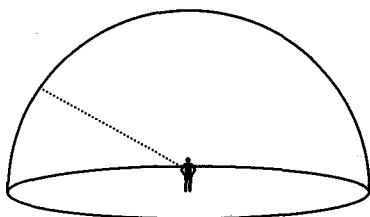
要使學生能夠克服以上的障礙，可建議學生改為直接以觀察者的角度思考這個問題。使學生想像自己是一個正在觀察天體的觀察者，那麼天球上的天體都以他為中心進行東升西落的週日運動，此時只要自己面對天球北極或南極，那麼由自己連向天球北極或南極的這條假想直線，就是天體進行週日運動的軸線，如圖三；而且天體運行軌跡必與這條軸線正交，如圖四，如此一來就能夠簡化判斷的流程，使學生能夠更容易判斷出正確的軌跡與運行方向。



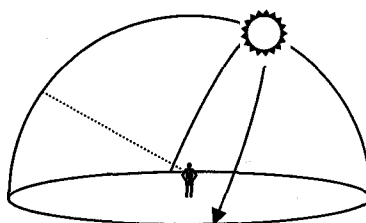
圖一：由太空中看地球、觀察者、太陽三者的相對運動關係。若觀察者並非位於太陽行進的軌道面上，則所觀察到的太陽軌跡將不會與地平線垂直。圖中的陰暗處代表觀察者無法觀察的部分。



圖二：由地表看觀察者與太陽的相對運動關係。將圖一中陰影部分去除之後，剩餘部份轉正之後即為此圖。教科書多用此法表達太陽運行軌跡的角度。



圖三：另一種判斷周日運動軌跡的方式。若要判斷北半球周日運動軌跡時，想像觀察者面對天球北極，也就是北極星的位置，再將觀察者與北極星以虛線連接起來，此線即為周日運動的轉軸。



圖四：定出周日運動的轉軸之後，再繪出垂直於轉軸的天體運動軌跡。天體的運動方向依照東升西落的規則來看，則是從觀察者的右方升起、在觀察者的左方落下。

因此九十九年學科能力測驗判斷太陽軌跡的題目中，若已知北半球天體繞行天球北極運轉的事實，則(C)選項與(D)選項可以優先刪除；再者從夏至時太陽直射北迴歸線的事實來判斷，由於特洛伊城的緯度較北迴歸線高 17.2 度，因此正午時刻太陽位於天頂偏南 17.2 度之處，因此答案為(B)選項。

二、如何判斷恆星溫度與顏色的關係？

相關題目：九十八年學科能力測驗自然科試題第 41 題

下表是一些天體的基本資料。選出此表中表面溫度最高與最低的天體。

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
星名	天蠍 α	獵戶 β	太陽	海王星	火星
視星等	1.09	0.12	-26	約 8	-2 ~ 2
顏色	紅	藍	黃	藍	紅

相關題目：一〇〇年學科能力測驗自然科試題第 11 題

天蠍座的心宿二與火星都是紅色。有關兩者呈現紅色的成因，下列選項何者較符合科學上的觀點？

	心宿二	火星
(A)	表面溫度	表面溫度
(B)	表面溫度	表面化學組成
(C)	表面化學組成	表面溫度
(D)	表面化學組成	表面化學組成

天文學中估計恆星表面溫度的方式，可由恆星發出的色光種類判斷。表面溫度較低的恆星顏色偏紅，溫度稍高的恆星顏色為黃色或偏白，溫度更高的恆星則呈現藍色的外觀，詳細的顏色與溫度對應關係如表五所示。多數學生習慣將這個現象歸納為記憶性的學習內容，但經常遭遇不易背誦或容易忘記的窘境，導致每隔一段時間就有學生提出此類疑問的情況。

就教學的角度而言，必然期望學生能夠避免運用無意義式的記憶與背誦面對自己學習的課程，要達成這樣的期望，就必須使學生了解現象背後的原理。探討恆星因不同溫度而呈現不同顏色的原因，必須從十九世紀末期物理學界提出的黑體輻射理論開始解釋。黑體源於物理學家為了解釋物體如何輻射能量所建立的理想模型，黑體輻射出能量時，所發射的電磁輻射並非只有單一波長，而是一個具有連續性、強度不均勻的光譜，最大強度輻射的波長與黑體的絕對溫度成反比^[3]，如圖五所示；因此當黑體溫度逐漸上升時，輻射出主要輻射波長也隨之變短，在人眼能夠觀察的可見光範圍中，黑體的顏色將從波長最長的紅色，逐漸轉變為波長最短的藍色。

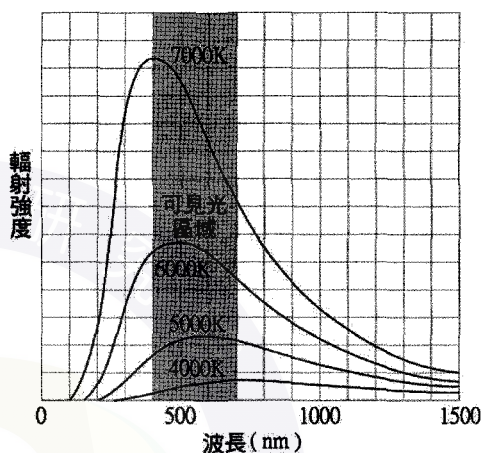
儘管使學生了解恆星顏色與黑體輻原理有關，但黑體輻射仍舊是一個艱澀難懂的物理概念，要使學生跨越這道鴻溝不僅有難度，還可能使學生萌生放棄理解、回歸背誦的念頭。要協助學生克服障礙，可以從他們的生活經驗中取出一些常見現象作為例子，將親身所經歷的事實與黑體輻射做連結，就能避免身陷有如千里迷霧般的物理理論中。例如我們將一個鐵塊放在火爐上加熱時，過一段時間便會開始發出暗紅的光芒，隨著鐵塊溫度逐漸上升，發光強度也隨之越來越強、顏色也由暗紅逐

漸轉為明亮的黃色。藉由這樣的例子，就能引領學生了解黑體輻射現象，也能接受不同溫度的恆星具有不同顏色的事實。

表五 恆星表面溫度與顏色的對應關係

顏色	光譜類型	表面溫度 (K)
藍色	O	>25000
藍白色	B	11000~25000
白色	A	7500~11000
黃白色	F	6000~7500
黃色	G	5000~6000
橘黃色	K	3500~5000
紅色	M	2000~3500

資料來源：國立成功大學（無日期）。光譜分類。
民 103 年 2 月 7 日。取自：國立成功
大學物理系天文物理實驗室網頁：
<http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/>



圖五：各種溫度黑體輻射曲圖。

資料來源：國立台灣示範大學（民 101 年）。
黑體輻射。民 103 年 2 月 7 日。
取自：國立台灣師範大學物理系
中學物理維基網頁：
<http://goo.gl/crgO8x>

在學生理解了以上所提到的概念之後，還必須注意避免與行星表面反射與散射形成的顏色混淆。恆星的顏色主要取決於其表面溫度，行星的顏色主要取決於其表面的化學成分，兩者不可混為一談。因此九十八年學科能力測驗試題中，選出溫度最高與最低的天體，除了測驗學生是否能夠了解恆星溫度主要由顏色而並非由星等判斷之外，也將火星與海王星兩個行星納入作為誘答選項；溫度最高者為藍色恆星獵戶 β ，至於溫度最低者並非紅色的恆星天蠍 α ，而是本身不發光發熱、且離太陽最遠的行星—海王星，因此答案為(B)與(D)兩個選項。一〇〇年學科能力測驗將心宿二與火星做比較，由於心宿二屬於恆星、火星屬於行星，因此答案選(B)。

三、颱風侵襲台灣時，何處為降雨區？何處為焚風區？

相關題目：九十九年學科能力測驗自然科試題第 21 題

2009 年 8 月莫拉克颱風侵台，造成八八水災。使得台灣地區重大的人員傷亡，重挫台灣地區的經濟和農業。圖 4 為莫拉克颱風路徑圖，路徑圖中標示為甲、乙、丙、丁的哪一段時間，最可能為台灣地區帶來豪雨？

- (A) 甲 (B) 乙
(C) 丙 (D) 丁

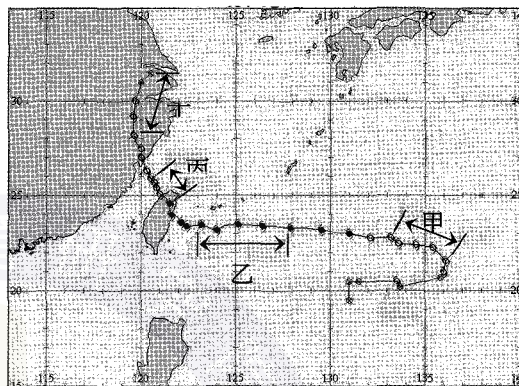


圖 4

相關題目：一〇〇年學科能力測驗自然科試題第 16 題

圖 4 為颱風由臺灣東部往西偏北移動之示意圖。當颱風中心正由西海岸中部的乙點附近出海時，回答 15-16 題。

甲、乙、丙、丁、戊五處海岸，何處最容易發生焚風？

- (A) 乙
(B) 丙
(C) 丁
(D) 戊
(E) 都不容易發生焚風

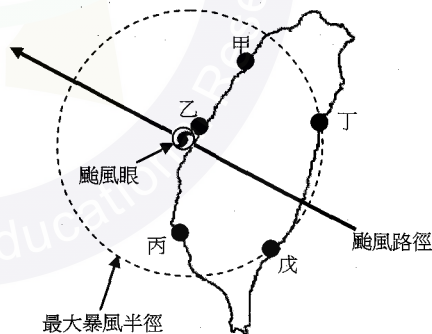
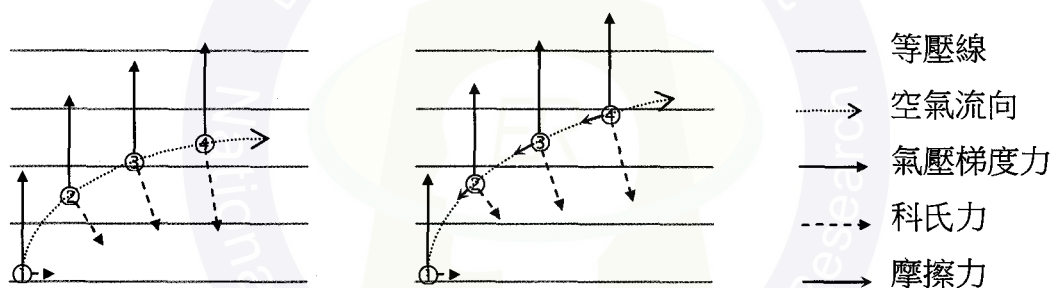


圖 4

西太平洋的颱風經常於夏、秋兩季對台灣造成影響，由於颱風相對於其他天氣系統而言範圍較小，加上台灣地形複雜，因此颱風對於台灣各地造成的影響也不盡相同^[4]。潮濕空氣登陸的迎風面接收大量降水而形成降雨區，濕空氣越過山頭之後來到背風面變得較為高溫乾燥，因此背風面鮮少降水。儘管上述判斷降雨區域的原則對學生而言並非難事，但颱風各處的氣流方向不盡相同，經常使得判斷出現誤差。

要能夠準確判斷颱風各處的風向，首先必須了解影響大氣水平運動的各種因素，如圖六。第一是由於氣壓差異所造成的氣壓梯度力，方向由高氣壓指向低氣壓、垂直於等壓線，是造成大氣流動的最主要動力來源，在圖中以 $\longrightarrow$ 表示；第二是由於地球自轉所造成的科氏力，在北半球指向氣流運動方向的右方，在圖中以 $----->$ 表示；第三是由於地表高低起伏造成氣流流動阻礙的摩擦力，方向與氣流流動方向相反，在圖中以 $\longrightarrow$ 表示。圖六表示一個氣塊由①處出發，在沒有摩擦力的情況下受到氣壓梯度力與逐漸加大的科氏力影響，逐漸經過③、④兩處，最後兩力在④處達成平衡，使得氣塊平行等壓線方向前進，以這種運動型態前進的空氣塊稱為地轉風，經常發生在離地面較遠的高空。然而低空空氣塊受到摩擦力的作用下，在行進方向尚未平行等壓線以前就已達成靜力平衡，因此前進方向與等壓線呈現一個微小的夾角。

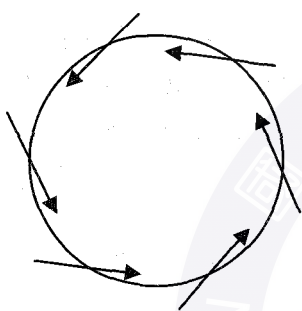


圖六：大氣流動的型態。左圖代表高空的氣流狀態，在缺乏摩擦力的高空環境中，大氣運動主要受到氣壓梯度力與科氏力影響，因此當兩者達成平衡時，氣流將沿著平行等壓線的方向前進。右圖代表在地表附近的氣流狀態，地表附近的摩擦力較為顯著，因此使得氣流方向與等壓線之間呈一明顯夾角。

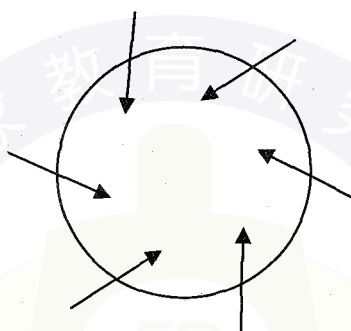
颱風屬於內部氣壓低、外部氣壓高的低氣壓系統，在氣壓梯度力的驅動之下，對流層底層的空氣不斷朝颱風內部聚集，同時北半球的科氏力將空氣推向其流動方向的右側，使得颱風內部的風向由高空看起來呈現逆時針方向旋轉，並與等壓線呈一個微小夾角，如圖七所示。然而學生經常高估風向與等壓線的夾角，或是弄錯氣流的旋轉方向，導致誤判降雨區域，如圖八與圖九。

台灣的焚風現象經常在颱風來襲時發生，起因於空氣塊遭遇山脈時，上升過程的降溫率與下降過程的升溫率不同。濕空氣塊在迎風面隨地勢逐漸向上抬升的過程

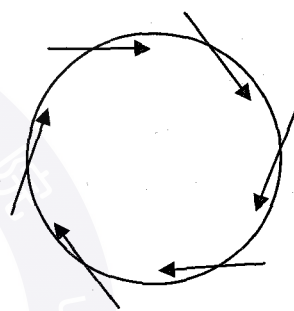
中，水氣不斷凝結而釋放出潛熱；在內含熱量不斷釋放的情況下，對空氣塊本身具有加熱的效果，使得原先每上升 1000 公尺應降溫 9.8°C ，變為每上升 1000 公尺僅降溫約 6.5°C 。在空氣塊越過山頂之後，由於水氣已無法再達到飽和並進行放熱，因此恢復為每下降 1000 公尺升溫 9.8°C ^[5]。由上述情況可知，山脈高度每增加 1000 公尺，背風面的氣溫可比迎風面高出 3.3°C 。舉例來說， 27°C 的飽和濕空氣越過 3000 公尺的山脈之後，抵達背風面時可轉變為 36.9°C 的乾熱焚風。



圖七：颱風的正確風向



圖八：角度過大的風向

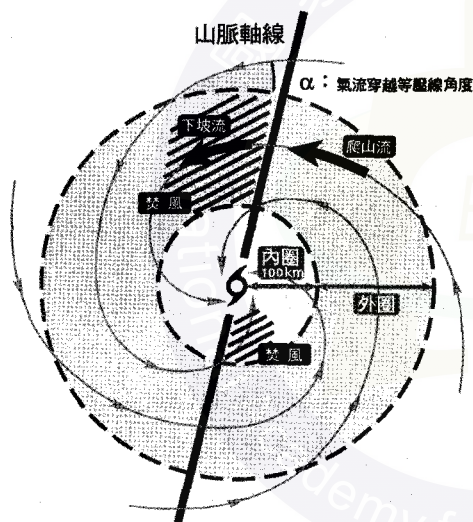


圖九：錯誤的旋轉方向

學生判斷焚風發生地點時，基本上都能掌握尋找背風面的原則，但並非每一處背風面都有發生焚風的機會；要能夠發生焚風，條件是背風面必須有沿山坡而下的「下坡流」，如圖十、圖十一。其他諸如直接來到背風面的「沿山流」、自低海拔山區越過的「繞山流」，由於沒有經歷明顯爬升與下降的過程，自然就沒有在背風面升溫的現象。要能準確判斷各種氣流類型，還是必須仰賴如何正確找出颱風風向的概念。除此之外，還有少數學生受到報章雜誌每年不斷報導台東大武發生焚風的影響，在腦海中造成了一個「焚風一定發生在大武」的刻板印象，而忽略了事實上其他區域也曾發生過焚風現象，或是仔細思考焚風發生的原因。

在九十九年學科能力測驗中提到莫拉克颱風在其路徑上的哪一個範圍為台灣降下大雨，由於選項中的甲、乙、丁三個區域離台灣尚有一段距離，對於雲系集中、範圍不大的颱風而言，對台灣很難具有影響力，因此(C)為較佳選項；同時颱風在丙區域造成的降雨，應集中於台灣西邊的中南部地區，確實與八八水災影響的區域相符。一〇〇年學科能力測驗中，要求學生判斷颱風於台灣西海岸中部出海時，在何

處最容易造成焚風現象，選項中的乙地點位於眼牆附近、丙地點正處於迎風面、丁地點的風來自海上而非山區，因此都可以先撇除在考慮範圍之外。甲與戊兩地所吹的風都來自於山區，但甲地點附近的山勢較低、又屬於繞山氣流所經區域，因此不發生焚風，故正確選項為(D)；根據中央氣象局的焚風預報客觀預測圖，也顯示颱風在此處所造成的焚風主要分布在台東一帶^{[6][7][8]}，而台灣西北部一帶發生的焚風，是颱風由巴士海峽一帶經過所引起^[9]。但本題選項中並沒有出現甲地點的選項，可能是要求學生在判斷甲地點的氣流是否為下坡氣流，已經超過原先測驗所設定的難度，為避免出現爭議而採取的措施。



圖十：颱風範圍中焚風易發生區域

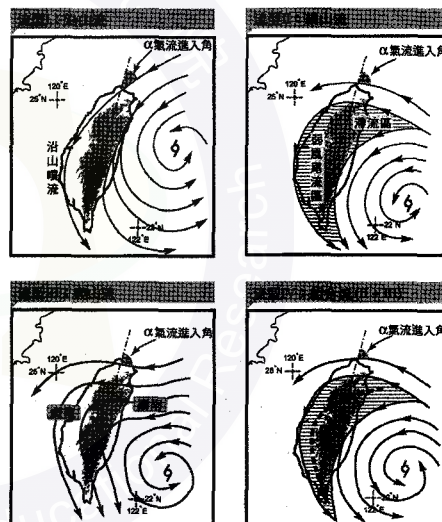
資料來源：交通部中央氣象局（無日期）。

焚風預報與應用。民 103 年 2

月 7 日。取自：氣象局台灣颱

風預報輔助系統網頁：

<http://goo.gl/jreypT>



圖十一：各種過山氣流的類型

資料來源：交通部中央氣象局（無日期）。

焚風預報與應用。民 103 年 2

月 7 日。取自：氣象局台灣颱

風預報輔助系統網頁：

<http://goo.gl/iI5BzZ>

伍、結論：

藉由以上的分析討論，點出了學生面對地球科學這一門學科時容易遭遇到的困難點。針對這些困難，可藉由以下的學習策略加以補強：

- 一、地球科學的知識不單純只有記憶或背誦，必須了解原因才能應變自如。
- 二、地球科學的基本原理中包含許多物理現象，事先了解這些物理現象背後的原理，是不可或缺的一個環節。
- 三、地球科學的許多概念環環相扣、層層相疊，牽一髮而動全身，因此基礎概念的建立關乎學習成效的良窳。
- 四、地球科學顧名思義與地球上許多現象有關，對自然界多加觀察、了解地球內外空間尺度概念，也有助於許多概念的學習。

陸、參考資料：

- [1] 教育部(民 103 年)。普通高級中學必修科目「基礎地球科學」課程綱要 [公告]。台北市：教育部。民 103 年 2 月 7 日，取自教育部全球資訊網：
<http://www.edu.tw/pages/detail.aspx?Node=3015&Page=8657&Index=3>
- [2] 王執明、魏國彥 (2013)。基礎地球科學。台北市：龍騰文化。
- [3] Tipler, P. A. (1999). *Physics for Scientists and Engineers*. (4th ed.) USA: Worth Publishers, Incorporated.
- [4] 交通部(民 96 年 7 月 5 日)。颱風特輯。台北市：交通部。民 103 年 2 月 7 日，取自：交通部中央氣象局網頁：
<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/planning/typhoon.htm>
- [5] Holton, J. R. (2004). *An Introduction to Meteorology*. (4th ed.) Burlington, MA: Elsevier Academic Press.
- [6] 交通部(無日期)。台灣颱風預報輔助系統—台灣各地焚風預報客觀預測圖。台北市：交通部。民 103 年 2 月 7 日，取自：交通部中央氣象局網頁：
http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/typhoon_eye/forcastuse_hotwind04b.htm
- [7] 交通部(無日期)。台灣颱風預報輔助系統—台灣各地焚風預報客觀預測圖。

台北市：交通部。民 103 年 2 月 7 日，取自：交通部中央氣象局網頁：

http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/typhoon_eye/forcastuse_hotwind04c.htm

- [8] 交通部（無日期）。台灣颱風預報輔助系統—台灣各地焚風預報客觀預測圖。

台北市：交通部。民 103 年 2 月 7 日，取自：交通部中央氣象局網頁：

http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/typhoon_eye/forcastuse_hotwind04d.htm

- [9] 交通部（無日期）。台灣颱風預報輔助系統—台灣各地焚風預報客觀預測圖。

台北市：交通部。民 103 年 2 月 7 日，取自：交通部中央氣象局網頁：

http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/typhoon_eye/forcastuse_hotwind04e.htm

