

高中地球科學（全）教學講義

《解答本》

目 次

EARTH SCIENCES

| | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| 第 1 章 探索地球..... | 2 | 第 4 章 實力評量..... | 14 |
| 1-1 太陽系的起源 | 2 | | |
| 1-2 地球演化 | 2 | | |
| 1-3 孕育生命的地球..... | 2 | | |
| 1-4 研究地球歷史的方法 | 3 | | |
| 第 1 章 實力評量..... | 4 | 第 5 章 宇宙與天體..... | 15 |
| 2-1 地球內部的結構與組成物質..... | 5 | 5-1 不同尺度的天體..... | 15 |
| 2-2 板塊構造理論 | 5 | 5-2 膨脹中的宇宙 | 16 |
| 2-3 地震災害 | 6 | 5-3 恒星的亮度與顏色 | 17 |
| 第 2 章 實力評量..... | 7 | 5-4 不同波段的天文觀測 | 17 |
| 第 3 章 天氣的變化..... | 8 | 5-5 天體運動 | 17 |
| 3-1 大氣的特性..... | 8 | 第 5 章 實力評量..... | 18 |
| 3-2 大氣的運動..... | 9 | | |
| 3-3 天氣圖與天氣系統..... | 10 | | |
| 3-4 颱風與災害..... | 10 | 第 6 章 氣候變遷..... | 19 |
| 第 3 章 實力評量..... | 11 | 6-1 地球歷史上的氣候變化..... | 19 |
| 第 4 章 海水的運動..... | 12 | 6-2 全球暖化 | 20 |
| 4-1 波浪與海岸地形..... | 12 | 6-3 氣候調適 | 20 |
| 4-2 潮汐與潮流..... | 13 | 第 6 章 實力評量..... | 20 |
| 4-3 洋流..... | 13 | | |
| 4-4 大氣與海洋的交互作用 | 14 | 第 7 章 資源利用與永續發展..... | 21 |
| | | 7-1 永續發展 | 21 |
| | | 7-2 資源利用 | 21 |
| | | 7-3 永續資源與環境..... | 22 |
| | | 第 7 章 實力評量..... | 22 |

第一章 探索地球

1-1 太陽系的起源

- ①塵埃 ②氫 ③氦 ④萬有引力 ⑤太陽星雲 ⑥太陽
- ⑦旋轉盤 ⑧冰 ⑨類地 ⑩類木 ⑪小行星帶
- ⑫類木行星 ⑬柯伊伯帶 ⑭歐特雲 ⑮穀神星
- ⑯冥王星 ⑰金屬 ⑱氫 ⑲氦 ⑳灰塵 ㉑冰塊
- ㉒類木行星 ㉓小行星帶 ㉔柯伊伯帶 ㉕歐特雲
- ㉖歐特雲 ㉗萬有引力 ㉘小 ㉙大 ㉚小 ㉛大 ㉜高
㉝低 ㉞少 ㉟多

小試身手

答 1.B 2.D 3.A 4.B 5.B 6.D

- 解 1. 太陽系誕生於一團雲氣之中，大部分物質逐漸往中心聚集而成為原始太陽，周圍殘留的物質則形成一個扁平盤面，並發展成行星。
2. 二氧化碳是類地行星原始大氣的主要成分之一，其大都來自行星剛形成之初的火山作用所釋放，而不是源自太陽星雲的成分。
3. 參加重點二表格中的質量特性。
4. (B)彗星的組成物質為灰塵與冰，小行星的組成物質為金屬和岩石等。
5. 依據與太陽距離的遠近，前四顆為類地行星，後四顆為類木行星；類木行星的體積皆比類地行星大，且其中又以木星（排序第五顆）的體積最大。
6. 土星為類木行星。

課後練習

1.D 2.C 3.D 4.A 5.C 6.D 7.A 8.B 9.C
10.BD 11.AD 12.(1)B (2)丁 (3)A

1. (A)目前已發現有數百個和太陽系類似的天體系統，其形成過程應也與太陽系類似；(B)僅有近核心的盤面物質被移至外圍；(C)是大部分的質量落在中間核心，其餘的散落在盤面。
2. (C)北極星為恆星，不在太陽系內。
5. 甲星體在海王星軌道外的環狀柯伊伯帶之內；乙星體分布在火星與木星之間，應屬小行星帶。
7. 金星為類地行星，氫、氦含量少。
8. 參加重點三類地行星與類木行星的比較。
12. (1)類木行星直徑大、質量大、平均密度低，且大氣成分以氫和氮為主。
- (2)行星距離太陽愈近，公轉週期愈短（克卜勒第三定律）。
- (3)小行星帶是位於類地行星與類木行星之間。

1-2 地球演化

- ①流星體 ②分層 ③火山活動 ④水氣 ⑤隕石
- ⑥條帶鐵礦 ⑦臭氧層 ⑧疊層石 ⑨海洋 ⑩疊層石
- ⑪氯氣 ⑫條帶鐵礦 ⑬氧化鐵 ⑭氯氣 ⑮氫
- ⑯太陽風 ⑰水氣 ⑱二氧化碳 ⑲氮 ⑳水氣
- ㉑碳酸鹽 ㉒氧化鐵 ㉓氯氣 ㉔臭氧層

小試身手

答 1.D 2.F 3.E 4.A

- 解 1. (A)地球內部鐵鎳質等較重的物質往下沉，分成地殼、地函和地核；(B)原始大氣中的水是頻繁的火山活動所釋出；(C)地球剛形成時，地表就有來自太陽星雲以氫及氦為主的薄層氣體。
2. 如重點二中「地球環境演化歷程」一項所列，而生物（陸地植物）是在臭氧層形成後才有機會登陸。
3. 先判斷表格所列地球環境演化事件的先後順序，再應用至其所對應的甲、乙、丙、丁四個地質紀錄。
4. 氢氣是源自太陽星雲的主要組成，類地行星因距離太陽近，無法大量存留；二氧化碳和氮氣則是火山作用所釋出的氣體，氯氣是植物光合作用的產物，但植物登陸必須等到大氣層累積足夠的氯氣，並形成臭氧層之後。

課後練習

1.B 2.A 3.B 4.BD 5.AD 6.AC

4. (A)疊層石為藍綠菌所形成，水中的藍綠菌為最早行光合作用的釋氧生物，而藍綠菌產生的氯氣與水中的鐵離子結合，才形成氧化鐵的沉積；(B)(D)由於陸上的植物行光合作用大量產生氯氣，大氣中才開始累積氯氣，形成臭氧；(C)海洋於 40 億年前形成。
6. (B)是源自於火山活動產生大量的二氧化碳；(D)是由於水中的釋氧生物出現，行光合作用產生氯氣，才使臭氧層形成。

1-3 孕育生命的地球

- ①水循環 ②大氣 ③質量 ④太陽 ⑤大氣 ⑥慢
- ⑦液態水 ⑧二氧化碳 ⑨溫室效應 ⑩板塊運動
- ⑪太陽 ⑫質量 ⑬溫度 ⑭沉積岩 ⑮火山
- ⑯小行星帶 ⑰彗星 ⑱大氣層 ⑲流星 ⑳隕石坑
- ㉑太陽風 ㉒磁層 ㉓范艾倫輻射帶 ㉔X ㉕極光
- ㉖紫外線 ㉗X 射線 ㉘γ 射線 ㉙X 射線 ㉚電離層
- ㉛臭氧層 ㉜紫外線

小試身手

答 1.C 2.D 3.B 4.A 5.A

解 1. 頓石撞擊通常會造成環境溫度的改變。

2.~3. 金星因離太陽近，無法冷凝出液態水，所以沒有海洋可以溶解大量的 CO₂，強烈溫室效應所造成的高溫，更是讓「液態水」出現的機會微乎其微。

課後練習

1.D 2.B 3.D 4.B 5.C 6.A 7.E 8.C 9.BC

10.AD 11.(1)B (2)BC 12.(1)CE (2)A (3)D (4)B

3. 紫外線、X 射線以及 γ 射線從太陽傳到地球約 8 分鐘，而太陽風傳到地球約須十幾小時到二十幾小時的時間。
5. (A)磁層為阻擋帶電粒子的襲擊；(B)臭氧層在電離層之後，可吸收紫外線；(C)電離層可阻擋太陽放出的各種短波輻射；(D)范艾倫輻射帶會攜獲帶電粒子。
6. (A)太陽表面溫度為 6,000°C。
7. 太陽風是日冕的延伸。
8. 極光大多是地球大氣粒子被太陽風激發而釋出的光。
9. 極光是由於帶電粒子與高層大氣碰撞，激發空氣分子所產生的。
11. (1)面對太陽的一側，地球磁場會被擠壓；背對太陽的一側，地球磁場會被拉長。
(2)太陽風與宇宙射線均為高能帶電粒子，會受制於磁層和范艾倫輻射帶的作用。
12. (1)從圖中的曲線分布作觀察。
(2)以 γ 射線和 X 射線為主的短波輻射為電離層吸收。
(3)二氧化碳和水是溫室效應氣體，會吸收紅外線。
(4)大部分的紫外線能量主要為臭氧層所吸收。

1-4 研究地球歷史的方法

- ①水平 ②老 ③年輕 ④截切 ⑤晚 ⑥包裹體 ⑦老
 ⑧形成年代 ⑨快 ⑩短 ⑪廣 ⑫多 ⑬放射性同位素
 ⑭半衰期 ⑮1/4 ⑯1/8 ⑰成分 ⑱化石 ⑲岩石
 ⑳放射性定年 ㉑顯生 ㉒新生 ㉓菊石 ㉔恐龍
 ㉕中生 ㉖三葉蟲 ㉗古生 ㉘寒武紀 ㉙隱生

小試身手

答 1.B 2.B 3.A 4.D 5.B

- 解 1. 將乙地 X、Y 兩岩層出現的化石群比對到甲地相同化石群的地層。
 2. 從坐標圖分析 ⁴⁰K 曲線（藍色曲線）縱坐標 50%（即 ⁴⁰K 剩餘比例 50%）所對應的橫坐標（時間），就是半衰期。

3. 設 ⁴⁰K 歷經 x 個半衰期，則其數量減少為（原本的總數量） $\times (1/2)^x$ ，所以 ⁴⁰K 經過兩個半衰期應還剩餘 25%。
4. 請參考重點三地質年代表「主要化石及其消長」項目之內容。
5. 遵照截切定律，Y 地層是在甲、乙兩岩脈形成時間的間距內沉積的。

課後練習

1.D 2.C 3.D 4.B 5.D 6.B 7.AD 8.ABC 9.(1)C
 (2)A 10.(1)B (2)D 11.(1)C (2)E (3)C

1. 岩層被斷層所截斷，斷層又被火成岩體所隔開，先形成者會被後來的作用所影響。
2. ¹⁴C 由 80 mg 蛻變至剩下 20 mg，為原來的 1/4，所以可知其經歷 2 個半衰期。
4. 可以用於定年的化石，其須必備以下條件：(1)演化速度快，(2)生存的期限短，(3)分布範圍廣，(4)個體數多，(5)特徵明顯，容易鑑定。
5. (A)三葉蟲是在古生代，但侏羅紀是在中生代；(B)菊石在中生代，故古近紀海相地層中無法發現菊石化石；(C)圖中可見到還有其他物種如菊石的發展；(E)圖中可見到菊石也滅絕了。
7. (B)古生代的志留紀時，已有昆蟲和兩生類在陸地出現；(C)三葉蟲存活時間約為 200 百萬年，恐龍約為 180 百萬年。
9. (1)鉀 40 和鈾 40 的比例為 1 : 3，表示岩石中的鉀 40 經過 2 個半衰期， $13 \times 2 = 26$ （億年）。
 (2)半衰期愈短，愈適合用於測定近代較年輕地層的定年依據。
10. (1)圖中的花岡岩、頁岩、砂岩以及石灰岩皆受到斷層面錯開，所以斷層應比這些岩層晚形成，而礫岩層未受斷層影響，故可知礫岩層為最晚形成的地層。
 (2)如(1)解析。
11. (1)圖中縱坐標降至最低者為第 3 次，而圖中橫坐標二疊紀之前（往左）為古生代，白堊紀之後（往右）為新生代，兩者之間為中生代。
 (2)恐龍滅絕於中生代末期，由圖中橫坐標知道是第 5 次。
 (3)由圖中第 3 次生物大滅絕往下對到橫坐標，應於二疊紀與三疊紀之間，約為中生代的開始（2.5 億多年前）。

實力評量

- 1.C 2.D 3.E 4.A 5.D 6.B 7.A 8.D 9.E
 10.CD 11.ACE 12.DE 13.(1)B (2)B
 14.(1)B (2)E (3)B 15.(1)D (2)A (3)A
 16.(1)D (2)C

- 水星表面有十分稀薄的大氣，與月球一樣，故見到的天空與月球相同；而火星表面的大氣（主要是二氧化矽）較水星厚，所以在白天時火星的天空會比水星亮。
- 星體需要足夠的萬有引力才能吸附住大氣層，星體的質量是形成萬有引力的最主要因素。
- 目前發現最早的原核細胞化石為藍綠菌構成的疊層石，是 35 億年前形成。藍綠菌被生物學家認為是將大氣組成逐漸改變為高濃度氧氣的主要貢獻者。它不但可以進行光合作用，而且可以產生出氧氣，因此是在早期的地球歷史中，大氣中氧氣出現的供應者。而氧化鐵（帶狀鐵礦）是到了二十多億年前氧氣大量增加之後，海水中的鐵離子就氧化溶解度低的三氧化二鐵和四氧化三鐵而沉積下來。
- 磁層（磁場）會阻擋有害的宇宙射線。
- (A)太陽能的主要來源是光（電磁波）和熱；(B)太陽風是帶電粒子，主要為質子與電子；(C)太陽風的帶電粒子會順著地球磁場的磁力線進入南北磁極的上空。
- A_1 化石每一層都有出現，對地層的比對沒有助益。
- (D)碳酸鹽應是在水中經由化學沉積所形成。
- (A)人類是新生代才出現；(B)「疊置定律」應改為「截切定律」；(C)「相對地質年代」應改為「絕對地質年代」；(D)放射性元素經過 2 個半衰期後，母元素應剩餘原來的 $(1/2)^2$ 。
- (A)電磁波一樣具有波的性質，故有繞射及干涉等現象；(B)電磁波的傳播不需介質；(D) $v = \text{距離 (公尺)} / \text{時間 (秒)} = (1.5 \times 10^{11}) / (2 \times 24 \times 60 \times 60) \approx 8.7 \times 10^5$ (公尺/秒)；(E)電磁波是光速，帶電粒子團撞擊大氣層，地球表面幾乎立刻可以看到（例如極光），太陽發射的光到達地球才需約 8 分鐘。
- (A)約在 40~38 億年前，地表溫度逐漸降低，大量水氣冷卻成雨水，聚集地表低窪處，累積成海洋；(B)三葉蟲出現約距今 5.4 億年前；(C)約在 45~43 億年前，大氣逐漸獲得噴發的火山氣體補充，形成大氣層；(D)大氣層中大量氧氣的形成約在 4 億年前；(E)45~44 億年前起，地球因高溫引發全部熔融，形成岩漿海，之後其內密度較小的物質上浮，密度大的物質下沉，導致地球內部構造明顯區分地殼、地函和地核三層。
- 以標準化石來作地層對比，可知 \u0311 與 \u0312 地層互相對比， \u0313 與 \u0314 地層互相對比， \u0315 與 \u0316 地層互相對比，所以(D)(E)是錯誤的。

13.(1)可與地球作參考，地球的自轉軸與黃道面的法線夾角約 23.5° ，所以地球的極圈範圍自 66.5° ($90^\circ - 23.5^\circ$ 而來) 至 90° 。故丙行星的極圈範圍自 25° ($90^\circ - 65^\circ$ 而來) 至 90° 。

(2)晝夜溫差可由表中大氣壓力的大小推敲，也就是該行星大氣量多寡來決定，因此最大的是甲，最小的是丙。

14.(2)光每秒走三十萬公里，故 6×10^7 公里距離，須走 $(6 \times 10^7) / (3 \times 10^5) = 200$ (秒) 的時間。

(3)上文指出火星的大氣壓力是地球的 0.006 倍，比地球小很多，因此火星大氣稀薄。而隕石坑是隕石落入表面（地球或火星）撞擊所致，隕石經過的大氣層較厚，則摩擦燃燒損失較多質量，落入表面的坑洞就比較小，因此火星隕石坑會比地球大。

15.(1)乙斷層截切過地層④（含古生代的標準化石—三葉蟲化石）與地層②（含中生代的標準化石恐龍—化石），因此乙斷層發生的地質事件較晚形成，而且又比地層①（含大型哺乳類動物化石，為新生代晚期的標準化石）早形成，因此可推知乙最可能發生於新生代前期。

(2)此地的地質事件或作用發生的先後順序：地層⑤沉積 → 地層④沉積 → 甲侵入岩脈 → 地殼隆起上升，產生丁侵蝕面 → 地層③沉積 → 地層②沉積 → 乙斷層發生 → 地殼隆起上升，產生丙侵蝕面 → 地層①沉積。

(3)甲岩脈溫度高，會造成周圍岩層發生變質作用；(B) 丁侵蝕面比丙侵蝕面更早形成；(C)甲岩脈大都是火成岩；(D)乙斷層為逆斷層。

16.(1)利用疊積定律（下老上新）、截切定律（被截切者老，截切者新）、包裹定律（被包裹者老，包裹者新）得知。岩層由老至新的順序為辛 → 己 → 戊 → 丙 → 丁 → 庚 → 乙 → 甲。

(2)岩層垂直剖面圖中沒有正斷層作用。

素養題

1. E 2.C

- 金屬、岩石、冰塊和氯的熔點依序由高到低，對應到物質 A、B、C、D。
- 如短文內容所述。

第二章 地球結構與地震

2-1 地球內部的結構與組成物質

- ①地震波 ②P ③平行 ④縱 ⑤S ⑥液態 ⑦垂直
 ⑧橫 ⑨表面 ⑩振幅 ⑪快 ⑫大 ⑬ $\theta_2 > \theta_3$ ⑭速度
 ⑮折射角度 ⑯小 ⑰液 ⑱地核 ⑲速度變化 ⑳隕石
 ㉑增加 ㉒花岡 ㉓厚 ㉔莫氏 ㉕橄欖 ㉖隕石
 ㉗震波低速 ㉘軟流圈 ㉙部分岩石發生熔融 ㉚岩石圈
 ㉛薄 ㉜薄 ㉝淺 ㉞厚 ㉟厚 ㉛深

小試身手

答 1.ACD 2.E 3.ABD 4.C 5.D 6.D 7.D 8.A
 9.D 10.A 11.B 12.D 13.C

- 解 1. 甲波為 P 波，是最快到達測站的地震波；乙為 S 波，無法穿越外核；丙波則為表面波，只在地表附近傳遞。
2. 從(a)圖可看出甲地震 P 波與 S 波到站的時間差約為 7.5 秒，對照至(b)圖則最接近的震央距離為 6000 公里。
3. 原則上，震央距離愈遠，震波的振幅愈小，所以無法直接從測站的振幅紀錄比較地震規模。

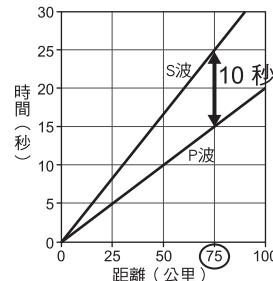
4. 若甲、乙兩測站的震央距離為 $d_{\text{甲}}$ 和 $d_{\text{乙}}$ ，而 P 波和 S 波到達甲、乙兩測站的時間差為 $\Delta t_{\text{甲}}$ 和 $\Delta t_{\text{乙}}$ ，

$$\text{則 } \frac{d_{\text{甲}}}{d_{\text{乙}}} = \frac{\Delta t_{\text{甲}}}{\Delta t_{\text{乙}}} ; \text{從地震波走}$$

時曲線圖，可以找到「測站震央距離 75 公里」的 P 波和 S 波走時差為 10 秒，帶入上列關係式

$$\frac{d_{\text{甲}}}{75 \text{ km}} = \frac{8 \text{ s}}{10 \text{ s}} , \text{即可求得「P 波和 S 波到達的時間差為 8 秒」的測站震央距離。}$$

- 5.~6. 地球內部的外核為液態物質，P 波穿越時速度會減慢，折射角度較入射角小，再入射回地函時則相反。S 波則因無法穿越液態外核，所以震央距離在甲、戊兩區域之後就再也無法發現其蹤跡。
9. 地殼與地函的交界面在曲線的第一個轉折點，約數十公里處；地函與地核的交界在 S 波消失處。
10. S 波在 2,890 公里～5,150 公里深度消失，此區域為液態，溫度高於該組成物質的熔點。
- 11.~13. 軟流圈為低速帶，對應 S 波速變化圖可知大陸地區應自 115 公里處開始。而地殼與地函的交界面（甲處界面）為莫氏不連續面。



課後練習

1.E 2.D 3.B 4.(1)D (2)E 5.(1)B (2)A
 6.(1)B (2)D 7.(1)A (2)B (3)D

3. 古氏不連續面是地函與地核的界面，S 波無法穿越。
5. (1)S 波不能在液態物質中傳遞。
- (2)若 P 波只在地函裡傳播，最遠可傳到震央距離 103° 的範圍，但若 P 波進入地核，因地核的傳波速度比地函還低，該入射於地核—地函界面的 P 波會向下彎曲轉折，而到達震央距離 142° 處。因此，震央距離 103° 與 142° 之間幾乎沒有 P 波進入。
6. (1)(B) P 波在地函傳遞最快。
 (2)(D)此處為外地核。
7. (1)甲為地表，乙為莫氏不連續面，丙為軟流圈和岩石圈的交界，丁為半固態的軟流圈和固態的地函交界，古氏不連續面為地函和地核的交界。

2-2 板塊構造理論

- ①大陸漂移 ②熱帶 ③副熱帶沙漠 ④冰凍極區
 ⑤緯度 ⑥冰川擦痕 ⑦海底擴張 ⑧中央裂谷
 ⑨中洋脊 ⑩厚 ⑪磁力異常 ⑫海洋地殼 ⑬地震
 ⑭軟流圈 ⑮磁極反轉 ⑯海底擴張 ⑰岩石圈
 ⑱熱對流 ⑲張裂型 ⑳玄武 ㉑裂谷 ㉒聚合型
 ㉓逆斷層 ㉔島弧 ㉕轉形斷層

小試身手

答 1.B 2.B 3.B 4.B 5.D 6.D 7.B 8.B 9.D
 10.A 11.C 12.D

- 解 1. (A)(C)為支持大陸漂移學說的證據；(D)為造山運動的地層抬升現象。
2. 在地磁紀錄曲線中，「中央斷裂谷」處的地磁數值在中間水平線的上方，X 處在下方（地磁反向）且垂直偏移量較高（強度較強）。
3. 觀察地磁紀錄曲線，即會發現地球磁場的方向與強度都會改變，而同時期形成的岩石會感應地球磁場而呈現同向。
4. 應用比例尺計量，5 百萬年前在中央斷裂谷形成的地殼，現今已遠離 100 公里左右，板塊擴張速率為 100 公里／5 百萬年。
- 5.~10. 熱對流的橫向移動是帶動板塊分離或聚合的主要機制；熱對流在中洋脊處上升後往兩側反向移動，直至與另一股對流物質碰聚後，帶動板塊相互碰撞而隱沒。地震多發生在板塊碰撞錯動之處，板塊隱沒至地底深處後的岩層錯動才會有深源地震，投影至地表往往是出現在褶皺山脈處或

島弧附近。其他有關板塊邊界的地質作用比較，可參考重點整理的表格內容。

11. 板塊聚合處會產生海溝、褶皺山脈等隱沒帶地形，板塊張裂處會形成中洋脊，而中洋脊與中洋脊間以轉形斷層錯開。
12. 板塊聚合處，老地殼會隱沒；板塊張裂處會有新地殼形成。

課後練習

1.A 2.B 3.B 4.A 5.B 6.D 7.B 8.C 9.ACD

10.(1)C (2)A 11.(1)D (2)B (3)B

12.(1)B (2)B (3)C 13.(1)B (2)A (3)A

4. 東非裂谷是由於板塊的張裂作用所產生，其主要斷層類型為正斷層，故選(A)。
6. 轉形斷層是板塊往反方向錯動，不會產生除了斷層之外的地質現象。
7. (B)島鏈是源自於熱點。
11. (1)甲處為張裂型板塊，故不會產生山脈，選項中僅有冰島不是山脈類型。
- (2)由「聖安德列斯斷層的錯動」字樣可判斷其為錯動型板塊邊界，故為乙處。
- (3)甲為張裂型板塊，地震均為淺源；乙為錯動型板塊，地震均為淺源；丙為聚合型板塊，地震有淺源、中源及深源。

2-3 地震災害

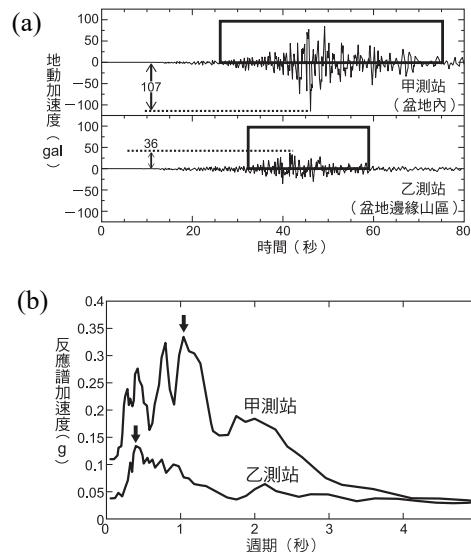
- ①震度 ②最大地動加速度值 ③十 ④芮氏 ⑤震矩
 ⑥歐亞 ⑦馬尼拉 ⑧呂宋 ⑨菲律賓海 ⑩琉球
 ⑪琉球 ⑫歐亞 ⑬海岸平原 ⑭西部麓山帶
 ⑮中央山脈 ⑯海岸山脈 ⑰東北 ⑱東南 ⑲西部
 ⑳深 ㉑淺層 ㉒10 萬 ㉓西部麓山帶 ㉔花東縱谷
 ㉕振幅 ㉖土壤液化 ㉗地下水 ㉘噴沙 ㉙淺 ㉚近
 ㉛地震預警 ㉜震度 ㉝震波到達時間

小試身手

答 1.D 2.D 3.B 4.C 5.ACE 6.C 7.D 8.A 9.AE
 10.BCD 11.B

- 解 1. 從圖(a)地震紀錄中所示的振盪狀況，可看出地面發生振動的劇烈程度和時間，每個測站紀錄中的最大振動量就是 PGA，亦表示該地區的震度大小，而地震規模係表示震源所釋放的能量多寡，與測站位置無關。
2. P 波與 S 波是同時從震源傳出，傳經地層的速度不同，當測站的震央距離愈近，兩波傳到測站的時間差距愈小。

3. 通常海溝是兩板塊碰觸的邊界，而火山島弧會位於未隱沒的那一側板塊上。
4. 外傘頂洲(沙洲)一般是海岸附近的沉積作用所造成。
5. 兩板塊碰撞接觸的位置是在臺灣的花東縱谷，蘭嶼及海岸山脈都是呂宋島弧的延伸。
6. 海溝—島弧的板塊邊界模式應如下圖所示，震源的空間分布位置即為板塊所在的位置。
7. 西部地震帶底下並沒有隱沒的板塊，所以爆發的地震都較淺，只要地震規模夠大，地表就會有劇烈的震動，且因人口分布稠密，災害通常會較嚴重。
8. 活動斷層是地底累積至相當能量後才引發斷層活動，其主要的能量機制是來自菲律賓海板塊往西北擠壓的力量，所以以逆斷層為主，且所有地質構造都與板塊作用的方向近乎垂直。
9. (B)東側下陷；(C)臺北盆地會下陷；(D)是有可能產生海嘯，但規模還沒大到令臺北盆地被摧毀。
- 10.(B)位於盆地內的甲測站，觀測到的 PGA 數值(圖(a)雙箭頭所示)較大；(C)甲測站地面明顯振動維持的時間(圖(a)方框所示)比較久；(D)最劇烈振動所對應的週期(圖(b)箭頭所指處)也比較長。



11. 參加重點六所述內容。

課後練習

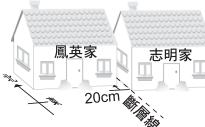
1.D 2.B 3.D 4.A 5.C 6.AB 7.AC 8.AE 9.(1)C
 (2)B (3)A 10.(1)B (2)B (3)E (4)D (5)A (6)B

1. 地層下陷主要是超抽地下水產生的後遺症。
2. (A)大部分災害型的大地震，震源都比較淺；(C)大多是板塊活動產生的地震；(D)全臺地震頻率最高的地方在東北部。

3. 因宜蘭、花蓮東部外海有板塊隱沒帶，所以有深源地震的發生。
4. (A)地震規模是以能量的釋放來度量地震的大小，地震強度是以當地人體感受到和建築破壞狀況來做判斷標準，其數值並未到小數點，我國僅分為 0~7 級。
10. (5)因菲律賓海板塊的擠壓，歐亞大陸板塊（左側）向東隱沒至菲律賓海板塊（右側）底下，導致臺灣的斷層以逆斷層為主，且斷層面會往東傾斜。

實力評量

- 1.D 2.B 3.D 4.D 5.A 6.B 7.E 8.C 9.B 10.A
 11.D 12.D 13.D 14.D 15.AC 16.BE
 17.(1)C (2)A 18.(1)D (2)B
 19.(1)D (2)B (3)D (4)D 20.(1)A (2)B

1. 甲、乙在聚合型板塊邊界附近，丁在張裂型板塊邊界上，都會有火山活動。
2. 甲斷層上盤向上，下盤向下，為(B)逆斷層。
3. 如附圖所示，當志明朝斷層線方向而面對另一岩盤時，會發現該岩盤是相對於他所站立的位置往右側移動。

4. (A)隱沒帶附近的海洋地殼較中洋脊附近的老，因為自隱沒帶板塊隱沒回到地函；(B)在隱沒帶的地殼密度較大陸地殼的密度大；(C)隱沒帶是位於聚合性板塊邊界；(D)含海洋地殼的岩石圈（板塊）被帶至海溝處，會隱沒回到地函；(E)於隱沒帶產生的地震波會向四面八方傳播。
5. 雖然(A)較不會有爭議，但筆者以為(B)在中洋脊的擴張速率亦相差不多；(C)在中洋脊為淺源地震，而南美洲內陸為深源地震；(D)有些在板塊隱沒帶或有些在板塊內部。
6. 海洋地殼中以中洋脊最年輕，向海溝逐漸變老，因此選擇(B)。
7. (A)玄武岩多在張裂型板塊邊界；(B)有些地震會發生在張裂型板塊邊界的中洋脊；(C)可能是超抽地下水；(D)砂岩不必然在聚合型板塊邊界。
8. 菲律賓海板塊在臺灣東北側外海隱沒進入歐亞板塊的下方，隱沒帶大約以 45° 這麼大的傾角向北方，因此淺源在南，深源在北，故選(C)。
9. 海岸山脈是由原本位於菲律賓海板塊邊緣的一連串安山岩質火山島，經由板塊碰撞而擠壓出海面所形成；除了安山岩類之外，海岸山脈的岩層中也夾有如玄武岩、輝長岩等來自海洋地殼物質的基性火成岩。至於花岡岩則應屬於大陸地殼的主要物質，在臺灣不易發現，而板

- 岩、片岩和大理岩大多原為歐亞大陸邊緣的沉積岩或沉積物，再經板塊擠壓所伴隨的變質作用而形成。
10. 能量釋放要由地震規模判斷，因此地震 1 的總能量最大；搖晃程度要由最大震度判斷，因此屏東恆春的 5 級最大。
11. 甲測站的震央距離為 $d_{\text{甲}}$ ，則 $(d_{\text{甲}}/6) + 10 = (d_{\text{甲}}/4)$ ，可知 $d_{\text{甲}} = 120 \text{ km}$ ；P 波傳至甲測站所需時間為 20 秒，所以此次地震發生時間為 9:25:10；而 P 波與 S 波到達乙測站的時間差為甲測站的 3 倍，因此，P 波傳至乙測站所需時間也應為甲測站的 3 倍，即約為 60sec 左右，所以乙測站應在 9:26:10 測到 P 波。
12. 由 GPS 箭頭判斷，斷層南段的斷層兩端呈相擠壓現象，而北段是呈右移分量的水平位移較大，故南段以逆斷層為主，而北段以平移斷層為主。
13. (A)海嘯發生在因震波造成海水劇烈起伏處，不限定在海溝；(B)(C)海嘯通常由震源在海底下 50 公里以內、芮氏規模 6.5 以上的海底地震引起。
14. (A)(B)(E)海嘯通常由震源在海底下 50 公里以內，芮氏地震規模 6.5 以上的海底地震引起，但並不是每個 6.5 以上的地震都會引起海嘯；(C)規模愈大，能量愈大，影響的是振幅，但不影響波速。
15. 中洋脊為張裂型板塊邊界，岩層受張力作用，易形成正斷層；隱沒帶為聚合型邊界，岩層受壓力作用，易形成逆斷層。
16. 甲住臺中，丙和丁大約在 17 秒、18 秒左右感覺地震（距離約為 6 公里 \times 17 秒及 6 公里 \times 18 秒）；乙在甲感覺地震後 10 秒才發生地震，如和甲是屬於同一次地震，則和甲距離約只為 6 公里 \times 10 秒，絕對不可能是另外三個地點，因此最好的解釋就是：乙住在美國洛杉磯且其所感受到的是另一個的地震。
17. (1)丙丁斷層面兩側岩盤反方向錯動，且岩漿從丙己、甲丁湧出，這種斷層稱為「轉形斷層」。
 (2)洋底擴張說指出岩漿由中洋脊湧出（圖中丙己、甲丁）形成新的海洋地殼，而老的海洋地殼向中洋脊的兩側分離擴張，因此離中洋脊愈遠，岩石的年齡愈老。
18. (1)岩漿自中洋脊處湧出，推開海床向兩側移動，圖中中洋脊兩邊各約 100 公里，年代約 4 百萬年，因此移動的平均速率約為 $(100 \text{ 公里}/4 \text{ 百萬年}) = (10^2 \times 10^5) \text{ 公分}/(4 \times 10^6) = 2.5 \text{ 公分}/\text{年}$ 。
 (2)海床磁性記錄了地球磁場的變化，磁場方向只要改變一次，就得到一次紀錄。圖中自中洋脊向右（或向左）細數顏色條紋共有五次白色，五次藍色，共計十次，總共經歷 4 百萬年，因此平均每隔 $(4 \text{ 百萬年}/10) = 40 \text{ 萬年}$ 反轉一次。

19. (1) 東非裂谷屬於張裂型板塊邊界，為張力的大地環境，故多以正斷層型式出現的地形特徵為主。
- (2) 無論板塊或次板塊均屬於岩石圈，其下為軟流圈，而此軟流圈是夾在上部地函中的一層，故板塊或次板塊的底部落在地函內。
- (3) 由圖中觀察印澳板塊和馬達加斯加板塊之間，為鋸齒狀的連續線條，很典型為中洋脊和轉形斷層的現象所構成，中洋脊為破裂帶所切割和錯移，但僅有連接中洋脊中央裂谷處的破裂帶兩側移動方向相反，才是屬於斷層，不過因型式和成因與一般的平移斷層不同，故稱為轉形斷層。也只有轉形斷層錯移中洋脊的中央裂谷，才會形成連續的鋸齒狀特徵。
- (4) 由圖中可以看出來非洲板塊本身二個箭頭所指的方向不同，顯示此一板塊可能具有逆時針方向的旋轉運動。其餘三個選項(A)、(B)、(C)的敘述都可以配合圖示判斷出來。

素養題

1.BD

2. 這次紀錄應是核爆；因為震波紀錄中 P 波（壓縮波）相對於 S 波的振幅比非常凸顯，震動的原因應是瞬間的爆破，而沒有斷層錯動的剪切應變

3.B

- 核爆接近地表，震源深度近乎 0，且 S 波及表面波的振幅不明顯。
- 從地震記錄中可以發現：P 波及 S 波到達測站的時間差為 43 秒， $(x/3.5)-(x/6.5)=43 \text{ sec}$ ， $x=330 \text{ 公里}$ 。

素養題

1. 因地震速報發報前的處理程序保守估計要 20 秒，而在地震預警發報前 S 波從震源已傳至震央距離 70 公里處（以 S 波波速 3.5 km/sec 為基準， $3.5 \text{ km/sec} \times 20 \text{ sec} = 70 \text{ km}$ ）。

2.A

3.D

第三章 天氣的變化

3-1 大氣的特性

- ① 對流 ② 平流 ③ 增溫 ④ 臭氧 ⑤ 氣溫 ⑥ 降低
 ⑦ 6.5 ⑧ 地表輻射 ⑨ 大氣對流 ⑩ 增加 ⑪ 紫外線
 ⑫ 臭氧層 ⑬ 降低 ⑭ 臭氧層 ⑮ 增加 ⑯ 紫外線

- ⑯ 電離 ⑰ 遷減 ⑱ 遷減 ⑲ 10 ⑳ 飽和 ㉑ 飽和
 ㉒ 凝結核 ㉓ 低 ㉔ 飽和水氣壓 ㉕ 露點 ㉖ 高 ㉗ 大

小試身手

- 答 1.C 2.C 3.BC 4.DE 5.C 6.D 7.A 8.B 9.D
 10.A 11.B 12.D 13.E

解 1. (A) 地球大氣主要成分為氮和氧；(B) 水氣變動範圍最大，在 $0 \sim 4\%$ 之間；(D) 二氧化碳和水氣是大氣層中吸收紅外線的主要成分。

- 對流層熱源主要來自地面的輻射能量。
- 從溫度曲線的變化可判斷：平流層約在 12 公里 \sim 48 公里的高度範圍。
- 大氣的密度高，且愈高處愈低溫，則有利於上下對流。
- 大氣壓力自地表（平均氣壓 1013.6 百帕）至 c 處（氣壓 100 百帕）約減少了 913.6 百帕，約為整個大氣層的 90%，即 $(1013.6 - 100)/1013.6 \times 100\% = 90\%$ 。
- 高度 d \sim e 隨高度每一公里的氣壓變化量最大。
- 高度 a \sim b 隨高度每一公里的氣壓變化量最小。
- 臺中與高雄雖然相對溼度一樣（都 40%），但飽和水氣量不同（溫度愈高則飽和水氣量愈大），相對溼度是空氣含水密度與飽和水氣量的比值，所以空氣含水氣的密度應是「臺中 < 高雄」。
- 甲地的飽和水氣壓為 30 百帕，實際水氣壓為 15 百帕，所以相對溼度為 $(15/30) \times 100\% = 50\%$ 。
- 甲地要達到飽和的方法有二：一為提高水氣量至飽和水氣壓（30 百帕），一為降低溫度至露點溫度（13 °C）。
- 在早上 6 點的時候，溫度最接近露點溫度，故此時的相對溼度最大。
- 從圖中可看出：早上 10 點的溫度為 20.0°C ，露點溫度為 14.0°C ，溫度相差 6.0°C ；晚上 10 點的溫度為 18.4°C ，露點溫度為 15.6°C ，溫度相差 2.8°C 。溫度差距愈小，愈接近飽和（100%），即相對溼度愈大；露點溫度愈大，則水氣量愈多及水氣壓愈大。
- 霾是懸浮在大氣中的固體微粒，由灰塵、硫酸、硝酸等各種化合物組成，會使空氣變渾濁，影響水平能見度；PM_{2.5} 顆粒物就是構成霾的主要成分，活性強，易附帶有毒、有害物質（例如，重金屬、細菌等），且在大氣的停留時間長、輸送距離遠，因而會影響人體的健康。

課後練習

- 1.C 2.C 3.D 4.D 5.B 6.(1)C (2)D (3)A (4)D
 7.(1)C (2)D (3)B
 4. 霜為水氣凝結為固態冰的現象。

5. 冰雹是由雲中的冰晶在合併過程中加速成長，並藉由強烈上升氣流的抬升，經由反覆多次的升降過程而形成。
6. (1) 25°C 的飽和水氣壓約為 30hPa ，露點溫度 18°C 的飽和水氣壓（即為當時的實際水氣壓）約為 20hPa ，所以相對溼度為 $(20\text{hPa}/30\text{hPa}) \times 100\% = 67\%$ 。
 (2) 露點溫度的飽和水氣壓，即為當時的實際水氣壓，所以露點溫度愈低，則水氣壓愈小。
 (3) 氣溫與露點溫度差距愈大，表示相對溼度愈小。
 (4) 從早上到傍晚，氣溫會先升高再降低，飽和水氣壓也先變大再變小，因此，相對溼度會先變小再變大。
7. (1) 壴頂約 12 公里，對應到(b)圖氣壓值約 250 百帕，地表氣壓值約 1013 百帕， $(250/1013) \approx 25\%$ 。
 (3) 雲是生成在對流層－ \pm 層。

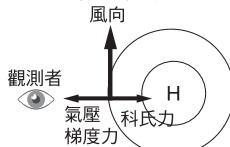
3-2 大氣的運動

- ①風 ②等壓線 ③大 ④垂直 ⑤右 ⑥左 ⑦大
 ⑧赤道 ⑨科氏 ⑩氣壓梯度 ⑪低壓 ⑫反鐘向
 ⑬反鐘向 ⑭順鐘向 ⑮順鐘向 ⑯順鐘向 ⑰增高
 ⑱反鐘向 ⑲下降 ⑳絕熱 ㉑下降 ㉒大 ㉓降低
 ㉔10 ㉕6 ㉖露點 ㉗釋放潛熱 ㉘增加 ㉙熱力抬升
 ㉚變小 ㉛地形抬升 ㉜焚風 ㉝冷暖氣團交會 ㉞暖
 ㉟輻合作用 ㉟低壓

小試身手

- 答 1.B 2.C 3.B 4.D 5.C 6.B 7.D 8.C 9.D
 10.C 11.C 12.B 13.B 14.D

- 解 1. 氣壓梯度力由高壓指向低壓且垂直等壓線，科氏力在風向的右側，摩擦力在風向的反方向。
 2. 等壓線變密則氣壓梯度力變大，風速也會隨著變快；風速愈快則科氏力愈大，且在北半球保持在風向右側垂直的方向。
 3. 如下圖所示，此時氣壓梯度力與科氏力相反且合力為零，所以摩擦力幾近為零。



4. 高氣壓地面空氣會由中心向外輻散，且因北半球科氏力向右偏轉的效應，氣流呈順鐘向方向的環流；低氣壓則相反。
 5. 低氣壓會形成與當地地球自轉同向的氣流，稱為氣旋，該氣流在系統中心輻合上升，易因膨脹降溫而達到露點溫度，形成雲雨。
 6. $\frac{32^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}}{10^{\circ}\text{C}/\text{km}} = 2.2 \text{ km}$ 。

7. $\frac{32^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}}{10^{\circ}\text{C}/\text{km}} + \frac{10^{\circ}\text{C}}{5^{\circ}\text{C}/\text{km}} = 4.2 \text{ km}$ 。

8. 空氣上升是絕熱冷卻過程。

9.~13. 乙處空氣的溫度即為甲處空氣的露點：

$35^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}/100 \text{ 公尺} \times 1000 \text{ 公尺} = 25^{\circ}\text{C}$ ，山頂丙處的氣溫為 $25^{\circ}\text{C} - 0.65^{\circ}\text{C}/100 \text{ 公尺} \times (3000 \text{ 公尺} - 1000 \text{ 公尺}) = 12^{\circ}\text{C}$ ，丁處的氣溫為 $12^{\circ}\text{C} + 1^{\circ}\text{C}/100 \text{ 公尺} \times 3000 \text{ 公尺} = 42^{\circ}\text{C}$ 。整個過程中，甲處→乙處的溼度是逐漸增加到飽和，乙處→丙處空氣中的水氣是一直處在飽和凝結狀態，丙處→丁處因氣溫增加後飽和水氣壓隨著增加，所以空氣的相對溼度會逐步變小。

14. 在高壓中心的下沉氣流區，通常天氣十分晴朗，幾乎沒有雲的形成。

課後練習

1.C 2.C 3.C 4.A 5.A 6.B 7.A 8.(1)E (2)A

(3)B 9.(1)C (2)D

1. 空氣在等壓線垂直方向，每一公里的氣壓變化量愈大，則氣壓梯度力會愈大，風速也相對愈大。
2. (A) 因重力的作用，空氣的垂直運動沒有水平運動明顯；(B) 空氣下沉運動應會絕熱升溫，永無法達到飽和；(D) 氣流通常是在迎風坡爬升降溫而達到飽和，導致降水。
3. 圖中的雲帶應為鋒面系統，主要為暖空氣被冷空氣抬升降溫，水氣凝結而成。
4. 颱風是(B)選項輻合上升最典型的實例；(C)指的就是鋒面；(D)為一般迎風坡地形抬升的狀況。
5. 因重力的作用，大氣垂直運動的速率不會比水平運動來得快。
7. 臺灣東北部有中央山脈，氣流順著地形上升，在山的迎風面就會下雨。
8. (2)科氏力會與風向垂直，且在北半球科氏力會偏右，故為甲。
 (3)高空常態的風為地轉風（平行等壓線），沒有摩擦力（丙），氣壓梯度力（高壓向低壓的方向）會與科氏力平衡（在氣壓梯度力的反方向）。
9. (1) 甲系統周圍呈現反鐘向方向的氣流，乙系統周圍呈現順鐘向方向的氣流，所以分別應為低氣壓中心及高氣壓中心。
 (2) 乙既為高氣壓中心，Z 作用力垂直等壓線且背離乙系統，應為氣壓梯度力；X 作用力在風向的右邊垂直方向，應為科氏力。Y 為摩擦力。

3-3 天氣圖與天氣系統

- ①等壓線 ②西南 ③東北 ④大陸冷 ⑤太平洋暖
 ⑥大陸冷氣團 ⑦寒潮爆發 ⑧滯留 ⑨太平洋暖氣團
 ⑩地形抬升 ⑪雷陣雨

小試身手

- 答 1.A 2.B 3.D 4.C 5.C 6.A 7.C 8.D 9.C
 10.B 11.C 12.E

解 1. 測站甲、乙的氣壓分別為 1015.6 hPa、1012.9 hPa，測站丙、丁的氣壓分別為 1016.5 hPa、1017.2 hPa，甲乙和丙丁分列於等壓線 X 的兩側，所以等壓線 X 的氣壓應為 1016 hPa。

3. 測站甲、丙的氣溫分別為 16°C、8°C，屬於大陸冷氣團範圍，測站乙、丁的氣溫分別為 23°C、24°C，屬於太平洋暖氣團範圍，因此天氣系統 a、b 分別為冷鋒及暖鋒。

4. 鋒面兩側的冷、暖氣團因密度不同，所以會有上下不同的空間分布。

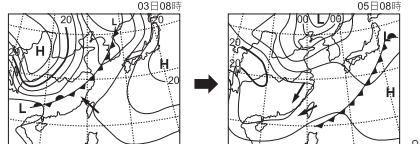
5.~7. 比較兩張圖的間熱帶輻合區位置，可知圖 a 為太陽直射南半球的時節，東亞主要地區為冬季，此時陸地溫度比海洋溫度低，空氣密度比海洋大，易形成高壓系統；圖 b 為夏季，陸地空氣溫度較高，密度較小，易形成低壓系統。考慮科氏力的作用，北半球近地表的高壓系統會輻散且有順鐘向方向的環流，此時臺灣盛行東北風，臺灣北部、東北部以及東部因迎風和地形的關係，會有較多的雨量，西南部的雨量最少。

8. 鋒面是大陸冷氣團與（太平洋高壓）海洋暖氣團的交界，臺灣位於鋒面東南側，屬於海洋暖氣團的勢力範圍。

9. 從天氣圖的鋒面符號辨識，可知是冷鋒。

10. 大陸冷高壓隨著鋒面往東南側下移，所以臺灣的氣壓應是上升。

11. 從鄰近天氣系統的等壓線判斷風向：



12. 鋒面多伴隨著溫帶氣旋出現，而溫帶氣旋大多形成於中高緯度地區。如附圖所示，東亞地區的溫帶氣旋中心大多會由亞洲大陸出海，再經日本附近海域，朝東偏北的方向前進（圖中 1→2→3→4），因此

近氣旋中心的暖鋒（▲▲▲）與囚錮鋒（▲▲▲▲）兩鋒面系統不會影響到較低緯度的臺灣。

課後練習

- 1.BC 2.AC 3.CD 4.BC 5.(1)C (2)B (3)E
 6.(1)C (2)C 7.(1)B (2)C (3)C (4)B

- 因陸地比熱小於海洋，冬季時，陸地地區的氣溫較海洋地區低，空氣密度較大，地面易形成高壓區。此時，臺灣通常位於高壓的右下側，大致吹東北風。
- 每年 10 月至翌年 3 月，臺灣東北季風盛行，使得臺灣東北角雨日長、雨量多。另外，當東北季風與颱風的環流產生顯著的輻合作用，會導致迎風面的北部及東北部地區風速增強、雨勢變大，稱為颱風的東北共伴效應。
- (A)是因冷、暖氣團兩方勢均力敵，鋒面無法迅速移動，造成較長時間的不穩定天氣；(D)臺灣的寒流是大陸高氣壓所帶來的。
- (1)把圖表資料分為夏秋（5 月至 10 月）和春冬（11 月至翌年 4 月）兩群組做比較。
 (2)東北季風盛行時，臺灣東北部與北部因迎風面地形的抬升作用，使得雨量較南部多。

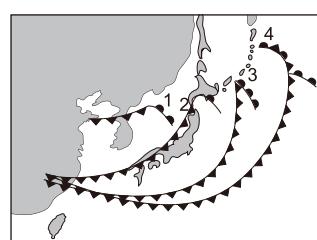
3-4 颱風與災害

- ①26 ②5 ③低壓輻合 ④夏季 ⑤初秋 ⑥熱帶
 ⑦科氏 ⑧颱風眼 ⑨眼牆 ⑩螺旋狀雨帶
 ⑪熱帶性低壓 ⑫凝結 ⑬西 ⑭西北 ⑮西 ⑯北
 ⑰西北 ⑱西部 ⑲北部 ⑳焚風 ㉑太平洋高壓
 ㉒西南氣流 ㉓中南部 ㉔東北季風 ㉕北部
 ㉖東北部 ㉗地形 ㉘地質

小試身手

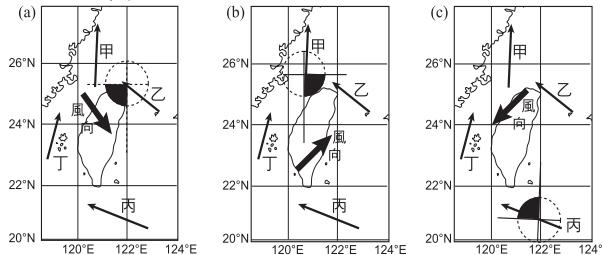
- 答 1.D 2.D 3.A 4.C 5.C 6.D 7.B 8.C 9.B
 10.A 11.C

- 解 1. (A)熱帶低壓近中心最大平均風速須達 8 級風以上，才能稱為颱風；(B)颱風主要集中在夏季及初秋時節生成；(C)赤道地區沒有足夠的科氏力形成颱風。
- 2.~5. 颱風為一低氣壓系統，氣溫以中心處約略較高而往外稍低的狀態；颱風中心呈現無風無雲的下沉氣流天氣型態，四周眼牆的風雨最強，是上升氣流最旺盛的區域。
6. 強風是颱風災害的重要因子，也是評估颱風能量的重要指標。
7. 水氣是颱風動力的來源。
8. 臺灣位於西北太平洋邊緣，颱風大多是從東南方的太平洋海域來，受到太平洋高壓的導引往西或往北行



進，太平洋高壓勢力較強時，就會從臺灣東岸登陸或由南北近海處掠過。

- 9.~11. 颱風為反鐘向方向環流，視臺灣主要地區落在颱風的哪一象限，來判斷該時段所受的主要環流風向。

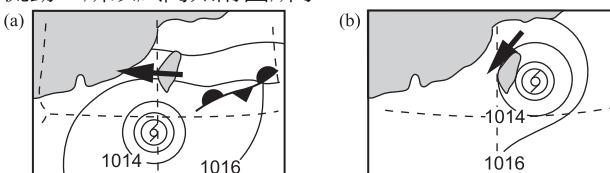


課後練習

1.A 2.B 3.A 4.D 5.B 6.B 7.D 8.D

9.(1)A (2)C 10.(1)A (2)C (3)D 11.(1)B (2)A

- 颱風形成須在海面溫度高、科氏力較大的海域。
- (A)(C)甲為颱風眼，風速微弱，天氣晴朗；(D)圖中氣壓最大應在丁處。
- (A)第六~九類就為北行颱風；(C)冬季也可能有颱風；(D)是秋冬的颱風最容易發生。
- 由圖中可見風向是環繞著丁，故丁應為颱風中心。
- 10.(2)颱風為熱帶氣旋，整個系統大致呈反鐘向方向環流運動，所以風向如附圖所示。



- (2)最容易將西南氣流引進臺灣陸地的颱風路徑，為颱風由臺灣東部或北部海面，朝東海或中國大陸方向前進。

實力評量

1.B 2.A 3.D 4.E 5.C 6.B 7.B 8.D 9.A 10.D

11.A 12.B 13.D 14.D 15.D 16.D 17.AD

18.AD 19.AD 20.BD 21.AC 22.BCE

23.(1)C (2)A 24.(1)C (2)D 25.(1)B (2)A (3)C

- 露點溫度是以空氣降溫的方式讓水氣達到飽和的臨界溫度，而清晨是一天之中溫度最低的時候，所以最接近露點。
- (A)北京的地面溫度遠低於高雄，因此北京飽和水氣壓比高雄的飽和水氣壓低；(B)溫度愈低，近地面的空氣密度較大；(C)氣壓等於單位面積上空的空氣重量，所以北京與高雄兩地單位面積上空的空氣重量大約相

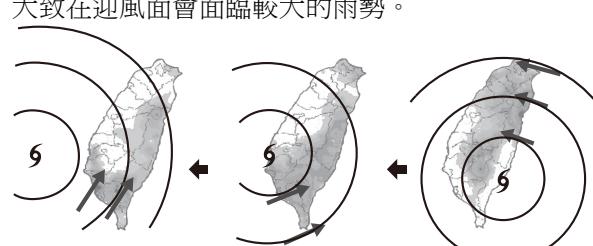
同；(D)一般而言，露點比氣溫低；(E)地面溫度低，氣壓隨高度的遞減率比地面溫度高的氣壓遞減率大。

- 地面至2,000公尺高為未飽和空氣，故雲底溫度為 $26 - 2 \times 10 = 6^\circ\text{C}$ ，又雲層厚 $3 - 2 = 1$ 公里，屬飽和空氣，故雲頂溫度為 $6 - 1 \times 5 = 1^\circ\text{C}$
- 空氣上升，所受壓力下降，為了平衡體積則會膨脹，題目中假設與外界沒有熱量交換，所以當體積膨脹後，於是整體的溫度下降，也就是絕熱膨脹。當空氣下降時，則剛好相反，故本題選(D)。
- 在秋冬東北季風盛行的時節，宜蘭因迎風地形而雨量特別凸顯，如甲曲線所示。臺南位於臺灣西南部，乾、雨季分明，6月梅雨與夏末秋初的颱風為其帶來明顯的雨量，如丙曲線所示。

12. 圖(一)及圖(二)兩種氣旋的比較：

| | 圖(一)溫帶氣旋 | 圖(二)熱帶氣旋 |
|------|---|--|
| 氣旋成因 | 地表因冷、暖氣團交會而導致反鐘向方向的輻合作用。 | 流經熱帶海面的空氣承接海洋的熱量與水氣後所形成的劇烈輻合作用。 |
| 雲圖影像 | 氣旋中心因地表輻合的空氣上升而凝結成雲，外側彎曲的雲系為暖氣團抬升至冷氣團上部所形成。 | 氣旋中心因氣流緩慢沉降而略微升溫，出現無雲的颱風眼；中心以外的螺旋雲系結構是龐大而急遽的上升氣流所形成。 |

- 象神颱風屬於秋颱，秋天時，蒙古高壓漸增強，使得東北季風增強，颱風本身環流再加上東北季風氣流，因而導致此次豪雨。
- 颱風須在科氏力的作用之下才會發展出螺旋結構的氣流，但赤道地區的科氏力趨近於零，因此極少有颶風形成。
- 凡那比颱風從登陸至遠離（由右圖→左圖），臺灣陸地大致在迎風面會面臨較大的雨勢。



9月19日17時 9月19日11時 9月19日05時

- 對流層受地表輻射作用，氣溫自地面往上愈來愈低，如圖中星期一的觀測資料；星期二則為「逆溫」現象。當逆溫發生時，地表空氣較上層空氣冷，不易產生上下對流作用，一旦空氣中含有汙染物，也不易往上擴散排除。

18. 颱風中心的氣壓最低，愈往外圍，氣壓則愈高。眼牆是整個颱風系統中風速最大之處，颱風眼的空氣運動是緩慢下移的下沉氣流。

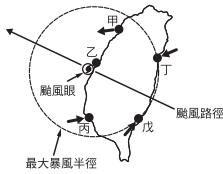
19. (A)舊金山最低溫為 12°C ，與露點 12°C 相同，可達到飽和，容易出現霧或雲層；(B)舊金山露點 12°C 比大西洋城 18°C 低，所以單位體積的空氣含水氣量較少。但相對溼度還與該地氣溫高低有關，所以舊金山的相對溼度較高；(C)大陸高氣壓是冬季 $1\sim 2$ 月美洲大陸的主要天氣系統；(D)大西洋城的夏季降雨易受東南風以及來自墨西哥灣流（沿岸暖流）的影響；(E)舊金山七月的天氣主要受到太平洋東北太平洋高壓系統的影響。

20. (A)實際水氣含量愈高則露點溫度愈高；(B)(C)(E)氣溫愈接近露點溫度，即表示愈接近飽和，氣溫近飽和則較容易發生濃霧；(D)飽和水氣壓會隨溫度的增加而增加。

21. (A)(B)秋颱因颱風環流與東北季風共伴效應，使得宜蘭地區降下大豪雨；(C)由於颱風反鐘向旋入的輻合作用，在宜蘭地區位於迎風面；(D)颱風環流下降處，為下沉氣流，不易降雨；(E)題目已提及在 24 小時內累積雨量達 432 毫米。

22. 設空氣塊飽和於 h 處，則 $30 - 10h = 22 - 2h$ ， $h = 1000\text{m}$ ，且可得知溫度為 20°C ，再推得乙的溫度為 15°C ($20 - 5$)，而丙為 35°C ($15 + 20$)。

24. (1) 颱風的近地面環流為反鐘向方向旋入，如附圖所示為甲、乙、丙、丁各海岸的風向（箭矢的方向），圖中丙的風向幾乎與海岸垂直，可以將大浪捲起的海水源源不絕的翻越上岸，容易發生海水倒灌（暴潮）。



(2) 颱風的近地面環流呈反鐘向方向，當颱風如圖所示，颱風中心正由西岸中部的乙點附近出海，則中心北側吹東風，南側吹西風，氣流會翻越中央山脈，背風面戊地點（臺東）少雨，易發生焚風。

25. (1)梅雨期的天氣圖應是處於滯留鋒面，故選乙。
 (2)因颱風是低氣壓環流，颱風靠近時雨勢增強，風向由東風轉成西北風，氣壓降低，風速亦增強。
 (3)丁圖屬於冬季天氣圖，大陸高壓南下，將冷鋒推進臺灣地區，此時吹東北風。迎風面東部、東北部因受地形抬升，降雨機率高。

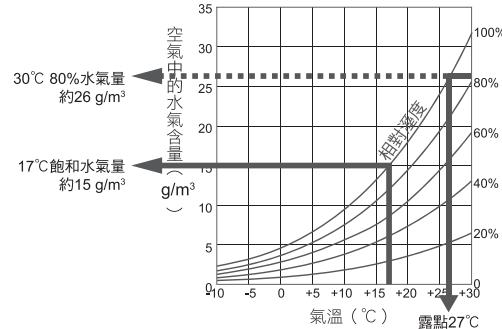
素養題

1. 降低至 27°C （即露點溫度） 2. 約 429 g 3.B

1. 直接對應圖上的點找出露點溫度。

2. 從圖可找出空氣 30°C 、80%的水氣含量約為 26 g/m^3 ，空氣 17°C 、100%的水氣含量約為 15 g/m^3 ，所以一個空貨櫃的空氣可以凝結出 $(26\text{ g/m}^3 - 15\text{ g/m}^3) \times 39\text{ m}^3 = 429\text{ g}$ 的水滴。

3.



第四章 海水的運動

4-1 波浪與海岸地形

- ①風力 ②快 ③久 ④長 ⑤湧浪 ⑥長 ⑦減慢
 ⑧縮短 ⑨增高 ⑩風浪 ⑪湧浪 ⑫碎浪 ⑬慢
 ⑭淺水區 ⑮平行 ⑯侵蝕 ⑰沉積 ⑱沿岸流
 ⑲沿岸漂沙 ⑳離岸 ㉑突堤 ㉒海積 ㉓海蝕

小試身手

答 1.D 2.C 3.CD 4.B 5.A 6.D 7.C

- 解 1. 海面上風速愈快、吹風時間愈久、吹風距離愈長，則波浪就愈大。在離海平面半個波長的水深範圍。
 2. 在波浪的作用之下，水分子呈現橢圓形的運動軌跡，且愈深水分子的運動幅度愈小，水深超過半個波長後就不會有波浪的作用。
 3. 海嘯既為波浪的一種，則其波速會隨水深變淺而變慢，但波高會增高。
 4. 若波浪前進方向沒有垂直海底等深度線，則會往較淺的那一側彎曲。
 5. 波浪會彎折而聚集到岬角，累加的能量致使波浪高度增加，侵蝕作用增強。
 6. 圖中波浪的方向會造成沿著海岸線由右往左的沿岸流，因此，突堤右側是面向沿岸流上游，會發生堆積作用，而左側面向沿岸流下游，會被沿岸流侵蝕、搬運。
 7. 沙嘴是一端和海岸相連，另一端延伸向海的狹長沙洲，經常形成於曲折海岸的灣口，由沿岸流和河流帶來的沉積物堆積而成。

課後練習

1.A 2.D 3.D 4.C 5.B 6.(1)B (2)D

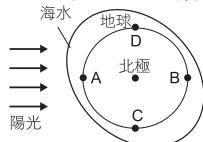
4-2 潮汐與潮流

- ①漲潮 ②落潮 ③滿潮 ④乾潮 ⑤潮差 ⑥引潮力
 ⑦萬有引力 ⑧離心力 ⑨朝向 ⑩背向 ⑪地球自轉
 ⑫月球公轉 ⑬12 ⑭延遲 50 分鐘 ⑮相同
 ⑯相互垂直 ⑰朔 ⑱望 ⑲上弦 ⑳下弦 ㉑2 ㉒大
 ㉓小 ㉔半日 ㉕全日 ㉖混合 ㉗漲潮流 ㉘落潮流
 ㉙大 ㉚臺灣海峽 ㉛大 ㉜小

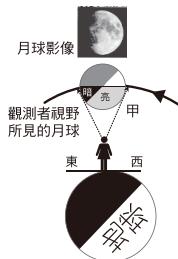
小試身手

答 1.B 2.D 3.D 4.C 5.B 6.C 7.B

- 解 1. (A)第一次漲潮時間比較久；(C)漲潮時間比較長；
 (D)最大潮差不超過 120 公分。
 2. (A)由滿潮的位置可知：月亮的位置應在 C 位置或 D 位置的上空；(B)A 位置是在海水面的乾潮上；(C)C 位置 8 小時後應位於目前的 B、D 位置之間，所以是漲潮。
 3. 三天後地表的海水面隨著月球公轉會如附圖所示，所以 A 位置應在落潮。



4. 月相盈虧是依地球觀測者看到亮半球與暗半球的比例而定，附圖所示即為月球在軌道甲處為地表觀測者視野所見的月球明暗狀況。



5. 要選大潮的時候前往，那時乾潮的水位最低。
 6. (A)臺中港都是半日潮；(B)花蓮和平港的潮高變化較貼切半日潮和混合潮；(D)港口發生半日潮、混合潮和全日潮和地形有密切的關聯，日月地相關位置不是主要的因素。
 7. (A)潮差愈大則潮流愈強；(C)臺灣西岸的漲潮流是由臺灣海峽南、北兩端，往中部臺中、彰化一帶海域流入，因此高雄港與淡水港的潮流方向相反；(D)潮流是日月引潮力所致的潮汐所引起，與季風無關。

課後練習

1.C 2.B 3.A 4.E 5.C 6.(1)B (2)C
 7.(1)A (2)B (3)C

1. 潮汐變化是由於月球對地球的引力所造成的。
 3. 當日是朔或望的日期附近，原則上全球各地都會發生大潮。
 4. 月球相鄰兩次出現在觀測者中天子午線的週期，地球是自轉 ($360^\circ + 6^\circ$)，大約需要 24 小時又 25 分鐘，所以半日潮週期會減少約 12 分鐘。
 5. 滿潮發生時間比前一天晚 50 分鐘，是月球公轉運動所造成，與地形無直接關係。
 6. (1)潮汐週期與地球自轉和月球公轉相關，故週期大約為相同的 12 小時 25 分鐘。
 7. (1)當日是望，所以在甲位置。
 (2)當日太陽與月球的引潮力在同一方向，所以是大潮。
 (3)月球在甲位置時，地表潮汐為大潮，潮差最大，滿潮水位最高，乾潮水位最低。

4-3 洋流

- ①風 ②低 ③大 ④湧升 ⑤風 ⑥密度流 ⑦下沉
 ⑧上升 ⑨上升 ⑩下沉 ⑪上升 ⑫下沉 ⑬上升
 ⑭東北 ⑮東南 ⑯西風 ⑰順鐘 ⑱反鐘 ⑲東北信
 ⑳反鐘 ㉑東南信 ㉒東 ㉓西 ㉔湧升流 ㉕中國沿岸
 ㉖離子 ㉗太陽輻射 ㉘西 ㉙東 ㉚蒸發量 ㉛降水量
 ㉜25°~30° ㉝低 ㉞增加 ㉟高 ㉞混合 ㉜斜溫
 ㉞高 ㉞厚 ㉞冷 ㉞增加 ㉞暖

小試身手

答 1.AE 2.C 3.C 4.CD 5.D 6.C 7.B 8.B 9.A
 10.B 11.A 12.C 13.C

- 解 1. 海流的水平運動主要受到地表長期盛行風向的控制，如北赤道暖流、黑潮等；垂直運動的主要驅動機制是密度的差異，如溫鹽環流。
 2. (A)深層洋流是高密度海水往低密度海水區域移動，緯度不是影響密度的唯一因素；(B)深層洋流環流的時間尺度在數百年～千年範圍；(D)具有大尺度水平運動分量的作用都會受到地球自轉偏向的效應，也就是會受到科氏力的影響。
 3. 大氣環流的主要動力是赤道的強烈太陽輻射，地面空氣上升造成大氣層的垂直循環，在 30°N 沉降後，一般會沿著地面往南回流赤道，因科氏力的作用，向右偏轉，形成東北信風帶。
 4. 北半球受東北信風帶與西風帶組合的順鐘向大氣環流影響，副熱帶表面洋流系統呈順鐘向流動，高緯

度則是反鐘向流動；南半球則是受東南信風帶與西風帶的影響，副熱帶表面洋流系統呈反鐘向流動。

- 5.~6.冬季的中國沿岸流延伸至臺灣西岸海域。
7. 臺灣四周海域離岸十公里外海之表層海水溫度約為 25°C ，而全球海水的平均鹽度約 35‰，故選(B)。
8. 蒸發量愈高，降水量愈少，則海水鹽度愈高；反之，則海水鹽度偏低。
9. (B)赤道洋面水溫最高，但鹽度最高是在蒸發量高於降水量的緯度 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 地區；(C)受冷洋流及湧升流的影響，大洋東側表面溫度較低；(D)表面洋流是行星風系的盛行風所驅動，並非季風，終年流向固定。
10. 海洋表面水溫與太陽斜射角度有關，因此，在正常情況下，緯度愈低，溫度愈高，而夏季會高於冬季；同時因地表信風的吹拂，大洋西側海溫會高於東側。
11. 乙海水層為斜溫層，全世界深水層（丙海水層）的水溫都差不多，混合層（甲海水層）溫度愈高，則斜溫層愈厚。
- 12.~13. 在海洋近表層流動的溫鹽環流，因沿路與大氣層的能量交換，以及太陽的蒸發作用，流至圖中甲處時，低溫高鹽的重海水會下沉，在洋底流至中、低緯度的乙、丙兩處海域便會上升至表層，相較於甲處，乙、丙兩處海水較熱且鹽度較低。

課後練習

- 1.D 2.C 3.A 4.D 5.D 6.B 7.A 8.A 9.D 10.A
11.B 12.A 13.C 14.BCD 15.(1)A (2)B

2. 太陽輻射直射於地球低緯度的區域，故溫度較高，兩極較冷，因此極地的空氣容易下沉，向低緯度移動；而低緯度地區的空氣受熱上升後，向高緯度移動，此現象就形成了全球大氣平均環流。
3. 一般而言，大洋西側盛行暖洋流，東側盛行冷洋流且常有湧升流，故西側水溫較東側高。海水鹽度與大洋東西側無關，是與緯度、淡水移出移入等有關。
4. 黑潮是四季皆會流經臺灣附近。
5. (A)降水量多，會使海水鹽度降低；(B)蒸發量大，使海水水量減少，相對增加鹽度；(C)和(D)與鹽度無關。
6. 海水溫度主要是受到太陽輻射的影響，太陽輻射大約能穿透海水表面下約 100 公尺，低緯度太陽直射海平面，故混合層的溫度較高，斜溫層的厚度較大；而高緯度並無明顯混合層，斜溫層厚度也較小。
7. 圖中的鹽度變化量不大，故可推估丙為鹽度，在低緯度鹽度較低，也代表其處可能降水量較高，故推估甲應為降水量，而乙就是剩下的蒸發量。
8. (A)混合層的變化不大，是由於波浪和洋流的充分攪拌之故。

9. (1)冬季的時候會有中國沿岸流的低溫洋流南下，故表層海水的溫度變化較大。

4-4 大氣與海洋的交互作用

- ①洋流循環 ②增溫 ③東 ④西 ⑤湧升流 ⑥西
⑦上升 ⑧減弱 ⑨減弱 ⑩下沉 ⑪增強 ⑫增強

小試身手

- 答 1.B 2.B 3.A 4.D 5.B

- 解 1. 低緯度地區單位面積接收的太陽輻射能量較多是因太陽接近直射，與海氣交互作用沒什麼關聯。
2. 因赤道附近海域的信風影響（東北信風與東南信風），北赤道洋流由東向西流，南美一帶會有湧升流現象。
3. 隨著洋流的西流，熱海水多積聚在太平洋西側，空氣受熱上升，造成暖溼的型態；而上升的空氣在上空繼續循迴至大洋東側沉降，造成乾燥的氣候。
4. 聖嬰發生時，太平洋赤道附近的熱海水多駐留在中間海域，太平洋西側則反常為沉降氣流，東側沉降的趨勢則較往常和緩。
5. 聖嬰年時，太平洋西側轉為乾燥氣候型態，東側則較往常的雨量增加。

課後練習

- 1.C 2.C 3.D 4.B 5.D 6.AE

實力評量

- 1.C 2.A 3.E 4.A 5.E 6.B 7.B 8.B 9.B 10.B
11.B 12.D 13.E 14.D 15.E 16.A 17.C 18.E
19.C 20.BD 21.ADE 22.AE 23.BD 24.BCE
25.AD 26.BE 27.ABD

1. (A)波浪形成的原因除了風吹過海面以外，氣壓變化、海底火山或地震活動等也都會造成波浪；(B)(D)波浪傳近陸地時，若兩側水深不同，會依折射原理往水較淺（波速較慢）的那側偏轉，因此，較多的波浪會偏離海灣，並密集至突出海岸線的海岬處，致使海灣處易沉積而往外擴寬，海岬處則因波浪侵蝕而後退。
2. 從圖可看出此地的潮汐週期大致呈現標準的半日潮，隔日同一時段大致會延遲 50 分鐘，當日 11 點鐘為乾潮，所以隔日 11 點鐘應還在退潮，直至 11 點 50 分才會達到乾潮。

3. 半日潮的漲落潮週期為 12 小時 25 分，但此題問漲潮時間，表示由乾潮到滿潮的時間，所以為半日潮週期的一半時間 6 小時 12.5 分。
4. 坡度愈平緩，海岸裸露的潮間帶面積愈大。
5. 黑潮流經臺灣東岸，在蘇澳附近是往北方流。
6. 甲處最靠近中國沿海，所以受冷流影響最大而呈現最低溫；丙處最靠臺灣東岸，深受黑潮暖流影響而呈現最高溫。
8. 含輻射的廢水會隨親潮的流向移動。
10. 海水表面溫度大致上與緯度相符，愈低緯度的海水溫度愈高；鹽度的高低主要是受蒸發與降雨的影響，蒸發愈旺盛且降雨愈少，則鹽分愈高。赤道雨林區雖然蒸發量多，但是降水量更大，所以鹽度比中緯度稍低；高緯度則因為蒸發量較小，融解的冰又降低了鹽度，因此鹽度最低。故此題答案選(B)。
11. 表層海水的密度愈大於深層海水，則有利於表層海水的下沉，造成該海域的海水垂直對流。
12. (A)通常下層的營養鹽較多；(B)題目已說明密度差異大到明顯分成上、下兩層的穩定海域。因此上層密度小，下層密度大，海水不易發生對流作用，產生混合作用；(C)上層海水的 CO_2 較下層少；(D)溶氧量隨著海水的深度增加而減少；(E)下層的海水溫度較低。
13. (A)～(E)各選項時間點的潮汐現象如下圖所標示，其中(E)是位於最低水位，最適合進行潮間帶地質觀察。
-
14. 距離河流出海口極遠，可不必考慮河川淡水使海水鹽度降低。沒有湧升流則可不必考慮深層營養鹽使海水鹽度增加。鹽度與蒸發量、降雨量有關，蒸發量高則鹽度高，降雨量高則鹽度低。圖中 8 月分降雨量明顯高於蒸發量最多，所以鹽度最低。1 月分與 12 月分降雨量明顯低於蒸發量最多，所以鹽度最高。故選(D)。
15. 地中海的鹽度比大西洋的鹽度高，所以 $S_1 < S_2$ ，但要維持地中海的鹽度不變，所以 $S_1 \times Q_1 = S_2 \times Q_2$ ， $Q_1 > Q_2$ 。
18. 「反聖嬰」現象時：(A)赤道向西吹之貿易風（信風）增強；(B)南美洲西岸沿海的湧升流增強；(C)溫暖的海水向西移到西太平洋會增強；(D)澳洲達爾文港（位於太平洋西岸）的氣壓比大溪地（位於太平洋東岸）的氣壓低；(E)東南亞與澳洲北部等鄰近地區為高溫區（氣壓較低），所以大氣對流活動增強。
19. 聖嬰現象發生時，赤道東太平洋因為海水水溫及大氣溫度較正常年略高，所以海平面的氣壓較正常年下降。反

之，赤道西太平洋則略微上升，題目表中僅有 2028 年符合。

21. 各個海域的海鹽濃度可能會因地理環境的差異而有變化，但不同鹽類間的比例會維持恆定。深層海域因沒有太陽輻射，海水較表層低溫且密度大，同時因較無法進行光合作用，所以極少浮游植物分布（葉綠素濃度較低），消耗的氧氣沒有補充的管道而呈現低氧狀態。
22. 湧升流的水來自海洋深層水，溫度低、溶氧量低；同時此區域的表層水會離陸往外流，深水層、斜溫層往上擴展，混合層通常較薄。
25. 在農曆朔、望時，月球與太陽的引潮力方向相同，因此潮差最大。（望的月相為滿月）
26. (A)是與地球公轉有關；(C)是與地球自轉有關；(D)是與地球公轉有關。

素養題

1.B 2.C 3.C

- 主要由沿岸流帶來的漂沙堆積而成。
- (C)河水從上游挾帶大量泥沙，將使海埔地區沙洲擴大。
- 雲林沿海地區地盤下陷的主要原因为超抽地下水。

第五章 宇宙與天體

5-1 不同尺度的天體

- ①88 ②分辨方向 ③氫 ④誕生 ⑤暗 ⑥發射
- ⑦反射 ⑧死亡 ⑨行星狀 ⑩超新星遺跡
- ⑪萬有引力 ⑫球狀 ⑬銀暈 ⑭疏散 ⑮旋渦臂
- ⑯恆星 ⑰星團 ⑱星雲 ⑲螺旋 ⑳棒旋 ㉑棒狀
- ㉒恆星 ㉓橢圓 ㉔旋渦臂 ㉕不規則 ㉖旋渦臂
- ㉗棒旋 ㉘核球 ㉙盤面 ㉚銀暈 ㉛疏散 ㉜星系群
- ㉞星系團 ㉟超星系團 ㉞室女座 ㉟天文單位 ㉞光年
- ㉞120 億

小試身手

答 1.D 2.B 3.B 4.C 5.B 6.E 7.B 8.B 9.D
10.B 11.E 12.D 13.C

- 解 1. 恒星距離地球都很遠，在夜空感覺不出其位置的變化，古人是根據眼睛直覺，將視角鄰近範圍的恒星劃分為同一個星座。
2. 星體在視線方向的位移距離，無法從其與星座的相對位置觀察出來。
3. 星雲是以氫為主的氣體和塵埃所組成。
5. (A)和(C)所述都是球狀星團的特性。

- 6.~9. 太陽、星雲和疏散星團都在本星系盤面上，人馬座 M22 球狀星團則在銀河銀暈中。
10. 本星系因銀河系直徑為 10 萬光年，地球離銀河中心約 2 萬 6 千光年，所以表中與地球距離大於 7 萬 4 千光年者，應位於銀河系外。
11. 宇宙的組織架構由大而小應為：星系團→星系→星團→恆星。
12. 仙女座大星系的距離應要大於銀河系直徑，但小於現知的最遠星系距離。
13. 光年為光在一年的時間範圍內所前進的距離，因此目前所看到的 130 億光年天體影像，即為當初 130 億光年前的天體影像。

課後練習

1.A 2.C 3.B 4.B 5.D 6.D 7.C 8.D 9.C 10.D

11.(1)B (2)ACD

- 星雲和恆星同是由星際的氣體和塵埃組成。
- 從圖片可看出 M45 星團與 M13 星團分別為疏散星團與球狀星團，有關星團的恆星數量與分布狀況，都可以從照片中看出來，而兩種星團在銀河系內的分布區域不同，所以恆星的演化狀況與年齡也不同，疏散星團組成星的年齡一般會比球狀星團組成星年輕。
- 核球是恆星密集之處；盤面是一股一股的旋渦臂所構成的面，每股旋臂上有光亮的恆星（內部核反應）、星雲（發亮的星雲是因原子被激發所發出的光）、塵埃，以及疏散星團。
- 星團是恆星集結的組織。
- 光年為光走一年的距離。
- (D)目前的太空船還無法以光速前進，故前往織女星所需的時間必定遠大於 26 年。
- (1) M31 星系是本星系外的天體，其餘三者皆是本星系的成員。

5-2 膨脹中的宇宙

- ①138 ②膨脹 ③冷卻 ④氫原子 ⑤宇宙背景輻射
 ⑥恆星 ⑦紅位移 ⑧距離愈遠 ⑨宇宙微波背景輻射
 ⑩光譜 ⑪譜線 ⑫波長 ⑬短 ⑭藍移 ⑮長 ⑯紅移
 ⑰快 ⑱光譜紅移量 ⑲距離 ⑳ $V = H_0 D$ ㉑遠
 ㉒膨脹 ㉓哈伯時間 ㉔137.72 億 ㉕宇宙微波背景輻射
 ㉖大爆炸 ㉗紅外線 ㉘3 ㉙微波

小試身手

答 1.B 2.D 3.BF 4.A 5.B 6.BD 7.A

- 解** 1. 「大霹靂」所提及的宇宙是由一團密度極大且炙熱的電漿爆炸，再快速膨脹、冷卻至今。
2. 宇宙演化的歷程是氫先形成後、再形成恆星和星系，所以宇宙大爆炸的時間要比星系形成來得更早，而隨著氫原子的形成，原爆炸出來的熱輻射沒有繼續被吸收，宇宙空間才開始出現宇宙背景輻射的電磁波。
3. 光譜上的譜線是依波長長短循序排列，可見光波段大致在 380 nm (紫光) 至 760 nm (紅光) 範圍內；而光源 (恆星) 一旦與觀測者之間有相對靠近或遠離的運動，光波長就會因都卜勒效應而改變。
4. 「紅移」是因光源遠離觀測者而波長被拉長的現象，光譜的譜線會有系統地往紅色的那一端偏移，所以，圖中恆星的 a、b、c 三條譜線應該要往右側移動。
5. 圖中 a、b、c 三條譜線愈往右偏移，則紅移量愈大，遠離地球的速度愈快。
6. 星系甲及星系乙的光譜譜線波長均變長，均為遠離地球所造成的紅位移現象，只是星系乙的紅位移量 (波長變化量 500 nm – 486 nm) 相較於星系甲 (波長變化量 492 nm – 486 nm) 比較大，遠離的速度較快。
7. 宇宙微波背景輻射充斥在整個宇宙空間，是宇宙大爆炸後殘餘的熱輻射。

課後練習

1.C 2.C 3.A 4.D 5.AF 6.BD

- 星系在遠離地球才會有紅位移現象。
- 星系奔離地球的速度 = $H_0 \times$ 距離， H_0 為哈伯常數。若星系的距離確定，則哈伯常數愈大，星系奔離的速度愈快，即表示宇宙膨脹的速度愈快，而要達到目前星系相對距離所需的時間會比較短，宇宙演化經歷的時間比較短 (意即比較年輕)。
- (A) 星系距離的遠近與年齡無關；(B) 「137 億光年」只能說最早的星系是出現在最遠 137 億年前；(C) 距離愈遠則輻射能量愈弱是能量分散所致，與「霹靂說」無直接關係；(D) 星系距離與紅位移 (奔離地球速度有關) 的關係，就是「霹靂說」所提及的宇宙膨脹概念。
- 甲、丙恆星的光譜有「藍移」現象，乙、丁恆星的光譜則為「紅移」；藍移量與紅移量愈大 (即譜線波長變化量愈明顯)，靠近與遠離的速度都比較快。
- (A) 恒星是在宇宙大爆炸後 4 億年才開始形成。
 (B) 宇宙微波背景輻射出現時，氫原子才剛形成，宇宙還沒有恆星。
 (C) 隨著宇宙膨脹，星系彼此在遠離。
 (D) 哈伯常數愈大則星系奔離速度愈快，因而宇宙膨脹也愈快。
 (E) 宇宙目前持續膨脹及冷卻中。

5-3 恒星的亮度與顏色

- ①小 ②2.512 ③視星等 ④亮 ⑤暗 ⑥9 ⑦1/9
 ⑧1/100 ⑨增加5等 ⑩絕對星等 ⑪發光能力 ⑫高
 ⑬高 ⑭短 ⑮可見光 ⑯低溫 ⑰高

小試身手

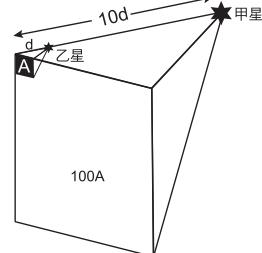
答 1.C 2.C 3.D 4.B 5.C 6.D

- 解 1. (A)從表中看不出體積大小；(B)恆星溫度與星色有關，從表中也看不出來；(C)絕對星等愈小，其發光能力愈強，故此選項無誤；(D)視星等愈小，其看起來的亮度愈強，故甲才是從地表上看起來最亮的恆星。
2. 每增加1星等，亮度會較暗為 $1/2.512$ 倍；所以，甲星視星等的亮度是絕對星等的 $1/(2.512)^5$ 倍，約為 $1/100$ 倍。
3. 亮度為 $1/100$ 倍，係表示距離為其10倍，所以是 $32.6 \text{ 光年} \times 10 = 326 \text{ 光年}$ 。
4. (視星等—絕對星等)所得的數值愈小，代表離地球愈近，甲相差5，乙相差1，丙相差13，丁相差2，所以乙恆星的距離最近。
5. 在可見光波段，甲星體的藍紫光輻射強度強過其他顏色的光波，因此星光顏色偏藍；同理，乙星體偏黃，丙星體則偏紅。
6. 星體的表面溫度是影響其輻射能量曲線分布的主要因素。

課後練習

- 1.A 2.B 3.C 4.C 5.C 6.(1)D (2)B (3)C
 7.(1)E (2)E (3)D

1. 底片成影是化學反應，星點愈大，顯示進入相機的能量愈多，亦即星點愈亮。
2. 絕對星等是在相同距離(32.6光年)的亮度表現，所以只與恆星的發光能力(光度)有關。
3. 火星與海王星為行星；白色恆星的溫度較黃色恆星高。
4. 甲、乙兩顆星體的視星等(亮度)相同，就表示兩顆星體所輻射的光擴散至與地球同等距離的球面時，單位面積所穿透的能量相同。但因甲、乙兩顆星與地球的距離為 $10:1$ ，則如附圖所示，兩顆星相同輻射角度範圍的光束擴散面積比為 $100:1$ ；綜合前述的兩個觀點，甲、乙兩顆星每秒鐘所釋出的總輻射能量應為 $100:1$ ，意即乙星體的絕對星等要比甲星體多5星等(因 $2.512^5 = 100$)。



6. (1)視星等愈小的恆星，我們看到的亮度最強。
 (2)每個星等間的亮度相差2.5倍左右，故可知表中最大與最小的視星等亮度相差 $2.5^{0.8 - (-1.5)} = 2.5^{2.3}$ 。
 (3)恆星的溫度與星色有關，藍色溫度最高，紅色溫度最低。
7. (1)藍白色的星體溫度最高。
 (2)每差一星等，能量增為原來的2.5倍左右。
 (3)從地球上觀察，無法判別視線方向的距離遠近。

5-4 不同波段的天文觀測

- ①可見光 ②無線電波 ③人造衛星 ④可見光 ⑤微波
 ⑥無線電波 ⑦大氣擾動 ⑧短 ⑨高

小試身手

答 1.D 2.B 3.C 4.C 5.D

- 解 1.~2. 電磁波經過大氣層到達地球表面時，大部分波段會被大氣吸收或反射回太空，只有可見光與無線電波因為不太被大氣吸收或反射，故可抵達地表。
3. 一般天體的距離都很遠，太空望遠鏡擺放的位置對距離的影響有限。
4. 圖(a)的亮區就是類似太陽恆星所釋出的可見光，圖(b)是黑洞中心向外沿磁場噴出的高能物質所發出的X光。圖(c)偵測到的紅外線來源，主要是恆星尚未形成時的周圍低溫氣體。
5. (A)三波段中，X光一定得在大氣從以外的外太空觀測。(B)X光及紅外線不是人眼可以直接看到的波段，都必須先以特定的觀測儀器接收後再數值化，並進一步分析出結果。(C)三波段都是以光速傳遞的電磁波，只差在波長、頻率的不同。(E)圖(a)盤面上高密度的暗雲氣是不透光的。

課後練習

- 1.A 2.E 3.D 4.AB 5.ACD

3. 無線電波望遠鏡適合觀測較低溫的天體或氣體。
 5. 水氣充沛之處大氣擾動嚴重，並非理想的天文觀測地點。

5-5 天體運動

- ①中心 ②天球赤道 ③一天 ④23.5 ⑤一年
 ⑥天球北極 ⑦天球南極 ⑧春分點 ⑨秋分點
 ⑩天北極 ⑪15° ⑫緯度 ⑬北極星 ⑭北極 ⑮赤道
 ⑯北回歸線 ⑰南、北極 ⑱赤道 ⑲黃道十二宮
 ⑳春分點 ㉑秋分點 ㉒夏至點 ㉓冬至點 ㉔1
 ㉕4分鐘 ㉖1 ㉗提早4分鐘 ㉘西偏移約1度

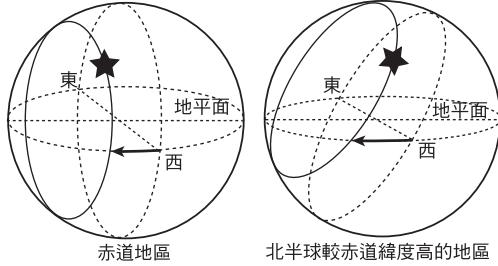
小試身手

答 1.B 2.C 3.D 4.A 5.B 6.C 7.B 8.C 9.C
10.D 11.D 12.D 13.C 14.B 15.C

解 1. 天球是猶如套在地球外面的一個巨大空心球殼，而天上的星體就鑲在此空心球殼上，並以地球自轉的反方向繞著地球自轉軸旋轉，一天旋轉一圈。

3. 由北極上空往下看：地球是呈反鐘向方向旋轉，所以星體相對在天空是順鐘向方向水平旋轉。4. 和 5. 星體在天空的運行方向必是由東向西，甲～丙可先依地理方位決定南、北向，而自轉軸會垂直星體的運行軌跡面，自轉軸若在北方朝上與天空相交，該焦點即為天北極，由天北極與地面的夾角可判斷當地的緯度。

6. 恒星（太陽除外）在天球的位置是固定的，隨著地球的自轉，東升西落的軌跡不會因季節而發生改變。但觀測地點由赤道愈往高緯度地區，北天球上恒星（如織女星）的升落位置，如附圖箭頭長度所示，會比較偏北，甚至在更高緯度地區會發生整天 24 小時都會出現在天空的狀況。



7. 秋分時，從地球看過去，太陽會投影在室女座的位置。
8. 半年後，也就是春分時，隨著地球的自轉，當室女座出現在觀測者的中天子午線上（其東升西落軌道的最高點）時，太陽應相對於觀測者，位於其腳底正下方，亦即午夜 12 點（凌晨 0 點）。
9. 黃道上共有 12 個星座在天球上環繞成一圈，每個星座約間隔 30° ；當室女座出現在觀測者的中天子午線上，因地球自轉與公轉同向，則與其相隔近 90° 的人馬座就會出現在東方地平線上。
10. 火星在黃道上投影位置的變化，與太陽在黃道上投影的原理相同。
11. 恒星在天空是旋繞天北極，與地球自轉有關，而太陽的移動是地球公轉的結果。
12. ~14. 地球自轉一周時，也在公轉軌道上移動近約 1 度，因此，每隔一天同一時間所看到的同一顆星星，都向西偏移約 1 度，即星星會提早 4 分鐘出現（24 小時 \times 60 分鐘 / 360 度）。
15. 恒星每天提早 4 分鐘升起，即每天同一時間觀察，則其位置會往西移動 1° （反鐘向往圖左側旋繞 1° ）；秋分時，北斗七星大致比現在多旋繞 270° ，會出現在海平面之下。

課後練習

1.E 2.B 3.D 4.D 5.B 6.C 7.A 8.B

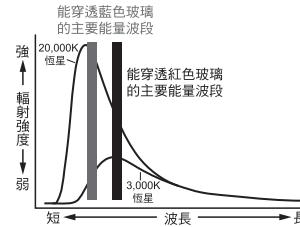
9.(1)E (2)A 10.(1)A (2)D (3)C (4)B (5)A

1. (E) 應為天北極與地平線的夾角才為觀測者所在的緯度位置。
2. a、d 時間皆為一天，b、c 時間皆為一年。
3. (A)(B)(C) 從星跡圖是看不出恆星距離地球的遠近。
4. 天狼星為太陽系外的恆星，因距離地球遠，相對位移的變化在短時間內不會察覺。
5. 同一顆天體，每隔一日會提早 4 分鐘出現。
6. 只有太陽系的行星才會沿著黃道附近的區域移動。
10. (1) 地球在甲位置時，太陽位於雙子座的方向上，故可知日期約為 6/22，最接近夏至。
- (4) 每過 4 分鐘，天球上的每顆星星會向西偏移 1 度，故 2 小時後巨蟹座會位於雙子座的位置上。

實力評量

1.D 2.D 3.B 4.E 5.D 6.D 7.A 8.B 9.C 10.D
11.D 12.D 13.A 14.B 15.A 16.D 17.B 18.C
19.BD 20.DE 21.ACF

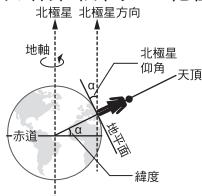
4. 依公式化整成 $d = 10^{\frac{m-M+5}{5}}$ ，所以 $m-M$ 的值愈大則距離愈遠。
6. (A) 煙花的火光為化學能；(B) 火星是反射光；(C) 藍色的花也是反射光；(D) 恒星和熔岩都是熱輻射；(E) 瓦斯燃燒是化學能。
7. 恒星表面近似黑體輻射，從圖中表面溫度 8000K 恒星的輻射曲線可看出：各個波長的電磁波各有不同的輻射能量，只是 400 奈米的電磁波具有最強的輻射能量。
9. 不同溫度（表面溫度）恒星的輻射狀況如附圖所示；對特定溫度的同一天體，經紅、藍色玻璃過濾後的兩波段能量，會呈現大致固定的能量比例，所以，比對兩波段的亮度差異可初估該恒星溫度的高低。但對於天空中距離各不相同的恒星，要考慮輻射能量隨距離擴散的現象，不適宜以單一波段的能量強弱（如只憑藉藍色玻濾光的亮度或只憑藉紅色玻濾光的亮度）做為溫度比較的依據。



10. 地表上可看見可見光和無線電波，在高層大氣可見紅外線和紫外線，若是 X 光望遠鏡、 γ 射線望遠鏡則一定要在宇宙當中才可以看得到。

13. 星系奔離地球的速度與距離成正比。

14. 如附圖所示，北極星的仰角就是當地的緯度 (α)。



15. 在 23.5°N 所看到的北極星高度（即仰角）為 23.5° ，所以只要該恆星與北極星在天空張開的角度在 23.5° 以內，永遠可以在地平線上看到該恆星。

16. 在赤道地區，看到北極星出現在北方的地平線上，南極的指向位於南方地平線上，地球的自轉軸平行地平面，故所有星星依據地球自轉軸呈與其垂直方式運動，所以看起來皆以 90° 度的方式垂直地平面在天空中運行。

18. 由圖看出，春分與秋分時，日出正東方，日落正西方。夏至日出東偏北，日落西偏北。冬至日出東偏南，日落西偏南。雖然夏天、冬天沒有一定的日期起迄，但可以夏至、冬至來推測，冬天的落日方位比夏天偏南。

19. 恒星天體表面溫度從高溫到低溫，依序會呈現藍、白、黃、橘、紅等顏色。但是，(D)與(E)選項為太陽系中的行星，行星本身不發光，呈現的顏色與其化學成分有關，而表面溫度則與太陽的距離有關，離太陽愈近溫度愈高。而恒星本身會發光發熱，溫度一定比行星高，故本題答案為(B)發藍光的恒星與(D)離太陽較遠的行星。

20. 恒星的星等數值愈大則愈暗，且每多一星等，亮度會減為原來的 $1/2.5$ 倍左右。北極星的視星等既然比織女星多兩星等，則其亮度應為織女星的 $(1/2.5)^2$ 倍。人類肉眼所能看到的恒星亮度極限大約為 6 星等。

21.(1)面向北方，右為東方，左為西方。因為地球自西向東自轉，看來的日、月、星辰皆自東向西繞天北極公轉，所以星辰的周日運動方向為逆時針方向旋轉。

(2)以任一顆恒星曝光弧線連接到天北極，在天北極處的夾角約為 30° 。因為星辰大約 24 小時繞轉天北極一圈，經過 360° ，即每小時繞轉 15° ，所以曝光時間約 2 小時多。

(3)最正確的解答為天北極，北極星在這附近，與天北極約有 0.5° 的偏差。

素養題

1.BC 2.B

1. 以接收可見光的光學望遠鏡而言，大氣分子幾乎不吸收該波段，可是大氣的對流擾動卻會嚴重影響觀測所得的

影像品質，而且大氣中顆粒較粗的懸浮微粒也會對可見光產生消光和散射的效應。

2. 次毫米波介於無線電波和紅外線之間，只能在海拔 4000 公尺以上，氣候乾燥且氣流穩定的高地才能觀測到。

第六章 氣候變遷

6-1 地球歷史上的氣候變化

- ①冰室氣候 ②溫室氣候 ③冰期 ④間冰期 ⑤中生代
- ⑥冰室 ⑦板塊運動 ⑧風化作用 ⑨增大 ⑩少
- ⑪更低 ⑫10 萬 ⑬冰期 ⑭間冰期 ⑮傾角 ⑯進動
- ⑰10 萬 ⑱26,000 ⑲北半球 ⑳大 ㉑大 ㉒大 ㉓小
- ㉔遠日點 ㉕間冰期 ㉖新仙女木 ㉗小冰期 ㉘下降
- ㉙擴大 ㉚減少 ㉛低

小試身手

- 答 1.D 2.C 3.B 4.D 5.A 6.E 7.D 8.C 9.A
10.ABD 11.AD 12.C

- 解 1. 破壞森林可能會造成該地的降雨量變少以及氣溫上升。
3. 中生代一直處於溫暖的溫室氣候，這種狀態持續維持至新生代早期距今 5 千萬年前，才因喜馬拉雅山等造山運動而氣溫變冷，目前是在冰室氣候期間。
4. 火山活動會釋出大量二氧化碳等溫室效應氣體，讓地球氣溫上升。
5. (B)冰期與間冰期的氣溫差異最大，以 $10\sim15$ 萬年的那一次冷暖變化而言，溫差應在 5 度左右，而週期大概在 10 萬年左右；(D)人類的影響主要在工業革命之後。
6. 地球公轉軌道已極近乎圓形（離心率約為 1%），所以太陽輻射能量沒什麼改變。
7. 自轉軸傾斜最大，且夏至時在近日點附近，季節溫差最大。
8. 新仙女木事件是地球從末次冰盛期進入間冰期時，所發生的一次短暫回冷事件。
9. 鹽度減少造成洋流的海水密度變小，下沉趨勢減弱，也影響了從低緯度流往中、高緯度的表面洋流流速。
- 10~11. 降水累積成冰原，導致海平面下降；冰原面積擴張使得反射陽光增強，地面吸收太陽輻射量減少；由於過於寒冷，蒸發量低、雨量減少，沙漠因而隨之擴張。
12. 冰斗、冰磧石等冰川遺跡，山椒魚、櫻花鉤吻鮭等冰河子遺物種，以及針葉林分布的海拔高度低等現象，只能說明臺灣在冰期中有發育出高山冰川。

課後練習

1.A 2.A 3.B 4.D 5.D 6.A 7.C 8.BCD

9.(1)D (2)C (3)C 10.(1)A (2)D

1. (B)地面覆蓋的冰層面積減少會導致地表反照率減少；
 (C)二氧化碳排放量降低會減緩溫室效應，但對以可見光能量為主的太陽輻射則影響有限；(D)地表海水覆蓋面積增加會吸收更多的太陽輻射。

3. 冰室氣候與火山爆發頻率無直接關係。

4. (C)旺盛的風化作用會消耗大氣中的二氧化碳；二氧化碳為溫室氣體，減少會使地球溫度降低。

6-2 全球暖化

①變快 ②溫室氣體 ③大氣污染 ④土地過度利用
 ⑤化石燃料 ⑥上升 ⑦二氧化碳 ⑧水循環 ⑨增高
 ⑩甲烷 ⑪降低

小試身手

答 1.A 2.C 3.BCD 4.E 5.A 6.BD 7.B

解 1. 氣溫和二氧化碳濃度從圖中曲線可做比較判讀，兩者增減趨勢大致相同；氣溫愈高，則地表冰川的數量減少，海平面高度愈高。

2. 從圖中判讀分析氣溫與二氧化碳濃度兩條曲線的關係。

3. (A)冰是地表常見的高反射率物質，分布面積減少則會增加地表對太陽輻射的吸收量；(C)及(D)氣候暖化造成大氣中可容納的水氣量變大，導致降雨量的差異變大且分布不均，各地極端氣候頻傳，氣候災難增加；(E)冰川融化造成水源的不斷萎縮和淡水儲量的流失。

6.~7. 大氣中的二氧化碳濃度增加，大氣與海洋的溫度都會增加，而海水會溶解更多的二氧化碳而酸化，pH值下降。

課後練習

1.C 2.C 3.A 4.B 5.D 6.BC 7.AC 8.BCD

1. (C)由於全球暖化的影響，各地的冰雪大量融化，導致海平面上升。

2. (A)主要的溫室氣體為二氧化碳和甲烷；(B)溫室氣體是吸收地表的長波輻射，使地球暖化。

5. 臭氧層變薄是氟氯碳化合物對臭氧層的破壞所致。

8. (A)(B)冰川快速消退會使海平面上升，陸地面積減少；(C)白色的雪能反射80~90%的太陽輻射。

6-3 氣候調適

①聯合國氣候變化綱要 ②京都議定書 ③巴黎協議

④減緩 ⑤調適

小試身手

答 1.B 2.D 3.C 4.B

解 2. 京都議定書主要是針對人類使用化石燃料的這個議題，所以涉及到的是煤與石油所在的岩石圈，以及大氣圈。

3. (A)(B)調適是調整和適應，非停止和降低；(D)兩者無法互相取代。

4. (A)只有調適，沒有減緩溫室氣體排放的作用；(C)是一個好的減緩措施，但開發水力發電不但會對環境造成衝擊，也有潰壩成災的風險，所以對調適是不利的；(D)開墾山林及河岸溼地是在減少碳匯的管道，無法達到減緩的目標，也不是調適的好作為。

課後練習

1.B 2.B 3.D 4.C

1. (B)應是開發中國家應「提高努力」，與時俱進減排。

2. 減緩的理念非為強迫禁止，是找尋和提倡方法來降低碳排放量。

實力評量

1.D 2.E 3.D 4.A 5.B 6.D 7.ACD 8.AB 9.AE

10.CD 11.AD 12.(1)BC (2)E 13.(1)A (2)A

1. 冰河期間，冰原會從極區開始向赤道擴大，海平面會因此下降，臺灣海峽的海底深度只有幾百公尺，海底有可能會浮出海面，歐亞大陸的動物便有可能來到臺灣。

5. 即使能完全做到公約上的規範，也只是使氣候變遷的衝擊緩一些，而無法阻止全球暖化的趨勢。

6. 目前國際環保的趨勢是降低碳的排放量、正視全球暖化的問題以及生物多樣性的保育行動，推廣日常生活節能減碳解決暖化問題以及物種消失的困境。

8. 全球氣溫的上升，會導致地表冰川分布面積的減少、海平面的上升。失去厚重冰層覆蓋的陸塊將須上升，以達到新的地殼均衡狀態。融冰所產生的大量淡水注入海洋後，會稀釋該地區表層海水的鹽度，將不利於溫鹽環流的下沉循環作用。全球水循環也將因氣溫的上升而增強，水氣蒸發量及降水量都會增加，但各地會出現極端差異，導致水災與旱災頻傳。至於火山噴發活動旺盛而釋出大量溫室氣體，可能是引發間冰期發生的因素之一，但卻不是地球進入間冰期後所造成的結果。

10. (A)聖嬰現象與海洋、大氣之間的交互作用有關，與全球暖化無關；(B)懸浮微粒會吸收太陽輻射，也散射太陽輻射，火山灰就是懸浮微粒的來源之一，懸浮在平流層的火山灰會造成平流層的氣溫升高，它的強散射效應，增加反照率，減少進入對流層的太陽輻射量，反使地表附近氣溫下降；(E)臭氧層破洞是氟氯碳化物造成的，與全球暖化的議題無關。

11. (A)1990、1998 與 2005 三個豐水年的降雨量依序愈來愈多；(C)題目提及年降雨時數有減少趨勢，降雨強度 = 降雨量/降雨時數，所以該三個豐水年的降雨強度應愈來愈高；(B)相較之下，1993 與 2002 兩個枯水年的降雨量變少但差異不顯著；(D)隨著降雨時數的減少，枯水年的降雨強度未必愈來愈低；(E) 1989~2009 的 20 年間，豐枯水年共有 5 次，平均 4 年一次，而 1949~1989 的 40 年間發生 4 次，平均約 10 年一次。

12. (1)岩石風化及石灰岩沉積都會減少大氣中的二氧化碳量。
(2)現今的全球暖化問題是在於化石燃料的使用。

13. (1)(B)極地地區為溫鹽環流的發源地，而非表面海流的發源地；(C)極區內有永凍層，夏季時不會融化；(D)冰川融化進入海洋會造成海平面上升。
(2)(B)應為當時大氣的主要成分，如：氮和氧；(C)文中提及：南極冰芯可研究到 65 萬年前；(D)工業革命後，二氧化碳與甲烷氣體含量逐漸升高，兩者為造成現在溫室效應變嚴重的重要氣體。

素養題

1.B 2.上升 1.1°C 3.A 4.D

1. (B) 1940~1965 年間的全球平均溫度觀測值，較貼近同時考量自然與人為因素的氣候模擬數值。

2.

| Year | SP2-4.5 (°C) | SP3-7.0 (°C) | SP4-8.5 (°C) |
|------|--------------|--------------|--------------|
| 1950 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 2000 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 2015 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 2100 | 1.5 | 2.0 | 2.2 |

3. SP2-4.5、SP3-7.0 和 SP4-8.5 三種情境模式，在 2100 年的模擬值都大於 2。
4. (D)選項的作為比較類似 SSP3-7.0 的不平等情境模式，依此情境模式的預估：未到 2050 年地球均溫的升溫幅度就會超過 2°C。

第七章 資源利用與永續發展

7-1 永續發展

- ①21世紀議程 ②可再利用 ③有效性 ④承載力
⑤負荷 ⑥降低負荷 ⑦提高承載力

小試身手

答 1.D 2.D 3.D

- 解 1. (A)在追求經濟發展時，也應同時維護地球資源；(B)現代人類的生活品質也要維持；(C)並非每種資源都可再利用。
2. 甲、丁分別是在提升水資源及再生能源的承載力；丙、戊分別是在降低水資源消耗及環境汙染所造成的負荷。
3. (A)環境的負荷是指從環境取用的資源量；(B)地球目前的環境負荷已超逾承載力，須強化環境永續的作為；(C)海水入侵地層後是不可逆的作用，地底的淡水资源無法永續再生。

課後練習

1.A 2.C 3.D 4.C

4. (C)全球暖化即是負荷大於承載力所產生的現象。

7-2 資源利用

- ①金屬 ②非金屬 ③礦床 ④非再生 ⑤沉積盆地
⑥再生 ⑦含碳量 ⑧酸雨 ⑨高孔隙 ⑩不滲透
⑪光電轉換 ⑫光熱轉換 ⑬火山 ⑭東

小試身手

答 1.A 2.B 3.A 4.C 5.D 6.C

- 解 1. 礦物經特殊地質作用而富集，如具經濟開採價值即稱為礦床。
2. 油氣田除了要有高孔隙的岩層（如砂岩層）作為儲油層，其上還要有不滲透性的蓋層（如頁岩層）加以封閉。
3. 油田的形成必經由沉積作用的過程，因此大都產生於沉積盆地，而在變質岩、火成岩中均不會生成。
4. 油田中的物質會依其物質狀態和密度，在岩層中由上而下依序分離為氣、油、水三個區段分層。
5. (A)太陽能板是利用半導體的光電效應，將太陽能轉換為電能；(B)水力發電是利用河流的水位落差來發電，一般河流在中上游河道較陡，水位落差較大；(C)地熱能是來自地球內部的熱能，不是太陽能。

6. (A)黑潮係以其洋流流動的動力為發電主力；(B)臺灣西部海域主要為大陸棚，水深不及 100 公尺，沒有深層的冷海水分布；(D)河流的能量資源著重在水力發電方面。

課後練習

1.C 2.C 3.D 4.A 5.A 6.A 7.D 8.ABD 9.CDE

- (A)(B)(D)為非再生能源。
- 石油大都產生於沉積盆地內。
- (A)核能的主要原料為放射性元素；(B)目前大都是以核分裂的方式發電；(C)不會產生大量廢氣，但會產生核廢料。
- (A)水力是利用水位落差來發電。
- 現在一般在加油站的生質能為生質柴油和生質酒精，是從能源作物或廢油脂提煉而成，再添加到化石柴油內。
- (C)需要有背斜的構造。
- (A)是利用海水的溫度差來發電；(B)是利用海水的鹽度差來發電。

7-3 永續資源與環境

- ①分配不均 ②增加 ③資源短缺 ④大量汙染物
 ⑤減量 ⑥回收 ⑦再利用 ⑧社會可行 ⑨環境友善
 ⑩永續環境 ⑪永續社會

小試身手

答 1.A 2.ABC 3.B

- 解 1. 應該鼓勵並設法減少消耗。
 2. (D)地下水也是水資源的一種，且過度使用地下水，會造成地層下陷。
 3. 永續發展的策略，需要民眾的支持與落實。

課後練習

1.A 2.C 3.B 4.ACD 5.ABC

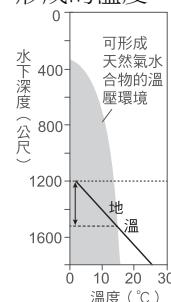
- (A)例如：石油主要生產在非洲。
- 應該減少負荷，減少廢棄物與汙染。

實力評量

1.D 2.B 3.B 4.A 5.A 6.D 7.CD 8.BDE
 9.ABE

- 潮汐主要來自月球與太陽的引潮力。
- 水的密度 > 石油的密度 > 天然氣的密度，故天然氣在最上層，水在最下層。
- 頁岩呈深灰色、黑色或紫紅色，時常含許多有機物而成為炭質頁岩，所以是最好的油母岩。

- 砂岩是由許多碎屑物質經由壓密和膠結而成，其孔隙率和滲透率都較高。
- (B)廣闊山坡地為茶園，將破壞山坡地的水土保持，造成土壤流失；(C)於河川中普設的攔沙壩，嚴重影響了香魚、鰻魚等洄游性魚類或其他生物的棲息與繁殖；(D)漁塭養殖業者超抽地下水，將造成地層下陷和地下水資源逐漸枯竭。
- 如下圖箭頭所示的深度範圍，地溫小於天然氣水化合物形成的溫度，就會有礦床形成。



- (A)化學能→電能；(B)動能→電能；(E)熱能→電能。
- (A)缺水才開始蓋水庫，救不了當下的缺水問題；(C)蓋海水淡化廠是耗能的產業，要考慮水資源以外的社會環境成本，大力推行會超過目前的環境承載力。
- (C)氟氯碳化合物才會與臭氧產生反應，導致臭氧洞的產生；(D)矽質殼體不會溶解，應該是碳酸質的殼才會。

素養題

1.CD 2.CE 3.CE

全華

4945701X 解答本