

九十六學年度全國高級中學地球科學能力競賽決賽筆試試題

(參考答案)

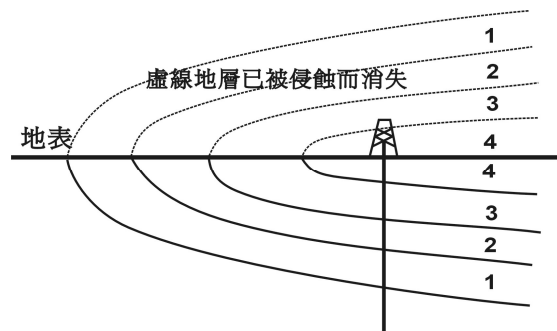
地質類

1. 今日全球各地海岸的特性以及海岸線的變遷，主要受控於地質、氣候、水文及人類活動等因素。試以上述主要因素，討論台灣西南部海岸的特性及變遷。

《參考答案》

近三百萬年以來，台灣的山脈不斷快速抬升，有助於陸地面積逐漸擴大，台灣西部山高水急，加上頻繁的地震與颱風，使得岩層破裂，降雨量大而集中，侵蝕旺盛，大量的泥砂由河川傳輸入海。近二萬年來，在丘陵外圍，包括西南部的彰化、雲林、嘉義、台南及高雄等地，形成廣大的沖積平原及海埔地。最近六千年來，全球海平面高度幾乎未變動，在大量泥砂供應之下，沖積平原擴展迅速，海岸向西南外海前進，海岸變遷顯著。例如，彰化的鹿港及台南的安平古堡，皆已淤積，海岸線已在數公里之外。最近的海岸測量顯示台灣西南部海岸線在數十年前大多向海推進，形成許多海埔新生地。多年來，有些海埔新生地開發成工業區，如雲林麥寮，改變了海岸的自然形貌。另外，彰化至台南及屏東、宜蘭沿岸，由於養殖業大量抽取地下水，造成地層下陷，也改變了沿岸地貌。

2. 地質鑽井可用於探討地下地質構造。設定地層 1 至 4 代表年輕至年老的地層，若某一鑽井發現地層 4 在上、地層 1 在下，則地質構造可能為一倒轉褶皺：



請繪圖下列四種鑽井資料可能代表的地質構造，並說明造成該構造之地質作用。

(可能不只一種)：

- (a) 只出現一種地層。
- (b) 某些年代的地層缺失。
- (c) 某些年代的地層重複出現。
- (d) 砂岩地層之上有頁岩地層沈積。如果頁岩地層之上有砂岩地層沈積呢？

《參考答案》

本題測驗學生對地層層序及構造的概念（繪圖略）。

- (a) 為一很厚的地層，或地層傾斜近乎垂直。
- (b) 造成地層缺失的可能原因為正斷層或不整合（或沉積間斷）。
- (c) 造成地層重複出現的情況為逆衝斷層或摺皺。
- (d) 海進(海平面上升)可造成砂岩上沉積頁岩。海退(海平面下降)可造成頁岩上沉積砂岩。

3. (a) 台灣本島有哪些礦產資源（金屬與非金屬）？有哪些自產的能源？
(b) 請說明這些台灣礦產及能源的地理分布。
(c) 請說明各礦產及能源賦存於何種岩石？並略加說明這些礦產資源及能源如何形成？

《參考答案》

本題測試學生對台灣礦產及地質能源的瞭解及其成因。

- (a) 金屬礦產：金、銅礦為主

非金屬礦產：砂石、石灰石、石材（大理石，板岩）、台灣玉及玉石等。

能源：石油、天然氣、煤、地熱等。

- (b) 金銅礦：金瓜石、東部奇美、東部砂金

砂石：各地河川

石灰石：高雄半屏山、大岡山。

大理石：東部花蓮等

台灣玉、玉石：花蓮豐田、東部

石油、天然氣：台灣北部桃竹苗(出磺坑)、南部高雄外海等

煤：台灣北部基隆、瑞芳、三峽、新竹、南投竹山等

地熱：大屯山、宜蘭清水、土場

- (c) 產狀

金銅：金瓜石金銅礦由火山作用形成（安山岩之熱水礦床）、

東部砂金在變質岩之石英脈中

砂石：河川堆積

石灰石：古生物殘骸，尤其是珊瑚礁。

大理石：變質岩，變質作用形成

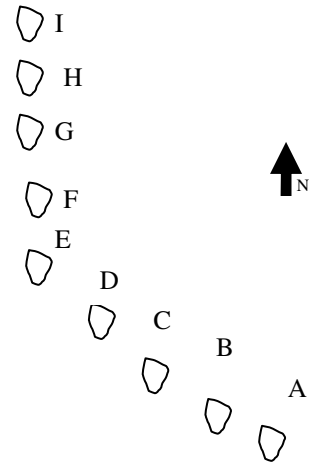
台灣玉、玉石：變質岩、石英脈等

石油、天然氣：沉積岩

煤：沉積岩

地熱：火山及變質岩區

4. 地質學家在一海洋板塊上發現一連串的火山島嶼，越往西北年齡越老（如右圖）。地球化學家分析島上玄武岩的某一放射性元素之母元素衰變後之含量，並推測出母元素原含量，結果如下表。從其他的研究發現在 A 島嶼底下有一岩漿庫，從五千年前至最近一直斷斷續續的噴發中，因而確定該連串島嶼的形成與該海洋板塊的移動有關。



- 據你所知，地球上是否有類似之島嶼串存在？A 島嶼下之岩漿庫成因為何？
- 請估計 G、H、I 島嶼的年齡。
- 請計算 E 島嶼精確的年齡。
- 請計算並討論該海洋板塊之移動史（時間、平均速率、方向）。
- 假定從其他證據顯示該海洋板塊從未移動過，你(妳)如何解釋該串火山島嶼年齡的方向性變化？
- 地質學家在此海洋板塊上又發現一連串的火山島嶼，定年結果發現各火山島嶼年齡並無方向性變化，而且島上大多為安山岩，請問該串火山島嶼可能成因為何？能否舉個例子？

島嶼	與 A 島嶼之距離 (公里)	與 E 島嶼之距離 (公里)	母元素 原始含量	母元素原衰變後剩 餘含量	火山岩年齡 (百萬年)
A	0		1	1	0.0
B	80		1	0.875	1.9
C	170		1	0.75	4.2
D	250		1	0.5	10.0
E	320	0	1	0.4	
F		80	1	0.375	14.2
G		90	1	0.25	
H		100	1	0.125	
I		120	1	0.0625	

$$\log_{10} 2 = 0.3010$$

《參考答案》

本題測驗學生板塊活動、火山作用及同位素定年之觀念

- (a) 太平洋板塊之夏威夷群島為類似之例子。
- (b) G、H、I 島嶼之年齡見下表。首先由島嶼 D 找出半衰期，再由半衰期之觀念算出 G、H、I 島嶼之年齡。(見下表)
- (c) E 島嶼之精確年齡可由半衰期公式計算之。(見下表)
- (d) 板塊移動平均速率可由各相鄰兩島間板塊移動速率去平均。該板塊在 12 百萬年前是向北移動，12 百萬年之後轉向西北方向移動。
- (e) 如果板塊未曾移動，則可能是原先認定岩漿庫不移動是錯誤，岩漿庫在 40 百萬年前在 I 島嶼下方，移動至目前 A 島嶼下方。
- (f) 如果各火山島之年齡無方向性變化，則該串島嶼可能是由隱沒帶造成之島弧。馬利亞納海溝旁之馬利亞納群島為類似之例子或環太平洋島弧。

島嶼	與島嶼 A 之距離 (公里)	與島嶼 E 之距離 (公里)	兩島間板塊移動速率 (cm/year)	母元素原始含量	母元素原衰變後含量	火山岩年齡 (百萬年)
A	0			1	1	0.0
B	80		4.15	1	0.875	1.9
C	170		4.05	1	0.75	4.2
D	400		3.93	1	0.5	10.0
E	460		3.95	1	0.4	13.22
F		70	2.66	1	0.375	14.15
G		200	2.22	1	0.25	20.0
H		425	2.25	1	0.125	30.0
I		600	1.75	1	0.0625	40.0

九十六學年度全國高級中學地球科學能力競賽決賽筆試試題

(參考答案)

天文類

1. 天文學用「星等」來表示星星的亮度。古代天文學家將天上能看到的星星，依亮度分為六個星等，一等星最亮，眼睛能見最暗的星星為六等星。18世紀中葉，天文學家波克松（Pogson）建議明定一等星比六等星亮一百倍，也就是，星等差 5 等，亮度差 100 倍，換算出：每差 1 星等，亮度差 $100^{1/5} \sim 2.512$ 。在19世紀，生理學家發現人類對光線亮度的知覺感應為算數級數；也就是，亮度 (I) 與星等 (m) 之間的關係為

$$I \propto a^{-m} \text{----- (甲)}$$

選定標準星後，將所有天體與標準星的亮度比較來定出星等，並且將亮度比1星等還亮的，擴展至0星等、-1星等、-2星等…；亮度比 6星等還暗的，往下延伸到 7、8、…。

亮度 (brightness) 與光度 (luminosity) 的定義不同。亮度是實際觀測到的天體亮度，所對應之星等稱為「視星等」，而光度是天體本身所發出的真正亮度。亮度與距離的平方成反比 ($I \propto d^{-2}$, d是距離)，而光度與距離無關。將天體安置在 32.6 光年處之星等，稱為「絕對星等」，反映了天體的光度。

(a) 依據上文與公式 (甲)，推算 a 的數值。(必須寫出詳細的推導過程)

(b) 完成下表完成下表 $\log(32.6) = 1.5132$

星名	視星等	光譜型	距離(光年)	絕對星等
天狼A	-1.43	A1V	8.58 $\log(8.58) = 0.9335$	
織女	0.03	A0V	25.3 $\log(25.3) = 1.4031$	
毗鄰星	11.09	M5.5V	4.22 $\log(4.22) = 0.6253$	
軒轅十四	1.35	B7V	77.5 $\log(77.5) = 1.8893$	

(c) 天狼A 的亮度比毗鄰星 亮多少倍？

織女星 的亮度比 軒轅十四 亮多少倍？

(d) 在 (b) 表中，表面溫度最高的是哪顆星？表面溫度最低的是哪顆星？

〈參考答案〉

(a) 令星等為1的亮度為 I_1 ，星等6的亮度為 I_6 ，則 $I_1/I_6 = 100$

依據公式 (甲) $I \propto a^{-m}$ ，則 $I_1/I_6 = a^{-1}/a^{-6} = a^5$

將上兩式結合，得 $a^5 = 100$

$$\therefore a = 10^{2/5} \sim 2.512$$

(b) 完成下表

星名	視星等	光譜型	距離(光年)	絕對星等
天狼A	-1.43	A1V	8.58	1.47
織女	0.03	A0V	25.3	0.58
毗鄰星	11.09	M5.5V	4.22	15.53
軒轅十四	1.35	B7V	77.5	-0.53

令某一顆恆星的距離為 d (光年) 之亮度為 I_m ，視星等為 m ；距離為 32.6 光年之亮度為 I_M ，絕對星等為 M 。則

$$\frac{I_m}{I_M} = \frac{10^{-\frac{2}{5} \times m}}{10^{-\frac{2}{5} \times M}} = 10^{-\frac{2}{5}(m-M)} \quad \text{----- (1)}$$

但是「亮度」與「距離的平方」成反比，所以 $\frac{I_m}{I_M} = \frac{32.6^2}{d^2}$ ----- (2)

$$\text{結合公式 (1) 與 (2)，} 10^{-\frac{2}{5}(m-M)} = \frac{I_m}{I_M} = \left(\frac{32.6}{d}\right)^2$$

將上是兩邊取對數，再運算一下，則

$$m-M = -5 \log(32.6 \text{ 光年}) + 5 \log d(\text{光年})$$

$$M = m + 5 \log 32.6 - 5 \log d(\text{光年}) = m + 7.57 - 5 \log d(\text{光年})$$

天狼A $M = (-1.43) + 7.57 - 5 \log(8.58) = 1.47$

織女 $M = 0.03 + 7.57 - 5 \log(25.3) = 0.58$

毗鄰星 $M = 11.09 + 7.57 - 5 \log(4.22) = 15.53$

軒轅十四 $M = 1.35 + 7.57 - 5 \log(77.5) = -0.53$

(1-3) 天狼A 的亮度比 毗鄰星 亮 $(10^{\frac{2}{5}[(-1.43)-11.09]} \sim 101859)$ 倍。

織女星 的亮度比 軒轅十四 亮 $(10^{\frac{2}{5}(0.03-1.35)} \sim 3.37287)$ 倍。

附註：天狼A 的光度比 毗鄰星 亮 $(10^{\frac{2}{5}(1.47-15.53)} \sim 421000)$ 倍。

織女星 的光度比 軒轅十四 亮 $(10^{\frac{2}{5}(0.58-(-0.53))} \sim 0.35974)$ 倍。

(1-4) 在 (1-2) 表中，表面溫度最高的是 (軒轅十四)。

表面溫度最低的是 (毗鄰星)。

2. 彗星出現時，常會出現長長的彗尾，引起全球矚目。彗尾通常有兩條，一條稱為「塵埃尾」，一條稱為離子尾，它們的顏色、彎曲的程度都不一樣，成因也不同。說明兩條彗尾的性質與成因。

《參考答案》

當彗星離太陽很遠時，溫度低，是個冰封的彗星。隨著彗星日漸靠近太陽，約在木星的距離時，陽光的照射已能使一些易揮發性的物質氣化，而且將冰晶與塵粒噴出表面，籠罩著彗核。當彗星趨近太陽到3-4 AU時，噴出大量的水蒸氣、二氧化碳與塵埃，形成明顯的彗髮。彗星趨近太陽時，彗髮中的塵埃受陽光輻射壓的影響，往後吹拂形成一道彎曲的塵尾，由於反射陽光的緣故，色澤略呈黃色，大彗尾可長達幾百萬公里。此時彗髮中的部份氣體被陽光中的紫外線照射，形成游離帶電的粒子。

太陽風是從太陽流出的高速帶電粒子。彗髮中的帶電粒子受到太陽風的影響、激發，形成另一條呈淡藍色的離子尾，大致為直線，背向太陽。

簡單的說，黃色的塵埃尾是受到陽光的輻射壓與彗星本身的運動所形成、呈現彎曲的尾巴。藍色的離子尾，是陽光中的紫外線照射彗髮，游離其中的物質，發出藍色的螢光。

3. 太陽系中的類地行星，離太陽由近而遠，分別是水星 (0.4 AU)、金星 (0.7 AU)、地球 (1.0 AU)，以及火星 (1.5 AU)。
- (a) 和地球相比，試估計在水星、金星以及火星軌道上所接收到的陽光強度。
 - (b) 這些行星的大氣迥然不同：水星沒有大氣，只有少數來自太陽風的氣體；金星擁有厚重的大氣，表面大氣壓約為地球表面的 90 倍；火星的大氣非常稀薄，大約只有地球的 0.6%。試解釋造成類地行星不同大氣狀況的原因。
 - (c) 在擁有大氣的金星、地球與火星當中，它們大氣的成分不盡相同，例如地球的大氣主要成分為氮與氧，試說明金星與火星大氣之主要成分為何？這些成分為何與地球相異？

《參考答案》

- (a) 接收陽光強度與距離平方成反比，故水星：金星：地球：火星 = 6.2 : 2.0 : 1.0 : 0.4。
- (b及c) 水星距離太陽非常近，表面溫度高，加上體積小，故沒有大氣。地球距離太陽「適中」，水以液態存在，初始大氣的二氧化碳溶於水，加上體積夠大，故得以保有適當的大氣層。金星的平衡溫度高於水的沸點，大氣中的二氧化碳無法溶於水，累積成厚重的大氣，造成嚴重的溫室效應。火星體積小，距離陽遠，平均溫度低於水的冰點，只有微量大氣。

4. 對於地球而言，「太陽日」比「恆星日」長了大約四分鐘。
- (a) 說明何謂「太陽日」、「恆星日」。
 - (b) 要是太陽的質量變成現在的兩倍，但是地球依然以現在 1AU 的距離，以相同方向繞行太陽，恆星日仍然為24小時，且自轉軸也同樣與黃道面有23.5度的傾角。試問在此假想情況下：地球一年有多少天？太陽日變成多長？同樣的星空，在天空出現的時間和前一天相比有何不同？

《參考答案》

- (a) 恆星日是地球自轉一周的時間，也就是遠方恆星連續兩次通過中天子午線的時間距。太陽日則是太陽連續兩次通過中天子午線的時間距。因地球自轉一周時，也繞著太陽公轉了 $360/365$ 度，故地球自轉一周後，必須再轉 $360/365$ 度，太陽才會到達子午線。太陽日若為24小時，恆星日則比24小時少了 $(360/365) (24 \times 60/360) = 3.95$ 分。
- (b) 刻卜勒行星運動定律： $(G/4\pi^2) M T^2 = a^3$ ，若太陽質量變成兩倍， a 不變，則 T 變成 $1/\sqrt{2} = 0.7$ 倍，也就是 $365 \times 0.7 = 258$ 天。

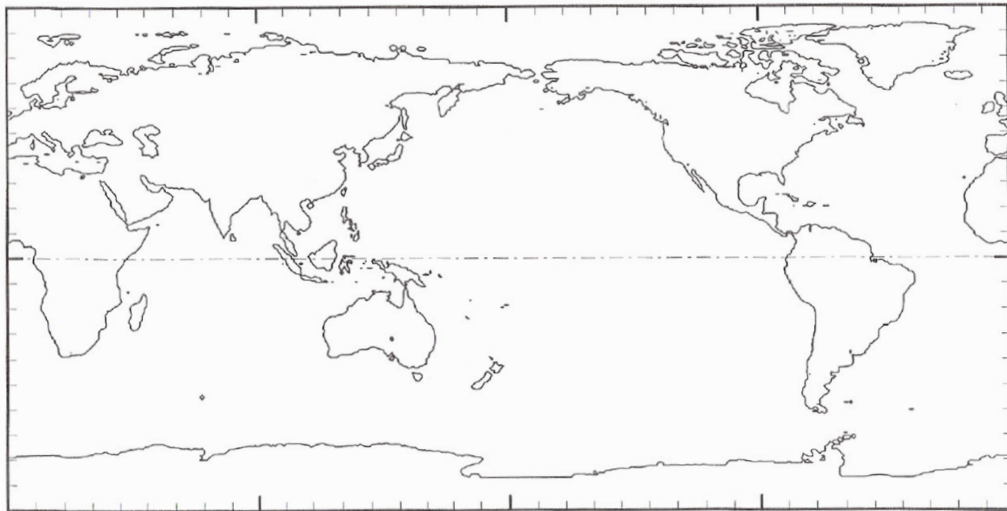
太陽日比恆星日多了 $(360/258) (24 \times 60/360) = 5.58$ 分，也就是同樣星空每天會比前一天早 5 分半鐘出現。

九十六學年度全國高級中學地球科學能力競賽決賽筆試試題

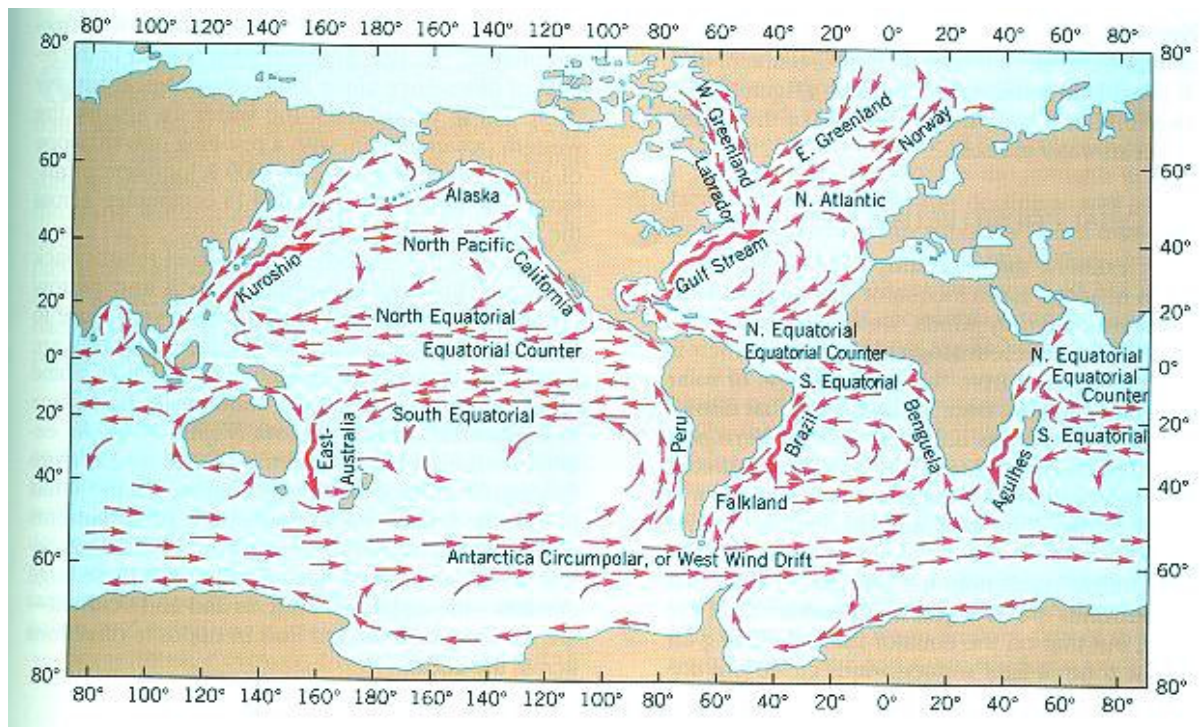
(參考答案)

海洋地物類

1. 洋流係因海洋表面受到風吹，而產生大規模的水體運動。
(a) 請在下圖中畫出主要的洋流及其流向，並標示其名稱。
(b) 請就此圖，說明聖嬰現象。



〈參考答案〉



2. 海洋是地球表面持續運動的最大水體，造成運動的驅動力的不同，產生的海洋運動也不同，各有其時間與空間尺度。請就你所知，列舉由小尺度至大尺度的海洋運動，並說明造成該尺度運動的原因與驅動力。

《參考答案》

海面因風驅動與重力作用而形成「波浪」運動，海面波浪亦會因地形影響改變運動與傳播。

上層海洋的「垂直混合」運動主要因受大氣溫度的影響，近海面的海水隨溫度變化而密度改變，形成重力差而驅動。

海洋因海水密度的垂直變化而形成分層，此分層可受擾動而形成如海面之「內波」運動。

表層海水可被風拖曳流動，海水一旦流動後，受陸地固體邊界、地球自轉的科氏力、以及海表面高低造成的重力差之控制，而形成各種尺度的「洋流」。

「潮汐」是海面主要受月球與太陽天體引力所引發的週期性流動所產生的水面升降現象，潮汐引發海水面上下運動，同時也會造成海水流動，稱為「潮流」。

「溫鹽環流」為深層海水因溫度和鹽度而形成密度不均勻分佈，所引起的全球洋流循環系統，移動緩慢，時間尺度是以百年甚至千年來計算。

3. 已知全球中洋脊總長度約 60000公里，中洋脊平均擴張速率每年約 2公分，而深海海洋沉積物平均厚度約 450公尺，沉積物平均密度約 2.3 g/cm^3 ，請利用上述數據推估，在全球隱沒帶隱沒的沉積物每年大約有多少？（答案請以公克/年(即g/yr)表示）

《參考答案》

$$6.0 \times 10^9 \text{ cm} \times (2 \times 2 \text{ cm/yr}) \times 450 \times 10^2 \text{ cm} \times 2.3 \text{ g/cm}^3 \doteq 2.5 \times 10^{15} \text{ g/yr}$$

地物類

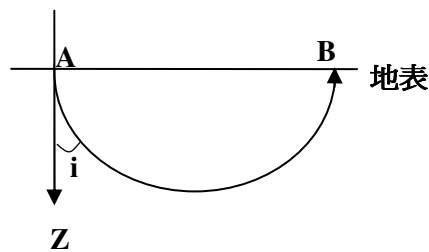
4. 火星和地球何者具有較大的動力系統？請列舉證據並說明理由。

〈參考答案〉

地球有較大的動力系統，因為

- (1)地球有明顯的大氣層（如捲形雲）；火星雖有古代的峽谷，證明水的存在，但大氣稀薄。
- (2)地球有造山帶、褶皺，地震頻繁，證明地球有強大的動力；火星則無明顯的造山帶。
- (3)地球有大陸和海洋的區隔(此為太陽系獨一無二之特徵)，此為板塊運動所須強大動力存在的證據，而火星則無。

5. 波線在介質中依據史奈爾定律 (Snell's law) 傳遞。如下圖所示，一波線從地表A點以初速 $V_0=2.4 \text{ km/sec}$ ，入射角 $i=30^\circ$ 向地下傳遞，此波線以曲線的方式行進，達到最低點後折回地表B點。假設速度隨深度變化，其關係為 $V(z)=V_0+0.04 Z$ (Z 代表深度)。此波線所能到達的最大深度是多少？



〈參考答案〉

最大深度是 60km。

波線在最低點折回地表，此處折射角為 90° 。由 Snell's law

$$\frac{\sin 30^\circ}{V_0} = \frac{\sin 90^\circ}{V(z)}, \quad \text{可得} \quad \frac{1/2}{2.4} = \frac{1}{2.4 + 0.04z} \quad \text{得 } z = 60 \text{ km.}$$

6. 地球內部那些部份呈現液態物質特性？如何獲知？地球內部最明顯之不連續面為何？並說明此不連續面之物理與化學特性變化情形。

《參考答案》

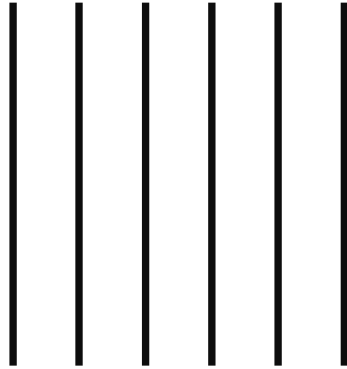
依據地震觀測發現地球內部之外核 S 波無法傳遞，故推斷外核為液態物質。地球內部最明顯地不連續面為地函與外地核之介面。此不連續面之化學成份，由地函之橄欖岩成份轉，變成以鐵鎳合成之外核，造成密度有極大的增加。反之，此不連續面之物理特性，由固態地函變成液態之外核，造成地震波速度突降許多。

九十六學年度全國高級中學地球科學能力競賽決賽筆試試題

(參考答案)

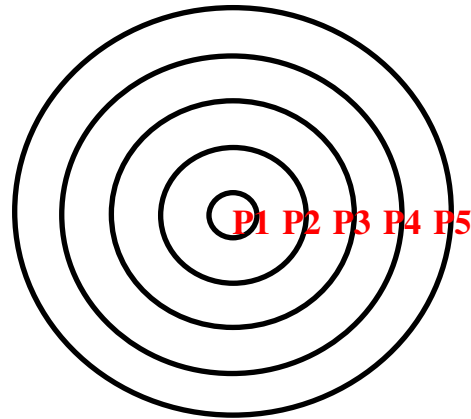
氣象類

1.



P1 P2 P3 P4 P5 P6

圖一



圖二

圖一為一等壓線的分佈，其中 $P1 < P2 < P3 \dots < P6$ ，亦即壓力由西(左)邊向東(右)邊增加。請根據圖一回答以下(a)至(c)小題。

- (a) 當此壓力分佈的空間尺度僅為數公里到數十公里，若不考慮摩擦力，請繪出氣塊所受的力，以及氣流方向。
- (b) 當此壓力分佈位於北半球，其空間尺度達上千公里，若不考慮摩擦力，如果氣塊所受的各種力之間已達到平衡，請繪出此時的氣流方向以及各力。
- (c) 同(b)，但考慮摩擦力，請繪出此時的氣流方向以及各力。

圖二的地面等壓線分佈為同心圓，其中 $P1 < P2 < P3 < P4 < P5$ ，亦即有一低壓中心。請根據圖二回答以下(d)至(f)小題。

- (d) 如果在北半球，其空間尺度為上千公里，請繪出此時的風向以及各力，並解釋為何低壓中心會有上升氣流。
- (e) 當此壓力分佈的空間尺度僅為數公里甚至數十公尺，且風速已經大到使得離心力無法忽略(如:龍捲風、水龍捲)。若不考慮摩擦力，且各力已達到平衡，請繪出氣塊所受的力，以及可能出現的風向。
- (f) 同(e)，但等壓線分佈代表北半球的颱風，若不考慮摩擦力，請繪出氣塊所受的力，以及風向。

《參考答案》

- (a) 氣塊受力與氣流方向都是由東(右)向西(左)。
- (b) 柯氏力向東(右)，氣壓梯度力向西(左)，氣流方向由南向北。
- (c) 氣流方向為向北略為朝西，摩擦力與氣流方向相反，柯氏力與氣流方向垂直，但朝右，摩擦力與柯氏力之合力向東，與向西之氣壓梯度力平衡。
- (d) 靠近地面故摩擦力不可忽略。氣流方向基本上為逆時針，但因摩擦力使風向略朝中心橫跨等壓線，摩擦力與氣流方向相反，柯氏力與氣流方向垂直，朝右，氣壓梯度力向中心。因風向有朝中心的分量，故造成質量在低層輻合，在中心形成上升氣流。
- (e) 離心力向外，氣壓梯度力向中心，氣流方向可為順時針或逆時針。
- (f) 氣流方向為逆時針，氣壓梯度力朝中心，柯氏力與氣流方向垂直，朝外，離心力亦向外。

2. 一尚未飽和的空氣塊，現在將其溫度下降到某個值時，此時空氣塊內所含的水汽量已足夠使氣塊達到飽和，此溫度叫做露點溫度。假設一空氣塊溫度為 25°C ，露點溫度為 21°C ，風吹向山區將空氣塊由地面抬升至3500公尺的山頂。令氣塊飽和前的垂直降溫率為 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ，飽和後的垂直降溫率為 $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ，未飽和露點溫度的垂直降溫率為 $2^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。

請問：

- (a) 空氣塊被抬升後，我們可以發現在高度多少處開始有雲的產生？此時空氣塊溫度及露點溫度各為多少？
- (b) 當空氣塊繼續被抬升至山頂處，此時空氣塊的溫度及露點溫度各為多少？
- (c) 為何氣塊飽和後的垂直降溫率會小於飽和前的垂直降溫率？
- (d) 請解釋焚風的成因。

《參考答案》

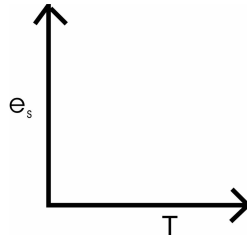
- (a) 500 m 。溫度與露點溫度均為 20°C 。
- (b) 溫度與露點溫度均為 2°C 。
- (c) 因飽和後水汽凝結成水，會釋出潛熱，因此會抵銷掉部分因上升所造成的降溫。
- (d) 氣塊在山前因地形抬升，沿途中水汽凝結形成降雨，因此氣塊變得十分乾燥，在越山之後的背風面，氣流在下降的過程中因壓力增加造成增溫，形成乾熱的焚風。

3. (a)由下式Clausius-Clapeyron 方程式可知，飽和水汽壓 e_s 僅和溫度有關。

$$\ln \frac{e_s}{6.11} = \left(\frac{L}{R} \right) \cdot \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T} \right)$$

其中 L 為汽化熱 ($2.453 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$)， R 為濕空氣的氣體常數 (461 J/kg)。請利用上式繪出 0°C 到 40°C 飽和水氣壓曲線圖。

例如：



(b)水汽含量可以用比濕 q 表示， $q = \frac{\text{水汽}}{\text{濕空氣(乾空氣+水汽)}}$ 。

若因人類活動影響全球溫度上升，試討論在相對濕度不變的情形下（水汽壓 / 飽和水汽壓 = 常數），溫度上升 1°C 、 2°C 、 3°C 和 4°C 的各別情況下，水汽含量的改變量，並說明 ΔT 和 Δq 的關係？

(c)由上述結果，探討全球暖化對水循環可能的影響？

《參考答案》

(a)

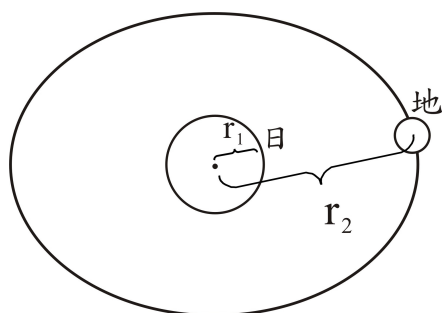
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T(C)	T(K)	1/273-1/T	6.1*exp(L/R*(1/273-1/T))					
2	0	273.00	0.00000	6.1					
3	5	278.00	0.00007	8.661138735					
4	10	283.00	0.00013	12.14620111					
5	15	288.00	0.00019	16.83474121					
6	20	293.00	0.00025	23.07458997					
7	25	298.00	0.00031	31.29440192					
8	30	303.00	0.00036	42.01766411					
9	35	308.00	0.00042	55.8782039					
10	40	313.00	0.00047	73.63721638					
11									

(b) 假設原本地球平均溫度為 15°C ，代入 Clausius-Clapeyron 方程式可知飽和水汽壓 e_s ，題目給定相對濕度不變（水汽壓 / 飽和水汽壓 = const）之條件，因此， $\Delta q = \Delta e_s$ ，推論 ΔT 和 Δq 的關係約成正比。

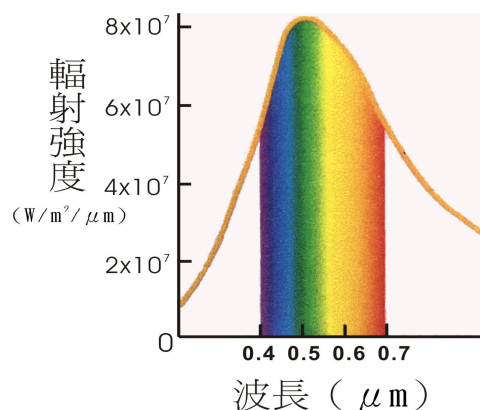
(c) 溫度增加愈多，水汽增加愈多，蒸發作用增強，使大氣較不穩定，可能有利降水增加。

4. (a) 何謂太陽常數？

(b) 已知太陽光層的半徑 r_1 為 $6.96 \times 10^8 \text{ m}$ ，日地平均距離 r_2 是 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$ （如圖一），試由以太陽輻射光譜（如圖二）以及輻射定律（Wien's Law 及 Stefan-Boltzman Law）計算太陽光層的溫度及太陽常數。



圖一：日地關係示意圖



圖二：太陽輻射光譜

Wien's Law：描述黑體輻射光譜輻射最強所在的波長和溫度的關係，為

$$\lambda_{max} (\mu\text{m}) = \frac{2897}{T(K)}$$

上式中波長 λ_{max} 的單位為微米，而 T 表示絕對溫度，單位為 K 。

Stefan-Boltzmann Law：從黑體表面在單位面積、單位時間內所釋出的輻射能 E ，可表示為

$$E = \sigma T^4$$

上式中 σ 為 Stefan-Boltzmann 常數 $= 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ， T 表示絕對溫度。

《參考答案》

(a) 太陽常數是在日地平均距離下，單位面積、單位時間垂直進入地球大氣最外層的太陽輻射總量

(b)

(1) 利用圖二知 λ_{max} 約為 0.5 ，利用 Wien's Law 可得 T 約為 5794 K

(2) $4\pi r_1^2 \times E = 4\pi r_2^2 \times S_0$

$$4\pi r_1^2 \times (\sigma T^4) = 4\pi r_2^2 \times S_0$$

$$S_0 = \frac{4\pi r_1^2}{4\pi r_2^2} \times \sigma T^4, \quad \text{求得太陽常數 } S_0 \text{ 約為 } 1375.7 \text{ W m}^{-2}$$