

100 學年度高級中學地球科學能力決賽

【地質考科】筆試(含實作)考題

參考答案

— 作答說明 —

● 注意事項：

1. 請直接於題目之後作答，若作答空間不足，可翻頁接續作答。作答時，請將題號標示清楚。
2. 本試題共有3頁。
3. 本試題包含實作一題、筆試四題，共五大題，總分100分。
4. 請使用較粗的黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆，在試題卷上作答，勿使用鉛筆。
5. 監試人員未宣布考試開始前，不得翻閱試題本。
6. 其餘規定依競賽規則辦理。

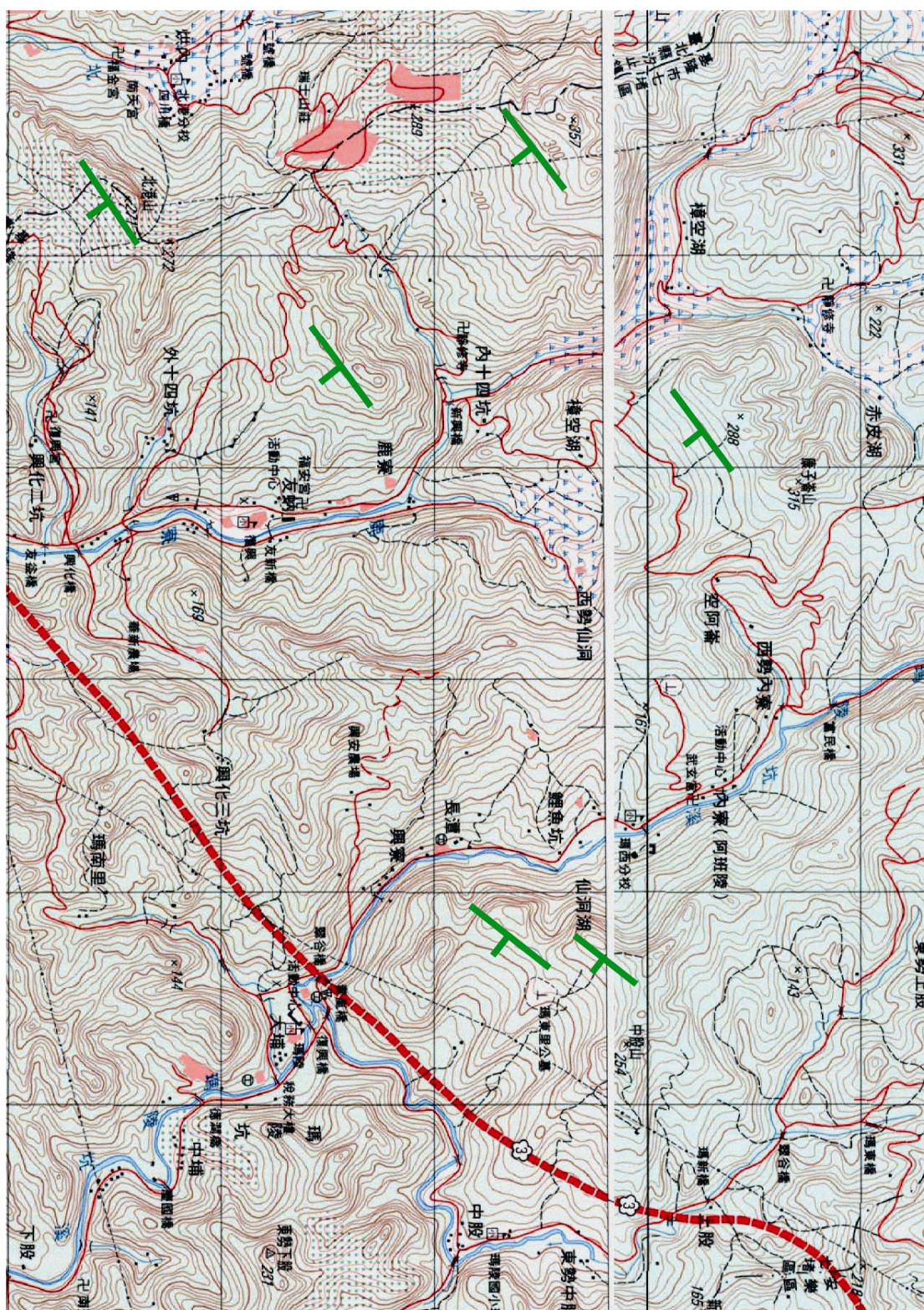
● 考試時間：

60 分鐘，不得提前交卷離場。

一、地圖實作題

1. 下圖為台灣北部某地區、某年份的兩萬五千分之一等高線地形圖(每格1 km*1 km；每10 m一等高線)。已知組成此地的岩層層面走向一致，傾斜角度與方向也相仿(即具有單斜(monocline)的地形)。請標示出至少兩個「順向坡」(即「坡面」)位態和其組成「岩層」位態大致相同的邊坡)----以長線段表示走向，短線段(或箭頭)表示傾斜方向；並請說明判斷理由。(20分)

參考答案 先找到面積較大的「面」，發現這些面具有系統性的位態，且與之對應、共同組成山嶺的另一翼都有較陡的邊坡(或已發育溪溝)。



二、問答題

1. 台灣的河流的沉積物一般上游較粗(多巨礫、中礫)，下游進入平原之後較細(多砂、泥)。請說明造成這個現象的原因(或機制)。(20分)

參考答案

主要機制：水流的淘選。在河流上游，山崩、土石流帶來的沉積物有粗有細，而後續水流的搬運，將較細粒的沉積物帶往下游，留下較粗粒的沉積物(不同粒度的沉積物在不同的水力狀況下被帶走)。如此年復一年，歷經多次水漲水落，終於形成河流沉積物上游粗、下游細的現象。

河流沉積物也可能在搬運的過程中因撞碎、研磨而越來越小。但台灣河流短小，這個機制對河流沉積物粒度分佈的影響有限。

2. 爲了橋樑的安全，一般攔砂壩(或防砂壩、攔河堰)應蓋在橋樑的上游還是下游附近？請說明理由。(20分)

參考答案

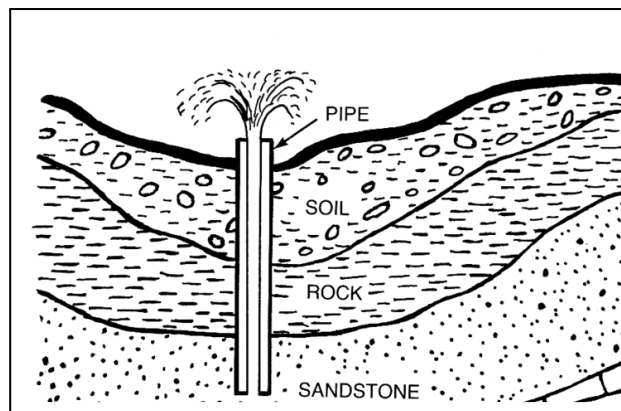
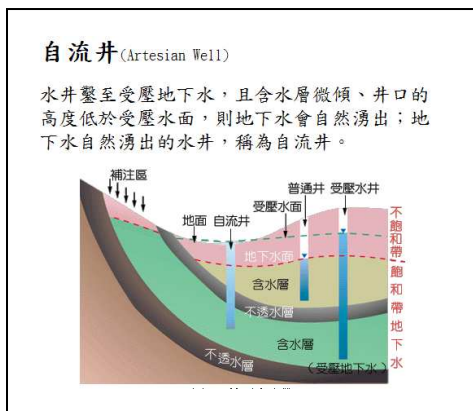
橋樑的下游。如此可降低河床坡度(連帶降低水流速與底床剪力)，防止溪水掏蝕橋墩(或橋基)。

(註：在加積旺盛、或常發生大規模土石流的溪流，則攔砂壩並無大用，蓋在哪裡都一樣)。

3. 請繪圖並說明形成「自流井 (Artesian Well)」的水文地質環境與條件。

(20 分)

參考答案



4. 請依其作用機制與作用形式說明：(20 分)

- (1) 河流的侵蝕作用。
- (2) 冰川的侵蝕作用。
- (3) 兩種侵蝕作用之異同。

參考答案

| | | 河流的侵蝕作用 | 冰川的侵蝕作用 |
|---|----|-----------|---------|
| 異 | 1 | 以「水」為介質 | 以「冰」為介質 |
| | 2 | 沖刷 | 摩擦 |
| | 3 | 拍擊 | 鏟刮 |
| | 4 | 泡溶 | 擠推、拔栓 |
| | 5 | 無氣候條件 | 冰點以下氣候 |
| | 6 | 無區域條件 | 高緯度或高山區 |
| | 7 | 含化學作用 | 物理作用為主 |
| 同 | 8 | 加深 (向下侵蝕) | |
| | 9 | 加寬 (向側侵蝕) | |
| | 10 | 加長 (向源侵蝕) | |

100 學年度高級中學地球科學能力決賽

【氣象考科】筆試(含實作)考題

參考答案

— 作答說明 —

● 注意事項：

1. 請直接於題目之後作答，若作答空間不足，可翻頁接續作答。作答時，請將題號標示清楚。
2. 本試題共有4頁。
3. 本試題包含筆試(含實作)五大題，總分100分。
4. 請使用較粗的黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆，在試題卷上作答。
5. 監試人員未宣布考試開始前，不得翻閱試題本。
6. 其餘規定依競賽規則辦理。

● 考試時間：

60 分鐘，不得提前交卷離場。

1. (1) 令 P_1 與 P_2 為一空氣柱內的兩個等壓面， $P_1 > P_2$ ，這兩層等壓面之間的厚度為 H 。在 P_1 與 P_2 之間的空氣質量要維持不變的假設下，請問當整個空氣柱絕熱上升與下降時， H 的變化為何？為什麼？(10 分)
- (2) 在乾大氣的假設下，只考慮整個空氣柱絕熱上升的情況，此種運動對該氣柱所代表的環境大氣靜力穩定度有何影響？(10 分)

參考答案

- (1) 因為 P_1 與 P_2 之間的空氣質量為 $H\bar{\rho}g$ ，其中 g 為重力加速度， $\bar{\rho}$ 為氣柱內的平均空氣密度。當空氣柱上升(下降)時， $\bar{\rho}$ 會減小(增加)，在空氣質量要維持不變的假設下， H 要隨之增加(減小)。
- (2) 上升時空氣柱厚度要增加，亦即溫度發生變化的垂直距離增加了，原來穩定(不穩定)的大氣其穩定度(不穩定度)會降低，代表越上升大氣會越趨向中性大氣，其大氣環境的降溫率會越趨近乾絕熱降溫率。

一個數學的計算為：

令 P_1 層的高度為 H_1 ，溫度為 T_1 ， P_2 層的高度為 H_2 ，溫度為 T_2 ，此時的環境大氣降溫率為

$$(T_1 - T_2) / (H_2 - H_1) = DT/H.$$

令 P_1 層上升 dH_1 ， P_2 層上升 dH_2 ，由於上升時厚度要增加，所以 $dH_2 > dH_1$ ，而 $dH_2 - dH_1 = dH$ ，就是上升後增加的厚度。

上升後的環境大氣降溫率變為

$$\begin{aligned} & [T_1 - dH_1 * T_d - (T_2 - dH_2 * T_d)] / [H_2 + dH_2 - (H_1 + dH_1)] \\ & = [DT + T_d * (dH_2 - dH_1)] / [H + (dH_2 - dH_1)] \\ & = [DT + T_d * dH] / [H + dH] \end{aligned}$$

當上升時 dH 越來越大，上式會趨近 T_d 。

2. 考慮柯氏力、氣壓梯度力以及地表摩擦力的平衡，請分別針對高壓與低壓系統，以及南半球與北半球共四種情況，繪出這三種力與風場的相對配置圖，並說明近地表會有空氣輻合(散)的成因。(20 分)

參考答案

北半球低壓：氣流逆時針轉，氣壓梯度力向中心，科氏力朝風向右方，摩擦力朝風向後方，科氏力與摩擦力的合力與氣壓梯度力平衡，風有朝向中心的分量，所以有輻合。

北半球高壓：氣流順時針轉，氣壓梯度力向外，科氏力朝風向右方，摩擦力朝風向後方，科氏力與摩擦力的合力與氣壓梯度力平衡，風有朝向外的分量，所以有輻散。

南半球低壓：氣流順時針轉，氣壓梯度力向中心，科氏力朝風向左方，摩擦力朝風向後方，科氏力與摩擦力的合力與氣壓梯度力平衡，風有朝向中心的分量，所以有輻合。

南半球高壓：氣流逆時針轉，氣壓梯度力向外，科氏力朝風向左方，摩擦力朝風向後方，科氏力與摩擦力的合力與氣壓梯度力平衡，風有朝向外的分量，所以有輻散。

3. 假設一個天氣系統內的溫度空間分佈為線性變化，朝東每公里增加 0.5°C ，往北每公里減少 1.0°C 。現在該系統由西南往東北方向以 10 m/s 的等速度移動，移動方向與正北的夾角為 60 度。如果該系統通過你所在的位置，且你此時量到所處地點的溫度為 20°C ，請問在一小時後你再次量到的溫度會是多少度？(註： $\sqrt{3} \sim 1.7$) (15 分)

參考答案

西風分量為 $5\sqrt{3}=8.5\text{ m/s}$ ，南風分量為 5 m/s 。

溫度增加量為 $-0.5/1000*8.5 + 1.0/1000*5 = 0.75/1000^{\circ}\text{C} / \text{秒}$

一小時後的溫度 = $20 + 0.75/1000*3600 = 22.7^{\circ}\text{C}$

4. 衛星觀測的太陽常數一月初平均為 1412 W/m^2 ，7 月初平均為 1321 W/m^2 ，年平均為 1361 W/m^2 。假設地球大氣不會影響太陽輻射。在北緯 30° 有一座山脈呈東西走向，山脈南北坡各呈水平 15° 的傾斜。請依此估算比較 (填入下方表格中計算的結果) 並依大小排序(rank) 在 12 月 22 日、3 月 21 日和 6 月 22 日中午時，在山脈南北坡單位面積上的太陽輻射通量(強度)。(25 分)

(平面單位面積太陽輻射通量 $Q = S_0 (\frac{\bar{d}}{d})^2 \cos \theta_s$ ， S_0 為平均太陽常數， d 為日地距離， \bar{d} 為平均日地距離， θ_s 為天頂角。

$\theta_s = \theta_L + \theta_Y + \theta_C$ ， θ_L : 測站緯度， θ_Y : 太陽直射緯度， θ_C : 山坡傾斜角。)

| 日期 | $(\frac{\bar{d}}{d})^2$ | slope | θ_s | $\cos \theta_s$ | $(\frac{\bar{d}}{d})^2 \cos \theta_s$ | rank |
|-----------|-------------------------|-------|------------|-----------------|---------------------------------------|------|
| 12 月 22 日 | | S | | | | |
| | | N | | | | |
| 03 月 21 日 | | S | | | | |
| | | N | | | | |
| 06 月 22 日 | | S | | | | |
| | | N | | | | |

參考答案

$$Q = S_0 (\frac{\bar{d}}{d})^2 \cos \theta_s$$

$\theta_s = \theta_L + \theta_Y + \theta_C$ ， θ_L : 測站緯度， θ_Y : 太陽直射緯度， θ_C : 山坡傾斜角。

| 日期 | $(\frac{\bar{d}}{d})^2$ | slope | $\theta_s (^\circ)$ | $\cos \theta_s$ | $(\frac{\bar{d}}{d})^2 \cos \theta_s$ | rank |
|-----------|-------------------------|-------|---------------------|-----------------|---------------------------------------|------|
| 12 月 22 日 | 1.0374 | S | 38.45 | 0.7832 | 0.8125 | 4 |
| | | N | 68.45 | 0.3673 | 0.3810 | 6 |
| 03 月 21 日 | 1 | S | 15 | 0.9659 | 0.9659 | 1 |
| | | N | 45 | 0.7071 | 0.7071 | 5 |
| 06 月 22 日 | 0.9706 | S | -8.45 | 0.9891 | 0.9600 | 2 |
| | | N | 21.55 | 0.9301 | 0.9028 | 3 |

5. 氣象衛星依軌道可分為地球同步衛星與非地球同步衛星 地球同步衛星軌道高度約為 36000km。

(1) 為何地球同步衛星軌道高度約為 36000km? (8 分)

(2) 可以利用地球同步衛星觀測極區嗎? (5 分)

(3) 地球同步衛星觀測的優缺點是什麼? (7 分)

(萬有引力 $F = \frac{GM_e \cdot m}{r^2}$, 質量 m 物體作圓周運動離心力 = $\frac{mV^2}{r}$, V : 切線速度。 G : 重力常數, $GM_e = 3.986 \times 10^{14} m^3 / s^2$, M_e : 地球質量, r : 衛星與地心距離 $r = r_e + H$, r_e : 赤道上地球半徑 = 6378km, H : 衛星軌道高度)。

參考答案

(1) 衛星作圓周運動

離心力 = 萬有引力即離心加速度 = 重力加速度

$$\therefore \frac{V^2}{r} = \frac{GM_e}{r^2} \therefore V \approx \sqrt{\frac{GM_e}{r_e + H}}$$

地球同步衛星周期

$$T = \frac{2\pi(r_e + H)}{V} = 24hr = 86400s$$

$$V = \frac{2\pi(r_e + H)}{T}$$

$$\therefore V = \frac{2\pi(r_e + H)}{T} = \sqrt{\frac{GM_e}{r_e + H}}$$

$$\therefore (r_e + H)^{\frac{3}{2}} = \frac{T}{2\pi} \cdot \sqrt{GM_e}$$

$$\Rightarrow r_e + H = 42241km$$

$$\therefore H \approx 35863Km$$

(2) 不行，一般地球同步衛星只作南北緯 60° 間的觀測。

(3) 地球同步衛星優點可以直接觀測地面固定位置、可以連續監測氣

象的變化。可觀測範圍大，顯示大尺度系統的變化，缺點衛星軌

道離地太遠空間解析度較差。

100 學年度高級中學地球科學能力決賽

【海洋地物考科】筆試(含實作)考題 參考答案

— 作答說明 —

● 注意事項：

1. 請直接於題目之後作答，若作答空間不足，可翻頁接續作答。作答時，請將題號標示清楚。
2. 本試題共有 8 頁。
3. 本試題包含筆試(含實作)六大題，總分 120 分。
4. 請使用較粗的黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆，在試題卷上作答，請勿使用鉛筆。
5. 監試人員未宣布考試開始前，不得翻閱試題本。
6. 其餘規定依競賽規則辦理。

● 考試時間：

60 分鐘，不得提前交卷離場。

1. (1) 何謂地震 P 波與 S 波？(2) 如何利用三個測站的 P 波與 S 波資料進行地震定位？請以算式說明，並畫圖表示之。(20 分)

參考答案

(1)

P 波，或稱縱波，性質類似音波，質點的運動方向與震波傳播的方向一致，即傳波的質點在沿著傳播的方向，前後來回運動，交替產生壓縮與伸張的變化。地震發生後最早到達測站。

S 波，或稱橫波，質點運動的方向與震波傳播的方向垂直，有如繩波一般。S 波無法在液體或氣體中傳播。傳播速度比 P 波慢。

(2)

三站定位法：

假設 P 波速度 V_p ，S 波速度 V_s ，如果在測站 A、B、C 分別得到 P 波與 S 波的到時差為 t_A 、 t_B 、 t_C ，因為

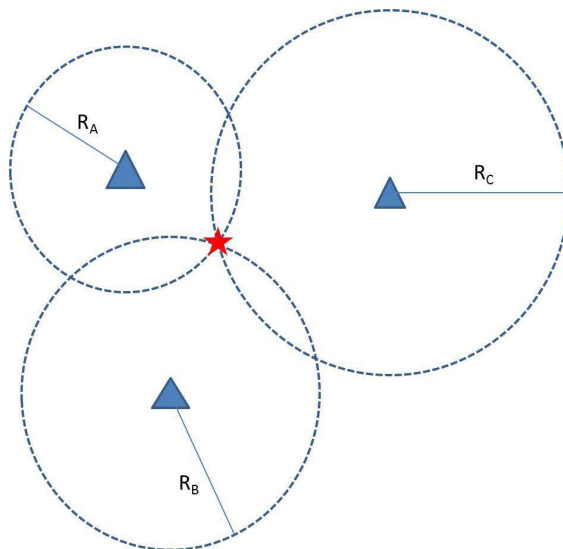
$$P \text{ 波與 } S \text{ 波的到時差} = \frac{R}{V_s} - \frac{R}{V_p} \quad (R: \text{震央與測站間的距離})$$

所以，

$$R_A = t_A \div \left(\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right)$$

$$R_B = t_B \div \left(\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right)$$

$$R_C = t_C \div \left(\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right)$$



以三個測站各自為圓心，距離 R 為半徑畫圓，三圓交集的點即為震央

2. 板塊邊界有哪幾種？其形成的原因為何？其地震活動的特性與對應的斷層型態為何？以下構造分別屬於哪種邊界？(a.大西洋中洋脊、b.馬里亞納海溝、c.東非裂谷、d.北美聖安德列斯斷層、e.喜馬拉雅山) (20 分)

參考答案

| 板塊邊界 | 形成原因 | 斷層類型 | 地震活動 | 應力型態 | 實例 |
|------|---|------|---------|------|-----------------------|
| 張裂型 | 軟流圈的岩漿，因熱對流上升到地表，使地殼破裂，並形成新的海洋地殼。未上升到地表的岩漿，就向兩側運動，使板塊張裂 | 正斷層 | 淺源為主 | 張力 | a. 大西洋中洋脊 c. 東非裂谷 |
| 聚合型 | 兩個板塊相向移動，逐漸聚合，密度大的板塊會潛入密度小的板塊底下 | 逆斷層 | 淺源至深源皆有 | 壓力 | b. 馬里亞納海溝 e. 喜馬拉雅山 |
| 錯動型 | 板塊彼此往不同的水平方向移動，而沒有地殼的建造或破壞。 | 轉型斷層 | 淺源為主 | 剪力 | d. 北美聖安德列斯斷層 |

3. 詳讀下列敘述後，計算並回答問題：(20 分)

地震規模的觀念是由 C. F. Richter 教授在 1935 年所提出的。芮氏地震規模被定義為：一標準扭力式伍德-安得生 (Wood-Anderson) 式地震儀在距離震央 100 公里處所記錄的最大振幅以微米 (μm) 記的對數值。因為芮氏地震規模 (M_L) 對於較大的地震有飽和之現象，芮氏地震規模 (M_L) 受儀器限制，只能用伍德-安得生 (Wood-Anderson) 式地震儀，因為動態範圍固定，對於大地震無法正確描述，因而近年來發展出由地震矩 (M_0) 計算規模的方法。地震矩規模 (M_w) 是由 Kanamori 教授所發展。地震的主要原因為地層之錯動，錯動處稱為斷層。地震震源本身之大小與造成地層錯動的作用力有直接的相關。因此，總力矩為表示震源大小的一個很重要且直接的參數。震源機制之總力矩稱為地震矩 (Seismic Moment)，造成單一斷層之地震的地震矩可簡化為：

$$M_0 = \mu \times S \times \bar{D}$$

其中 μ ：斷層上物質的剛硬係數 (rigidity 或 shear modulus)

S：斷層面積

\bar{D} ：斷層的平均滑動量

地震矩 (M_0) 的單位為 dyne-cm 一般地震的地震矩值約為 10^{12} - 10^{30} dyne-cm。

地震矩規模 (M_w) 根據地震矩 (M_0) 所發展出的關係式為：

$$M_w = 2/3 (\log M_0) - 10.7$$

即由計算得之 M_0 ，可得出其相對的 M_w ，可適當的描述出地震的大小，對大地震無飽和的現象。

(1) 921 地震，地表沿車籠埔斷層之破裂約有 40 公里，斷層面深長約有 15 公里，斷層上物質的剛硬係數為 3×10^{11} dyne/cm²，斷層平均滑動量 5.1m。請估算地震矩與地震矩規模大約是多少？

(2) 若 $E = M_0 / (2 \times 10^4)$ (單位:erg) ($1 \text{ erg} = 1 \text{ dyn-cm} = 10^{-7} \text{ Joule}$)，而一噸 TNT 炸藥相當之爆炸能量為約 4.2×10^9 Joules，那 921 地震之能量相當於多少噸 TNT 炸藥？又相當於多少顆投在廣島之原子彈(約相當 13000 噸 TNT 炸藥)？

(3) 今年(2011)五月間，中部地區民間有一個「511 大地震」的傳言，指將有規模十四級的大地震與大海嘯侵襲台灣，因此須避難於南投山中。經過網路甚至媒體傳播，引起部分民眾的恐慌。請根據以上對於地震規模計算之概念及相關提供之 921 的地震係數，討論此一論點之可靠程度。

提示：(a)地球的周長 40000 公里，大陸地殼地函深度平均約 100 公里，

(b)推測可能造成中生代恐龍大滅絕之隕石可能相當於 10^{14} 噸 TNT 炸藥能量，請嘗試與上述資料比對作答。

參考答案

(1)

地震矩：

$$M_0=(40\times 10^5\times 15\times 10^5\times 3\times 10^{11}\times 5.1\times 100)=9.18\times 10^{26} \text{ erg-cm}$$

地震矩規模：

$$M_w=2/3\times \log(9.18\times 10^{26})-10.7=7.3$$

(2)

$$\text{能量 } E(\text{Joule})=(9.18\times 10^{26})/20000\times 10^{-7}=4.6\times 10^{15} \text{ Joules}$$

$$\text{相當 TNT}=(4.6\times 10^{15})/(4.2\times 10^9)=1.1\times 10^6 \text{ 噸}$$

$$\text{約相當於廣島原子彈}:(7.3\times 10^6)/13000=84 \text{ 顆}$$

(3)

$M_w=14$ 之地震，引起之破裂若有 100 公里深，地表長度將達約 10^{11} 公里長，已可繞地球 250 萬圈。若以能量計算，相當於 1.8×10^{16} 噸 TNT 炸藥之能量，相當於 182 倍造成中生代恐龍大滅絕之隕石撞擊能量，屆時人類無論躲在何處均不能倖免，因此無須驚慌。

4. 有關全球暖化/增溫，(1)其產生的原因與機制如何？(2)除二氧化碳外，還有哪些是溫室氣體？(至少列出三種)(3)其對深海溫鹽環流可能造成怎樣的影響？(4)其對海洋生態可能造成怎樣的影響？(20分)

參考答案

- (1) 太陽經由短波輻射進入地球後，部分能量乃藉由長波輻射返回外太空。在返回過程當中，部分熱能會被大氣中的某些氣體(稱之為溫室氣體，如二氧化碳)攔截，然後儲存在大氣當中，造成溫室效應。正常的溫室效應乃是維持大氣保持平均溫度(約15度)的必要因素。不過，當溫室氣體過量時，則會造成溫度異常增溫，此乃造成現今全球暖化的原因。
- (2) 水蒸氣、二氧化碳 CO_2 、臭氧 O_3 、甲烷 CH_4 、氫氟碳化物 HFCs、氯氟碳化物 CFCs、氧化亞氮 N_2O 、全氟碳化物 PFCs、六氟化硫 SF_6 等。
- (3) 全球暖化造成兩極冰的融化會改變海水的溫度與鹽度，因而改變深海溫鹽環流。由於深海溫鹽環流乃是維持地球熱能趨於均衡分佈的重要因素，也是全球環流「輸送帶」的重要環節，因此，如果輸送帶受到破壞，可能造成全球氣候異常現象。
- (4) 全球暖化造成兩極融冰以致海平面上升，淹沒了低窪地區，因此低窪地區的海洋生態將會受到嚴重的破壞。

5. 海岸地帶為海陸交互作用地區，具有動態地形及生態條件。影響海岸現況之自然因素包括：陸上地質作用〔例如：岩性、侵蝕與沉積作用、構造作用、火山活動等〕與海洋作用〔例如：波浪、潮汐、海流與海洋生物等〕。根據上述論點，台灣島四周海岸的特性，按地理位置，可概略分成東、南、西、北四個類型。試說明此四類型海岸的特徵與生成原因。(20 分)

參考答案

北：火山邊緣緩坡地與海岸相交之沉降海岸〔原生〕

地質與氣候

東：侵蝕性之斷層海岸〔原生〕

板塊邊界與海浪侵蝕

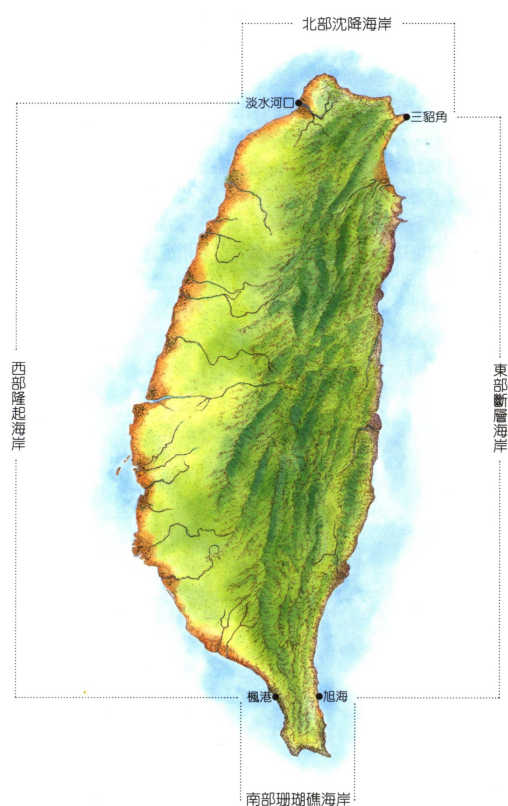
南：珊瑚礁海岸〔再生〕

水溫環境

西：堆積性之隆起沙岸〔再生〕

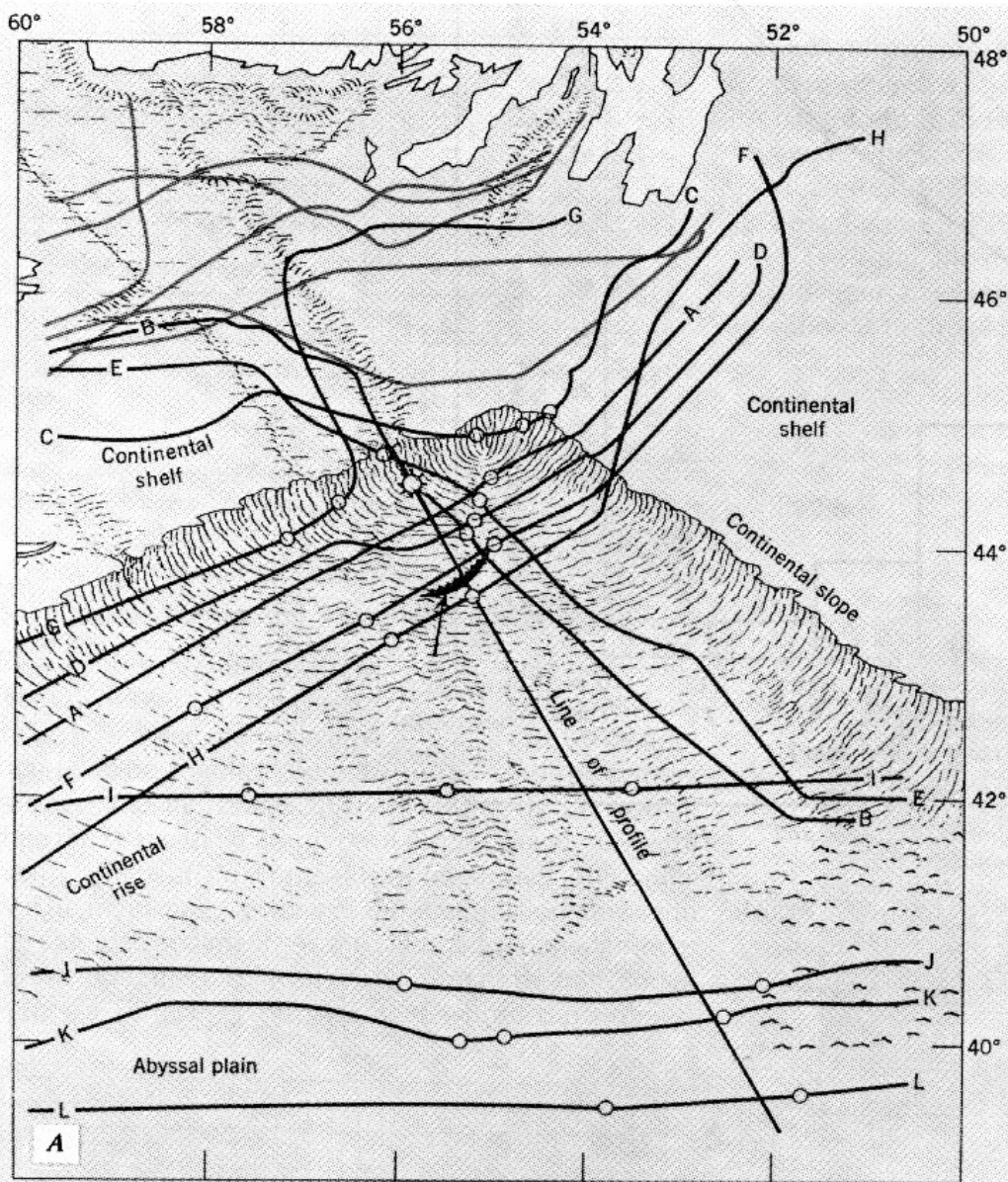
沉積物來源

16

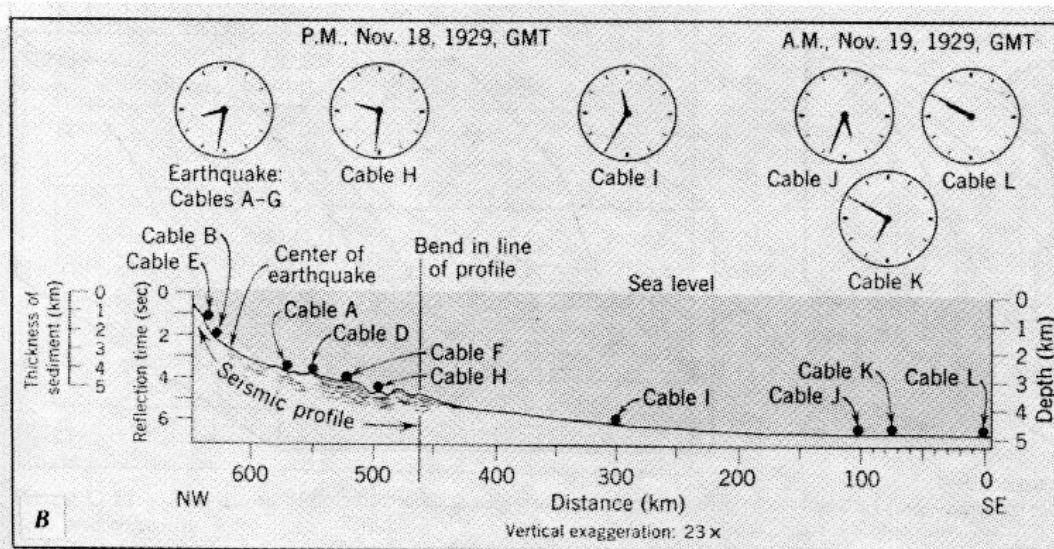


台灣海岸分區圖

6.
附圖
(A)



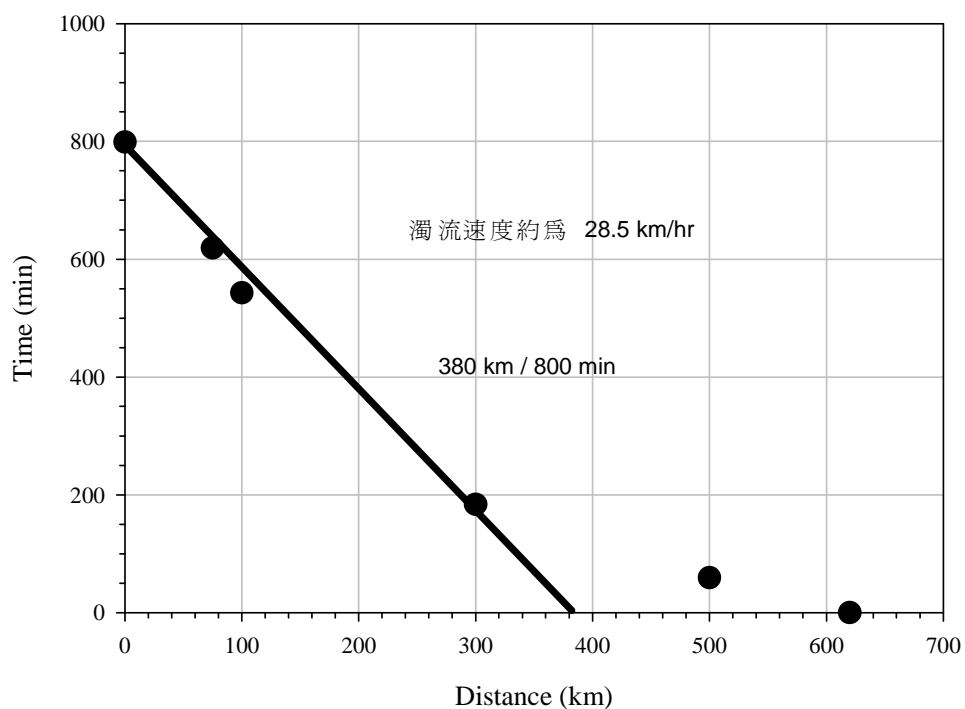
附圖
(B)



6. 附圖(A)為加拿大與紐芬蘭外海地形與海底電纜分布狀況。1929 年 11 月 28 日於該地區海底發生之地震造成其中 12 條海底電纜斷裂，電纜之位置與斷裂時間列於附圖(B)中〔剖面圖〕，試說明造成電纜斷裂的原因以及附圖資料所顯示的意義與相關資訊。(20 分)

參考答案

| 當地時間 | 累積時間 (分) | 距離 (km) |
|------------------|----------|---------|
| 08:31 pm (11/18) | 0 | 600 |
| 09:30 pm(11/18) | 59 | 500 |
| 11:35 pm(11/18) | 184 | 300 |
| 05:34 am(11/19) | 543 | 100 |
| 06:50 am(11/19) | 619 | 75 |
| 09:50 am(11/19) | 799 | 0 |



100 學年度高級中學地球科學能力決賽

【天文考科】筆試(含實作)考題

參考答案

— 作答說明 —

● 注意事項：

1. 請直接於題目之後作答，若作答空間不足，可翻頁接續作答。作答時，請將題號標示清楚。
2. 本試題共有8頁。
3. 本試題包含筆試(含實作)五大題，總分100分。
4. 請使用較粗的黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆，在試題卷上作答。
5. 監試人員未宣布考試開始前，不得翻閱試題本。
6. 其餘規定依競賽規則辦理。

● 考試時間：

60分鐘，不得提前交卷離場。

1. (1) 「祝山日出」、「關山夕照」，皆可透過氣象局資料或網路資訊得悉「日出」、「日落」時間，安排前往觀賞。請說明所謂的「日出」、「日落」時間如何定義？(10 分)
- (2) 古人以：「天行健」勉勵君子為人當似天體運行般的規矩。台北市立天文科學教育館年度發行之「天文年鑑」內所刊載之行星動態等資訊，亦或星象軟體程式的撰寫即是基於天體的規律運動模式。以太陽在不同的赤緯時為例，欲知地球各(不同緯度)地方的日出和日落時間，吾人即可利用下式(式 1)計算得知：

$$\cos t_0 = -\tan(\phi) \times \tan(\delta) \quad (\text{式 1})$$

日出和日落時間：12h ± t₀ (-：日出；+：日落)

(式 1)中，

t₀：日出(當數值為負數時)或日落(當數值為正值時)時，以度為單位的時角；

φ：在地球上觀測者的緯度；

δ：太陽的赤緯。

而據(式 1)所推算出之理想的天文日出日沒時刻，與實際觀測上可能存在有些許時刻差。請說明造成上述誤差存在的可能因素為何？(10 分)

參考答案

(1)以太陽盤面的上(邊)緣為準。日出時刻的定義為日面剛從地平線出現的一剎那；而日落時刻則定義為太陽盤面的邊緣完全消逝在西方地平線下的時間。由於光線在大氣層內的折射，下沉的陽光路線在接近地平線的附近已經被高度的偏折，使得視太陽日沒時，真實的太陽已經在地平線下約一個太陽的直徑(約 0.5°)。

(2) I. 大氣的折射，會將地平附近的太陽約提高約 34 弧分。

II. 考慮太陽視半徑(~16 弧分)。

III. 考慮緣自大氣粒子的散射作用。

2. 我們知道北極星(Polaris)實際上並非正好位處天球北極點上(圖 1)，所以在使用赤道儀式天文望遠鏡進行天體長時間觀測時，即需進行極軸校準，也就是利用極軸望遠鏡內的刻度來調整北極星在相對於天球北極點的位置。若今日(2012/01/07)晚上 10 時在台北(E121.5°, N25°)進行天體觀測時所使用的赤道儀其極軸望遠鏡是水平儀式極軸角度刻度盤。在沒有攜帶式極軸盤可供參考的情況下，請說明觀測當時之北極星與地方平均恆星時(LMST)間的極軸盤角度(θ ，如圖 2)要如何計算得知?(20 分)

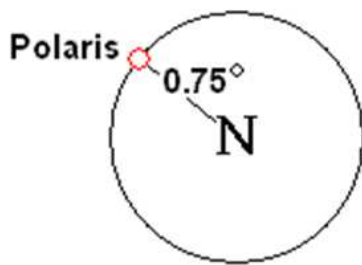


圖 1

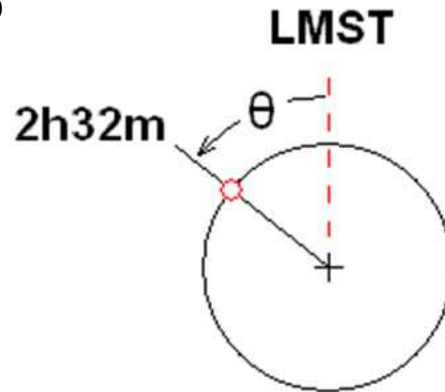


圖 2

參考答案

每個天體都有其相對的天球座標，例如北極星的天球座標是赤經(RA) 2h 32m，赤緯(DEC) +89.25°。在地球上不同的位置、不同的時間進行觀測時，觀測當時之北極星與地方平均恆星時(LMST)間的極軸盤角度即可經由下述步驟計算得知：

步驟一：

首先透過儒略日 (Julian day) 表查尋 2012 年 1 月 7 日世界時 (Universal Time ; UT) 為”零“的儒略日，據以計算相對的格林威治平均恆星時(Greenwich Mean Sidereal Time ; GMST)

步驟二：

由於吾人所處之觀測地並非在英國格林威治當地，觀測時間亦非正好在世界時為”零“(UT=0)的時候；因此觀測者須依不同的觀測位置與時間，依先前求得的格林威治平均恆星時(GMST)進行地方平均恆星時(LMST)的修正與換算：

$$LMST = GMST + \gamma + (\text{觀測時間} - \text{時差}) \times 1.002738$$

其中， γ 為地理經度，以台北為例(E121.5°, N25°) = 8h 6m 4.3s，1.002738 則是把太陽時轉成恆星時的轉換常數。

步驟三：

最後再以步驟二所求得之地方平均恆星時(LMST)減去北極星的赤經(RA)值 2h 32m。若是角度計算為負值，則加上 360；反之，若是角度超過 360，則減去 360。

簡而言之，先利用上述步驟 1~2 來計算當地的地方平均恆星時(LMST)，再利用步驟 3 便可求得某星與 LMST 間的角度(θ)。

3. 如果地球永遠以同一半球面對著太陽，而且台灣本島正位於中央；也就是說，台灣本島一直正面對著太陽。但是地球繞太陽公轉的周期不變，月球繞地球公轉的周期不變。依據此狀況，回答下列問題。
- (1) 台灣海邊潮汐現象產生怎樣的變化？發生滿潮與乾潮時之月相為何？仍然有大潮與小潮嗎（如有，發生在什麼時候？）？(7分)
- (2) 日食與月食有無變化？在台灣，可以觀賞到日食或月食嗎？(6分)
- (3) 在台灣，有季節變化嗎？如果有，則敘述與現在相比，有何異、同？(7分)

參考答案

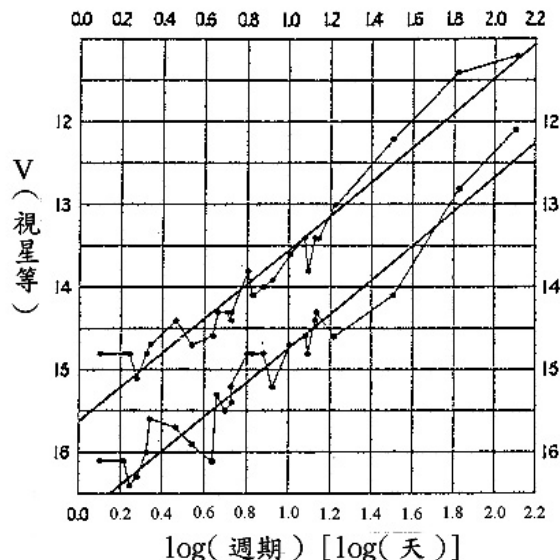
(1) 仍有潮汐現象，月球與太陽仍然對地球產生潮汐作用。因為月球仍然一個月繞行地球一周，所以主要的潮汐變化為一個月漲潮兩次、落潮兩次，且滿潮時為朔、望前後，乾潮時為上弦、下弦前後。

仍然有大潮與小潮的變化，但是成為年度週期；當地球位於近日點時之漲潮為大潮，地球位於遠日點時之漲潮為小潮。

(2) 台灣永遠處於中午，因此沒有夜晚，所以無法看見月食，只能觀賞日食現象。

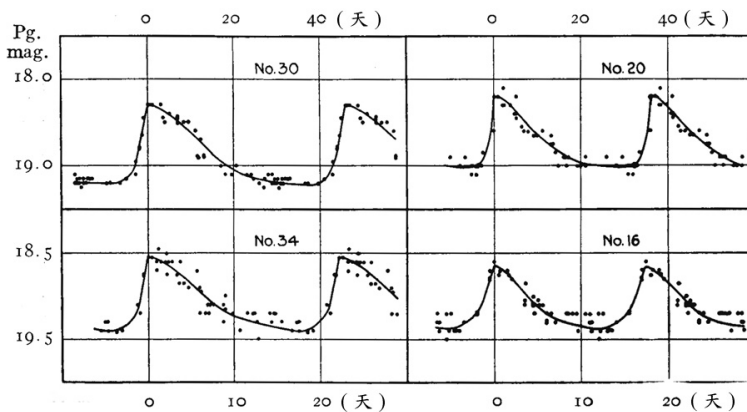
(3) 因為地球自轉軸仍然傾斜 23.5 度，所以仍有季節變化。由於缺少晝夜溫度調節，所以一年四季都比現在熱。

4. 天體的距離是非常重要的參數，可以用來推算天體的光度（或絕對星等）或宇宙的大小，所以天文學家發展出許多方法。其中突破性的發展，是用造父變星作為量天尺，來測量遙遠星系的距離。美國哈佛天文台的李薇特（Leivatt）女士，在 1908 年研究大麥哲倫星雲中的造父變星，發現這些造父變星之視星等與其光度變化週期 P 有關，它們的視星等與其 $\log(P)$ 成正比（右圖），稱為造父變星之週光關係。



美國天文學家哈伯觀測渦狀星系 M33，發現其中有造父變星，下圖為四個造父變星的光度變化曲線（縱座標為視星等），推估它們的週期，利用李薇特女士的研究結果與距離模式，計算 M33 之距離約為大麥哲倫雲的幾倍？（20 分）

$$\text{距離模式 } m - M = -5 + 5 \log d(\text{pc})$$



渦狀星系 M33 中四個造父變星之光度變化曲線，橫座標之單位為天。

參考答案

觀察 M33 中的四個變星，其亮度變化範圍與週期大約如下表所示：

| | No.30 | No.20 | No.34 | No.16 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 視星等變化範圍 | 18.3-19.2 | 18.2-19.0 | 18.6-19.4 | 18.7-19.4 |
| 平均視星等 | 18.75 | 18.6 | 19.0 | 19.05 |
| 光度變化週期(P) | 45 天 | 38 天 | 22 天 | 18 天 |
| log(P) | 1.65 | 1.58 | 1.34 | 1.26 |

將四顆造父變星的數據代入

大麥哲倫雲之距離模式為 $m_1 - M = -5 + 5 \log d_1$ ----- (a)

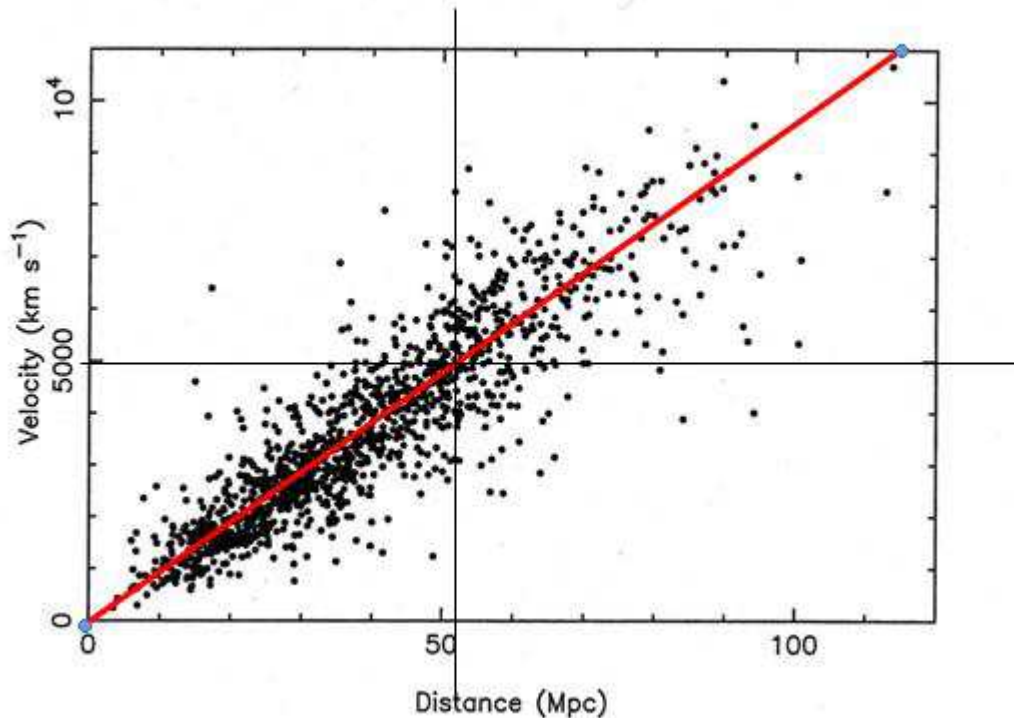
M33 之距離模式為 $m_{33} - M = -5 + 5 \log d_{33}$ ----- (b)

將兩式相減，(a) - (b) 得 $m_1 - m_{33} = 5 \log d_1 - 5 \log d_{33} = 5 \log(d_1/d_{33})$

$$\frac{d_{33}}{d_1} = 10^{\frac{m_1 - m_{33}}{5}} = 10^{1.1} = 15$$

所以 M33 之距離約為大麥哲倫雲的 15 倍

5. 哈伯定律可以用來觀測宇宙的大小與年齡，一般寫成 $v = H_0 d$ 形式，其中 H_0 是一個比例常數，稱為哈伯常數。下圖是 1355 個星系的奔離速度與距離關係圖，Mpc 表示百萬秒差距，1 pc 約為 3.26 光年。依據此圖回答下列問題。



- (1) 在上圖中，畫出代表哈伯定律的直線，並寫下哈伯常數的數值與單位？(5 分)
- (2) 已知鈣離子譜線 H (稱為 Ca II H) 的波長為 396.96 nm。如果觀測星系甲的光譜，測出譜線 Ca II H 的波長為 416.81 nm。不考慮相對論性效應，用都卜勒效應 (Doppler's effect) 計算星系甲的奔離速度；並將此速度代入 (1) 的結果，推算其距離為多少光年？(8 分)
- (3) 如果將哈伯定律寫成 $v = H_0 d + K$ 之形式，其中 K 為比例常數，則代表什麼意思？與原來的哈伯定律有何異、同？(7 分)

參考答案

- (1) 在上圖中，畫出一條經過原點的直線，直線大致均勻經過各點，如圖中紅線。此直線之斜率即為哈伯常數，

$$H_0 \text{ 約為 } 5000/52 = 96.15 \text{ km/s/Mpc}$$

- (2) 都卜勒效應為 $(\lambda - \lambda_0)/\lambda_0 = v/c$ ，其中 λ 為觀測波長 416.81 nm、 λ_0 為靜止光源波長 396.96 nm、 v 為星系奔離速度、 c 為真空中之光速。

$$(416.81 - 396.96)/396.96 = v/(3 \times 10^5 \text{ km/sec})$$

$$\text{則星系甲之奔離速度 } v \text{ 約為 } 1.5 \times 10^4 \text{ km/sec}$$

$$\text{星系甲的距離 } d = v/H_0 = (1.5 \times 10^4)/96.15 = 150 \text{ Mpc} = 4.89 \times 10^8 \text{ 光年}$$

- (3) 表示宇宙形成之實獨體積不為零，也就是說大霹靂並不是從一個（奇異）點膨脹形成如今的宇宙。

異： $v = H_0 d$ 表是宇宙從一點（或零）膨脹

$v = H_0 d + K$ 表式 $d=0$ 時， $v=K$ ，即宇宙從初速 v 開始膨脹

當 $v=0$ 時， $H_0 d + K=0$ ，即 $d=-K/H_0$ ，宇宙大小為負值，未知其物理意義。

同：宇宙都在膨脹中