

請考生依指示  
填寫准考證末兩碼

--	--

國立臺灣大學  
109 年高中科學班資格測驗試題本  
地球科學

—作答注意事項—

考試時間：共 120 分鐘（請自行斟酌分配時間）

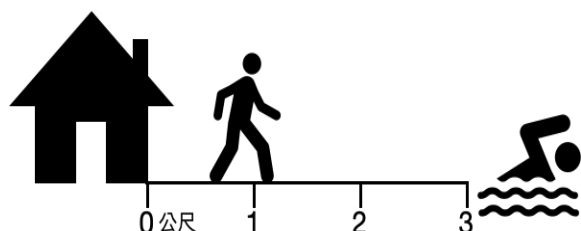
作答方式：務必作答於「各科答案卷上」，請以黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆作答，  
並標明題號。

祝考試順利！

請聽到鈴(鐘)聲響後，於題本右上角方格  
內填寫准考證末兩碼，再翻頁作答。

第一題：(共 25 分)

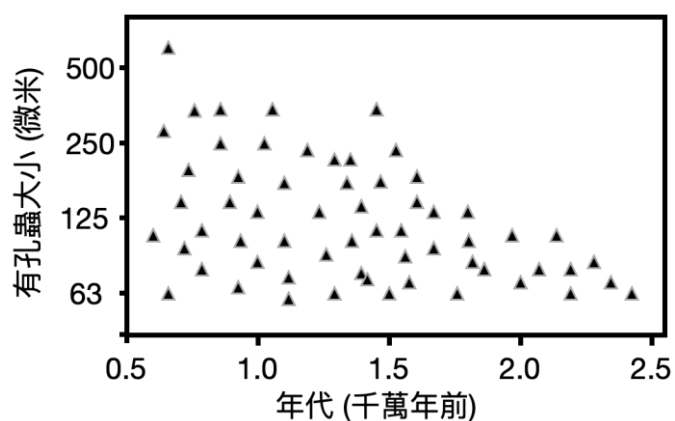
(一) 統計學上有一個隨機模型被稱為醉漢走路模型，假設有一個醉漢在出了酒吧的門之後在完全隨機的狀況下會前進或是後退一樣的距離（見圖一），如果此醉漢每一次前進或是後退都是一公尺且醉漢無法退回左邊的酒吧中（所謂的“左牆”）而在酒吧右方三公尺處有一個排水溝，試問在五次隨機行動之後，醉漢掉進排水溝的機率為何？(10 分)



圖一，醉漢走路模型示意圖。

(二) 在生物的體型演化的討論上，曾有學者提出『科普原則(Cope's rule)』，此原則的主要內容是根據化石證據發現生物容易往體型較大的方向演化，一般認為可能的解釋是因為體型大者比較容易具有生存上的優勢。

下圖二為一種海洋單細胞生物浮游性有孔蟲在新生代中的一個演化事件示意圖，學者透過不同尺寸的篩網篩選海洋沉積物中的有孔蟲化石，然後在顯微鏡底下判斷種類與大小得到的結果。



圖二，新生代有孔蟲化石大小隨著年代變化示意圖。

請描述有孔蟲在這段時間中的演化趨勢？在這個演化事件中，“左牆”是否存在？可能產生“左牆”的機制有哪些原因？科普原則在此事件中適用嗎？或是有哪方面潛在的問題？(15 分)

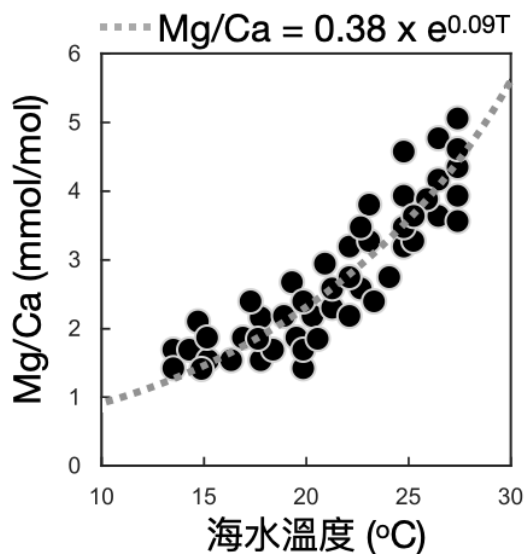
第二題：(共 25 分)

由於現代人類科技還沒有發現真正的時光機器可以幫助我們回到過去實際測量地球歷史上的氣候變化參數，如當時的氣溫，海水 pH 值，大氣中的二氧化碳濃度等，古海洋學者於是利用所謂的“代用指標 (proxy)”來研究過去的氣候變化。代用指標的基礎假設是，透過現代觀察氣候系統中的物理、化學與生物群落的變化與某些特定的氣候變化參數有關，而將這樣的關係應用在過去保留下來的材料上（沉積物或是化石）。例如假設我們發現某地的樹輪條帶寬窄與其氣候有關（水的資源、大氣濕度或著甚至火災頻率），我們便可以嘗試尋找古老的樹木去計算樹輪的寬窄，並搭配上定年的結果，將過去特定年代中的氣候變化透過樹輪的代用指標重建起來。

下圖三為另外一個例子，海洋中浮游性有孔蟲的殼體主要為碳酸鈣 ( $\text{CaCO}_3$ ) 組成，其中因為  $\text{Mg}^{2+}$  與  $\text{Ca}^{2+}$  為同價離子，所以有孔蟲殼體中亦會含有少量的碳酸鎂 ( $\text{MgCO}_3$ ) 存在，根據現代浮游性有孔蟲研究發現，其殼體中的 Mg 與 Ca 元素含量的比值 ( $\text{Mg}/\text{Ca}$ ) 會與有孔蟲生活時的海水溫度有一定的關係，關係式可簡化為：

$$\text{Mg}/\text{Ca} \text{ (mmol/mol)} = A \times e^{BT}$$

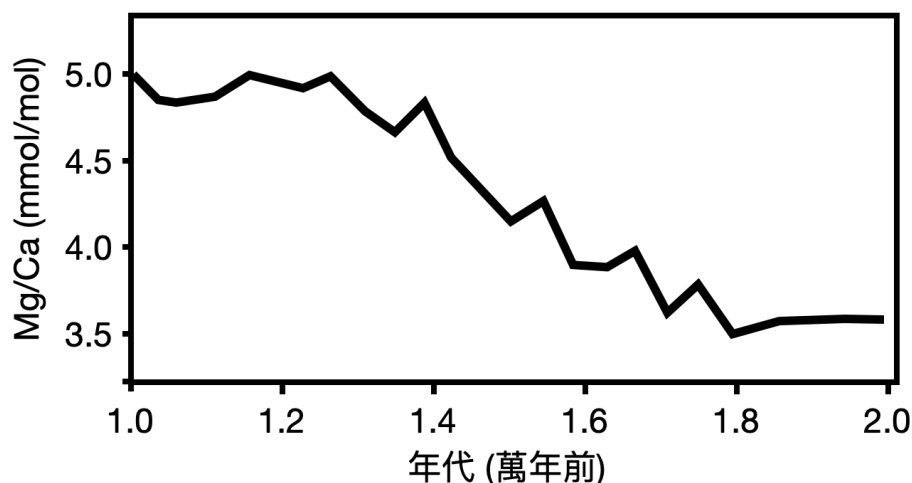
其中 mmol 代表  $10^{-3}$  莫耳 (mole)，  
A 與 B 為常數，不同種類的有孔蟲會有不同的常數，  
T 為海水溫度 (temperature,  $^{\circ}\text{C}$ )，  
e 為自然對數 (nature logarithm)



圖三，浮游性有孔蟲殼體 Mg/Ca 元素比值與海水溫度的關係示意圖。

請翻頁繼續作答

(一) 圖四為某地過去 2 萬年來的有孔蟲鎂鈣比值變化圖，假設此種有孔蟲的 A 與 B 常數為 0.40 與 0.08，請計算當地自 2 萬年到 1 萬年來海水溫度大約最多大約上升了攝氏幾度？（假設沒有任何其他因素影響，四捨五入至小數點下二位）(10 分)



圖四，某地自過去 2 萬年至 1 萬年來浮游性有孔蟲鎂鈣元素比值變化圖。

(二) 代用指標的假設建立於現代的關係式可以套用在過去的時空上，但是地球也會發生與現代完全不同或是非常難以類比的狀態，例如在上新世（約 500-250 萬年前）時，目前研究結果推測當時的海水本身的鎂鈣元素比值約為 3 mmol/mol，較現代海洋平均的 5 mmol/mol 來得低，試問如果您古氣候學者，您會怎麼研究海水鎂鈣元素比值變化對於有孔蟲的鎂鈣元素比這個代用指標的影響？請嘗試設計實驗或是列舉可能的變因。(15 分)

可能會用到的自然對數表：

ln (X), X=	數值
15	2.71
13.75	2.62
12.5	2.53
11.25	2.42
10	2.30
8.75	2.17
7.5	2.01
6.25	1.83
5	1.61

大氣環流的最根本的驅動力是太陽不均勻的加熱以及地球的轉動。透過對大氣熱力以及動力過程的理解，我們可以解釋三胞環流以及東西方向風場的成因。往下三大題，我們將探討地球轉動如何影響東西方向的風場。

**第三題：(共 10 分)**

讓我們從熱帶地表風為起始點，請根據你對哈德里環流,科氏力,以及摩擦力的理解，回答以下問題:

- (一) 請問在北半球熱帶區域近地表盛行風的風向是？為什麼？(5 分)
- (二) 根據此盛行風向，地表給大氣的摩擦力的方向是？(5 分)

**第四題：(共 20 分)**

大氣東西方向的風場的原動力是地球由西向東的轉動，透過摩擦力，地球得以帶動大氣的運動。讓我們將透過角動量守恆的概念，來了解副熱帶上空西風噴流的成因:

- (一) 請試算在赤道上空相對於地表為靜止(跟著地球由西向東轉，轉速與地球轉速相同)的單位重量大氣的角動量。(10 分)

地球半徑約為  $6.37 \times 10^6 \text{m}$ ，大氣相對於地球半徑非常的薄(赤道區對流層頂約為 17 公里)，我們可以概略假設在對流層頂的大氣與地心的距離和地球表面與地心的距離幾乎相同。

地球轉速約為  $7.292 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

- (二) 假設此單位重量的大氣乘著哈德里環流(Hadley Cell)在高空的南風移動到北緯 30 度，過程中保持角動量守恆，此氣塊的東西方向的風速將變為何？(10 分)  
風速的定義為空氣相對於地表移動的速度。

$$\sin(30^\circ) = 0.5$$

$$\cos(30^\circ) = 0.87$$

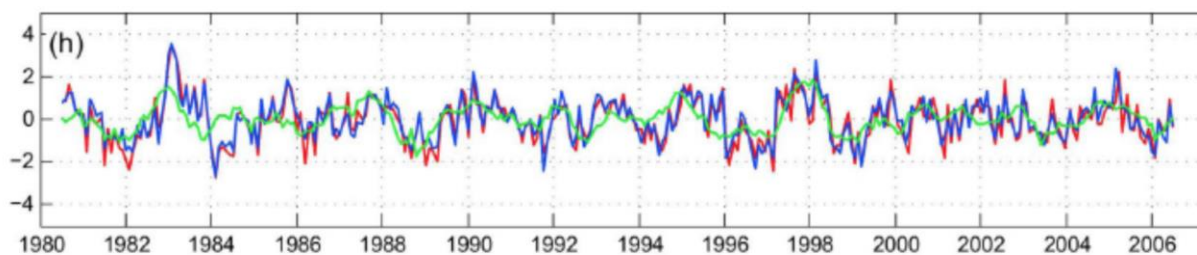
請翻頁繼續作答

**第五題：(共 20 分)**

經過以上練習，或許你更了解了高空西風噴流(jet)的成因。

然而，根據角動量守恆推估出的西風噴流的風速，遠遠大於真實觀測到的西風噴流 (~40m/S)。這是因為，大氣的波動(例如 Rossby Waves)會更進一步將副熱帶的大氣的角動量往中緯度傳送。這個過程，解釋了中緯度的地表的平均風為西風 (中緯度的高壓與低壓系統總是由西往東移動)。

熱帶的大氣與中高緯度的盛行東西風向相反，在熱帶，透過摩擦力，大氣從地殼獲得角動量，在中高緯度，大氣將角動量還給地球。長時間平均來說，地球的角動量為定值，不會越轉越快或是越轉越慢。然而，短時間的大氣環流變化(自然震盪)，是會影響大氣與地球之間的角動量交換，進而對地球轉速有稍微的影響。



上圖的三條線分別為聖嬰現象的指標(ENSO index), 全球大氣的角動量, 以及一天的長度。為了方便比較三個變量的關係, 數值已被處理過, 不反應原始數值, 我們觀察相對量值就好。看起來, 聖嬰現象發生的年份, 全球大氣的角動量較大, 地球的轉速較慢, 一天較短。讓我們來想想為什麼。

(一) 年平均哈德里環流的中心(熱帶輻合帶)不在赤道, 而是在北緯七度左右。

讓我們回到 **第四題** 的思考, 我們考慮正常年, 在哈德里包中心, 東西方向風速為零的單位重量氣塊, 從北緯7度移動到北緯30度, 過程中角動量守恆, 請問這個情況所估計的北緯30度的風速比 **第四題** 快還是慢? 為什麼?(10分)

(二) 聖嬰現象發生時, 赤道東太平洋的海溫比正常年暖, 熱帶降雨帶(哈德里包中心和熱帶輻合帶所在緯度)比正常年更靠近赤道。根據此線索與 **第四題** 的思緒, 請詳述聖嬰現象的指標(ENSO index), 全球大氣的角動量, 以及一天的長度三變數呈現正相關的原因。(10分)

試題結束