

1-1 古今對地球起源和演變的看法

古人思考「地球起源」時，充滿了神話和神學的想像。

由觀察日、月、星辰規律的進行，古代學者循序漸進地尋求合乎邏輯的宇宙觀。

經過近 三千 年的努力，才有目前對地球、太陽系乃至宇宙整體較完整且全面性的了解。

一、古代關於地球起源的神話

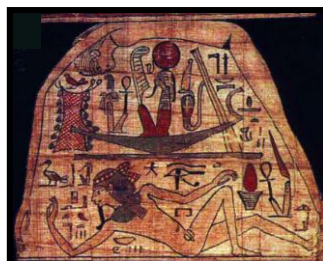
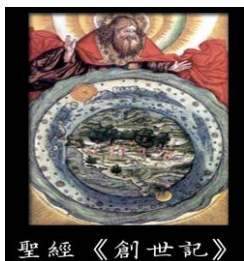
(一) 中國古代宇宙觀 (神話)：以 盤古 「開天闢地」的神話故事來描述天地的形成過程。

(二) 歐洲 (西方的宗教故事)：以聖經中的「創世紀」為代表，探討地球的起源

在人類歷史上，創世說曾在相當長的一段時期內佔據了統治地位。

(三) 埃及：多神 論

(四) 印度：占星 論



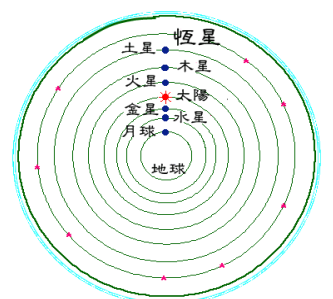
二、地球與其他星體相互運行關係的發展

(一) 以地球為球心 (地心說)

1. 西元前四世紀時，古希臘哲學家亞里斯多德：

提出宇宙是 球狀 而且為 有限 的概念

地球 是宇宙的中心，行星與其他天體則是附著在以地球為中心的許多球殼上，行星層層繞著地球轉動轉速各有 不同 無法解釋行星的逆行現象。

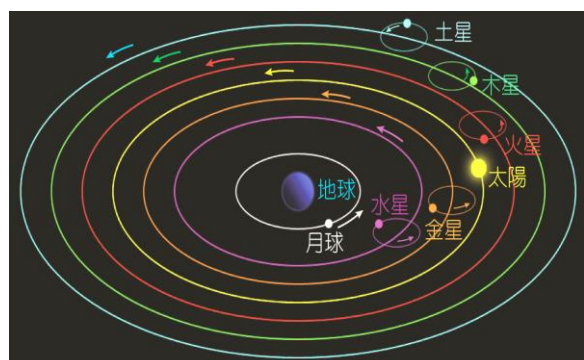


2. 西元二世紀時，古希臘天文學家托勒密：

認為地球是宇宙的中心，提出 地心 說 (天動說)

而月球、水星、金星、太陽、火星、木星和土星依序繞地球運行，提出了 周轉圓 模型，(地球是宇宙的中心)

可以解釋行星的逆行現象。



(二) 以太陽為球心 (日心說)

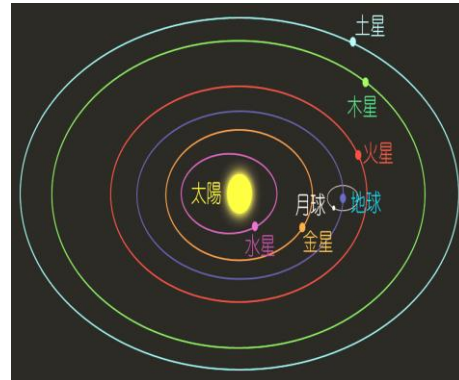
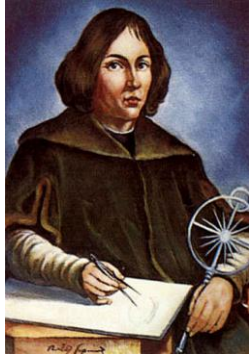
1. 十六世紀初，波蘭天文學家哥白尼

認為 太陽 是宇宙中心，提出 日心 說 (地動說)。

除了 月球 外，所有行星 (包括地球) 都是以圓形軌道繞行太陽運行。

恆星則是附在離太陽很遠的天球，並且靜止不動。

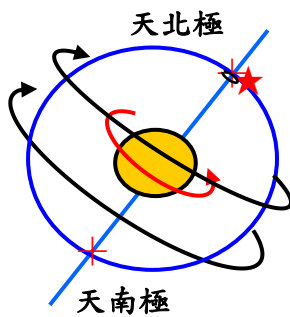
可以解釋行星的 逆行 現象。



※ 溫故知新

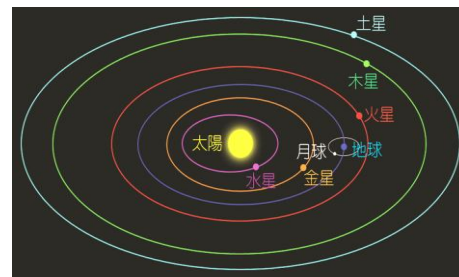


因地球自轉



地球：自 西 向 東
 太陽 }
 月亮 } 自 東 向 西 15°/hr
 行星 }

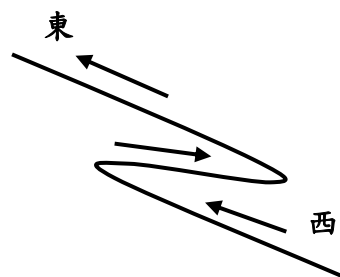
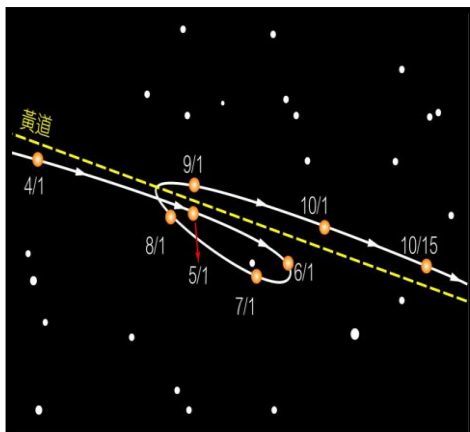
因地球公轉



地球繞太陽：自 西 向 東
 由地球看太陽：自西向東 1°/天
 月球繞地球：自西向東
 由地球看月亮：自西向東 12°/天

※ 行星逆行：行星相對恆星運動方向大致沿黃道由西向東

而當行星相對恆星由 東 向 西 移動時，就稱為逆行。

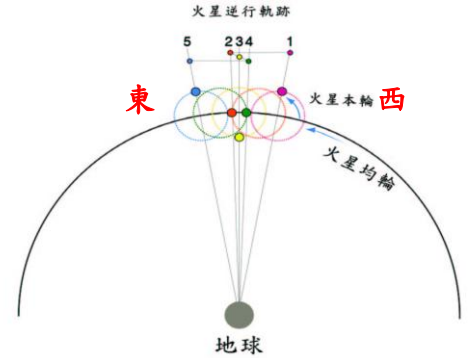
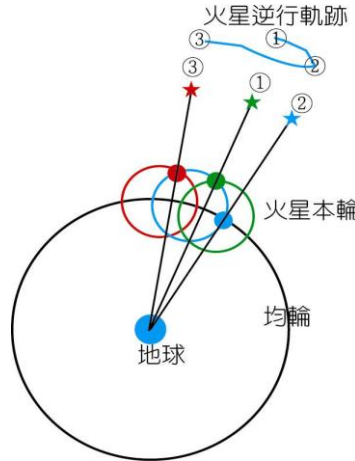
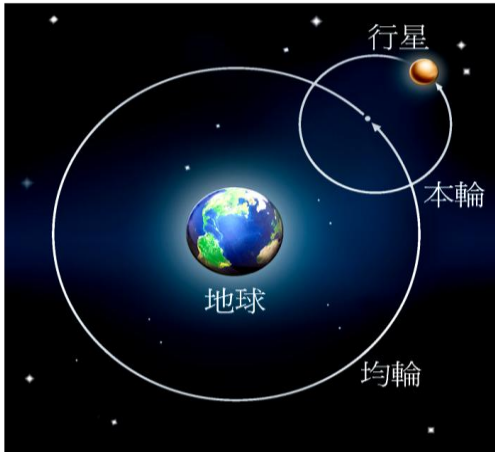


※比較「地心說」與「日心說」之火星逆行：

1.地心說法：(托勒密) 引入本輪與均輪概念解釋火星逆行的現象

行星(火星)繞著地球(公轉)作圓周運動，此圓即為「均輪」，
行星(火星)繞著空間中的一個點作圓周運動，這個圓就是「本輪」，
所以火星軌跡便從 ①→②→③。

托勒密系統大體上還算精確，所以風行了一千四百多年。



❶ 地心說的火星逆行軌跡圖

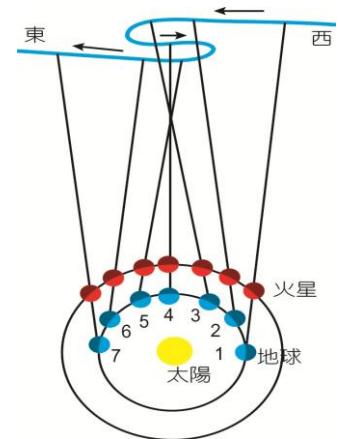
2.日心說法：(哥白尼) 解釋火星的逆行

地繞日一圈週期比火星繞日一圈週期短。

火星的逆行運動比木星大，木星又比土星大。

這些現象是視覺的效果

表示火星比木星靠近太陽，木星又比土星靠近太陽。

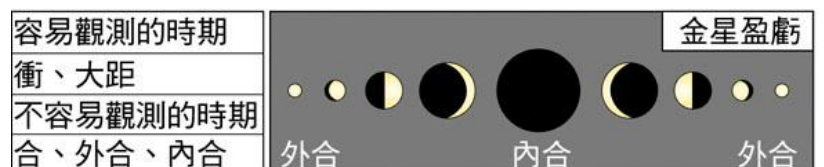
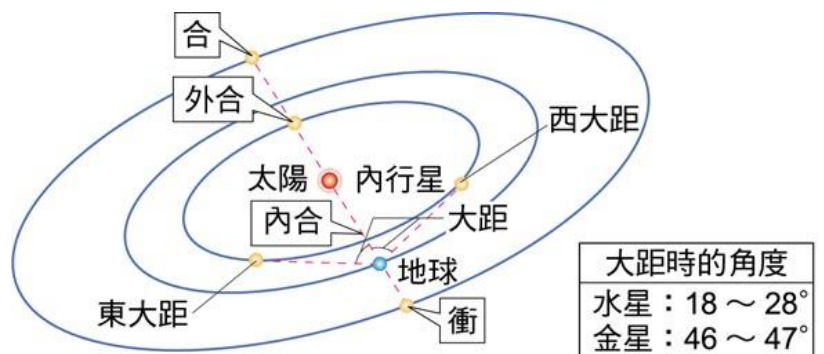
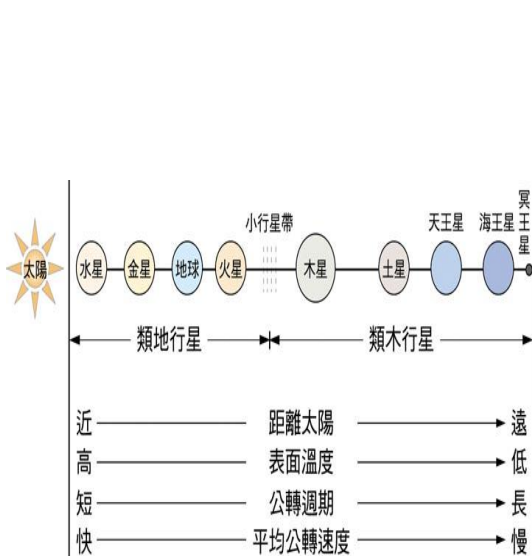


※行星組態：



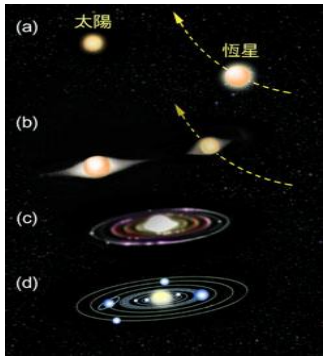
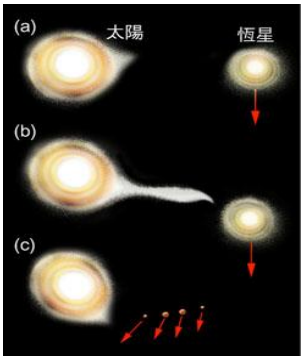
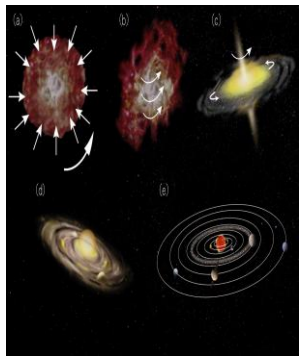
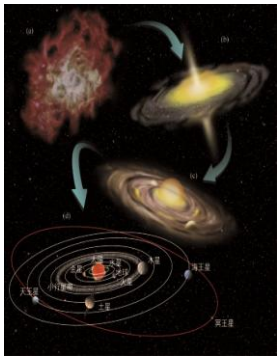
1.水星和金星永遠無法完整地繞轉天空一周，
只可見於凌晨的東方或傍晚的西方。

2.水星與金星在地球軌道內運行，從地球觀察會有盈虧現象，外行星則無此現象。

3.水星與金星的盈虧現象無法用肉眼看見。



三、近代對地球起源的看法（太陽系如何形成？）

學說	外力說		星雲說（自生說）	
先前理論	1. <u>布豐</u> 1745： （災變說） 彗星撞擊說		4. <u>笛卡兒</u> 1644： 恆星、彗星和行星 都源自一團巨大 渦流運動中的物 質	
倡者	2. 微行星（星子）說 <u>張伯倫</u> 1900年— <u>摩爾頓</u>	3. <u>潮汐</u> 說 <u>金斯—傑弗里斯</u> 1916年	5. 熱星雲說 <u>康得—拉普拉斯</u> 1755年—1796年	冷星雲「太陽星雲說」 <u>綜合者：戴文賽</u> 1979年
	內容	兩側受潮汐力吸引	恆星吸引太陽分	冷卻收縮旋轉離
圖示				

（一）外力說

- 彗星撞擊說：1745年法國博物館學者 布豐，最早提出，
太陽受彗星撞擊而使原屬太陽物質的行星被拋出，
逐漸在太陽周圍冷卻成行星，然後於固定軌道上繞太陽運行。
- 微行星（星子）說：二十世紀初期美國的地質學家 張伯倫（Chamberlain, 1843~1928）
和美國的天文學家 摩爾頓（Moulton, 1872~1952）
一個外來星球靠近太陽時，因 引潮力 作用使太陽物質脫離
環繞在太陽外圍，冷卻後凝聚成 微行星，
微行星再碰撞聚合成 行星 和 衛星 等天體
- 潮汐說：1916年 金斯—傑弗里斯
恆星近距離通過太陽附近，吸引出兩端細、中間粗的物質條帶。
帶上的物質因重力收縮形成行星，兩端的行星較小，中間的行星較大。

（二）自生說

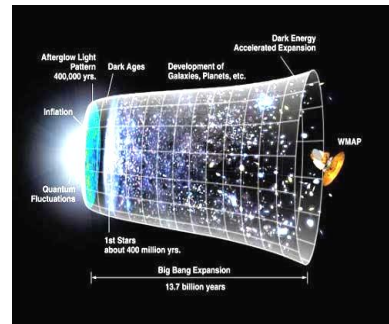
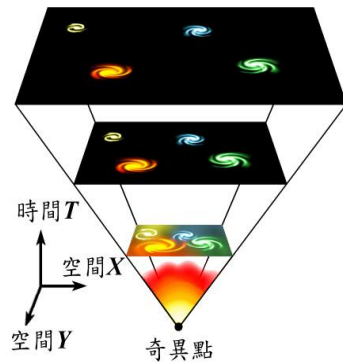
- 星雲假說：十七世紀時，法國哲學家 笛卡兒（Descartes, 1596~1650）
在《哲學原理》中，提出恆星、彗星和行星都源自一團巨大渦流運動中的物質。
此觀念可說是 「星雲假說」 思維的開端

2.熱星雲說：又稱「康得－拉普拉斯星雲學說」。

- (1) 1755 年，德國哲學家康得，最早提出，
太陽系形成於巨大的雲氣系統，即所謂的「星雲」，
熱「星雲」萬有引力內聚的過程中，物質聚成太陽，外圍物質則形成行星。
- (2) 1796 年，法國數學家拉普拉斯修改康得的看法，
當物質轉動時，因冷卻收縮，使旋轉速度增加，
赤道區域因離心力較大而擴張，成扁平盤狀
旋轉速度過快，重力不足以吸引物質，則物質被拋出外圍並聚合成行星
聚合、旋轉不斷發生，形成更多行星，核心物質內聚成太陽，形成太陽系。

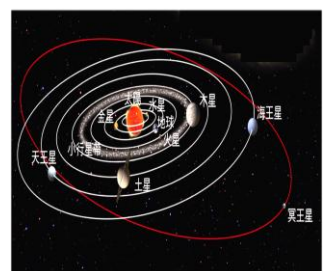
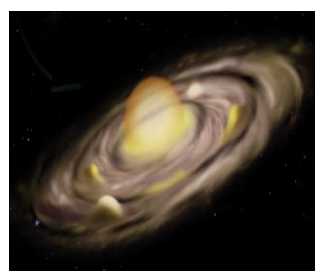
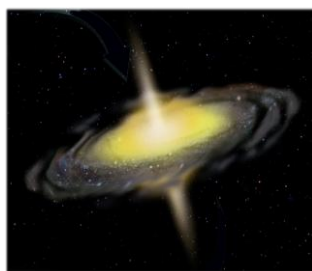
四、現今對地球起源的看法

- (一) 大霹靂說：現今之宇宙是約在137億年前，從一個能量、溫度和密度都極高的一點大爆炸膨脹而來



(二) 冷星雲「太陽星雲說」

1. 經霹靂爆炸後飄散在宇宙間的基本物質（此處可稱之為太陽星雲，包含氣體、冰及塵埃）
2. 受萬有引力作用而逐漸聚集成一個高密度且高溫的核心，周圍物質則呈扁平盤狀，繞著核心運行。
3. 核心物質持續收縮，使溫度持續升高，當核心溫度達約攝氏一千萬度，開始進行核融合反應並釋放能量（原始太陽形成）。此時向外之熱壓力與向內之重力達平衡。
4. 散布在外圍圓盤的物質，亦由引力作用逐次碰撞合併成微行星。
5. 微行星碰撞合併成行星，
在太陽系內圈軌道形成以岩石、金屬組成為主的類地行星。
而外圈軌道則是含冰、氣體成分較多的類木行星。



範例練習

- (D) 1. 下列哪一事實無法用「地心說」說明？ (A)黃道十二宮 (B)星星每天東升西落 (C)行星逆行 (D)金星盈虧。

解題要訣：(A)(B)均以地球為中心，太陽、星星們繞著地球轉所形成的周年運動與周日運動。(C)地心說可解釋行星逆行。(D)內行星的盈虧則是以太陽為中心，地球所見內行星因反射太陽光的範圍不同所致。

- (D) 2. 下列哪一個敘述為現代解釋太陽系各行星之起源？ (A)太陽受彗星的撞擊，物質被撞離之後一一形成行星 (B)一個外來星球靠近太陽，太陽受其引潮力影響分離出一些物質後一一形成 (C)某些恆星從太陽旁掠過，被太陽捕獲後再冷卻形成 (D)太陽星雲中心聚集，而外圍盤面物質形成微行星，微行星再彼此碰撞積聚形成。

解題要訣：(A)(B)(C)三敘述均以外力說來解釋太陽系各行星的起源，但科學界比較支持(D)星雲說。

【單元練習】

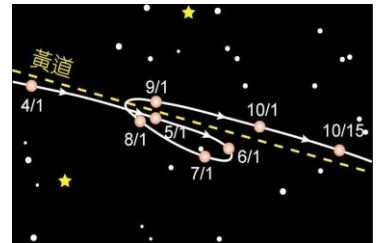
- (B) 1. 星雲周圍的物質受到何種作用力而逐漸地往中心聚集？ (A)離心力 (B)萬有引力 (C)磁力 (D)熱膨脹壓力。

【解析】星雲周圍的物質受萬有引力作用而逐漸聚集成一個高密度且高溫的核心。

- (D) 2. (甲)原始行星形成；(乙)原始太陽形成；(丙)充滿氣體及塵埃的星雲；(丁)圓盤狀旋轉星雲；(戊)微行星碰撞結合。請從上述各現象選出正確的太陽系行星形成過程？ (A)丙→戊→乙→甲→丁 (B)丙→丁→乙→甲→戊 (C)丁→丙→甲→乙→戊 (D)丙→丁→乙→戊→甲。

【解析】(丙)充滿氣體及塵埃的星雲→(丁)圓盤狀旋轉星雲→(乙)原始太陽形成→(戊)微行星碰撞結合→(甲)原始行星形成。

- (B) 3. 連續觀測某一個星星所見到的位置圖，如右圖所示，圖上該星出現逆行、順行的原因是 (A)該星自轉速度與地球的自轉速度不同 (B)該星公轉速度與地球的公轉速度不同 (C)該星自轉的速度與地球公轉的速度不同 (D)該星公轉的速度與地球自轉的速度不同。



【解析】由日心說，可看出該行星公轉速度與地球的公轉速度不同，以致出現行星逆行現象。

- (B) 4. 關於地球或太陽系起源的理論中，所謂外力說的說法，下列哪一個敘述錯誤？ (A)認為因為外力影響，使原始行星自太陽分離出來 (B)認為太陽系所有天體都來自同一個原始星雲，由星雲物質集聚形成 (C)彗星撞擊為外力說的最早說法 (D)微行星假說是二十世紀外力說的代表說法。

【解析】(B)為星雲說之解釋。

- (B) 5. 冷星雲「太陽星雲說」中，行星是由星雲的哪一部分所組成？ (A)高溫、高密度的星雲核心 (B)核心收縮聚集後，周圍殘留在盤面上的星雲物質 (C)核心收縮並加速旋轉後，一次次所拋出的物質環 (D)核心及星雲盤兩者以外的星雲殘餘物質。

【解析】散布在外圍圓盤的物質，由引力作用逐次碰撞合併成微行星，進而行成行星。

- (D) 6. 提出撼動中古世紀教會日心說的科學家為下列何者？

(A)托勒密 (B)布封 (C)牛頓 (D)哥白尼

【解析】哥白尼認為太陽是宇宙中心，提出日心說(地動說)。

1-2 古今對地球形狀與大小的看法

早期人類認為大地是平的。

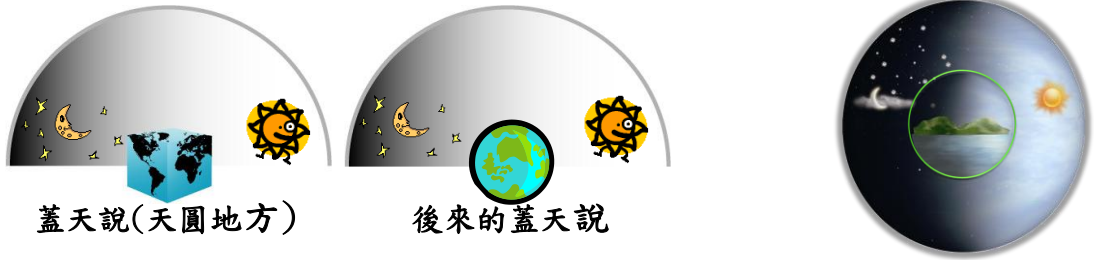
當認知到大地是圓形時，才有了地「球」觀。

形成「地球是圓球狀」的觀念，是歷經一段探尋大自然奧祕的結果。

一、古今對地球形狀的看法

(一) 中國古代的看法：

1. 蓋天說：早期宇宙觀天圓地方；天如車蓋（半球形）、地如棋盤（正方形）。
2. 渾天說：天是圓球狀，東漢張衡將天地比喻像雞蛋，天是蛋殼、地是蛋黃。



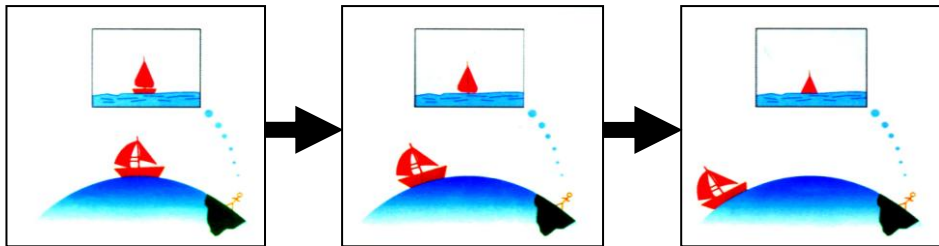
(二) 西方對地球形狀概念的演變：

1. 地球是圓的：

(1) 西元前 500 年，希臘的數學家 畢達哥拉斯

從幾何學的角度，認為圓球是完美的幾何形狀，推論地球是圓球狀。

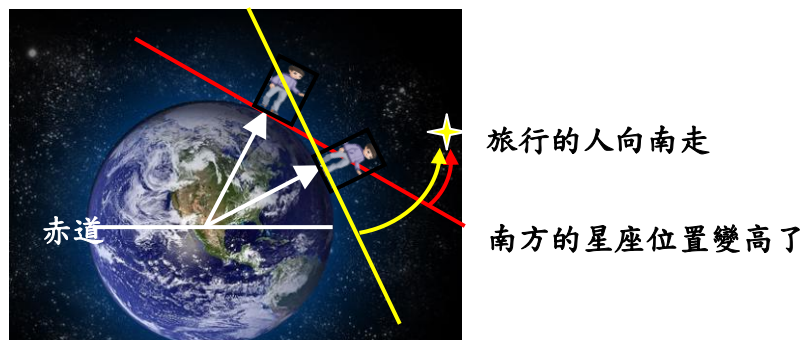
在海邊觀看船隻駛離時，船身先隱沒到地平線下



(2) 西元前 350 年，希臘哲學家 亞里斯多德，認為地球是圓球。

A. 地球的物質都會向中心聚合，聚合後的形狀必是圓球狀

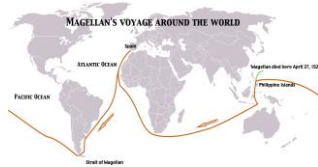
B. 旅行的人向南走，其所看到 南方 的星座位置會變 高，代表地表是有曲度的



(3) 由 月食 的影像知道投射在月球上的是地球的影子，地球形狀是圓形（最早直接證據）



(4) 麥哲倫 航海繞行地球一圈後，證明地球是圓形。



(5) 1961/4/12 蘇聯太空人（尤里·加加林）
是第一位 親眼目睹 圓球 狀地球外貌的人
人類終可確定地球是圓形～

2.地球是扁橢圓形：

(1) 牛頓認為地球 自轉，會影響地球的型態
因而使赤道所受的離心力最大，南北兩極最小，
如此造成地球赤道半徑略長，而兩極半徑較短。



相差 21 公里

(2) 在 1672 年，法國天文學家李歇爾（Rieher, 1630～1696）經由鐘擺實際測量的結果，
發現地球赤道的重力值最小，往兩極方向重力值則較大，因此亦提出地球是扁球形的論述。

※單擺原理

{	週期(T)	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
	擺長(l)	
	重力值大小(g)	



單擺的關係為：

若擺長固定不變，則單擺週期隨重力而改變
(單擺週期和重力值呈 反比)

法國巴黎 (N49°) 放置一標準鐘：T = 1

鐘擺擺動標準：g = 1

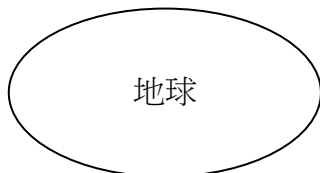
南美蓋亞那 (N5°) 擺鐘每天慢 2 分半：T > 1

鐘擺擺動較慢：g < 1

結論：觀測地球重力，推測出地球的形狀為 扁橢圓 形

※請問世界跳高記錄是在高緯度附近還是在低緯度附近地區締造的？ 低緯度；因所受重力小

極區：g 大、T 小

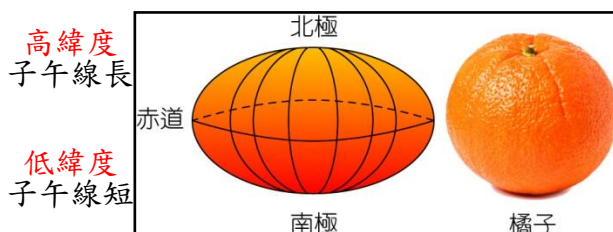


低緯度：g 小、T 大

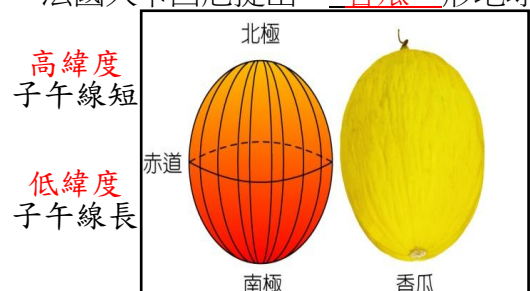


※地球的形狀究竟是什麼？

英國人牛頓提出：橘形地球



法國人卡西尼提出：香瓜形地球

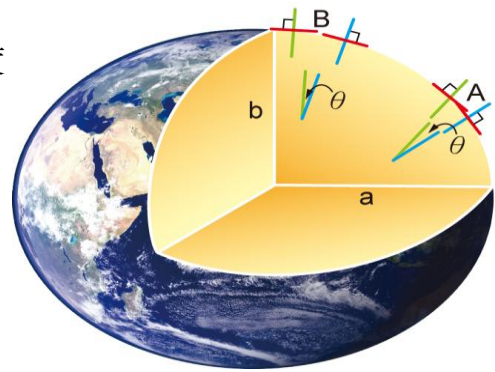


※地球若為扁球體

設定綠短線和藍短線的夾角為 θ

高緯度 B 處經線上 θ 角的長度 > 低緯度 A 處的長度

以此推論 B 處經線上弧長 1 度的長度大於 A 處。



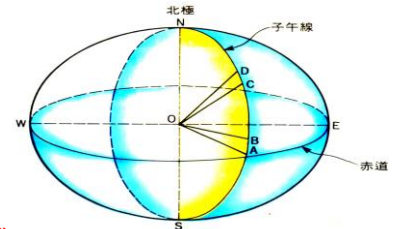
※法國法蘭西學院爭辯了 36 年

(3) 1735~1744 年，由法國巴黎科學院所執行的量測地球弧度計畫。

實際測量結果：

(高緯度 N66°) 芬蘭：111.94 km

(低緯度 S1°) 秘魯：110.60 km



進一步證實證實了牛頓橘形地球的說法，地球為扁球體。

3. 參考橢球體：隨著科技的進步，對地球赤道半徑與兩極半徑均已獲得精確的數值。

但為了簡化數學計算，以理想的橢球體作為地球表面的參考，

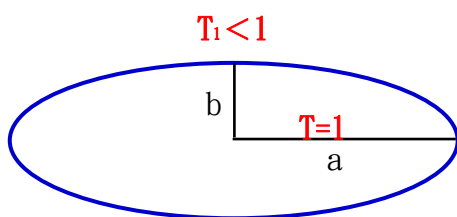
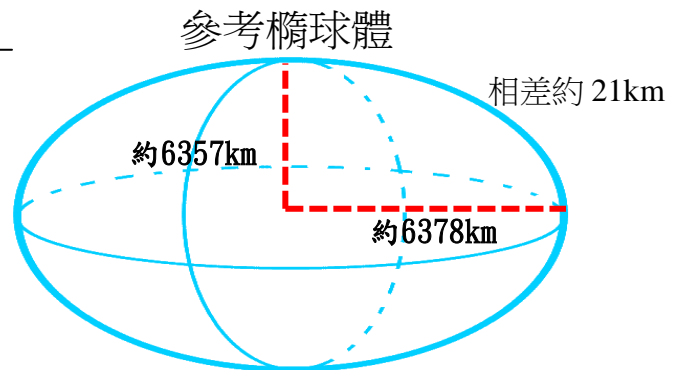
即所謂的參考橢球體。

地球的長軸（赤道半徑）參考值為6378.137 公里，

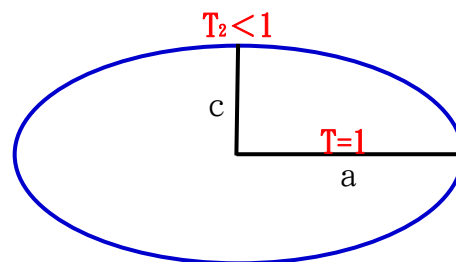
地球的短軸（兩極半徑）參考值為6356.752 公里，

$$\text{扁平率} = \frac{6378.137 - 6356.752}{6378.137}$$

$$\approx \frac{1}{300}$$



$$\text{扁平率} = \frac{a-b}{a}$$



$$\text{扁平率} = \frac{a-c}{a}$$

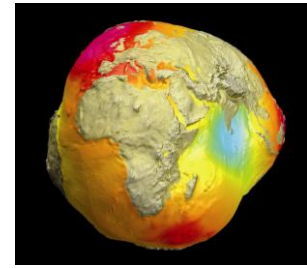
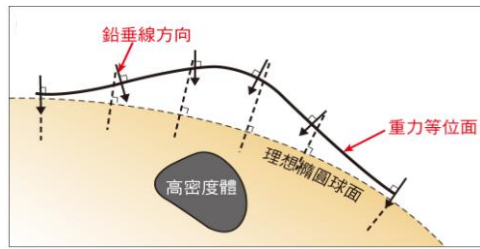
$$\frac{T_1 < T_2}{g_1 > g_2}$$

(三) 地球實際的形狀

1. 移除潮汐、風、海浪、海流等因素，處於靜止平衡狀態的地球海水面，不會是一個圓滑曲面。

※如果地球是均質
重力方向？

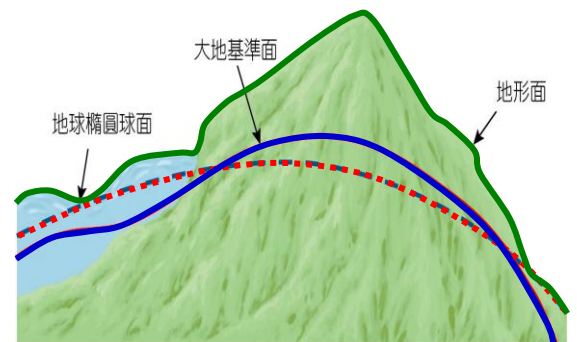
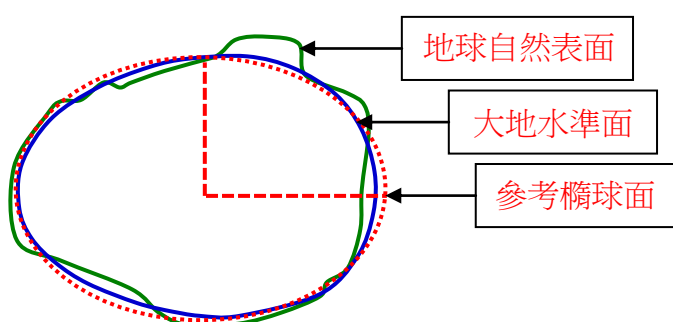
※如果地球非均質
重力方向？



2. 地球內部不是處於均質狀態，各處的重力值大小 不同。

將全球平均海水面所在位置的重力值大小當作參考值，以此參考值畫出一個封閉全球的曲面，即為 大地水準面 (基準面) (海平面上之 等重力面)，就有高低起伏。

3. 大地水準面、地形面與參考橢球體面三者關係：



(1) 大地水準面與參考橢球面對比，其起伏度偏差最大之處

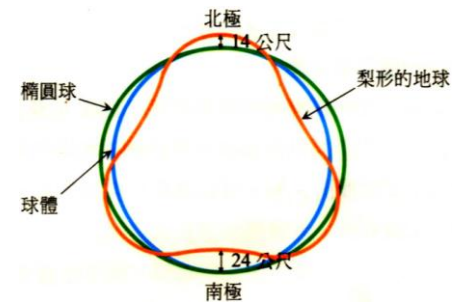
大地水準面可高於參考橢球體 85 公尺

大地水準面可低於參考橢球體 106 公尺

若把大地水準面起伏度的偏差放大 18500 倍後，地球會呈現 不規則 的形狀。

※重力模型分析地球的形狀得到的結果

地球是一個不規則的且較接近 梨形 的形狀。



※藉由地面無線電波觀測、衛星定位測量及地面重力測量對於地球的外形有了更精確的認識。

* 如果地球質量分布是均質

* 事實上地球質量分布是非均質

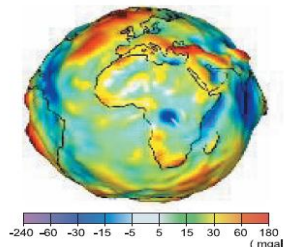


人造衛星軌道高表示地勢低

地勢低→重力 大

人造衛星軌道低表示地勢高

地勢高→重力 小



可看出重力分布極不均勻

可見地球的質量極不均勻

(2) 由大地水準面所畫出的地球，與參考橢球體最大差距不會超過 200 公尺

真實的地球仍然像衛星影像所見是一個 圓球 狀

二、地球大小的測量

(一) 追溯至西元前 240 年左右，

當時擔任埃及亞歷山卓圖書館長的埃拉托斯特尼所做的日影觀察。

計算出地球的圓周大小

埃拉托斯特尼也因為這項重要的成就，被敬稱為「地理學之父」。

(二) 計算出地球的圓周大小的方法：

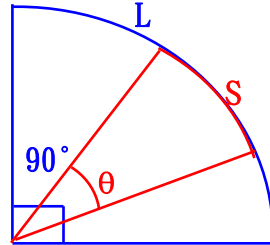
1. A 為賽伊尼的水井，每年夏至正午時分，陽光直射進入

2. B 為亞歷山卓，夏至正午太陽偏離天頂的角度 α (約 7.2°)

3. AB 距離約 800 公里

$$\frac{\text{地球圓周長}}{360^\circ} = \frac{S}{\theta^\circ}$$

$$\frac{\text{地球圓周長}}{360^\circ} = \frac{800}{7.2^\circ}$$



$$\frac{L}{90^\circ} = \frac{S}{\theta^\circ}$$

$$\frac{\text{圓周長}}{360^\circ} = \frac{S}{\theta^\circ}$$

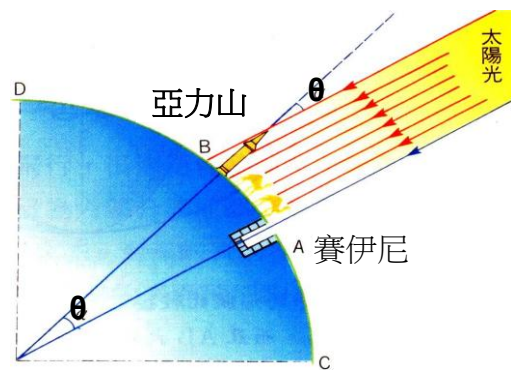
$$\text{地球圓周長} = \underline{40000} \text{ km} = 2\pi R$$

($\pi = 3.14$)

地球的半徑：

$$40000\text{km} = 2 \times 3.14 \times R$$

$$R = \underline{6369} \text{ Km}$$



(三) 測量誤差：今日測量的結果

赤道周長 <u>40075</u> 公里	}	赤道半徑 <u>6378</u> Km	誤差在 1% 之內 (誤差小於 0.2%)
子午線周 <u>39941</u> 公里		子午線半徑 <u>6357</u> Km	

範例練習

(C) 1. 牛頓認為地球為非完美正球形的主要原因為何？ (A) 所有太陽系的行星公轉軌道面一致 (B) 月球的引潮力 (C) 地球自轉的離心效應 (D) 海水向赤道流動。

解題要訣：由於地球自轉所產生的離心效應，而使地球成為赤道半徑較大的扁平球形。

(C) 2. 十七世紀時在近赤道的蓋亞那進行測量，發現在巴黎一個準確的擺鐘，在蓋亞那每天

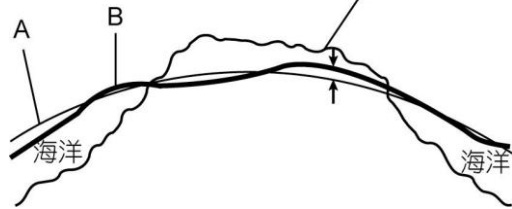
竟然慢了兩分半鐘。根據單擺週期、擺長及重力的關係式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，為什麼同一個時

鐘在巴黎與蓋亞那兩地所走的速度會不一樣？

(A) 巴黎與蓋亞那地下岩層組成不同 (B) 巴黎與蓋亞那周遭地形差異很大
(C) 巴黎與蓋亞那與至地心的距離不同 (D) 這個關係式並不適用於每個地區。

解題要訣： l 相同的單擺，若測出 T 較大 (蓋亞那)，則從公式中判斷此處 g 較小，進而推得地球的赤道半徑較大 (該處地表與地心距離遠)。

(D) 3. 下圖為用不同方式推測地球上各物理現象起伏的示意圖，圖中 A、B、C 三曲線分別稱為 (A) 大地水準面、地形面、橢圓球面 (B) 地形面、橢圓球面、大地水準面
(C) 大地水準面、橢圓球面、地形面 (D) 橢圓球面、大地水準面、地形面。

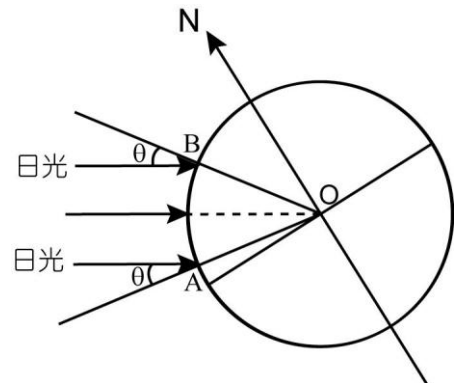


解題要訣：A為參考橢球面，B為大地水準面，C為地球自然表面。

※右圖為相同經度的A、B兩城夏至正午的陽光照射示意圖，

回答4.~5.題：

- (D) 4. A、B 兩城市此時所見的太陽位置是否相同？
 (A)方位、天頂角均相同 (B)方位、天頂角均不同
 (C)天頂角相同，但 A 所見的太陽在天頂偏南，
 B 所見的太陽在天頂偏北
 (D)天頂角相同，但 A 所見的太陽在天頂偏北，
 B 所見的太陽在天頂偏南。



解題要訣：由圖可知，太陽直射在A、B兩城中間，故A城見太陽在天頂以北 θ 角，B城見太陽在天頂以南 θ 角。

- (B) 5. 若 AB 並非在同一經線上，對地球半徑的測量會有何影響？ (A)不會因此造成誤差
 (B)測量值偏大 (C)測量值偏低。

解題要訣：(B) 經由AB之間的距離來推算出地球圓周及地球半徑，若AB非同一經線上，則AB距離會變長，推算出的地球圓周及地球半徑會變長。

【單元練習】

- (D) 1. 下列哪一個說法的提出，代表中國早已有地球是圓的觀念了？ (A)盤古開天闢地說 (B)上帝造天地說 (C)蓋天說 (D)渾天說。

【解析】東漢張衡「渾天說」，將天空比喻成雞蛋殼，而土地如同蛋黃，日月星辰等天體猶如蛋殼包裹其外，始有地球是圓的看法。

- (C) 2. 從太空中的太空船遙觀地球，地球所呈現的形狀為 (A)梨形 (B)雞蛋形 (C)正圓球形 (D)橘子形。

【解析】地球雖非正圓球形，但扁平程度、起伏現象相較地球半徑都不算大，故從太空中遙觀地球，遠距觀測的地球仍呈現圓球形。

- (B) 3. 我們得知單擺週期與人造衛星的飛行軌跡都受到重力的影響。例如較高緯度地區單擺週期較短，顯示重力值較甲；而此地上空的人造衛星為維持一定速度的前提下，飛行高度要乙。上面描述中的甲、乙各需填入哪個答案？

(A)大、降低 (B)大、提高 (C)小、降低 (D)小、提高。

【解析】因兩極半徑較赤道半徑小，故高緯地區與地心較近，重力於是較大，飛行高度要升高，才能維持定速。

- (A) 4. 大地水準面是利用下列哪一項物理量求得的地球地形面？ (A)重力 (B)磁力 (C)電力 (D)地震波 (E)模型。【解析】大地水準面是海平面之等重力面。

- (A) 5. 下列哪一種現象可以說明地球表面是圓弧面？ (A)月偏食時，月球上陰影邊緣為弧形 (B)日偏食時，太陽上被遮住部分為弧形 (C)日出後太陽高度角越來越大 (D)船隻駛近岸邊時，先看到船身再見到船桅。

【解析】(B)日食現象出現時，月球在地、日之間，故為月球擋住太陽。(C)此與地球自轉有關。(D)此與地球形狀有關，但是先看到船桅再見到船身。

1-3 地殼均衡理論

地表為何有起伏度？

為何海洋地殼會藏於海水之下，而陸地地殼會隆起於海平面呢？

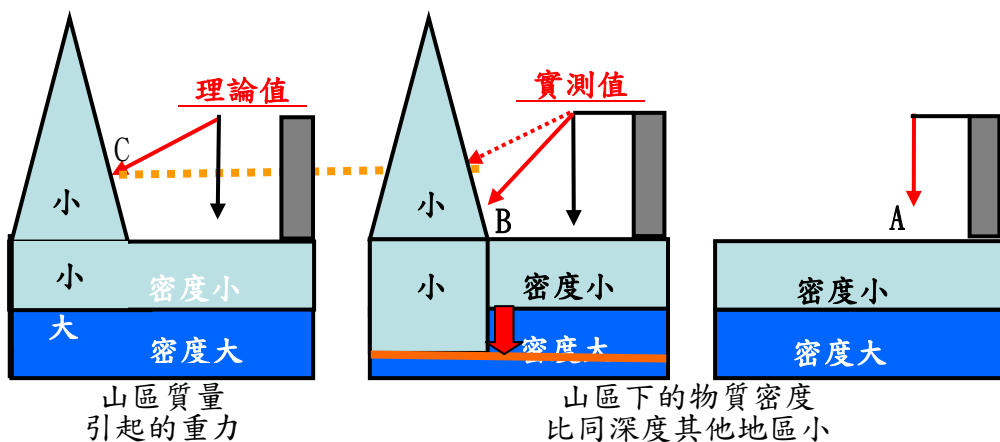
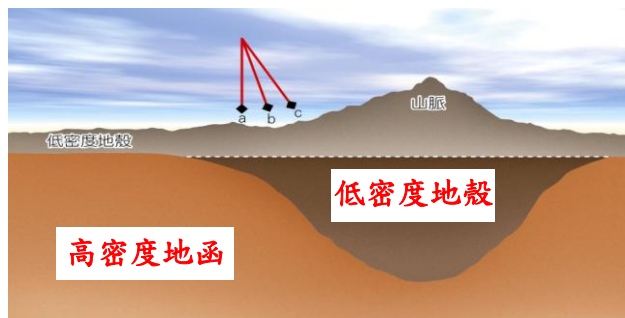
地殼是如何調整其高度，而造成地表起伏的？

地殼均衡理論可以提供解答。

一、理論起源與概念

(一) 喜馬拉雅山區的重力測量

十九世紀，科學家在印度北部實施精密地形測量時，發現喜馬拉雅山的實測重力值低於理論值，開啟了地殼均衡理論的想法。



1.理論值：重力測量時

山愈高→質量愈大→引力較大（偏移角度大）

2.實測值：高山下物質密度較小（偏移角度比理論值小）

※論點：在地殼下之某一深度處，各地所承受來自上方岩石的壓力值皆相同；亦即在此深度以上的物質，其單位面積上的總質量大約相同。

(二) 地殼均衡學說

1.從岩石圈構造來看，地殼是位於地函之上的塊體

以物理的浮力原理解釋，不同厚度的地殼浮在密度較大的地函之上

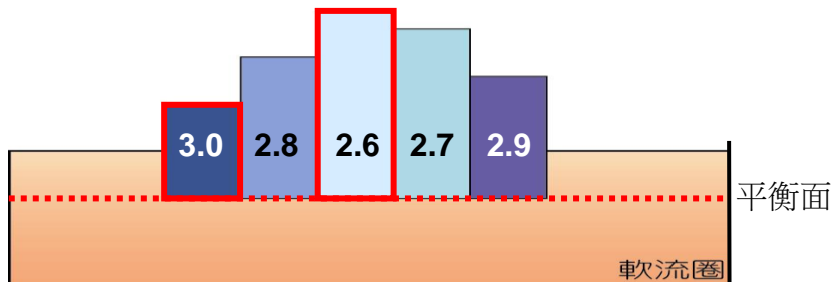
2.地函內之某一深度處，各地所承受來自上方岩石的壓力值皆相同。

3.又分兩種主要模式：「普萊特學說」與「艾瑞學說」。

二、普萊特學說與艾瑞學說

(一) 普萊特學說

1. 不同的地塊浮在同深度的底層面上，地塊密度愈 小，則地表上升高度愈 高。
不同的地塊 質量 相同、密度 不同，而 厚度 不同。
※低地的岩石密度較 大 ※高山的岩石密度較 小。



2. 證明：以浮力原理解釋

浮體的浮力 = 物重 = 排開的液體重 = 定值

$B = W = D_{物} \times V_{物} = D_{液} \times V_{沒} = K$ 定值

→ 地塊密度愈 小，則地塊體積愈 大 → 地塊上升高度愈 高。

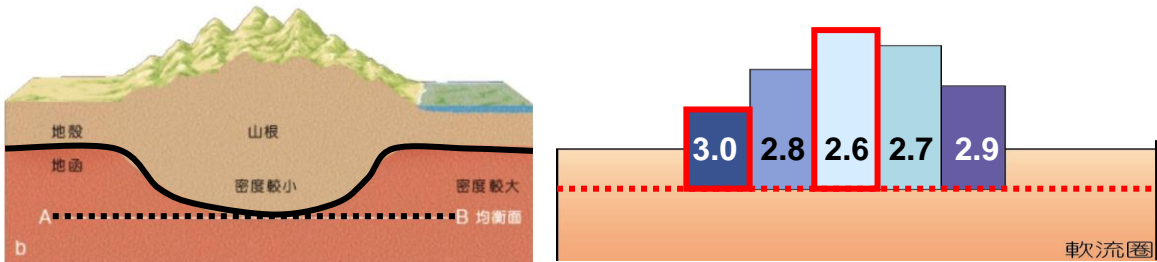
3. 現有的量測數據顯示：

大陸地殼較厚，但其密度較小
海洋地殼較薄，而其密度較大

符合
普萊特地殼均衡的觀念

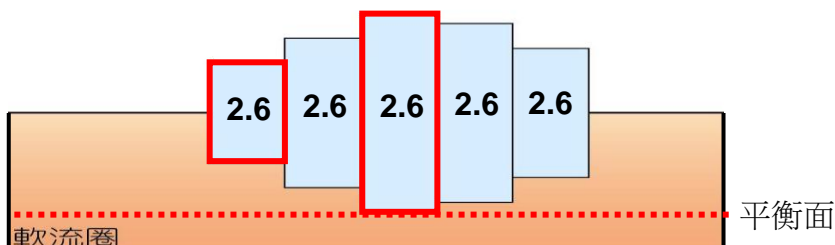
4. 不合理處：

地殼與地函交界面即莫氏不連續面並非為 等深度 面。
此與普萊特認為地塊浮在 同深度 的底層面上的前提違背。



(二) 艾瑞學說

1. 相同 密度的地塊，依浮力觀念，上升高度愈 高，其未浮出的底部也愈 厚。
不同的地塊 質量 不同、密度 相同，而 厚度 不同
※高山上升的愈 高，其未浮出的底部也愈 厚。
※低地上升高度 低，其未浮出的底部亦較 薄。

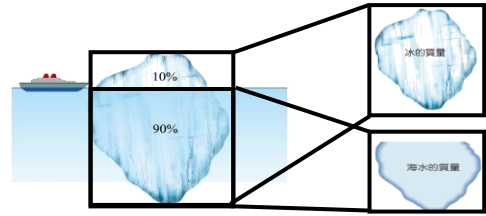


2.證明：以浮力原理解釋

浮體的浮力=物重=排開的液體重

$B=W=D_{物} \times V_{物}=D_{液} \times V_{沒}$

$$\rightarrow \frac{D_{物}}{D_{液}} = \frac{V_{沒}}{V_{物}}$$



→沒入體積愈大，冰山厚度在水面上浮露的部分愈多，沉入水面以下的部分也愈厚

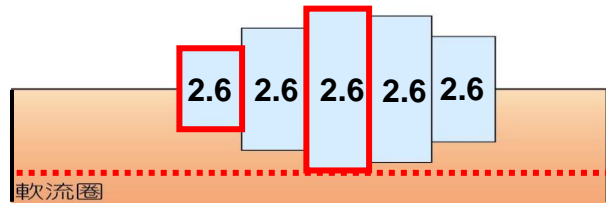
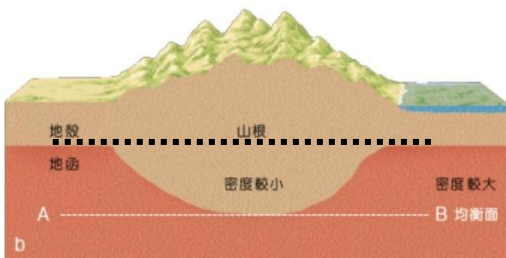
3.此學說又可稱為「山根說」。

依地殼均衡理論，地函內有一等壓力面存在。

較薄的地塊之下有密度較大的地函補償。

高山有較深的山根。

故在最厚地塊底部之深度以下，單位面積上的總質量大約相同，以維持地殼平衡



例：依地殼均衡說求圖中“？”為幾公里？

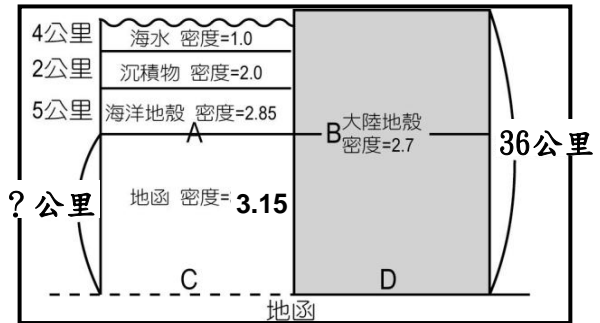
解：地函內有一等壓力面存在

依照壓力公式： $P=hXd$

$$4 \times 1 + 2 \times 2 + 5 \times 2.85 + ? \times 3.15$$

$$= 36 \times 2.7$$

$$? = 24 \text{ km}$$



例：依下圖求出木塊浮出液面的高度“d”為何？

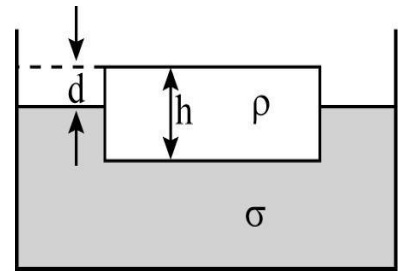
$$h\rho = (h-d)\sigma$$

$$h\rho = h\sigma - d\sigma$$

$$d\sigma = h\sigma - h\rho$$

$$d\sigma = h(\sigma - \rho)$$

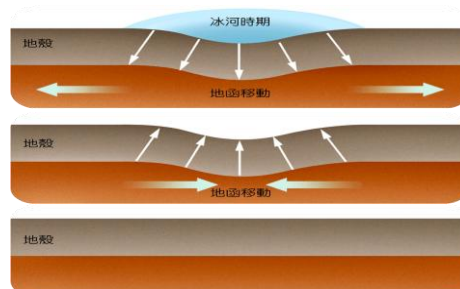
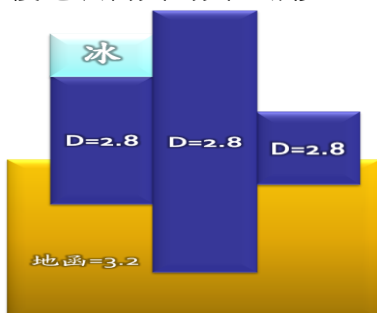
$$d = \frac{h(\sigma - \rho)}{\sigma}$$



三、地殼均衡學說觀測證據

(一) 上覆地表物質的質量增加，地殼深度就會往下延伸

上覆地表物質的質量減少，地殼深度就會往上抬升



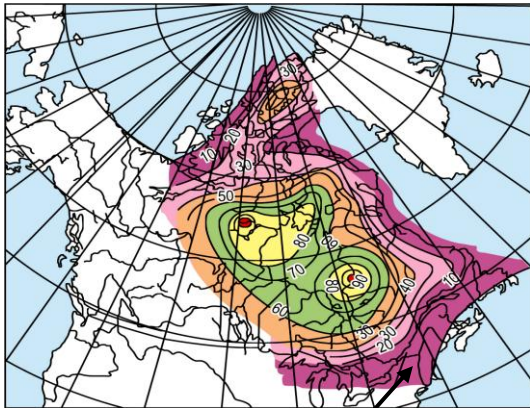
(二) 證據：

自末次冰盛期結束後，氣候回暖，

北歐 斯堪地那維亞 半島與北美因上覆的積冰溶化，(承受的重力減少)

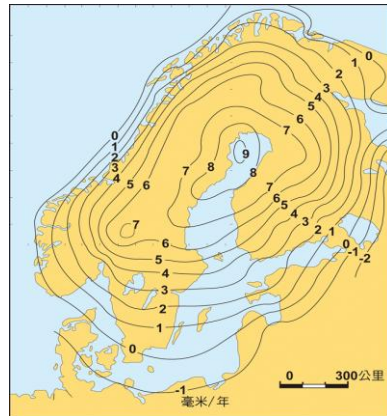
使地殼不斷 往上抬升 (目前以每年 1 公分的速度向上隆起)

這是地殼均衡理論的最佳證據



北美積冰溶化地殼往上

圖中的等值線高度為 6000 年來地殼抬升高度，單位：公分



北歐的斯堪地那維亞半島

間冰期後，冰川融解，負荷減輕迄今地殼仍在緩緩浮升

例：北歐地區於一萬年前冰期結束後，陸地逐漸上升，平均一年地殼上升 1 公分。若此區一萬年來融化速度固定，則一萬年間最多融化多厚冰層？

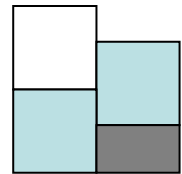
(冰的密度 0.9g/cm^3 ，地殼密度 2.7g/cm^3 ，地函密度 3.3g/cm^3)

(A)100m (B)333m (C)367m (D)27.3m

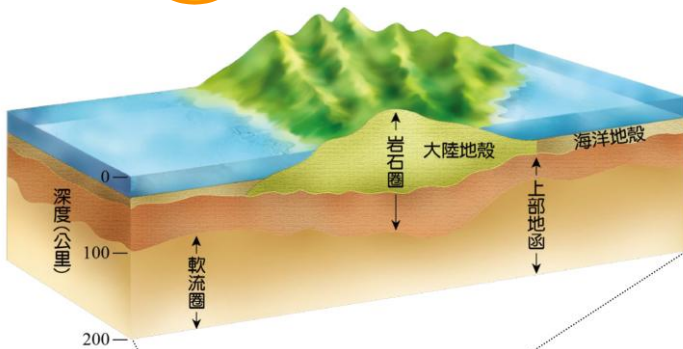
解：冰融化所減輕之重量 = 地函往上移動所增加之重量

地函往上移動多少高度就代表陸地逐漸上升多少高度

$$h \times 0.9 = 10000 \times 3.3 \quad \therefore h = 367(\text{m})$$



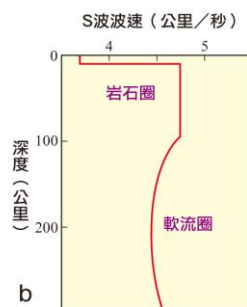
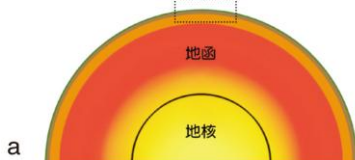
※溫故知新



1. 大陸地殼：花崗 岩質
密度 2.7 厚約 20~70km
2. 海洋地殼：玄武 岩質
密度 2.9 厚約 7~10km
3. 地函：橄欖 岩質
密度 3.3 厚約 2900km

※岩石圈 (板塊) 包含了：

地殼、上部地函上半部



※學過的學說有哪些？

1. 大陸漂移
2. 海底擴張
3. 地殼均衡說
4. 板塊構造學

範例練習

- (C) 1. 在喜馬拉雅山山腳下進行重力測量，實際測量結果並不如預期，利用地殼均衡說，如何解釋此種現象？ (A)喜馬拉雅山高度不如預期的高，因此鉛垂偏移角較理論值小 (B)由於山根較厚，鉛垂偏移角遠較理論值大 (C)由於山根較厚，鉛垂偏移角較理論值小 (D)由於山根較薄，鉛垂偏移角遠較理論值大 (E)由於山根較薄，鉛垂偏移角較理論值小。

解題要訣：大陸地殼密度較小且厚度較厚，以致重力值比預期值小。

- (C) 2. 當地殼均衡說成立時，在各個地點所描述的狀態，下列何者正確？ (A)在莫氏不連續面以上的地殼物質質量相等 (B)在地函之中某深度以上的地殼物質質量相等 (C)在地函之中某深度以上的全部物質質量相等 (D)在地函之中某深度以上的地函物質質量相等。

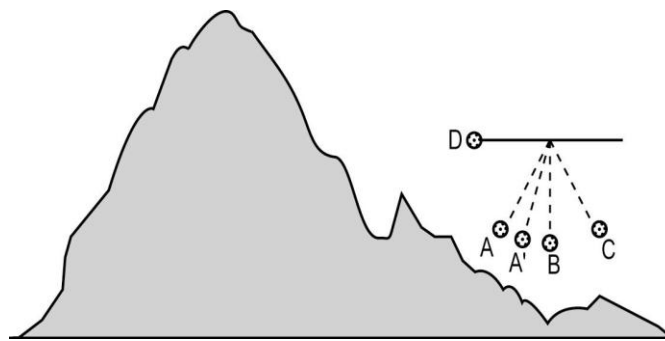
解題要訣：地殼均衡說成立時，地函內之某一深度以上的物質，其單位面積上的總質量大約相同。

- (A) 3. 根據阿基米德原理，下列有關艾瑞的地殼均衡說理論的描述何者正確？ (A)山愈高，山根愈深 (B)山愈低，山根愈深 (C)山愈高，山根愈淺 (D)山高度不同，山根深度一樣。

解題要訣：高山有較深的山根，而較薄的地塊之下有密度較大的地函補償，故在最厚地塊底部之深度處，單位面積上的總質量大約相同，以維持地殼平衡。

【單元練習】

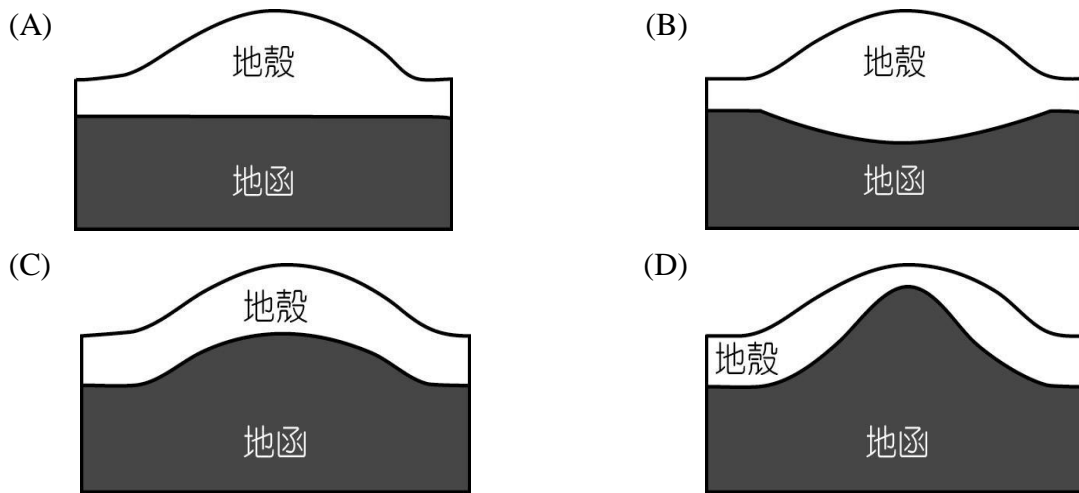
※下圖為在喜馬拉雅山山腳下進行的重力測量，依圖回答 1.~2.題：



- (A) 1. 此地鉛垂線應該偏離至接近哪一個位置？
(A)A (B)B (C)C (D)D。
- (B) 2. 若某地預期偏離至 A，結果卻偏離至 A'上，造成此現象的因素是因為該地的
(A)重力較大 (B)重力較小 (C)磁力較大 (D)磁力較小。
- (D) 3. 艾瑞和普拉特都各自提出不同的地殼均衡理論，關於兩人的主張，下列敘述何者錯誤？
(A)兩人都認為地殼浮在地函之上，達成浮力的平衡
(B)普拉特認為地形越高者，密度越小
(C)普拉特主張地殼密度各有不同，但底部深度相同
(D)普拉特的學說無法解釋喜馬拉雅山鉛垂線實測的偏向角變化，以致之後科學界較接受艾瑞的說法。

【解析】(D) 普拉特的說法仍舊可以解說喜馬拉雅山垂直線實測的偏向角變化。

- (B) 4. 有一高山地區，在冰河時期有大量冰川覆蓋，但在進入間冰期後，冰川便開始融化。若完全融化則新的平衡結構為何？



【解析】新平衡建立後仍遵守著山愈高，山根愈深及地殼越厚。

- (C) 5. 北歐地區於一萬年前冰期結束後，陸地逐漸上升，平均一年地殼上升 1 公分。若此區一萬年來融化速度固定，則一萬年間最多融化多厚冰層？（冰的密度 0.9g/cm^3 ，地殼密度 2.7g/cm^3 ，地函密度 3.3g/cm^3 ） (A)100m (B)333m (C)367m (D)27.3m。

【解析】對均衡面而言，冰融化所減輕之重量 = 地函往上移動所增加之重量，地函往上移動多少高度就代表陸地逐漸上升多少高度， $h \times 0.9 = 10000 \times 3.3$ ， $\therefore h = 367(\text{m})$ 。

【綜合評量】

- (B) 1. 下列有關太陽系起源的學說中，何者為星雲說的解釋？ (A)太陽受彗星的撞擊，一大塊物質被撞離後再各自固化成行星 (B)太陽系起源於一團雲氣，中心收縮而外圍盤狀物質再各自發展為行星 (C)有一個恆星從太陽旁邊掠過，分裂太陽成若干塊，而後冷卻成行星 (D)外來星球從太陽表面吸引出的熾熱物質，冷卻成無數的小石塊，這些小石塊互相碰撞積聚，最後變成行星。

- (B) 2. 地球形狀是一近似正圓的橢圓球體，若扁平率為 $1/298$ ，則赤道半徑與兩極半徑相差多少 km？（已知赤道半徑為 6378 km） (A)約 6 km (B)約 21 km (C)約 56 km (D)約 110 km。

【解析】扁平率 = 半徑差 / 長軸半徑， \therefore 半徑差 = $1 / 298 \times 6378 = 21$ 。

- (A) 3. 以下所觀察到的自然現象，何者不足以說明地球可能是圓球形的？ (A)每晚所見的恆星會東升西落 (B)見遠方船隻入港時，先看到桅杆再看到船身 (C)由赤道往北，所見的北極星仰角逐漸升高 (D)月偏食時，月球上會呈現弧形的影子。

【解析】(A)因地球自轉才有恆星東升西落的周日運動。

- (C) 4. 如果跳高的高度與重力成反比，在不考慮其他因素，只考慮緯度效應，請問跳高選手在何地比賽時可以跳最高？ (A)日本東京 (B)臺灣 (C)新加坡 (D)北京。

【解析】新加坡的緯度最低，最接近赤道，因此離地心較遠，所以這裡人感受的重力較小，可以跳得較高。

- (C) 5. 有個擺鐘每天快 5 分鐘，這時應該怎麼校準？ (A)把擺錘加重 (B)把擺長稍微縮短 (C)把擺長稍微加長 (D)把鐘移到地下室。

【解析】 $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ ，擺鐘走得快，表示 T 太小；要增大 T，應增加 ℓ 或降低 g。

- (A) 6. 古希臘時代，埃拉托斯特尼是如何測量地球的周長？ (A)以兩地同一天日影角度的差異，再考慮兩地的距離 (B)徒步環繞地球測量 (C)用月食時的陰影大小，推算出周長 (D)利用單擺擺動週期算出重力大小，進而推得地球半徑。

【解析】埃拉托斯特尼在夏至當天正午對不同兩地做的日影觀察，知道這兩地太陽角度差即是兩地的緯度差，再輔以兩地的距離即得地球的周長。

- (C) 7. 古時候人們相信大地是個平面，而不是一個圓弧球面，是因為他們缺乏什麼概念？ (A)電力 (B)吸引力 (C)重力 (D)離心力 (E)科氏力。

【解析】球體的任一處表面至地心是等距離，重力是相同的。

- (D) 8. 地表上地殼厚度最大的地方為 (A)夏威夷火山島 (B)加拿大地盾 (C)太平洋馬里亞納海溝 (D)西藏高原。

【解析】艾瑞學說：相同密度的地塊，依浮力觀念，地表高度愈高，其未浮出的底部也愈厚。

- (B) 9. 假如中央山脈的密度突然變為原來的一半，依據地殼均衡說，中央山脈的高度有何變化？ (A)變為原來的一又二分之一倍高 (B)變為原來的二倍高 (C)變為原來的二倍低 (D)變為原來的一又二分之一倍低。

【解析】均衡面上各點重量相同，故 D 變小，厚度將變大。

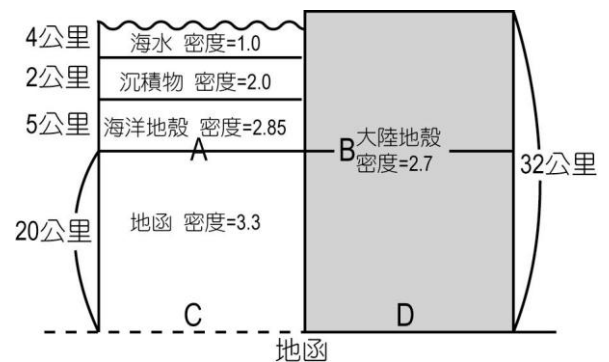
- (C) 10. 下列哪些證據無法支持地殼均衡理論？ (A)斯堪地那維亞半島在冰期過後，陸地有慢慢上升的情形 (B)喜馬拉雅山脈有巨厚的山根 (C)臺灣南部隱沒到菲律賓海板塊之下 (D)地層受到風化侵蝕後，原來在地殼內部的深成岩漸漸抬升而出露到地表。

- (C) 11. 右圖為某地地殼厚度與密度分布示意圖，下列敘述何者正確？ (A)此地區已達均衡狀態，地殼不再作垂直方向運動 (B)此地未達地殼均衡，大陸地殼將下沉到與海水面等高度 (C)此地未達地殼均衡，大陸地殼將相對海水面抬升約 560 公尺 (D)此地未達地殼均衡，大陸地殼與海洋地殼都將上升。

【解析】依地殼均衡理論，地函內有一等壓力面存在，依照壓力公式 $P = hd \rightarrow 4 \times 1.0 + 2 \times 2.0 + 5$

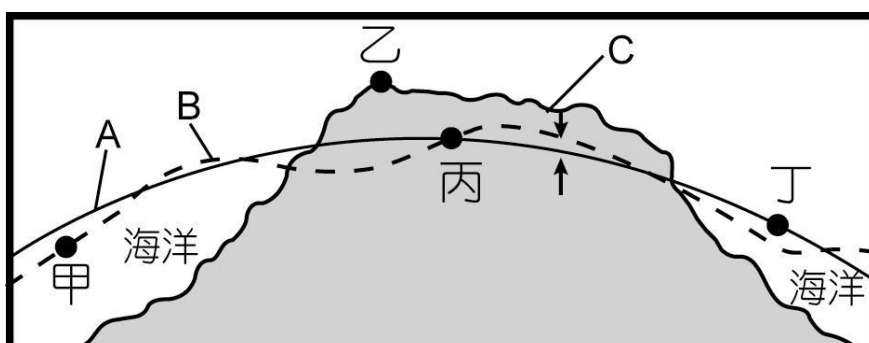
$\times 2.85 + 20 \times 3.3 > 32 \times 2.7$ ，顯示海洋地區這邊比較重，大陸地區這邊要抬升。設抬升 H 公尺，抬升後的部分由地函補足，則：

$4 \times 1.0 + 2 \times 2.0 + 5 \times 2.85 + 20 \times 3.3 = 32 \times 2.7 + H \times 3.3 \rightarrow H = 0.561 \text{ km} = 561 \text{ m}$ 。



- (D) 12. 承上題，依據地殼均衡理論，圖上哪兩點壓力相等？ (A)A、B (B)B、C (C)A、D (D)C、D。

※若去除地球海水面受外力的影響，因地球內部物質密度並非均勻分布，形成一不規則的假想面稱為「大地水準面」。實際測量結果發現，大地水準面並不是真正的橢圓球體面。下圖中三曲線代表大地水準面、地形面、參考橢球面，依圖回答 13.~14.題：



(B) 13. 圖中哪一個曲線為大地水準面？
 (A)A (B)B (C)C (D)圖中無標示出來。

(B) 14. 甲、乙、丙、丁四點哪些是等重力？
 (A)甲、乙 (B)甲、丙 (C)甲、丁 (D)丙、丁 (E)甲、丙、丁。

【解析】考慮地球內部物質的分布所繪出的大地水準面，即是等重力面。

※右圖為地球上相同經度的 A、B 兩城，當天陽光照射示意圖，依圖回答 15.~17.題：

(C) 15. 經測量 $\theta = 6^\circ$ ，若 B 緯度 20°N ，則 A 緯度為 (A) 6°N (B) 26°N
 (C) 14°N (D) 14°S 。

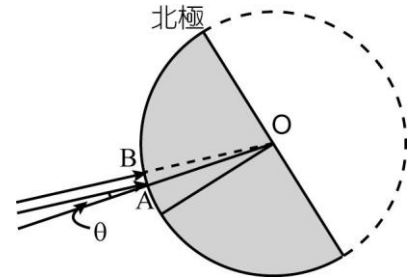
【解析】 $20 - 6 = 14$ 。

(D) 16. 觀測時間應在 (A)夏至正午 (B)夏至正午之前 (C)春分正午
 (D)近夏至的某日正午。

【解析】當時直射緯度 20°N ，位在北回歸線以南，表示非夏至這一天，而是靠近夏至前後的某日。

(B) 17. 假設地球的形狀近似正圓球體，當 A、B 二地相距 700 公里，則地球的直徑約 (A)12800 公里
 (B)13370 公里 (C)42000 公里 (D)6700 公里。

【解析】圓周長 $700 \div (6/360) = 42000$ ，直徑為 $42000 \div 3.1416 = 13370$ 。



※地表高低起伏的狀況可以地殼均衡加以說明。請將右圖長方體木塊（密度為 ρ ）視為地殼浮於某液體內（密度為 σ ），依圖形回答 18.~20.題：

(B) 18. 求木塊浮出液面的高度 d 為何？
 (A) $\sigma h / \sigma + \rho$ (B) $(\sigma - \rho) h / \sigma$
 (C) $\sigma h / \sigma - \rho$ (D) $(\sigma + \rho) h / \sigma$ 。

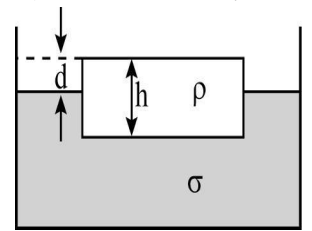
【解析】依照浮力原理 $B = W = D_{物} \times V_{物} = D_{液} \times V_{液}$ ， $\rho \times A \cdot h = \sigma \times A \cdot (h - d)$ ，
 $\rho \times h = \sigma \times (h - d)$ ， $\sigma \times d = \sigma \times h - \rho \times h$ ， $d = h \times (\sigma - \rho) / \sigma$ 。

(B) 19. 若 d 變為 $2d$ 時，則木塊厚度變成原來的多少倍？ (A)1 (B)2 (C)3 (D)4。

【解析】 $d = h \times (\sigma - \rho) / \sigma \rightarrow$ 密度未改變， d 變兩倍， h 也變兩倍。

(A) 20. 若原地殼上有另一密度更小（密度為 ρ' ）的沉積物，其厚度為 d' ，則當沉積物侵蝕移走時，則此地殼的變化如何？ (A)浮起 $\rho' d' / \sigma$ (B)下沉 $\rho' d' / \sigma$ (C)浮起 $\rho' d' / \rho$ (D)下沉 $\rho' d' / \rho$ 。

【解析】當沉積物移走即重量減輕，則浮體將浮起 y 厚度， $\rho' \times d' = \sigma \times y$ ， $y = \rho' d' / \sigma$ 。



習作

第一章 地球觀的探索

牛刀小試

★ 1-1

- (C) 1. 對於地球和太陽的起源，隨著時代的演進，而有不同的闡釋，以下哪一個配對是錯誤的？ (A) 哥白尼—日心說 (B) 張伯倫—微行星假說 (C) 笛卡兒—微行星假說 (D) 康得—星雲學說。

【解析】(C) 笛卡兒認為恆星、彗星和行星都源自於一個巨大渦流式運動中的物質，是星雲假說思維的開端。

- (C) 2. 火星其紅光熒熒似火，時而由西往東，時而由東往西，很迷人，所以古人命名為熒惑。火星相對於其他恆星由西往東運行稱為逆行。以下幾位同學對火星逆行的敘述，哪幾項是符合真實情形的？

曉明：火星逆行是因為火星本輪在均輪上運行的結果。

瑋倫：火星逆行每年都可以見到，主要是發生在火星和地球分別位於太陽兩端的不同位置時。

泰宇：因為火星和地球公轉週期不同，由於在公轉軌道上位置改變而造成火星逆行的視覺現象。

(A) 曉明 (B) 瑋倫 (C) 泰宇 (D) 瑋倫和泰宇。

【解析】曉明的說法是地心說的解釋。瑋倫的說法應修正為火星逆行大約兩年發生一次，主要是發生在火星和地球都位於太陽同側的位置時。

- (A) 3. 對於太陽系和地球的起源，可以分成數個階段：甲、星雲物質聚集收縮；乙、中心形成高密度核心，周遭形成圓盤；丙、核心核融合反應形成太陽；丁、周圍微行星體合併成行星。將這幾個階段由先到後排序應為 (A) 甲乙丙丁 (B) 乙甲丙丁 (C) 丙乙甲丁 (D) 丁乙丙甲。

【解析】根據星雲學說，太陽系起源的階段可分為：星雲物質聚集收縮→中心形成高密度核心，周遭形成圓盤→核心核融合反應形成太陽→周圍微行星體合併成行星。

★ 1-2

- (B) 4. 距離現在兩千多年前，希臘人便知道地球表面是圓弧形的，以下哪一項並不是希臘人當時提出地球表面是圓弧形的證據？ (A) 旅行的人向北走，北極星的高度越來越高 (B) 船隻向西邊航行，最後可以繞行地球一周 (C) 由月食的影像知道擋住月球的是地球的影子，其形狀是圓形 (D) 遠方的船隻航行入港時，陸地上的人先看到船桅，再看到船身。

【解析】(B) 直到 1519 年麥哲倫才完成航海繞行地球一圈，證實地球是圓球狀。

- (A) 5. 1672 年法國科學家李歇爾在不同地區利用鐘擺測量地球半徑的變化，由單擺週期 T 、擺長 l 及重力加速度的關係式 ($T = 2\pi\sqrt{l/g}$)，在當時以鐘擺來計時的時鐘在赤道和兩極區會有何不同？ (A) 擺長不變的情況下，在極區準確的時鐘到了赤道地區會變慢 (B) 擺長不變的情況下，在極區和赤道的時鐘不會有時間的差別 (C) 擺長固定時，在赤道區的鐘擺週期較短 (D) 在極區準確的時鐘移到赤道時會變快。

【解析】地球半徑在赤道地區較長，極區較短，重力值在赤道相對小於極區，由公式可知赤道的鐘擺週期較大，故赤道的時鐘會變慢。

- (B) 6. 在測量地球的參考面中，以全球平均海平面的重力值當參考值，此參考面上的重力值大小相等，這個參考面應該稱為 (A)自然地形面 (B)大地水準面 (C)參考橢球面 (D)瞬時海平面。
【解析】大地水準面的定義是「與平均海水面最接近之重力等位面」。
- (C) 7. 若精確的描述地球的大地水準面形狀，以下哪一項才是正確的？ (A)地球是個正圓球體 (B)地球的兩極半徑大於赤道的半徑 (C)地球是個不規則的球體 (D)地球是個兩極較長的橢球體。
【解析】由於地球內部不是處於均質狀態，各處的重力值大小不同，大地水準面因而有高低起伏。
- (B) 8. 古埃及人埃拉托斯特尼利用兩地陽光照射的不同角度，測量出地球圓周長，請問他當時是在以下哪一種日期和時刻測量的？ (A)春分正午 (B)夏至正午 (C)秋分正午 (D)冬至正午。
【解析】埃拉托斯特尼於夏至正午太陽直射賽伊尼時測量。

★ 1-3

- (A) 9. 十九世紀時科學家為了解釋在喜馬拉雅山的鉛垂線偏移量小於理論值的情況，提出了地殼均衡理論，以下哪一示意圖可以說明普萊特所提出的理論（圖中數字代表地殼密度）？



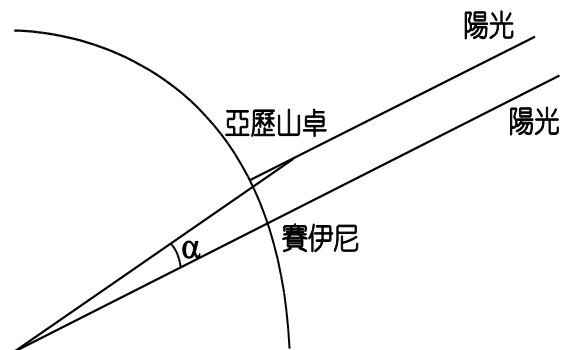
【解析】普萊特主張密度不同的地塊都浮在同一深度的底層面上，地塊密度越小地表地形高度越高；高山的岩石密度較小，低地的岩石密度較大。

- (C) 10. 支持地殼均衡說的最佳觀測證據是以下哪一項？ (A)南極融冰使海平面上升 (B)大陸漂移的現象 (C)北歐融冰，地殼上升 (D)赤道的地球半徑較長。

【解析】冰期結束後，北歐地區因上覆的積冰融化，故地殼上升。

活學活用

※西元前 240 年左右，亞歷山卓城的圖書館館長埃拉托斯特尼讀到一段記載，得知夏至正午在埃及賽伊尼的陽光可直射進入深水井；但他發現同樣在夏至正午，賽伊尼北方的亞歷山卓城直立的塔或柱卻有影子，由影子長度可以算出戶外直立的柱子與陽光的夾角約為 7.2 度，如下圖所示。由此，埃拉托斯特尼證明地球表面是弧形的，並可據此推算其周長。請根據此文，回答 1.~6.題：



1. 由以上的資料判斷亞歷山卓城的緯度是幾度？

↳ 答：30.7 度。

【解析】亞歷山卓城的緯度為 $23.5 + 7.2 = 30.7$ 度。

2. 亞歷山卓城和賽伊尼到地球中心連線的夾角 α 是幾度？

↳ 答：7.2 度。

【解析】陽光視為平行線，從同位角相等判斷， α 為 7.2 度。

3. 埃拉托斯特尼請人測量出亞歷山卓城和賽伊尼之間的距離為 800 公里，請依此計算出地球的圓周長為多少公里？

↳ 答：40000 公里。

【解析】 $(360 \div 7.2) \times 800 = 40000$ 公里。

4. 再由計算出的地球圓周長算出地球的半徑為多少公里？

↳ 答：6366 公里。

【解析】圓周長 = $2\pi \times$ 半徑，故 $40000 \div 2\pi = 6366$ 公里。

- (A) 5. 地球平均半徑為 6371 公里，埃拉托斯特尼所計算出的誤差為 (A)<1% (B)1%~2% (C)2%~3% (D)3%~4%。

【解析】 $(6371 - 6366) / 6371 = 0.08\%$ 。

- (D) 6. 以下哪一項不是造成埃拉托斯特尼測量時可能的誤差原因？ (A)仰角的測量不夠精確 (B)兩地間的距離測量不夠準確 (C)測量的工具不夠精密 (D)所使用的假設不正確。【解析】(D)其假設是正確的。

※十九世紀初，在印度實施精密測量時，發現鉛垂線的異常，因此衍生出地殼均衡學說，下圖是喜馬拉雅山的鉛垂線示意圖（鉛垂線偏移角度經誇大），根據此圖回答 7.~9.題：

- (C) 7. 鉛垂線應該是哪一方向？

(A)甲 (B)乙 (C)丙。

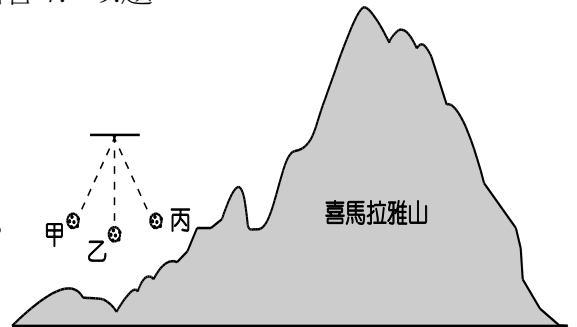
- (A) 8. 和理論上的鉛垂線相比，實際測量所得到的鉛垂線偏移程度

(A)比理論值小 (B)和理論值相同 (C)比理論值大。

- (A) 9. 以下哪一推論可以造成這樣的偏移？

(A)喜馬拉雅山地區的總質量比預期的要小

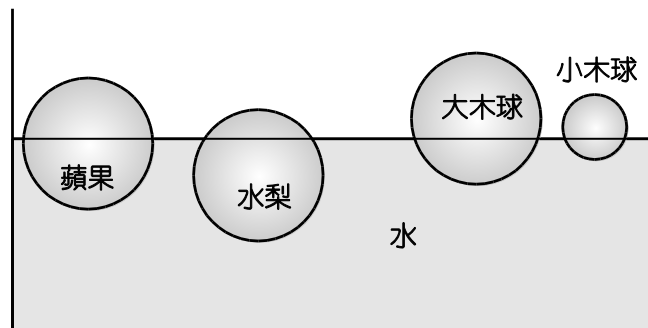
(B)喜馬拉雅山地區的總質量比預期大 (C)喜馬拉雅山地區的總質量和預期的相同。



【解析】受喜馬拉雅山質量造成的重力影響，鉛垂線會偏向山的那一側。由於喜馬拉雅山底下有密度較小的山根取代原本應該密度較大的地函，較輕的喜馬拉雅山質量使得鉛垂線實際偏移量比理論值小。

※高中二年一班學生上完地殼均衡學說的課程後，利用不同的物體模擬地殼均衡的情況，其實驗設計結果如下圖，請依此回答 10.~13.題：

項目	體積相同密度不同的物體			密度相同體積不同的物體	
物體	蘋果	水梨	大木球	大木球	小木球



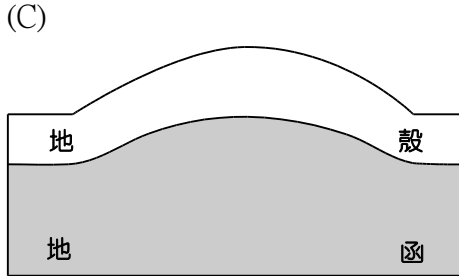
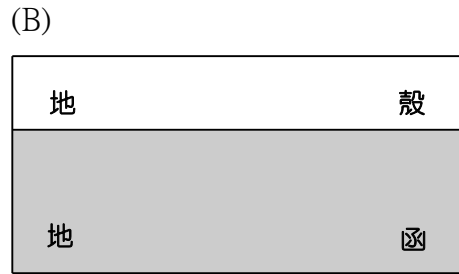
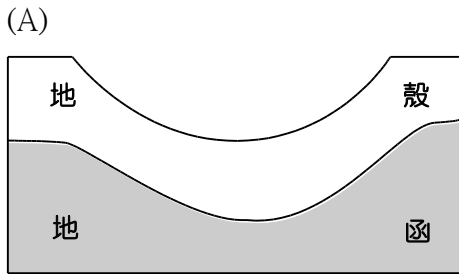
- (A) 10.比較蘋果、水梨、木球和水的密度，其密度大小排列應為 (A)水>水梨>蘋果>木球 (B)水>水梨=蘋果=木球 (C)水梨>蘋果>木球>水 (D)水>木球>蘋果>水梨。【解析】從阿基米德浮力原理，浮體的重量=浮體所受浮力=浮體液面下的體積×液體密度，故液面下體積越大，浮體密度越高。因所有物體皆浮於水面，故水密度最大。

- (D) 11.哪幾個物體之間的比較符合艾瑞（Airy）的地殼均衡學說？ (A)蘋果和水梨 (B)蘋果和大木球 (C)水梨和小木球 (D)大木球和小木球。【解析】艾瑞認為地塊的密度相同，厚度不同。依浮力觀念，高山上升的越高，其未浮出的底部也越厚；低地上升高度較低，而其未浮出的底部亦較薄，故選大木球和小木球的組合符合艾瑞的學說。

- (B) 12.根據上題，假設臺灣中央山脈和喜馬拉雅山的組成物質密度相同，則哪一個地區會有較深的山根？ (A)中央山脈 (B)喜馬拉雅山 (C)兩者相同 (D)無法判斷。

【解析】喜馬拉雅山較高，故山根較高。

- (B) 13.根據此實驗的結果，判斷末次冰河期後覆蓋在歐洲地區的冰河融化後，地殼最後達平衡時應該如下列哪一情形？



【解析】地殼上的冰川融化後，因為總質量減少，為了達到浮力平衡，地殼會上升，但一樣厚的地殼高度應該也相同，故選(B)。

※如下圖所示，假設地殼的密度皆相同，為 2.6g/cm^3 ，地函的密度為 3.2g/cm^3 ，冰的密度為 0.9g/cm^3 ，從地殼均衡學說來判斷，回答 14.~15.題：

14.甲地的地殼厚度為多少公里？

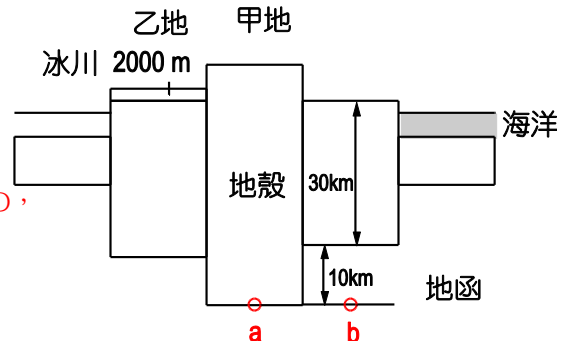
↪答：42.3 公里。

【解析】如上圖，a 和 b 同一深度為等壓面，由壓力關係 $P=hxD$ ，

$$a \text{ 點所受壓力} = h \times 1000 \times 100 \times 2.6,$$

$$b \text{ 點所受壓力} = 30 \times 1000 \times 100 \times 2.6 + 10 \times 1000 \times 100 \times 3.2,$$

$$a \text{ 點所受壓力} = b \text{ 點所受壓力}, \text{ 求出 } h = 42.3 \text{ 公里。}$$



15.乙地上方原本覆蓋 2000 公尺的冰川，當冰川完全融化後，乙地可以上升約多少公尺？

↪答：562.5 公尺。

【解析】如下圖，假設乙地地殼厚度為 y ，乙地冰川融化後上升 X 公里，

c 和 d 同一深度為等壓面，同樣由壓力關係 $P=hxD$ ，

$$c \text{ 點所受壓力} = 2000 \times 100 \times 0.9 + y \times 1000 \times 100 \times 2.6,$$

$$d \text{ 點所受壓力} = y \times 1000 \times 100 \times 2.6 + X \times 1000 \times 100 \times 3.2,$$

$$c \text{ 點所受壓力} = d \text{ 點所受壓力}, \text{ 求出 } X = 562.5 \text{ 公尺。}$$

