

星星的運動

20110305 周末加強班

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

在大自然裡，有許多規律而且重複的現象，包括太陽東昇西落、四季變化與夜空星子的運動等，常常被古人們拿來當作記日敘時的工具，例如太陽東昇到下一次東昇的時間被記為一日。隨著對於時間準確性的要求，科學家開始研究這些天體運動的原理，最後發現，其實都跟地球的運行有絕對的關係。

地球的自轉

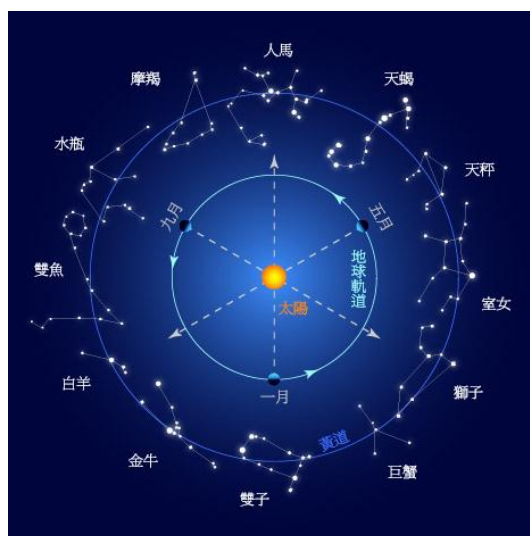
地球本身的轉動稱為自轉，轉動的方向由北極上方往下看是逆時鐘，也就是由西向東轉。由於地球自轉的關係，所以會看到無論是太陽、大多數星星與月亮都會出現東昇西落的現象。由於太陽、月球與行星距離地球的距離較近，且軌道關係也較為複雜，所以東昇西落的時間都不太固定；但是距離地球遙遠，看起來固定不動的恆星，會隨著地球自轉一圈約 24 小時，而轉動 360° ，這種標準的運動被稱為周日運動。周日運動非常規律，經過換算，可以得到天體每個小時在天空上約前進 15° ；換句話說，當你傍晚六點看到獅子座出現在東方，午夜十二點的時候，這個星座就會運行到它在天空中最高的位置。

只要把相機面向北方，然後長時間曝光，就可以把周日運動記錄下來的。記錄下來的影像就像下面這張圖一樣，中間的小圓點是北極星，而周圍則是其他的恆星。隨著曝光越長，照片中的軌跡也隨著拉長，照片也越美麗，這樣的照片就稱為星流跡。



地球的公轉

地球除了自轉外，還有繞著太陽運行的公轉運動，轉一圈的時間要花上一年（約 365.25 天）。黃色的太陽隨著地球的公轉，一年中在天空中運行的軌跡稱為黃道；而黃道所通過的十二個星座，就稱為黃道十二星座（見附圖）。在生日那一天，太陽如果位在獅子座方向，生日星座就是獅子座，其餘的生日星座依此類推。公轉一圈 360° ，因此在軌道上，地球每天約前進一度；將每天前進一度換算成周日運動的效果，將會



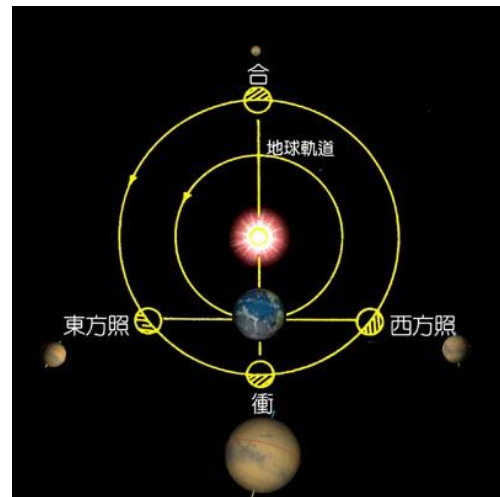
造成恆星比前一晚提前 4 分鐘升起；而就在一年後，在同一日期與時刻又可以看到相同的星空，這種現象稱為周年運動。換句話說，即使是同一時間，在不同的季節中，也不會在星空中的同一個位置，看到同一個星座，這也是四季星座的由來。

由於地球的自轉與公轉，在不同的日期與時刻，恆星將會出現在天空中不同的位置，但是恆星之間的大體位置卻不會改變，這也是為什麼可以用星座來辨識方為的原因。但是恆星並非互古不變的，距離地球遙遠的恆星本身也會有些微的移動稱為自行運動，短時間內雖然無法造成肉眼可見的差異，但經年累月之後將會造成各個星座的形狀改變。

行星的位置

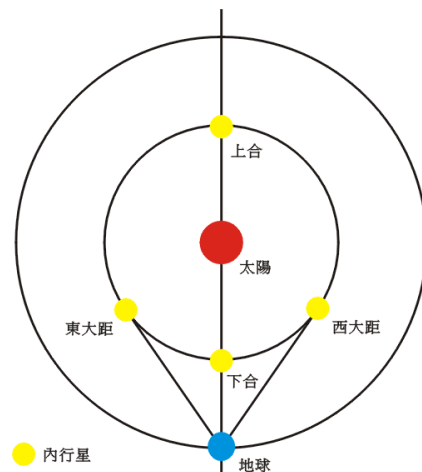
依據軌道可以把太陽系的行星分為兩類，運行軌道在地球之外稱為外行星，包括火星、木星、土星、天王星與海王星；在地球之內的稱為內行星，只有金星與水星。

隨著與太陽與地球的相對位置不同，行星的位置也有特別的稱呼。當外行星在天空上出現在與太陽相反的方向時，稱為「衝」。這個位置附近，外行星離地球最近，整晚均可見，是最適合觀測的時機。之後，由於外行星的角速度較慢，會慢慢出現在太陽的東側，而且與太陽的角距離越來越大。當外行星、地球與太陽夾角呈現 90° 時，稱為「東方照」。當外行星運行至太陽後面，稱為「合」，之後，外行星往太陽西側運行，與



太陽角距逐日加大，當外行星、地球與太陽再度形成 90° 角時，稱為「西方照」。接著，外行星繼續減少它與太陽的角距離，直到它回到衝為止。

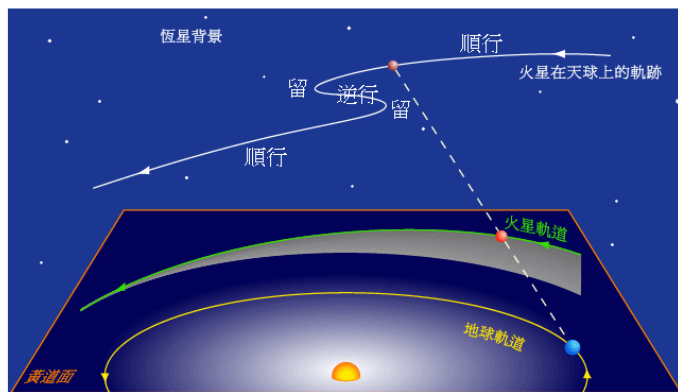
金星與水星因為公轉軌道半徑較短，因此出現的位置與太陽距離並不遠。內行星並不會產生衝，取而代之的是運行到太陽與地球的中間，此時的位置稱為「下合」。若相對位置接近直線，從地球上看上去，內行星可能在太陽的日面經過而留下陰影，這種現象叫做「行星凌日」。由於內行星的角速度較快，在下合之後，將會往太陽的西方運行，離太陽的角距離越來越大，當距離太陽的角距最大時，叫做「西大距」。當內行星運行到太陽後方，此時叫做「上合」。在下合經過西大距到上合的這段時間內，內行星會在日出之前不久，出現在東方地平線之上，這個時期的內行星被稱為「晨星」。上合之後，內



行星再逐漸往太陽的東方運行，角距最大時便叫做「東大距」，然後運行至下合。在上合之後，經過東大距到下合的時期，內行星會在太陽下山之後，出現在西方地平線上，被稱為「昏星」。除了晨星與昏星的現象之外，內行星在不同軌道位置時，因為太陽光照射與地球觀測角度不同，會出現跟月球類似的盈虧現象。

行星的運行

由於地球自轉的關係，星空中觀測到的行星會出現東昇西落的現象；但是在周年運動中，卻可以發現行星在天空上的運行與規律的恆星有些不一樣，除了一般的運行之外，偶爾還會出現反方向運行或靜止不動的現象。這是因為除了地球在公轉之外，其他的行星也會同時間繞著太陽公轉，由於角速度上的差別，會造成觀測時視線上的差異而產生的現象，行星越接近地球，此種運動現象越容易觀察的到。行星的運行可以分為三種狀況：順行：行星在天球上由西向東運行；逆行：行星在天球上由東向西運行；留：行星在天球上看似靜止不動，也就是順逆行轉變之際。



行星的運行變化雖然與恆星不同，但也有它自己的週期，稱為會合週期，也就是地球公轉週期與行星公轉週期的最小公倍數。例如：火星運行週期約為779.94天。

熒惑守心

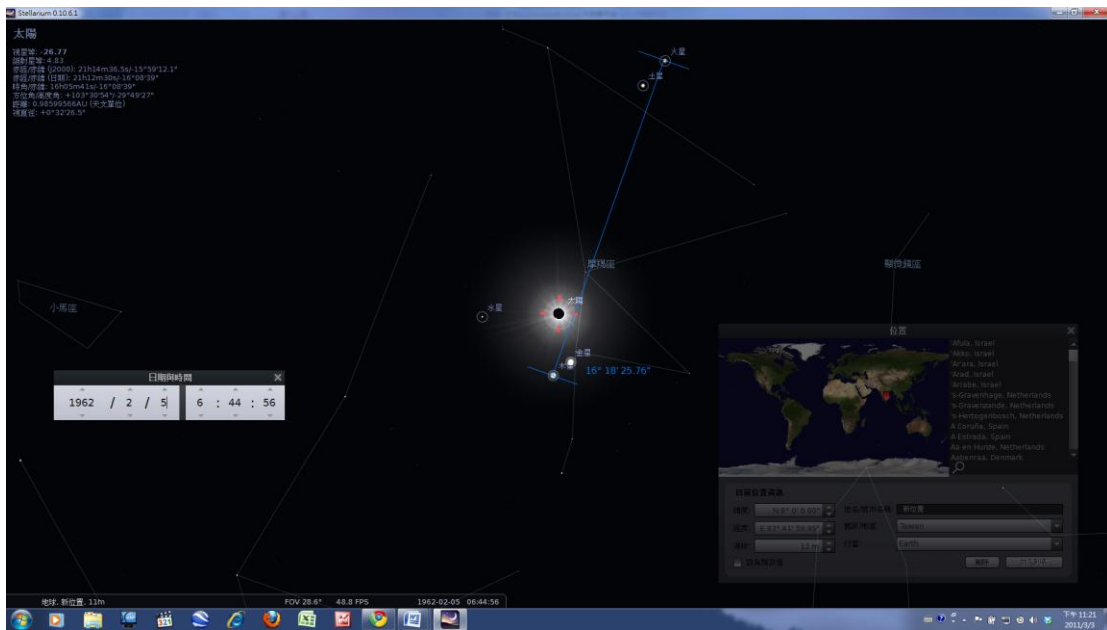
中國古代將赤紅色的「火星」稱為「熒惑」。而「心」指的是古代二十八宿裡的「心宿」，相當於現代的「天蠍座」。「心宿」主要有三顆星，中間最亮的就是代表皇帝，旁邊一顆代表太子，另外一顆代表庶子。「熒惑守心」就是火星走到天蠍座這三顆星附近，並停留在該處一段時間，在古代被視為非常不吉利的天象。

火星和地球相距很近，地球比較接近太陽，走的比較快，因此當地球與火星接近的時候，火星看起來好像在天上停住了，這種現象稱作「留」，有時行星甚至倒退著走，這種天象，稱做「行星逆行」。

而所謂的「熒惑守心」就是火星的留發生在心宿三顆主星附近。

五星連珠與七曜同宮

五星是指土星、又稱鎮星或填星，火星、又叫熒惑，木星、又名歲星，金星、或曰太白、長庚，水星、古謂辰星。若五顆明亮的行星能會聚於同一宮中（30



度內)，在天空中一字排開，稱為「五星連珠」。

我國古代天文學家又將日、月、五大行星這七顆天空中最明亮的星體合稱為「七曜」，而周天 360 度的黃道又劃分為十二宮，因此，若「七曜」合聚在 30 度範圍內，便稱為「七曜同宮」。通常七曜同宮即使發生也無法看見，因為太陽耀眼的光芒會將其他六星完全掩沒，除非如民國五十一年時的七曜同宮巧逢發生日全食（51.2.5，見圖），太陽強光為月球所遮蔽，七曜同宮的奇景才得以呈現於世人面前。

無論多麼罕見的七曜同宮、五星連珠，甚至所有行星排成一列，都不會對地球產生任何影響，既不會引發洪水、海嘯，更不是世界末日。

從萬有引力定律： $F=GMm/r^2$ 可知，萬有引力與兩物體之質量成正比，並與兩者之距離平方成反比。以地月系統為例，若要計算月球對地球整體的引力，可將地球與月球質量各視為集中於其核心，並取地月核心距離以簡化計算。但事實上我們對這個力的感受並不大，反而是潮汐力對人類及地球的影響較大。什麼是潮汐力呢？由於地球面月側及背月側與月球間的距離並不同，所以受到的引力也不同，而這個引力差就是造成地球潮汐現象的潮汐力，它與距離的三次方成反比。由此可見潮汐力主要取決於星體間距離的遠近，而非星體質量的分佈狀態，太陽與月球對潮汐的影響便是一例。雖然太陽作用於地球的引力為月球的 180 倍，但是月球所引發的潮汐效應卻比太陽還大，主要就是因為月地距離比日地距離小很多的緣故。此外，地球對月球的引力差同樣也以潮汐力的形式作用於月球上，這個力則使月球以每年兩公分的速度逐漸遠離地球。

潮汐力的大小並非一成不變，因為月球繞行地球時，兩者間的距離不斷變化，當近地點時潮汐力最強，而在遠地點時潮汐效應則較不明顯。同樣地，當地球在近日點與遠日點時，太陽對地球的潮汐效應也會有所不同。

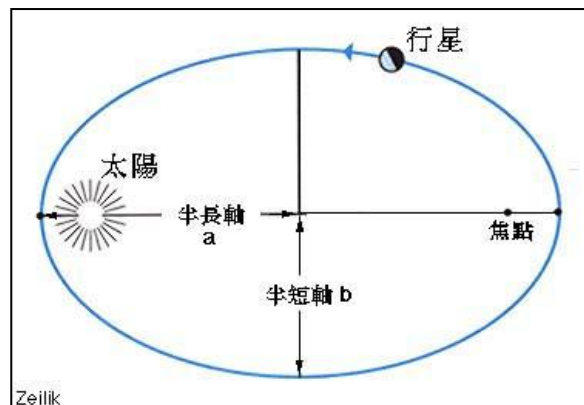
星體	質量 (公斤)	太陽距離 (公里)	地球距離 (公里)	萬有引力 (牛頓)	潮汐力 (牛頓)
平均太陽	1.9890E+30	—	1.4960E+08	5.9296E-03	1.0111E-06
近日點太陽	1.9890E+30	—	1.4710E+08	6.1329E-03	1.0635E-06
遠日點太陽	1.9890E+30	—	1.5210E+08	5.7363E-03	9.6204E-07
平均月球	7.3490E+22	—	3.8440E+05	3.3183E-05	2.0973E-06
近地點月球	7.3490E+22	—	3.6330E+05	3.7150E-05	2.4775E-06
遠地點月球	7.3490E+22	—	4.0550E+05	2.9820E-05	1.7911E-06
水星	3.3020E+23	5.7900E+07	2.0750E+08	5.1168E-10	6.2905E-14
金星	4.8690E+24	1.0820E+08	2.5780E+08	4.8880E-09	4.8368E-13
火星	6.4190E+23	2.2790E+08	3.7750E+08	3.0053E-10	2.0309E-14
木星	1.8986E+27	7.7830E+08	9.2790E+08	1.4713E-07	4.0450E-12
土星	5.6846E+26	1.4270E+09	1.6216E+09	1.4423E-08	2.2692E-13

克卜勒三大定律

對任何二物體(恆星與行星、行星與衛星、雙星系統...)，如果它們間束縛力只有重力，而且它們運動的軌道是橢圓或圓，則克卜勒三運動定律是重力的必然結果。所以，這裡呈現的結果，不只是適用行星系統，也適用於雙星系統和其他受重力束縛的二體系統。

第一定律

"行星繞太陽運行的軌道橢圓，太陽位在橢圓的焦點之一。"橢圓的半長軸以 a 代表，半短軸以 b 代表，橢圓的離心率 e 為兩焦點間的距離與長軸的比值。圓為橢圓的特例，兩焦點的距離為零，所以圓的離心率為零。

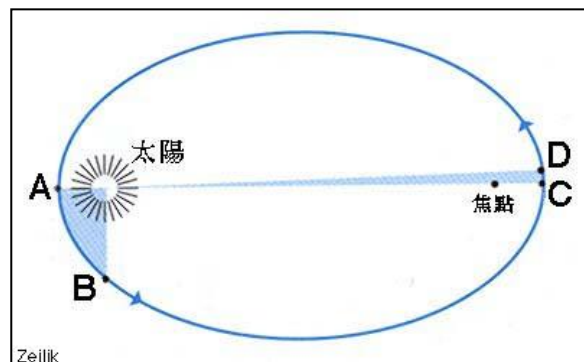


第二定律

"等面積速率定律"太陽與行星的連線，在相同的時間掃過相同的面積。

第三定律

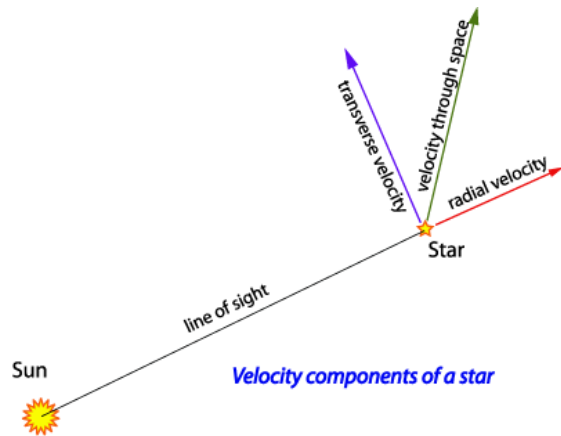
"行星軌道週期的平方與其半長軸的立方成正比。"如果週期的單位為地球年，而半長軸以 A.U. 為單位，對太陽系任何行星 p^2 (以年為單位) = a^3 (以 A.U. 為單位)。



在推導此公式時，我們已忽略行星質量所引起的效應。考慮本太陽系的行星公轉時，這是合理的作法，因為就是質量最大的行星—木星，其質量只約是太陽的千分之一。

恆星自行

恆星在一年內沿著垂直於視線方向走過的距離對觀測者所張的角度，其單位為角秒/年。如果一顆恆星的自行很小，那麼它可能離我們非常遠，亦可能它的運動方向幾乎與我們的視線方向相同。如果一顆恆星的自行很大，那麼它一定離我們很近。



實際上，恆星在空間是運動的。觀測到的恆星運動包括：恆星的真正的運動，又稱為本動；太陽運動引起的視運動，又稱視差動。恆星自行是很小的，一般小於每年 $0.1''$ 。只有 400 多顆恆星的自行等於或大於每年 $1''$ ，巴納德星的自行最大，為每年 $10.31''$ 。引起恆星位置變化的原因，除自行外，還有歲差。這兩項加在一起，稱為恆星的年變。除去歲差的影響，即可求得絕對自行。恆星位置的變化與相隔時間成正比。由於變化緩慢，往往需要根據相隔 50~100 年的觀測資料，才能精確地測定自行。暗的恆星自行要用照相方法測定。對同一天區、用同一照相望遠鏡、相隔 20~40 年拍攝的兩張底片進行比較，便可獲得所謂的相對自行。經過改正，可把相對自行換算為絕對自行。

試題練習

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____ 得分（每題 3 分）：

- 1【】在地球北半球的夏季（1）南半球也是夏季（2）太陽距離地球比冬季時來得近（3）地球繞太陽的運動速度比冬季時來得慢（4）北半球的白天比夜晚來的短
- 2【】下列各選項有關天體運動的敘述中，何者正確？
 - （1）所有以肉眼看到的天體都繞著銀河中心運動
 - （2）所有以肉眼看到的恆星中，只有太陽繞著銀河中心公轉
 - （3）太陽、織女星、天狼星都繞著銀河中心公轉
 - （4）太陽帶著地球繞宇宙中心運行
 - （5）獵戶座大星雲繞仙女座大星系公轉
- 3【】當婉芸在晚上六點鐘看見雙子座在東方地平面之上，則當晚十二點時，她將看到...

- (1) 雙子座在頭頂附近
- (2) 雙子座在北方地平面的方向
- (3) 雙子座仍南方地平面的方向
- (4) 雙子座仍然在東方地平面之上附近
- (5) 雙子座已經完全落入西方地平面之下

4【】在臺灣看日落，下列哪一選項中的描繪的落日景象比較符合實際的情形？
圖中日落過程所夾的角度不到十度，太陽盤面大約是半度。



- 5【】如果你/妳有時間壓力，需要在一個晚上觀測好幾個目標，你/妳應該先從何處的目標開始觀測？(1)西方天空的目標 (2)北極星附近的目標 (3)天頂附近的目標 (4)東方天空的目標 (5)銀河中心附近的目標
- 6【】在臺灣地區，如果六月二十日是晴天，則中午十二點左右，一個身高為160公分的人站在戶外陽光下看自己的影子，會發現(1)影子長度與身高差不多(2)影子長度約為150-160公分(3)影子長度約為100-110公分 (4)影子長度約為50-60公分 (5)影子長度約為0-5公分
- 7【】下列哪一個天體，我們絕不可能在半夜看到它經過中天？(1)木星 (2)金星 (3)土星 (4)織女星 (5)火星
- 8【】日周運動是天體一天中在天空移動的方式，其方向如何？是地球的那一種運動造成？(1)由東往西，公轉 (2)由東往西，自轉 (3)由西往東，公轉 (4)由西往東，自轉
- 9【】地球的歲差運動會使地球自轉軸所指的方向會移動，請問繞一圈的週期有多長？(1)1天 (2)1年 (3)26000年 (4)12000年
- 10【】請問在晚上6點、午夜12點、清晨6點各會在天頂中央偏南的位置，看到那種月相的月亮會出現呢？(1)下弦、滿月、上弦 (2)滿月、上弦、下弦 (3)上弦、滿月、下弦 (4)上弦、下弦、滿月
- 11【】地球自轉造成(1)星星東升西沒 (2)日食 (3)月食 (4)流星雨
- 12【】在北半球春分太陽升起的方位在哪？(1)東偏南 (2)東偏北 (3)正東 (4)東南 (5)東北
- 13【】北極星的高度角相當於？(1)天頂至北極星之角度 (2)當地的地理緯度 (3)北極星的赤緯度數(4)90度—太陽高度
- 14【】織女星今夜2am升起，兩個月以後它大約會在何時升起？(1)10pm (2)11pm (3)12pm (4)1am
- 15【】天文固定攝影中，常見到一段段成圓弧狀的亮線，我們稱它為什麼？
流星雨 (2)人造衛星軌跡 (3)星跡 (4)極光

- 16【 】居住在哪一地區的人，能夠看到的星座最多(1)南極地區 (2)北極地區 (3)赤道地區 (4)中緯度地區
- 17【 】行星在天球上『順』行，是指行星相對於天空的星座背景如何移動？(1)由北往南 (2)由南往北 (3)由西往東 (4)由東往西
- 18【 】請問臺灣地區在下列哪個日子日出時，太陽正好位於一年當中可見日出位置『東偏最南』的方向？(1)3月1日 (2)6月21日 (3)9月30日 (4)12月21日
- 19【 】月球繞地球一周之朔望月週期約幾天？(1)31天 (2)29.5天 (3)27.3天 (4)30天
- 20【 】距離現在一萬年後，距離太陽最遠的季節將在那一季（北半球）？春天 (2)夏天 (3)秋天 (4)冬天 (5)無法預測
- 21【 】地球約以多快的速度繞太陽公轉？(1)0.3 km/sec (2)3 km/sec (3)30 km/sec (4)300 km/sec (5)3000km/sec
- 22【 】2003年8月「火星大接近」時，在火星上看地球，地球是在何種位置？內合 (2)外合 (3)衝 (4)東大距 (5)西大距
- 23【 】元宵節中午12點時，月亮的形狀是什麼形狀？在那個方向？(1)朔月，在西方 (2)上弦月，在西方 (3)望月，在地平線下 (4)下弦月，在東方 (5)無法判別
- 24【 】受歲差影響春秋分點的位置每年都有些許的改變，試問今年2005年秋分點位於何星座？(1)雙魚座 (2)天秤座 (3)室女座 (4)白羊座
- 25【 】月亮今天晚上如果約20:30從東方升起，請問明天大約幾時幾分月亮會從東方升起？(1)晚上19:40從東方升起 (2)晚上20:00從東方升起 (3)晚上21:20從東方升起 (4)晚上20:50從東方升起
- 26【 】農曆廿二可在下列那個時段看見月球(1)上半夜 (2)下半夜 (3)下半晝 (4)傍晚六時
- 27【 】在月球上太陽二次過中天之間隔為幾天（地球日）？(1)1日 (2)15日 (3)27.3日 (4)29.5日
- 28【 】黃道與白道夾角約為幾度？(1)23度30分 (2)5度9分 (3)6度5分 (4)0度
- 29【 】從地球上看見兩太陽系天體位於相同的經度位置時，稱此現象為？(1)衝 (2)留 (3)合 (4)方照
- 30【 】有一顆行星B，距離恆星A為1AU公轉週期為100天(太陽日)，另一顆行星C，距離A星為2AU公轉週期為200天(太陽日)，請問行星B與C的會合週期為多少天(太陽日)？(1)50天 (2)100天 (3)200天 (4)300天

參考解答：33121、52233、13213、33424、31333、24233