

2024-2025 學年全國中學生天文知識競賽

決賽試題

廣東·汕頭 2025 年 5 月 13 日

I、選擇題

1. (僅低年組) 北回歸綫穿過以下我國哪座城市?()
(A) 昆明 (B) 海口 (C) 香港 (D) 汕頭
2. (僅低年組) 以下對銀河系結構類型的表述正確的是?()
(A) 透鏡星系 (B) 不規則星系 (C) 橢圓星系 (D) 棒旋星系

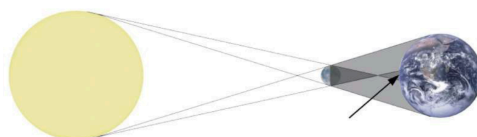


圖 1

3. 在圖 1 箭頭所指區域內，能看到甚麼天象?()
(A) 日全食 (B) 月全食 (C) 日環食 (D) 月環食
4. 2025 年是中國人自主持久地開展太陽黑子觀測工作 _____ 週年。
(A) 25 (B) 70 (C) 80 (D) 100
5. 白矮星的主要特徵之一是其極高的密度。假設一個白矮星的質量與太陽質量相當，但半徑僅為地球半徑。那麼，這顆白矮星的密度大約是多少?()
(A) 10^3 kg/m^3 (B) 10^6 kg/m^3 (C) 10^9 kg/m^3 (D) 10^{12} kg/m^3
6. 2024 年 12 月 ATLAS 發現一顆近地小行星命名為 2024 YR4，預測該小行星有極小機率在 2032 年撞擊地球。從觀測數據的模擬知道 2024 YR4 的軌道是一個偏心率較大的橢圓，軌道週期約 4 年，請問其軌道半長軸與下面哪個選項最接近?()
(A) 2.5 AU (B) 4 AU (C) 8 AU (D) 1 AU
7. 當你仰望星空的時候，觀察到一顆紅色的恆星，它可能是 _____。
(A) 火星 (B) 參宿四 (C) 天狼星 (D) 參宿七
8. 2024 年 12 月 24 日，帕克太陽探測器 (PSP) 以史上(截至當日)最接近太陽的距離(距太陽表面僅約 620 萬千米)飛掠太陽。PSP 於 2018 年 8 月發射升空，任務是「觸摸太陽」。它不斷地接近太陽，直至距離太陽足夠近的時候便可以進入並穿過太陽大氣的最外層—— _____，從而實現在太陽附近收集科學資訊，以幫助科學家們對太陽進行更深入的研究。
(A) 日冕層 (B) 色球層 (C) 光球層 (D) 輻射區

9. 陶寺觀象台遺址可能是上古先民用來觀測太陽日出方位從而確定一年中不同時節的建築遺跡。例如，當太陽在一年中的日出方位達到最北端的那天就是夏至日。可是，陶寺觀象台遺址對夏至日的觀測在今天卻並不可靠了。以下哪個數值的變化能夠直接影響夏至日的日出方位角？()
- (A) 黃赤交角 (B) 地球軌道半長軸
(C) 地球軌道離心率 (D) 春分點黃經 (J2000)
10. 愛因斯坦探針 (Einstein Probe) 是我國發射的一顆致力於探測宇宙天體 X 射線爆發的空間天文衛星，它被賦予了一個優美而極具內涵的中文名「天關衛星」，出典自中國北宋至和元年 (公元 1054 年) 司天監觀測並記錄的「天關客星」。「天關客星」爆發後的遺跡在梅西耶星表中的編號為 _____。
- (A) M1 (B) M20 (C) M31 (D) M42
11. (僅高年組) 脈衝星雖以穩定的自轉週期而著稱，但實際觀測發現，其自轉週期也在以極慢的速率變長，脈衝星在這個過程中釋放的自轉動能被認為是其向宇宙空間發出的高能輻射的主要能量來源。假設脈衝星是質量均勻分佈的實心球，現有一顆質量為 $1.4M_{\odot}$ 、半徑為 10 km 的脈衝星，測得其自轉週期為 1 s，自轉週期變長的速率為 10^{-10} s/s，估算其釋放自轉動能的功率為 _____。
- (A) 4×10^{28} J/s (B) 1×10^{31} J/s (C) 4×10^{29} J/s (D) 1×10^{30} J/s
12. (僅高年組) 在赫羅圖中，我們發現不同的光譜型對應不同的溫度，請問哪個光譜型對應的溫度最低？()
- (A) M 型 (B) T 型 (C) G 型 (D) K 型

II、簡答題

13. (僅低年組) 自行

今年初，「蓋亞」(Gaia) 探測器結束了其長達十餘年的科學觀測任務。Gaia 提供了海量恆星的運動學參數以及位置、距離等重要資訊。

圖 2 是 Gaia 測量得到的一段時間內某顆恆星位置在天球上的變化情況 (已進行赤緯修正)。

- (1) 該觀測持續了約幾年時間 (精確到整數)？
- (2) 請估計該星的視差與距離。
- (3) 請估計該星在赤經和赤緯方向的自行。
- (4) 根據上述結果，計算該星在天球上的切向速度。

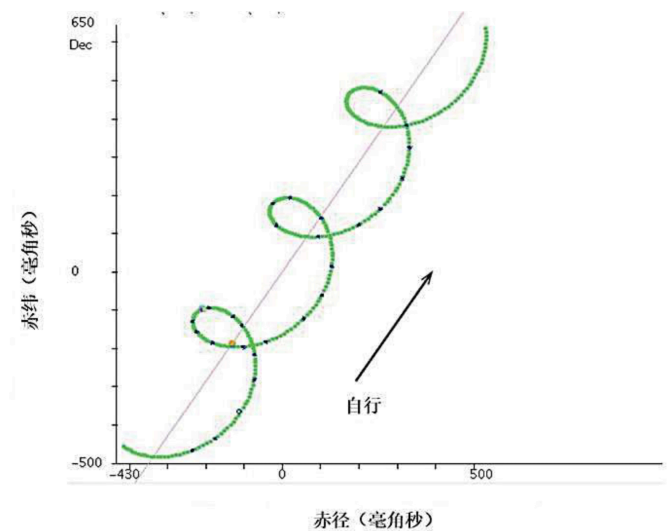


圖 2

14. 行星掩食

圖 3 是一顆恆星的真實歸一化測光數據，可以看到該恆星數據中出現了典型的掩食現象。已知該掩食是由行星引起的，其光變曲綫如圖 3 所示。假設該恆星與太陽的物理參數一致，且我們的觀測視角與行星軌道面平行，請對下面問題作出解答。

由掩食的基本原理可知，行星對恆星的相對掩食深度與行星半徑和恆星半徑的比例相關： $\delta = \left(\frac{R_p}{R_s}\right)^2$ ，其中， R_p 表示行星半徑， R_s 表示被掩食恆星的半徑。

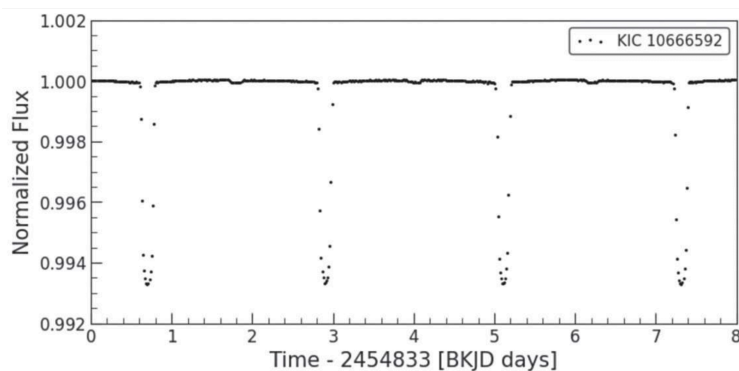


圖 3

- (1) 通過圖中資訊計算該行星的半徑。
- (2) 通過測量得知，該掩食訊號出現的週期為 2.2 天，假設行星的公轉軌道為圓周，請估算公轉軌道半徑（以 AU 為單位）。
- (3) 根據上述計算得到的資訊，能否判斷該行星的類型？請給出理由。

15. 馬門溪龍觀測 T CrB

北冕座 T (T CrB) 是已知的再發新星，它大機率是由一顆白矮星和紅巨星組成的密近雙星系統，主星白矮星吸積伴星的物質，在其表面形成熱斑並點燃核聚變反應，從而造成週期性的短時間光度迅速增加並很快變暗。T CrB 平靜期在可見光波段的星等只有 10 等，但在爆發期間最亮可達 2 等。根據之前的觀測記錄，T CrB 出現這樣的爆發的週期間隔大約是 80 年。

馬門溪龍是生活在侏羅紀晚期的一種恐龍，最早的化石發現於我國，身體龐大但頭部很小，備受天文愛好者的喜愛。一般認為瞳孔大小可以根據鞏膜環的大小來判斷，但這個物種沒有保存鞏膜環的標本，我們在此假設馬門溪龍的瞳孔直徑是人類的 2 倍。

- (1) T CrB 爆發時的光度是平靜期光度的多少倍？
- (2) 在馬門溪龍生活的時代，它們或許也會偶爾仰望星空。你覺得馬門溪龍有可能看到處於平靜期的 T CrB 嗎？請通過計算說明原因。
- (3) 實際上馬門溪龍能觀測到 T CrB 的爆發嗎？說明其原因。
- (4) 請簡單畫出馬門溪龍觀測 T CrB 的場景。

16. 星團年齡

疏散星團中的恆星是由一個大的分子氣體雲幾乎同時分裂形成的。年齡是疏散星團的一個關鍵參數，等年齡綫擬合方法是測量疏散星團年齡的經典方法，但它需要使用理論模型計算的等年齡綫數據。疏散星團的恆星在顏色-星等圖上的分佈通常有一個觀測特徵，叫作拐點，可以認為拐點附近的恆星剛剛結束主序階段的演化。如圖 4 所示，圖中是著名的疏散星團 M67 在顏色-星等圖上的分布，其中拐點恆星的位置由五角星所示，為簡化計算，我們近似認為拐點位置對應的色指數為 $B - V = 0.5$ （註：色指數是一個和恆星的顏色相關的量）。

表 1

$B - V$ (mag)	0.18	0.19	0.27	0.3	0.35	0.43	0.46	0.52	0.59	0.65	0.69	0.83	0.88	0.93	1.00
質量 (M_{\odot})	1.88	1.82	1.69	1.63	1.58	1.41	1.35	1.23	1.15	1.09	1.04	0.92	0.88	0.85	0.78

- (1) 已知主序星的顏色與質量具有相關關係，表 1 是一些已知的恆星質量和顏色 ($B - V$) 數據，請根據這些資訊作圖，並推斷圖中拐點星的質量。
- (2) M67 中的恆星與我們的太陽具有非常相似的化學成分（氫的質量比為 73%，氦元素占比 25%，2% 為其他元素）。對於圖中所示的拐點星，其主序階段大約可以燃燒掉總氫質量的 13%。另外，主序星存在典型的質量-光度關係， $L \propto kM^{\alpha}$ ，其中 L 是恆星的光度， M 是恆星質量， α 是一個常數，對於這裏的計算 $\alpha = 3.5$ ， k 是一個常數，該關係得出的光度可以視為恆星在其主序階段的平均光度。請估算 M67 的年齡。

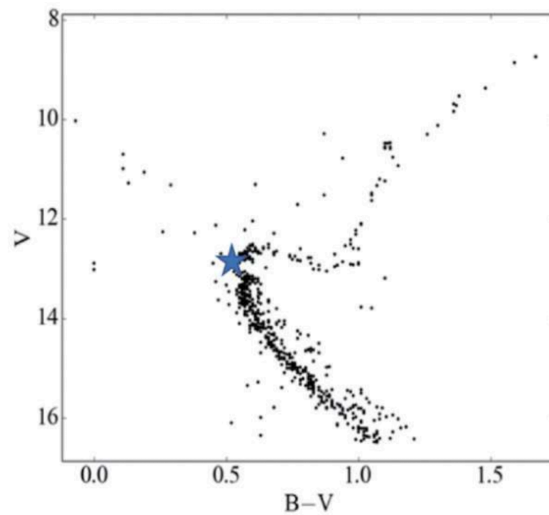


圖 4

17. (僅高年組) 星系噴流

星系的高速噴流若朝著地球方向運動，則可能觀測到視超光速運動 (superluminal motion) 現象。如圖 5 所示，噴流中的氣體團塊以速度 v 從 O 點運動到 P 點，運動方向與視綫方向有一定夾角 θ ，由於光從 O 點和 P 點到達觀測者的時間有差別，導致團塊橫向運動（垂直於視綫方向）的速度在觀測者看來可能超過光速。有射電望遠鏡觀測到一個距離為 2000 Mpc 的活動星系核的噴流中的氣體團塊，從圖像上看（圖 6），其視橫向運動角速度為 $\mu = 0.1$ 毫角秒/年。假設噴流運動方向與視綫方向的夾角為 $\theta = 10^\circ$ 。回答時速度用光速 c 表示，保留兩位小數。

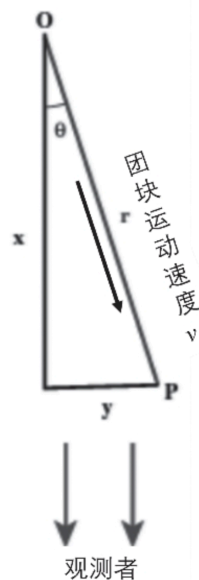


圖 5

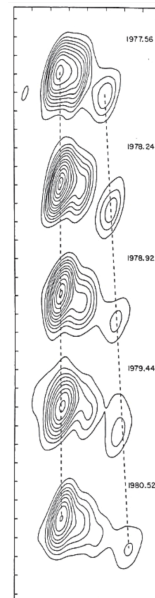


圖 6

- (1) 求團塊的視橫向速度 v_{app} 。

- (2) 記 $\beta_{\text{app}} = \frac{v_{\text{app}}}{c}$, $\beta = \frac{v}{c}$, 證明如下關係式：

$$\beta = \frac{\beta_{\text{app}}}{\sin \theta + \beta_{\text{app}} \cos \theta} \quad (1)$$

- (3) 計算題中團塊真實運動速度 v 。
- (4) 由第(2)小問可知， v 是噴流方向與視線方向的夾角 θ 的函數。若我們不知道 θ 的大小，那麼題目所述噴流真實速度 v 的最小值是多少？