

# 第一届中小学生天文科普线上竞赛活动 标准答案与部分解析

## 客观题

1~5 ABDCC

6~10 BCDCA

11~15 CDCCB

16 BC

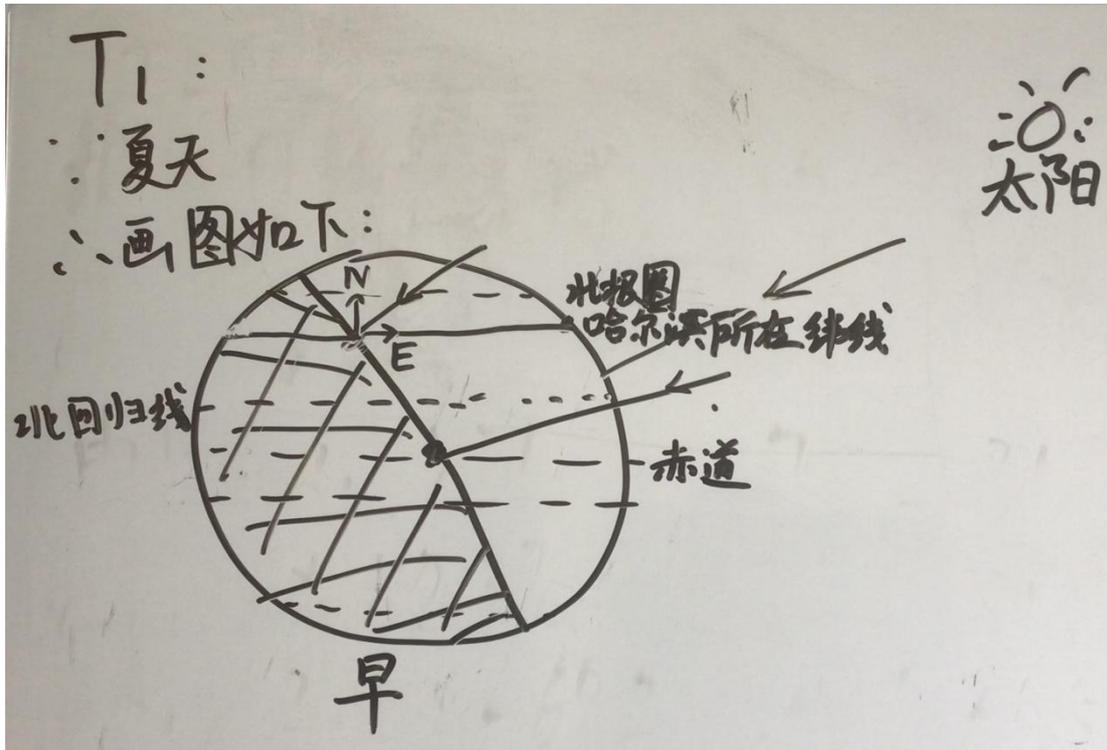
17 AD

18 AC

19 ABCD

20 BD

第 1 题解析：



暑假期间为夏季。

早晨时如上图，可见太阳位于东北方向，即光斑在西南方向。

同理可得傍晚时，太阳位于西北方向，即光斑在东南方向。

由哈尔滨的地理纬度高于黄赤交角，得中午太阳在哈尔滨上中天时，太阳位于南方，即光斑在北方。

所以，光斑方向的变化为：西南->北->东南，为顺时针

故答案为 A

第 11 题解析:

Q2. 已知一个双星系统的周期为 3 年, 恒星平均距离为 16 AU 且其与质心的距离比为 3:1, 设较大质量恒星的质量为  $M_1$ , 较小质量恒星的质量为  $M_2$ , 则以下关于  $M_1, M_2$  与  $M_0$  的关系描述正确的是 ( )

A.  $M_1 + M_2 = 2M_0$     B.  $M_1 = M_0, M_2 = 2M_0$     C.  $M_1 = 3M_0, M_2 = M_0$     D.  $M_1 - M_2 = M_0$

解析: C. 由开普勒第三定律  $\left\{ \begin{aligned} \frac{G(M_1 + M_2)}{4\pi^2} &= \frac{a^3}{T^2} \\ \frac{GM_0}{4\pi^2} &= \frac{a_0^3}{T_0^2} \end{aligned} \right. \Rightarrow M_1 + M_2 = 4M_0$

从质心上看  $\left\{ \begin{aligned} \frac{M_1}{M_2} &= \frac{R_1}{R_2} \\ R_1 + R_2 &= 16 \text{ AU} \Rightarrow M_1 = 3M_0, M_2 = M_0 \\ \frac{R_1}{R_2} &= \frac{3}{1} \end{aligned} \right.$

第 12 题解析:

Q3. 1766 年德国天文学家 提丢斯和 1772 年柏林天文学家 波得 研究并发表了计算行星与太阳距离的一个经验公式, 即提丢斯-波得定律, 其表达式为  $a_n (\text{AU}) = 0.4 + 0.3 \times 2^n$ , 其中,  $n$  表示行星序号,  $a$  表示行星或小行星到太阳的距离, 该定律虽为经验公式, 但在  $n \leq 6$  时计算值与实例数值能较好地吻合。当  $n=4$  时,  $n$  所代表的行星或小行星带为 ( )

A. 地球    B. 火星    C. 小行星带    D. 木星

解析: D. 当  $n=4$  时  $a = 0.4 + 0.3 \times 2^4 = 5.2 \text{ AU}$

第 14 题解析:

解析: 由于  $> 1 \text{ km} < 30 \text{ pc}$  因此天文学家在地球上对恒星变化影响不大, 主要因素为大气消光

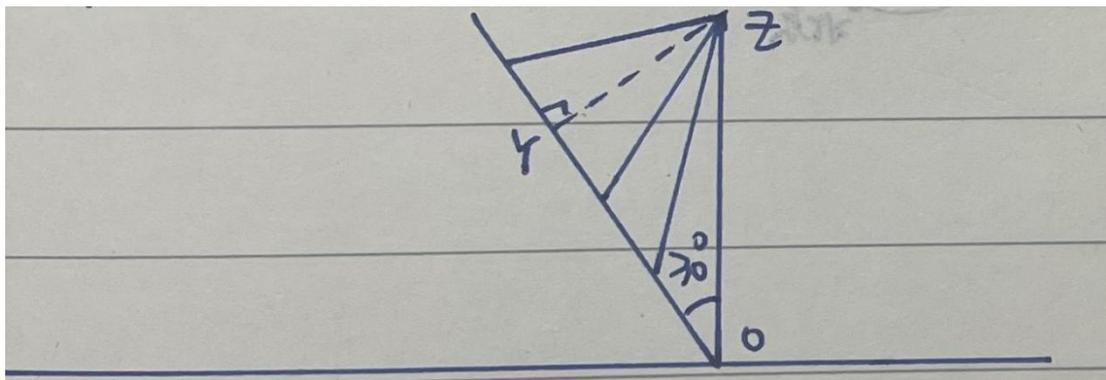
$\Delta F = \frac{30\%}{8} (18-2) \cdot F_0 = \frac{9}{40} F_0 = 22.5\% F_0$

地面测量流量  $F_{\text{地}} = (1 - 20\%) F_0 \Rightarrow \Delta F = F_{\text{地}} - F_{\text{空}} = -0.075 F_0$

$> 1 \text{ km}$  测量流量  $F_{\text{空}} = (1 - 22.5\%) F_0$

$\therefore \Delta m = m_{\text{地}} - m_{\text{空}} = -2.15 \lg \frac{F_{\text{地}}}{F_{\text{空}}} = -2.15 \lg \frac{28}{31}$

第 16 题解析:



由图可知

$$v_{min} = \frac{l_{ZY}}{t} = \frac{112\text{km} \times \sin 30^\circ}{0.8\text{s}} = 70\text{km/s}$$

查表得地球公转速度

$$v_E = 29.78\text{km/s}$$

流星体相对太阳的最大速度是地球所在位置的逃逸速度，即

$$v_{Met} = \sqrt{2}v_E = 42.1153\text{km/s}$$

流星体相对地球最大速度

$$v_{max} = v_E + v_{Met} = 71.8953\text{km/s}$$

故选 BC

第 20 题解析:

A: 错误，见 <https://baike.baidu.com/item/曙暮光/1561413>

B: 正确

C: 天文通和虚拟天文馆的描述反了，错误

D: 正确，属于事实

主观题

21 题 (1)

T21(1):

$$v_1 = \sqrt{Rg} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$V_{\text{球}} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$M = \rho V = \rho \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\therefore v_1^2 = \frac{4}{3}\pi G\rho R^2$$

代入, 得  $R = \pm 848787\text{m}$

舍负, 得  $R = 848.787\text{km}$

21 题 (2)

T21 (2):

$$v^2 = G(M+m)\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$$

当  $v$  取该处逃逸轨道最小速度时,  
 $a \rightarrow \infty \therefore \frac{1}{a} \rightarrow 0$

而  $m \ll M$

$$\therefore v^2 = \frac{2GM}{r}$$

据题,  $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho = 1.498 \times 10^{23}$

$$r = 100 \times 10^3 + 848787 = 948787$$

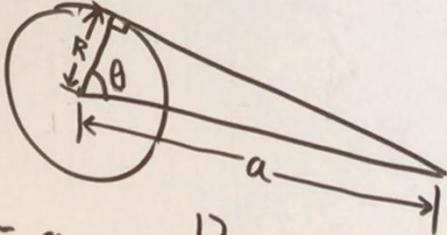
$$\therefore v = \pm 4589.33$$

舍负, 得  $v = 4589.33$

$\therefore$  选 A. B. C

21 题 (3)

T21(3):  
 $T = 6h = 21600$   
 开三:  $\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$   
 代入得  $a = 4.9 \times 10^6$   
 轨道平面必为赤道平面.



$\therefore \theta_{\max} = \arccos \frac{R}{a} = 80.02^\circ$

21 题 (4)

根据月球在天球上的自行, 可使用赤道坐标系 (RA/Dec) 解题  
 筛选数据, 根据数据得

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 23h22m7.9s = 350.532917^\circ = 6.117954 \text{ (rad)} \\ \delta_1 &= -6^\circ33'53.8'' = -6.564944^\circ = -0.114580 \text{ (rad)} \\ \alpha_2 &= 23h23m34.9s = 350.895417^\circ = 6.124280 \text{ (rad)} \\ \delta_2 &= -6^\circ15'2.3'' = -6.250639^\circ = -0.109094 \text{ (rad)} \end{aligned}$$

查阅得球面距离公式: 设所求点 A, 纬度角  $\beta_1$ , 经度角  $\alpha_1$ ; 点 B, 纬度角  $\beta_2$ , 经度角  $\alpha_2$ 。则距离

$$\theta = \arccos [\cos \beta_1 \cdot \cos \beta_2 \cdot \cos (\alpha_1 - \alpha_2) + \sin \beta_1 \cdot \sin \beta_2]$$

代入计算可得月球在赤道坐标系中移动过的角

$$\Delta\theta = 8.34401 \times 10^{-3} \text{ (rad)}$$

根据所给月球公转周期, 可得月球角速度

$$\omega_M = 1.59829 \times 10^{-4} \text{ (rad/min)}$$

所求时间

$$t = \frac{\Delta\theta}{\omega_M} = 52.2 \text{ (min)}$$

22 题 (1)

根据冲日判断为地外行星  
据平均值计算回合周期

$$T_{\text{合}}=398.9 \text{ (d)}$$

根据会合周期公式

$$1/T_{\text{合}}=1/T_{\text{地}}-1/T_{\text{行}}$$

计算得行星公转周期

$$T_{\text{行}}=4328 \text{ d}=11.8\text{y}$$

此时可以再根据开普勒第三定律

$$\frac{a_E^3}{T_E^2} = \frac{a_P^3}{T_P^2}$$

得出半长径

$$a_P = 5.18\text{AU}$$

根据公转周期或轨道半长径查表得该行星为 木星。

22 题 (2)

在地面观测时，恒星闪烁，行星不闪烁，亮度较高且稳定的是行星。

或

在已知天区通过辨认星座排除恒星来识别行星

22 题 (3)

人体内绝大多数元素都来自核聚变和超新星，只有核聚变和超新星才能形成重元素。人类体内的碳、氮、氧原子以及其他所有重元素的原子，都是在 45 亿多年前的前几代恒星中形成的。