第二届中小学生天文科普线上竞赛活动答案

2025 年 2 月

一．单项选择题。

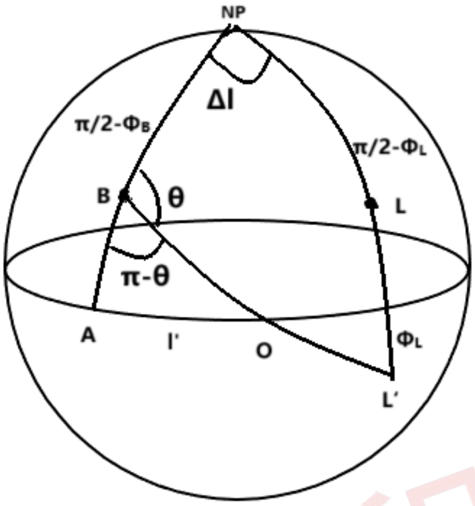
1. **C**【解析】六十年一甲子，2025 年的 60 年后为 2085 年。C 项正确。
2. **D**【解析】A.卫星包括天然卫星与人造卫星，A 项正确；B、C 为天文基础知识，B、C 项正确；D.开普勒第三定律，D 项错误
3. **B**【解析】五车五属于金牛座，B 项错误。
4. **B** 【解析】哈佛分类法最初是根据恒星光谱中氢吸收线的强度来分类的，从氢吸收线最宽的 A 类开始，后来经过调整为温度序列，B项正确。
5. **A**
6. **C**
7. **D**【解析】利用距离模数公式 $\mathbf{m-M=5\log_{10}(d)-5}$，将 M=-1.0，d=100pc 带入，得 m=4.0，D 项正确。
8. **A**【解析】珀斯位于南回归线以南，5 月份时太阳直射北半球（赤道与北回归线中间），昼短夜长，太阳从东北方升起，正午时位于正北方，西北方落下，A 项正确。
9. **A**【解析】根据维恩位移公式 $\boldsymbol{\lambda}=\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{T}}$，将 $b=2.9\times10^{-3}$m·K，T=5000K 带入，得λ=580nm，A 项正确。
10. **B**【解析】对于双星系统，根据质心的性质，$\mathbf{m_1r_1=m_2r_2}$，所以 $m_1/m_2=r_2/r_1$，B 项正确。
11. **C**【解析】根据时间膨胀公式 $\mathbf{t=t_0/\sqrt{1-(v^2/c^2)}}$，将 t_0=1h，v=0.8c 带入，得 t≈1.67h，C 项正确。
12. **B**【解析】根据经验公式 $\boldsymbol{\theta_{min}=1.22\lambda/D}$，将λ=600nm=$6\times10^{-7}$，D=1m 带入，得 $\theta_{min}=7.32\times10^{-7}$rad，B 项正确。
13. **C**【解析】根据重力加速度公式 $\mathbf{g=GM/R^2}$，将 $M_{白矮星}=1.0M_{\odot}=3\times10^5M_{地球}$，$R_{白矮星}=0.8R_{地球}$带入，与地球重力加速度作比，整理得 $g_{白矮星}=4.6875\times10^5$，与 C 项最接近，C 项正确。
14. **B**【解析】根据逃逸速度公式 $v=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$，将 $G=6.67\times10^{-11}$，$M_{\odot}=1.99\times10^{30}$kg，R=10km=$10^4$m 带入，得 $v=1.9\times10^8$m/s，与光速 c 作比，B 项正确。
15. **A**【解析】距离最近的恒星（即第一颗恒星）的亮度 $\mathbf{F_1=\frac{L}{4\pi d^2}}$，第 n 颗恒星的亮度为 $\mathbf{F_n=\frac{L}{4\pi n^2d^2}}$，因此全部恒星的亮度为 $\mathbf{F_{total}=F_1+F_2+....+F_n=\frac{L}{4\pi d^2}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^2}=\frac{\pi^2}{6}F_1}$，A 项正确。
16. **ACD**
17. **BD**
18. **BCD**

试用水印

19. **A【解析】**根据公式$\frac{\lambda_{obs}-\lambda_{rest}}{\lambda_{rest}}=\frac{v_r}{c}$，将$\lambda_{obs}$=656.581nm，$\lambda_{rest}$=656.281nm带入，得$v_r=\frac{0.3c}{656.281}$，

B、D 项错误；根据公式 $d=\frac{1}{p}$，将 p=0.05″带入，得 d=20pc，A 项正确。

20. **B【解析】**



（上图不成比例，仅提供说明作用）

法 1：用四元素公式（最简单）

先考虑三角形 NBL'，我们的目标是解出θ。通过四元素公式，我们可以得到：

$$\cos\left(\frac{\pi}{2}-\phi_B\right)\cos\Delta l=\sin\left(\frac{\pi}{2}-\phi_B\right)\cot\left(\frac{\pi}{2}+\phi_L\right)-\sin\Delta l\cot\theta$$

我们可以对上式进行化简，得出：

$$\sin\phi_B\cos\Delta l=-\cos\phi_B\tan\phi_L+\sin\Delta l\cot\theta$$

解出θ = 52.84°

下面再考虑三角形 OAB，再次应用四元素公式：

$$\cos\phi_B\cos\frac{\pi}{2}=\sin\phi_B\cot l'-\sin\frac{\pi}{2}\cot(\pi-\theta)$$

化简之后，我们得到

$$\tan l'=-\sin\phi_B\tan\theta$$

解出$l'=-40.25°$，改变下符号，得出$l'=40.25°$

要求出与赤道交点的坐标，减去北京的经度即可。

因此，与赤道交点的坐标为（0 °，76.1574 °E）

法 2：用正弦余弦定理（比较难算）：

思路与方法 1 一样，求出θ，再求l'，只不过不用四元素公式，用正弦余弦定理。

先求弧BL'（记该弧长为x）：

$$\cos x=\cos\left(\frac{\pi}{2}-\phi_B\right)\cos\left(\frac{\pi}{2}+\phi_L\right)+\sin\left(\frac{\pi}{2}-\phi_B\right)\sin\left(\frac{\pi}{2}+\phi_L\right)\cos\Delta l$$

得出$x=135.6763°$

再求θ：

试用水印

$$\cos\left(\frac{\pi}{2}+\phi_L\right)=\cos\left(\frac{\pi}{2}-\phi_B\right)\cos x+\sin\left(\frac{\pi}{2}-\phi_B\right)\sin x\cos\theta$$

得出$\theta=127.1583°$

接下来换球面三角形，换成 OAB，先求∠ BOA（记为α），并注意到∠ OAB= $\pi/2$，用角的余弦定理：

$$\cos\alpha=-\cos\frac{\pi}{2}\cos(\pi-\theta)+\sin\frac{\pi}{2}\sin(\pi-\theta)\cos\phi_B$$

解出$\alpha=52.3114°$

再用正弦定理：

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\phi_B}=\frac{\sin(\pi-\theta)}{\sin l'}$$

解出$l'=40.25°$，减去北京的经度，与赤道相交的坐标为（0 °，76.1574 °E）

21.（1）利用公式 **v=cz**，将 $z=8.75\times10^{-4}$，得 $v=2.625\times10^{5}$m/s（公式 2 分，结果 2 分）（2）利用哈勃定律 **$v=H_0d$**，将 $v=2.625\times10^{5}$m/s，H_0=67.8km/（s·Mpc）带入，得 d=3.872Mpc（公式 2 分，结果 2 分，哈勃常数取合理值且计算正确也给分）

（3）不合理。原因：大麦哲伦云的真实距离为$d_{真实}=1.542\times10^{21}\mathrm{m}=49.97\mathrm{kpc}$，相差 2 个数量级，很明显答案是不合理的，因为哈勃定律仅对遥远的星系生效，大麦哲伦云距离地球太近，同时受到了明显的银河系引力影响。导致哈勃定律在这里失效。（不必写出大麦哲伦云的具体距离）（若仅写出不合理不给分；写出不合理且含有原因，但原因不正确不给分）

22.（1）根据距离模数公式 **$m-M=5\log_{10}(d)-5$**，将 m=8，M=3 带入，得 d=100pc（公式 2 分，结果 2 分）

(2)首先根据斯特藩 - 玻尔兹曼定律$L=4\pi R^2\sigma T^4$,但这里没有给出半径R，我们可以通过光度与距离和辐射通量的关系

$$F=\frac{L}{4\pi d^2}$$

来计算辐射通量。 先根据绝对星等和光度的关系

$$M=M_\odot-2.5\log_{10}\left(\frac{L}{L_\odot}\right)$$

（$M_\odot=4.74\ L_\odot=3.839\times10^{26}W$），虽然这里没有直接求$L$，但我们知道$F=\frac{L}{4\pi d^2}$，可以通过距离$d$和绝对星等、视星等的关系间接求解。

由距离$d=100pc$，根据

$$F=\frac{L}{4\pi d^2}$$

试用水印

绝对星等和视星等的本质也是与光度相关，这里我们可以把L看作一个中间量。 已知太阳在距离$d_0 = 1AU = 4.848 \times 10^{-6} pc$处的辐射通量为$F_\odot = 1365W/m^2$ 。 根据辐射通量与距离平方成反比关系，

$$\frac{F}{F_\odot} = \frac{d_0^2}{d^2}$$

$$F = F_\odot \times (\frac{d_0}{d})^2 = 1365 \times (\frac{4.848 \times 10^{-6}}{100})^2$$

$$F = 1365 \times \frac{4.848^2 \times 10^{-12}}{100^2} \approx 3.18 \times 10^{-10} W/m^2$$

（答案为具体值，大家根据最后一步将 1365 换成 $F_\odot$ 即可，写出绝对星等和光度的关系式 2 分，写出辐射通量与距离平方成反比关系 2 分，写出光度与距离和辐射通量的关系 1 分，结果 1 分）

(3) 由 $\mathbf{m_1v_1=m_2v_2}$，得 $m_2=m_1v_1/v_2$

开普勒第三定律

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_1+m_2)}a^3$$

试用水印

对于圆形轨道，两颗星的轨道速度

$$v = \frac{2\pi a}{P}$$

则

$$a = \frac{v_1 P}{2\pi}$$

（对于星1，同理对于星2有$a = \frac{v_2 P}{2\pi}$，因为是双星系统，两颗星的a相同）。

将$a = \frac{v_1 P}{2\pi}$代入开普勒第三定律得

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}(\frac{v_1 P}{2\pi})^3$$

化简可得：

$$m_1 + m_2 = \frac{v_1^3 P}{2\pi G}/tag2$$

将(1)代入(2)得：

$$m_1 + \frac{v_1}{v_2} m_1 = \frac{v_1^3 P}{2\pi G}$$

提取m_1得：

$$m_1(1 + \frac{v_1}{v_2}) = \frac{v_1^3 P}{2\pi G}$$

则

$$m_1 = \frac{v_1^3 P}{2\pi G(1 + \frac{v_1}{v_2})}$$

把$v_1 = 50km/s = 50 \times 10^3 m/s$，$v_2 = 80km/s = 80 \times 10^3 m/s$，$P = 10$年$= 10 \times 365 \times 24 \times 3600s$ ，$G = 6.67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$代入可得：

试用水印

$$m_1 = \frac{(50\times10^3)^3\times10\times365\times24\times3600}{2\pi\times6.67\times10^{-11}(1+\frac{50}{80})}$$

$$m_1 = \frac{50^3\times10^9\times10\times365\times24\times3600}{2\pi\times6.67\times10^{-11}\times\frac{130}{80}}$$

$$m_1 = \frac{50^3\times10^9\times10\times365\times24\times3600\times80}{2\pi\times6.67\times10^{-11}\times130}$$

$$m_1 \approx 1.04\times10^{30}\mathrm{kg}$$

m_1换算为太阳质量:

$$m_{1,\odot} = \frac{m_1}{M_\odot} = \frac{1.04\times10^{30}}{1.99\times10^{30}} \approx 0.52M_\odot$$

由$m_2 = \frac{v_1}{v_2}m_1$可得

$$m_2 = \frac{50}{80}\times1.04\times10^{30} = 0.65\times10^{30}kg$$

m_2换算为太阳质量:

$$m_{2,\odot} = \frac{m_2}{M_\odot} = \frac{0.65\times10^{30}}{1.99\times10^{30}} \approx 0.33M_\odot$$

（写出 $m_2=m_1v_1/v_2$ 得 1 分，写出开普勒第三定律得 2 分，写出速度表达式得 1 分，表达式两个 1 分，结果每个 1 分，中间必要的推导过程 1 分）

试用水印