

# 天文学导论作业

黄梦秋、汪昊辰、诸葛佳明

8/30/2022

## 第一章

### 1.

中国科学技术大学和中国科学院紫金山天文台共建的大视场巡天望远镜（英文名称 Wide Field Survey Telescope，简称 WFST）有两种巡天模式（wide 和 deep）。wide 模式求广不求深，单次拍摄曝光时间较短，虽然不能观测到较暗弱的天体，但覆盖天区面积较广。相反，deep 模式求深不求广，单次拍摄的曝光时间较长，虽不能覆盖较大天区，但可以观测更暗弱的天体。

假设 wide 模式能观测到的最暗弱的天体只有 25 星等，deep 模式为 26.5 星等，现有一颗和太阳一样亮的恒星，那么这颗恒星要在距离地球多远的距离（以 AU 为单位）才能刚好不被 wide 模式探测到？如果是 deep 模式呢？

### 2.

一颗恒星的赤经为 13h30m50s，赤纬为  $+25^{\circ}28'44''$ ，请计算在理化大楼的科大天文台观测时，该恒星上中天时的天顶距。（假设合肥的地理纬度为  $+32^{\circ}$ ）

### 3.

太阳和地球之间是否存在这样一个点，这个点受到地球的引力和太阳的引力是相同的？如果存在，距离地球多远？再将这个距离与地月距离对比。太阳和地球谁对月球的引力更大？

## 第二章

### 1.

太阳光球层底部的气压约为  $2 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ，物质密度约为  $3.2 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。光球层顶部的气压约为  $140 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ，物质密度约为  $4.9 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。利用公式  $V_s \sim (\frac{P}{\rho})^{0.5}$  估计光球层顶部的声速是底部的多少倍。

### 2.

若某太空望远镜的太阳能板（尺寸为  $7.1 \times 2.6 \text{ m}$ ）面向太阳，恒星常数为  $1368 \text{ W/m}^2$ ，

(1) 五分钟可接收多少太阳能？

(2) 如果太阳能转化为电能的效率为 25%，得到的电功率为多少？

### 3.

一恒星的半径为太阳的 3 倍，且该恒星光谱的峰值波长为  $750 \text{ nm}$ ，计算该恒星的光度。

## 第三章

### 1.

计算土星同步轨道位置，哪些土星环在同步轨道外侧？

Name <sup>(1)</sup>	Distance from Saturn's center (km) <sup>(2)</sup>	Width (km) <sup>(2)</sup>	Named after
D Ring	66,900 – 74,510	7,500	
C Ring	74,658 – 92,000	17,500	
B Ring	92,000 – 117,580	25,500	
Cassini Division	117,580 – 122,170	4,700	Giovanni Cassini
A ring	122,170 – 136,775	14,600	
Roche Division	136,775 – 139,380	2,600	Édouard Roche
F Ring	140,180 <sup>(3)</sup>	30 – 500	
Janus/Epimetheus Ring <sup>(4)</sup>	149,000 – 154,000	5,000	Janus and Epimetheus
G Ring	166,000 – 175,000	9,000	
Methone Ring Arc <sup>(4)</sup>	194,230	?	Methone
Anthe Ring Arc <sup>(4)</sup>	197,665	?	Anthe
Pallene Ring <sup>(4)</sup>	211,000 – 213,500	2,500	Pallene
E Ring	180,000 – 480,000	300,000	
Phoebe Ring	~4,000,000 – >13,000,000		Phoebe

### 2.

2004 年，5 公里长的小行星 4179 在距离地球仅 150 万公里的地方经过。假设小行星 4179 注定要在地球 300 万公里内的某个地方经过，它撞上地球的概率是否比 0.00000846% 要大？

### 3.

每天进入地球大气层的数百万流星都会带给地球几百吨的彗星和小行星尘埃。估计一下地球以这个速率长胖 0.1% 需要多少时间。

## 第四章

### 1.

假设观测到一颗总光度是太阳 10 倍的恒星有一颗轨道半径 5 AU，半径是地球 2 倍快速自转行星，在黑体近似下，这颗行星的温度是多少？（设地球表面温度为 300 K，且同样满足黑体近似）

### 2.

一恒星 D 的半径为太阳的 3 倍，其峰值波长为 750 nm。已知只有一颗行星 E 绕恒星 D 运转，行星 E 到恒星 D 的距离为 2 AU。在黑体近似下，估计行星 E 的表面温度。（太阳的峰值波长为 500 nm，假设地球温度为 300 K 且同样满足黑体近似）

### 3.

借助一次微引力透镜事件，天文学家在一距离地球 5000 pc 的恒星 L 旁边新发现一个行星 M。已知光变曲线上恒星 L 和行星 M 分别被放大到最亮的时间点之间相差 10 天，前景透镜恒星 N 的自行为 40 mas/yr（毫角秒每年），假设微引力透镜发生时恒星 N 恰好运动在恒星 L 和行星 M 的中心连线上。求行星 M 到恒星 L 的距离。（以 AU 记，1 pc = 206265 AU，恒星 L 的自行忽略不计，且不考虑视差带来的额外运动效应）

## 第五章

### 1.

现有一个焦距  $F = 900 \text{ mm}$  的牛顿式反射望远镜，另有两个焦距分别为  $f = 25 \text{ mm}$ 、 $12.5 \text{ mm}$ ，视场光阑大小分别为  $22 \text{ mm}$ 、 $10 \text{ mm}$  的目镜可供选择，可以实现的最大放大倍率和最大视场分别是多少？

### 2.

已知哈勃太空望远镜的口径为  $2.4 \text{ m}$ ，韦布太空望远镜的口径为  $6.5 \text{ m}$ 。假设哈勃和韦布的 CCD 相机灵敏度相同，且均近似为完整圆形镜面，理论上韦布的极限星等比哈勃大几等？

### 3.

欧洲南方天文台的甚大望远镜（VLT）由四个直径  $8.2 \text{ m}$  的大光学望远镜和可移动四个直径  $1.8 \text{ m}$  的小光学望远镜组成，其上安装的光学干涉仪 MATISSE 可以利用多个光学望远镜进行中红外波段的光学干涉成像。已知 VLT 进行干涉观测时望远镜间最大间距为  $130 \text{ m}$ ，假设 MATISSE 工作波长为  $5 \text{ m}$ ，求此时的理论角分辨率。（不考虑视宁度影响）

## 第六章

1.

一颗视差为  $0.08''$  的恒星视星等为 5 等，另一颗视差为  $0.02''$  的恒星视星等为 4 等，求这两颗恒星的绝对星等之差。

2.

某次观测发现了两颗 F0 恒星，其中恒星 A 比恒星 B 暗 4 个视星等，已知我们到恒星 B 的距离为 15 pc，则我们到恒星 A 的距离为？

3.

现有一颗距离我们 150 pc 的恒星，其视星等为 5 等。测得其质量大约是太阳的 2.5 倍，半径是太阳的 1.6 倍。求这颗恒星的绝对星等，这颗恒星的表面温度，以及这颗恒星的寿命。（太阳表面温度约 5800 K，绝对星等为 4.8 等，寿命约  $10^{10}$  年。假设该恒星与太阳都进行黑体辐射，且都有相同比例的质量转化为能量辐射出去）

## 第七章

### 1.

经典造父变星的光变周期越长，光度越大，这就是周光关系。Feast& Catchpole 在 1997 年给出了星族 I 经典造父变星的周光关系，已知有一颗经典造父变星光变周期为 21 天，视星等  $5.446^m$ ，试计算其距离

$$M = -2.81 \lg P - 1.43$$

### 2.



图 1: 超新星遗迹 N103B, 位于图像上方, HST

超新星可根据光谱中反映的元素组成可分为 I 型和 II 型

(1) 试查找并简要描述 Ia 型超新星和 II 型超新星的差别

(2) Ia 型超新星因为爆发时相近的光度可作为标准烛光。已知 Ia 型超新星爆发时的绝对星等大约为  $-19.3^m$ 。哈勃太空望远镜观测到的超新星遗

迹 N103B 曾是 Ia 型超新星，已知 N103B 距离地球约 15 万光年，试计算 N103B 爆发时的星等

### 3.

北京时间 2022 年 5 月 12 日晚 9 点，事件视界望远镜合作组织正式发布了银河系中心黑洞人马座 A\* (Sgr A\*) 的首张照片。Sgr A\* 约有 4 百万倍太阳质量。若在该黑洞两倍史瓦西半径处发出波长为 21 cm 的光，试计算观察到的谱线波长（忽略相对运动）。思考如果无限接近史瓦西半径（史瓦西黑洞），红移又为多少？



## 第八章

### 1.

太阳系距离银心约 8.3 kpc，绕银心速度约 220 km/s。

(1) 若将太阳系绕银心视为质量集中在银心的开普勒运动，试计算银心所含物质的质量。

(2) 已知银河系中心黑洞人马座 A\* (Sgr A\*) 约有 4 百万倍太阳质量，根据上题结果，求该黑洞占银心总质量的比例。

### 2.

一个类星体的喷流方向与视线方向成  $26^\circ$ ，以  $0.90\ c$  的速度向我们运动，试求观察到的视速度大小。是否违反相对论？

### 3.

观测某一活动星系核的宽发射线  $\text{Ly}\alpha$  线（实验室系测得波长为 121.6 nm），发现宽线谱线展宽大概是 4.0 nm。若该活动星系核处于近邻宇宙，宽线区尺度与教材作业题 3 相同，假设与宽线区云团的几何结构等相关的因子  $f \sim 1.0$ ，估算这个活动星系核中心黑洞的质量。