

天文学导论作业

07/2023

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<https://wfst.ustc.edu.cn> (英文名称 Wide Field Survey Telescope, 简称 WFST) 有宽场 (wide mode) 和深场 (deep mode) 两种巡天模式。宽场模式求广不求深, 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, 深场模式求深不求广, 单次拍摄的曝光时间较长, 虽不能覆盖太大的天区, 但可以观测到更暗弱的天体。

假设在 r 波段宽场模式能观测到的最暗弱的天体星等只有 22.95^m , 而深场模式为 25.48^m (Lei Lei et al 2023)。现有一颗和太阳一样亮的恒星 (设太阳在 r 波段的视星等为 -26.93^m), 那么这颗恒星要在距离地球多远的距离才能刚好不能被宽场模式探测到? 如果是深场模式呢? (计算结果以 AU 为单位)

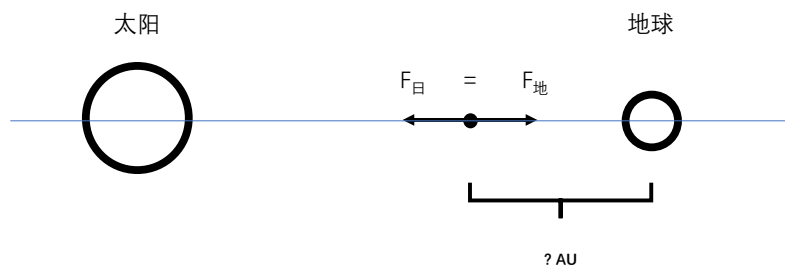
2.

一颗恒星的赤经为 $13^h 30^m 50^s$, 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 $+32^\circ$)

tip: 天体每天有两次通过天子午圈 (此时叫做天体的中天), 地平高度最高的一次叫上中天 (此时天体的天顶距最小, 是观测的最佳时机)。

3.

蜗同学认为，月球作为一颗绕着地球转的卫星，且相较于太阳来说，月球极其靠近地球（日地距离 149597870 km，即 1 AU；地月距离为 384403.9 km，约为 0.00257 AU），所以月球受到的引力肯定是地球占主导。壳同学也觉得蜗同学说得很有道理，但壳同学决定通过计算验证这个结论的正确性。



太阳和地球之间理应存在这样一个点，这个点受到来自地球的引力和来自太阳的引力是相同的，请计算这个点距离地球多远？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？（计算结果以 AU 为单位。地球质量 $M_{\text{earth}} = 5.965 \times 10^{24} \text{ kg}$ ，太阳质量 $M_{\odot} = 1.989 \times 10^{30} \text{ kg}$ 。）

tip: 注意!!! 本题所求的“受到来自地球和太阳引力相同的点”不是第二拉格朗日点，感兴趣的同学请自行查阅相关资料，探索一下什么是拉格朗日点。

第二章

1.

- (1) 有一颗黑洞，它的史瓦西半径和太阳半径相同，请问该黑洞的质量是多少？（计算结果以太阳质量 M_{\odot} 为单位，即以 $6.66 \times 10^6 M_{\odot}$ 的形式表示）
- (2) 有一颗黑洞，它的质量和太阳质量相同，请问该黑洞的史瓦西半径是多少？（计算结果以 km 为单位）

tips:

黑洞史瓦西半径

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

引力常数

$$G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

也可写为

$$G = 1.327 \times 10^{11} (\text{km/s})^2 \cdot \text{km}/M_{\odot}$$

2.

- (1) 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 $1368 \text{ W}/\text{m}^2$ ，五分钟可接收多少太阳能？
- (2) 如果光伏板将太阳能转化为电能的效率为 25%，(1) 问产生了多少度电？
- (3) 假设火力发电生产一度电需要消耗 310 g 煤炭 + 4 L 净水 + 190 g 柴油 + 59 g 天然气，那么采用火力发电生产 (2) 问的电量需要消耗多少克煤炭？

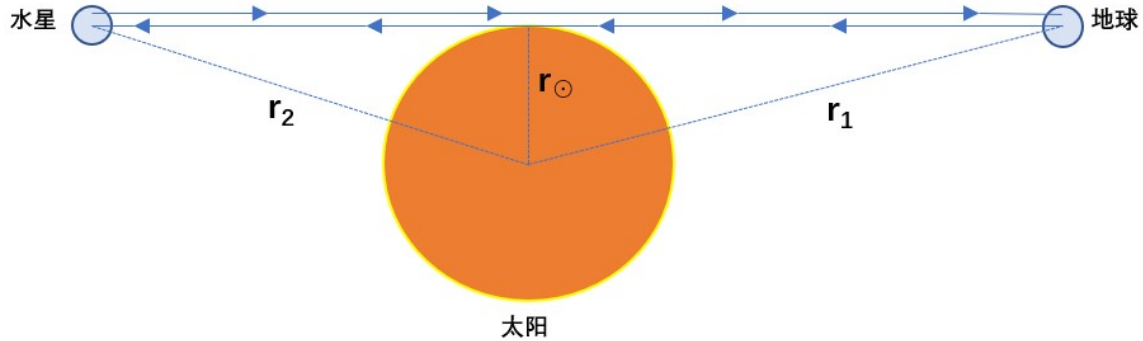
等离子体所：[人造太阳](#)

3.

一恒星的半径为太阳的 2.5 倍，且该恒星光谱的峰值波长为 304.947 nm ，计算该恒星的光度。（计算结果以太阳光度 L_{\odot} 为单位）

第三章

1.



在不考虑广义相对论的情况下，一束雷达从地球出发到水星再返回到地球所需要的时间是

$$t_1 = 2 \cdot \left(\frac{\sqrt{r_1^2 - r_{\odot}^2}}{c} + \frac{\sqrt{r_2^2 - r_{\odot}^2}}{c} \right)$$

考虑广义相对论效应后，所需的时间变为

$$t_2 = 2 \cdot \left[\frac{\sqrt{r_1^2 - r_{\odot}^2} + 2 \frac{GM_{\odot}}{c^2} \ln \left(\frac{r_1 + \sqrt{r_1^2 - r_{\odot}^2}}{r_{\odot}} \right) + \frac{GM_{\odot}}{c^2} \sqrt{\left(\frac{r_1 - r_{\odot}}{r_1 + r_{\odot}} \right)}}{c} + \frac{\sqrt{r_2^2 - r_{\odot}^2} + 2 \frac{GM_{\odot}}{c^2} \ln \left(\frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 - r_{\odot}^2}}{r_{\odot}} \right) + \frac{GM_{\odot}}{c^2} \sqrt{\left(\frac{r_2 - r_{\odot}}{r_2 + r_{\odot}} \right)}}{c} \right]$$

请计算雷达回波延迟 $\Delta t = t_2 - t_1$ 是多少? ($r_1 = 149597888 \text{ km}$, $r_2 = 57909068 \text{ km}$, $r_{\odot} = 695989 \text{ km}$, 计算结果以微秒 μs 为单位。)

2.

假如有人提出这样的理论，地球主要是彗星和小行星不断汇聚而形成的。已知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。估计一下现在的地球以这个速率增加 0.1% 的质量需要多少年，再将该结果与宇宙年龄 (137 亿年) 比较。

3.

你现在乘坐的飞船正处于土星同步轨道，哪些土星环在你的轨道外侧？

Name ⁽¹⁾	Distance from Saturn's center (km) ⁽²⁾	Width (km) ⁽²⁾	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 ⁽³⁾	30 – 500	
Janus/Epimetheus Ring ⁽⁴⁾	149,000 – 154,000	5,000	Janus and Epimetheus
G Ring	166,000 – 175,000	9,000	
Methone Ring Arc ⁽⁴⁾	194,230	?	Methone
Anthe Ring Arc ⁽⁴⁾	197,665	?	Anthe
Pallene Ring ⁽⁴⁾	211,000 – 213,500	2,500	Pallene
E Ring	180,000 – 480,000	300,000	
Phoebe Ring	~4,000,000 – >13,000,000		Phoebe

Saturn's largest ring

第四章

1.

假设观测到一颗总光度是太阳 10 倍的恒星附近有一颗轨道半径 5 AU 的快速自转行星。请问在黑体近似下，求这颗行星的表面温度（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，其辐射峰值波长为 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，求行星 E 的表面温度（太阳辐射峰值波长为 500 nm，假设地球温度为 300 K 且同样满足黑体近似）。

3.

某太空望远镜对恒星 D 进行天体测量观测，发现该恒星受行星 E 引力影响在一个圆形轨道上运动，轨道的角半径为 3 毫角秒，周期为 7 年。假设恒星 D 的质量为 0.8 倍太阳质量，距离我们 10 pc，求行星 E 的质量和行星 E 到恒星 D 的距离（假设行星 E 围绕恒星 D 做圆周运动，且轨道平面垂直于视线方向）。

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 mm ，视场光阑大小分别为 22 mm 、 10 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 m ，韦布太空望远镜的口径为 6.5 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 m 的大光学望远镜和可移动四个直径 1.8 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 m ，假设 MATISSE 工作波长为 $5 \mu\text{m}$ ，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光谱型同为 F0 的恒星，其中恒星 A 比恒星 B 暗 4 个视星等，已知我们与恒星 B 之间的距离为 15 pc，求我们与恒星 A 之间的距离。

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.



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° ，以 $0.90c$ 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。