

第一届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

俄罗斯 北高加索 1996年11月1日~8日

低年组

1. 为什么有时候使用在地球轨道上的小望远镜比使用在山顶上的大望远镜更好?
2. 一只大头苍蝇落在5厘米望远镜的物镜上, 通过这架望远镜观测月亮能够看到什么?
3. 解释一下为什么我们在半夜至黎明看到的流星要比从黄昏至半夜看到的多.
4. 黄道十二宫是均匀分布在黄道上的, 请问太阳在哪一宫呆的时间最短?
5. 一颗5等星将在冥王星表面上一平方厘米内每秒落下大约10000个光子. 那么如果使用口径6米的BTA望远镜, 在地面上每半小时能够接收到来自一颗20等恒星的多少个光子?
6. 太阳的视差是8.8角秒. 有一颗星具有同样的绝对亮度, 而视差是0.022角秒, 请问在夜空中能否用肉眼看到这颗星?
7. 昨天在圣彼得堡(北纬60度、东经30度)月亮恰好是在半夜时落山的, 那么地球上的什么区域有机会在下个星期里观测到日全食?
8. 一艘飞船降落在一颗直径为2.2千米的小行星上. 小行星的平均密度是每立方厘米2.2克, 并且缓慢地旋转着. 宇航员们决定用2.2小时的时间乘车沿小行星的赤道旅行一圈. 请问他们能够做到这件事吗? 如果答案是否定的, 为什么? 如果答案是肯定的, 他们还需要注意什么?

高年组

1. 为什么有的星在蓝光里表现为双星而在红光里却无法分辨而是单星?
2. 为什么射电天文学家可以在白天观测, 而光学天文学家(大多数时候)却被限制在夜间进行观测?
3. 为什么对某些用途来说, 山顶上的中等口径望远镜比在接近地球的低轨飞船上的望远镜还好?
4. 是什么原因使得哈勃空间望远镜能够观测到比地面上所能研究的更暗的天体.
5. 一颗5等星将在冥王星表面上一平方厘米内每秒落下大约10000个光子. 那么如果使用口径6米的BTA望远镜, 在地面上每半小时能够接收到来自一颗20等恒星的多少个光子?
6. 牛郎星(天鹰 α)的视差是0.198角秒, 自行是每年0.658角秒, 视向速度是每秒-26千米, 视亮度为0.89等. 请问牛郎星在什么时候与太阳的距离最小? 最小距离是多少? 在最小距离时它的视亮度是多少等?

7. 最近在夏威夷的莫纳克亚山上, 10米凯克望远镜开始工作, 在那里星像的直径可以达到0.3角秒. 你能否估计一下用这架望远镜进行目视观测时的极限星等.

第一届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

俄罗斯 北高加索 1996年11月1日~8日

已提供了一张画有地球轨道的图(图从略). 请根据下表给出的水星、金星大距数据, 估算出水星、金星的轨道半径(天文单位), 并添加在给出的图上.

| 水星 | | | 金星 | | |
|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|
| 日期 | 东大距 | 西大距 | 日期 | 东大距 | 西大距 |
| 8-Jan-89 | E | | 15-Jun-83 | E | |
| 18-Feb-89 | | W | 4-Nov-83 | | W |
| 30-Apr-89 | E | | 21-Jan-83 | E | |
| 18-Jun-89 | | W | 12-Jun-83 | | W |
| 28-Aug-89 | E | | 26-Aug-83 | E | |
| 10-Oct-89 | | W | 15-Jan-83 | | W |
| 22-Dec-89 | E | | 2-Apr-83 | E | |
| 1-Feb-89 | | W | 22-Aug-83 | | W |
| 13-Apr-89 | E | | 8-Nov-83 | E | |
| 31-May-89 | | W | 30-Mar-83 | | W |
| 11-Aug-89 | E | | | | |
| 24-Sep-89 | | W | | | |
| 5-Dec-89 | E | | | | |

第一届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

俄罗斯 北高加索 1996年11月1日~8日

(不计入总分)

1. 在1996年11月2日星期六的什么时间，你能看到金星？
2. 当时它离太阳的角距离为多少？

第二届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 1997年10月24日

1. (低年组) 两颗恒星具有相同的绝对星等，一颗比另一颗要远上一千倍。两颗星的视星等相差多少？哪个星等更大？
1. (高年组) 如果一颗恒星以很高的速度飞离我们，那么此时它的连续谱与静止时相比是更热还是更冷？为什么？
2. 1990年7月22日5时在索罗维兹岛(东经34度5分、北纬65度1分)发生了日全食，此时坐在月球上的一位观测者在观看地球时会看到什么？画个图来说明你的答案。
3. (低年组) 火星上的一天只比地球的一天长2.5%，火星的轨道周期是687天，请估算火星上恒星日与平太阳日的长度差。
3. (高年组) 在星球大战中一个疯狂的文明将一颗恒星剖为两半(没有改变其密度及有效温度)，对该星的星等有何影响？与原来的恒星相比，被剖开的双星的星等是多少？
4. 1997年10月4日是第一颗人造卫星发射40周年纪念日，此时金星距离东大距不远，其坐标大致为 $\alpha = 15^{\text{h}}20^{\text{m}}$, $\delta = 22^\circ$. 利用这些数据，估计在1957年10月4日发射第一颗人造卫星当日金星的坐标和与太阳的相对位置。金星的公转周期为0.61521回归年。
5. 假设一位观测者坐在天狼星的一个行星上，在那里的“天空”上哪个天体更亮一些：是我们的太阳还是大熊座中的恒星？
6. (低年组) 我们将太阳的视圆面覆盖住天顶定义为太阳位于天顶，哪里能够更频繁地看到这种天象？基多(纬度为 0°)，还是圣保罗(纬度为 -23.5°)？并作解释。
6. (高年组) 是什么限制了特殊天体物理台(SAO)的6米BTA望远镜的分辨本领？计算并解释你的结论。

第二届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 1997年10月25日

简述：这是关于多普勒效应的问题，用两颗恒星的光谱和太阳的光谱来估计两颗恒星的速度，并估计地球绕太阳运动的速度。

第二届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 1997年10月24日~25日

每个参加者必须指出下述天空区域中的所有星座(有一部分天空被树木遮挡了):

1. 东北
2. 南
3. 北

第三届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 1998年10月22日

低年组

1. 在月球上太阳和地球哪个更常见?
2. 在一种新的邮政服务中使用巨型大炮将邮件由英格兰射往新西兰, 请你估计邮件的飞行时间.
3. 已知春分点的赤道坐标为0小时和0度, 求北黄极的坐标.
4. 假设太阳突然塌缩为一个黑洞, 地球的轨道周期将受到怎样的影响?
5. 我们能否用肉眼分辨出月球上的Mare Crisium? 它的直径为520千米.
6. 在椭圆星系M32(仙女座大星云的一个伴星系)中约有2亿5千万颗恒星, 这个星系的视星等为9等, 如果所有恒星的亮度相同, 这个星系中单颗恒星的视星等是多少?

高年组

1. 是否可能在月面上观测到如下景象: 日食、流星、彗星、极光、彩虹、夜光云和人造卫星?
2. 造父变星不但存在于银河系, 也存在于其他星系, 为什么周光关系最初是在麦哲伦星云中发现的?
3. 由于存在着岁差, 春分点在天球上缓慢地运动(每年 $50''$), 春分点是沿着赤道运动还是沿着黄道运动?
4. 一颗人造卫星在圆形赤道轨道上沿地球自转方向以6.9千米/秒的速度运动, 求它对应于赤道上任意固定点的周期.
5. 我们能否用肉眼分辨出月球上的Mare Crisium? 它的直径为520千米.
6. 在椭圆星系M32(仙女座大星云的一个伴星系)中约有2亿5千万颗恒星, 这个星系的视星等为9等, 如果所有恒星的亮度相同, 这个星系中单颗恒星的视星等是多少?

第三届国际天文奥林匹克竞赛

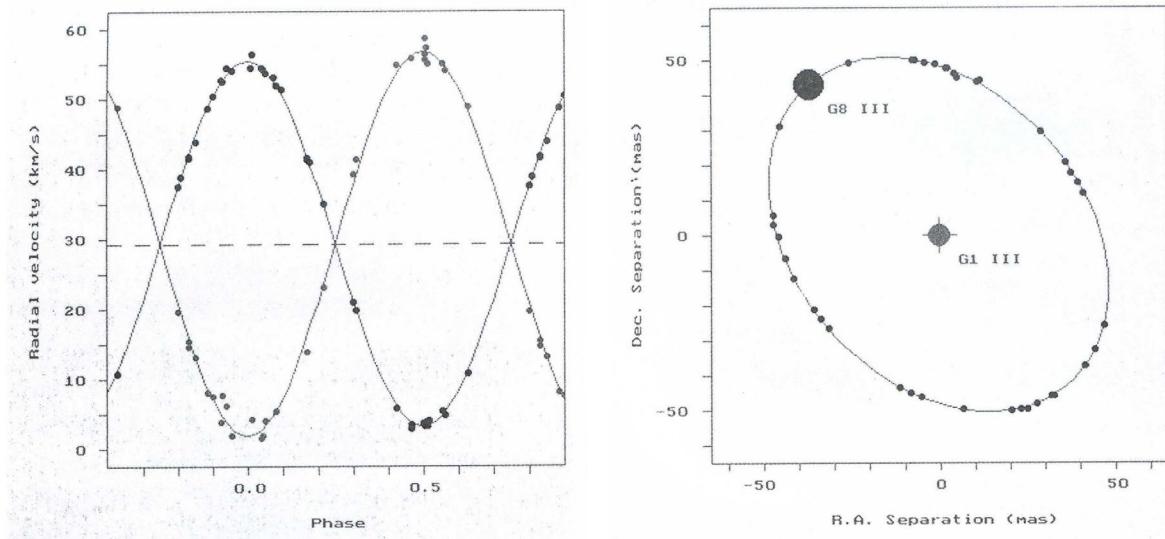
实测试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 1998年10月23日

1. 五车二(御夫 α)双星的质量.

俄罗斯特殊天体物理台的6米望远镜是少数几个可以进行目视双星的斑点干涉观测的仪器之一, 由此可以直接测量恒星的质量. 请你使用我们的观测数据来估计五车二双星的质量. 五车二是非常近的目视双星, 右图显示的是由多年的观测而得到的子星B的相对轨道, 单位为毫角秒(mas). 子星A的位置用十字标记. 两子星的视向速度曲线显示在左图中, 峰值在右边的为子星A, 峰值在左边的为子星B. 五车二的视差是0.077角秒, 双星的公转周期是104天.

- (1) 考虑一下该系统的三维模型, 特别是轨道偏心率和轨道平面与视线方向的倾角.
- (2) 用开普勒第三定律估计两个子星的质量.
- (3) 考虑一下在你的估计中可能出现的误差及其原因.



2. 星系的质量.

侧向旋涡星系很适合于进行质量的测定. I.D.Karachentsev教授和他的同事们编制了这类星系的表并用光谱方法测出了它们的质量. 下面给出了在天龙座的一个名为FGC 1908的星系的光谱, 光谱是在1997年3月4日用6米望远镜的主焦点上的光谱仪获得的. 如图所示, 光谱仪的狭缝是沿着星系的主轴方向的. 穿过光谱的竖线是夜天光的发射线, 其他发射线是属于星系的, 这些谱线的实验室波长也在图中标出. 在特殊天体物理台确定该星系的质量时, 哈勃常数取为 $H_0 = 74 \text{ km/s/Mpc}$.

现请你来估计该星系的质量. 已知 $1 \text{ pc} = 3.09 \times 10^{18} \text{ cm}$, 太阳质量是 $2 \times 10^{33} \text{ g}$, 引力常数为 $G = 6.67 \times 10^{-8} \text{ dyn/cm}^2/\text{g}^2$.

- (1) 解释一下为什么星系的二维光谱看起来是这样的.
- (2) 估计FGC 1908的质量, 并与银河系的质量比较一下.
- (3) 考虑一下在你的估计中的误差来源.

第三届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 1998年10月23日

1. 光学和射电波段下的太阳.

用“中学望远镜”来查看和画出太阳视圆面上可见到的各种细节，按基点来定太阳上的方向。将你所画的图与前几天RATAN—600获得的太阳一维射电图进行比对，证认其中的细节。射电观测是在中午进行的，波束是垂直的并包含了整个太阳。

2. “星星切片机”

“.....望远镜就是星星切片机的圣名，因为它只做切片的活，看你的意愿一颗星成了两三个，就像你手掌中的水银珠，用手指轻轻一按.....”

——罗伯特·福罗斯特《星星切片机》

用“中学望远镜”来查看天空并将数个(> 5)双星分开为子星。注意子星的亮度和颜色，解释一下观测到的子星的亮度与颜色的关系(填写下表):

| 天体 | 主星颜色 | 伴星颜色 | 观测事实的解释 |
|----|------|------|---------|
| | | | |

第四届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

俄罗斯 那昂切尼 斯腾伯格天文学院克里米亚实验室&克里米亚天文台 1999年9月27日

1. (低年组) 从地球上看, 月球的视直径为 $31'$, 在口径40 cm, 焦距254 cm的望远镜的焦平面上所成月像的直径是多少? 画图解释你的计算.
1. (高年组) 一颗恒星的辐射峰值是在2000 Å(记为A星), 另一颗的辐射峰值是在10000 Å(记为B星), 哪一颗在2000 Å处有更多的辐射? 哪一颗在10000 Å处有更多的辐射? 两颗星的总辐射的比值是多少? 假设两星都是黑体.
2. (低年组) 在焦距125 cm的望远镜的焦平面上安装了一台光度计, 你能否观测星团中亮度为:
 - a. 5等;
 - b. 10等;
 - c. 15等的恒星?已知一颗相同光谱型的8等星的计数为4000计数/秒. 光度计的白噪声(仪器噪声)为500计数/秒, 计数的上限为20000计数/秒. 解释你的计算.
2. (高年组) Simferopol大学的工程师们描述了旧军舰的一种新用途: 利用它们的材料制造极小的黑洞. 请估算重5000吨的军舰形成黑洞后的直径, 什么物体具有相同量级的尺寸? 描述可见光在这个黑洞附近的传播.
3. 在地球上的什么地方和什么时候能观测到时间最长的日出? 并估计其日出的时间长度.
4. 在全天肉眼可以看见的星有6000颗, 估计一下其中有多少是拱极星(即永不落的星):
 - (1) 在离开北极1度的地方.
 - (2) 在赤道以北1度的地方.注: 球面积的计算公式是: $S = 4\pi R^2$
5. 一艘飞船在日落的同时从靠近地球赤道的人造卫星发射基地出发, 它的驾驶员希望连续观测太阳位于地平线上的情景. 飞船的运动速度应为多少? 详细解释飞船的运动.
6. 假设在处于赤道的某地观测到一次日全食, 此时太阳正在天顶, 而且月球的影子也是沿赤道运动的, 请计算影子相对于观测者的速度.

第四届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

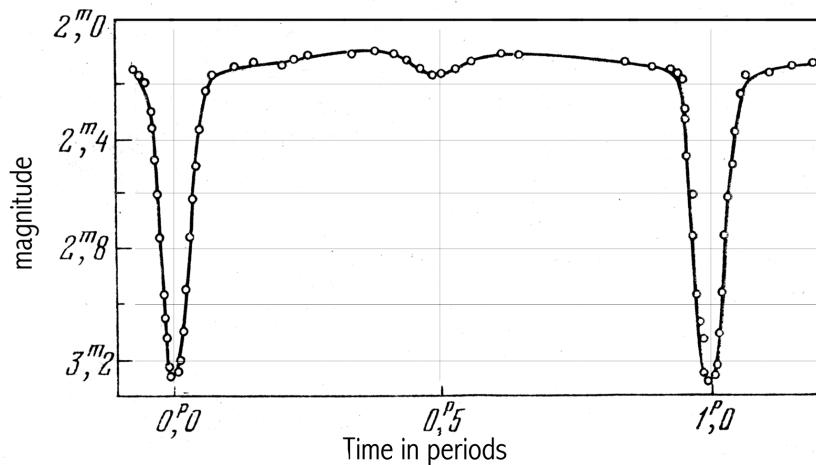
俄罗斯 那昂切尼 斯腾伯格天文学院克里米亚实验室&克里米亚天文台 1999年9月29日

7. 写出今夜40厘米望远镜的观测计划. 你在今夜将观测表中(见下页)的哪些星? 你可以使用所有的观测时间(从20时到5时30分). 写出观测次序.
 (注: 考试时间为1996年9月29日)

| 待观测星 | V (mag) | α | δ (J1950.0) |
|----------------|-----------|------------------------------------|--------------------|
| 1 η Aql | 3.5 | 19 ^h 49 ^m .9 | 0°3' |
| 2 β Per | 2.1 | 3 04.9 | 40 46 |
| 3 X Cyg | 14.2 | 19 48.6 | 32 47 |
| 4 R Aqr | 12.4 | 23 41.2 | -15 34 |
| 5 α Ori | 1.3 | 5 52.4 | 7 24 |
| 6 RW Vir | 6.7 | 12 04.7 | -6 29 |

月出时间: 21:17:26 月相: 0.77
 0时的恒星时: $s_0 = 0:31:04$ 当地的区时LT = UT + 3
 天文台坐标: $\lambda = 2^{\text{h}}16^{\text{m}}$, $\phi = 44^{\circ}43'$

8. 下图是食双星的光变曲线. 估计双星的半径比 R/r , 假设是中心食, 并且伴星更暗.



第四届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

俄罗斯 那昂切尼 斯腾伯格天文学院克里米亚实验室&克里米亚天文台 1999年9月27日

9.1.将月亮和木星的距离以度来表示，并说明你是如何得到结果的。

9.2.找出秋季夜空中最亮的五颗星，并说出其名字。哪一颗最亮？

9.3.定出从新月到今天的天数。

第五届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 2000年10月22日

1. (低年组) 在中世纪使用最广泛的是儒略历. 目前多数国家都使用格里高利历, 二者相差13天: 即目前对同一个日子, 儒略历比格里高利历落后13天. 两种历法上一次日期相同的情况发生在公元3世纪. 计算在哪一个世纪, 这种差别为1年, 例如, 格里高利历的10月22日会与儒略历中的10月22日再次相同?
1. (高年组) 观测到一个类星体中一条发射谱线的波长为 15000 \AA , 它的实验室波长为 3000 \AA . 估计:
 - (1) 这个类星体的退行速度有多大?
 - (2) 利用哈勃定律(假设它仍适用), 求类星体的距离. 哈勃常数取为 $H = 75 \text{ km/s/Mpc}$. 两问的答案的误差为30%.
2. (低年组) 两颗恒星有相同的视星等和光谱型. 其中一颗是另一颗的两倍远. 这两颗星的半径比为多少?
2. (高年组) 俄罗斯联邦的科米共和国的年轻科学家们几天前发现了一个类似食双星的新天体. 但是这个天体的光变周期并不稳定: 它的视星等通常为24.32等, 每隔7~11秒, 它就变暗至24.52等, 维持0.2~0.3秒后又恢复初始亮度. 经过研究发现这个“天体”实际上是一群绝对黑色的猫的眼睛, 它们坐在太阳系中一个小型的绝对黑色物体上, 正在望向太阳. 而且其中一只猫还在眨眼睛. 计算这群猫的数量. 画一张图解释你的答案. 假设所有的猫的大小都一样.
3. 同一台望远镜、同一个相机拍摄了两张月亮的照片(望远镜放置在地球上). 第一张照片是月亮在近地点附近拍摄的, 第二张是月亮在远地点附近拍摄的. 通过这些条件计算月亮公转轨道的偏心率. 并且估算这两张照片拍摄时刻的最长时间间隔.



4. 宇宙飞船里的一名宇航员在海拔100 km的高度飞跃月面的冷海(Mare Frigoris)区域. 另一个位于月球表面的宇航员则在冷海上行走, 这时这里是白天(被太阳所照耀着). 飞船里的宇航员能用一个放大倍数为20倍的双筒望远镜看到月面上的宇航员吗? 考虑所有的可能性.
5. 在一颗名为“奥林匹亚”的行星的卫星上有一个射电源. 射电信号源一直在工作, 但是观测者因为日食而不会一直记录信号. 该图显示了观测者对时间的接收信号的水平. 从这些数据中找出行星的平均密度. 假设卫星的轨道是圆形的, 观测者在卫星的轨道平面上, 而“奥林匹亚”离观测者很远.

6. 一台口径1.2米的施密特望远镜，视场为 $6^\circ \times 6^\circ$. 估算如果要覆盖全天，你需要拍摄多少张照片(请给出最大和最小值)? 解释你的结果. 要达到这个目的，你的望远镜应该放置在哪里?

第五届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 2000年10月24日

1. NGC 3184星系中的一颗超新星

简介:

俄罗斯科学院的特设天体物理台参加了一个关于研究遥远星系中超新星爆发的国际项目。在1米和60厘米望远镜上用CCD测量了超新星的星等。对于最亮的星系，我们也得到了光谱。

图1展示了用60厘米望远镜获得的CCD图像的最新样本。这张照片拍摄于2000年10月7日。它展示了一个星系团的一部分，其中一个星系中有一颗超新星爆发。星系用字母G标记。他们的图像不同于尖锐的图像的恒星模糊的边缘。图中显示了两个最亮星系和超新星(用字母SN标记)的视星等。

然后是任务本身:

图2所示是一个旋涡星系NGC 3184的图像，1999年12月10日，在该星系中发现了一颗超新星。这张照片是在爆炸之前拍的！你可以在里面看到直到23等的星星。

图3是2000年1月28日用SAO的1米望远镜拍摄的部分星系和超新星的CCD图像。

NGC 3184星系位于大熊座。其坐标(1950)如下： $\alpha = 10^{\text{h}}15^{\text{m}}$, $\delta = 41^{\circ}40'$ 。它类似于著名的三角座中的M33星系(M33离我们更近，距离为700 kpc，角大小大约为 $50''$)。

根据SAO 28.01.2000的图像，确定了这颗超新星的视星等，分别为蓝色、绿色和红色。它表面上的恒星星等为 $14^{\text{m}}.67$ 。

找到图3中的超新星。

估计它的绝对星等。

专业天文学家毫不怀疑他们正在研究一颗超新星。特别是获得了一个光谱，并据此将其分配到II类。但是对于非专业人士而言，证明它不是一个星系背景上的邻近恒星(前景恒星)的爆发。

2. (低年组) 在RATAN的帮助下对月球进行“钻探”

简介:

亲爱的同学们，你们将看到月球上的第一个殖民地。月球表面由含氧岩石组成的区域已经在搜寻它们。首先是钛铁矿玄武岩。除了氧(重量分数10%)以外，钛铁矿(FeTiO_3)还可以提供纯铁。

在RATAN-600射电望远镜的帮助下，对月球进行了“射电钻探”：与可见光不同，射电波来自月球表面之下。随着波长的增加，“钻孔”的深度增加。在1 cm的波长下，月球在深0.5 m处是透明的，在30 cm，下降到10 m。钛铁矿含量增加的区域也可以用放射性水平增加来区分。

图1展示了月球通过RATAN的“刀”光束时所获得的射电切割图。从6个使用的波长中只有3个被展示，因为在2.1 cm的图几乎重复了在1.4 cm的图，在3.9和31 cm的与8.2 cm的差别很小。最后一个也可以说是大约13 cm的切割，但在观测的时刻，美国宇航员留在月球上的发射器正在运行，正是在这个波长。

不同波长的切割可以相互比较，也可以与可见光中的月亮图像中你所知道的海洋和大陆相比较。观测所覆盖的一条1.4 cm宽的带子在上面做了标记。在其他波长中，这些光束在高度上覆盖了整个月球圆盘。还显示了在13 cm波长运行的发射机的位置。

任务：

哪些发射机在观测时正在工作？

月球在厘米波长的图像与可见光波长的图像有什么不同？原因是什么？

你建议在哪个地区建立第一个殖民地？

2. (高年组) 行星状星云“猫眼”及其中央恒星的光谱

简介：

行星状星云NGC 6543 (“猫眼”)在天体物理学史上占有特殊的地位。1865年8月16日，英国业余天文爱好者威廉·海金斯用分光镜观察了它，他写道，“没有看到预期的总光谱，只有一条亮线！”不久之后，它被分解为波长为4959 E和5007 E的两条谱线。海金斯把它分配给一种新元素“nebulium”。

后来人们发现，这些是以前从未在地球实验室或恒星上观测到过的双电离氧的“禁线”。与“允许的”谱线不同，只有非常稀薄的气体才会发出这样的谱线。

回想一下，如果一个原子是中性的，那么罗马数字I跟在它的化学元素符号后面，如果原子失去了一个电子，那么它就是II，等等。例如，中性氮是N I，离子化氮是N II。在禁线中，原子和离子的符号用方括号表示，例如：离子化的氮是[N II]，双电离氧是[O III]。

在后期研究星云NGC 6543的过程中，我们获得了产生该星云的中央恒星的光谱以及该星云本身的光谱演化。使用了SAO 6米望远镜的高分辨率光谱仪。恒星和星云的外围部分交替地投射到它的狭缝上。在图1a, 1b, 1c中，裂缝的这些位置用符号“*”表示第一个，用符号“@”表示第二个。

任务：

图1a, 1b, 1c的上面部分显示了光谱的部分，作为从提到的区域给出的强度与波长的比值。在每一个图中都选择了有趣的线条，它们的剖面以强度和径向速度之间的关系呈现在较低的碎片中。这些图表还显示了由分离线剖面顶部测得的径向速度值。

确定哪些线属于恒星，哪些线属于星云；填写附表：

NGC 6543及其中央恒星的光谱线：

| 图 | 属于星云的谱线 | 属于恒星的谱线 |
|----|---------|---------|
| 2a | | |
| 2b | | |
| 2c | | |

它们之间有什么不同？

从线条轮廓的形式可以说明星云和恒星大气中的运动特征是什么？

估计这些运动的速度。

第五届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

俄罗斯 北高加索 特设天体物理台 2000年10月24日

观测部分(白天)

(低年组)白昼天空的恒星

简介:

你不能用肉眼在白天看到星星。它们能用望远镜看到吗？如果能，解释为什么？在这里写下你的解释：

你有机会在SAO的1米望远镜的指导下进行测试。它的物镜直径为20 cm，焦距为3 m，视宁度为21''。

为观测做准备。

使用星图，选择一个恒星。

指向你的目标：

它的坐标：

观测。

操作员将物体的坐标输入控制1米望远镜的计算机。当望远镜对准它后，检查它是否可以被看到。

观测部分比赛的获胜者是在距离太阳最近的地方看到最暗的星星的人。

观测部分(图片)

(低年组和高年组)

图片1.

这是什么星云？

为什么它们大部分是红色，但有一些是蓝色？

图片2.

图片中有什么星团？

图片边缘穿过哪些星座？

图片1和2中可以看到银河系的哪一部分？

图片3.

图片中有哪些天体，它们的名称或者至少天体类型？

它们位于银河系的哪个区域？

图片4.

澳大利亚土著把这个暗星云系统称为“食火鸟”(澳大利亚鸵鸟)。它的身体，脖子和头分别在哪些星座？

图片中哪个天体最近，哪个最远？

第六届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

克里米亚 瑙奇尼 2001年9月28日

1. 大约公元前1100年，中国天文学家在夏至日和冬至日测量了太阳的最大高度，夏至日得到 $h_1 = 79^\circ 7'$ ，冬至日得到 $h_2 = 31^\circ 19'$ 。在两种情况下，太阳处在天顶的南边。求出观测者所在地的地理纬度，同时计算黄道与赤道在那时的交角。
3. 我们接收到来自地外文明的一个信息，你的任务是破译它。这个信息是：
10001100010011001001001100111100100110010010011001001000110
这是全部信息，不是它的一部分。
4. 把自己想象成一只北极熊，2002年全年都待在北极。试算，当太阳在地平线以上最高点时黄道以下的天空有多大？在何时（一天内）黄道下的这块天空会再出现一次？试画一张北极熊在北极的图来解释说明。
提示：在北极，太阳的地平高度最大为23.5度（黄赤交角的数值），发生在夏至日。黄道与地平面总是成23.5度的夹角。
5. 试估计火星与地球大冲时的轨道速度 V_g 。地球的轨道速度 $V_1 = 29.8$ 千米/秒，地球和火星的轨道偏心率分别为 $e_1 = 0.017$ 和 $e_2 = 0.093$ ，太阳到火星的平均距离为 $a_2 = 1.524$ 天文单位。
6. 用一架中等大小的望远镜有可能从主小行星带中记录到5千米大小的小行星，那么用同样的望远镜和同样的方法能记录到Kuiper带上多大的小行星？
有关小行主星带和Kuiper带的所有必须的参数应该记住。考虑天体的位置关系分别与火星和冥王星类似。

第八届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

瑞典 斯德哥尔摩 2003年10月4日

1. 今天是1957年10月4日世界第一颗人造卫星“Sputnik I”(“宇宙之耳”，前苏联造)成功发射，标志“太空时代”开始的46周年纪念日，这个卫星的大小与篮球相当，是直径580 mm、质量为83.6 kg、表面厚度2 mm的精制铝合金板。俄语中的“Sputnik”意思是“伴侣”的意思(即天文意义上的“卫星”)。这颗卫星的轨道是椭圆轨道，发射之后，它在近地点距离地球表面227 km，在远地点时为945 km。它一直在轨飞行，直到1958年1月4日。使用必要的图和计算来估计，当时用肉眼是否能观测到这颗卫星？
2. 恒星天文学家们为了获得有关宇宙结构的信息在夜间使用光学望远镜观测，如果有可能把他们到目前为止所收集的所有能量都用来使一个普通游泳池($50 \times 20 \times 2 \text{ m}^3$)的水的温度升高，以数量级的精度估计水的温度可上升多少度？水的热容量是 $4200 \text{ J}/(\text{kg K})$ 。太阳的辐射常数等于 1.37 kW/m^2 。
3. 上一届天文奥赛题中提到北极熊，北极熊依然坐在北极，但是今年出现了一个新来的企鹅坐在南极。最近，在极夜结束后，企鹅观测到了日出。问在这时北极熊看到了什么？画出当企鹅在地平线上正好看到半个日面的瞬间北极熊看到的情况。假设地球是球体，答案应通过画一个包含北极熊在北极的图来进行解释；图中应有必要的尺寸或角度的大小。自己回忆一下有关这两种动物的必要信息。
4. (低年组) 今年8月28日 $17^{\text{h}}56^{\text{m}}$ UT发生了火星大冲，下一次大冲发生在2018年，计算那次大冲的具体日期，解题过程中只能使用提供的“行星数据表”中的数据。
4. (高年组) 火星大冲发生在今年8月28日世界时 $17^{\text{h}}56^{\text{m}}$ ，下一次大冲将发生在2018年夏天。有人没听明白这件事，把2018年不是当成一次大冲，而是当成了一次普通的冲。假设这个行星叫“火星2号”，求出它的轨道参数，并估计它在平均冲日的位置时，地球上观测到的它的视星等。假设“火星2号”的轨道为圆轨道，它的物理特性与火星相同。
5. (低年组) 近来某些流行报刊的作者，由于缺少轰动新闻，散布流言说美国人没在月球上登陆，阿波罗计划是20世纪最大的故弄玄虚。他们给出了一些例证。比如，为了产生引力很弱的感觉，可以在好莱坞使用不同走片速度的胶卷，拍摄一个人的运动和跳跃的镜头。
请计算一下，在地球上摄影棚里，拍电影的时候需要使用什么速度的胶片拍摄(每秒多少帧)才能使得以标准速度(电视中每秒25帧)放映和观看时给人一种印象：事件是在月球上发生的感觉。
5. (高年组) 一位天文学家每天都在相同的地方恒星时进行观测，而且总是注意到太阳正好在数学地平上。问观测是在何地、何时进行的？答案必须包括解释和详细的图与可能的坐标等。
6. (低年组) 在北方国家的一个神话故事里，人们请鹿神告诉他们天上有多少颗星星。鹿神用了几个星期的时间数星星，发现天空上共有252707颗恒星。已知人们在全夜空用肉眼直接观测，可以看到6000颗星。由此可以得到结论：鹿神的眼睛比人眼的瞳孔大。问鹿神眼睛瞳孔的直径有多大？

假设恒星在天空均匀地布，鹿神和人眼睛视网膜的灵敏度是一样的。

6. (高年组) 古希腊人早就已经知道地球的大小与恒星的距离相比小得多。比如，在一个神话中提到火与锻冶之神赫斐斯塔司，有一次不小心把他的铁砧掉了，铁砧花了整整九天才砸到地面。请估计一下按照古希腊人所描述的“天的高度”，并把它跟你所知道的天体的距离进行比较。(任何题目都可使用“行星数据表”中的数据)

第八届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

瑞典 斯德哥尔摩 2003年10月5日

7. 测量光速

想象一下，在遥远的未来，太阳系里居住着我们的后代。在小行星Saltis上，一个小型机器人采矿设施由塞尔斯塔监管，她也是一个专注的业余天文学家。由于厌倦了自己的工作，塞尔斯塔在Saltis度过了漫漫长夜，研究恒星和行星，尤其是闪亮的土星。一本古老而可靠的天文年鉴帮助她记录像土星被土卫六泰坦掩食这样的天文事件。然而，令她沮丧的是，塞尔斯塔开始注意到她观测到的泰坦食时间和表格中的食时间之间有很大的偏差。经过多年的仔细观测（她在Saltis有一个长期的任务），她开始观察到一个规律：当土星接近冲或合（相对太阳，从Saltis看）时，偏差最大。她意识到这一定是由于光速有限，对年鉴的检查证实表列时间是以日心为中心的，也就是说，从太阳上看，而不是从Saltis上看。塞尔斯塔对自己的发现非常满意，于是她用自己的观测结果计算出了光速。

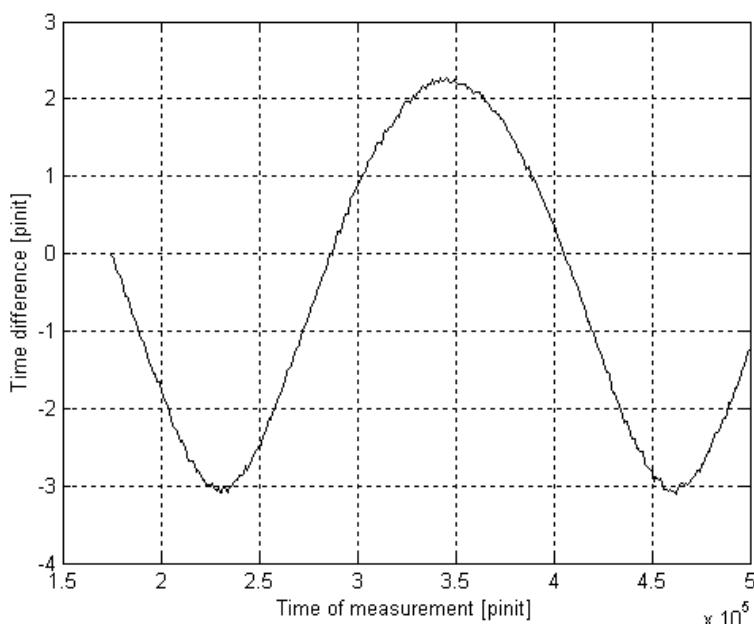
在这个问题中，我们要求你用塞尔斯塔的观测重复她的计算。塞尔斯塔使用的长度和时间单位有点不同于你所习惯的。时间单位被称为pinit，它的定义是在Saltis的一个会合周期中有1000个pinit。长度单位叫seter，定义为太阳和Saltis之间平均距离的十亿分之一(10^{-9})。

| 表列 ^a (pinit) | 塞尔斯塔 ^b (pinit) | 备注 ^c |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|
| 456.47 | 450.32 | 冲 |
| 18.50 | 12.28 | 冲 |
| 821.41 | 815.29 | 冲 |
| 444.70 | 450.85 | 合 |
| 615.43 | 621.52 | 合 |
| 791.94 | 798.02 | 合 |

^a 表列数值指的是位于太阳上的观测者观测食开始的时间。

^b 塞尔斯塔从Saltis观测到食开始的时间，她估计这个时间的精确度是0.03 pinit。

^c 土星在土卫六食期间的位置从来没有精确地处于冲或合，而是接近。



- 7.1.** 塞尔斯塔观测到食时，土星在六个场合接近冲或合(上表). 仔细分析她的数据，估计出光速，单位为seter/pinit，并给出你估计的预期误差.

塞尔斯塔也喜欢在她孤独的日子里收听来自地球的无线电信号. 由于重新发现了光速的有限性，塞尔斯塔获得了足够的信心去尝试和测量地球的轨道半径(单位seter). 她用地球发出的无线电信号来同步她的非常精确的手表，然后定期跟踪她的手表的时间与周期性时间信号的差异. 她的测量结果见图.

- 7.2.** 使用图中塞尔斯塔的数据估计地球轨道半径，单位seter.

7.3. $1 \text{ AU} = 149.6 \times 10^6 \text{ km}$, $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$, 一个seter是多少米？一个pinit是多少秒？

- 7.4.** 从图和问题3的答案中估计Saltis的轨道周期(以年为单位).

8. (高年组) 估算土星质量

简介

自从伽利略首次通过望远镜观测到土星环以来，它一直被认为是最重要的天文景观之一. 这个光环本身并不是一个刚体，而是由环绕行星运行的无数开普勒卫星组成，正如Aristarkh A. Belopolsky和James E. Keeler几乎同时用光谱方法展示的那样. 后者的研究结果发表在1895年的第一期《天体物理期刊》. 在这个问题中，你被要求用最近的观测重复他们的论点，并估计土星的质量.

观测细节

2002年2月25日，世界时23:25，土星由北欧光学望远镜望远镜(NOT, Canary Island La Palma上的2.5米望远镜)观测到. 如图所示，光谱狭缝被放置在行星上方. 获得的光谱(下图)显示了行星上反射的太阳光谱. 垂直的直线吸收线是大地电磁吸收线，即当光穿过地球大气层时产生的吸收线，而倾斜的直线则是反射到地球上的太阳吸收线. 光谱中最强的吸收线是Na I (中性钠) D₂和D₁跃迁，其余波长分别为589.00 nm和589.59 nm.

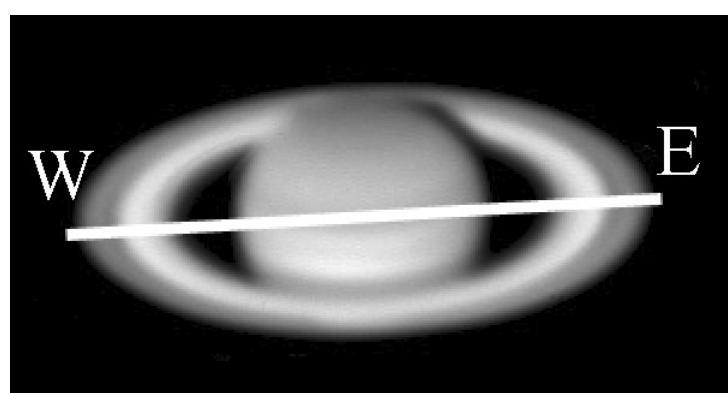
问题

- 8.1.** 图中的光谱表明土星光环不可能是一个刚性旋转的天体. 定性地画一个图，表明如果环确实是刚性旋转的，那么光谱会是什么样子.

- 8.2.** 据了解，土星的恒星自转周期为10.66小时. 根据图中的光谱估计土星的赤道直径.

- 8.3.** 根据图中的光谱估计土星的质量. 如果你不记得万有引力常数，你可以用 $1 \text{ AU} = 1.496 \times 10^8 \text{ km}$ ，太阳的质量是 $M_{\text{Sun}} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$.

你可以利用土星光环是平面的，与行星赤道平行的事实来计算系统相对于视线的倾角.





第九届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

克里米亚 西梅伊兹 2004年10月4日

1. (低年组) 星系间的距离.

在室女座星系团中, 星系的密度为每立方兆秒差距(Mpc^3) 30个星系. 请估算此星系团中星系间的距离.

1. (高年组) 星系间的距离.

在室女座星系团中大约有100个星系, 该星系团覆盖了大约 $6^\circ \times 6^\circ$ 的天区, 距离地球15兆秒差距. 求此星系团中星系间的平均距离.

2. (低年组) 彗星.

在一次日食观测中, 观测者们在靠近日面的白羊座发现了一颗彗星. 随后的研究表明, 发现时该彗星位于轨道的远日点(到太阳的距离为 $A = 8.85 AU$), 它在近日点时离太阳的距离为 $P = 1.63 AU$. 请问它最近一次过近日点时, 该彗星是否能被地球上的观测者看到? 那时它位于哪个星座? 答案应通过必要的公式和数值计算加以解释.

3. (低年组) 掩星.

金星在大距时中心掩过一颗恒星. 请计算掩星的持续时间. 金星和地球的轨道可视为圆轨道.

2~3.(高年组) 类彗星体.

在一次日食观测中, 观测者们在靠近日面的白羊座发现了两个类彗星体, 它们相距 $\alpha = 9$ 角秒. 进一步研究表明, 这两个彗星体的运动轨道完全相同. 在发现时它们位于轨道的远日点(与太阳的距离 $A = 8.85 AU$), 近日点离太阳的距离为 $P = 1.63 AU$.

(1) 请问它们最近一次过近日点时, 是否能被地球上的观测者看到? 那时它们在哪个星座?

答案应通过必要的公式和数值计算加以解释.

(2) 那时从地球上看到它们之间的角距离 β 为多少?

4. 月球.

昨天的观测考试中有些时候天空没有云, 你应该看见过月亮. 假想在同一时间有个学生在“猫峰”(克里米亚天体物理台的观测站之一)上观测月亮, 使用的折射望远镜物镜直径为 $D = 8$ 厘米, 焦距 $F = 304.8$ 厘米. 在物镜的焦面上有一个照相底片.

请按照实际尺寸画出照相底片冲洗出来之后所显示的月面图像(需包含主要细节). 你的图中“上”的方向应与照相底片上“上”的方向一致, 并应写出得到正确结果所需的所有计算步骤.

5. 太空中的猫.

正好在47年以前, 1957年10月4日, 第一颗人造地球卫星“Sputnik I”发射升空. 不久, 动物开始进入太空. 最早是苏联的狗, 然后是美国的猴……法国政府也曾计划把猫送入太空, 不是简单的一两只, 而是一组共5只猫! 你可以从附图上看到法国太空猫小组的照片(5位正式机组成员和一名替补, 此图从略).

在其中一项实验中，这些猫被从法国埃菲尔铁塔上射来的一束强光照亮，对实验数据进行了分析。替补猫离埃菲尔铁塔10千米远，实验表明，被这束强光照射时，它的每只眼睛亮度与一颗7等恒星相若(从埃菲尔铁塔上看)。

若卫星位于巴黎上空250千米的高度，请近似计算卫星上的机组猫所有猫眼和起来的总视星等是多少，并大致估算从最远多大的距离处机组猫成员可以判定来自替补猫的双眼的反光不是一颗简单的单星而是双星？设所有机组猫和替补猫彼此完全相同，埃菲尔铁塔的高度 $h = 300$ 米。

6. 日食.

在历史事件的重建中，经常要计算过去的日食发生的时间和地点。然而，如果假定地球过去的自转速率恒等于目前的自转速率，那么按照模型计算出的日食发生地点与过去实际发生的地点并不一致，因为实际上地球自转速率是连续减慢的。

请问在哪个世纪这样的日食实际上是发生在巴黎($\lambda = 0$ 度, $\phi = 45$ 度)而不是克里米亚($\lambda = +34$ 度, $\phi = 45$ 度)？已知由于地球自转减慢，日长每100年增加0.0016秒。

第九届国际天文奥林匹克竞赛

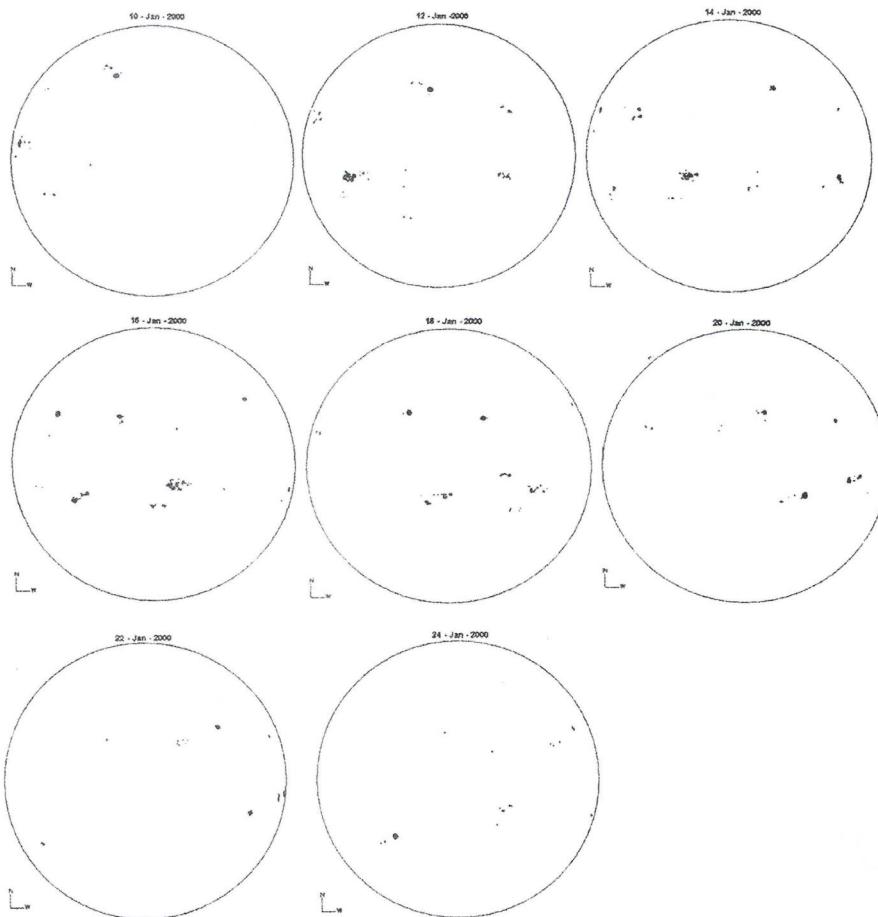
实测试题

克里米亚 西梅伊兹 2004年10月6日

低年组

7. 你拿到的是从2000年1月10日到24日某些天的太阳黑子图. 对每一天, 定出当天日面上可见的太阳黑子群数 g 和每群中的黑子个数 f , 并用这些数据求出沃尔夫数, 将结果填入表格. 通过得到的结果作图画出沃尔夫数随时间的变化情况. 注意: 今天(指考试当天)的儒略日数是2453285. 图、表如下.

| 序号 | 日期 | 儒略日 | 数值 | | 沃尔夫数 W |
|-------|----|-----|--------|--------|----------|
| | | | 个数 f | 群数 g | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| | | | | | |



8. 日出.

在第七届和第八届国际天文奥赛试题中出现过的北极熊和企鹅决定互相见个面. 为此, 它们在第九届国际天文奥赛开始之前的几天提前抵达克里米亚, 并且决定在秋分那天观看日出. 企鹅说: “我应该去克里米亚的最东点, 那里可以比其他地方先看到日出.” 北极熊说: “不对, 我才应该最先看到日出, 因为我会爬到克里米亚的最高峰Roman-Kosh峰顶去看.”

请问谁说的是对的? 它能早多少分钟或秒钟看到日出? 用一个表格列出你能找到或想到的用于解题的所有数据.

答案中必须包括有北极熊在Roman-Kosh峰顶以及企鹅在Kerch海峡岸边的图像的一张图, 图中必须有必要的线性(长度)和角度的尺寸. 假设地球是球体, 自己回忆有关北极熊和企鹅的必要信息.

高年组

7. 恒星.

你有一张包含天空中的亮星的部分数据的表格(见中表).

7.1 利用这些数据对每颗恒星计算: 绝对星等(M), 恒星与太阳的距离在银道面上的投影(R), 将结果填入上表中, 在表中按照绝对星等递减的次序排列恒星.

7.2 对于 R 小于等于50光年的恒星, 在答题纸上以一厘米等于十光年的比例尺画出这些最近的恒星投影在银道面上的位置. 根据绝对星等 M 决定所画的恒星的大小(参考表格下方的图). 银经0度的方向应该画在水平方向朝右, 标记恒星时使用原题所给的表格中恒星的序号.

| 序号 | 恒星名称 | 绝对星等(M) | 恒星与太阳的距离在银道面上的投影(R) |
|-------|------|-------------|-------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| | | | |

| No | 恒星名称 Star | 视差(角秒) P | 视星等 M | 银经(度) L | 银纬(度) b |
|----|--------------|---------------|------------|--------------|--------------|
| 1 | α CMa | 0.376 | -1.46 | 227 | -9 |
| 2 | α Car | 0.018 | -0.72 | 261 | -25 |
| 3 | α Cen | 0.715 | -0.27 | 316 | +1 |
| 4 | α Boo | 0.009 | -0.04 | 15 | +69 |
| 5 | α Lvr | 0.123 | +0.03 | 67 | +19 |
| 6 | α Aur | 0.073 | +0.08 | 163 | +5 |
| 7 | β Ori | 0.003 | +0.12 | 209 | -25 |
| 8 | α CMi | 0.288 | +0.38 | 214 | +13 |
| 9 | α Eri | 0.032 | +0.46 | 291 | -59 |
| 10 | α Ori | 0.005 | +0.50 | 200 | -9 |
| 11 | β Cen | 0.016 | +0.61 | 312 | +1 |
| 12 | α Aql | 0.198 | +0.77 | 48 | -9 |
| 13 | α Tau | 0.048 | +0.85 | 181 | -20 |
| 14 | α Cru | 0.008 | +0.87 | 300 | 0 |
| 15 | α Sco | 0.019 | +0.96 | 352 | +15 |
| 16 | α Vir | 0.021 | +0.98 | 316 | +51 |
| 17 | β Gem | 0.093 | +1.14 | 192 | +23 |
| 18 | α PsA | 0.144 | +1.16 | 20 | +65 |
| 19 | α Cyg | 0.004 | +1.25 | 84 | +2 |
| 20 | β Cru | 0.007 | +1.25 | 302 | +3 |
| 21 | α Leo | 0.039 | +1.35 | 226 | +49 |

第十届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

中国 北京 2005年10月28日

1. 熊.

北极熊(在第七、八、九届国际天文奥林匹克竞赛的文本之中它已经跟我们见过面了)已经从克里米亚回到了北极，并决定观测一次日落。计算这次日落持续的时间。解答中必须包括一张有北极熊在北极的图像的画面；在画面中应该有必要的尺寸或者角度的大小。假设地球为球形。自己回想一下有关北极熊的必要的信息。另外，北极熊能否不离开北极而延长对日落的观测？能延长多长时间？

2. 太阳.

古代有关宇宙的模型之一，是太阳系以绕自己的轴转动的地球为中心，恒星不绕着地球转动。月亮和太阳绕着地球做轨道运动。水星和金星绕着太阳做轨道运动。火星、木星和土星绕着一些看不见的、绕着地球做轨道运动的天体运动。假设在这个模型中关于地月系统的解释是正确的，而且太阳的质量与地月系的质量相比可以忽略不计。用两种不同的解题方法求出在该模型中地球和太阳之间的距离。

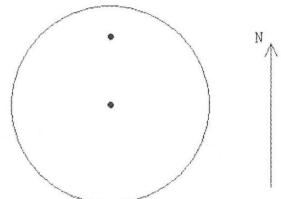
3. 仙女座星云.

希望你对仙女座星云(M31, NGC224)是熟悉的。它的恒星星等 $m = 4.4^m$ ，它到我们的距离是1.7 Mpc。如果要让它跟满月一样亮，我们需要运动到离它多远的距离上？在这种情况下这个天体(大致的)张角是多少？

4. 太阳黑子.

在冬至那天，我们在南美洲的厄瓜多尔的首都基多(西经78度，南纬0度)观测太阳。看到的图像如右图所示，在太阳上有两个黑子。同时，在阿拉斯加(西经173度，北纬60度)是日出之后几分钟，而在纳米比亚首都温得和克(东经17度，南纬23度)是日落之前几分钟。

这些黑子在阿拉斯加和温得和克能不能看得到？画出在阿拉斯加和温得和克观测到的太阳的图像。



5. (低年组) 星团.

天文学家发现了一颗“星”，它在赫罗图上的位置大约比相应的主序上的恒星的位置高8个星等。假设这颗“星”是许多相似的恒星组成的星团，估算该星团中恒星的数目。

5. (高年组) 北极星.

众所周知，北极星在地平圈之上的高度在数值上等于观测地点的地理纬度，它的方向就是正北方。然而使用上面的规则会产生误差。请求出用北极星指示方位时得到的地理纬度的最大偏差($\Delta\phi$)以及正北方向的最大偏差($\Delta\beta$)。观测在北京附近的兴隆观测站进行。北极星的赤纬是 $89^\circ 10'$ 。北京的大致地理纬度为 $\phi = 40^\circ$ 。

6. (低年组) 地球凌日.

2005年11月7日将发生火星冲日. 此时火星距地球0.47天文单位, 从地球上看从地球上看非常接近黄道(在黄道南 $27'$). 为此, 火星空间局筹划了有宇航员参与的近火星空间计划, 目的是观测地球经过太阳圆面的中心. 为减少费用, 空间计划将遵循最理想的途径——在离火星尽量近的距离上观测凌日. 在地球凌日的中间时刻, 从飞船上看, 火星位于哪个星座?

6. (高年组) 地球凌日.

2005年11月7日将发生火星冲日. 此时火星距地球0.47天文单位, 从地球上看非常接近黄道(在黄道南 $27'$). 为此, 火星空间局筹划了有宇航员参与的近火星空间计划, 目的是观测地球经过太阳圆面(至少要经过太阳的边缘)并探测地球大气层. 请求出这个太空站环绕火星的最短轨道周期.

第十届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

中国 北京 2005年10月30日

7. 大气折射.

天顶距(Z)的定义是从天体到观测者的天顶的角距离(在天顶时 $Z = 0^\circ$, 在地平时 $Z = 90^\circ$). 大气折射效应会使天顶距的测量值(Z_m)与实际的天顶距(Z_t)相比有所减小, 减小的值为 R (以角秒为单位). 下表可以用于海平面处温度为 10°C 时的观测.

对于小于某个值 Z_F 的天顶距 Z_m , 一个近似公式是:

$$R = 60.25'' \cdot \frac{B}{760} \cdot \frac{273^\circ}{273^\circ + t^\circ} \cdot \tan Z_m \quad (1)$$

B 是以毫米汞柱为单位的大气压, t 是以 $^\circ\text{C}$ 为单位的温度.

7.1.找出可以在 $1''$ 精度上使用公式(1)的 Z_m 值的范围, 也就是说, 找到 Z_F 值.

7.2.当太阳在六月份位于天空中的最高点时, 观测到它的中心的天顶距为 $16^\circ 34.4'$. 请计算观测地点的纬度, 精确到 $0.1'$. (在此精度下 $\varepsilon = 23^\circ 26.4'$)

7.3.计算日落时当太阳的圆面刚刚消失在地平线以下时, 太阳中心的真实天顶距 Z_t . 精确到 $0.1'$. (温度 $t = 10^\circ\text{C}$).

7.4.使用以上信息进行必要的计算, 并在另页的图上画出当太阳位于地平线以上“正好下落到最低点时”太阳看上去的形状. 网格图上的每个单元相当于 $2'$. 注意你在这里所使用的信息和计算的方法.

对于所有的计算, 当不受大气折射影响时太阳的角直径为 $32.0'$.

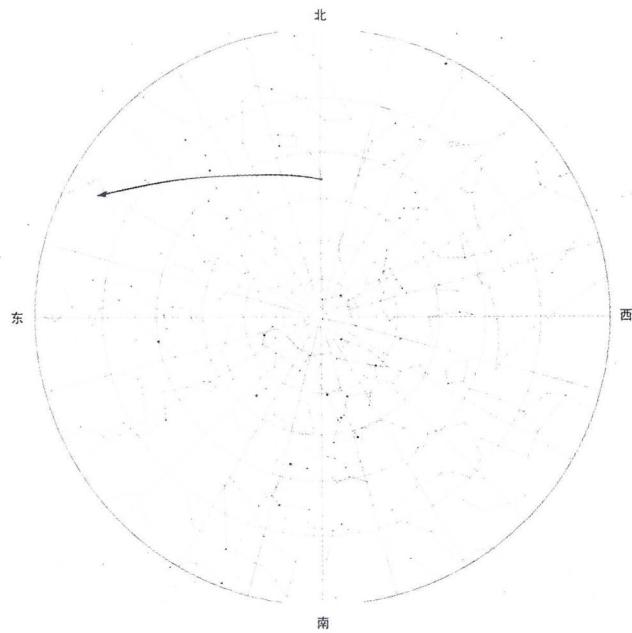
| Z_m | R | Z_m | R | Z_m | R | Z_m | R |
|------------|--------|------------|---------|------------|---------|----------------|----------|
| 0° | $0''$ | 50° | $70''$ | 82° | $394''$ | 87° | $863''$ |
| 10° | $10''$ | 60° | $101''$ | 83° | $444''$ | 88° | $1103''$ |
| 20° | $21''$ | 70° | $159''$ | 84° | $509''$ | 89° | $1481''$ |
| 30° | $34''$ | 80° | $319''$ | 85° | $593''$ | $89^\circ 31'$ | $1760''$ |
| 40° | $49''$ | 81° | $353''$ | 86° | $706''$ | 90° | $2123''$ |

8. (低年组) 神舟六号.

位于武强(东经 116° , 北纬 38°)的观测者于2005年10月14日北京时间 $04:54$ 看到中国的神舟六号飞船出现在北极星(大熊座 α)附近(见下图). 已知飞船的轨道周期为91.2分钟.

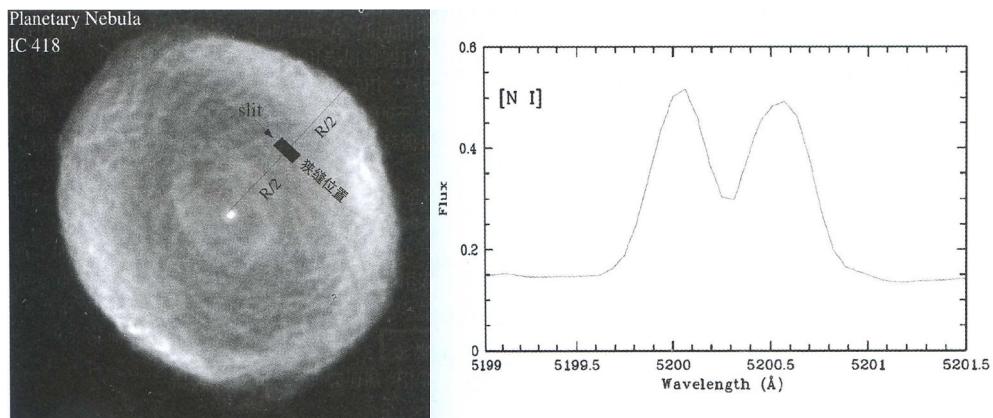
(1) 假设飞船运行轨道为圆轨道. 对于同时刻看到飞船的位于锡林浩特(东经 116° , 北纬 43.9°)的观测者, 飞船位于哪个星座(或哪颗恒星附近)?

(2) 如果天气晴朗的话, 下次什么时间在以上两地的观测者肯定能够同时看到飞船?

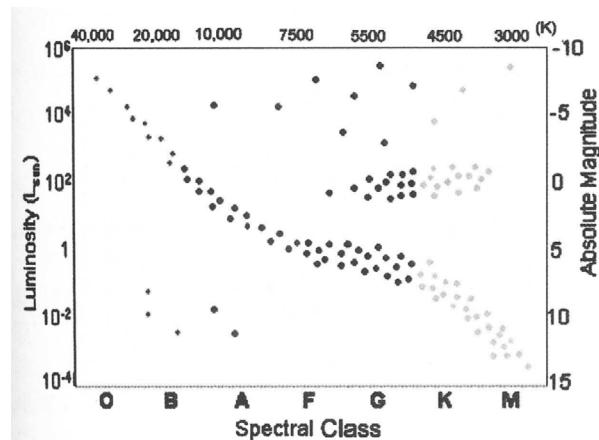


8. (高年组) 行星状星云.

行星状星云是一种从中心恒星抛出来的气体壳层. 我们通过一台摄谱仪的狭缝观测圆形的行星状星云IC 418, 狹缝位于星云半径的大概一半的位置, 如下左图所示. 下右图(流量—波长图)给出观测到的[N I]发射线, 其实验室波长为 $\lambda = 5200.26 \text{ \AA}$. 它很明显存在双峰.



8.1.在赫罗图(见下图)上从主序开始画出可以从主序演化到行星状星云的恒星的演化轨迹. 并标出该恒星位于我们观测到的行星状星云阶段的位置.



8.2.假设IC 418直径为 $\alpha = 12''$, 距离为 $L = 330$ pc, 计算它的年龄(此即“动力学年龄”).

第十一届国际天文奥林匹克竞赛

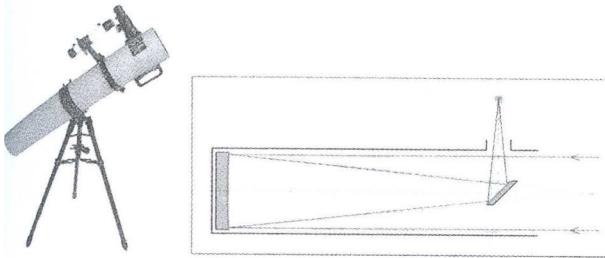
理论试题

印度 孟买 2006年11月12日

低年组

1. (低年组) 望远镜.

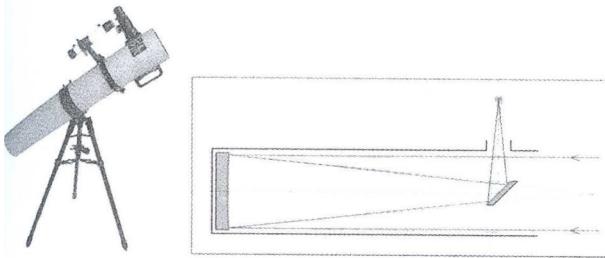
在观测考试里你会用到一台主镜口径 $D = 125 \text{ mm}$, 焦距 $F = 1025 \text{ mm}$, 以及三个焦距分别为 $f_1 = 12 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 25 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 38 \text{ mm}$ 的目镜的简单牛顿系统望远镜. 求出需要相应地移动各目镜(1、2、3)多少距离(在中下的竖直方向上的 Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)才可以把望远镜从观测天体重新调整到观测一只坐在离你的距离 $L = 50 \text{ m}$ 的猴子. 你的回答需要同时有公式和数值. 哪只目镜是最适合观测这只猴子的? 为什么?



1. (高年组) 望远镜.

在观测考试里你会用到一台主镜口径 $D = 125 \text{ mm}$, 焦距 $F = 1025 \text{ mm}$, 以及三个焦距分别为 $f_1 = 12 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 25 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 38 \text{ mm}$ 的目镜的简单牛顿系统望远镜. 求出需要相应地移动各目镜(1、2、3)多少距离(在中下的竖直方向上的 Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3)才可以把望远镜从观测天体重新调整到观测一只坐在离你的距离 $L = 50 \text{ m}$ 的猴子. 你的回答需要同时有公式和数值. 哪只目镜是最适合观测这只猴子的? 为什么?

如前所述 $L = 50 \text{ m}$, 但现在猴子以 $v = 3 \text{ m/s}$ 的速度直接向你跑过来(想抢东西吃). 对于最合适的目镜, 求出其移动的速率(以 mm/s 为单位), 以调整望远镜使猴子保持在焦点上.



2. 假星.

白熊(已经在第7、8、9、10届国际天文奥赛中遇到过了)决定把一台望远镜接一个胶片照相机来拍星座照片. 使用的曝光时间是5分钟量级. 他的朋友企鹅正好特别爱开玩笑, 带了一个照相的闪光灯. 企鹅打算在白熊拍接近地平的星座时捉弄白熊, 在他的星空图像里多“放”一颗星. 企鹅坐在白熊的望远镜拍照的地方(当然, 相对地远离望远镜-距离2.5千米), 在曝光期间朝着相机闪了一下(发出一个光脉冲).

估算在白熊的图像里假星的星等. 需考虑闪光灯脉冲的参数. 使用闪光灯对于(离闪光灯和相机都是) 1.5 m距离拍摄物体的摄影条件(底片的感光度、光圈)应该跟在日光下使用大约1/1000秒的曝光时间对同一物体拍照是一样的. 解答时必须包括一幅有望远镜、熊和企鹅图像的图.

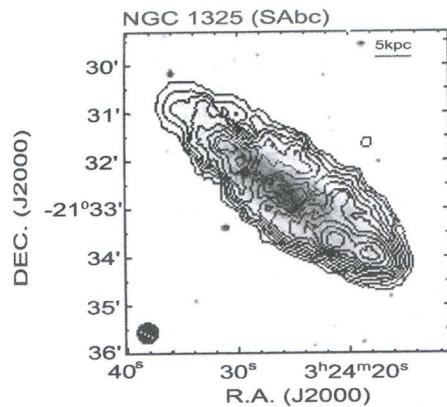
3. 极昼和极夜.

对于当太阳有可能位于孟买HBCSE的天顶的那些日期, 求出极昼地区和极夜地区的边界. HBCSE的经度和纬度是 $\lambda = 72^\circ 56'$, $\phi = 19^\circ 03'$. 考虑尽可能多的影响因素.

4. (低年组) 星系.

右图以等强度图的形式给出了旋涡星系NGC 1325的盘里的气体氢的分布. 等强度图是重叠到星系的光学图像上的. 假设星系的盘是接近圆形的.

求出星系的角直径. 由于星系的张角相对于地球的观察者很小, 可以用平面几何作为近似, 以kpc(千秒差距)为单位计算星系的直径和到星系的距离. 求出星系平面相对天空平面的倾角.

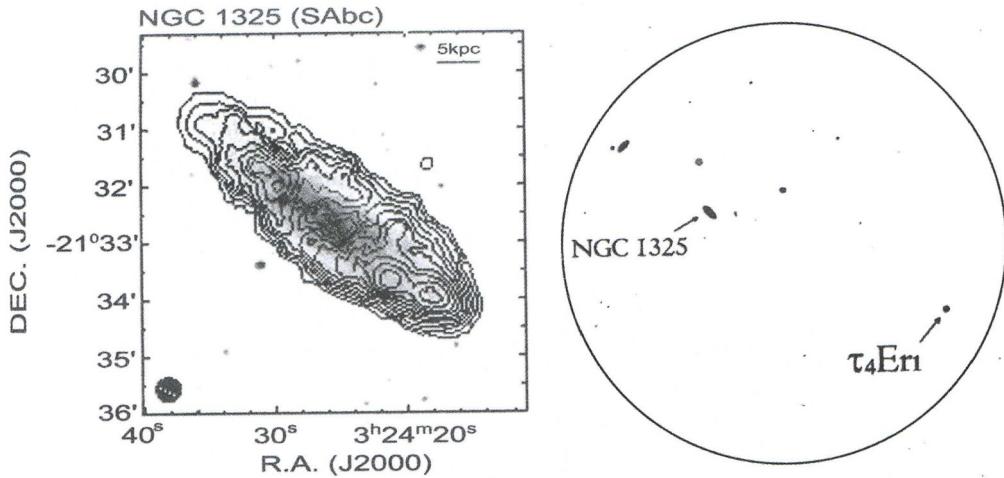


4. (高年组) 星系.

左下图以等强度图的形式给出了旋涡星系NGC 1325的盘里的气体氢的分布. 等强度图是重叠到星系的光学图像上的. 假设星系的盘是接近圆形的.

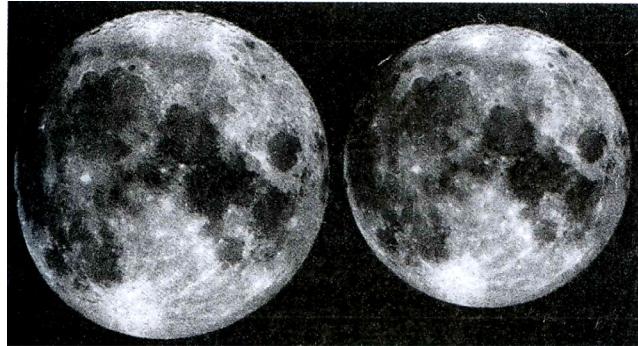
求出星系的角直径. 由于星系的张角相对于地球的观察者很小, 可以用平面几何作为近似, 以kpc(千秒差距)为单位计算星系的直径和到星系的距离. 求出星系平面相对天空平面的倾角.

右下图给出了NGC1325附近直径2度的天图. 从地球向该区域发出了波长 $\lambda = 20$ cm的无线电信息, 以希望260年以后恒星 τ_4 Eri系统中的地外文明可以收到. NGC 1325的科学家也认为 τ_4 Eri系统存在智慧生命. 要区分信号是来自太阳系而不是 τ_4 Eri, NGC 1325的外星人需要拥有多大口径的射电望远镜?



5. (低年组) 月球卫星.

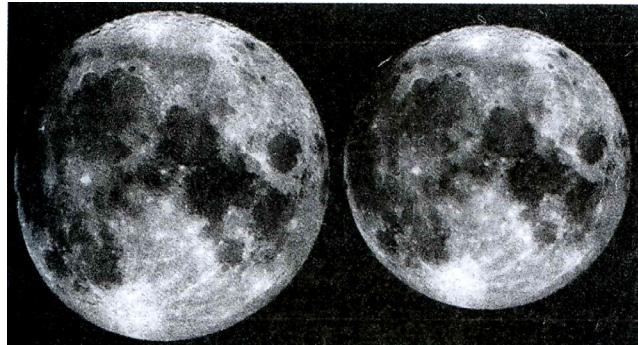
有两张用月球卫星上同一个相机拍的月球照片. 第一张照片是在卫星在近月点附近时拍的, 第二张是在远月点附近拍的. 估算两张照片拍摄时刻之间最小的时间间隔.



5. (高年组) 月球卫星.

有两张用月球卫星上同一个相机拍的月球照片. 第一张照片是在卫星在近月点附近时拍的, 第二张是在远月点附近拍的. 估算两张照片拍摄时刻之间最小的时间间隔.

要求估算这颗卫星绕月球的可能的最大轨道周期. 考虑月球绕地球是圆轨道.



第十一届国际天文奥林匹克竞赛

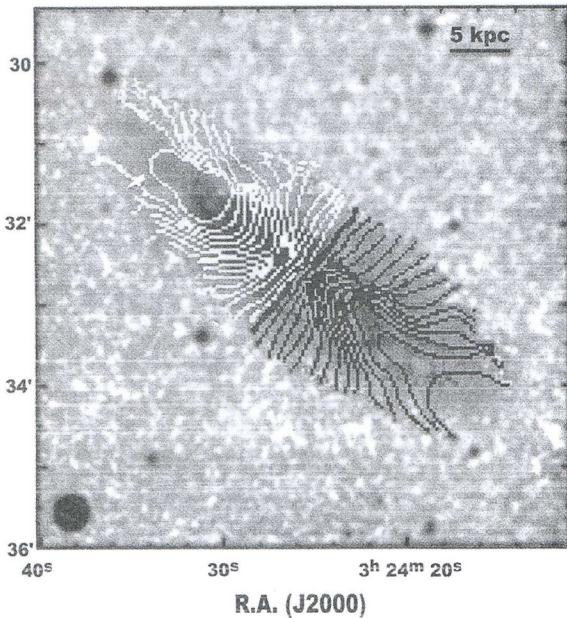
实测试题

印度 孟买 2006年11月16日

低年组

6. NGC 1325.

在理论部分的第4题中你回答了有关NGC1325的问题. 你已估算出该星系的倾角为70度, 其角直径大约为 $6.5'$, 相当于物理直径约43 kpc(千秒差距). 该星系于2001年5月被印度的GMRT射电望远镜所观测, 以使用星系中气体氢的21 cm波段研究其自转曲线轮廓. 下图以等强度图的形式给出了气体自转速度的分布. 图像叠加在该星系的一个光学图像(不是GMRT拍的)上.



该星系中心在远离我们. 由于星系的自转, 星系一侧的退行速度跟星系另一侧的相比会显得稍微慢一些. 在上图中, 白色的等强度线表示比平均速度慢的速度, 而黑色的等强度线则表示比平均速度快. 等强度线画出了星系平面上(即不用考虑倾角的影响)每相差 10 km/s 的速度变化.

- 6.1. 画出星系的旋转曲线(自转速度与以角秒arcsec为单位的离星系中心的距离的关系).
- 6.2. 由画出的旋转曲线(rotation curve), 假设圆运动, 估算星系的总质量(以太阳质量 M_\odot 为单位).

7. GMRT天线.

下页左栏上表中给出了每个GMRT天线相对于中心天线A14的相对位置坐标. A14的纬度和经度为 $\lambda = 74^\circ 03' 01''$, $\phi = 19^\circ 05' 36''$.

- (1) 画出GMRT天线系统的分布图. 需要标出该图的中心方型区域(上次访问GMRT所看到的 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ (千米)的区域), 把天线标在原点, 并画出中心方型区域以外的所有天线. 在坐标绘图纸上靠近各天线的位置写出天线的编号.
- (2) 来自遥远天体的射电波的平行波束被GMRT天线系统接收. 根据信号源相对于天线阵的倾角不同, 信号到达不同天线的时间会有略微的不同. 现在假定在9月23日正午用A01、A10、A14、A30四个天线观测太阳. 假设地球是平坦的, 计算信号到达A01天线以及其中离A01最远的天线的时间延迟差.

| 天线 编号 | <i>x</i> (米) 向东为正 | <i>y</i> (米) 向北为正 | <i>z</i> (米) 向天顶为正 |
|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| A01 | -11245.6 | 9405.97 | -802.858 |
| A02 | -8103.19 | 8241.44 | -711.116 |
| A03 | -7039.01 | 5340.29 | -411.95 |
| A04 | 12073.2 | 4791.68 | -389.911 |
| A05 | 10199.8 | 3529.75 | -324.31 |
| A06 | 7780.52 | 3071.49 | -266.059 |
| A07 | -5199.93 | 3054.46 | -242.446 |
| A08 | 4575.99 | 2047.7 | -203.543 |
| A09 | -3099.4 | 1496.91 | -90.1932 |
| A10 | 2814.54 | 1012.49 | -73.9663 |
| A11 | -1591.91 | 625.657 | -15.1934 |
| A12 | -565.94 | 132.944 | -9.9908 |
| A13 | -372.72 | 142.908 | -7.13641 |
| A14 | 0 | 0 | 0 |
| A15 | 67.82 | -257.968 | 22.0312 |
| A16 | -31.44 | -230.489 | 24.4676 |
| A17 | 326.43 | -39.7862 | 32.7314 |
| A18 | 687.87 | -18.0767 | 37.1877 |
| A19 | 280.67 | -419.343 | 38.2252 |
| A20 | 41.94 | -156.32 | 40.3858 |
| A21 | -164.86 | -615.653 | 51.1638 |
| A22 | 174.85 | -666.922 | 53.1313 |
| A23 | -603.94 | -333.732 | 56.0502 |
| A24 | -474.67 | -658.49 | 70.3163 |
| A25 | -639.5 | -1171.08 | 119.326 |
| A26 | -367.08 | -2948.73 | 258.251 |
| A27 | 633.92 | -4503.71 | 371.735 |
| A28 | 333.12 | -6742.06 | 581.014 |
| A29 | 947.47 | -9458.39 | 782.898 |
| A30 | -369.05 | -14097.4 | 1202.39 |

高年组

6. 恒星监测.

在孟买对一颗亮星整夜进行监测. 使用14寸望远镜, 在三个波段(B、V、R). 假设观测波长对于观测恒星可以近似为有效波长450 nm, 550 nm和700 nm. 随着夜晚时间的不同, 恒星在不同的天顶距被观测, 因此星光穿过不同厚度的地球大气. 由此, 由地球大气产生的消光(extinction)也在发生变化. 该消光在恒星最接近天顶时最小, 当恒星升起或落下的时候最大. 下表中给出了实际数据. 第二列的大气质量给出的是以天顶距为零时大气质量为1所归一化处理后的有效(等效)大气质量. 星等值的精度准确到0.05等.

6.1 画出适当的曲线图, 求出当没有地球大气影响时该恒星在三个波段上的视星等.

6.2 依巴谷卫星测得该恒星的视差为0.0076角秒. 在另外给出的赫罗图(见下图)上标出该星的位置.

6.3 色指数可以由恒星温度来校准. 一个经验公式(适用于该恒星所在的赫罗图区域)为:

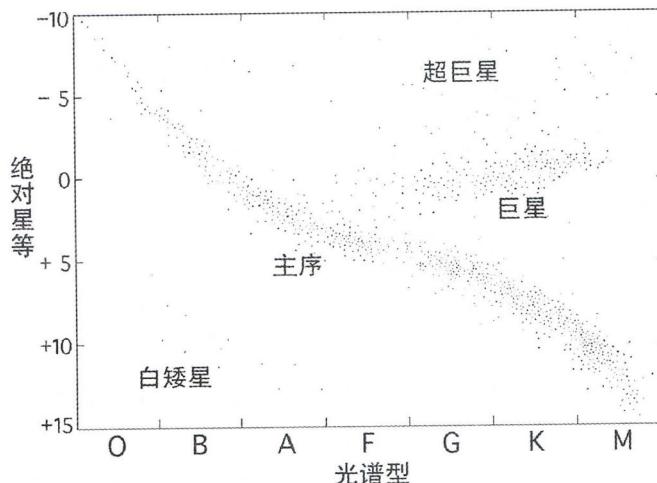
$$B - V = -3.68 \lg T + 14.55$$

(其中 T 为绝对温度). 估算恒星的温度.

- 6.4** 如果该恒星位于猎户座(Orion), 在该星座的四颗最亮的恒星中它最可能是哪一颗? 写出该星的拉丁名(需要用罗马字母写, 只要星名能被区分, 有点拼写错误没关系). 或 BAYER 星名, 比如(α UMa).

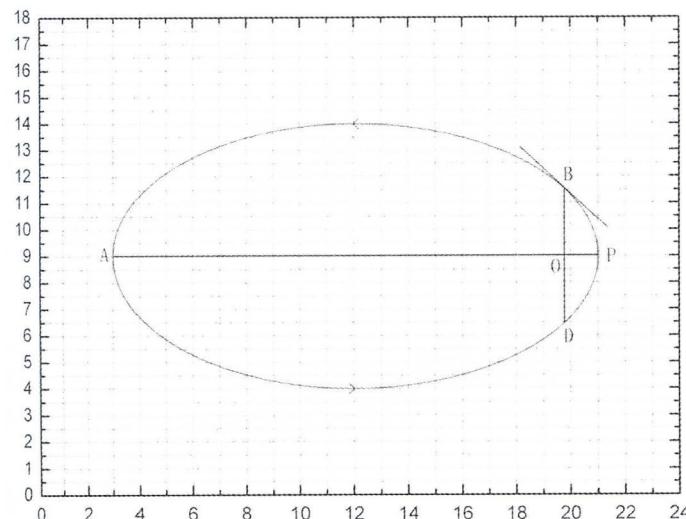
- 6.5** 在孟买, 假设消光按 $\lambda^{-\alpha}$ (其中 λ 为波长) 变化. 由给出的数据, 求出参数 α .

| 天顶距($^{\circ}$) | 大气质量 | B星等 | V星等 | R星等 |
|-------------------|-------|------|------|-------|
| 15 | 1.035 | 2.80 | 0.85 | -1.00 |
| 30 | 1.154 | 2.85 | 0.85 | -1.00 |
| 45 | 1.412 | 3.00 | 0.95 | -0.90 |
| 60 | 1.991 | 3.20 | 1.10 | -0.85 |
| 69 | 2.762 | 3.50 | 1.30 | -0.75 |
| 75 | 3.785 | 3.90 | 1.55 | -0.55 |
| 81 | 6.053 | 4.90 | 2.15 | -0.25 |



7. 射电脉冲双星.

射电脉冲星是一颗由它的磁极辐射射电波束的高速自转的中子星. 在地球上它们被观测到是一系列视脉冲周期(apparent pulse period)为 P_t 的脉冲. 当脉冲星是一个双星系统的一员时, 这个周期不同于脉冲星的真实脉冲周期(true pulse period)(P_0). 2004年, 印度的 GMRT 射电望远镜对脉冲星 0514-40 进行了研究. 该脉冲星的真实脉冲周期是 $P_0 = 4.990575$ ms(毫秒).



已给你了一个偏心率为0.866的脉冲星的椭圆轨道的图(见上图), 对于脉冲星0514-40而言, 其轨道偏心率非常接近这个值. 曲线上的箭头表明脉冲星在轨道上绕焦点O逆时针方向运动. AP和BD互相垂直; AP是椭圆的长轴.

下表中给出了作为以轨道周期为时间单位的 $t/T \sim P_t$ 数据($T = 18.35$ 天). 假定观测者位于脉冲星的轨道平面上.

| t/T | P_t (ms) | t/T | P_t (ms) |
|----------|------------|----------|------------|
| 0.136661 | 4.990905 | 0.211722 | 4.991053 |
| 0.268267 | 4.991236 | 0.343782 | 4.991742 |
| 0.37353 | 4.992284 | 0.376936 | 4.992207 |
| 0.384599 | 4.990415 | 0.386994 | 4.989791 |
| 0.406418 | 4.989308 | 0.410888 | 4.989361 |
| 0.415199 | 4.989412 | 0.452397 | 4.989698 |
| 0.465116 | 4.98977 | 0.503379 | 4.989925 |
| 0.671385 | 4.990276 | 0.774999 | 4.990418 |
| 0.986004 | 4.99068 | | |

7.1 画出这组数据的曲线图(以合适的比例).

7.2 如果轨道是圆轨道的话, 数据曲线的形状不会跟你刚画出来的曲线一样. 简略画出对于圆轨道的情况数据曲线的形状.

7.3 取A点的速度 V_A 作为单位速度, 计算在B、P、D三点的横向速度(脉冲星在任一点G的横向速度 U_G 是其垂直于OG方向上的速度分量的大小).

7.4 在提供给你的轨道图上, 画出了曲线在B点的切线. 使用这个轨道图或用其它方法, 以同样的速度单位求出在B、P和D三点的总速度(相应的, V_B 、 V_P 和 V_D).

7.5 由 $t/T \sim P_t$ 数值曲线的形状, 推断出观测者(observer)是靠近(located close to)长轴(major axis)还是靠近短轴(located close to minor axis), 以及在哪一侧(side).

7.6 假定平行于长轴的速度分量在B点和D点达到最大. 在你画的数据曲线上标出A、B、P和D所对应的点.

7.7 在同一个绘图纸上, 大致画出假如观测者位于与7.5的轴垂直的轴上, $P_t \sim t/T$ 曲线.

7.8 由轨道图上, 估算沿DPB弧段运动所需时间占整个轨道周期的比例. 由你画的图估算同样的数值.

7.9 在你画的数据曲线图上画出 $P_t = P_0$ 的直线. 量出在你画的数据曲线之下, 该直线以上部分和以下部分的面积, 并用它对于长轴以光秒(light seconds)为单位进行估算.

第十一届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

印度 孟买 2006年11月13日

8. 在另外一张“答题表”中列出了夜空中的10颗亮星.
 - 8.1 在表格上(见答题表), 对那些你现在能看见的恒星在它们所在行的最后一个格里标一个“×”.
 - 8.2 用手电(touch beam)把这些能看见的星指给监考人员.
 - 8.3 同样指出春分点(Vernal Equinox)在天上的位置.
9. 请参照给你的星图. 这个图按实际方向给出了你现在看到的一部分星空. 图上标出了天王星(Uranus)个海王星(Neptune)的位置以及Ecliptic(黄道).
 - 9.1 这两颗行星都不容易用肉眼看到. 请向监考人指出在天空中分别离这两颗行星最近的恒星.
 - 9.2 估计天王星和海王星之间的角距离(把结果写到答题表里).
10. 给你了一台125 mm口径的牛顿反射望远镜, 焦距是1025 mm, 地平式, 三个目镜, 焦距分别为12, 25和38 mm.

观测目标: 低年组为昴星团(Pleides), 高年组为天鹅β双星(Albireo). 选择合适的目镜, 把目标找到望远镜视场正中, 请监考人看.

(所有过程的总时间不能超过25分钟).

第十二届国际天文奥林匹克竞赛

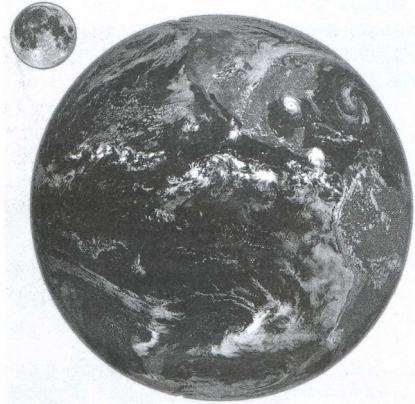
理论试题

克里米亚 西梅伊兹 2007年10月1日

低年组

1. (低年组) 地球与月球.

这张照片(见下图)是在一颗人造地球卫星上为地球和月球拍摄的合影. 请估算在这颗人造卫星上的观测者看到的月球的视星等.



1. (高年组) 星系.

某星系距离为 $L_1 = 3 \text{ Mpc}$ 时, 其热星等(全部辐射)为 $m_1 = 6.88^m$, 请计算当距离为 $L_2 = 3 \text{ Gpc}$ 时, 该星系的热星等 m_2 为多少?

2. (低年组) 恒星轨道周期.

请估算(至少是粗略估算)太阳系内天体可能的最短和最长的恒星轨道周期是多少? 太阳系内天体也包括人造天体等.

2. (高年组) 太空帆.

为了研究小行星带, 发射了一架利用太阳能作为动力飞往那里的探测器. 探测器上有一个能展开的帆, 可以收集太阳能作为探测器的动力. 该探测器的总重为 $m = 1\text{吨}$. 探测器在绕太阳的圆轨道上运行, 轨道半径为1 AU. 这时打开太空帆接收太阳能, 在探测器绕日运行半周后抵达谷神星. 请估算这个太空帆的面积 S 和厚度 d . 可以假定太空帆与镜面一样, 小行星带到太阳的典型距离取2.8 AU, 太阳的辐射功率为 $A = 1.37 \text{ kW/m}^2$.

3. (低年组) 火星落山.

请估算(至少是粗略估计), 当火星大冲时, 在Simeiz (考试地)的Kashka山上观测, 从火星盘面下缘与地平相切直到火星盘面完全消失在地平线下的整个过程(即火星落山)需要多长时间?

3. (高年组) 宇宙酒精.

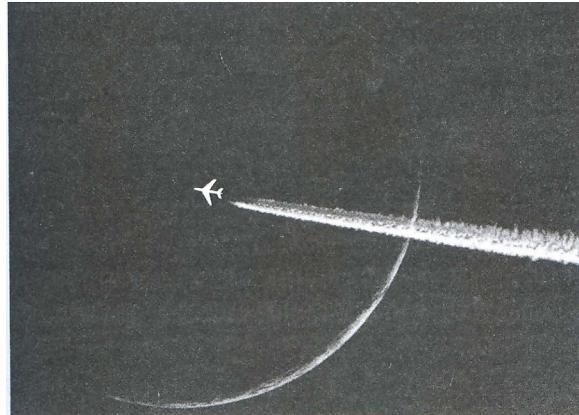
英国Jodrell Bank天文台的天文学家宣布, 他们在太空深处发现直径为 288×10^9 英里(即 463×10^9 千米)的一片酒精分子云, 可以帮助人们理解巨星是如何从原初气体中诞生的过程. 一些国家甚至决定派探测队去那里品尝好酒——但在得知分子云距离我们实在太遥远, 即使用最现代的飞行技术也要花费几百万年时间才能抵达后, 所有的探测热情都烟消云散了.

这块分子云的密度比星际气体要大，但与我们日常生活中的物质密度相比还是太小了，只有10个原子每立方毫米。请估计这块分子云的温度应为多少，才能保证在探测队抵达之前，分子云是稳定的，不会分解掉。假定酒精分子是乙醇，分子式为 C_2H_5OH 。

4. 照片。

照片上(见下图)拍摄的是以月球为背景的一架飞机，假定照片是在Simeiz (考试地)发生日食(或最接近发生日食)的某天拍摄的。

- (1) 请估计日食是发生在拍摄照片多久之前或多久之后的？如果计算结果为之前，请用英文注明was；如果结果为之后，请用英文注明will be。
- (2) 在Simeiz当地能看到这次日食吗？请用英文Yes、Maybe、No分别标明能够、也许、不能看到，并用图示和计算来解释你的结果。



5. 外星人访问地球。

外星生物决定要殖民地球。有两种飞船，一种是vituloids飞船，它的导航器要求北极星有时严格在天顶，北极星在殖民开始时的坐标为 $\alpha = 2^{\text{h}}32^{\text{m}}$, $\delta = 89^{\circ}16'$ 。另一种是crocodiloids飞船，它的导航器要求北极星有时严格在地平。假定这些导航器都安装在飞船的顶部，飞船只能垂直降落在地球上，而且要求导航器不能被其他飞船上的导航器直接看到。请估计可以在地面着陆的两种飞船的数量各为多少？假定地球是球体，飞船底部可以在地球表面(陆地和海洋)任意地方着陆。飞船的高度为 $h = 10 \text{ m}$ 。

第十二届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

克里米亚 西梅伊兹 2007年10月4日

低年组

1. O-C图.

鲸鱼座的著名长周期变星莫亚增二(Mira Cetus), 其光变周期(脉动周期) P 本身也会随时间变化. 在很长一段观测时间内, 你会发现光变周期时长时短, 甚至会发生突变, 或者说光变周期是不规律的. 除了光变周期 P 的长短会发生变化外, 光变曲线的形状也会发生变化, 这就导致在测量光度极大值的时刻时会有不规律的误差.

为了找出这种可能的光变周期 P 本身的变化, 天文学家使用O-C图. O-C图可以给出观测到的(Observed)和计算出来的(Calculated)光度极大值的发生时刻之间的区别随时间(儒略日JD或周期数(cycle number))的变化规律.

理论光度极大值的发生时刻是采用线性公式 $T = T_0 + P \times E$ 计算出来的, 其中 T_0 是某个初始的光度极大时刻, P 是假定的光变周期, E 是从 T_0 开始后经过的周期数. 给你的数据表(表1, 见下表)中列出了观测数据, 第一列是观测的序数(第几次观测), 第二列是对应的光度极大值发生的时刻, 即O-C图中的O. 时间以儒略日计算. 假定该造父变星理论计算出的周期 P 是302.0天.

| N | JD 244. . . (O) | JD 244. . . (C) | E | O-C |
|----|-----------------|-----------------|---|-----|
| 1 | 42551.0 | | | |
| 2 | 42852.0 | | | |
| 3 | 43155.8 | | | |
| 4 | 44063.3 | | | |
| 5 | 44365.5 | | | |
| 6 | 44969.9 | | | |
| 7 | 45273.9 | | | |
| 8 | 45878.2 | | | |
| 9 | 46181.8 | | | |
| 10 | 46486.4 | | | |
| 11 | 46791.2 | | | |
| 12 | 47401.9 | | | |
| 13 | 47706.2 | | | |
| 14 | 48007.4 | | | |
| 15 | 48308.1 | | | |
| 16 | 48609.5 | | | |
| 17 | 48909.4 | | | |
| 18 | 49210.8 | | | |
| 19 | 49811.8 | | | |
| 20 | 50114.6 | | | |
| 21 | 50414.5 | | | |

(1) 请将表1补而完整.

- (2) 以O-C (即观测到的光度极大值发生时刻减去理论计算值)为纵坐标, E 为横坐标, 画一张图. 请选择合适的比例.
- (3) 利用你画好的O-C图, 找到光变周期相对稳定的一段, 并计算出该段时间光变周期的平均值 $\langle P \rangle$. 注意: P 变化稳定的时间区间可能有不只一个, 如果有多个, 请分别计算 $\langle P \rangle$ 并在答题纸上用清楚的数值表示. 并将下表补充完整. 表格的第一列是标明第几次出现 P 稳定的情况(NN), 第二列标明这段时间的长度, 以儒略日为单位, 第三列标明这段时间内的平均光变周期 $\langle P \rangle$, 以儒略日为单位.

| E | ΔJD | $\langle P \rangle$ |
|-----|-------------|---------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

2. 视向速度.

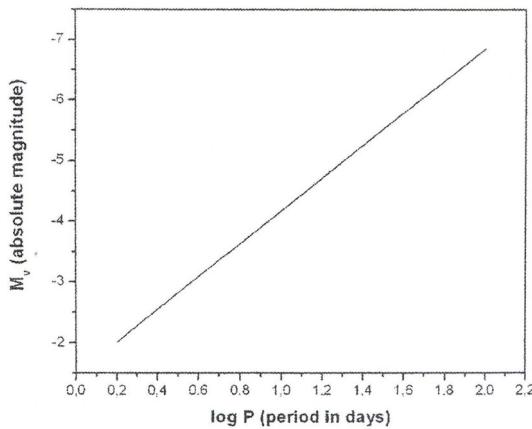
假定某造父变星的平均视星等为6.2等. 对这颗造父变星进行了连续16夜的光谱观测, 得到在不同观测时刻其视向速度的值. 下表中第一列是观测时刻, 以天为单位. 第二列是观测到的视向速度值, 日心参考系, 以km/s为单位.

根据表中给出的数据画一张图, 以便获得关于该造父变星的有用信息, 并回答问题:

| 观测时间(天) | 视向速度(km/s) |
|---------|------------|
| 0.9 | 75 |
| 1.8 | 74 |
| 2.9 | 51 |
| 3.9 | 45 |
| 4.9 | 67 |
| 5.8 | 75 |
| 6.8 | 63 |
| 7.8 | 46 |
| 8.8 | 47 |
| 8.9 | 50 |
| 9.8 | 70 |
| 10.8 | 70 |
| 11.9 | 53 |
| 12.8 | 42 |
| 13.8 | 42 |
| 14.8 | 58 |
| 15.9 | 75 |

- (1) 这颗造父变星能给200万年前的地球人看到吗? 答案必须用英文写明Yes或No, 并用数值及公式解释你的答案.
- (2) 200万年前, 该造父变星的视星等为多少? 补充信息: 要利用给你的造父变星周光关系图(见下图), 图中给出的直线适用于该造父变星.

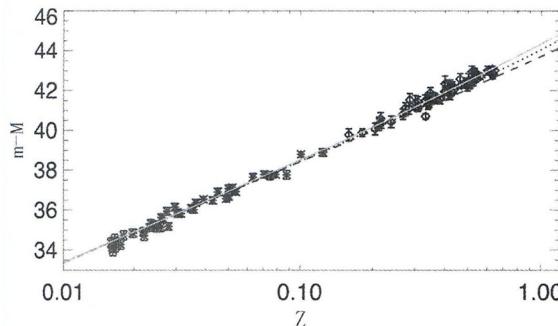
*提示: 星际消光以及200万年间可能发生的造父变星的光度变化, 地球自转等因素不必考虑.



高年组

1. 超新星.

下图给你的是Hubble图, 以距离模数为纵坐标, 红移 z 为横坐标. 如果有一颗距离为 2.5×10^3 Mpc的Ia型超新星, 请计算它的视星等. 已知所有的Ia型超新星的绝对星等均为 $M = -19.5$ 等.



2. 视向速度.

假定有一颗造父变星, 位于人马座(Sgr)和盾牌座(Sct)交界处. 造父变星的平均视星等为6.2等. 在9月下半月(从9月15日到9月30日)对该造父变星进行了连续16夜的H α 线光谱观测, 数据在表格中(见下表). 第一列是观测时间, 以天为单位, 第二列是观测到的H α 波长(实验室里H α 的静止波长为 $\lambda = 6562.8$ 埃).

请根据这些数据作图, 以便从图中获得一些有关该造父变星的信息, 并回答问题:

- (1) 这颗造父变星能够被200万年前的地球人看到吗? 答案必须用英文写明Yes或No.
- (2) 200万年前, 该造父变星的视星等为多少? 补充信息: 要利用给你的造父变星周光关系图(见下图), 图中给出的直线适用于该造父变星.

*提示: 星际消光以及200万年间可能发生的造父变星的光度变化, 地球自转等因素不必考虑.

| 观测时间(天) | 观测波长(埃) | 观测时间(天) | 观测波长(埃) |
|---------|---------|---------|---------|
| 0.9 | 6565.1 | 1.8 | 6565.1 |
| 2.9 | 6564.6 | 3.9 | 6564.4 |
| 4.9 | 6564.9 | 5.8 | 6565.1 |
| 6.8 | 6564.8 | 7.8 | 6564.5 |
| 8.8 | 6564.5 | 8.9 | 6564.6 |
| 9.8 | 6565.0 | 10.8 | 6565.0 |
| 11.9 | 6564.6 | 12.8 | 6564.4 |

13.8

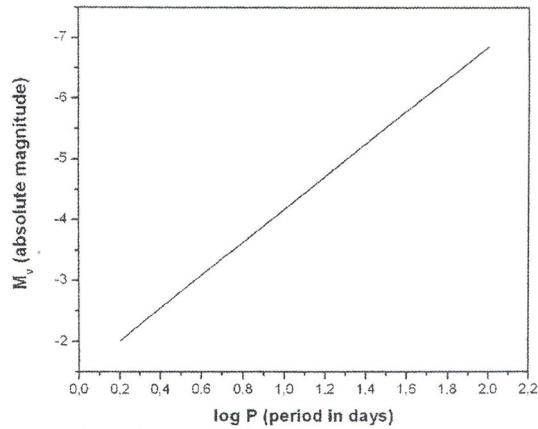
15.9

6564.4

6565.1

14.8

6564.7



第十二届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

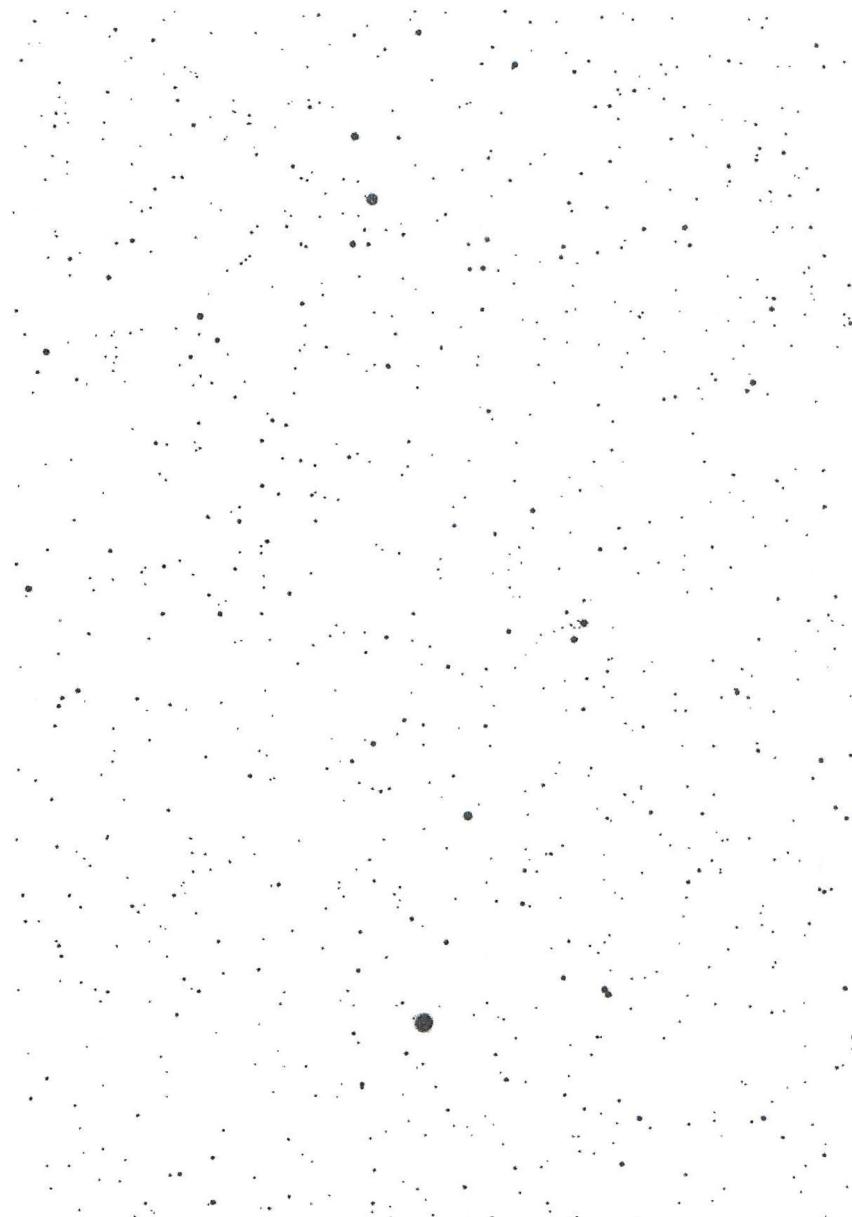
克里米亚 西梅伊兹 2007年10月2日

1.

- (1) 请指出海豚座在天空的位置.
- (2) 请估计在考试时, 距离海豚座 ε 星不超过24度的范围内最亮星的星等, 将星等值写在答题纸上.

2. 请估计由天鹅 α 、天鹅 γ 和仙王 α 三颗星连成的三角形的面积, 以平方度为单位, 将答案写在答题纸上.

3. 请在给你的星图(见下图)上找到缺失的一颗亮星. 请在星图上补上这颗亮星.



第十三届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

意大利 的里雅斯特 2008年10月15日

1. (低年组) 珊瑚岛.

在地球赤道上有一个珊瑚岛, 从它的最高点上看, 北极星是永不下落的. 求珊瑚岛的高度, 忽略大气消光, 其他效应必须考虑.

1. (高年组) 恒星的核心温度.

我们可以认为, 太阳的核心由完全电离的氢和氦混合而成, 氦所占的原子数比例为 $\alpha = 0.08$ (意思是说, 氢原子与氦原子的数目比为92%:8%). 太阳的核心的温度为1500万摄氏度, 密度为 150 g/cm^3 . 假设有一颗碳星(100%由完全电离的碳组成), 它的参数与太阳相同(中心的压强、密度相同且质量相等). 求这颗碳星的核心的温度. 氢、氦、碳的原子数和原子量分别为: $Z_{\text{H}} = 1, A_{\text{H}} = 1; Z_{\text{He}} = 2, A_{\text{He}} = 4; Z_{\text{C}} = 6, A_{\text{C}} = 12$. 可以认为恒星核心是理想气体.

2. 纯黑的猫.

你或许已经注意到了在我们所住的公寓的右边有一群猫, 其中四只看上去是纯黑色的. 估算一只黑猫的绝对星等为多少, 假设它是一个绝对黑体.

3. 大冲.

我们知道对地球居民而言, 火星存在着大冲. 大冲时它的星等可达-2.9等(例如2003年8月27日那次). 对其他星球的居民而言, 金星也具有大冲. 对哪颗或哪几颗星球来说, 金星可能发生大冲? 求金星大冲时, 在这颗或这几颗行星上看到的它的视星等.

4. 会跳的熊.

20世纪之初, 我们在冰岛Spitsbergen的旅游指南上能看到这样的描述: “一只北极熊突然就跳了8米”. 26世纪中叶, 为了让生物能在太阳系的遥远边缘定居, 生物学家们计划把Spitsbergen岛上的北极熊驱赶到柯伊伯带的冰质小行星上去. 但是物理学家警告说, 有些弹跳力好的北极熊可能会成为柯伊伯带上的独立天体. 请估计, 从物理学家的眼光看来, 在直径为多大的小行星上, 北极熊才可能舒适地定居? 你的答案应该是一个不等式.

5. (低年组) 不同的理论.

宇宙膨胀理论是当今最流行、接受度最广的现代宇宙模型. 据说超过85%的天体物理学家对它深信不疑. 但是, 仍然存在其他的宇宙学理论. 其中之一认为宇宙并没有膨胀, 宇宙学红移不是由多普勒效应引起, 而是由于“光子变老”的缘故. 即, 光子的能量按照 $E = E_0 \times 2^{-t/T_0}$ 的规律衰减, 其中 E_0 为光子诞生时的初始能量, t 为光子从诞生后所经历的时间, T_0 是所谓“光子的半衰期”, 与原子物理中的半衰期概念类似.

请估算, 在“光子变老”模型中, 光子半衰期 T_0 应为多少时(以年为单位), 才能使它的计算结果与哈勃常数 $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$ 时的宇宙膨胀模型的结果相符.

5. (高年组) 不同的理论.

宇宙膨胀理论是当今最流行、接受度最广的现代宇宙模型. 据说超过85%的天体物理学家对它深信不疑. 但是, 仍然存在其他的宇宙学理论. 其中之一认为宇宙并没有膨胀, 宇宙

学红移不是由多普勒效应引起，而是由于“光子变老”的缘故。即，光子的能量按照 $E = E_0 \times 2^{-t/T_0}$ 的规律衰减，其中 E_0 为光子诞生时的初始能量， t 为光子从诞生后所经历的时间， T_0 是所谓“光子的半衰期”，与原子物理中的半衰期概念类似。

请估算，在“光子变老”模型中，光子半衰期 T_0 应为多少时(以年为单位)，才能使它的计算结果与目前的天文观测相符。

第十三届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

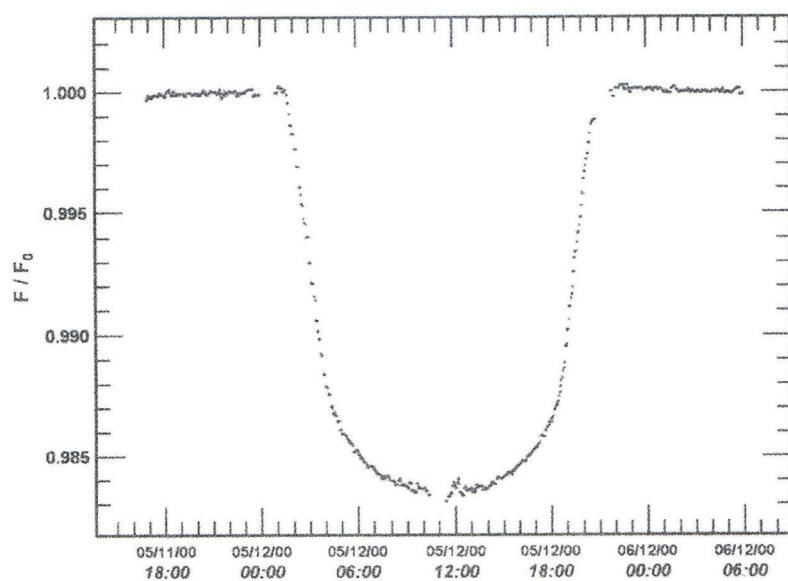
意大利 的里雅斯特 2008年10月18日

1. 系外行星凌星.

探测系外行星的最可靠方法之一，就是观测行星凌恒星现象。当凌星发生时，由于行星的遮挡在恒星之前，恒星的辐射流量 F 会从正常的 F_0 暂时性地下降。

用这种方法发现的第一颗系外行星是HD209458b，它是一颗环绕着类太阳恒星 HD209458(质量为 $1.09M_{\odot}$)旋转的类木行星，公转周期为3.5248天。下图是哈勃空间望远镜在2000年5月记录下的该恒星的光变曲线。假设行星轨道为正圆。

- (1) 在答题纸上给出的光变曲线图上，标出凌始外切(first contact, 以A表示)、凌始内切(second contact, 以B表示)、食甚(third contact, 以C表示)、凌终内切(fourth contact, 以D表示)、凌终外切(fifth contact, 以E表示)。



- (2) 在另一张答题纸给出的图上画出(1)所对应的各个阶段的行星图(此图从略)。
(3) 填写各阶段发生时刻的表格(此表从略)。
(4) (高年组)作为你的分析的总结，补齐下表中缺失的数据。

| HD209458 planetary system data | |
|--------------------------------|-----------------|
| Stellar spectral class: | G2 V |
| Stellar radius R : | |
| Stellar mass M : | $1.09M_{\odot}$ |
| Orbital period P : | 3.5248 days |
| Planet-star distance a : | |
| Planetary radius r : | |
| Planetary mass m : | |

2. Rormer的实验.

历史上首次利用天文观测推断光速的尝试,由丹麦天文学家Roemer完成于1675年. 他多次观测木卫一被木星的影子掩食,并且注意到每两次掩食之间的时间间隔并不相等. 他认为这是由于光速的有限性所致,在一年里的不同时间,地球位于公转轨道的不同地方,从木星反射过来的光线抵达地球所需的时间也不相同. Roemer根据实际观测到的掩食时刻与假设光速无限时计算出的预期时刻的差,估算出了光速.

| 日期 | T_m (:) | T_e (:) | 圈数 N_r | ΔT |
|------------|-------------|-------------|----------|------------|
| 30/01/2004 | 00 55 | 00 55 | | |
| 14/02/2004 | 23 10 | | | |
| 29/02/2004 | 02 57 | | | |
| 17/03/2004 | 19 42 | | | |
| 30/03/2004 | 05 03 | | | |
| 16/04/2004 | 21 49 | | | |
| 16/05/2004 | 23 56 | | | |
| 17/06/2004 | 20 33 | | | |
| 16/07/2004 | 04 12 | | | |
| 17/08/2004 | 00 48 | | | |
| 16/09/2004 | 02 55 | | | |
| 30/09/2004 | 06 44 | | | |
| 16/10/2004 | 05 00 | | | |
| 30/10/2004 | 08 48 | | | |
| 17/11/2004 | 01 32 | | | |

木卫一的观测可在任意时刻进行. 上表列出了2004年观测到的若干次木卫一被掩食的发生时刻 T_m . 已知木卫一绕木星的公转周期为1.76979天.

- (1) 完成表中缺失的数据, 其中 N_r 为自第一次掩食开始, 再次发生掩食时木卫一绕木星公转的圈数, 第一次记为0圈, T_e 为掩食的预期时刻, $\Delta T = T_m - T_e$ 为实际掩食时刻与预期时刻之差.
- (2) 画图说明 ΔT 与 T_m 的函数关系, 并在图中标出: 冲日(以O表示)、合日(以C表示)、方照(以Q表示)时木星的位置.
- (3) 像Roemer所做的那样, 根据这些数据估计光速的大小.

第十四届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

中国 杭州 2009年11月10日

1. 天狼星.

已知在中国的天空中最亮的恒星是天狼星. 在地球上其他什么区域天狼星也是那里天上最亮的恒星? 这些区域的边界的数值特征是什么?

提示: 你只需考虑历史分类意义上的恒星, 太阳、行星等不需考虑在内.

2. 分子数.

估计地球大气中的分子数.

3. (低年组)眼睛的效率.

请估计, 在最理想的情况下, 人眼能看见的最大星等的理论极限. 考虑人眼的视网膜能够“记忆” $1/7$ 秒的图像. 0等星每秒钟向我们发出 10^{10} 个光子/平方米.

3. (高年组)Eris.

如今在我们太阳系海外天体(海王星外天体)中最大的发现是矮行星Eris. 如今Eris正位于它轨道上的远日点附近. 请得出地球上看到Eris的视星等. 下次大约何时Eris将会“大冲”? Eris “大冲”时, 地球上看到Eris的星等为多少?

4. 灾变.

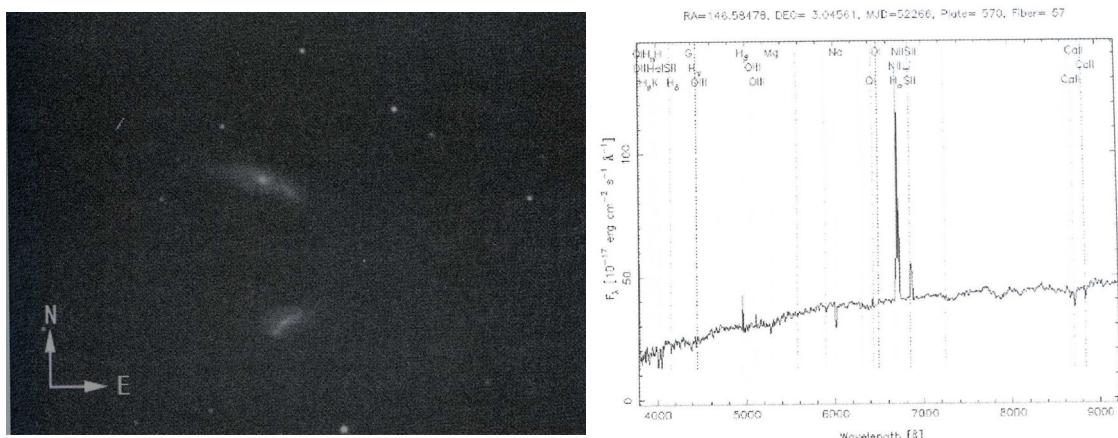
设想在2084年7月5号这一天, 太阳的质量突然减少为原来的一半. 计算地球绕这个新的太阳公转的周期是多少?

5. (低年组)望远镜的镜子.

有一片厚度为 $b = 40$ mm的玻璃圆片, 需要用它制作(磨制)一个直径为 $D = 500$ mm的球面镜. 那么用这个圆片制作出的直径为500 mm的这片镜子的焦距 F 是多少?

5. (高年组)星系对.

有一个著名的星系对, 包含两个相互作用星系IC 563和IC 564. IC 563和IC 564的中心坐标分别为(赤经 $RA_1 = 146.58479^\circ$, 赤纬 $DEC_1 = 3.04558^\circ$)、(赤经 $RA_2 = 146.58783^\circ$, 赤纬 $DEC_2 = 3.07137^\circ$). 中国国家天文台天文学家用兴隆的2.16 m望远镜进行观测, 2009年获得了它们在R波段的图像, 如下左图所示. IC 563中心的光谱如下右图所示.



- 5.1** 2009年他们只分配到两次观测时间，分别是四月和九月。问照片拍摄于哪个时间？（用英语写“Apr”或“Sep”）
- 5.2** 在照片中标出IC563和IC 564。
- 5.3** 求照片中这两个星系的红移。它们的红移可视为相等。
- 5.4** 中国国家天文台的天文学家们想要在下一年拍下IC 563/4的H α 波段图像，用来搜寻星系中或者星系周围的恒星形成区。国家天文台有一系列的窄带H α 透射滤光片，如下表所示（中心波长用速度的形式给出），选出最适于观测的滤光片。
- 5.5** 星系距离我们多少秒差距？两个星系间的投影距离为多少？

| 滤光片序号 | 最大透射率(%) | H α 波段红移峰值(km/s) |
|-------|----------|-------------------------|
| C1 | 80 | 0 |
| C2 | 78 | 2150 |
| C3 | 89 | 3600 |
| C4 | 78 | 6720 |
| C5 | 82 | 9006 |
| C6 | 81 | 11290 |
| C7 | 87 | 13570 |
| C8 | 78 | 15400 |
| C9 | 84 | 18600 |
| C10 | 84 | 20890 |

第十四届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

中国 杭州 2009年11月13日

6. (低年组) 行星的运动.

大多数时候，行星相对于背景恒星都是自西向东运动的。但有时候，它们会暂时改变运动方向，变成逆行。几周后，又变成顺行。今年在杭州观测到了一颗行星的视运动。表1给出了在观测那天，该行星在24小时内相对于背景恒星移动的角度(简写为ADRS)。观测日期用约化儒略日(约化儒略日=儒略日- 2400000.5)表示。负号表示行星的相对运动方向为从东向西。

6.1 绘图分别求解行星的“留”(at stationary point, 简写为STP)和“冲”(at opposition, 简写为OPP)是哪天(约化儒略日)。精确到一天。

6.2 行星冲日那天，它在24小时内相对于背景恒星移动的角度(ADRS)为多少？

6.3 根据第2问的结论，计算该行星的公转轨道半径，以天文单位(AU)为单位。假设地球和该行星的公转轨道都是正圆，并且该行星在黄道面上公转。

| Modified Julian Day | ADRS (degrees/day) |
|---------------------|--------------------|
| 约化儒略日 | 24小时移动角(°/天) |
| 54944 | 0.15 |
| 54965 | 0.1 |
| 54975 | 0.07 |
| 54989 | 0.03 |
| 55001 | -0.01 |
| 55014 | -0.05 |
| 55020 | -0.07 |
| 55032 | -0.1 |
| 55043 | -0.12 |
| 55055 | -0.13 |
| 55062 | -0.13 |
| 55074 | -0.12 |
| 55084 | -0.1 |
| 55092 | -0.08 |
| 55099 | -0.06 |
| 55109 | -0.03 |
| 55121 | 0.01 |
| 55133 | 0.05 |

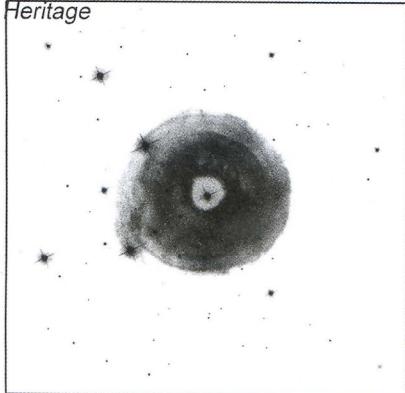
6. (高年组)回光.

一个突然增亮的天体(例如一颗新星)的初始闪光被它周围的星际尘埃(有的与该天体有关，有的没有)反射，形成回光(light echoes)。来自初始闪光的光线首先到达观测者，由尘埃反射的回光很快开始到达。麒麟座V838是一颗变星，在2002年3月9日(约化儒略日52342)被观测到发生了一次猛烈的爆发。之后的几个月，哈勃空间望远镜捕捉到了它周围的星际尘埃反射的回光。下图显示的是哈勃拍摄的两张照片，图中的黑框代表的视场是 $97'' \times 97''$ 。

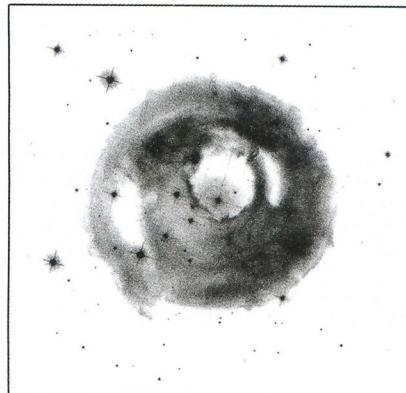
V838 Mon Light Echo

HST ACS/WFC

Hubble Heritage



May 20, 2002

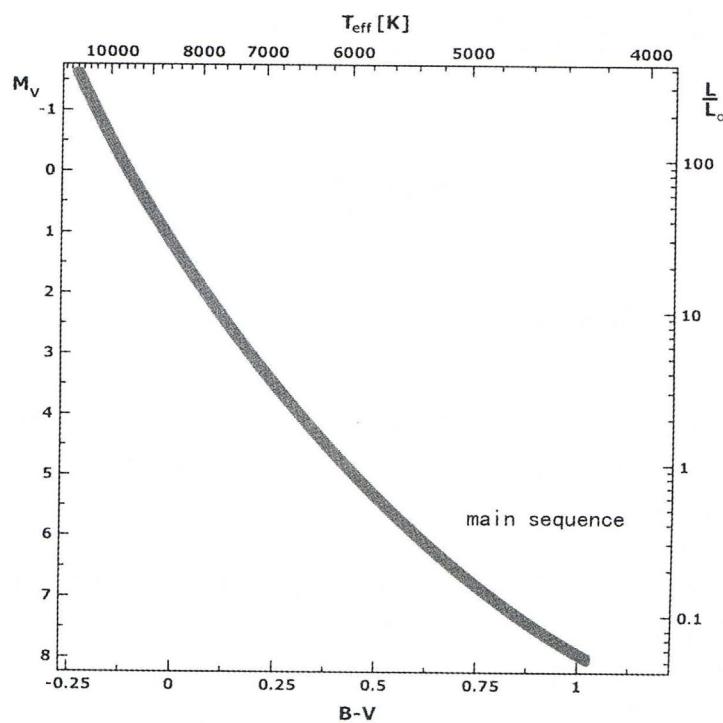


September 2, 2002

近来，天文学家发现麒麟座V838与在它附近的三颗主序星同属于一个疏散星团。下表列出了这三颗恒星的观测数据，其中 V 和 B 是 V 、 B 波段的视星等， V_0 和 B_0 是经过星际消光改正后的视星等。 M_V 是 V 波段的绝对星等。已知这个疏散星团在 V 和 B 波段的星际消光分别为 2.6 等和 3.44 等。

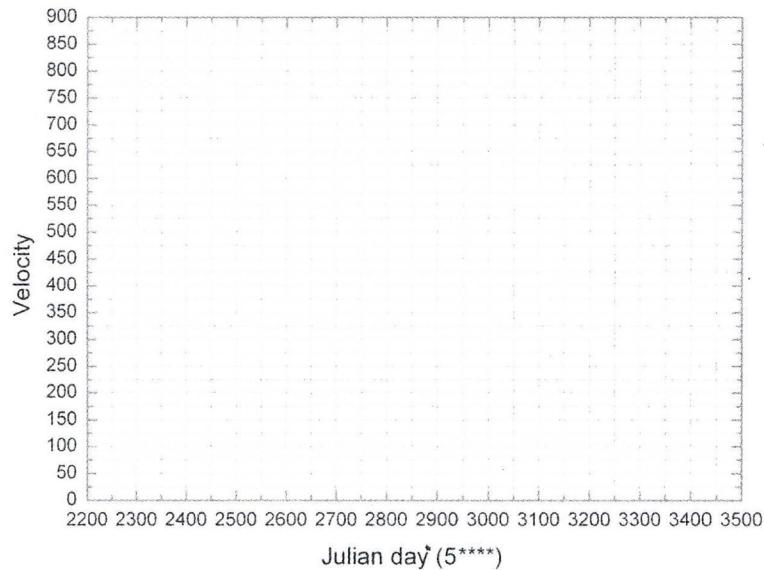
| Number | Spectral type | V | B | $B_0 - V_0$ | V_0 | M_V |
|--------|---------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| 编号 | 光谱型 | | | | | |
| N1 | B6 V | 16.02 | 16.73 | -0.15 | | |
| N2 | B4 V | 15.00 | 15.63 | -0.19 | | |
| N3 | B3 V | 14.79 | 15.41 | -0.205 | | |

6.1 根据所提供的赫罗图(见下图)和表中的数据，填写其中的空白。



6.2 上海天文台的一个天文学家提出了麒麟座V838的一个理论模型. 他发现它爆发后的壳层膨胀速度是随时间变化的, 变化情况列于下表. 将其中的数据在下面的网格图中画出来, 并且分别估算哈勃拍摄这两张照片时该恒星的壳层的角直径.

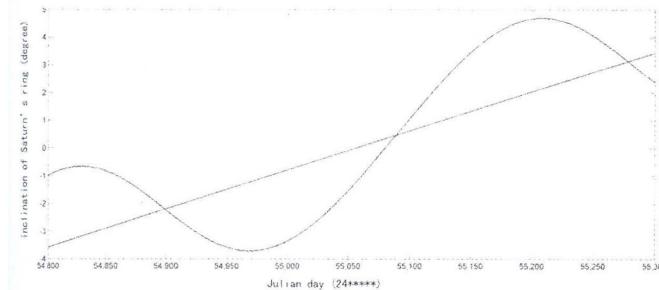
| 日期 | 速度 (km/s) | 日期 | 速度 (km/s) |
|-------|-----------|-------|-----------|
| 52351 | 800 | 52397 | 630 |
| 52421 | 560 | 52435 | 503 |
| 52467 | 432 | 52583 | 333 |
| 52676 | 305 | 52769 | 263 |
| 52825 | 227 | 52895 | 220 |
| 52988 | 200 | 53095 | 190 |
| 53174 | 180 | 53267 | 158 |
| 53351 | 150 | | |



6.3 根据哈勃的两张照片, 估算产生最外围回光的尘埃球壳的半径(即该回光尘埃离V838中心的距离).

7. 土星春分(The Vernal Equinox Day of Saturn).

今年的某一天, 土星迎来了自己的春分日. 北京天文馆的一个研究小组根据观测和计算, 得到了土星盘面与观测者视线方向的夹角随时间变化的数据, 结果画于图1(见下图), 横坐标为儒略日, 纵坐标为观测到的夹角的度数. 其中的曲线为北京天文馆的观测结果, 直线(几乎是直的)为太阳上的假想观测者的观测结果. 二者的差别是由于地球在绕太阳公转以及土星的公转轨道面与地球的公转轨道面存在夹角(为 $2^{\circ}29'$)所导致的.

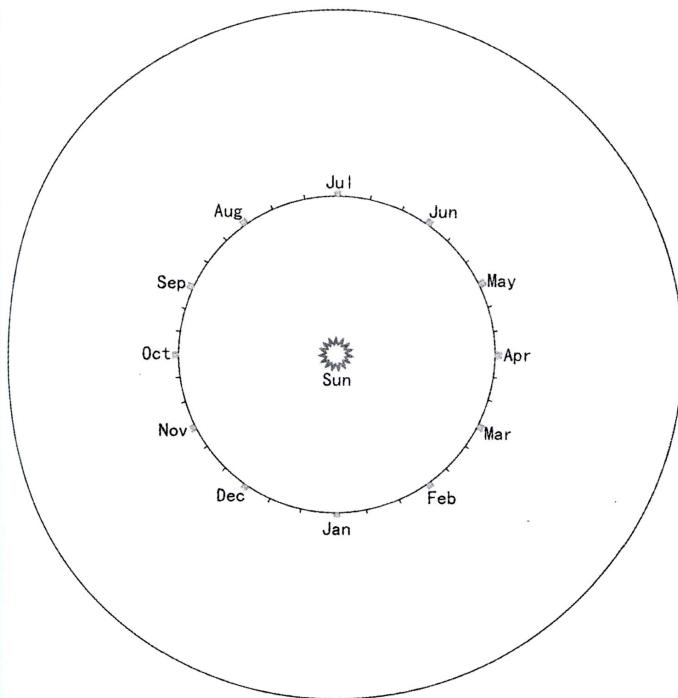


在2005年1月13日(儒略日 Julian day 2453383), 土星冲日. 已知土星的公转周期为29.46年, 它的赤道面与它的公转轨道面的夹角为 $26^{\circ}43'$. 假设地球与土星的公转轨道均为正圆, 土星的轨道半径为9.54天文单位(AU).

7.1 根出土星春分日是哪天, 给出儒略日数的取整值, 并在图上用“Spr”(春分)把这天标记出来.

7.2 根据图1, 估算北京天文馆和太阳观测者所能看到的土星盘面的倾角最大分别为多少度?

7.3 在下面的轨道图上画出土星春分日那天, 地球和土星所处的大概位置, 并标示出地球、土星和太阳之间的角度关系. 图中的内圆代表地球轨道, 外圆代表土星轨道(未按比例). Jan表示1月1日, Fcb表示2月1日, 依此类推.



7.4 土星春分那天, 地球与土星之间的距离为多少天文单位(AU)? 忽略土星公转轨道的倾角.

7.5 (仅高年组) 忽略土星的公转轨道倾角, 估算在同一时刻观测, 北京天文馆和太阳观测者看到的土星盘面的倾角之差最大为多少?

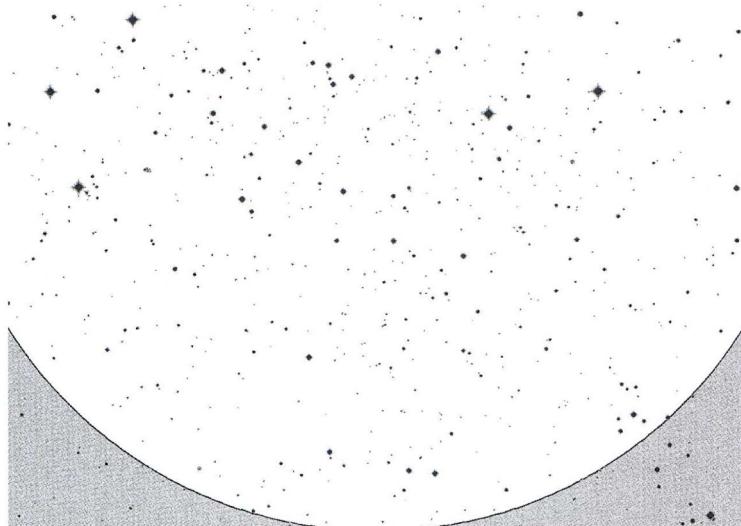
第十四届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

中国 杭州 2009年11月11日

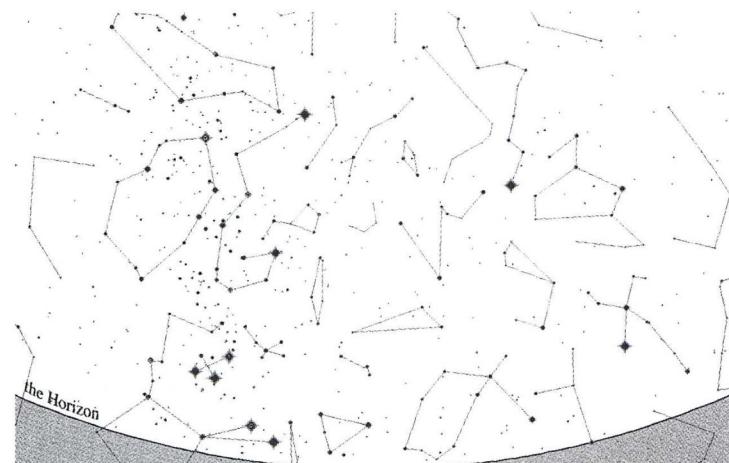
1.

- (1) 在星图1(见下图)上丢失了两颗亮星. 把它们添加上去, 标记为“x”.
- (2) 在星图1上用一个小“O”标出今晚木星的大概位置, 并在旁边写明“Jupiter”.
- (3) 在星图1所给出的视场里, 今天还能看到哪些行星?()
A.火星 B.土星 C.天王星 D.海王星



2.

- (1) 在地球上的什么地方, 能看到如下图所示的夜空? ()
A.北半球 B.南半球 C.赤道区域 D.A和B都对



- (2) 在图上, 用“A、B、C、D”标出下列星座的位置
A.南十字座 B.波江座 C.船尾座 D.船帆座
- (3) 在图上用圆圈(O)标出其中最亮的那颗星.

第十六届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

哈萨克斯坦 阿拉木图 2011年9月24日

提示：不一定所有的问题都是正确的题目。一些问题（可能是主问题，也可能是子问题）不一定合理。在此情况下你需要用英文指出它是不合理的。可以使用所提供的数据表进行解题。

1. (低年组) 恒星的观测

2008年6月16日用目视观测，所记录时间为世界时(UT). 一个观测者观测到一颗恒星经过天顶的时间为 $0^{\text{h}}18^{\text{m}}$. 在 $8^{\text{h}}17^{\text{m}}$ 时，它的地平高度为 $87^{\circ}12'$. 找出观测者所在的纬度.

1. (高年组) 太阳的辐射

请找出太阳每年因为它的辐射而损失的质量占其质量的百分比.

2. (低年组) 天文馆

天文馆是用一个小的光学系统来把一组星星投影在半球球幕上的设备. 具体的原理是：在遮光板上用不同孔径的洞来代表不同星等的星，当光通过遮光板并投影到球幕上时，大部分光被遮住（球幕上对应着黑的天空），而一小部分光则穿过这些小孔并投影在球幕上成像为星星.

例如，一个 0^{m} (0等)星在遮光板上对应的孔径为 $l_0 = 0.1 \text{ mm}$, 一直到 6^{m} 的星可以被投影出来. 已知投影光学系统的焦距为 $f = 25 \text{ cm}$. 该投影系统由16个单独投影仪构成. 哈萨克斯坦“Bobek”天文馆球幕的直径为 $2R = 10 \text{ m}$.

假设所有打有小孔的遮光板都被撤下，所有投影系统的光都被投射在了球幕上. 被照亮的整个半球幕的视星等是多少？在这种光照条件下能阅读报纸吗？

解题过程须有必要的公式与数值.

2. (高年组) 天文馆

天文馆是用一个小的光学系统来把一组星星投影在半球球幕上的设备. 考虑哈萨克斯坦“Bobek”直径为 $2R = 10 \text{ m}$ 的球幕天文馆，在光学投影系统中的遮光板上 0^{m} 星对应的小孔孔径为 $l_0 = 0.1 \text{ mm}$ （关于遮光板的用途请参照低年组的说明）.

2.1 请确定该光学系统物镜的参数（这里请自己决定哪些参数重要），如果我们想让坐在球幕天文馆中心的参观者看到的星星是个点（而不是圆面或星云）的话.

2.2 假设所有打有小孔的遮光板都被撤下，所有投影系统的光都被投射在了球幕上. 被照亮的整个半球幕的视星等是多少？在这种光照条件下能阅读报纸吗？

解题过程须有必要的公式与数值.

3. 火星日出

在国际天文奥林匹克竞赛中常见的北极熊对在地球上进行观测感到厌倦了，他来到了火星的北极来观测日出. 请计算北极熊在火星北极点所观测到的日出会持续多长时间. 解题过程须含一个北极熊在火星北极的图画，其中需包含必要的尺寸与角尺寸. 关于北极熊本身的信息请依靠你自己的记忆.

4. 木星图片

在一张拍摄于2009年10月19日的木星照片中，四个伽利略卫星之一的卫星和它在木星视面上的投影被拍摄到。照片拍摄时，木星在摩羯座的中心附近。

请找出该卫星轨道到木星表面的距离，确定该卫星的名称。题解过程应含有图示。题解和图示中须用英文标出该卫星的名称。

5. 木星消失

假设木星突然消失，木星的卫星都成为独立的天体。

5.1 四个伽利略卫星中的哪个(些)卫星在什么情况下会离开太阳系？

5.2 四个伽利略卫星中的哪个(些)卫星在什么情况下会落入太阳？

“哪个(些)卫星”和“在什么情况下须用图示画出(在木星消失时的相对位置)。”

题解应基于计算。题解和图示中须用英文标出卫星的名称。假设木星在消失前的轨道为圆。

图片

4. 木星图片



轨道参数. 太阳, 一些行星, 月球和木星伽利略卫星的物理性质

^{*)} В среднем противостоянии. ^{*)} In mean opposition.

一些常数和公式

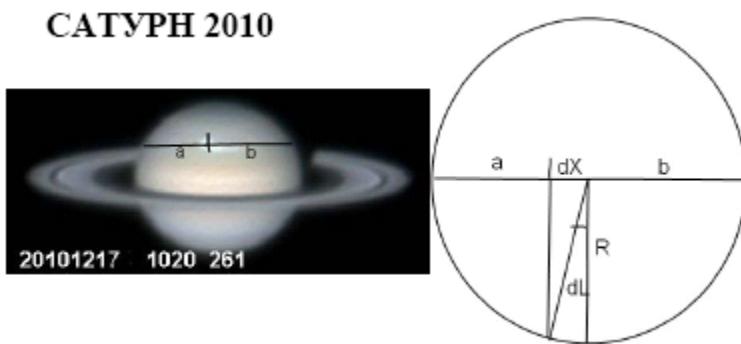
| | | |
|--|-----------------------------------|---|
| Скорость света в вакууме, c (м/с) | 299 792 458 | Speed of light in vacuum, c (m/s) |
| Гравитационная постоянная, G ($\text{Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$) | $6.674\cdot 10^{-11}$ | Constant of gravitation, G ($\text{N}\cdot\text{м}^2/\text{kg}^2$) |
| Солнечная постоянная, A ($\text{Вт}/\text{м}^2$) | 1367 | Solar constant, A (W/m^2) |
| Параметр Хаббла, H_0 (км/с/МПк) | 71 диапазон значений 50-100 | mean value Hubble parameter, diapason of values H_0 (km/s/Mpc) |
| Постоянная Планка, h (Дж·с) | $6.626\cdot 10^{-34}$ | Plank constant, h (J·s) |
| Заряд электрона, e (Кл) | $1.602\cdot 10^{-19}$ | Charge of electron, e (C) |
| Масса электрона, m_e (кг) | $9.109\cdot 10^{-31}$ | Mass of electron, m_e (kg) |
| Соотношение масс протона и электрона | 1836.15 | Proton-to-electron ratio |
| Постоянная Фарадея, F (Кл/моль) | 96 485 | Faraday constant, F (C/mol) |
| Магнитная постоянная, μ_0 (Гн/м) | $1.257\cdot 10^{-6}$ | Magnetic constant, μ_0 (H/m) |
| Универсальная газовая постоянная, R (Дж/моль/К) | 8.314 | Universal gas constant, R (J/mol/K) |
| Постоянная Больцмана, k (Дж/К) | $1.381\cdot 10^{-23}$ | Boltzmann constant, k (J/K) |
| Стандартная атмосфера (Па) | 101 325 | Standard atmosphere (Pa) |
| Постоянная Стефана-Больцмана, σ ($\text{Вт}/\text{м}^2/\text{К}^4$) | $5.670\cdot 10^{-8}$ | Stefan-Boltzmann constant, σ ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}^4$) |
| Константа смещения Вина, b (м·К) | 0.002897 | Wien's displacement constant, b (m·K) |
| Лабораторная длина волны $\text{H}\alpha$ (Å) | 6562.81 | Laboratory wavelength of $\text{H}\alpha$ (Å) |
| Длина тропического года, T (сут) | 365.242199 | Tropical year length, T (days) |
| Показатель преломления воды при 20°C, n | 1.334 | Refractive index of water for 20°C, n |
| Момент инерции шара | $I = \frac{2}{5} MR^2$ | Moment of inertia of a solid ball |
| Площадь сферы | $S = 4\pi R^2$ | Area of sphere |
| π | 3.14159265 | π |
| e | 2.71828183 | e |
| Золотое сечение, φ | 1.61803399 | Golden ratio, φ |

第十六届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

哈萨克斯坦 阿拉木图 2011年9月27日

6. (低年组) 土星2010



你被提供了一系列的土星照片. 请找出土星的自转周期, 并找出于2010年12月8日在土星大气层上出现的北部大扰动(GND)的运动速度和方向.

- 6.1 请使用2010年12月13日的两张照片来确定土星的自转周期, 这个计算应基于GND角度的变化.
- 6.2 请使用GND核心的所有图像资料, 画出GND核心的经度 L 随时间 t 的变化曲线, 时间 t 应用小时为单位, 并设第一张照片的时间为零点($t = 0.0$ h). 该曲线的斜率须体现GND的运动方向及角速度, 请标出.
- 6.3 请确定在GND所处纬度处 $R = (a + b)/z$ 的数值(以千米为单位), 并利用经度变化曲线($L-t$ 图)来确定GND核心所处纬度处的线速度.

你可以忽略土星赤道与视线方向(地球-土星)间的倾角. 在照片中向上的方向为北, 土星的赤道半径为 $R_0 = 60266$ km. 从北极上方看, 土星做逆时针旋转, 或者说在照片中从左向右运动.

图片中的相关数据: 2010, 12月, 日期, 时间(UT)(时, 分), 及LCM(行星坐标的中央子午经度).

在所提供的的图示中, 你能看到一个从北极上向下看的示意图, R 是GND所在纬度处的半径, 显然 $R < R_0$.



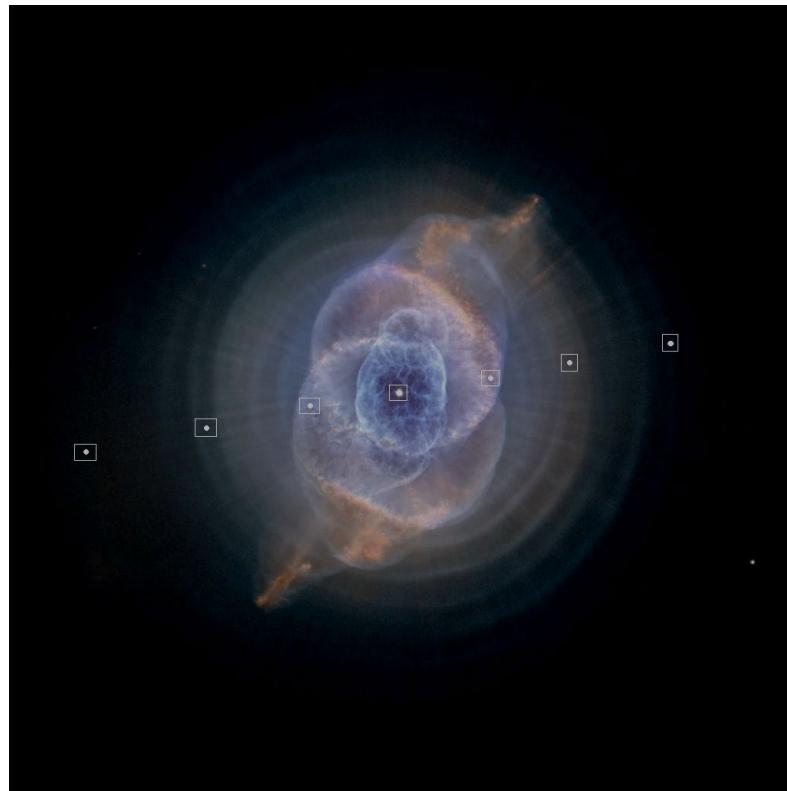




6. (高年组) 行星状星云

表中的数据是行星状星云NGC 5643的氢光谱线[$\lambda_0 = 6562.81 \text{ \AA} (\text{H}\alpha)$]的波长测量结果。(照片中的各测量点的数据在另一张纸上). 请画出各点视向速度随赤纬 δ 的关系曲线，并请画出每点的运动方向. 假设表中星云边界处的数据代表星云的真正边界，请计算星云作为整体的视向运动速度(靠近或远离我们)，以及星云扩张的速度.

| δ | +66° 34' | +66° 35' | +66° 36' | +66° 37' | +66° 38' | +66° 39' | +66° 40' |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda, \text{\AA}$ | 6563,17 | 6562,80 | 6562,68 | 6562,40 | 6562,65 | 6562,77 | 6563,16 |



7. 太阳系外行星

最近天文学家发现了一个几乎不反射光线的“热木星”类系外行星. 它的质量相当于木星质量的12倍，轨道半径为0.036 AU，轨道周期为2.47天. 该行星的测量数据由开普勒探测器获得，它自2009年3月发射以后一直在连续地监测天鹅及天琴座附近的天区. 它不仅能发现气体大行星，还有能力探测到类似于地球一样的行星. 最近研究发现，系外行星有能力对其母恒星产生巨大的潮汐作用并显著地影响母恒星的光谱参数，从这一现象的观测中天文学家已经确定了该行星的公转轨道为圆轨道.

在所提供的图中，该恒星-行星系统的辐射流量和相位关系图被呈现，(相位 ϕ 以弧度表示)，辐射流量归一至它恒星的辐射流量.

7.1 在凌过程中有4个“contacts”(接触点), 指的是小天体的外轮廓线和大天体外轮廓线的接触点(与日全食中的4个接触点类似). 4个“contacts”以以下的顺序发生:

- First contact: 小天体完全在大天体之外并开始移入.
- Second contact: 小天体已完全进入大天体, 并继续向内移动.
- Third contact: 小天体完全在大天体之内, 并开始移出大天体.
- Fourth contact: 小天体完全在大天体之外, 并开始远离大天体.

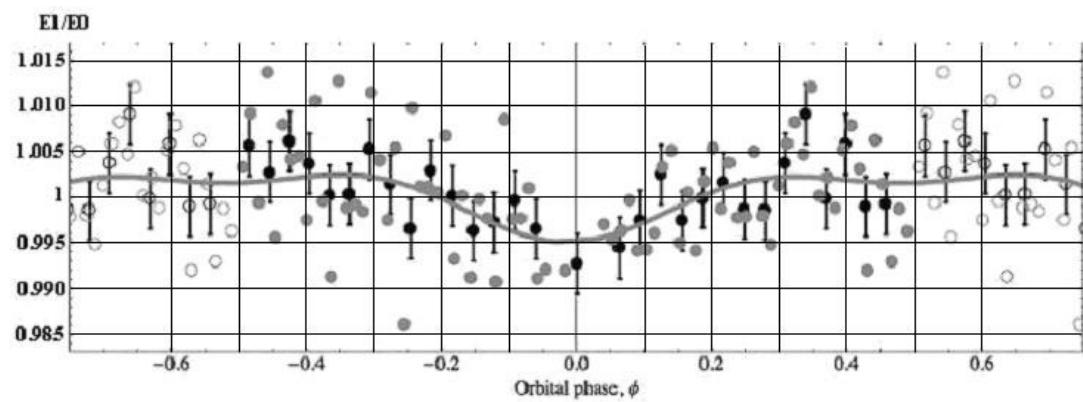
请在所给图中标出这4个接触点, 并在题解本上写出4个点相对应的相位值.

7.2 请确定食的时间长度.

7.3 请确定该行星轨道面的倾角. (参考平面是垂直于视线的平面).

7.4 请计算该恒星的半径.

7.5 请计算该行星的半径.



第十六届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

哈萨克斯坦 阿拉木图 2001年9月25日

提示：星座必须以拉丁字母写出。你会被提供手电和表。

1. 请把木星放入望远镜视场中央，并让监考人检查。并画出观测时木星卫星的位置。
2. 请计算飞马座 α (α Peg)的时角和它在地平坐标系中坐标(地平高度与方位角)，并写在纸上。
3. 请画出天鹅座的8个主要亮星，并用阿拉伯数字(1, 2, 3, . . .)标出，1是最亮的星，8为最暗的星。
4. 你使用的望远镜中的目镜焦距 $f = 10$ mm，请计算望远镜的视场大小。

你共有20分钟的时间。

第十七届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

韩国 光州 2012年10月18日

说明

不一定所有题目都是正确的试题，一些题目(主问题或子问题)可能是不现实或不可能出现的。在这种情况下，请在解题时用英文“impossible situation”注明。

1. 金星凌日

在2012年6月6日，发生了不常见的天文现象——金星凌日。下一次的金星凌日将在2117年发生，请计算那一次凌日的日期。(不经计算的答案将不被视为解答)

2. “假金星”凌日

在2012年，发生了金星凌日这个不常见的天文现象。假设某人不理解这一现象，没有把这一现象与真正的金星凌日联系起来，而认为这是由一个地球的卫星(被称为“假金星”)所产生。假设该卫星围绕地球的轨道为正圆。求出该“假金星”的轨道半径以及该天体本身的直径。地球本身的自转效应可以被忽略(即可把地球本身视为一个点)。

3. 老人星

韩国有个古老传说：如果你能三次看到老人星的话，你就是一个幸运的人，能活很长时间。以前，老人星能被很明显地看到，即使在如今，有时在韩国也能观测到老人星。假设你在最理想的观测条件下从韩国济州岛的南海岸观测，请估算老人星的视星等。

该岛的经纬度范围是：北纬 $33^{\circ}11'N \sim 33^{\circ}34'N$ ，东经 $126^{\circ}09'E \sim 126^{\circ}57'E$ 。请利用你所知道的相关知识。

4. (低年组) 火星上的恒星

如你所知，去年北极熊(曾在以往的IAO中多次现身)来到了火星做天文观测，现在它的朋友企鹅也来到了火星。在同一时间，北极熊和企鹅分别在各自的天顶看到了老人星和天狼星。请估算两个动物在火星表面上的距离，进一步估算北极熊所看到的天狼星的地平高度。解答中需包含一个北极熊和企鹅在火星上的图画，其中应含相关的尺寸与角度，并使用关于北极熊和企鹅的相关信息。

4. (高年组) 牛郎星

请估算恒星牛郎星的密度

5. (低年组) 金星与地球

在金星上观测(确切地说是在它的大气层外观测)，地球与金星的黄道间能被看到的最大角距离是多少？假设行星的轨道为正圆。

5. (高年组) 金星与地球

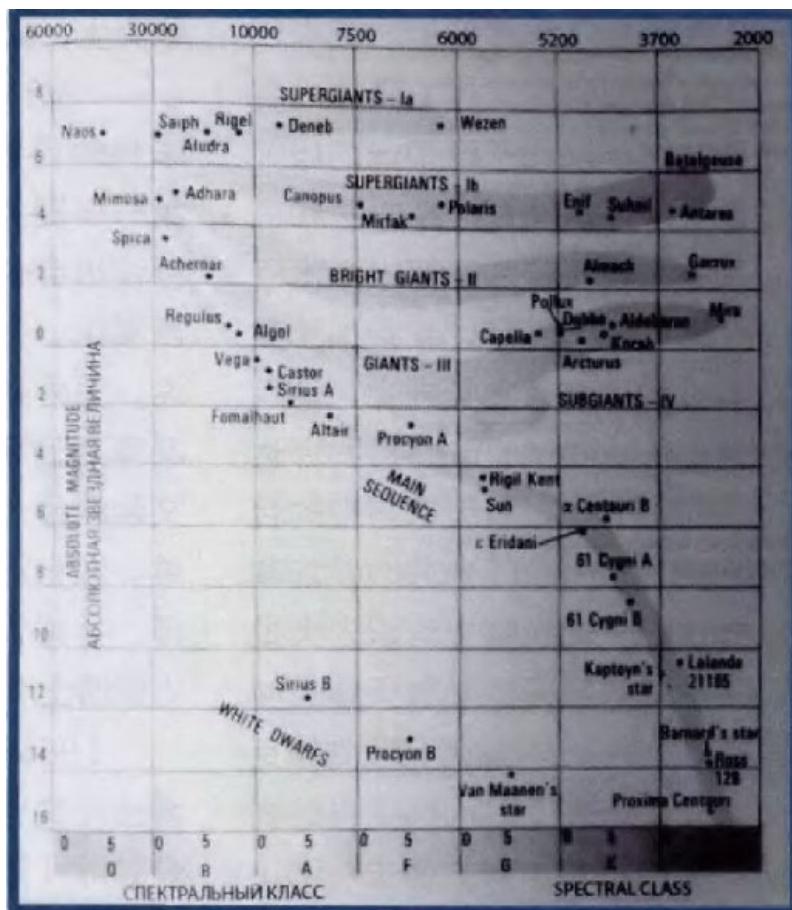
在金星上观测(确切地说是从它的大气层外观测)，地球与金星的黄道间能被看到的最大角距离是多少？并请估算在这一情形下地球的视星等。假设行星的轨道为正圆。

6. (低年组) 视差

在我们所处的星系空间，恒星间的平均距离约为6光年。假设我们用干涉仪来测视差，设备的测量精度(或误差)为 ± 0.001 角秒，那我们星系中有多少颗恒星的视差可以被该干涉仪测量出来？

6. (高年组) 遥远星系

天文学家在地球的天空上发现了一个遥远星系，它乍看起来与 ε Eri星类似，有着一样的颜色，但是比 ε Eri暗1000倍。假设该星系只由和太阳一样的恒星组成，请估算该星系所含恒星的数目。



| | RA | DEC | <i>p</i> | <i>m</i> | SC | Macca mass |
|-------------------|---|------------|----------|--------------------|----|-----------------|
| ε Eri | 03 ^h 32 ^m 56 ^s | -09°27'30" | 0''.311 | 3 ^m .74 | K2 | $0.82M_{\odot}$ |

第十七届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

韩国 光州 2012年10月21日

7. 火流星

在三个观测站(I、II、III)观测到了一个火流星。表1中给出了观测站的位置、火流星轨迹起始位置的地平高度和方位角。方位角是从北点开始沿顺时针方向测量的。地平高度从地平线起算。这两个角度采用的都是度分秒制。根据下面的步骤，找出火流星的轨迹，并得出火流星碎片(陨石)降落在地球表面的位置。

表1 火流星观测数据

| 观测站位置 | | | 起点(A) | | 终点(B) | |
|-------|---------|--------|-------|------|-------|------|
| | 经度 | 纬度 | 方位角 | 地平高度 | 方位角 | 地平高度 |
| I | 127.3°E | 35.7°N | 17° | 35° | 77° | 10° |
| II | 128.5°E | 37.0°N | 235° | — | 139° | — |
| III | 128.5°E | 35.4°N | 325° | — | 48° | — |

- (1) 给你一张坐标纸，标出三个观测站(I、II、III)，画出在地表观测到的火流星的飞行轨迹。
- (2) 计算火流星轨迹起点(λ_A, ϕ_A)、终点(λ_B, ϕ_B)的经纬度以及轨迹在地表投影的长度 L 。
- (3) 计算火流星轨迹起点终点相对地表的高度 h_A, h_B 。
- (4) 如果有陨石穿过大气层落到地表，在哪能找到它？计算陨石落地点的经纬度(λ_C, ϕ_C)。

8. (低年组) 月球

韩国天文与空间科学协会每年出版一期韩国天文年鉴。现在提供给你一份摘自2012韩国天文年鉴中的天文表格，显示了月亮在当地上中天的时间。(参见附表，你可以在空白的单元格里填上必要的内容。)

| 日期 | 月亮上中天 | | 日期 | 月亮上中天 | | 日期 | 月亮上中天 | |
|-----|-------|--|-----|-------|--|-----|-------|--|
| 3.2 | 19:40 | | 4.1 | 20:02 | | 5.1 | 20:20 | |
| | | | | | | | | |

我们还为你提供了一张坐标纸来画月相。

- (1) 找出2012年4月里，月球距离地球最近的日期；
- (2) 找出2012年3月里，月球距离地球最远的日期；
- (3) 坐标纸中画出了月球的偏心轨道，地球位于中心点。请用“×”符号标记出4月19日和4月23日的月球的位置。(用脚注A19和A23)
- (4) 计算7月1日月球(α_{Moon})和太阳(α_{Sun})的视角直径之比。
- (5) 在坐标纸上画出月球绕地球旋转的同步轨道。

8. (高年组) 星团

根据移动星团方法，测得毕星团的距离为45秒差距。这个疏散星团是一个很重要的标准烛光，我们可以根据它来测得其他星团的距离。然而，由于星际介质会吸收光线，使得恒

星会变暗、红化，为此我们引入星际消光 A_V 和红化 $E(B - V)$ 这两个可以通过星等测量的参数。真实距离模数可以根据下列关系式得出： $m - M = 5 \lg d - 5 + A_v$ 。

A_V 和 $E(B - V)$ 之间的经验关系是： $A_V = 3 \times E(B - V)$ 。表I和表II中给出了两个疏散星团——毕星团和NGC 2682中的恒星的测光数据。

- (1) 在坐标纸上画出毕星团和NGC 2682的颜色星等图。在图中画出每个星团的主序带。
- (2) 在坐标纸上画出毕星团和NGC 2682的颜色-颜色图。
- (3) 假设毕星团的星际红化可以忽略不计，推导NGC 2682的星际红化 $E(B - V)$ 。
- (4) 判断NGC 2682的距离。
- (5) 计算每个星团主序拐点恒星的绝对星等和色指数 $(B - V)$ 。
- (6) 哪个星团更老？

第十八届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

立陶宛 维尔纽斯 2013年9月8日

1. (低年组) Moletai的恒星升起

在Moletai的观测者记录到一颗恒星2013年9月8日在02:54上中天, 05:45下落. 不考虑地平线的不规则性.

- (1) 在2013年9月9日, 该星将在何时升起?
- (2) 近似地说, 你将在什么方向看到该星升起? 选择以下答案: 北方、东北、东方、东南、南方、西南、西方. 并画一张示意图.

1. (高年组) RadioAstron项目

这是由俄罗斯空间中心主导的一个国际项目. 在2011年7月18日, 一颗名为“Spektr-R”的卫星携带一个直径10米的空间射电望远镜被发射到绕地球的椭圆轨道上. Spektr-R可与地面望远镜一起, 组成一个干涉仪. RadioAstron项目的工作波段为标准的射电波段: 波长为1.19~1.63 cm (K波段), 6.2 cm (C波段), 18 cm (L波段), 以及92 cm (P波段). 现在Spektr-R在一个很扁的轨道上以8.3天的周期绕地球运行, 近地点离地表600 km.

- (1) 估算RadioAstron的最大分辨能力: 分辨率, 用角秒表示. 画一张示意图来说明什么时候此干涉仪系统的分辨能力最大.
- (2) 如果观测目标位于Spektr-R卫星的长轴方向, 估计此时的观测分辨率为多少? 同样画一张示意图.

2. (低年组) Gliese 581g

这个位于恒星系统Gliese 581中的天体是迄今发现最像地球的系外行星, 并极可能孕育基于蛋白质的生命. 估计Gliese 581g的轨道周期, 考虑圆轨道. 可能用到的数据见表1.

| | | RA | DEC | <i>p</i> | <i>m</i> | SC | macca mass |
|------------------|----------------------|---|----------------------|----------|--|------|-----------------------------|
| Sun | ⊕ | 0 ^h –24 ^h | -23°26' – +23°26' | 8''.794 | vis -26 ^m .74 bol -26 ^m .82 | G2 | 1 <i>M</i> _⊕ |
| Proxima Centauri | V645 Cen, α Cen C | 14 ^h 29 ^m 43 ^s | -62°40'46" | 0''.769 | 11 ^m .05 | M5.5 | 0.123 <i>M</i> _⊕ |
| Alpha Centauri | α Cen A B | 14 ^h 39 ^m 37 ^s | -60°50'02" | 0''.747 | -0 ^m .01 | G2 | 1.1 <i>M</i> _⊕ |
| | | 14 ^h 39 ^m 35 ^s | -60°50'14" | | 1 ^m .34 | K1 | 0.9 <i>M</i> _⊕ |
| Beta Centauri | β Cen | 14 ^h 03 ^m 49 ^s | -60°22'22" | 0''.009 | 0 ^m .61 | | |
| Epsilon Eridani | ε Eri | 03 ^h 32 ^m 56 ^s | -09°27'30" | 0''.311 | 3 ^m .74 | | |
| Gliese 581 | HO Lib | 15 ^h 19 ^m 27 ^s | -07°43'20" | 0''.16 | vis 10 ^m .57 bol 8 ^m .0 | M3V | 0.31 <i>M</i> _⊕ |

表1

2. (高年组) Gliese 581g

这个位于恒星系统Gliese 581中的天体是迄今发现的最像地球的系外行星，并极可能孕育基于蛋白质的生命。

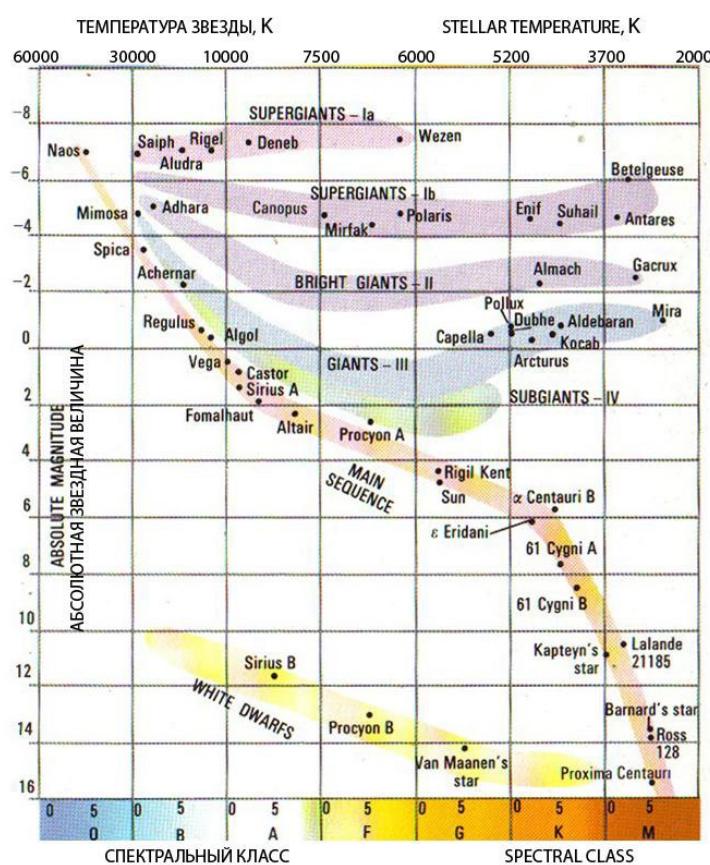
- (1) 估计Gliese 581g的轨道周期，考虑圆轨道。
- (2) 假设Gliese 581上有智慧生命，该文明使用射电波。利用RadioAstron观测，有没有可能确定该行星的直径大小？回答Yes或No，给出计算过程。

3. (低年组) 从Gliese 581g上观测

- (1) 此时我们太阳的视星等为多少？
- (2) 太阳大约位于哪个星座？(可能用到的数据见表1)

3. (高年组) 从Gliese 581g上观测

- (1) 我们太阳的视星等为多少？
- (2) 在此行星上观测，太阳大致位于哪个星座？
- (3) 在此行星上观测，恒星Gliese 581的视直径大约为多少？



4. 18世纪正午

Dubingiai (本次考试地)是离第18届IAO举办地最近的小镇。在科学史上存在过不同的计量单位系统，这道题目就是要使用历史上的量度单位(现在已废弃)。

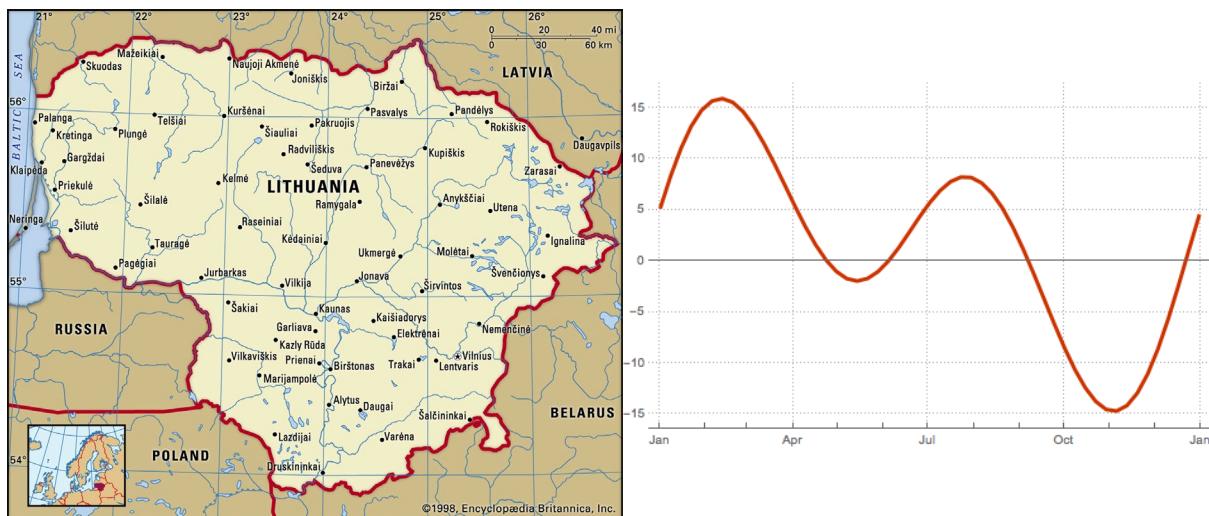
- (1) 分别计算在以下季节里，在18世纪末期，正午时刻Dubingiai郊区领地每单位面积接收到的太阳能量：冬季、春季、秋季、夏季。答案只能用当时这一地区曾使用过的单位给出，即：马力每平方俄里(俄里, verst, 简写为vrst)。
- (2) 估算当时照射在一匹当地的马上的太阳能量，答案所用单位同上。这个答案在哪些方面让你感到惊讶？

注: 马力(hp)为功率单位, $1 \text{ hp} = 735.49875 \text{ W}$. 十八世纪末当地使用的各种计量单位及其换算关系: 1 arshin(arsh) = 0.711187 m, 1 span(sp) = 1/4 arshin, 1 vershok(vrsh) = 1/4 span, 1 sajene(sj) = 3 arshin, 1 verst(vrst) = 500 sajene

5. 21世纪正午

我们知道, 立陶宛(图2)在冬天使用UT+02, 夏天使用UT+03时区, 计算并给出结论:

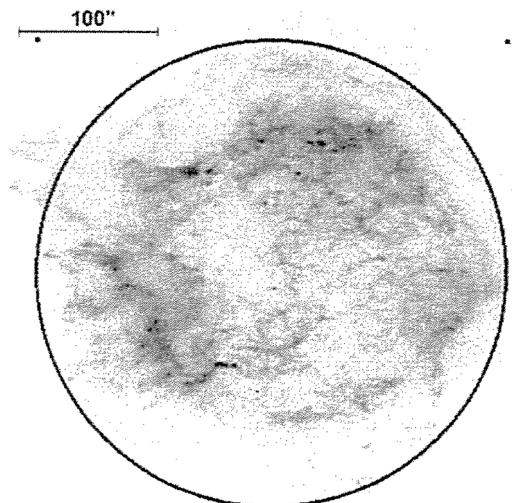
- (1) 在立陶宛有没有哪些地方, 在今天(2013.9.8), 当当地居民的手表显示正好为12:00时, 太阳恰好位于正南方? 写出Yes或No, 并用数值计算解释.
- (2) 更广泛地, 在一年的其他日子, 有没有这样的地方? 写出Yes或No, 如果为Yes, 算出日期, 如果为No, 计算说明原因. (*注: 太阳常数 $A = 1367 \text{ W/m}^2$, 可能用到的数据请见图2、图3)



6. 超新星遗迹(SNR)

“钱德拉”X射线空间望远镜获得了距离为 $d = 3400 \text{ pc}$ 的超新星遗迹天鹅座A (Cas A)的照片. 下图为此图的负片. SNR的边界用圆圈表示, 比例尺在图片的左上角. 靠近中心的小点是一颗中子星——爆发恒星的残留核心, 圆圈外的小矩形可用于确定圆的中心. 设超新星爆发时释放的能量约为 $E = 10^{46} \text{ J}$, 其中的1%用来驱动超新星遗迹的膨胀. SNR中的物质的平均密度约为 10^{-21} kg/m^3 .

- (1) 估计SNR Cas A 的年龄.
- (2) 计算中子星从超新星遗迹中心弹射出去的平均速度.



第十八届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

立陶宛 维尔纽斯 2013年9月11日

7. (低年组) 小行星

分析一个近地小行星的观测数据。相距3172 km的两个天文台的天文学家拍摄了某一天区的CCD图像，以搜寻近地小行星。1号天文台的两张图像是在同一个夜晚的世界时4h53m和世界时7h16m拍摄的(图7.1和7.2, 图片为负片)。接下来的两张图片是1号和2号天文台在同一夜同时拍摄获得的(图7.3和7.4, 图片为负片)。四张照片的比例尺一致，具体的比例尺可以参考图7.1的标识。

- (1) 认证并标记给定图像中的小行星。
- (2) 测量1号天文台影像中小行星位置变化角度(单位：角秒)，并计算它的角速度(单位：角秒/秒)。
- (3) 测量小行星的视差(单位：角秒)，计算其到地球的距离。
- (4) 计算小行星的切向速度(垂直于视线方向的线速度)

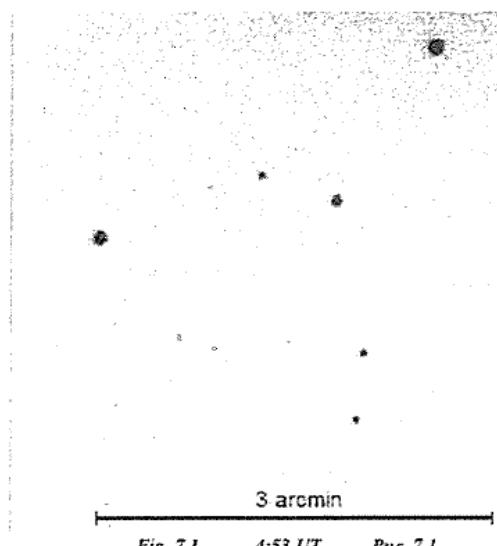


Fig. 7.3. Observatory 2 Puc. 7.3.

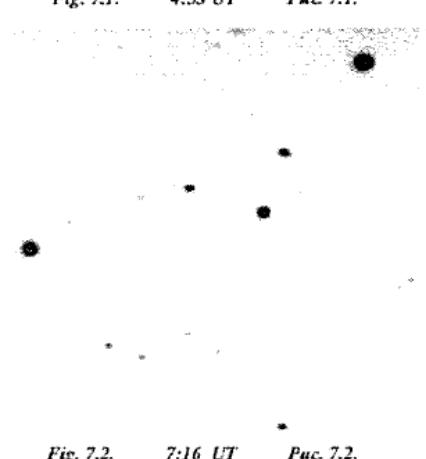


Fig. 7.2. 7:16 UT Puc. 7.2.

Fig. 7.4. Observatory 1 Puc. 7.4.

(注：为了测量小行星的位置差异，考试时提供了透明板)

7. (高年组) 星系NGC 4214的距离

爆发的新星经常被用于测量距离，是因为他们最大亮度时刻的绝对星等与它们亮度衰减的速率有关。简化的星等最亮时刻绝对星等和亮度衰减速率的关系可以用下面这个公式表达： $M_{V\max} = a + b \lg t_2$ 。其中 a 、 b 为常数，可以通过观测一定数量的银河系新星来确定， t_2 为衰减速率，相当于新星由极大亮度衰减两个星等所需时间，这个值可以从新星的光变曲线中推知。

- (1) 利用表格1，确定常数 a 、 b 计算的结果请写在表格1a中，并在图1a中作图，确定常数 a 、 b
- (2) 利用你获得的表达式和一个新星的测光数据(爆发于星系NGC 4214，表格2)，计算这个星系的距离。你需要在图2a中绘制出新星的光变曲线。

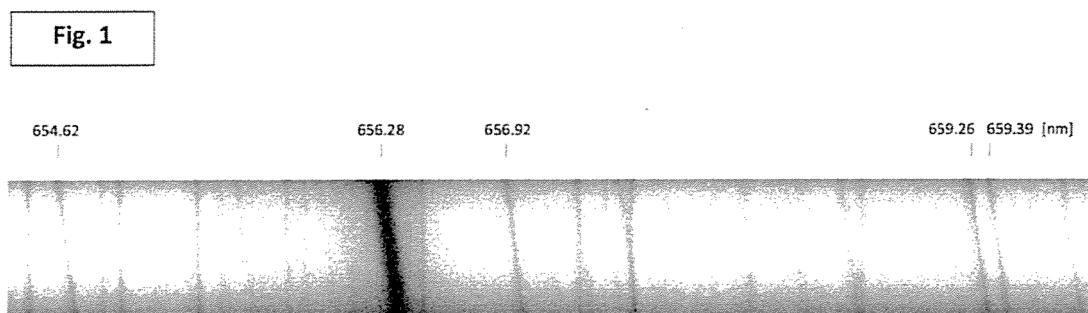
表格1：第一栏为新星的编号；第二栏为用儒略日表示的新星最大亮度时刻 T_0 ；第三栏为新星最大视星等 $m_{V\max}$ ；第四栏为衰减速率 t_2 ，相当于新星由极大亮度衰减两个星等所需时间，单位为天；第五栏是新星膨胀的壳层的角半径 θ ，单位为角秒；第六栏为新星壳层角半径的测量时刻 T ，用儒略日表示；第七栏为新星的壳层膨胀速率 v ，单位为千米/秒；第八栏为新星方向的星际消光 A_V 。

表格2：第一栏为观测时刻，用儒略日表示；第二栏为超新星视星等；

8. 木星

分析木星和其卫星的观测数据。木星和其卫星的观测数据在下面给出，你的答案(测量值、计算结果、所用公式)须在相应的表格中写出。

A. (高年组) 自转速度.



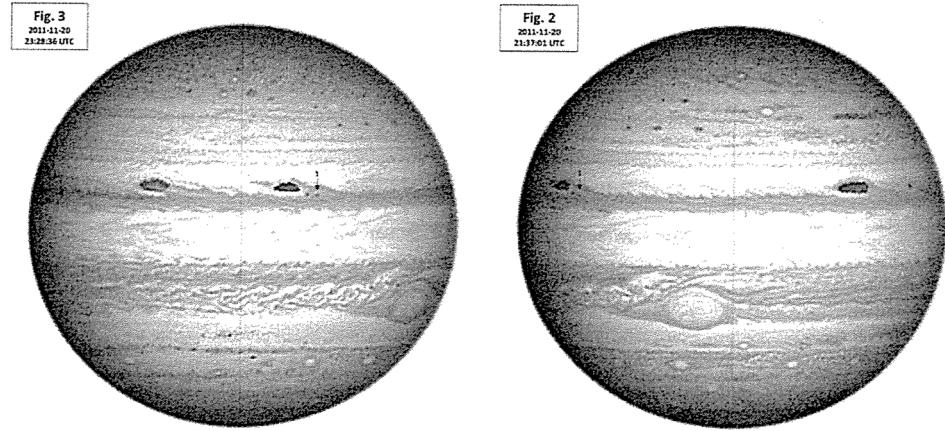
这张木星光谱(Fig.1)是在狭缝和木星赤道对齐的情况下拍摄的。几条已认证的谱线波长(λ)已经标记了出来。因为木星自转，反射的太阳光受到了多普勒效应的影响，一些谱线有所展宽(这是因为被木星向后转的部分反射出来的光有红移，而向前转的部分有蓝移)。光谱中没有展宽的谱线是在地球大气中形成的。

- A.1.** 估计给定的谱线间隔的平均比例尺(N)，单位为nm/mm。
- A.2.** 测量展宽谱线的两端间隔($d\chi$ ，单位为mm)，并将其转换为波长的间隔($d\lambda$ ，单位为nm)。请你对三条谱线做同样的工作。
- A.3.** 根据每条被测量的谱线，计算木星赤道处的自转线速度(v_r)，最终求出速度平均值(v_r_avg)。

A. (低年组) 如下图所示，木星赤道处自转线速度 $v_r = 12.6$ km/s。

B. 自转周期和半径。

Fig.2和Fig.3为两张木星的CCD图像，其中的垂直线标记了木星自转轴的方向(我们假定它垂直于视线方向). 木星的自转周期可以由其赤道附近表面的稳定大气特征的水平位移推测.



B.1.两张照片的时间间隔为多久?

B.2.图中已经标记出了一个适合测量的大气特征(已标记为1)，请你再选择并标记两个，分别用2、3标记出来.

B.3.在两张图片中，测量从中央垂线到已标记特征的距离(相应地用 x_1 , x_2 表示)和中央垂线到同纬度的木星边缘的距离(L_x).

B.4.计算每个特征的自转角度(ϕ).

B.5.计算自转角的平均值(ϕ_{avg}).

B.6.计算自转周期(P_{J_e})，单位为小时.

B.7.计算木星的赤道半径(R_e)，单位为千米.

C. 质量和密度.

Fig.4-6展示的是在2011年9月连续五个夜晚获得的三个木卫的观测数据. 这些图片的横轴代表观测时间，从观测开始为起点，单位为小时；纵轴表示不同时刻卫星距离木星中心的角距离，单位为角秒. 在某些时刻，木星的赤道半径也已经给出，单位为角秒.

C.1.估计木星每颗卫星的公转周期(P_m)，单位为小时.

C.2.估计木星每颗卫星的轨道半长轴(a)，单位为木星的赤道半径(a_{J_e})，并把它换算成米.

C.3.分别利用你对每一颗卫星的的测量结果，计算木星质量(M_J).

C.4.计算木星质量的平均值(M_J_avg).

C.5.从木星图片估计木星极半径和赤道半径的比值(R_p/R_e).

C.6.计算木星的平均半径(R_J_avg).

C.7.计算木星的密度(ρ_J).

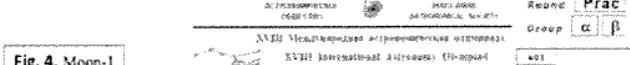


Fig. 4. Moon-1

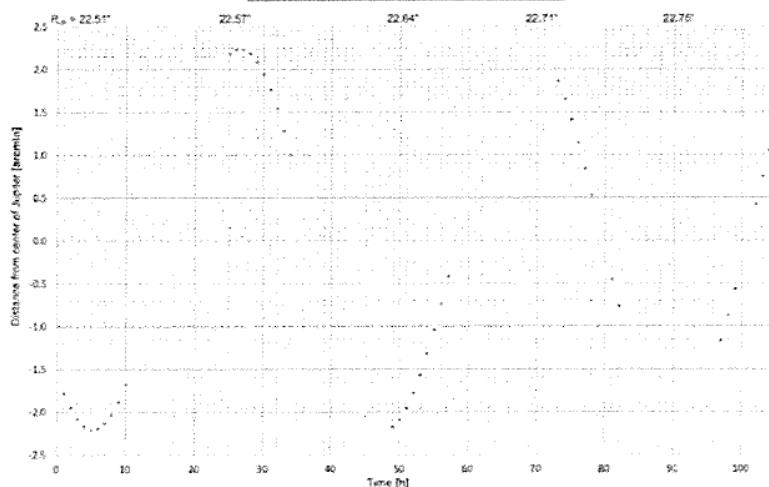


Fig. 5. Moon-2

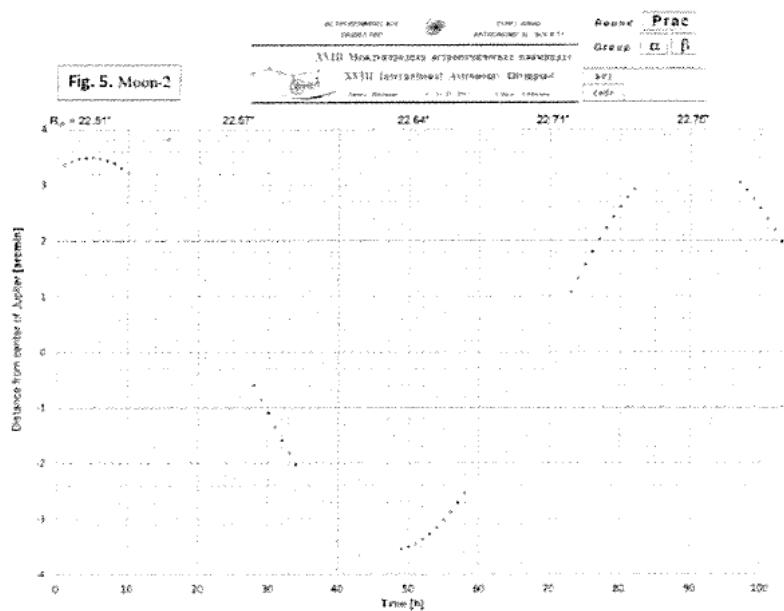
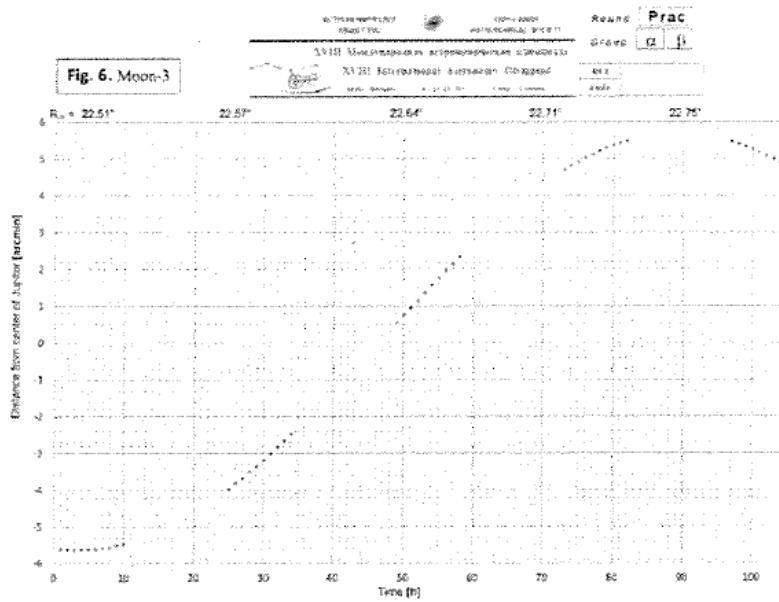


Fig. 6. Moon-3



第十八届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

立陶宛 维尔纽斯 2013年9月9日

所有项目合计总时长20分钟.

裸眼观测环节

9. 寻找到符合以下要求的天体:

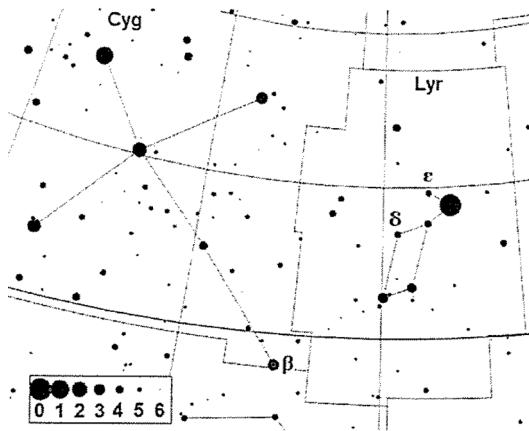
- 这个天体是所在星座第二亮的恒星;
- 这个天体距离北极星(α UMi, 小熊座 α)大约有 28° ;
- 这个天体的赤道座标为: RA 11^{h} , DEC $+62^\circ$. 回答下列问题:
 - (1) 这个天体的拜耳名(如 β Ori)是什么?
 - (2) 用拉丁文写出这个天体所在星座的名字.

10. 织女(α Lyr, 天琴座 α)和天津四(α Cyg, 天鹅座 α)之间的角距离是多少?

11.

- (1) 写出右枢(α Dra, 天龙座 α)的地平坐标.
- (2) 写出辅(距离 ζ UMa很近)的天顶距.

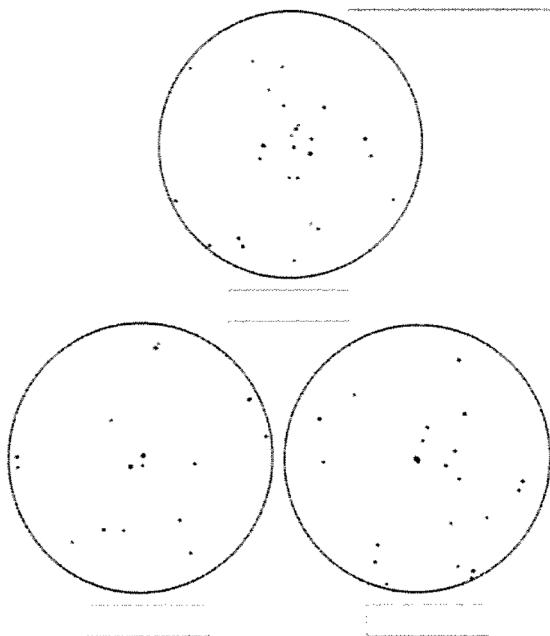
望远镜观测环节



12. 在这张星图上一共有三颗双星: β Cyg, δ Lyr, ε Lyr.

对每颗双星, 请完成以下任务:

将望远镜指向双星. 比较望远镜视野中的星场和三张给定的星图. 分别在每张星图下方的空白框中, 写出对应的双星名称. 在每张星图上标记出北的方向.



第十九届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

吉尔吉斯斯坦 比什凯克 2014年10月15日

注意: 可能不是所有问题都是正确的. 一些问题(可能是主问题, 可能是子问题之一)可能并没有现实性. 在这种情况下你需要(用英语或俄语)在你的答案中写出“**不可能情况**”(impossible situation – ситуация невозможна). 当然, 这个答案必须用数据或者逻辑说明.

表格中的数据(行星数据, 恒星, 常数等)可以在所有问题的解答中使用
答案Да-Yes或Нет-No必须要用英语或俄语.

1. 北极熊的梦

在地球上的北极熊观测者观测相位为满月的月盘, 在梦中发现距离小了1000倍. 月亮的星等变为多少? 解答中必须含有在北极的北极熊观测者的艺术图画.

2. 大冲

如今火星的大冲每15或17年发生一次. 为了使火星殖民更简便, 改善上面的环境, 增大大冲的效果, 我们的文明设想出一个雄心勃勃的计划: 将这颗行星的轨道半长轴缩小6.0%, 同时保持轨道偏心率不变. 在新轨道情况下, 火星大冲的频率是多少?

3. 比邻星

用肉眼能够在南门二附近看到比邻星吗? (Да-Yes或Нет-No). 计算出相应的比邻星的星等来证明你的结论.

4. 水行星

水行星由一个半径为 R 的岩石核和四周围绕的一层厚水层构成. 当地人住在这个世界海洋的底部(即核的表面), 而水层对他们来说就像我们的大气层. 当地科学家从海洋底部观测天体. 和我们的地球一样, 水行星上的昼夜周期为 $T = 24$ 小时.

4.1.计算海洋的最小深度 H , 此时天体在地平线上可见.

4.2.对于该行星赤道上的居民, 一日的长度为多少? 中心恒星盘可视为点光源.

4.3.计算在这样的行星上在地平线处的大气折射.

你的解答的要点须包括画图以及必要的尺寸和角大小. 海洋的外表面平滑, 没有波浪.

5. (低年组) 盘羊

住在乔尔蓬阿塔附近山脚的盘羊(Argali)对来自不同国家的学生来到伊塞克在夜晚望向天空感到好奇. (不仅如此, 还是用一些管子来看.) 并且, 盘羊发现自己出现在这次活动的标志里, 也了解到天空中的一个星座也以他命名. 盘羊今晚会看到这个星座的恒星吗? (Да-Yes或Нет-No). 在什么时间(吉尔吉斯时间)和高度, 该星座的最亮星会在最近的一日上中天? 解答中须包含一张盘羊看着“自己”的星座的图片.

5. (高年组) 气候

32世纪, 由于未知原因, 太阳在大小不变的情况下变冷, 黄赤交角减小为0. 科学家证明了维持地球的气候和季节的周年变化的问题可以通过一个小恒星解决, 它的质量可忽略, 但类似于主序星, 在圆轨道上环绕太阳. 这颗恒星会作为一颗内行星环绕太阳, 使得地球上的温度变化与现在伊塞克的相同: 冬天和夏天的平均温度分别为-3和+17度.

5.1.估计冷太阳的温度.

5.2. 估计将被放置在预期轨道上的恒星将对应的光谱类别.

6. (低年组) 最亮的星

在公元150世纪的乔尔蓬阿塔夜空中, 哪四颗星星最亮? 考虑地平线上方约 5° 的天空被群山所阻挡. 解释你的答案, 并用必要的图纸和计算来证明. 任何星星的名字都用拉丁文书写.

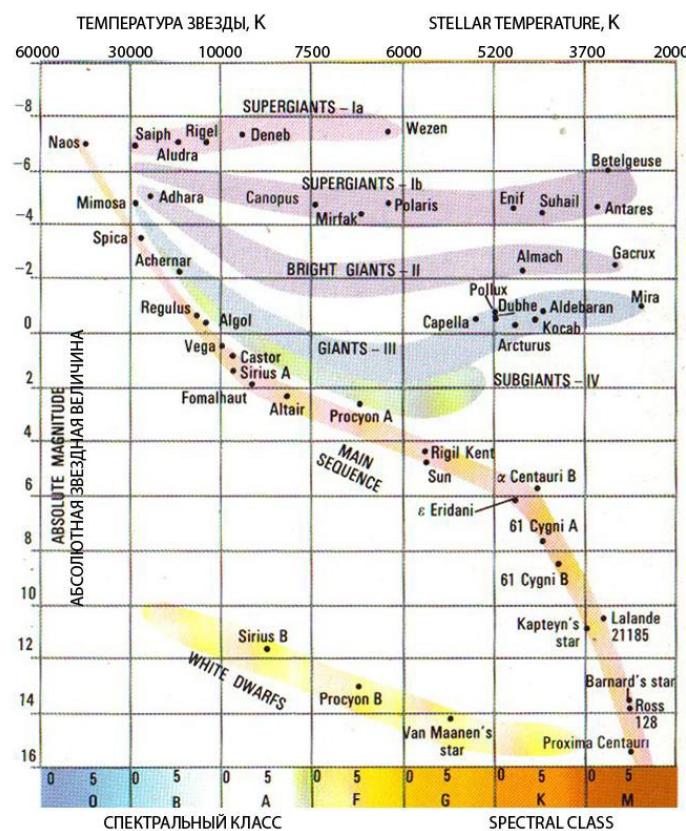
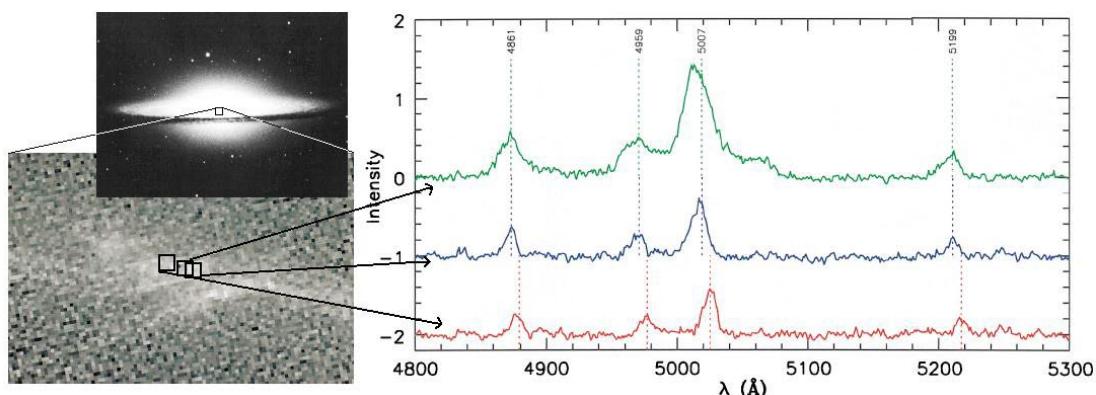
6. (高年组) 草帽星系

草帽星系M104, 是众所周知的超大质量黑洞的拥有者. 该星系及其中心(左侧)的图像的角大小分别为 $10' \times 7'$ 和 $10.8'' \times 7.2''$. 在右边, 3个光谱来自哈勃空间望远镜(在包含电离氧和氮的发射线的区域)显示在星系中心周围的区域. 底部的光谱来自中心周围的一个区域, 而另外两个光谱则来自侧面的区域. 虚线顶部的数值表示静止(实验室)波长(单位为埃).

6.1. M104是在靠近我们还是在远离我们? (用简图回答这个问题)

6.2. 估计 M104靠近我们或远离我们的速度.

6.3. 粗略估计位于M104中心的超大质量黑洞的近似质量(答案单位为太阳质量 m_{\odot}).

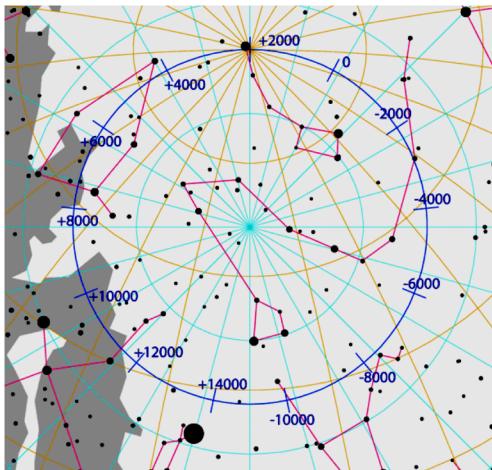


**Элементы орбит.
Физические характеристики некоторых планет, Луны, Солнца и Эриды**
**Parameters of orbits.
Physical characteristics of some planets, Moon, Sun and Eris**

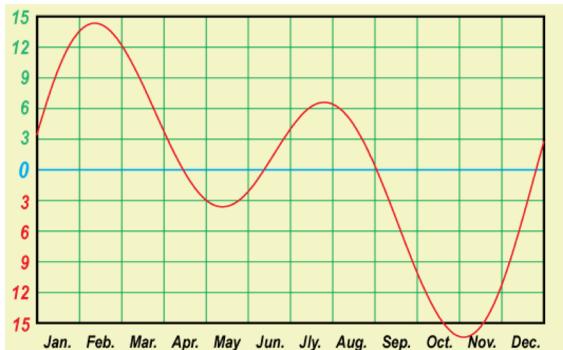
| Небесное тело, Планета | Среднее расстояние от центрального тела | | Сидерический (или аналогичный) период обращения | | Наклон орбиты, i | Эксценит, e | Экваториальный диаметр, km | Масса, $10^{24} kg$ | Средняя плотность, g/cm^3 | Ускор. свобод. пад. у пов., m/s^2 | Наклон оси | Макс. блеск, вид. с Земли **) | Альбедо |
|------------------------|---|---------------------|---|-------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------|---------|
| | в $astr. ed.$ | в $млн. km$ | в тропич. годах | в средних сутках | | | | | | | | | |
| Body, Planet | Average distance to central body | | Sidereal period (or analogous) | | Orbital inclination, i | Eccentricity, e | Equat. diameter, km | Mass, $10^{24} kg$ | Av. density, g/cm^3 | Grav. acceler. at surf., m/s^2 | Axial tilt | Max. magn. From Earth **) | Albedo |
| | in $astr. units$ | in $10^6 km$ | in tropical years | in days | | | | | | | | | |
| Солнце Sun | $1,6 \cdot 10^9$ | $2,5 \cdot 10^{11}$ | $2,2 \cdot 10^8$ | $8 \cdot 10^{10}$ | | | 1392000 | 1989000 | 1,409 | | | -26,74 ^m | |
| Меркурий Mercury | 0,387 | 57,9 | 0,241 | 87,969 | 7,00° | 0,206 | 4 879 | 0,3302 | 5,43 | 3,70 | 0,01° | | 0,06 |
| Венера Venus | 0,723 | 108,2 | 0,615 | 224,7007 | 3,40 | 0,007 | 12 104 | 4,8690 | 5,24 | 8,87 | 177,36 | | 0,78 |
| Земля Earth | 1,000 | 149,6 | 1,000 | 365,2564 | 0,00 | 0,017 | 12 756 | 5,9742 | 5,515 | 9,81 | 23,44 | | 0,36 |
| Луна Moon | 0,00257 | 0,38440 | 0,0748 | 27,3217 | 5,15 | 0,055 | 3 475 | 0,07348 | 3,34 | 1,62 | 6,7 | -12,7 ^m | 0,07 |
| Марс Mars | 1,524 | 227,9 | 1,880 | 686,98 | 1,85 | 0,093 | 6 794 | 0,6419 | 3,94 | 3,71 | 25,19 | -2,0 ^m | 0,15 |
| Юпитер Jupiter | 5,204 | 778,6 | 11,862 | 4 332,59 | 1,30 | 0,048 | 142 984 | 1899,8 | 1,33 | 24,86 | 3,13 | -2,7 ^m | 0,66 |
| Сатурн Saturn | 9,584 | 1433,7 | 29,458 | 10 759,20 | 2,48 | 0,054 | 120 536 | 568,50 | 0,70 | 10,41 | 26,73 | 0,7 ^m | 0,68 |
| Эрида Eris | 68,05 | | | 205 029 | 43,82 | 0,435 | 2 326 | 0,0167 | 2,52 | 0,7 | | | 0,96 |

**) Для внешних планет и Луны – в среднем противостоянии.

**) For outer planets and Moon – in mean opposition.



Прецессия * Precession



Уравнение времени Equation of time

Некоторые константы и формулы

Some constants and formulae

| | | | |
|---|--|---------------------------|---|
| n/s) | Скорость света в вакууме, с (м/с) | 299 792 458 | Speed of light in vacuum, c (r |
| $\text{N} \cdot \text{м}^2/\text{kg}^2$ | Гравитационная постоянная, G (Н·м ² /кг ²) | $6.674 \cdot 10^{-11}$ | Constant of gravitation, G (N·m |
| W/m ²) | Солнечная постоянная, А (Вт/м ²) | 1367 | Solar constant, A (|
| 1 гравитационная единица, | Постоянная Хаббла, средний диапазон значений | 71 | mass unit values |
| H_0 (km/s/Mpc) | H_0 (км/с/МПк) диапазон значений | 50-100 | diapason of values |
| масса электрона, m _e , | Постоянство Планка, \hbar | $6.626 \cdot 10^{-34}$ | Planck const |
| же, e (C) | Заряд электрона, e (Кл) | $1.602 \cdot 10^{-19}$ | Char |
| Mass of electron, m _e (kg) | Масса электрона, m _e (кг) | $9.109 \cdot 10^{-31}$ | |
| Proton-to-electron ratio | Соотношение масс протона и электрона | 1836.15 | |
| Faraday constant, F (C/mol) | Постоянная Фарадея, F (Кл/моль) | 96 485 | |
| Magnetic constant, μ_0 (H/m) | Магнитная постоянная, μ_0 (Гн/м) | $1.257 \cdot 10^{-6}$ | |
| 4 | Universal gas constant, R (J/mol/K) | 8.31 | Универсальная газовая постоянная, R (Дж/моль/К) |
| 10^{-23} | Boltzmann constant, k (J/K) | $1.381 \cdot 10^{-23}$ | Постоянная Больцмана, k (Дж/К) |
| $5.670 \cdot 10^{-8}$ | Stefan-Boltzmann constant, σ (W/m ² /K ⁴) | $5.670 \cdot 10^{-8}$ | Постоянная Стефана-Больцмана, σ (Вт/м ² /К ⁴) |
| 6562.81 | Laboratory wavelength of Hα (Å) | 6562.81 | Лабораторная длина волны Hα (Å) |
| 365.242199 | Tropical year length, T (days) | 365.242199 | Длина тропического года, Т (сут) |
| 101 325 | Standard atmosphere (Pa) | 101 325 | Стандартная атмосфера (Па) |
| 1 атмосферы | Visible light extinction by the terrestrial atmosphere in zenith (minimum) | 19%, 0.23 ^m | Ослабление видимого света слоем (минимально) |
| атмосферы (м) | Height of homogeneous atmosphere (m) | 7991 | Высота однородной атмосферы |
| воды при 20°C, n | Refractive index of water for 20°C, n | 1.334 | Показатель преломления |
| инерции шара | $I = \frac{2}{5} MR^2$ Moment of inertia of a solid ball | $I = \frac{2}{5} MR^2$ | Момент |
| объем шара | $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ Volume of a sphere | $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ | объема |
| Площадь сферы | $S = 4\pi R^2$ Area of sphere | $S = 4\pi R^2$ | |
| π | 3.14159265 | π | |
| e | 2.71828183 | e | |
| Золотое сечение, φ | 1.61803399 | Golden ratio, φ | |

| Координаты | Бишкек | Чолпон-Ата |
|--------------------------|---------|-------------|
| Coordinates | Bishkek | Cholpon-Ata |
| λ (E / в.д.) | 74° 34' | 77° 05' |
| Φ (N / с.ш.) | 42° 52' | 42° 39' |
| Часовой пояс Timezone | UT+6 | UT+6 |

28 самых ярких звёзд неба

| | | | RA | DEC | <i>p</i> | m | S C |
|-------------|-------------------------|-------------------|---|--------------|----------|---|----------|
| Альтаир | Altair | α Aql | 19 ^h 50 ^m 47 ^s | 08° 52' 06" | 0".195 | 0 ^m .77 | A7 |
| Капелла | Capella | α Aur | 05 ^h 16 ^m 41 ^s | 45° 59' 53" | 0".073 | 0 ^m .08 | G5+G0 |
| Арктур | Arcturus | α Boo | 14 ^h 15 ^m 38 ^s | 19° 10' 57" | 0".089 | -0 ^m .04 ^v | K1 |
| Канопус | Canopus | α Car | 06 ^h 23 ^m 57 ^s | -52° 41' 45" | 0".028 | -0 ^m .72 | F0 |
| Бета Киля | Miaplacidus | β Car | 09 ^h 13 ^m 12 ^s | -69° 43' 02" | 0".029 | 1 ^m .68 | A2 |
| Толиман | Toliman (Rigel Kent) | α Cen | 14 ^h 39 ^m 36 ^s | -60° 50' 07" | 0".747 | -0 ^m .01 1 ^m .33 | G2 K1 |
| Хадар | Hadar | β Cen | 14 ^h 03 ^m 49 ^s | -60° 22' 23" | 0".009 | 0 ^m .61 | B1 |
| Сириус | Sirius | α CMa | 06 ^h 45 ^m 09 ^s | -16° 42' 58" | 0".375 | -1 ^m .46 | A1 |
| Адара | Adara | ε CMa | 06 ^h 58 ^m 38 ^s | -28° 58' 19" | 0".008 | 1 ^m .50 | B2 |
| Процион | Procyon | α CMi | 07 ^h 39 ^m 18 ^s | 05° 13' 30" | 0".288 | 0 ^m .38 | F5 |
| Акрукс | Acrux | α Cru | 12 ^h 26 ^m 36 ^s | -63° 05' 57" | 0".010 | 0 ^m .77 | B0 |
| Бекрукс | Beocrux | β Cru | 12 ^h 47 ^m 43 ^s | -59° 41' 20" | 0".009 | 1 ^m .30 | B0 |
| Гакрукс | Gacrux | γ Cru | 12 ^h 31 ^m 10 ^s | -57° 06' 48" | 0".037 | 1 ^m .60 | M4 |
| Денеб | Deneb | α Cyg | 20 ^h 41 ^m 26 ^s | 45° 16' 49" | 0".002 | 1 ^m .25 | A2 |
| Ахернар | Achernar | α Eri | 01 ^h 37 ^m 43 ^s | -57° 14' 12" | 0".026 | 0 ^m .46 | B3 |
| Кастор | Castor | α Gem | 07 ^h 34 ^m 36 ^s | 31° 53' 18" | 0".065 | 1 ^m .58 | A1+A2 |
| Поллукс | Pollux | β Gem | 07 ^h 45 ^m 19 ^s | 28° 01' 35" | 0".097 | 1 ^m .14 | K0 |
| Регул | Regulus | α Leo | 10 ^h 08 ^m 22 ^s | 11° 58' 02" | 0".041 | 1 ^m .35 | B7 |
| Вега | Vega | α Lyr | 18 ^h 36 ^m 56 ^s | 38° 47' 01" | 0".123 | 0 ^m .03 | A0 |
| Бетельгейзе | Betelgeuse | α Ori | 05 ^h 55 ^m 10 ^s | 07° 24' 25" | 0".005 | 0 ^m .5 ^v | M2 |
| Ригель | Rigel | β Ori | 05 ^h 14 ^m 32 ^s | -08° 12' 06" | 0".013 | 0 ^m .12 | B8 |
| Беллатрикс | Bellatrix | γ Ori | 05 ^h 25 ^m 08 ^s | 06° 20' 59" | 0".013 | 1 ^m .64 | B2 |
| Фомальгаут | Fomalhaut | α PsA | 22 ^h 57 ^m 39 ^s | -29° 37' 20" | 0".130 | 1 ^m .16 | A3 |
| Антарес | Antares | α Sco | 16 ^h 29 ^m 24 ^s | -26° 25' 55" | 0".024 | 0 ^m .96 | M1+B4 |
| Шаула | Shaula | λ Sco | 17 ^h 33 ^m 37 ^s | -37° 06' 14" | 0".005 | 1 ^m .62 | B2 |
| Альдебаран | Aldebaran | α Tau | 04 ^h 35 ^m 55 ^s | 16° 30' 33" | 0".048 | 0 ^m .85 ^v | K5 |
| Эль-Нат | Elnath | β Tau | 05 ^h 26 ^m 18 ^s | 28° 36' 27" | 0".025 | 1 ^m .66 | B7 |
| Спика | Spica | α Vir | 13 ^h 25 ^m 12 ^s | -11° 09' 41" | 0".023 | 0 ^m .98 | B1 |

Некоторые другие звёзды

| | | | | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------------------|---|--------------|--------|---------------------------------|------|
| Хамаль | Hamal | α Ari | 02 ^h 07 ^m 10 ^s | 23° 27' 45" | 0".050 | 2 ^m .01 | K2 |
| Шератан | Sheratan | β Ari | 01 ^h 54 ^m 39 ^s | 20° 48' 30" | 0".055 | 2 ^m .64 | A5 |
| Тубан | Thuban | α Dra | 14 ^h 04 ^m 23 ^s | 64° 22' 33" | 0".011 | 3 ^m .65 | A0 |
| Растабан | Rastaban | β Dra | 17 ^h 30 ^m 26 ^s | 52° 18' 05" | 0".009 | 2 ^m .79 | G2 |
| Этамин | Etamin | γ Dra | 17 ^h 56 ^m 36 ^s | 51° 29' 20" | 0".021 | 2 ^m .24 | K5 |
| Полярная | Polaris | α UMi | 02 ^h 31 ^m 49 ^s | 89° 15' 51" | 0".007 | 1 ^m .97 ^v | F7 |
| Кохаб | Kochab | β UMi | 14 ^h 50 ^m 42 ^s | 74° 09' 20" | 0".025 | 2 ^m .07 | K4 |
| Феркад | Pherkad | γ UMi | 15 ^h 20 ^m 44 ^s | 71° 50' 02" | 0".007 | 3 ^m .06 ^v | A3 |
| Йильдун | Yildun | δ UMi | 17 ^h 32 ^m 19 ^s | 86° 35' 11" | 0".019 | 4 ^m .35 | A1 |
| Проксима Центавра | Proxima Centauri | V645 Cen, α Cen C | 14 ^h 29 ^m 43 ^s | -62° 40' 46" | 0".769 | 11 ^m .05 | M5.5 |

28 brightest stars in the sky

第十九届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

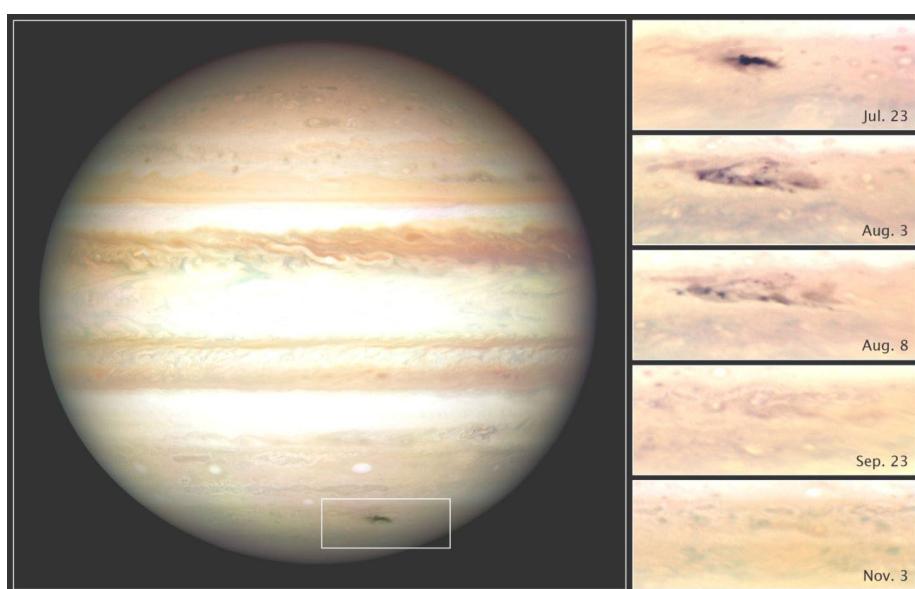
吉尔吉斯斯坦 比什凯克 2014年10月18日

7. 木星

2009年，一颗不知名的彗星或小行星的核撞入木星的大气层。强烈的爆炸形成了一团黑云，由于大气中的纬向气流，这团黑云逐渐平行于赤道伸展。在这段时间里，哈勃空间望远镜能够拍摄到一些木星的照片。

通过测量右上方3幅图像中图像碎片的长度，确定木星表面的暗云在与彗星或小行星撞击后长度增加的速度。

这些照片是在云相对于中央子午线的同一位置拍摄的。比例是根据木星的图像和标记在上面的碎片的位置确定的。木星的赤道直径为143842 km。



8. (低年组) 彗星

2014年7月中旬，ESA的一个自动行星际航天器Rosetta发现67P/Churyumov-Gerasimenko彗星有一个双核。9月5日，罗塞塔能够确定它的反照率约为0.04，最大核长度为4 km。

另一张单独的照片展示了彗核的旋转，每隔40分钟拍摄一次。每张照片都有拍摄的日期，以及核子相对于第一张照片的旋转角度。利用这些图像，确定彗星的旋转周期，并根据它们绘制出彗星的光变曲线。假设彗星的整个表面都有相同的反照率。

据NASA称，当时估计的距离如下：

罗塞塔号到太阳557794935 km,
罗塞塔号到地球407252536 km,
罗塞塔号到彗星12294 km.

14 July 2014
Rot = 0 deg

14 July 2014
Rot = 19 deg



5 km



5 km

14 July 2014
Rot = 38 deg

14 July 2014
Rot = 58 deg



5 km



5 km

14 July 2014
Rot = 77 deg

14 July 2014
Rot = 96 deg



5 km



5 km

14 July 2014
Rot = 116 deg

14 July 2014
Rot = 135 deg



5 km



5 km

14 July 2014
Rot = 154 deg

14 July 2014
Rot = 174 deg



5 km

14 July 2014
Rot = 193 deg

5 km

14 July 2014
Rot = 213 deg



5 km

14 July 2014
Rot = 232 deg

5 km

14 July 2014
Rot = 251 deg



5 km

14 July 2014
Rot = 270 deg

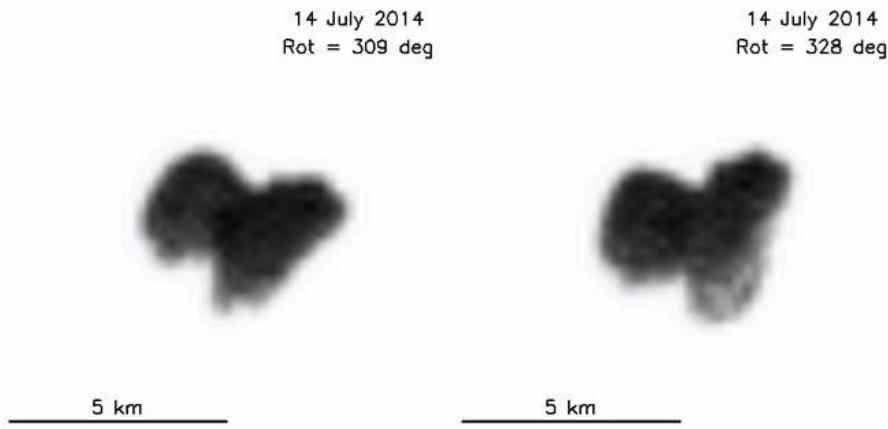
5 km

14 July 2014
Rot = 290 deg



5 km

5 km



8. (高年组) 一颗新的变星

在2014年冬末春初，在哈萨克斯坦天体物理研究所的天山天文台观测到一颗最近发现的小熊座变星GSC 4560-02157，该天文台位于阿拉木图市南部山区，距乔尔蓬阿塔(吉尔吉斯斯坦)以北约60 km。这颗恒星有着复杂的物理变化和规律的掩食。在2月28日至3月1日的夜晚，这颗恒星被连续观测了近9个小时。下表列出了从这些观测中得出的最重要的数据点。表中的时间是阿拉木图时区的平均太阳时。

在主极小期时，恒星的性质对应于K0光谱型。

绘制光变曲线。在时间轴上，标记主极小值和次极小值的最小亮度时间。知道儒略日2456949.000开始于今天(10月18日)格林威治中午，用儒略日标记最小亮度时间，在小数点后面保留三位数。

一个简化的事件模型：假设这个过程只涉及两颗恒星。根据你对这个模型框架中光变曲线的分析，确定较大(1)和较小(2)成员星的光谱型(例如，太阳的光谱型是G2)，以及较大(R_1)和较小(R_2)成员星的半径比。用必要的图形说明解答。

阿拉木图和乔尔蓬阿塔在同一个时区。

| T | m | T | m |
|----------------------|-------|--------|-------|
| 22h00m (February 28) | 14.92 | 22h12m | 15.08 |
| 22h24m | 15.41 | 22h36m | 15.44 |
| 22h48m | 15.37 | 23h00m | 15.12 |
| 23h12m | 14.92 | 23h30m | 14.89 |
| 00h00m (March 1) | 14.80 | 00h18m | 14.78 |
| 00h42m | 14.80 | 01h00m | 14.82 |
| 01h24m | 14.85 | 01h48m | 14.96 |
| 02h12m | 14.72 | 02h30m | 14.72 |
| 03h12m | 14.63 | 03h36m | 14.65 |
| 04h15m | 14.77 | 04h25m | 14.84 |
| 04h36m | 15.10 | 05h00m | 15.43 |
| 05h12m | 15.32 | 05h24m | 15.05 |
| 05h36m | 14.90 | 05h48m | 14.75 |
| 06h12m | 14.73 | 06h48m | 14.70 |

第十九届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

吉尔吉斯斯坦 比什凯克 2014年10月16日

晴天观测

目视观测

9. 估计恒星的颜色, 对应打上“X”:

| | 白 | 蓝 | 黄 | 红 |
|---------------------|---|---|---|---|
| 勾陈一 (α UMi) | | | | |
| 壁宿二 (α And) | | | | |
| 娄宿三 (α Ari) | | | | |
| 天津四 (α Cyg) | | | | |
| 毕宿五 (α Tau) | | | | |

10. 王良四(α Cas)与北天极的角距离是多少?

11. 指出黄道和赤道交点的方向.

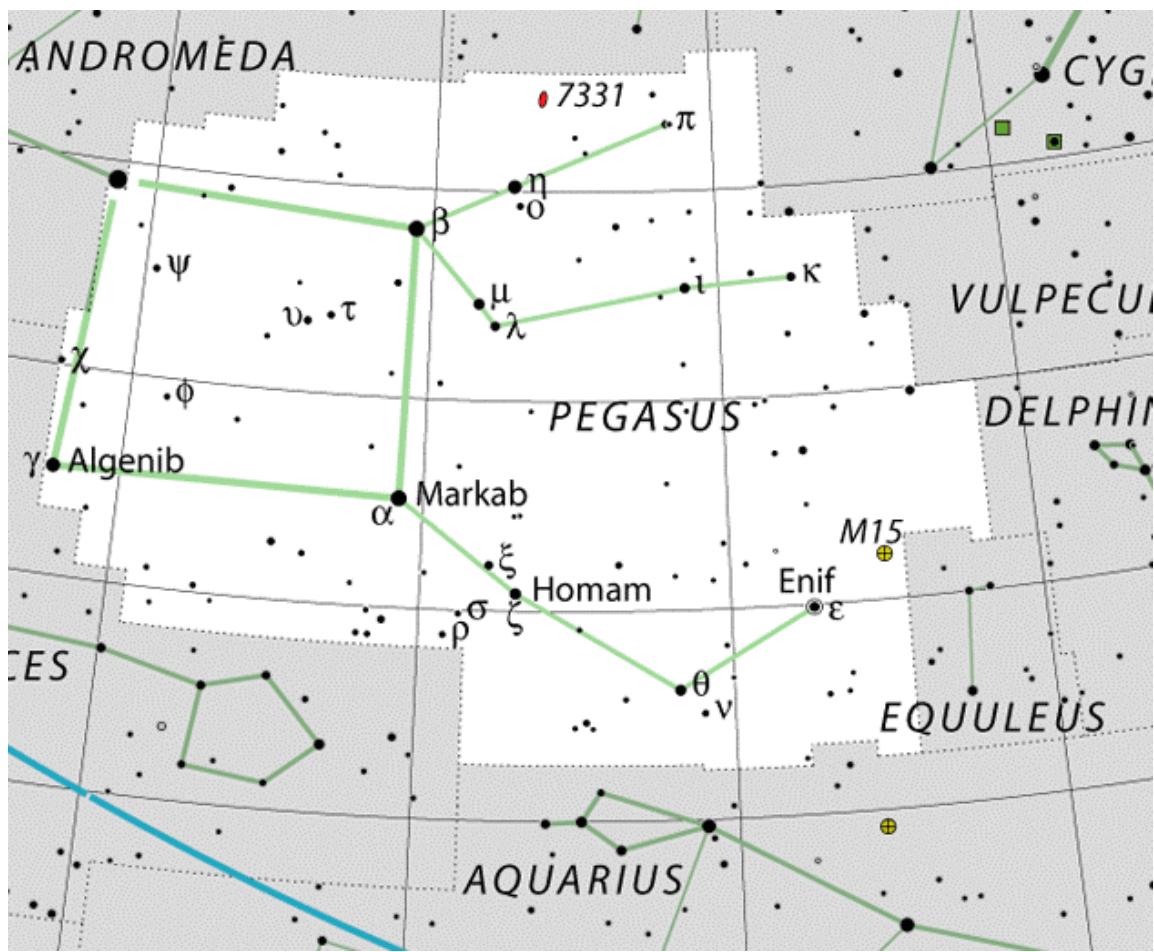
列出这些点所在的星座的名称(拉丁名).

望远镜观测

12. 将你的望远镜指向M45. 向监考员展示. 将该天体归为下列中的一类: 疏散星团(**OC**), 球状星团(**GC**), 发射星云(**EN**)和行星状星云(**PN**).

13. 将你的望远镜指向双星飞马座 π , 使用10 mm目镜和作为指引的星图. 估算双星间的距离, 以角分为单位.

所有任务的总时间最多为20分钟.



第二十届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

俄罗斯 喀山 2015年10月17日

1. 奥赛期间的正午

2015年10月16日，也就是昨天，在本届奥赛的举办地，太阳于11时29分43秒上中天。尽可能精确地计算今天太阳上中天的时间，并估算昨天和今天太阳上中天时的地平高度差 Δh 。

2. 极点食

在往届比赛中出现过的北极熊和企鹅分别回到了北极点和南极点，计划观测一次日环食。企鹅幸运地看到了这一壮观景象：太阳和月球两个圆盘中心重合，也就是食分最大时，中心正好出现在了可见的地平线上。那么这时熊看到了什么？画出北极熊看到的景象，并以虚线示意出太阳和月球的真实位置假设地球是正球形。解答中要包含一幅熊在北极的艺术画，必要的尺度和角度需在图中标注。请自行回忆相关动物的信息。

3. 很近的相合

在上题描述的事件之后(可能是几分钟、几小时、几天，或是几年)，东大距的金星与远日点的火星发生了很近的相合，与此同时，地球上观测到了一次月全食。

- (1) 画出与题目描述相符的示意图；
- (2) 解释哪个动物(还是位于之前相同的极点上)可能看到这次月食(要写出“B+”或“B-”表示熊，“P+”或“P-”表示企鹅，“+”代表看得到，“-”代表看不到)，你也可以画出观测动物的艺术画。
- (3) 计算月食出现在哪个星座；
- (4) 估算上题与本题描述的事件之间间隔的最短时间。

4. (低年组) 半人马座 α

计算哪颗星辐射出更多能量，是太阳还是半人马座 α A+B?

4. (高年组) 白豹星座

在古代的伏尔加地区，天空中有个被称为白豹的星座(Pardus Album)，它的恒星数与希腊字母个数相同。 α PaA为 $+0.10^m$, β PaA为 $+0.20^m$, γ PaA为 $+0.30^m$, δ PaA为 $+0.40^m$, 每颗星的星等都加0.10巴直至 ω PaA。计算该星座所有恒星的星等和。

5. (低年组) 人造卫星运动

一颗以椭圆轨道在赤道上方运动的人造卫星，过近地点时的高度 H_p 为海平面以上428.0 km，它的速度比此高度圆轨道卫星快0.6%，那么多长时间之后，它的高度将达到 $H_1 = 498.0$ km?

5. (高年组) 旋涡星系

一个光谱型为A7-A8的旋涡星系在南十字座天区内被发现，它在星空中是一个长40角秒、宽30角秒的椭圆形。在星系光谱中延展的H α 线大约从7054 Å至7057 Å。当然其他谱线也相应移动和延展了。估算该星系中的恒星数量。

Элементы орбит и физические характеристики планет, Солнца и Луны

Parameters of orbits and physical characteristics of planets, Sun and Moon

| Небесное тело, планета | Среднее расстояние от центрального тела | | Сидерический период обращения | | Эксценитризитет, e | Экваториальн. диаметр, км | Масса 10^{24} кг | Средняя плотность $\text{г}/\text{см}^3$ | Ускор. своб. пад. у пов. $\text{м}/\text{s}^2$ | Макс. блеск, вид. с Земли **) | Альбено |
|------------------------|--|---------------------|---|-------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|--|--|-------------------------------|---------|
| | в astr. ед. | в млн. км | в тропич. годах | в средних сутках | | | | | | | |
| Body, planet | Average distance to central body in astr. units | in mn. km | Sidereal (or analogous) period in tropical years | in days | Eccentricity e | Equat. diameter km | Mass 10^{24} kg | Av. density g/cm^3 | Grav. acceler. at surf. m/s^2 | Max. magn. from Earth **) | Albedo |
| Солнце Sun | $1,6 \cdot 10^9$ | $2,5 \cdot 10^{11}$ | $2,2 \cdot 10^8$ | $8 \cdot 10^{10}$ | | 1392000 | 1989000 | 1,409 | | -26,8 ^m | |
| Меркурий Mercury | 0,387 | 57,9 | 0,241 | 87,969 | 0,206 | 4 879 | 0,3302 | 5,43 | 3,70 | -2,2 ^m | 0,06 |
| Венера Venus | 0,723 | 108,2 | 0,615 | 224,701 | 0,007 | 12 104 | 4,8690 | 5,24 | 8,87 | -4,7 ^m | 0,78 |
| Земля Earth | 1,000 | 149,6 | 1,000 | 365,256 | 0,017 | 12 756 | 5,9742 | 5,515 | 9,81 | | 0,36 |
| Луна Moon | 0,00257 | 0,38440 | 0,0748 | 27,3217 | 0,055 | 3 475 | 0,0735 | 3,34 | 1,62 | -12,7 ^m | 0,07 |
| Марс Mars | 1,524 | 227,9 | 1,880 | 686,980 | 0,093 | 6 794 | 0,6419 | 3,94 | 3,71 | -2,0 ^m | 0,15 |
| Юпитер Jupiter | 5,204 | 778,6 | 11,862 | 4 332,59 | 0,048 | 142 984 | 1899,8 | 1,33 | 24,86 | -2,7 ^m | 0,66 |
| Сатурн Saturn | 9,584 | 1433,7 | 29,458 | 10 759,20 | 0,054 | 120 536 | 568,50 | 0,70 | 10,41 | 0,7 ^m | 0,68 |
| Уран Uranus | 19,191 | 2871,0 | 84,015 | 30 685,93 | 0,046 | 51 118 | 86,625 | 1,30 | 8,44 | 5,5 ^m | 0,74 |
| Нептун Neptune | 30,071 | 4498,6 | 164,778 | 60 187,64 | 0,008 | 49 532 | 102,78 | 1,76 | 11,20 | 7,8 ^m | 0,58 |

**) Для внешних планет и Луны – в среднем противостоянии.
**) For outer planets and Moon – in mean opposition.



| Координаты Coordinates | Обсерватория Observatory | Казанский Кремль Kazan kremlin | Петровское Petrovskoye |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|
| λ (E / в.д.) | $48^\circ 49'$ | $49^\circ 06'$ | $49^\circ 06'$ |
| ϕ (N / с.ш.) | $55^\circ 50'$ | $55^\circ 48'$ | $55^\circ 41'$ |
| Часовой пояс Timezone | UT+3 | UT+3 | UT+3 |

Уравнение времени Equation of time

Некоторые константы и формулы

Some constants and formulae

| | | |
|--|---------------------------|---|
| Скорость света в вакууме, с (м/с) | 299 792 458 | Speed of light in vacuum, c (m/s) |
| Гравитационная постоянная, G (Н·м ² /кг ²) | 6.674·10 ⁻¹¹ | Constant of gravitation, G (N·m ² /kg ²) |
| Солнечная постоянная, А (Вт/м ²) | 1367 | Solar constant, A (W/m ²) |
| Параметр Хаббла, среднее значение H ₀ (км/с/МПк) диапазон значений | 68 50-100 | mean value Hubble parameter, diapason of values H ₀ (km/s/Mpc) |
| Постоянная Планка, h (Дж·с) | 6.626·10 ⁻³⁴ | Plank constant, h (J·s) |
| Заряд электрона, e (Кл) | 1.602·10 ⁻¹⁹ | Charge of electron, e (C) |
| Масса электрона, m _e (кг) | 9.109·10 ⁻³¹ | Mass of electron, m _e (kg) |
| Соотношение масс протона и электрона | 1836.15 | Proton-to-electron mass ratio |
| Постоянная Фарадея, F (Кл/моль) | 96 485 | Faraday constant, F (C/mol) |
| Магнитная постоянная, μ ₀ (Гн/м) | 1.257·10 ⁻⁶ | Magnetic constant, μ ₀ (H/m) |
| Универсальная газовая постоянная, R (Дж/моль/К) | 8.314 | Universal gas constant, R (J/mol/K) |
| Постоянная Больцмана, k (Дж/К) | 1.381·10 ⁻²³ | Boltzmann constant, k (J/K) |
| Постоянная Стефана-Больцмана, σ (Вт/м ² /К ⁴) | 5.670·10 ⁻⁸ | Stefan-Boltzmann constant, σ (W/m ² /K ⁴) |
| Константа смещения Вина, b (м·К) | 0.002897 | Wien's displacement constant, b (m·K) |
| Лабораторная длина волны Hα (Å) | 6562.81 | Laboratory wavelength of Hα (Å) |
| Длина тропического года, Т (сут) | 365.242199 | Tropical year length, T (days) |
| Длина сидерического года, Т (сут) | 365.25636 | Sidereal year length, T (days) |
| Длина аномалистического года, Т (сут) | 365.259636 | Anomalistic year length, T (days) |
| Период обращения узлов лунной орбиты (лет) | -18.6 | Nodal period of lunar orbit (years) |
| Стандартная атмосфера (Па) | 101 325 | Standard atmosphere (Pa) |
| Ослабление видимого света слоем 1 атмосферы (минимально) | 19%, 0.23 ^m | Visible light extinction by the terrestrial atmosphere in zenith (minimum) |
| Высота однородной атмосферы (м) | 7991 | Height of homogeneous atmosphere (m) |
| Показатель преломления воды при 20°C, n | 1.334 | Refractive index of water for 20°C, n |
| Момент инерции шара | I = $\frac{2}{5} MR^2$ | Moment of inertia of a solid ball |
| Момент инерции сферы | I = $\frac{2}{3} MR^2$ | Moment of inertia of sphere |
| Объём шара | V = $\frac{4}{3} \pi R^3$ | Volume of a ball |
| Площадь сферы | S = 4πR ² | Area of sphere |
| π | 3.14159265 | π |
| e | 2.71828183 | e |
| Золотое сечение, φ | 1.61803399 | Golden ratio, φ |

20 самых ярких звёзд неба

| | | | RA | DEC | <i>p</i> | m | S C |
|-------------------------|-------------------------|---|---|--------------|----------|---|----------|
| Альтаир | Altair | α Aql | 19 ^h 50 ^m 47 ^s | 08° 52' 06" | 0".195 | 0 ^m .77 | A7 |
| Капелла | Capella | α Aur | 05 ^h 16 ^m 41 ^s | 45° 59' 53" | 0".073 | 0 ^m .08 | G5+G0 |
| Арктур | Arcturus | α Boo | 14 ^h 15 ^m 38 ^s | 19° 10' 57" | 0".089 | -0 ^m .04 ^v | K1 |
| Канопус | Canopus | α Car | 06 ^h 23 ^m 57 ^s | -52° 41' 45" | 0".028 | -0 ^m .72 | F0 |
| Толиман (Rigel Kent) | Toliman (Rigel Kent) | α Cen ^A _B | 14 ^h 39 ^m 36 ^s | -60° 50' 07" | 0".747 | -0 ^m .01 1 ^m .33 | G2 K1 |
| Хадар | Hadar | β Cen | 14 ^h 03 ^m 49 ^s | -60° 22' 23" | 0".009 | 0 ^m .61 | B1 |
| Сириус | Sirius | α CMa | 06 ^h 45 ^m 09 ^s | -16° 42' 58" | 0".375 | -1 ^m .46 | A1 |
| Процион | Procyon | α CMi | 07 ^h 39 ^m 18 ^s | 05° 13' 30" | 0".288 | 0 ^m .38 | F5 |
| Акрукс | Acrux | α Cru | 12 ^h 26 ^m 36 ^s | -63° 05' 57" | 0".010 | 0 ^m .77 | B0 |
| Бекрукс | Beclux | β Cru | 12 ^h 47 ^m 43 ^s | -59° 41' 20" | 0".009 | 1 ^m .30 | B0 |
| Денеб | Deneb | α Cyg | 20 ^h 41 ^m 26 ^s | 45° 16' 49" | 0".002 | 1 ^m .25 | A2 |
| Ахернар | Achernar | α Eri | 01 ^h 37 ^m 43 ^s | -57° 14' 12" | 0".026 | 0 ^m .46 | B3 |
| Поллукс | Pollux | β Gem | 07 ^h 45 ^m 19 ^s | 28° 01' 35" | 0".097 | 1 ^m .14 | K0 |
| Вега | Vega | α Lyr | 18 ^h 36 ^m 56 ^s | 38° 47' 01" | 0".123 | 0 ^m .03 | A0 |
| Бетельгейзе | Betelgeuse | α Ori | 05 ^h 55 ^m 10 ^s | 07° 24' 25" | 0".005 | 0 ^m .5 ^v | M2 |
| Ригель | Rigel | β Ori | 05 ^h 14 ^m 32 ^s | -08° 12' 06" | 0".013 | 0 ^m .12 | B8 |
| Фомальгаут | Fomalhaut | α PsA | 22 ^h 57 ^m 39 ^s | -29° 37' 20" | 0".130 | 1 ^m .16 | A3 |
| Антарес | Antares | α Sco | 16 ^h 29 ^m 24 ^s | -26° 25' 55" | 0".024 | 0 ^m .96 | M1+B4 |
| Альдебаран | Aldebaran | α Tau | 04 ^h 35 ^m 55 ^s | 16° 30' 33" | 0".048 | 0 ^m .85 ^v | K5 |
| Спика | Spica | α Vir | 13 ^h 25 ^m 12 ^s | -11° 09' 41" | 0".023 | 0 ^m .98 | B1 |

Некоторые другие звёзды

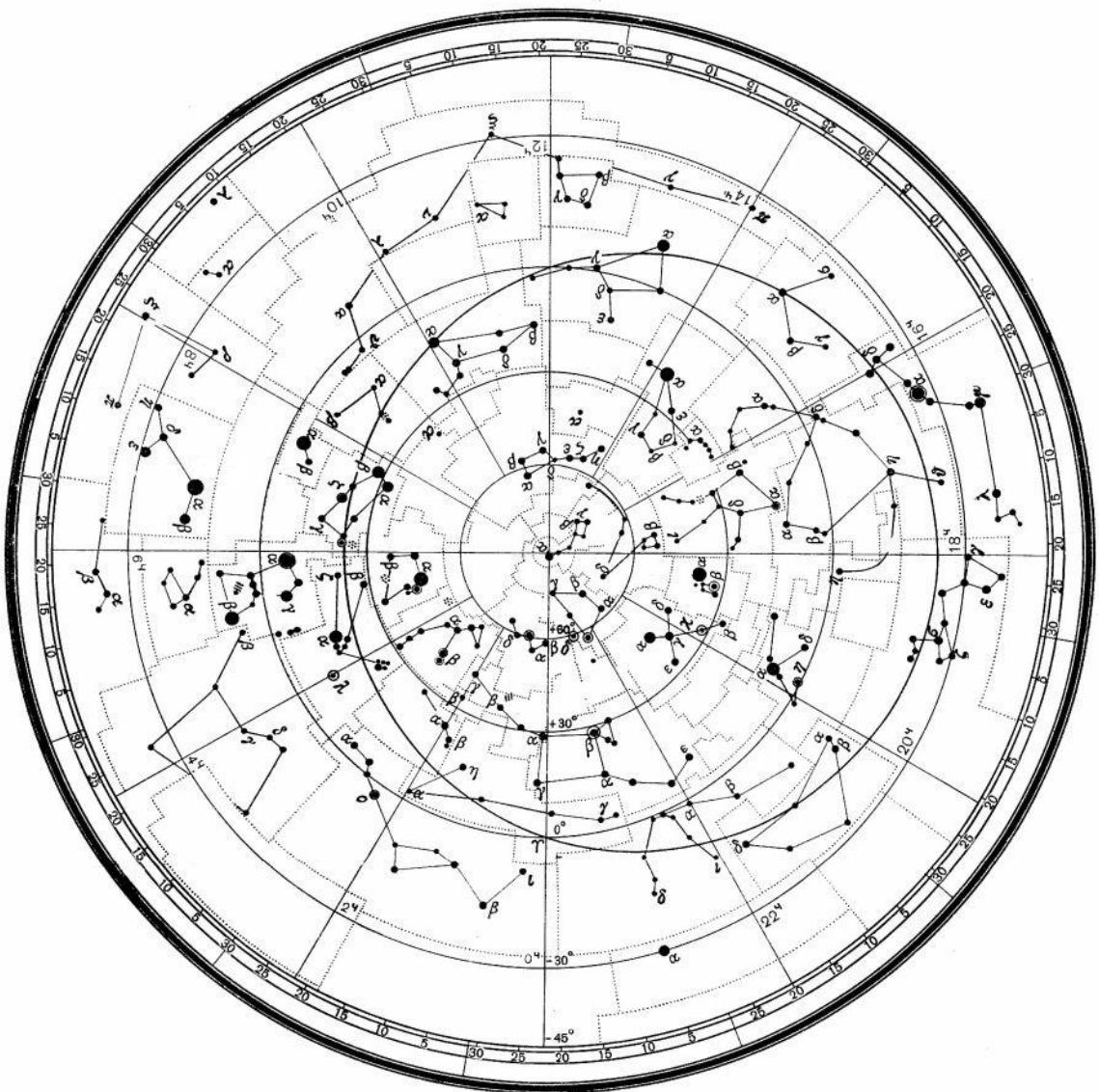
| Хамаль | Hamal | α Ari | 02 ^h 07 ^m 10 ^s | 23° 27' 45" | 0".050 | 2 ^m .01 | K2 |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|---|--------------|--------|---------------------------------|------|
| Полярная | Polaris | α UMi | 02 ^h 31 ^m 49 ^s | 89° 15' 51" | 0".007 | 1 ^m .97 ^v | F7 |
| Кохаб | Kochab | β UMi | 14 ^h 50 ^m 42 ^s | 74° 09' 20" | 0".025 | 2 ^m .07 | K4 |
| Проксима Центавра | Proxima Centauri | V645 Cen, α Cen C | 14 ^h 29 ^m 43 ^s | -62° 40' 46" | 0".769 | 11 ^m .05 | M5.5 |

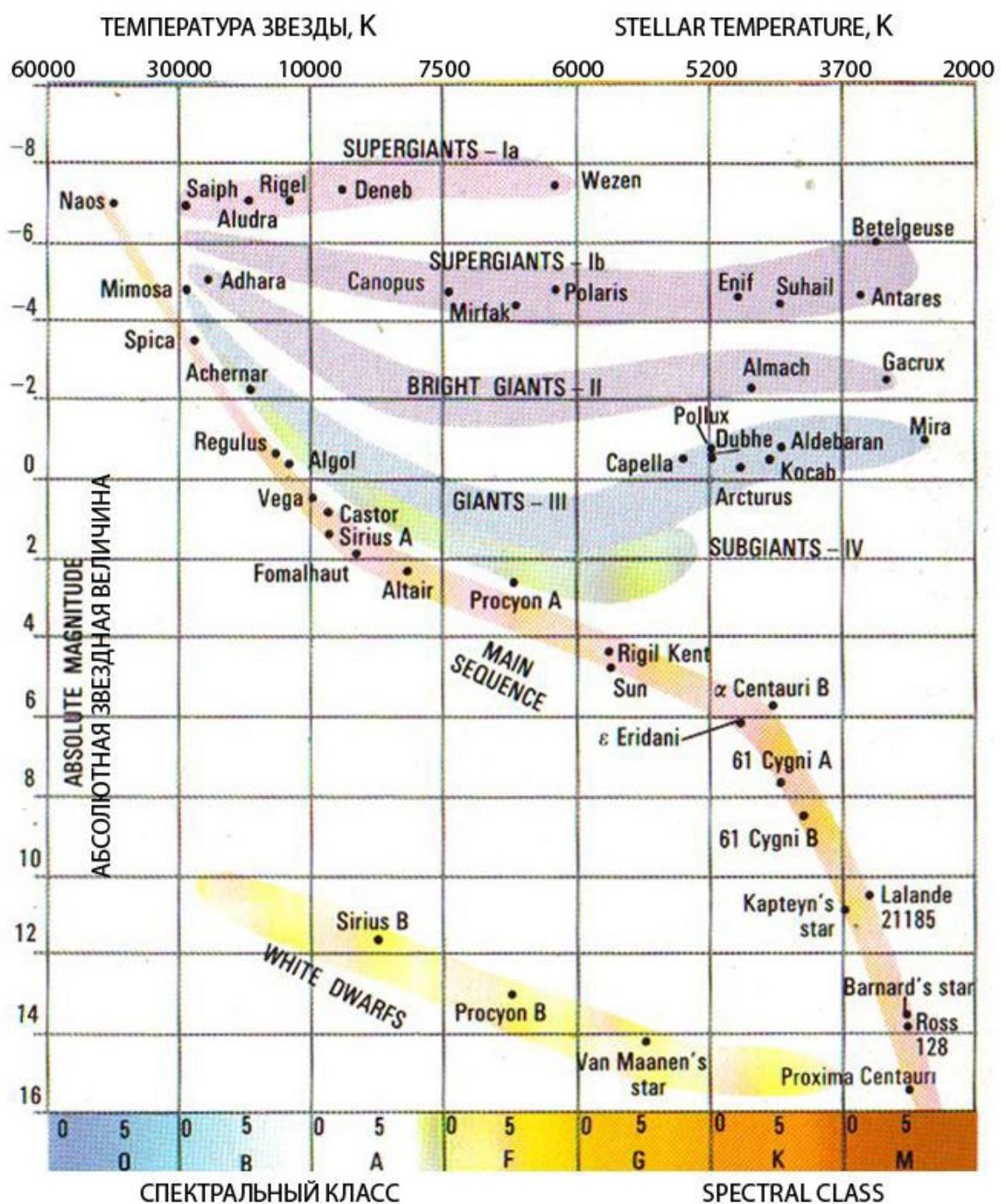
Греческий алфавит

| | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------|---------|-----------|------------------|---------|---------|----------|------------|---------|---------|
| A | α | альфа | alpha | I | $\acute{\imath}$ | йота | iota | P | ρ | ро | rho |
| B | β | бета | beta | K | κ | каппа | kappa | Σ | σ | сигма | sigma |
| Г | γ | гамма | gamma | Λ | λ | ламбада | lambda | T | τ | тау | tau |
| Δ | δ | дельта | delta | M | μ | мю | mu | Y | υ | ипсилон | upsilon |
| Е | ε | эпсилон | epsilon | N | ν | ню | nu | Φ | ϕ | фи | phi |
| Z | ζ | дзета | zeta | Ξ | ξ | кси | xi | X | χ | хи | chi |
| Η | η | эта | eta | O | \circ | омикрон | omicron | Ψ | ψ | пси | psi |
| Θ | θ | тета | theta | Π | π | пи | pi | Ω | ω | омега | omega |

Some other stars

Greek alphabet





第二十届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

俄罗斯 喀山 2015年10月20日

注意：实测和观测环节解答中的任何语言都是不被接受的，当然题目中特别说明的除外。解答中只能包含图表、坐标曲线、公式、数字，必须使用国际标准的天文符号(例如： σ , \cong , α Uma, M31, 5m等)。数字必须用国际标准写法，评判人员将不会参考解答过程中出现的任何语言。例如星座名称只能用英文字母表示，其他语言都不被考虑(只能是Uma, Ori等)。

6. 大气消光

消光是天文学中用于量化对光吸收和散射的方式。为研究大气消光，在Engelgard天文台，一颗星在同一晚不同天顶距时被观测到。天文学家用大气质量 X 来描述消光，它与光通过的大气厚度相关。例如在天顶 $X = 1$, $z = 30^\circ$ 时, $X = 2/\sqrt{3}$, $z = 60^\circ$ 时, $X = 2$ ，以此类推。我们用光子数来描述星的亮度，表1中第3列的 n 为观测时每秒接收到的光子数。一个每秒稳定辐射 9900 ± 100 个光子的源被用于定标这次观测，它相当于大气外星等 $m_b = 9.64^m$ 。

6.1 在答题本上画出表1，通过第1列的天顶距计算第2列的大气质量，填入结果；

6.2 计算相对星等 Δm_b (b的意思是蓝色)，结果填入第4列。用定标光源来确定；

6.3 通过画图的方法找出 Δm 和 X 的关系；

6.4 确定这颗星在天顶的星等。

| z | X | n | Δm_b |
|------|-----|-------|--------------|
| 39.7 | | 15135 | |
| 45.6 | | 13816 | |
| 49.5 | | 13180 | |
| 53.0 | | 12246 | |
| 54.9 | | 11800 | |
| 58.2 | | 10089 | |

7. (低年组) 变星

俄罗斯土耳其望远镜RTT-150于2003年观测到一颗变星。第一次观测持续整夜，见表2，接下来几天只是偶尔观测。在第二至第五个夜晚，记录到了最大亮度 15.59^m ，见表3。时间用儒略日表示， m_V 为黄波段星等。

7.1 画光变曲线(星等和时间)，确定第一晚的最亮时刻(用儒略日表示)，写出结果，用“ $T_0 =$ ”表示；

7.2 用全部五晚的数据确定光变周期。这里的周期指最近的两个极大的时间间隔，但实际上天文学家通常不知道两个观测到的最大之间有多少个周期，因为天气通常并不会每天都好，两个观测到的极大之间可能会有多个周期；

7.3 确定变星类型，是食变星还是造父变星(用英文写出结果Eclipsing或Pulsating)。

| JD | m_V |
|--------------|-------|
| 2452805.3543 | 16.67 |
| 2452805.3712 | 16.57 |
| 2452805.3869 | 16.03 |
| 2452805.4026 | 15.69 |
| 2452805.4161 | 15.59 |
| 2452805.4512 | 15.80 |
| 2452805.5152 | 16.14 |
| 2452805.5848 | 16.32 |
| 2452805.6676 | 16.58 |
| 2452805.7734 | 16.68 |
| 2452805.8421 | 16.63 |
| 2452805.8643 | 16.62 |
| 2452805.9068 | 16.73 |

| N | JD_{\max} | m_V |
|-----|--------------|-------|
| 1 | | 15.59 |
| 2 | 2452830.5089 | 15.59 |
| 3 | 2452831.5772 | 15.59 |
| 4 | 2452839.5858 | 15.59 |
| 5 | 2452854.5340 | 15.59 |

7. (高年组) 光谱观测

天文学家用KFU的1.5米RTT-150望远镜观测到了一颗星在一年内的光谱变化, 光谱和观测时间见图1. 其中的横坐标是波长, 为了让谱线移动更显清晰, 纵坐标是随意的单位. 相同光谱的实验室波长在最下方用粗线标出. 为了更精确, 解题中的每个计算都至少要用到两个波长的谱线.

7.1 在答题本中画出表4所示的表格(2、3、4列可以延伸出多个, 这与你所测的谱线数有关).

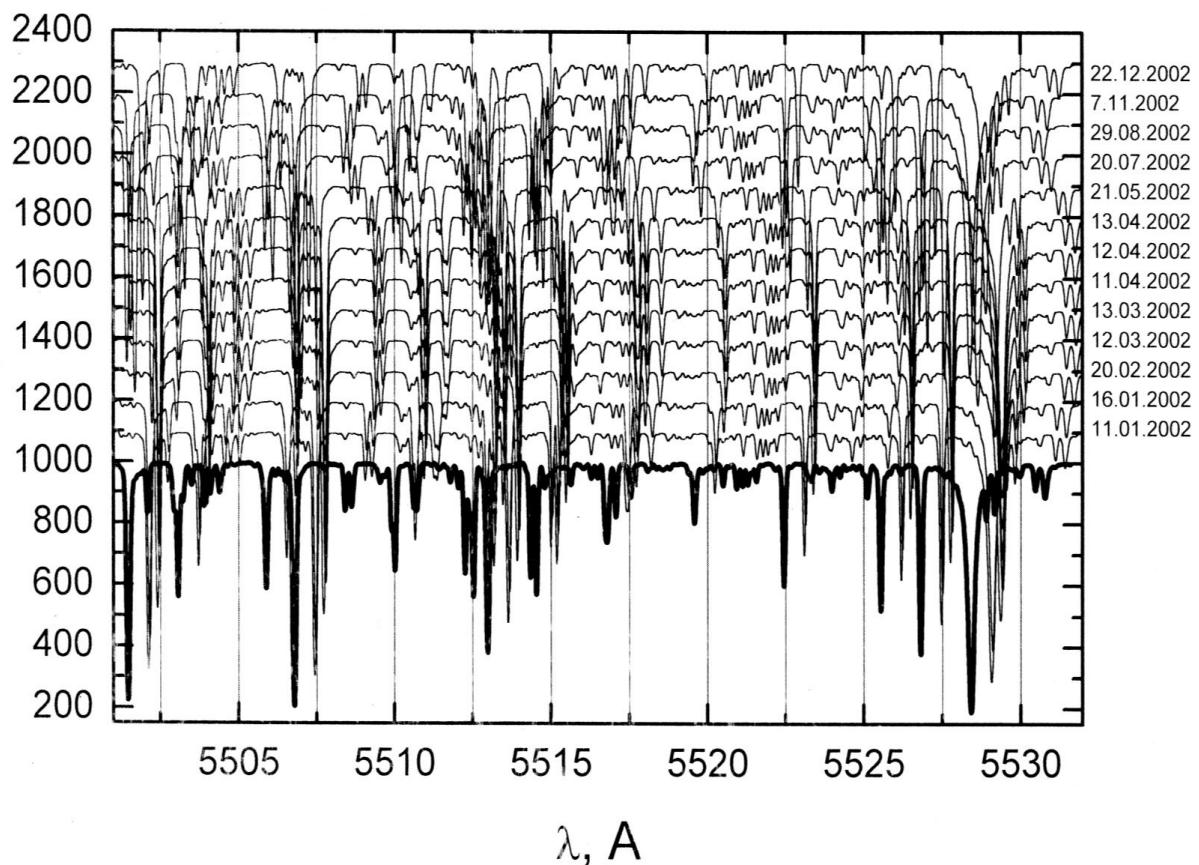
计算这颗星在不同日期的视向速度 V_r , 将测量和计算的结果填入你画的表格;

7.2 画出视向速度与时间的变化曲线;

7.3 写出这颗星的赤道坐标;

7.4 标出真实的视向速度.

| date | λ (measure) | $\Delta\lambda$ | V_r |
|------|---------------------|-----------------|-------|
| | | | |



第二十届国际天文奥林匹克竞赛

观测试题

俄罗斯 喀山 2015年10月18日

天象厅

8. 月球

你有3分钟的时间来阅读问题.

然后, 月球运动的加速动画将在4分钟内展示两次.

此外, 在第二次时, 动画将暂停在开始和结束.

之后, 你将有2分钟的时间来写答案.

写出观测的月份.

9. 行星的运动

你有2.5分钟的时间来阅读问题.

然后, 一个太阳和行星相对于恒星的运动的加速动画将在5分钟内显示两次. 此外, 在第二次时, 动画将暂停在开始和结束.

之后, 你将有2分钟的时间写答案.

9.1.估计动画开始和结束的日期(+/-1周).

9.2.写出火星和金星经过的星座(标准的三个字母命名).

阴天观测

望远镜观测

10. 轮廓

最近, 天文学家发现了一个新的疏散星团.

10.1将望远镜对准它的副本, 画出“星星”的形状.

10.2一位天文学家在星团的轮廓中认出了熟悉的星座. 写出那个星座的标准三个字母的名称.

所有任务的最大总时间为11分钟.

第二十一届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

保加利亚 斯莫梁 2016年10月7日

1. (低年组) 火星卫星

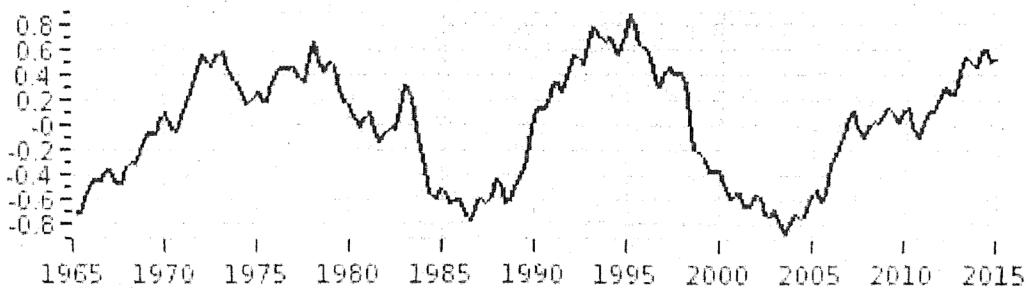
为了观测像在地球上看到那样的日食，现将一颗人造卫星发射到绕火星公转轨道上，火星会作为挡住太阳的那个天体。估算这是否可行，并计算卫星的轨道周期。画图清晰解释你的结论。

1. (高年组) 戴森球

有一种极具想象力的说法认为参宿四(Betelgeuse)不是红巨星，而是一颗由绕其公转的耐高温文明所建的“戴森球”。球的半径与行星之前的公转轨道半径相同。估算行星之前的轨道周期。

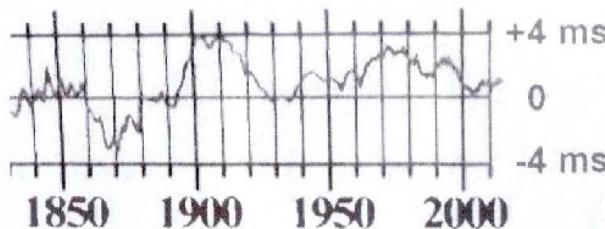
2. (低年组) 一天的长度

由于月球的影响，地球自转速度在变慢，大约每个千年增加16毫秒。然而除此以外还有一些在一年到数百年变化周期。图1中展示的就是一个被称为“子十年”的周期在近50年的天长变化曲线，纵坐标单位是毫秒。有一种理论认为只有一个因素导致了这个变化，即海平面的升降。根据这个模型找出在1995年到2003年间，海平面上升($\Delta h = + \dots$)或降低($\Delta h = - \dots$)了多少？



2. (高年组) 一天的长度

由于月球的影响，地球自转速度在变慢，大约每个千年增加16毫秒。然而除此以外还有一些在一年到数百年变化周期。图2中展示的就是一个被称为“子十年”的周期从1830年到2014年的天长变化曲线，纵坐标单位是毫秒。有一种理论认为只有一个因素导致了这个变化，即海平面的升降。根据这个模型找出，海平面在图中所示的时期内是如何变化的。画图表示这个变化(横坐标以年为单位，纵坐标是可能用到的海平面变化单位)。



天兆 (3、4两题共用描述)

公元813年6月22日，经过15天的对峙，保加利亚人Khan Krun击败了拜占庭帝国皇帝Michael I Rhangabe的军队，占领了Adrianople (今土耳其Edirne)。获胜之后，保加利亚军队包围了拜占庭帝国首都君士坦丁堡。战争的结果可能被一些迷信的将军左右。拜占庭史书中有记载：“两支军队，保加利亚人在西北方，希腊人在东南方，可怕的天兆注视着勇士们，两颗像月亮一样亮的彗星彼此分开。”一些天文历史学家认为这是人类首次观测到的彗核分裂现象，然而还有别的观点：

3. 天兆，两颗彗星

假想有两颗彗星，严格按相同轨道运行，周期为3年。假设它们在远日点(小行星主带中间)相对地球上的观测者冲日。但在这个位置它们彼此靠得非常近，以至于肉眼看上去两颗彗星恰好无法分辨。那么在经过近日点时，在地球上它们能被观测到分开的最大角距离是多少？(以这个角距离，两颗彗星可以在公元813年6月被观测到)。

4. 天兆，月亮和彗星

还有一种更惊人的关于该现象的解释，当然可能性很小，就是很细的月牙掩住了一颗很亮的彗星。然后勇士们看到彗星从月球被照亮的那面出现，仿佛天空中有两个月牙。如果是这样：

4.1 在一天中的哪个时间可能观测到这个现象？

4.2 在哪个星座天区里可能观测到这个现象？

4.3 哪支军队看到这个现象会更害怕？为什么？

4.4 画一个在战争发生前勇士们的图，必要的距离和角距离要在图中标出。

4.5 计算(或解释因缺少哪些数据无法计算)在战前15天中的哪天，可能观测到这样的天象？

5. 寻找小行星

使用一台现代化的中等尺寸望远镜，可以观测到小行星主带中一颗 2.5 km 大小的小行星。使用相同的望远镜和观测方法可以观测到柯伊伯带中多大的天体？所有可能用到的关于小行星带和柯伊伯带的数据你都应记住。

第二十一届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

保加利亚 斯莫梁 2016年10月10日

6. (低年组) 彗星观测者

下表展示了P/2007 R2彗星的20次观测数据，间隔为121天18小时，相当于每年观测3次。其轨道倾角 $I = 1.4339^\circ$ 可以忽略。

下列参数将被用到：

N —— 观测序数编号；

Date (UT) —— 观测日期, HR和MN表示小时和分钟；

R.A. (hh:mm:ss) 和Dec. (deg:mm:ss) —— 彗星中心的赤经和赤纬；

T-mag —— 彗星大概的视星等；

Delta —— 在观测时彗星中心到观测者的距离，单位为au；

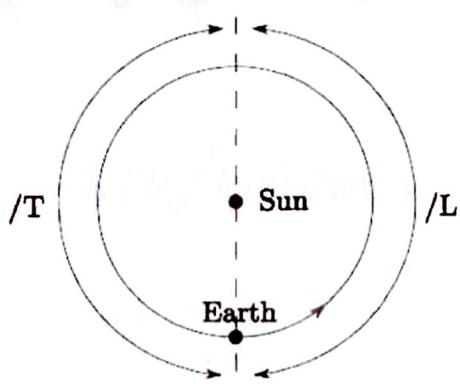
S-O-C —— 太阳、观测者、彗星的夹角，以 $^\circ$ 为单位(彗星与太阳的角距离, $0^\circ \sim 180^\circ$)；

/r —— 在观测者看来彗星相对太阳的视位置，/T表示彗星跟随着太阳(升起和降落晚于太阳)，/L表示彗星引领着太阳(升起和降落早于太阳)，如图所示。

用表中数据完成：

- 6.1 在画图纸上画出从北黄极方向俯视的彗星轨道，在彗星轨道上点出并标出观测序号N，假设地球轨道速度是常数；
- 6.2 计算彗星轨道半长轴 a 和偏心率 e ；
- 6.3 不用任何其他数据(例如太阳质量或开普勒第三定律)，估计彗星的轨道周期 T ；
- 6.4 不用任何其他数据(如太阳质量)，计算彗星近日点速度 V_p 和远日点速度 V_a ；
- 6.5 计算太阳质量，万有引力常数 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ ；
- 6.6 计算位置 $N = 7$ 时的轨道速度 V 和逃逸速度 V_e 。

| N | Date (UT) | HR:MN | R. A. | | | DEC | | | T-mag | Delta | S-O-C | /r |
|----|------------|-------|-------|----|-------|-----|----|------|-------|-------|---------|----|
| 1 | 2004-09-30 | 00:00 | 12 | 26 | 37.40 | -02 | 35 | 00.4 | 33.12 | 6.485 | 0.271 | /T |
| 2 | 2005-01-29 | 18:00 | 13 | 28 | 32.58 | -09 | 15 | 06.5 | 32.32 | 4.967 | 105.966 | /L |
| 3 | 2005-05-31 | 12:00 | 12 | 38 | 34.29 | -04 | 26 | 57.7 | 31.77 | 4.493 | 120.555 | /T |
| 4 | 2005-09-30 | 06:00 | 13 | 29 | 55.02 | -09 | 49 | 15.1 | 31.82 | 5.715 | 17.327 | /T |
| 5 | 2006-01-30 | 00:00 | 15 | 07 | 52.88 | -18 | 16 | 04.6 | 30.60 | 4.419 | 80.257 | /L |
| 6 | 2006-05-31 | 18:00 | 14 | 28 | 41.00 | -15 | 54 | 56.7 | 28.80 | 2.940 | 149.891 | /T |
| 7 | 2006-09-30 | 12:00 | 15 | 08 | 57.98 | -18 | 38 | 54.3 | 28.09 | 3.884 | 42.866 | /T |
| 8 | 2007-01-30 | 06:00 | 18 | 31 | 38.72 | -24 | 18 | 09.1 | 25.77 | 3.252 | 32.669 | /L |
| 9 | 2007-06-01 | 00:00 | 23 | 02 | 49.26 | -07 | 42 | 38.0 | 21.35 | 1.464 | 86.189 | /L |
| 10 | 2007-09-30 | 18:00 | 03 | 31 | 15.59 | +20 | 03 | 36.3 | 18.62 | 0.649 | 131.671 | /L |
| 11 | 2008-01-30 | 12:00 | 03 | 43 | 46.19 | +21 | 38 | 57.9 | 23.18 | 1.616 | 108.756 | /T |
| 12 | 2008-05-31 | 06:00 | 06 | 55 | 11.41 | +23 | 55 | 34.8 | 27.27 | 3.724 | 32.564 | /T |
| 13 | 2008-09-30 | 00:00 | 09 | 38 | 45.54 | +15 | 09 | 48.2 | 29.09 | 4.234 | 45.116 | /L |
| 14 | 2009-01-29 | 18:00 | 09 | 57 | 24.96 | +13 | 53 | 18.2 | 29.55 | 3.204 | 163.127 | /L |
| 15 | 2009-05-31 | 12:00 | 09 | 31 | 40.74 | +15 | 30 | 19.4 | 31.20 | 4.845 | 70.213 | /T |
| 16 | 2009-09-30 | 06:00 | 11 | 04 | 18.66 | +06 | 35 | 02.1 | 32.13 | 5.854 | 22.454 | /L |
| 17 | 2010-01-30 | 00:00 | 11 | 42 | 42.32 | +02 | 32 | 28.1 | 31.90 | 4.447 | 134.801 | /L |
| 18 | 2010-05-31 | 18:00 | 10 | 57 | 35.25 | +07 | 03 | 49.9 | 32.45 | 5.196 | 92.885 | /T |
| 19 | 2010-09-30 | 12:00 | 12 | 04 | 42.28 | -00 | 18 | 36.2 | 33.00 | 6.407 | 5.875 | /L |
| 20 | 2011-01-30 | 06:00 | 12 | 58 | 53.76 | -06 | 12 | 50.7 | 32.40 | 4.920 | 113.868 | /L |



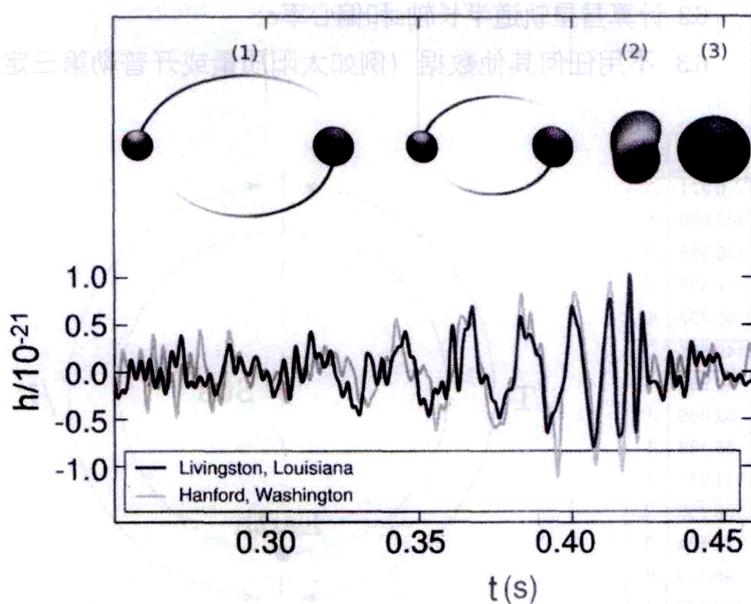
从被黄极方向俯视地球轨道，地球公转方向用箭头表示。

6. (高年组) 首次探测到引力波

1916年，也就是相对论诞生的第二年，爱因斯坦预言了引力波的存在。与电磁辐射类似，它的辐射由质量变化引起。根据电磁学原理我们推断，当固定的物质质量发生突变时，引力会造成其周边探测物质发生变化。然而这样的变化并不是立即发生。质量变化会以引力辐射的方式光速传播。当引力波触碰到探测物时，这些物体就会因引力的突然改变而发生移动。如果物质质量周期性变化，引力波也体现周期性，探测物也将周期性运动。

2015年9月14日，LIGO的两个探测器探测到了GW150914的信号，见下图，这是人类首次探测到引力波，也是首次探测到双黑洞合并为单黑洞。这个合并的双黑洞系统位于距离我们250至600 Mpc的某个位置，两个黑洞的初始质量分别为 $36 \pm 4M_{\odot}$ 和 $28 \pm 4M_{\odot}$ 。合并后的黑洞质量为 $62 \pm 4M_{\odot}$ 。消失的质量以引力辐射的形式作为能量扩散，大约为 $3.0 \pm 0.5M_{\odot}c^2$ 。 M_{\odot} 为太阳质量 2.0×10^{30} kg。真空中光速为 3.0×10^8 m/s。引力辐射的峰值经多次计算为 10^{49} W，比我们可观测宇宙中所有恒星总光辐射能还大10倍多。

物理学家们用一个无量纲的参数 h 来描述引力波振幅，定义为 $h = \Delta L/L$ 。 ΔL 为引力波潮汐力造成的探测物体相对位移， L 为探测物体的间距。 h 通常被称为引力波无量纲参数，在下图中纵坐标表示。



两个LIGO探测器观测到的引力波事件GW150914，纵坐标为引力波振幅(h)，黑洞合并过程中的以下阶段(图像位于横坐标它们相对应的大致时间点上):(1)旋线环绕，两个黑洞彼此接近；(2)合并，黑洞合并在一起；(3)圆球，刚形成的黑洞在稳定之前的简单振荡。

用经典牛顿力学的方法近似完成以下工作：

- 6.1 利用LIGO工作组的质量数据, 计算两个黑洞在合并前的水平半径, 包括估计的误差;
- 6.2 用图表中的引力波信号探测器数据, 找出双黑洞系统在合并阶段的绕转周期;
- 6.3 估计双黑洞系统的总初始质量. 只能用图中引力波的观测信息, 不能用题目中提到的LIGO的结果;
- 6.4 寻找一种相对初始黑洞质量(M_1 和 M_2)直到黑洞合并时的引力波能量释放表示方法. 用6.3的结果计算如果 $M_1 = M_2$ 时的总引力能量释放;
- 6.5 找到在合并前最后0.10秒的平均引力波辐射能 P ;
- 6.6 与其他许多种波一样, 引力波流量与振幅的平方成正比, 对于双黑洞系统, 振幅值大约近似为 $h = (v/c)^2$, 这里的 v 为双黑洞轨道速度, 估计LIGO探测到的合并黑洞系统到我们的距离;
- 6.7 LISA装置致力于从大宇宙学红移下的超大质量黑洞碰撞过程中探测到引力波. 以无量纲的方式估计LISA需要的精确度.

7. 初始质量函数和超新星

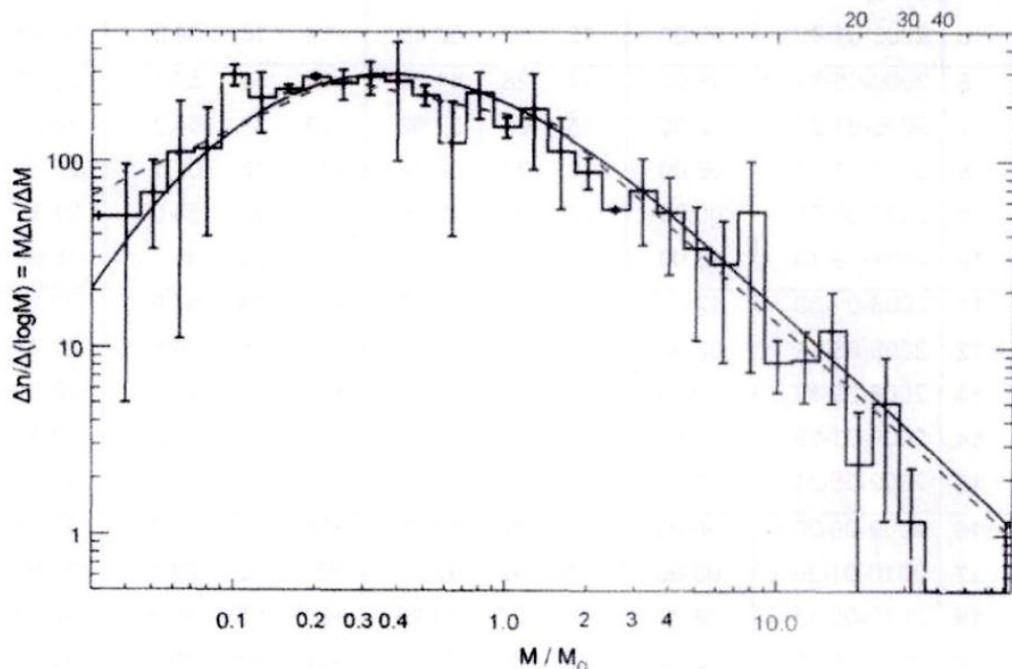
一颗单恒星的演化仅由它的质量决定, 因此质量是恒星最重要的参数, 我们通常用其诞生时的质量来描述它(初始质量函数IMF).

下图是基于两个不同模型的对数坐标系下的初始质量函数(IMF), 观测到的数据在相同大小的框里, 包含误差棒. y 轴为恒星相对数量和质量变化的比率($\Delta n / \Delta \lg M$).

- (1) 我们银河系中的恒星形成率 $\Delta M / \Delta t = 8M_\odot/\text{year}$, 恒星诞生时的质量如果大于 $8M_\odot$ 会作为核心塌缩超新星爆发. 估算核心塌缩超新星在银河系中诞生的概率(或在银河系中多长时间会有核心塌缩超新星爆发).

提示: 核心塌缩超新星的平均初始质量是多少? MSN超新星在总恒星形成质量中所占比例 q ($0 < q < 1$) 是多少? 这些问题的答案都可以在IMF数据图中测量出.

- (2) 我们在银河系中观测到超新星爆发的频率是多少 f (yr^{-1})? 如与你在(1)中的结果有明显区别, 画图或用一段很短的话来解释(不长于20个词的英文或中文).



第二十二届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

中国 威海 2017年10月29日

1. (低年组) 双星

一个双星系统由两颗与半人马座 α -A和 α -B物理特性完全一样的恒星组成。它们绕质心以圆轨道运动。从地球上观测，这两颗恒星的角距离在 $0.17''$ 和 $2.2''$ 间变化，角距离变化的周期为 $T = 39.6$ 年。

请求出该双星系统的距离(距地球)。

1. (高年组) 双星

一个双星系统由两颗与半人马座 α -A和 α -B物理特性完全一样的恒星组成。它们绕质心以圆轨道运动。从地球上观测，这两颗恒星的角距离在 $0.17''$ 和 $2.2''$ 间变化，角距离变化的周期为 $T = 39.6$ 年。

请求出该双星系统中每一个恒星的视星等以及该双星系统的“总”星等。

2. (低年组) 地外生命峰会

地外熊和地外企鹅分别生活在我们星系中不同的行星系统里。他们来到了一个由星际文明协会(ISS)组织的峰会。峰会地点在宇宙深处，在这里没有恒星的视星等亮过 1^m 。但是熊和企鹅的两颗“家”恒星都能被肉眼看见(假设这些地外生命眼睛的特性与人类相同)。这两个恒星间的角距离为 $\beta = 30^\circ$ 。

2.1 考虑到主序星里只有光谱型A至M型的恒星才有可能形成行星系统，求出熊家恒星和企鹅家恒星间可能的最小与最大距离。

2.2 请画一张在ISS上的地外熊和企鹅(及其他动物)的艺术想象图。

2. (高年组) 地外生命峰会

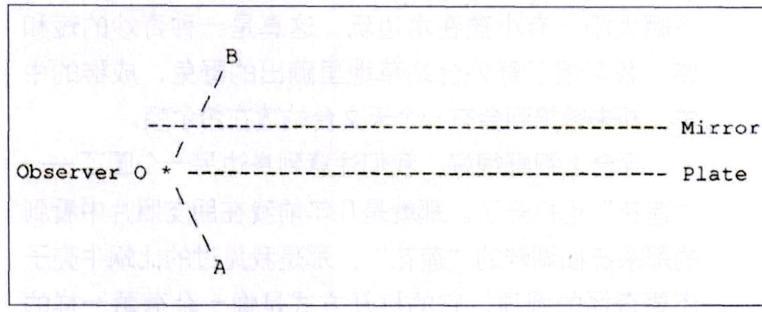
地外熊和地外企鹅分别生活在我们星系中不同的行星系统里。他们来到了一个由星际文明协会(ISS)组织的峰会。峰会地点在宇宙深处，在这里没有恒星的视星等亮过 1^m 。但是熊和企鹅的两颗“家”恒星都能被肉眼看见(假设这些地外生命眼睛的特性与人类相同)。这两个恒星的角距离为 β ($30^\circ < \beta < 90^\circ$)。

2.1 考虑到主序星里只有光谱型A至M型的恒星才有可能形成行星系统，求出熊家恒星和企鹅家恒星间可能的最小与最大距离。请给出数值解，如不可能，请以 β 的函数形式解出。

2.2 请画一张在ISS上的地外熊和企鹅(及其他动物)的艺术想象图。

3. 镜面与平板玻璃

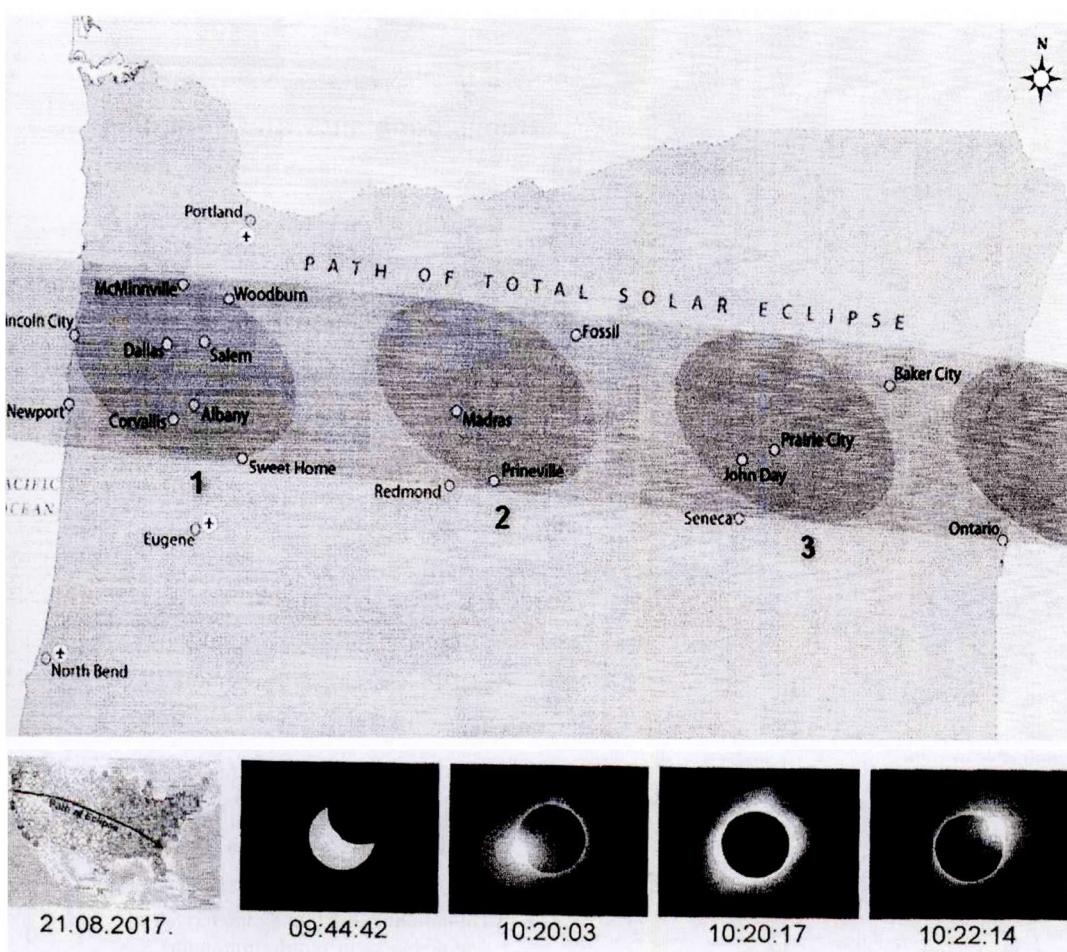
一个系统由一个平面镜(100%反射率)和一个平板玻璃组成。平板玻璃的透射率为 $k\%$ ，反射率为 $(100 - k)\%$ (且该特性双向同性)。镜面及平板玻璃相互平行并向右侧无限延伸。一个位于点O(用*标出)的观测者在以OA方向为轴的圆锥体内观测到了一个视星等为 2^m 的恒星，假设OB与OA对称，请问在以OB为轴的圆锥体内能看到的镜像星等是什么？并请计算其星等在 $k = 50\%$ 和 $k = 5\%$ 情况下的数值，或解释为什么看不到任何星像。



4. (低年组) 美国日食

两个月前的8月21日美国发生了日全食，地图上划出了日食中线的轨迹。下图下方是4张俄罗
斯-保加利亚观测者在美国西北部的俄勒冈州拍摄的照片，请使用数据并计算(图中时间为当地时
UT-07):

- 4.1 全食时，在俄勒冈州太阳的地平高度.
- 4.2 在下图上方中位置1和2间的时间间隔 t .



4. (高年组) 美国日食

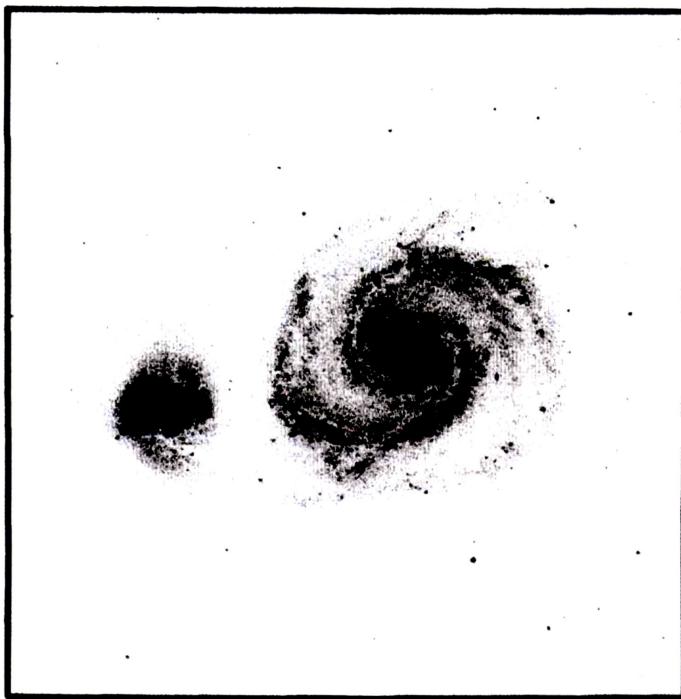
两个月前的8月21日美国发生了日全食，地图上划出了日食中线的轨迹。上图图中是4张俄罗
斯-保加利亚观测者在美国西北部的俄勒冈州拍摄的照片。在该州，月影的轨迹几乎是沿着 $\varphi = 45^\circ$ 的纬度线，图中的时间为UT-07当地时。在全食时，太阳位于天空的东南方向，其方位为南偏
东 59.5° ($X = 59.5^\circ$)，地平高度为 $h = 41.9^\circ$ 。请根据数据计算：

- 4.1 在俄勒冈州月影的移动速度.
- 4.2 在该州日全食带的宽度(以km为单位).

5. (低年组) 涡状星系

M51的图像由星系NGC5194 ($\alpha = 13^{\text{h}}29^{\text{m}}56^{\text{s}}$, $\delta = +47^{\circ}13'50''$)和它的伴星系NGC5195组成, 该照片由威海天文台的一米望远镜在2014年12月25日拍摄, 这个V波段图像在下图中示出, 该图的边框表示了该望远镜的视场, 该望远镜的参数为: 焦距8米, CCD (2048×2048 , 像素尺寸: $13.5 \mu\text{m} \times 13.5 \mu\text{m}$).

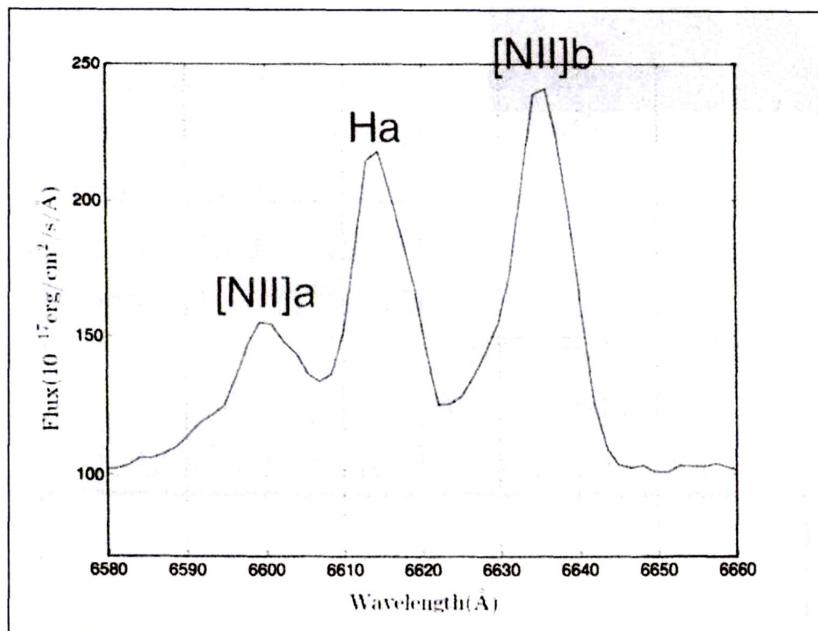
- 5.1 在威海图像拍摄日, 求出NGC5194上中天的北京时间(UTC+8). (以24h格式: hh:mm, 以 $T_c = \dots$ 的形式写出)
- 5.2 估算NGC5194的角尺寸. (直径, 以角分为单位, 以 $\beta = \dots$ 的形式写出)
- 5.3 假设NGC5194的物理尺寸为银河系的一半, 计算M51的距离. (以Mpc为单位, 以 $L = \dots$ 的形式写出)
- 5.4 NGC5194星系的类型是什么? (elliptical, spiral, barred spiral, or irregular, 用Type =的形式写出)



5. (高年组) 赛弗特星系

一个星系NGC7479 ($\alpha = 23^{\text{h}}04^{\text{m}}57^{\text{s}}$, $\delta = +12^{\circ}19'22''$)的低分辨率光谱由兴隆的2.16米望远镜拍摄到, 时间为2009年9月14日. 光谱的红色波段如下图所示, 光谱中的发射线(从左至右)分别为: [NII]a, H α , [NII]b.

- 5.1 在兴隆谱线拍摄日, 求出该星系上中天的北京时间(UTC+8). (以24h格式: hh:mm, 以 $T_c = \dots$ 的形式写出)
- 5.2 估算该星系的红移 z . (以 $z = \dots$ 的形式写出)
- 5.3 求出NGC7479的距离. (以Mpc为单位, 以 $D = \dots$ 的形式写出)
- 5.4 估算H α 线的半高带宽(FWHM). (以km/s为单位, 以 $\text{FWHM}(\text{H}\alpha) = \dots$ 的形式写出)
- 5.5 如果该星系被称为赛弗特星系, 基于H α 线的带宽, 该星系应该属于什么类型? (Seyfert-I或 Seyfert-II, 请以Type =的形式写出)此处假设由仪器引起的线宽变宽的情形可以被忽略.



Данные о некоторых звёздах

Data of some stars

| | | R.A. | DEC | ρ | Зв.вел. Mag. | Температура Temperature | Масса Mass | |
|----------------------|-------------------------|----------------------------------|---|--------------|----------------------|---|------------------|--|
| Солнце | Sun | 0 ^h – 24 ^h | -23°26' – +23°26' | 8''.794 | -26 ^m .74 | 5777 K | 1 M _⊕ | |
| Бетельгейзе | Betelgeuse | α Ori | 05 ^h 55 ^m 10 ^s | 07° 24' 25" | 0''.005 | 0 ^m .5 | 3590 K | 11.6 M _⊕ |
| Вега | Vega | α Lyr | 18 ^h 36 ^m 56 ^s | 38° 47' 01" | 0''.130 | 0 ^m .03 | 9600 K | 2.14 M _⊕ |
| Наос | Naos | ζ Pup | 08 ^h 03 ^m 35 ^s | -40° 00' 12" | 0''.003 | 2 ^m .21 | 42000 K | 40 M _⊕ |
| Толиман | Toliman (Rigel Kent) | α Cen A | 14 ^h 39 ^m 36 ^s | -60° 50' 07" | 0''.747 | -0 ^m .01 1 ^m .33 | 5810 K 5260 K | 1.11 M _⊕ 0.93 M _⊕ |
| Проксима Центавра | Proxima Centauri | V645 Cen, α Cen C | 14 ^h 29 ^m 43 ^s | -62° 40' 46" | 0''.769 | 11 ^m .06 | 3040 K | 0.123 M _⊕ |

| Координаты Coordinates | WHO Observatory | Xinglong Observatory |
|------------------------|-----------------|----------------------|
| φ (N / с.ш.) | 37° 32' | 40° 24' |
| λ (E / в.д.) | 122° 03' | 117° 35' |
| Часовой пояс Timezone | UT+08 | UT+08 |

第二十二届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

山东 威海 2017年11月1日

6. 系外行星的凌

一颗系外行星(TrES-3b)凌过一个恒星(TrES-3), 于2009年4月16日被威海天文台(WHO)的一米望远镜观测到, 这次观测使用了宽带V滤镜片和PI CCD. 测光数据(从原始数据中选取)在下表中给出, 图中的时间以儒略日给出, m_V 为V-波段星等.

| time (JD) | m_V |
|-------------|---------|
| 2454938.220 | 12.4080 |
| 2454938.231 | 12.4094 |
| 2454938.239 | 12.4074 |
| 2454938.244 | 12.4074 |
| 2454938.248 | 12.4144 |
| 2454938.251 | 12.4217 |
| 2454938.257 | 12.4261 |
| 2454938.261 | 12.4292 |
| 2454938.267 | 12.4353 |
| 2454938.274 | 12.4365 |
| 2454938.279 | 12.4333 |
| 2454938.283 | 12.4267 |
| 2454938.287 | 12.4254 |
| 2454938.294 | 12.4172 |
| 2454938.297 | 12.4146 |
| 2454938.304 | 12.4102 |
| 2454938.314 | 12.4075 |
| 2454938.324 | 12.4086 |

- 6.1 画出凌的光变曲线(星等vs时间), 用天为单位以“ $T_{\text{mid}} = \dots$ ”的形式确定“中-凌”(mid-transit)(最深凌)的时间; 并用儒略日为单位以“ $T_d = \dots$ ”的形式估算凌的持续时间; 然后用星等为单位以“ $D = \dots$ ”为形式确定凌的深度.
- 6.2 已知该恒星(TrES-3)的半径为0.813倍太阳半径: $R_s = 0.813 R_{\text{sun}}$. 以木星半径 R_{Jupiter} 为单位用“ $R_p = \dots$ ”的形式, 给出系外行星TrES-3b半径 R_p 的公式并计算出数值.
- 6.3 以度($^\circ$)为单位, 粗略估算倾角 i , i 的定义为该行星轨道面的垂直线(或轴)与观测者视线间的夹角. 以“ $i = \dots$ ”的形式给出答案.
- 6.4 该行星系统的下一个“中-凌”(mid-transit)时刻为: $JD = 2454939.578$. 已知恒星(TrES-3)质量为 $M_s = 0.924 M_{\text{sun}}$. 计算行星TrES-3b的轨道周期(以天为单位, 以“ $P = \dots$ ”的形式); 并计算其轨道至半长轴(以au为单位, 以“ $a = \dots$ ”的形式).

7. (低年组) 地球的大气层消光

消光是天文学中用来描述由于吸收和散射而产生的光衰减现象的名词. 山大威海天文台(WHO)的天文学家于2017年10月26日观测一颗恒星($\alpha = 22^{\text{h}}02^{\text{m}}40^{\text{s}}$, $\delta = +42^\circ 14' 41''$), 观测是在该恒星上中天后, 在不同天顶距时进行的. 天文学们用一个英文名称“air mass”来描述大气消光特性, 并用 $F(z)$ 来表示, 其中 z 为被观测恒星的天顶距. 当 z 小于60度时, $F(z) = 1/\cos(z)$. 大气消光

的共识可以被写成: $m_V = m_0 + K \cdot F(z)$. 其中 m_0 是没有大气消光时恒星的星等, K 为大气消光系数. 下表给出了观测时间(UT, 以小时为单位)和所测到的该恒星的星等(m_V).

| UT _{obs} (hour) | m_V |
|--------------------------|---------|
| 12.49484 | 16.9040 |
| 12.76648 | 16.9195 |
| 13.30982 | 16.9135 |
| 13.58151 | 16.8938 |
| 13.85316 | 16.9306 |
| 14.12483 | 16.9460 |
| 14.39651 | 16.9420 |
| 14.66817 | 16.9520 |
| 14.93982 | 16.9528 |
| 15.21151 | 17.0046 |
| 15.48372 | 17.0630 |
| 16.02750 | 17.1581 |

7.1 以下列表格的样式, 在答题本上画出表格. 在表的第一列, 抄录下观测时间; 计算在每个时刻下该恒星的天顶距(以度为单位), 并将其写入表格的第二列; 计算不同天顶距下的“air mass” $F(z)$, 并把计算结果填入第三列.

| UT _{obs} (hour) | z ($^{\circ}$) | $F(z)$ |
|--------------------------|--------------------|--------|
| 12.49484 | | |
| | | |

7.2 以 m_V 为纵轴, $F(z)$ 为横轴作图, 将数据画入图中. 在数据点中画出一条直虚线, 以表示 $m_V -$ vs- $F(z)$ 的线性关系.

7.3 使用该图做相应的测量, 估算消光系数(K)以及 m_0 , 以“ $K = \dots$ ”和“ $m = \dots$ ”的形式写出.

7.4 确定该恒星在天顶时的星等, 并以“ $m_z = \dots$ ”的形式写出结果.

7. (高年组) 互动星系的光谱观测

兴隆的2.16米望远镜观测了一个互动中Arp86星系的15个不同区域, 并获取了相应的低分辨率光谱. 该数据被周等人分析并发表于(2014, RAA, 14, 1393). 所测得的[OIII], H β , NII], H α 发射线的流量(flux)在下表中列出, 流量数据的单位为: 10^{-16} erg/s/cm 2 .

| Region ID | R.A. (J2000.0) | Decl. (J2000.0) | $f([OIII])_{\lambda 5007}$ | $f(H\beta)$ | $f([NII])_{\lambda 6583}$ | $f(H\alpha)$ |
|-----------|----------------|-----------------|----------------------------|-------------|---------------------------|--------------|
| 1 | 23:47:05.7 | +29:29:37.7 | 25.4 | 22.3 | 44.0 | 125.0 |
| 2 | 23:47:06.5 | +29:29:37.7 | 18.2 | 28.0 | 28.5 | 82.1 |
| 3 | 23:47:04.4 | +29:29:34.8 | 15.4 | 24.6 | 45.6 | 126.0 |
| 9 | 23:47:07.2 | +29:29:22.9 | 6.45 | 8.57 | 12.4 | 28.8 |
| 15 | 23:47:06.3 | +29:29:13.2 | 119 | 23.9 | 140.0 | 285.0 |
| 16 | 23:47:05.3 | +29:29:12.6 | 7.13 | 4.70 | 14.4 | 25.8 |
| 19 | 23:47:01.1 | +29:29:06.9 | 24.8 | 11.8 | 20.4 | 53.3 |
| 23 | 23:47:04.0 | +29:29:02.3 | 10.3 | 8.63 | 12.6 | 43.9 |
| 28 | 23:47:08.0 | +29:28:56.1 | 103.0 | 34.7 | 95.5 | 276.0 |
| 33 | 23:47:03.2 | +29:28:50.7 | 14.7 | 16.4 | 30.0 | 84.0 |
| 34 | 23:47:01.8 | +29:28:48.3 | 48.2 | 25.0 | 65.5 | 183.0 |

| | | | | | | |
|----|------------|-------------|-------|-------|-------|--------|
| 37 | 23:47:08.2 | +29:28:45.0 | 107.0 | 33.2 | 77.4 | 214.0 |
| 43 | 23:47:02.3 | +29:28:35.5 | 224.0 | 143.6 | 407.0 | 1180.0 |
| 45 | 23:47:02.8 | +29:28:33.2 | 33.7 | 60.0 | 97.4 | 255.0 |
| 47 | 23:47:06.6 | +29:28:29.1 | 11.5 | 19.1 | 33.9 | 104.0 |

7.1 以 $\log_{10}([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$ 为纵轴, $\log_{10}([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$ 为横轴, 将不同区域的数据画入图中.

- 7.2** 在图中以虚曲线的形式将以下函数画出来: $\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta) = 1.3 + 0.61 * \{\log(\text{NII})/\text{H}\alpha - 0.05\}$. 该函数由Kauffmann等人给出(发表于2003, MNRAS, 346, 1055). 如果图中的一个区域的数据点在这条虚线之上, 那么该区域就可以被界定为“AGN”. 请确定哪些区域能被界定为“AGN”, 并以“AGN = Region ID, ..., ...”的形式写出. (“Region ID”在上表的第一列给出了).
- 7.3** 以下表的相同样式, 在你的答题纸上画出表格. 以角秒为单位, 算出每个区域距离星系中心(坐标: $\alpha = 23^{\text{h}}47^{\text{m}}0.48^{\text{s}}$, $\delta = +29^{\circ}29'0.06''$)的角距离, 并填入表的第2列.

对每一个区域计算 $\text{H}\alpha$ 线的光度 $L(\text{H}\alpha)$ (以 erg/s 为单位), 并估算出相应的恒星形成率(SFR). SFR 由以下公式给出: $\text{SFR}(M_{\odot}/\text{年(yr)}) = 7.9 \times 10^{-42} [L(\text{H}\alpha)](\text{erg}/\text{s})$.

计算“金属含量”[即氧元素丰度 $\log_{10}(\text{O/H})$][针对每个区域的星际物质(ISM)], 使用以下公式:

$$12 + \log_{10}(\text{O/H}) = 8.9 + 0.57 \times \log([\text{NII}]/\text{H}\alpha).$$

Arp86的红移为: 0.016.

| Region ID | Angular Distance to the center (arcsec) | $L(\text{H}\alpha)$ (ergs/s) | SFR (M_{\odot}/yr) | $\log_{10}(\text{O/H})$ |
|-----------|---|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| | | | | |

7.4 画出该星系 $\log_{10}(\text{O/H})$ 的径向分布, 以 β 为横轴, $\log_{10}(\text{O/H})$ 为纵轴, β 是离星系中心点的角距离.

7.5 在上图中画出一条直虚线, 用以显示 $\log_{10}(\text{O/H})$ 随角距离的整体变化趋势. 如果 $\log_{10}(\text{O/H})$ 和角距离 β 存在线性相关性的话, 即: $\log_{10}(\text{O/H}) = A + B \times \beta$, 请通过作图法估算系数 B , 以“ $B = \dots$ ”的形式写出结果.

第二十三届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

斯里兰卡 科伦坡 2018年10月8日

1. (低年组) 水银镜面

如你所知, 当你旋转一个装有水银的容器时, 水银的表面将形成一个抛物面. 所形成的液体镜面可以被用作一个望远镜的主镜面. 一个北极熊天文学家决定在北极点上用这一办法制作一个望远镜, 在这里它利用了地球的自转, 所以这个主镜有一个长的焦距.

1.1 北极熊的主意可行吗? 请用英文写出“Yes”或“No”. 如果是, 请找出这个主镜的焦长; 如果不是, 请给出支持你结论的必要计算及示意图.

1.2 请画出一个正在从事该项工作的熊的图.

1. (高年组) 星系距离

在研究一个遥远星系中的一次超新星爆发时, 两个科学家注意到所观测到的该超新星光谱中的H谱线的位置与实验室中的H谱线位置刚好重合. 但是这两个科学家对哈勃常数的取值有着不同观点, 他们所使用的哈勃常数的差值 $H_0 = H_2 - H_1 = 14 \text{ km/s/Mpc}$, 他们计算得到的超新星极大亮度的绝对星等为 $M_1 = -19.02^m$ 和 $M_2 = -18.64^m$. 请分别找出这两个科学家所获得的该星系的红移和距离.

2. (低年组) 火星大冲

火星大冲发生在2018年7月27日(见表1). 火星大冲(火星在此时比其他“冲”时显得更亮)每15或17年重复一次. 上一次大冲(也被称为“最大冲”, 因为那是许多世纪中火星最亮的一次)发生在2003年8月28日, 下一次将发生在2035年.

2.1 请确定这次大冲时火星所在的星座(用星座的英文符号写出).

2.2 假设地球和火星轨道为正圆, 基于2003年大冲的日期, 推算出2018年和2035年大冲的发生日期.

2.3 请解释2018年大冲推算日期与真实发生日期的差别(请画图解释).

2.4 2018和2035大冲哪个更亮? (也请作图解释).

2. (高年组) 火星人观测

今年7月, 在一天之中发生了两个独特的天文现象. 在7月27日早上火星大冲(见表1), 在当天晚上, 地球居民(在合适的天气和地理条件下)观测到了一次长的月食. 但是这次火星与地球的靠近也为火星上的天文学家提供了一次好的研究地球和月球的机会. 火星人太空署策划了两个近火星轨道器的探测行动, 用于观测一下两个现象:

B2.1 地球在日面上的凌日, 用以研究地球的大气(假设整个地球须进入太阳的边缘).

B2.2 月球在地球盘面上的凌地球, 用以研究月球的大气(假设整个月球的盘面必须穿过地球的盘面).

分别对上述两个观测, 确定在火星上进行观测时, 被观测目标所处的星座, 并确定火星轨道探测任务是否可能(用英文写出“Yes”或“No”). 如果是, 请找出探测器的最小轨道周期; 如果不是, 请给出计算和图释依据.

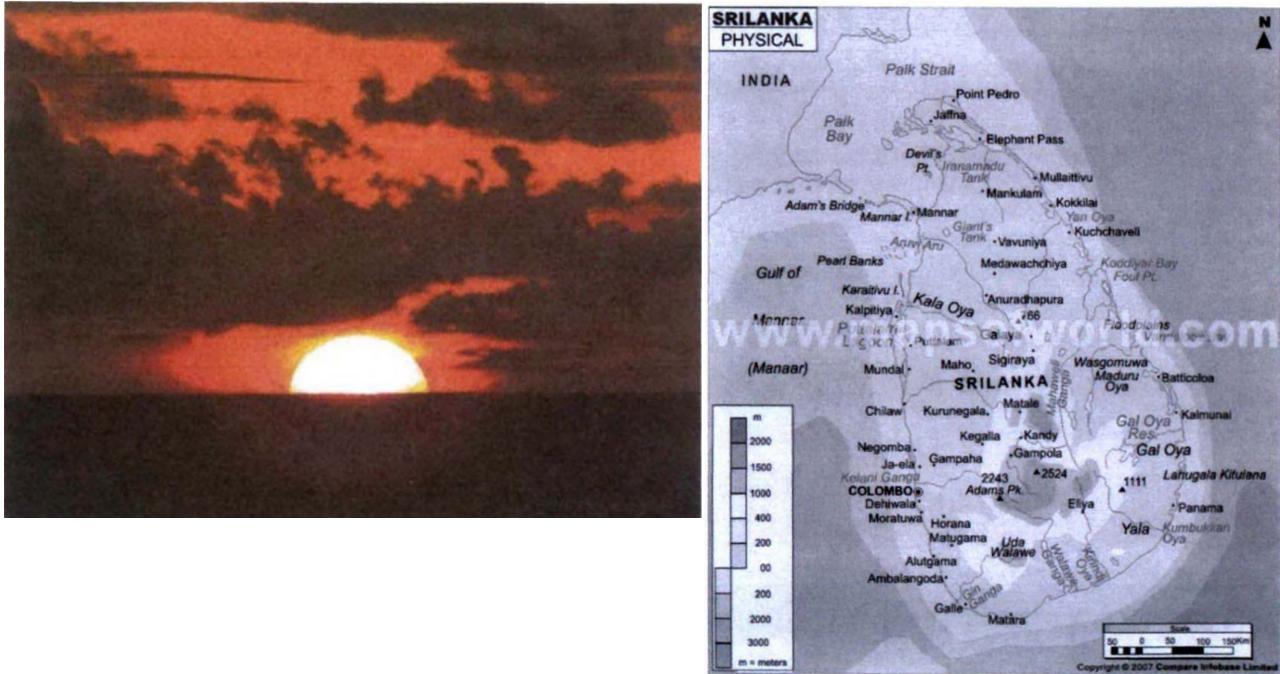
3. 科伦坡日落

这张科伦坡市中心海边的日落照片(见图表)拍摄于2018年9月30日. 拍摄相机所处的海拔高度为6.5米. 以最好的合理精确度计算:

3.1 照片拍摄的时间(斯里兰卡时间);

3.2 照片拍摄后多长时间时, 民用昏影终止?

3.3 画出此时从Adams峰所看到的太阳的位置(见图2)(如果云不遮掩的话). Adams峰位于科伦坡东部.



4. 科伦坡-地球静止轨道卫星

- 4.1 在科伦坡能观测到的地球静止轨道卫星的最小天顶距是多少？假设这样的卫星在夜空中看起来像一颗2等星。
- 4.2 在天晴时，在一天(24小时)内有多长时间我们能用肉眼看到它？
- 4.3 估算这个卫星的尺寸，假设它的外表是个光滑的金属球面。

5. 奥尔特云

现今认为长周期和非周期性彗星起源于奥尔特云，奥尔特云的内、外半径分别被估计为0.2和0.8光年。此云中的彗星体移动不规则且有时互撞，结果是地球上的人们每个世纪能在太阳系内离太阳较近的区域看到10–20个亮彗星。这些彗核的平均直径为2–3千米。请估算以下的数值的数量级(粗略估算即可)：

- 奥尔特云中彗星体的总数；
- 此云中彗星体的平均距离；
- 此云中彗星体的总合质量；

以上数值中的距离值和我们太阳系中的哪个距离可以比较？以上数值中的质量值可以和太阳系中的哪些天体作比对？

Geocentric Ephemeris for Mars 2018 Геоцентрические эфемериды Марса

| 00:00 UTC (Coordinated Universal Time) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-------|-------------------|-------|--|--|--|
| Date (0 UT) | Apparent R.A. h m s | Apparent Declination ° ° ° | Distance to Earth a.u. | Distance to Sun a.u. | App. Ang. Mag. | Phase | Phase | S.E. | S.E. | P.A. | Ls | Solar | Events | Elong | | | |
| Jul 21 | 20 39 26.38 | -24 52 22.4 | 0.39251 | 1.40447 | -2°.6 | 23.8 | 0.996 | 7.1 | 122.2 | -12.0 | 4.8 | 215.3 | 170.2W | | | | |
| Jul 22 | 20 38 23.97 | -24 58 44.6 | 0.39112 | 1.40370 | -2°.6 | 23.9 | 0.997 | 6.5 | 113.3 | -11.8 | 4.9 | 215.9 | 171.0W | | | | |
| Jul 23 | 20 37 20.16 | -25 05 00.3 | 0.38987 | 1.40295 | -2°.6 | 24.0 | 0.997 | 5.9 | 104.4 | -11.7 | 5.1 | 216.6 | 171.8W | | | | |
| Jul 24 | 20 36 15.10 | -25 11 08.7 | 0.38876 | 1.40221 | -2°.6 | 24.1 | 0.998 | 5.4 | 95.6 | -11.6 | 5.3 | 217.2 | 172.5W | | | | |
| Jul 25 | 20 35 08.97 | -25 17 08.7 | 0.38779 | 1.40148 | -2°.6 | 24.1 | 0.998 | 5.0 | 86.7 | -11.5 | 5.4 | 217.8 | 173.0W | | | | |
| Jul 26 | 20 34 01.95 | -25 23 59.4 | 0.38697 | 1.40076 | -2°.6 | 24.2 | 0.998 | 4.8 | 77.9 | -11.3 | 5.6 | 218.4 | 173.4W | | | | |
| Jul 27 | 20 32 54.20 | -25 28 39.9 | 0.38628 | 1.40006 | -2°.6 | 24.2 | 0.998 | 4.7 | 69.0 | -11.2 | 5.8 | 219.0 | 173.5W Opp. 05:12 | | | | |
| Jul 28 | 20 31 45.92 | -25 34 09.4 | 0.38574 | 1.39936 | -2°.6 | 24.3 | 0.998 | 4.8 | 60.1 | -11.1 | 5.9 | 219.6 | 173.4W | | | | |
| Jul 29 | 20 30 37.29 | -25 39 27.0 | 0.38534 | 1.39868 | -2°.6 | 24.3 | 0.998 | 5.0 | 51.3 | -11.0 | 6.1 | 220.3 | 173.1E | | | | |
| Jul 30 | 20 29 28.49 | -25 44 31.9 | 0.38509 | 1.39801 | -2°.6 | 24.3 | 0.998 | 5.3 | 42.4 | -10.9 | 6.3 | 220.9 | 172.6E | | | | |
| Jul 31 | 20 28 19.72 | -25 49 23.5 | 0.38497 | 1.39735 | -2°.6 | 24.3 | 0.997 | 5.8 | 33.6 | -10.8 | 6.5 | 221.5 | 172.0E | | | | |
| Aug 01 | 20 27 11.15 | -25 54 00.9 | 0.38499 | 1.39671 | -2°.6 | 24.3 | 0.997 | 6.4 | 24.7 | -10.7 | 6.6 | 222.1 | 171.2E | | | | |
| Aug 02 | 20 26 02.99 | -25 58 23.5 | 0.38516 | 1.39607 | -2°.6 | 24.3 | 0.996 | 7.0 | 15.9 | -10.6 | 6.8 | 222.7 | 170.3E | | | | |

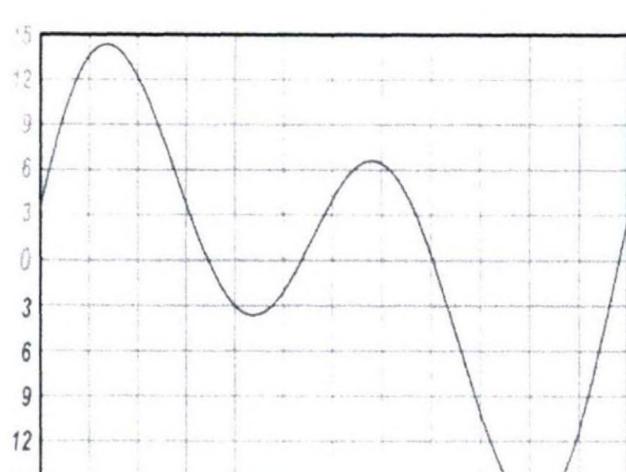
Geocentric Ephemeris for Moon 2018 Геоцентрические эфемериды Луны

| 00:00 UTC (Coordinated Universal Time) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------|------------------|------|------|-------|-------|-------|--------------|-------|--------------------|--|--|--|--|
| Date (0 UT) | Apparent R.A. h m s | Apparent Declination ° ° ° | Distance Hor. km | Ang. Par. | ---Liberation--- | Sun | P.A. | Phase | Phase | Solar | Lunar_Events | | | | | | |
| | | | | | l | b | c | Colng | Limb | Age | Illum | Elong | | | | | |
| Jul 21 | 14 45 33.85 | -10 28 52.9 | 391335 | 3361.9 | 1831.6 | 7.2 | -6.8 | 17.3 | 6.9 | 288.7 | 7.9 | 0.622 | 103.9E | | | | |
| Jul 22 | 15 34 34.18 | -14 05 16.4 | 395867 | 3323.5 | 1810.6 | 6.6 | -6.5 | 13.2 | 19.1 | 286.1 | 8.9 | 0.716 | 115.5E | | | | |
| Jul 23 | 16 24 00.93 | -17 00 35.1 | 399584 | 3292.5 | 1793.8 | 5.8 | -5.8 | 8.5 | 31.3 | 282.7 | 9.9 | 0.800 | 126.8E | | | | |
| Jul 24 | 17 14 03.93 | -19 08 30.5 | 402446 | 3269.1 | 1781.0 | 4.7 | -5.0 | 3.5 | 43.6 | 278.8 | 10.9 | 0.872 | 137.9E | | | | |
| Jul 25 | 18 04 37.75 | -20 24 11.6 | 404465 | 3252.8 | 1772.1 | 3.5 | -3.9 | 358.3 | 55.8 | 274.6 | 11.9 | 0.929 | 148.9E MAX.S 20:56 | | | | |
| Jul 26 | 18 55 23.82 | -20 44 45.6 | 405690 | 3243.0 | 1766.7 | 2.1 | -2.7 | 353.1 | 67.9 | 270.2 | 12.9 | 0.970 | 159.9E | | | | |
| Jul 27 | 19 45 56.00 | -20 09 47.7 | 406184 | 3239.0 | 1764.5 | 0.7 | -1.3 | 348.3 | 80.1 | 266.1 | 13.9 | 0.994 | 170.8E FULL 20:22 | | | | |
| Jul 28 | 20 35 48.32 | -18 41 32.1 | 406002 | 3240.5 | 1765.2 | -0.7 | 0.1 | 344.0 | 92.3 | 77.6 | 14.9 | 1.000 | 178.3W | | | | |
| Jul 29 | 21 24 42.50 | -16 24 37.9 | 405174 | 3247.1 | 1768.9 | -2.1 | 1.5 | 340.4 | 104.5 | 77.1 | 15.9 | 0.988 | 167.4W | | | | |
| Jul 30 | 22 12 32.88 | -13 25 32.9 | 403692 | 3259.0 | 1775.4 | -3.4 | 2.8 | 337.8 | 116.7 | 74.2 | 16.9 | 0.959 | 156.4W | | | | |
| Jul 31 | 22 59 27.93 | -09 51 53.4 | 401527 | 3276.6 | 1785.0 | -4.6 | 4.1 | 336.1 | 128.9 | 72.0 | 17.9 | 0.912 | 145.4W | | | | |
| Aug 01 | 23 45 49.28 | -05 51 51.5 | 398645 | 3300.3 | 1798.0 | -5.6 | 5.1 | 335.5 | 141.1 | 70.4 | 18.9 | 0.849 | 134.2W | | | | |
| Aug 02 | 00 32 09.52 | -01 34 03.1 | 395034 | 3330.5 | 1814.4 | -6.4 | 6.0 | 336.0 | 153.3 | 69.7 | 19.9 | 0.772 | 122.8W | | | | |

Geocentric Ephemeris for Sun 2018 Геоцентрические эфемериды Солнца

| 00:00 UTC (Coordinated Universal Time) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|--------|-------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|
| Date (0 UT) | JD (2450000+) | App. GST (0 UT) | Equation of Time | Apparent R.A. h m s | Apparent Declination ° ° ° | Distance | Ang. | Hel. | Hel. | P.A. | | | | | | | |
| | | | | | | a.u. | Diam. | Long | Lat | Axis | | | | | | | |
| Jul 21 | 8320.5 | 19:54:51.6 | 06:24.2 | 08 01 15.05 | +20 30 58.9 | 1.016107 | 1888.8 | 212.6 | 4.9 | 6.2 | | | | | | | |
| Jul 22 | 8321.5 | 19:58:48.2 | 06:27.0 | 08 05 14.36 | +20 19 18.9 | 1.016025 | 1889.0 | 199.4 | 5.0 | 6.6 | | | | | | | |
| Jul 23 | 8322.5 | 20:02:44.7 | 06:29.1 | 08 09 13.07 | +20 07 18.6 | 1.015938 | 1889.1 | 186.1 | 5.0 | 7.0 | | | | | | | |
| Jul 24 | 8323.5 | 20:06:41.3 | 06:30.7 | 08 13 11.20 | +19 54 58.0 | 1.015848 | 1889.3 | 172.9 | 5.1 | 7.5 | | | | | | | |
| Jul 25 | 8324.5 | 20:10:37.9 | 06:31.6 | 08 17 08.73 | +19 42 17.7 | 1.015754 | 1889.5 | 159.7 | 5.2 | 7.9 | | | | | | | |
| Jul 26 | 8325.5 | 20:14:34.4 | 06:32.0 | 08 21 05.66 | +19 29 17.7 | 1.015656 | 1889.7 | 146.4 | 5.3 | 8.3 | | | | | | | |
| Jul 27 | 8326.5 | 20:18:31.0 | 06:31.8 | 08 25 01.98 | +19 15 58.4 | 1.015556 | 1889.9 | 133.2 | 5.4 | 8.7 | | | | | | | |
| Jul 28 | 8327.5 | 20:22:27.5 | 06:30.9 | 08 28 57.70 | +19 02 20.0 | 1.015451 | 1890.1 | 120.0 | 5.5 | 9.1 | | | | | | | |
| Jul 29 | 8328.5 | 20:26:24.1 | 06:29.5 | 08 32 52.82 | +18 48 22.8 | 1.015344 | 1890.3 | 106.7 | 5.5 | 9.5 | | | | | | | |
| Jul 30 | 8329.5 | 20:30:20.6 | 06:27.5 | 08 36 47.33 | +18 34 07.0 | 1.015234 | 1890.5 | 93.5 | 5.6 | 10.0 | | | | | | | |
| Jul 31 | 8330.5 | 20:34:17.2 | 06:24.8 | 08 40 41.24 | +18 19 33.1 | 1.015120 | 1890.7 | 80.3 | 5.7 | 10.4 | | | | | | | |
| Aug 01 | 8331.5 | 20:38:13.7 | 06:21.6 | 08 44 34.55 | +18 04 41.1 | 1.015003 | 1890.9 | 67.1 | 5.8 | 10.8 | | | | | | | |
| Aug 02 | 8332.5 | 20:42:10.3 | 06:17.7 | 08 48 27.77 | +17 49 31.3 | 1.014883 | 1891.1 | 53.8 | 5.8 | 11.2 | | | | | | | |

| Coordinates Координаты | Hotel Гостиница | Seafront in the center Набережная в центре |
|---------------------------|--------------------|---|
| λ (E / в.д.) | 79° 52' | 79° 51' |
| ϕ (N / с.ш.) | 07° 00' | 06° 54' |
| Timezone Часовой пояс | UT+05:30 | UT+05:30 |



Equation of time Уравнение времени

第二十三届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

斯里兰卡 科伦坡 2018年10月11日

6. (低年组) 变星的脉动周期

SZ Lyn是一个 δ Scuti (δ Sct)型短周期脉动变星。该恒星在印度的阿布山(Mount Abu)天文台被用B波段观测，其光度曲线数据在表中给出，其星等差的变化通过在同一视场中的对比星记录下来。时间为儒略日(JD)。因这些数据都来自于同一个观测夜，所以儒略日的整数部分没有变化。现在要求你画出该次观测的光变曲线。

6.1 在星等为纵轴和JD为横轴的图上画出这些数据点。

6.2 通过这些数据点，绘出平滑的光变曲线。

6.3 假设邻近两个最大值的间距为脉动周期，请估算SZ Lyn的脉动周期(P)。

6.4 假设该变星的亮度-周期变化的经验公式为: $M_B = 12.36 \lg P - 0.62$, 请计算SZ Lyn的绝对星等。

6.5 如果SZ Lyn的视星等(m_B)为9.7^m, 请估算SZ Lyn的距离。

| JD 2456664.0+ | Differential magnitude |
|------------------|---------------------------|
| 0.23 | -1.60 |
| 0.24 | -1.73 |
| 0.25 | -1.98 |
| 0.25 | -2.24 |
| 0.26 | -2.33 |
| 0.27 | -2.22 |
| 0.28 | -2.07 |
| 0.29 | -1.95 |
| 0.30 | -1.84 |
| 0.31 | -1.72 |
| 0.32 | -1.68 |
| 0.32 | -1.66 |
| 0.33 | -1.64 |
| 0.34 | -1.63 |
| 0.35 | -1.67 |
| 0.36 | -1.72 |
| 0.37 | -1.89 |
| 0.37 | -2.09 |
| 0.38 | -2.29 |
| 0.39 | -2.27 |
| 0.40 | -2.05 |
| 0.41 | -1.95 |
| 0.42 | -1.84 |
| 0.43 | -1.78 |
| 0.44 | -1.71 |
| 0.45 | -1.64 |

6. (高年组) S Ant双星系统

S Ant是一个互掩双星，该系统的光谱被斯里兰卡(A.C.Clarke)天文台的45厘米卡塞格林望远镜观测到。图是S Ant在双星轨道不同相位时所对应的H _{α} 吸收曲线(相位在图的右侧标出)。这两个恒星靠得很近，所以主星和次星的光谱混在了一起，而在光谱中只能看到主星的光谱。次星的光谱信息被一个软件(deblending)处理后提取出来，其径向速度信息在表中给出。为了更加清楚，光谱线在Y轴方向进行了移动。

6.1 按照表-6b的前三列的样式画出一个新的表格。假设H _{α} 的波长为6563埃，测量H _{α} 的谱线移动并将信息填入新的表中。

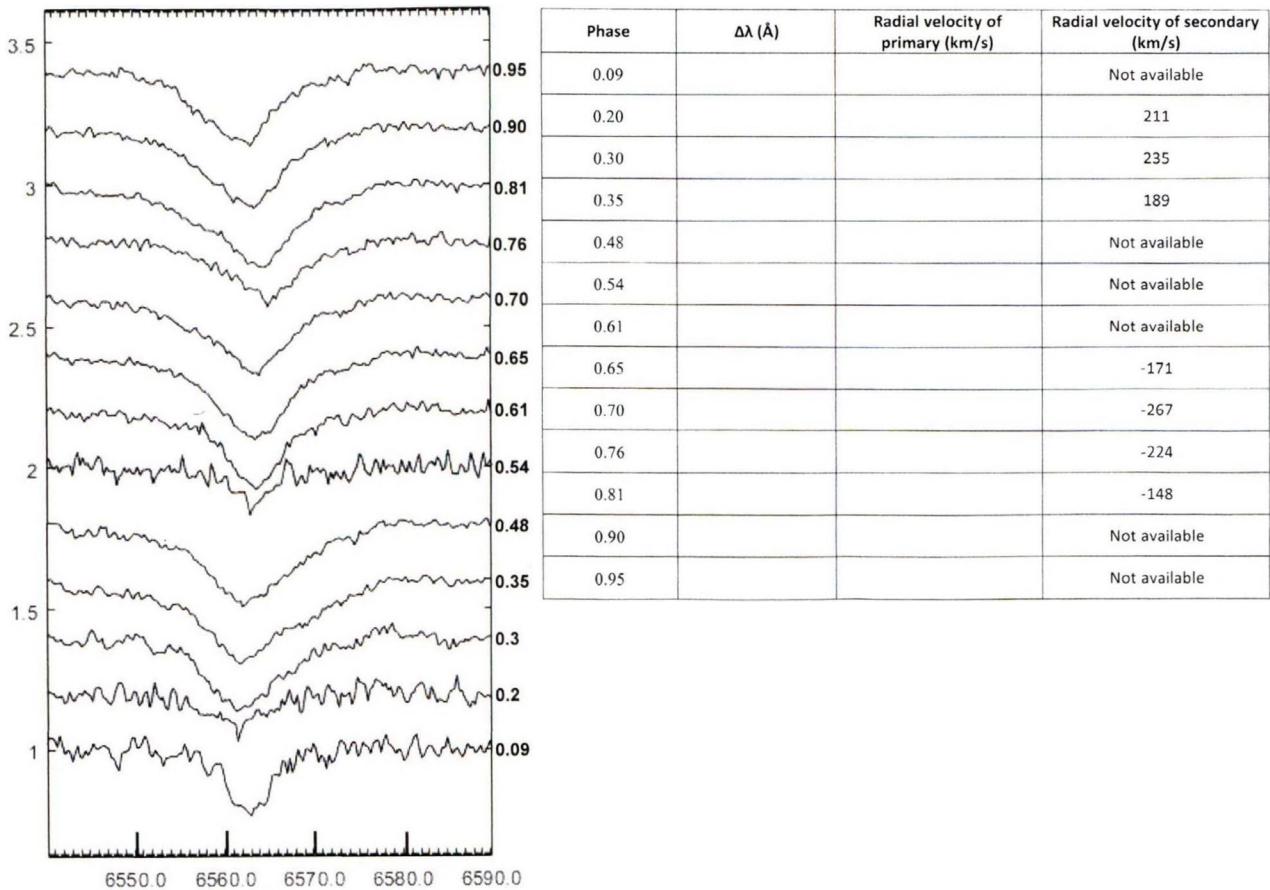
6.2 在同一张绘图纸上画出主星和次星的径向速度，以相位为横轴。

6.3 画出主星和次星径向速度的光滑拟合曲线。

6.4 计算主星和次星的轨道速度 V_p 和 V_s (以km/s为单位).

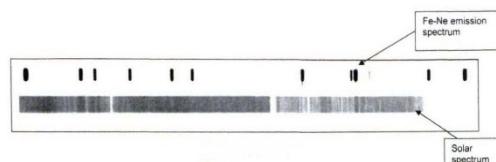
6.5 如果该双星系统的周期为 $P = 0.65$ 天, 请计算主星和次星的质量.

在以上各问中, 已知该双星系统的轨道面倾角 $i = 70^\circ$.



$\alpha\beta$ -7太阳光谱的标定

用斯里兰卡(A.C.Clarke)天文台的45厘米望远镜观测了太阳, 其光谱仪记录的一部分光谱在图-7.1ab中显示出. 下部是太阳的吸收光谱, 上部为Fe–Ne灯的发射光谱. 使用Fe–Ne发射光谱的目的是为了标定太阳光谱. 两个光谱同框.



下图显示的是太阳的吸收光谱和Fe–Ne的发射谱(红色为太阳的, 黑色为Fe–Ne的). 其中波长的单位以埃标出, 一些Fe–Ne的发射谱线的波长被给出. 纵轴为归一化的流量, 假设横轴为CCD图像的像素值.

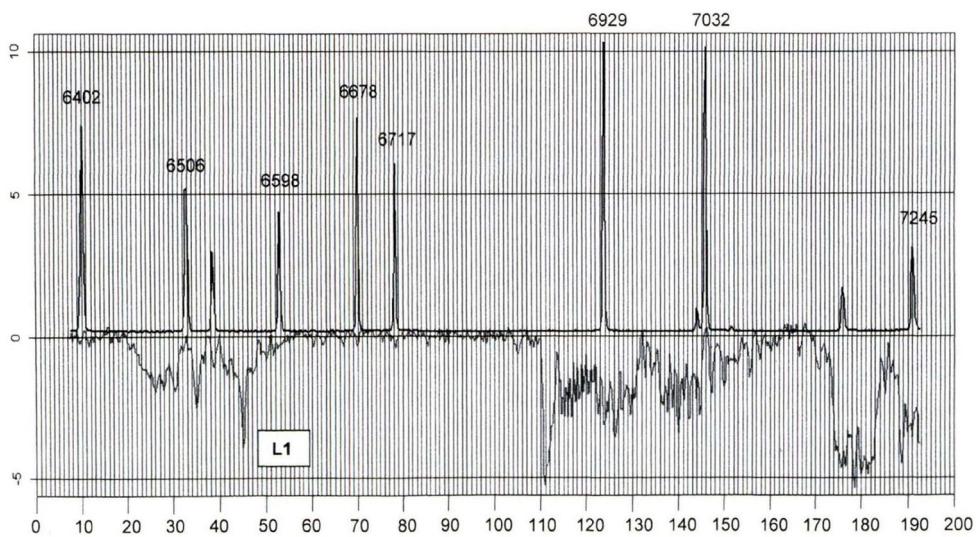
7.1 以下表的样式画出新表, 并从图中读出数据并填入表中.

7.2 以像素数为横轴, 波长为横轴, 画出表中的数据.

7.3 穿过这些数据点画出最佳拟合直线.

7.4 依次确定下图中标出的(L1)吸收线的波长.

| Wavelength (\AA) | Pixel |
|-----------------------------|-------|
| 6402 | |
| 6506 | |
| 6598 | |
| 6678 | |
| 6717 | |
| 6929 | |
| 7032 | |



8. 变星分析

对任何周期变星，其周期是最重要的参数。研究这些变星的周期及其变化是变星研究的重要方面。如果一个恒星的周期性是完美的，它的每个周期都应该完全一致，在此情况下我们能够提前预测它的周期。

8.1 一个完美周期变星的第0个周期的极大(或极小)的时间为 t_0 , 周期为 P , 那么它的下一个极大(或极小)的时间应为 $t_0 + P$, 这个时间被称作第1个周期(C_1)的极大(或极小)的“算出时间”。

请利用这个特性，写出第 n 个周期(C_n)的极大(或极小)的“算出时间”(以 P 和 t_0 为参数):

$$C_n = \underline{\hspace{2cm}}$$

8.2 下表给出了一个互掩双星系统的一系列极小的时间，已知其 $t_0 = \text{JD } 2442502.726$, $P = 0.971534$ 天。将这些参数代入你写出的 C_n 公式，计算表中列出的每个极小的“算出时间”。依照表-8ab的格式画出新表，将“算出时间”填入表中。

8.3 在这个表中的“(O - C) (days)”一列中填入你的数值。 $(O - C)$ =观测的数值-算出时间)

8.4 将上一问中的数据转换为“分钟”单位，并填入表的“(O - C) (minutes)”列。

8.5 利用完成的表格，画出 $(O - C)$ (minutes)和周期数目的关系图，并在其中画出数据的最佳拟合线。

8.6 从你的作图结果中给出判断，这个变星属于以下哪种：完美周期性、大致周期性或非周期性。

请用以下英文写出你的判断: (1) perfectly periodic; (2) almost periodic; (3) not periodic.

| Cycles | JD-Observed (Obs) | JD-Calculated (Cal) | O-C (days) (Obs - Cal) | O-C (minutes) (Obs - Cal) |
|--------|----------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 300 | 2442794.1804 | | | |
| 500 | 2442988.4867 | | | |
| 950 | 2443425.6757 | | | |
| 1000 | 2443474.2563 | | | |
| 1250 | 2443717.1386 | | | |
| 1350 | 2443814.2934 | | | |
| 1400 | 2443862.8687 | | | |
| 1700 | 2444154.3285 | | | |
| 1750 | 2444202.9077 | | | |
| 1850 | 2444300.0622 | | | |
| 2100 | 2444542.9444 | | | |
| 2400 | 2444834.4039 | | | |
| 2550 | 2444980.1353 | | | |
| 3200 | 2445611.6366 | | | |
| 3250 | 2445660.2111 | | | |
| 3500 | 2445903.0947 | | | |

第二十四届国际天文奥林匹克竞赛

理论试题

罗马尼亚 皮亚特拉 · 尼亚姆兹 2019年10月21日

1. 月球经过子午圈

为了观测即将在2019年12月26日(罗马尼亚上午早些时候)发生日环食，北极熊天文学家决定来到Piatra Neamt进行观测。(相关数据参见数据表)

1.1. 在2019年10月份的哪一天，月亮经过子午圈的地平高度最高?

1.2. 在这一天的什么时间(精确到小时)月亮经过子午圈?

1.3. 请估算此时月亮的地平高度.

1.4. 请画一个熊天文学家观测月亮过子午圈的图画.

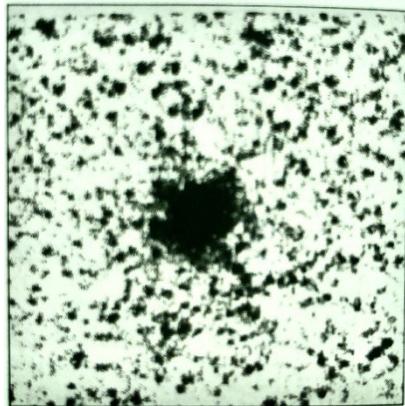
注意: 月球的 $5^{\circ}09'$ 轨道倾角不应被考虑.

2. (低年组) NGC 2019

NGC 2019是山案座的一个球状星团，在大麦云(LMC)的背景上被观测到。该星团的视星等为 $m = 10.9^m$ ，距离约为 $L = 50 \text{ kpc}$ 。图中你可以看到一个4角分 \times 4角分的NGC 2019照片底片(negative picture)。

假设该星团中的恒星与太阳类似，并且假设这些恒星在一个球形体积中均匀分布(在3D空间中均匀分布)。

请估算，在离该球状星团的什么距离上，观测者用肉眼观测才能把星团中心部分的恒星彼此分辨开来？



2. (高年组) NGC 2019

NGC 2019是山案座的一个球状星团，在大麦云(LMC)的背景上被观测到。该星团的视星等为 $m = 10.9^m$ ，色指数 $B - V = 0.04^m$ ，距离约为 $L = 50 \text{ kpc}$ 。上图中你可以看到一个4角分 \times 4角分的NGC 2019照片底片(negative picture)。

假设该星团的主要组成部分是主序星，除此之外，还有一个小百分比的部分为白矮星。假设所有这些主序星和白矮星都在一个球形体积中均匀分布(即，在3D空间中均匀分布)。

请估算，在离该星团中心的什么距离上，用肉眼观测的观测者才能把星团中心部分的白矮星彼此分辨开来。

3. (低年组) Chukotka的日落

棕熊天文学家Chukchi，坐在位于欧亚大陆最东端(Cape Dezhnev, Chukotka)的白令海峡的海滩上，观测到了日落(太阳的最后一缕光)，与此同时，他的远亲，熊天文学家Eskimo，坐在白令海峡另一侧同样纬度的地方(阿拉斯加的西海岸)，看到了日出(太阳的第一缕光)。(相关数据参见数据表)

- 3.1.**找到该事件发生的大致日期(± 2 天).
- 3.2.**请计算并判断, 对于两只熊来说, 如果各自使用当地时区的时间, 该事件是发生在同一天, 还是不同天.
- 3.3.**请画出两只熊观测该事件的画.

3. (高年组) 盾牌座UY

超巨星UY Scuti是目前已知最大而且燃烧最为快速的恒星之一, 其体积约为太阳的50亿倍. 它在单位时间里由于辐射而产生的质量损失, 只占相同时间内总质量损失的0.04%, 而且它的光只有0.5%能穿过自己的外壳而到达观测者. (相关数据参见数据表)

- 3.1.**估算必要参数的数值, 并在赫罗图(请简单画出)上标出UY Scuti的位置.
3.2.估算UY Scuti的剩余寿命.

4. 彗星放出的颗粒

彗星会释放出不同尺寸的颗粒. 请估算, 当彗星放出的颗粒尺寸 D 在多大以上时, 它将不会因为太阳的辐射压而被最终推出太阳系?

请注意, 如果你能先推导出公式, 而后再代入数值的话, 你将得到更多的分数.

5. (低年组) 星际彗星

21/Boriov是第一个被观测到的恒星际彗星. 它是被克里米亚天文学家G.V.Borisov在今年8月30日用自己制造的65 cm望远镜发现的. 在进入太阳系之前, 该彗星位于天球上的位置在仙后座一颗叫作Ruchbah的恒星附近. 在12月7日, 该彗星将经过其近日点, 过近日点的速度为43 km/s, 与太阳的距离为2.01 au. (相关数据参见数据表)

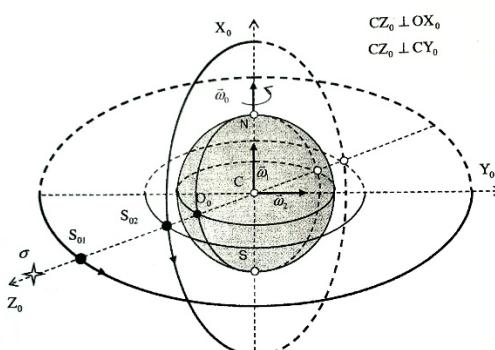
- 5.1.**今晚在Piatra Neamt能看到恒星Ruchbah吗?
5.2.估算该彗星在多久之前从恒星Ruchbah附近经过. (注: 在三维空间里经过)
5.3.如果我们身处恒星Ruchbah附近, 我们能用肉眼看到我们自己的太阳吗? (请用英文“yes”或“no”写出你的答案)

附: 该彗星是在第四届和第六届IAO观测比赛地点被发现的. G.V.Borisov是这两届IAO组委会的成员.

5. (高年组) 两个卫星

两颗人造卫星以圆轨道围绕一个未知行星运转. 卫星 S_1 以赤道轨道运动, 其角速度为 ω_1 , 卫星 S_2 以极轨运动, 角速度为 ω_2 , 如图所示. 该行星的自转角速度为 ω_0 . 在初始时刻, 两个卫星都位于观测者O的天顶.

- 5.1.**已知, 对于观测者O, 卫星 S_2 可被看到的时长为 t_2 (S_2 从天顶运动至地平的时间), 请找出卫星 S_1 的可被观测时长 t_1 .
5.2.请找出卫星 S_2 落入地平时的方位角 ξ . 设定南方为方位角的0度.



| 坐标 | Piatra Neamt | Cape Dezhnev | 在Alaska的对称点 |
|---------------|--------------|--------------|-------------|
| λ (E) | +26°22' | -169°39' | -166°40' |
| φ (N) | +46°56' | +66°05' | +66°05' |
| 海拔 | 345 m | 0 m | 0 m |
| 地方时区 | UT+03 | UT+12 | UT-09 |
| | 罗马尼亚 | 俄罗斯 | 美国 |

| | | | R.A. | DEC | p | Лучевая скорость Radial velocity | Зв.вел. Mag. | Масса Mass |
|-------------------------|-------------------------|--|---|-------------------|-----------|-------------------------------------|---|----------------------------------|
| Солнце | Sun | ○ | 0 ^h - 24 ^h | -23°26' - +23°26' | 8''.794 | 0 | -26 ^m .74 | 1 М \odot |
| Сириус | Sirius | α CMa | 06 ^h 45 ^m 09 ^s | -16° 42' 58" | 0''.379 | -5,5 km/s | -1 ^m .46 | 3.1 М \odot |
| Толиман (Rigel Kent) | Toliman (Rigel Kent) | α Cen ^A ^B | 14 ^h 39 ^m 36 ^s | -60° 50' 07" | 0''.747 | -21,6 km/s | -0 ^m .01 1 ^m .33 | 1.11 М \odot 0.93 М \odot |
| Канопус | Canopus | α Car | 06 ^h 23 ^m 57 ^s | -52° 41' 45" | 0''.011 | +20,7 km/s | -0 ^m .74 | 10 М \odot |
| Арктур | Arcturus | α Boo | 14 ^h 15 ^m 40 ^s | 19° 10' 56" | 0''.089 | -5,2 km/s | -0 ^m .05 ^v | 1.1 М \odot |
| Вера | Vega | α Lyr | 18 ^h 36 ^m 56 ^s | 38° 47' 01" | 0''.130 | -20,6 km/s | 0 ^m .03 ^v | 2.14 М \odot |
| Капелла | Capella | α Aur | 05 ^h 16 ^m 41 ^s | 45° 59' 53" | 0''.076 | +30,1 km/s | 0 ^m .08 | 6.1 М \odot |
| Ригель | Rigel | β Ori | 05 ^h 14 ^m 32 ^s | 08° 12' 06" | 0''.004 | +20,7 km/s | 0 ^m .12 ^v | 21 М \odot |
| Процион | Procyon | α CMi ^A ^B | 07 ^h 39 ^m 18 ^s | 05° 13' 30" | 0''.286 | -4,1 km/s | 0 ^m .37 10 ^m .75 | 1.50 М \odot 0.60 М \odot |
| Ахернар | Achernar | α Eri | 01 ^h 37 ^m 43 ^s | -57° 14' 12" | 0''.023 | +16,0 km/s | 0 ^m .45 | 6.7 М \odot |
| Бетельгейзе | Betelgeuse | α Ori | 05 ^h 55 ^m 10 ^s | 07° 24' 25" | 0''.005 | +22,0 km/s | 0 ^m .5 ^v | 11.6 М \odot |
| Хадар | Hadar | β Cen | 14 ^h 03 ^m 49 ^s | -60° 22' 23" | 0''.008 | +5,9 km/s | 0 ^m .61 ^v | 26.6 М \odot |
| Альтаир | Altair | α Aql | 19 ^h 50 ^m 47 ^s | 08° 52' 06" | 0''.195 | -26,1 km/s | 0 ^m .77 | 1.7 М \odot |
| Акрукс | Acrux | α Cru | 12 ^h 26 ^m 36 ^s | -63° 05' 57" | 0''.010 | +11,9 km/s | 0 ^m .77 | 39 М \odot |
| Альдебаран | Aldebaran | α Tau | 04 ^h 35 ^m 55 ^s | 16° 30' 33" | 0''.050 | +56,3 km/s | 0 ^m .85 ^v | 2.5 М \odot |
| Антарес | Antares | α Sco | 16 ^h 29 ^m 24 ^s | -26° 25' 55" | 0''.024 | -3,4 km/s | 0 ^m .96 ^v | 12.4 М \odot |
| Спика | Spica | α Vir | 19 ^h 50 ^m 47 ^s | 08° 52' 06" | 0''.013 | +1,0 km/s | 0 ^m .98 ^v | 18.6 М \odot |
| Полярная | Polaris | α UMi | 02 ^h 31 ^m 49 ^s | 89° 15' 51" | 0''.007 | -17 km/s | 1 ^m .97 ^v | 6.4 М \odot |
| Хамаль | Hamal | α Ari | 02 ^h 07 ^m 10 ^s | 23° 27' 45" | 0''.050 | -14,2 km/s | 2 ^m .00 ^v | 1.8 М \odot |
| Кохаб | Kochab | β UMi | 14 ^h 50 ^m 42 ^s | 74° 09' 20" | 0''.025 | +17,0 km/s | 2 ^m .08 | 2.2 М \odot |
| Наос | Naos | ζ Pup | 08 ^h 03 ^m 35 ^s | -40° 00' 12" | 0''.003 | -24 km/s | 2 ^m .21 | 40 М \odot |
| Рукбах | Ruchbah | δ Cas | 01 ^h 25 ^m 49 ^s | 60° 14' 07" | 0''.0328 | -6,7 km/s | 2 ^m .68 | 2.49 М \odot |
| UY Щита | UY Scuti | UY Sct | 18 ^h 27 ^m 37 ^s | -12° 27' 59" | 0''.00034 | +18,3 km/s | 9 ^m .1 | 8 М \odot |
| Проксима Центавра | Proxima Centauri | V645 Cen, α Cen C | 14 ^h 29 ^m 43 ^s | -62° 40' 46" | 0''.769 | -21,7 km/s | 11 ^m .06 | 0.123 М \odot |

第二十四届国际天文奥林匹克竞赛

实测试题

罗马尼亚 皮亚特拉·尼亞姆茲 2019年10月24日

6. 小行星2110GD37

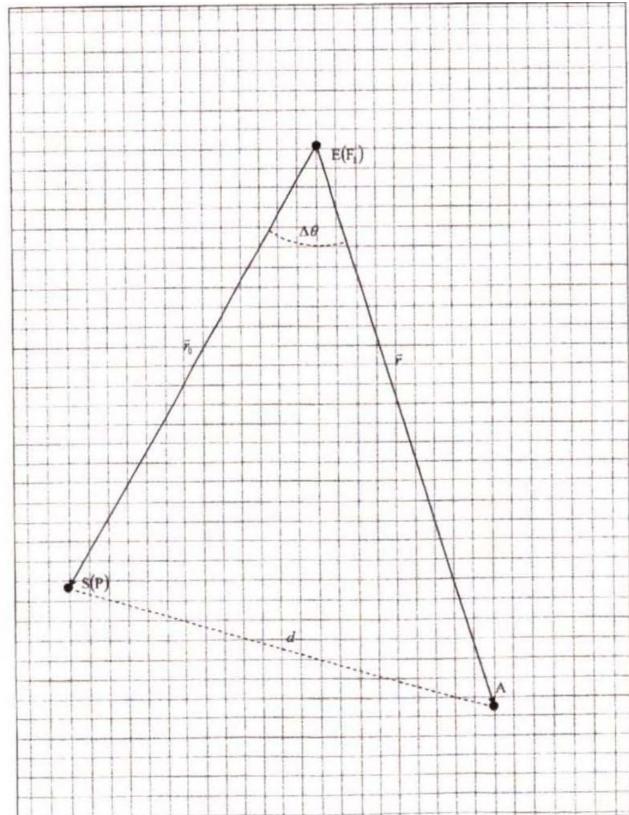
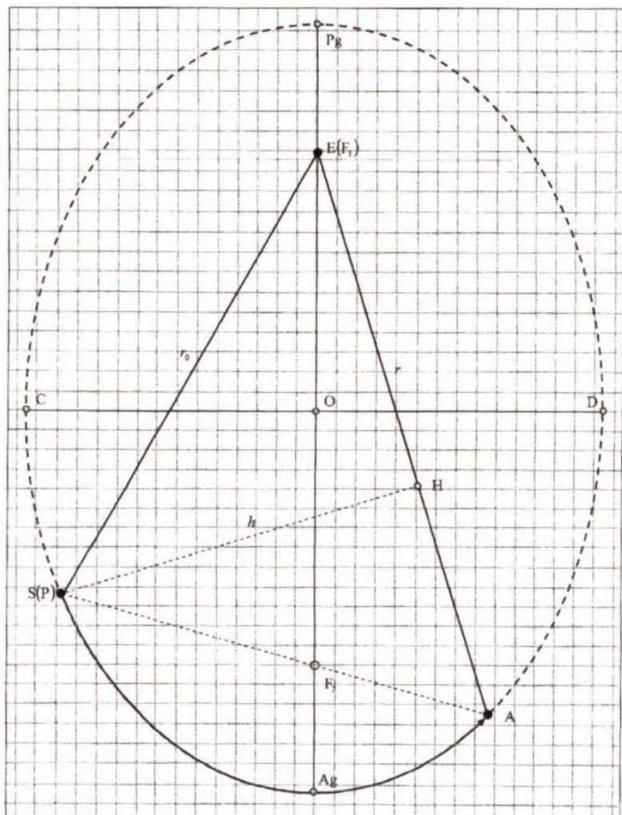
你被提供了以下工具: 剪刀、线、指南针、量角器和尺子.

如果小行星2110GD37的轨道保持不变的话, 在2019年12月, 它将严重威胁到地球. 为了应对威胁, 专家们考虑从一个人造卫星上发射一个弹丸, 希望这个弹丸在小行星接近地球前摧毁它, 或者是希望改变该小行星目前的轨道以使其偏离开地球.

这个弹丸P的轨道被成比例地画在了左图上. 图中点E是地球, F_1 是弹丸轨道的焦点. 弹丸的位置S和A分别对应于其从卫星上发射的时刻 t_0 和拦截小行星的时刻 t .

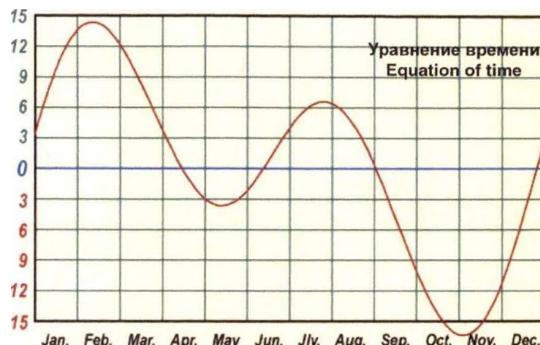
已知 $r = 30010.88 \text{ km}$, $\Delta\theta = 46^\circ$, 如右图所示. 请在该图上进行测量并计算:

- 6.1. 请找出弹丸椭圆轨道的参数: 半长轴 a 、半短轴 b 、偏心率 e 、近地点距离 r_{\min} 、远地点距离 r_{\max} .
- 6.2. 假如弹丸没有击中小行星的话, 找出弹丸绕地球运动的轨道周期 T .
- 6.3. 找出时长 $\Delta t = t - t_0$, 即弹丸从点S移动到点A的时间间隔.
- 6.4.(低年组) 找出点S和点A间的距离 D_{SA} , 以及弹丸从点S到点A在轨道上走过的距离 L_{SA} .
- 6.4.(高年组) 请确定弹丸在被卫星释放时相对于地球的速度矢量(速度的方向及数值), 使得此时
弹丸在椭圆轨道上的速度为 $\mathbf{v}_{\text{ellipse}} = \mathbf{v}_0$, 并使弹丸能从点S到点A沿着所要求的椭圆轨道行走.
- 6.5.(高年组) 确定弹丸在撞击小行星时(点A)的速度矢量 \mathbf{v} , 含方向及数值.
- 6.6.(高年组) 已知椭圆轨道的第二焦点 F_2 位于线段SA上, 请只是用右图进行测量, 并找出和画出
 F_2 的位置. 然后用数学方式(不只是文字)来确定 F_2 的位置(即不能从左图上直接测量 F_2 的位置).



7. 日行迹

日行迹(Analemma)指的是一个天体在一年中不同天记录下位置所构成的图(太阳8字图). 太阳8字图的形成是因为均时差(参见下图)以及太阳在一年中赤纬的变化.

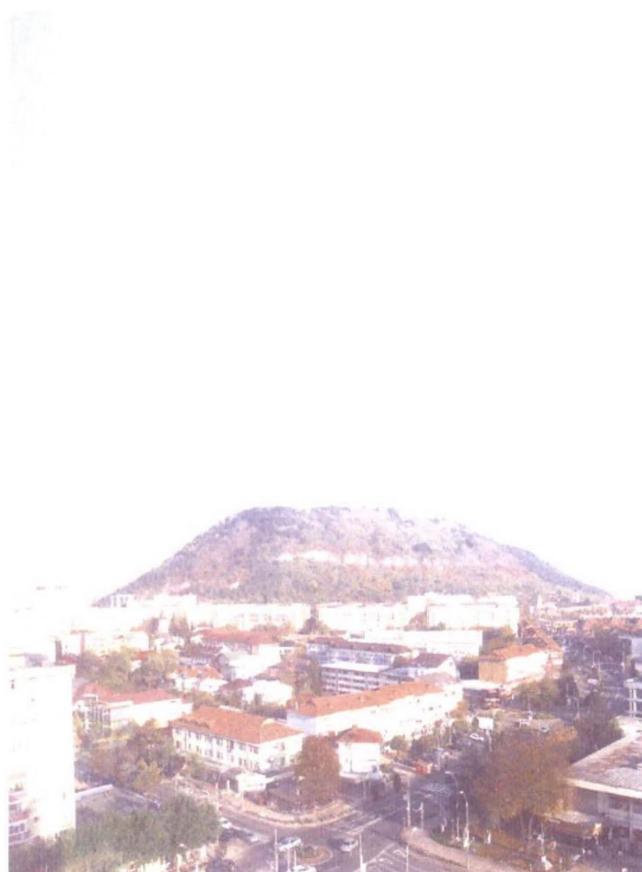


你被提供了一张在Piatra Neamt天文馆顶层拍摄的照片，拍照的时间是昨天傍晚，拍照的方向是正东方. 该图的打印区域对应的尺寸是 $60^\circ \times 86^\circ$. 你将需要在这个图上画出日行迹.

为简化问题. 可以假设该天区是平直的. 该天区的所有水平线都与X轴平行. 所有指向天顶的直线都与Y轴平行.

所提供的历表和时间公式的数值均使用“欧洲时间”.

- 7.1. 对一个位于Piatra Neamt的观测者. 请计算在表中给出的日期下. 太阳在 $6^{\text{h}}00^{\text{m}}$ (当地太阳平时)时的位置. 在答题本中给出你的结果(以表格形式).
- 7.2. 在照片图上画出天赤道. 并标上“equ”.
- 7.3. 基于你的计算, 请画出太阳8字. 即: 标出太阳在不同日期的位置及日期. (提示: 即使太阳在地平以下时, 也需标出位置).
- 7.4. 确定该日行迹图是在每天什么本地时间(假设全年使用Summer time)获得的.
- 7.5. 把今天太阳的位置画在日行迹图上.
- 7.6. 请在日行迹图上标出今天在上述时刻的黄道线.



| Геоцентрические эфемериды Солнца : 2019 00:00 UTC (Всемирное координированное время) | | | | | | Geocentric Ephemeris for the Sun : 2019 00:00 UTC (Coordinated Universal Time) | | | | | |
|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--|--|
| Дата (0 UT) | ЮД (2450000+) | Тек. ГЗВ (0 UT) | Уравнение времени | Прямое восхождение | | | Склонение ° ′ ″ | Расстояние а.е. | Угл. диам. " | | |
| | | | | ч | м | с | | | | | |
| Date (0 UT) | JD (2450000+) | App. GST (0 UT) | Equation of Time | Apparent R.A. | Apparent Declination | Distance | Ang. Diam. | | | | |
| | | | | h m s | m s | h m s | ° ′ ″ | a.u. | " | | |
| Jan 07 | 8490.5 | 07:05:06.0 | +05:56.7 | 19 11 01.84 | -22 25 54.3 | 0.983329 | 1951.8 | | | | |
| Jan 22 | 8505.5 | 08:04:14.4 | +11:22.0 | 20 15 35.51 | -19 47 18.7 | 0.984073 | 1950.3 | | | | |
| Feb 07 | 8521.5 | 09:07:19.3 | +14:04.6 | 21 21 23.01 | -15 27 46.1 | 0.986183 | 1946.2 | | | | |
| Feb 22 | 8536.5 | 10:06:27.6 | +13:34.1 | 22 20 00.79 | -10 22 47.3 | 0.989022 | 1940.6 | | | | |
| Mar 07 | 8549.5 | 10:57:42.8 | +11:12.3 | 23 08 54.26 | -05 28 29.5 | 0.992186 | 1934.4 | | | | |
| Mar 22 | 8564.5 | 11:56:51.1 | +07:06.9 | 00 03 57.08 | +00 25 42.2 | 0.996178 | 1926.6 | | | | |
| Apr 07 | 8580.5 | 12:59:56.0 | +02:21.9 | 01 02 16.87 | +06 38 12.2 | 1.000811 | 1917.7 | | | | |
| Apr 22 | 8595.5 | 13:59:04.4 | -01:19.6 | 01 57 43.67 | +12 01 29.8 | 1.004979 | 1909.8 | | | | |
| May 07 | 8610.5 | 14:58:12.7 | -03:22.9 | 02 54 48.77 | +16 40 22.7 | 1.008912 | 1902.3 | | | | |
| May 22 | 8625.5 | 15:57:21.0 | -03:22.8 | 03 53 57.15 | +20 16 55.5 | 1.012148 | 1896.2 | | | | |
| Jun 07 | 8641.5 | 17:00:25.9 | -01:15.3 | 04 59 09.55 | +22 41 57.5 | 1.014824 | 1891.2 | | | | |
| Jun 22 | 8656.5 | 17:59:34.2 | +01:50.9 | 06 01 24.18 | +23 26 06.9 | 1.016266 | 1888.5 | | | | |
| Jul 07 | 8671.5 | 18:58:42.6 | +04:49.7 | 07 03 31.28 | +22 37 59.4 | 1.016741 | 1887.7 | | | | |
| Jul 22 | 8686.5 | 19:57:50.9 | +06:26.3 | 08 04 16.28 | +20 22 11.6 | 1.016076 | 1888.9 | | | | |
| Aug 07 | 8702.5 | 21:00:55.8 | +05:52.7 | 09 06 47.59 | +16 33 26.5 | 1.014288 | 1892.2 | | | | |
| Aug 22 | 8717.5 | 22:00:04.1 | +03:04.5 | 10 03 07.62 | +11 56 50.5 | 1.011617 | 1897.2 | | | | |
| Sep 07 | 8733.5 | 23:03:09.0 | -01:43.5 | 11 01 24.55 | +06 15 20.4 | 1.007953 | 1904.1 | | | | |
| Sep 22 | 8748.5 | 00:02:17.3 | -07:02.1 | 11 55 14.26 | +00 30 57.3 | 1.003962 | 1911.7 | | | | |
| Oct 07 | 8763.5 | 01:01:25.7 | -11:57.9 | 12 49 26.75 | -05 18 07.4 | 0.999679 | 1919.9 | | | | |
| Oct 22 | 8778.5 | 02:00:34.0 | -15:26.3 | 13 45 06.57 | -10 51 49.5 | 0.995418 | 1928.1 | | | | |
| Nov 07 | 8794.5 | 03:03:38.9 | -16:22.8 | 14 47 14.98 | -16 07 11.2 | 0.991167 | 1936.4 | | | | |
| Nov 22 | 8809.5 | 04:02:47.2 | -14:06.9 | 15 48 39.21 | -20 00 46.1 | 0.987822 | 1942.9 | | | | |
| Dec 07 | 8824.5 | 05:01:55.5 | -08:54.2 | 16 53 00.21 | -22 32 36.3 | 0.985237 | 1948.0 | | | | |
| Dec 22 | 8839.5 | 06:01:03.9 | -01:50.8 | 17 59 12.00 | -23 26 09.2 | 0.983717 | 1951.0 | | | | |

| Coordinates Координаты | Piatra Neamt Пъятра-Нямц |
|---------------------------|-----------------------------|
| λ (E / в.д.) | +26° 22' |
| Φ (N / с.ш.) | +46° 56' |
| Timezone Часовой пояс | UT+03 |

2021年国际远程天文奥林匹克竞赛

理论试题

意大利 米兰 2021年11月6日~11月13日

1. 测量视差

从地球上观测，天狼星的周年三角视差为 $\pi_1 = 0.379''$. 如果从一颗以椭圆轨道绕转太阳的小行星上观测，天狼星的三角视差为 $\pi_2 = 1.379''$, 椭圆轨道的偏心率 $e = 0.59$. 计算这颗小行星的轨道周期 T . 讨论所有可能的情况.

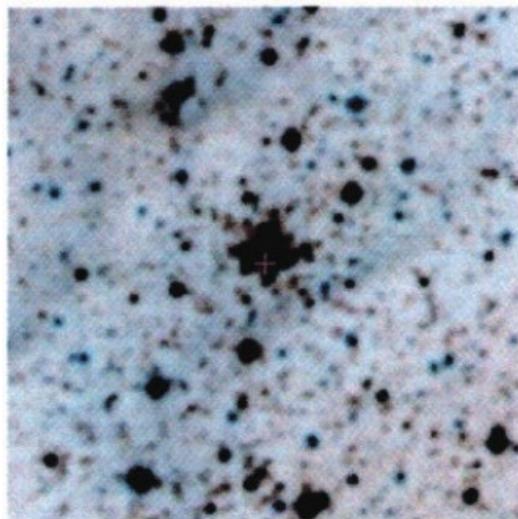
2. 飞船

一架宇宙飞船正在类似太阳系的恒星系统中，绕着某颗行星以椭圆轨道转动. 当飞船经过轨道近心点时，从飞船测得行星角直径为 $\alpha_p = 4.6^\circ$, 经过半圈公转，即时间为 $\tau = 9.64$ 天之后，经过远心点时，从飞船测得行星角直径为 $\alpha_A = 1.9^\circ$.

认证，飞船绕转的是哪颗行星.

3. NGC年

NGC 2021是剑鱼座中的疏散星团，背景天体为大麦哲伦云，坐标为 $\alpha = 0.5^{\text{h}}33^{\text{m}}31^{\text{s}}$, $\delta = -67^\circ27'11''$, 视星等 $m = 12.1^{\text{m}}$, 图为 4×4 角分的NGC 2021负片图像.



下面哪种动物天文学家可以观测到这个星团. 观测时间为题4的环食时间. 观测设备为题4的熊天文学家所用的物镜.

- (a) 在北极的北极熊;
- (b) 在加拿大北极圈的棕熊;
- (c) 在罗马尼亚北纬 45° 的绿啄木鸟;
- (d) 在埃及北归回线的双峰骆驼;
- (e) 在肯尼亚赤道的马塞斑点长颈鹿;
- (f) 在巴西南回归线的草原野猫;
- (g) 在阿根廷南纬 45° 的灰狐;
- (h) 在南极半岛南极圈的帝企鹅;

假设，所有地理位置大气透明，且这些动物眼睛的视网膜灵敏度与人类一致.

4-5. 北极的日食

2021年6月10日，近年来首次在北极中心观测到了日环食。最长的环食时间是在格陵兰岛观测到的 3^m51^s 。在北极，北极熊天文学家用相机拍摄了掩食图像(相机矩阵大小为 22.3×14.9 mm，矩阵中的像素个数为 6000×4000)，所用物镜直径 $D = 45$ mm，焦长 $F = 250$ mm。

下面各图分别为掩食带图像，北极区域的细节图，乔库尔达赫(雅库特)塔顶拍摄的日环食图像，北极熊拿着观测设备的图像。

太阳的地心角直径以及掩食期间观测到的月球的地心角直径，分别为 $d_{\odot} = 30'55''$, $d_{\text{月}} = 28'58''$ 。

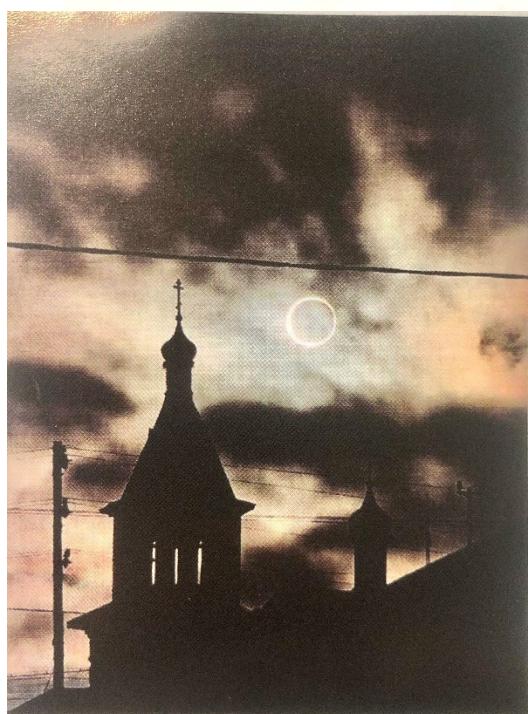
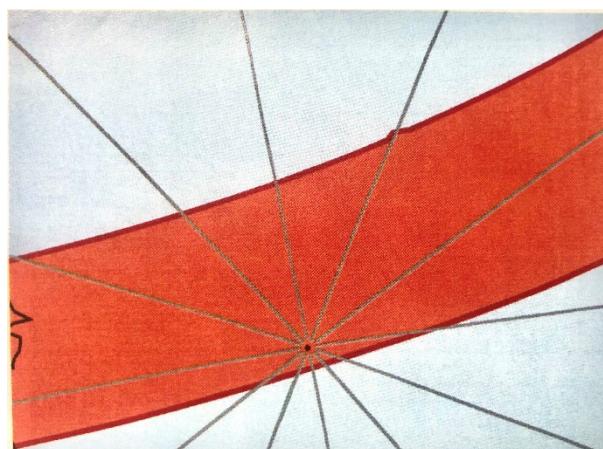
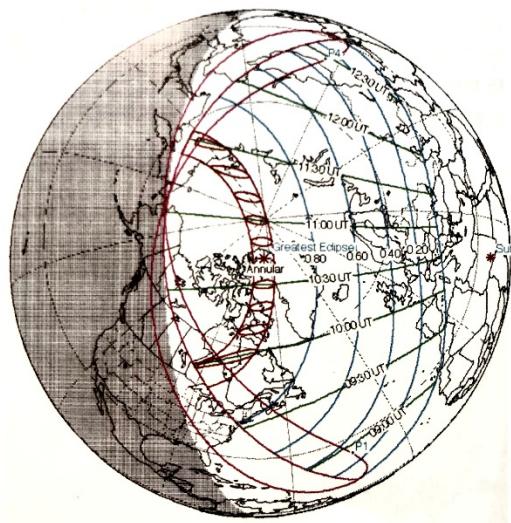
4.1 给出4.2题所需所有数值(量纲，角)的计算过程。

4.2 画出掩食最大相位时的实像(包含基本细节)，图像的标准分辨率是300像素每英寸(1英寸=25.4 mm)。你所画图像的上方应与天空的上方一致。

4.3 计算在北极点处环食相所经历的时间(环食时间)。

5.1 画图，包含带着拍照工具的北极熊天文学家，它正在拍摄日环食，时间为环食相位的阶段。

5.2 计算太阳的功率容 W 随最大掩食相位下降的值，以熊附近的水平面为单位。不考虑太阳的临边昏暗效应。



6. 靠近恒星

我们在天顶观测恒星. 当我们爬到一座小山上, 恒星变得更亮. 这被认为是当观测者靠近恒星所带来的效果.

天空中的水晶天顶(crystal dome)有多高? 在这个模型中, 恒星处于什么位置?

7. (高年组) 变星

在大熊座的鼻子处(靠近 α UMa), 发现了一颗周期为2.7天的变星. 上周英国天文学家观测到 $P_{\text{obs}} = 246357$ s. 然而, 这颗星正以 $v = 9$ km/s的速度远离太阳.

计算, 尽可能准确地估计这颗变星光度变化的真实周期 P_0 .

8. (高年组) α Cen

α Cen A与我们的太阳非常相似. 具有相同的光谱型G2 V.

计算 α Cen的伴星A的密度.

9. (高年组) 暗物质

宇宙中发现了一个双天体系统, 通过光谱观测发现, 其组成类似于双星61 Cygni A+B, 天体A与天体B之间的角距离为 $\alpha = 9''$, 总的视星等为 $m_{AB} = 11.8^m$. 这个双天体系统被发现是两个引力相联系的星系, 以圆轨道互相绕转. 假设, 这两个星系的组成只由暗物质和类似太阳的恒星组成.

计算, 星系中暗物质质量的最小比例以及可见物质的最大比例. 解题过程中, 图、公式中用下标表示各类天体“Sun” “61 Cygni A” “61 Cygni B” “ Stars”等等.