**第二届国际天文与天体物理奥林匹克竞赛**

**理论试题**

印度尼西亚 万隆 2008年8月23日

**第一部分**

**1.** 地球赤道上的两个观测者同时观测有恒星背景的月球的位置, 二者的经度差为180度. 如果观测时月球的赤纬刚好是0度, 请画图说明观测者看到的情形(你的图中应包括月球、背景星空、两个观测者、地球), 并计算两个观测者看到的月球视赤经之差(以时分秒表示).

**2.** 2008年4月2日, 万隆的Bosscha天文台使用一台口径为10 cm, 焦比为*f*/10的望远镜观测太阳, 发现了一块NOAA编号为0987的太阳活动区. 在太阳坐标系中, 该活动区相对于太阳盘面中心的位置为: 南8度, 西40度. 用SBIG ST-8 CCD相机(1600 1200 pixels; 9 m 9 m/pixel)对该区域拍照, 该活动区在CCD上占据的面积为5 4 pixels. 根据天文年历知道太阳的视直径为32, 请计算该活动区在太阳表面上占据的球面面积(以百万分之一太阳半球表面积(msh)为单位).

**3.** 满月发生的时间是印度尼西亚西部时间(105E, UT+7h00m)2008年6月19日00h30m. 对于位于Bosscha天文台(经度: 东经1073500.0 E, 纬度: 南纬64900.0 S, 海拔: 1300.0 m)的观测者, 计算月亮在地平之上可能的最短和最长的时间.

**4.** 假设一颗恒星的质量为20*M*, 如果现在该恒星质量的20%为氦, 计算该恒星氦燃烧能够进行多长时间. 假设该恒星的总光度为100*L*, 总光度的30%米自于氦燃烧. 碳原子12C的质量为12.000000 amu. 氦核聚变为碳的公式: 34He 12C ＋ .

**5.** 宇宙微波背景(CMB)目前的平均温度 = 2.73 K, 由此可以推断出CMB的光子是在红移*z*CMB = 1100处发出的. 目前宇宙中的暗能量、暗物质、正常物质的密度分别为: DE = 7.1 10–30 g/cm3, DM = 2.4 10–30 g/cm3, NM = 0.5 10–30 g/cm3. 如果我们假设暗能量是真空能量, 其密度不随时间变化. 请计算CMB光子发出时(*z*CMB = 1100)的宇宙暗物质密度和暗能量密度的比值.

**6.** 在银河系中心有一个气体团围绕着一个黑洞旋转, 该气体团中的氢原子自旋翻转(相应的静止频率= 1420.41 MHz)所产生的射电辐射频率被测为1421.23 MHz. 如果该气体团和黑洞间的距离是0.2 pc, 而且气体团的旋转轨道为圆轨道. 请确定气体团的速度、它的移动方向(向我们移动还是远离我们), 并请计算黑洞的质量.

**7.** 一个空间望远镜的灵敏度程度使得它刚好能够探测到一个距离为20 pc的主序星, 假设该望远镜的灵敏度对所有波长都是一样的. 该恒星最终会变成一个红巨星, 那时它的表面温度降为原来的1/3, 半径变成了原来的100倍. 请计算该恒星被这个空间望远镜刚好能探测到的最远距离.

**8.** 太阳和月球的引力作用导致了海潮的涨落. 考虑在地球赤道上的两点A和B, 而且A点在海平面. A点和B点间的经度差为. 如果月球在B点的天顶, 请推导在A点的由于月球引力所导致的海水的水平加速度. (请用、地球的半径*R*和地月距离来表示)

**9.** 太阳的辐射必须穿过地球的大气层才能抵达地球的表面. 地球也向外部辐射, 而且这些辐射也必须先穿过大气层才能够辐射到外空间环境去. 一般来说, 太阳辐射穿透地球大气层的透射率(*t*1)高于地球辐射向外穿透地球大气层的透射率(*t*2). 假设*T*eff是太阳的有效温度, *R*是太阳的半径, *r*是地球的半径, *x*为地球和太阳间的距离. 请以这些变量为参数推导出地球表面温度的表达式.

**10.** 天蝎座 ( Sco)是视双星系统, 两颗子星在2008年8月22日的坐标由下表给出.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (RA) | (Dec) |
| Sco 1 (主星) | 20h17m38s.90 | –123030 |
| Sco 2 (次星) | 20h18m03s.30 | –123241 |

观测用的是Bossch天文台的蔡斯折射镜, 口径为600 mm, 焦距为10780 mm. 望远镜接的CCD面积为765 510 pixels, 单位像素尺寸为9 m 9 m, 请回答以下两个问题:

**(1)** 能够在一次CCD的曝光中同时拍摄两颗子星吗? (请用英文Yes或No回答, 并给出估算步骤, 画出必要的图.)

**(2)** 求出次星(secondary)相对于北极(North)的方位角.

**11.** 下图是1998年8月22日在印尼Dumai Riau所拍摄的日环食的35毫米胶卷照片, 所使用的望远镜的有效孔径为10 cm, 焦比为f/15. 在这个照片的底片上, 日面的直径为13.817 mm, 月面的直径为13.235 mm. 请以km为单位分别确定日地和地月的距离, 并确定在这次日环食中月球遮挡日面的百分比.



**12.** 在一个遥远的星系中有一颗Ia型超新星, 其最大光度为5.8 109*L*. 假定用你的望远镜观测这颗超新星, 发现它的亮度为织女星(Vega)的1.6 10–7倍. 已知超新星的宿主星系的红移为*z* = 0.03, 请利用题目给出的关于超新星的数据计算星系的距离(以pc为单位)和哈勃时间(宇宙年龄).

**13.** 一艘旅行中的宇宙飞船与某个物体近距离相遇了, 飞船上的科学家打算利用携带的望远镜对该物体进行更仔细的观测. 简单起见, 假定我们只在二维平面上考虑这个问题, 而且飞船(也就是望远镜)的位置是静止在平面的原点(0, 0)的. 被观测物体的形状是圆盘状的, 其边界可以用公式表示为:

*x*2 + *y*2 – 10*x* – 8*y* + 40 = 0.

设为观测物体时望远镜的指向与*X*轴间的夹角, 当用望远镜观测该物体时, 望远镜的指向从物体的一端扫到另一端, 请计算tan 所对应的最大值和最小值.

**14.** 有一个潜在危险天体(PHO)受到地球引力的作用正在距离地球很近的轨道上运行. 假设*u*为该天体与地球间距离的倒数, *p*为其线性动量值. 当天体在轨道上运行时, *u*作为*p*的函数在A点和B点的值列在下面的表格中. 请计算该天体的质量和总能量, 并给出*u*作为*p*的函数表达式, 画出该函数从A点到B点的*u* *p*图(以*u*为纵坐标, *p*为横坐标)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *p* ( 109 kg m s–1) | *u* ( 10–8 m–1) |
| A | 0.052 | 5.15 |
| B | 1.94 | 194.17 |

**15.** 星系NGC2639被定义为Sa型旋涡星系, 测得其最大的旋转速度为*v*max = 324 km/s. 经过各种消光改正后, 测得该星系B波段的视星等为*m*B = 12.22. 天文学家经常需要测定旋涡星系的一个特征半径*R*25(以kpc为单位), 该特征半径*R*25的定义为: 在*R*25处, 星系的表面亮度降为25 magB/arcsec2. 而旋涡星系存在以下关系:

lg *R*25 = –0.249*M*B – 4.00,

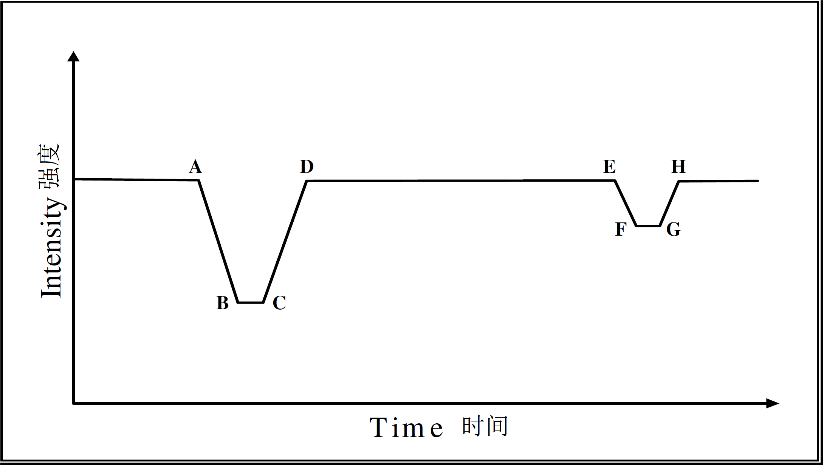
其中*M*B为B波段星系的绝对星等. 对于Sa型旋涡星系来说, B波段的Tully-Fisher关系为:

*M*B = –9.95lg *v*max + 3.15 (*v*max 以km/s为单位).

请利用上述已知关系, 计算NGC2629包含在*R*25以内的质量[以太阳质量为单位, 已知太阳的色指数为(*m*B – *m*V = 0.64)]和该星系*R*25以内B波段的光度(以太阳光度*L*为单位).

**第二部分**

**1.** 一个食双星系统的周期为30天, 下图所示的测光曲线显示其次星掩主星(从点A到点D)的时间为8个小时 [从初亏(第一次相切)到复圆(第四次相切)的时间], 而从B点(第二次相切)到C点(第三次相切)的时间为1小时18分钟. 光谱测量显示该系统主星的最大视向速度为30 km/s, 次星的最大视向速度为40 km/s. 如果我们假设它们的轨道为圆轨道, 且它们的轨道倾角*i* = 90(轨道面与视向连线共面), 请确定这两颗恒星的半径和质量(以太阳的半径和质量为单位).



**2.** 对一颗恒星进行Johnson UBV系统测光, 测得该恒星在UBV三个波段的视星等分别为*U* = 8.15, *B* = 8.50, *V* = 8.14. 根据该恒星的光谱型得知其*U* – *B*的本征(原始)色指数值为(*U* – B)0 = –0.45, 如果该恒星的半径为2.3*R*, 绝对热星等为*M*bol = –0.25, 热改正(BC)值为BC = –0.15, 通过计算确定:

**(1)** 该恒星在U、B、V三个波段的本征视星等(考虑星际消光, 消光值与色余*E*(*B* – *V*)之间成正比关系, 其比例系数为*R*V = 3.2)

**(2)** 该恒星的有效温度

**(3)** 该恒星的距离(以pc为单位)

注释: 色余即测得的色指数与其对应波段的本征色指数之差, *U* – *B*波段的色余*E*(*U* – *B*)与*B* – *V*波段的色余*E*(*B* – *V*)之间存在关系: *E*(*U* – *B*) = 0.72*E*(*B* – *V*)

**3.** 对宇宙微波背景(CMB)的测量显示, 对于整个宇宙来说, 微波背景的温度在很高精度上来说都是均匀的. 假定从宇宙再复合时期(recombination, *T*r 3000 K, *t*r 300000年)发出的光子直到今天(*T*0 3 K, *t*0 1.5 1010年)才到达地球. 宇宙尺度因子*S*是表征宇宙膨胀的值, 今天(*t* = *t*0)的*S*值记为*S*0 = *S*(*t* = *t*0) = 1, 而对应于宇宙其他时间*t*的*S*值记为*St* = *S*(*t* < *t*0) < 1. 宇宙暴胀结束(*t* = 10–32秒)直到再复合时刻, 这期间宇宙都是处于由辐射主导的状态; 从再复合时期直到今天, 宇宙则变为由物质主导的.

当宇宙处于辐射主导时期, 尺度因子*S*随时间*t*的变化关系为*S*正比于, 而在物质主导时期, 尺度因子*S*随时间的变化关系为: *S*正比于*t*2/3.

**(1)** 请估算再复合时刻宇宙的视界距离(horizon distances, 以角度表示). 假设宇宙的温度*T*与尺度因子的倒数1/*S*成正比, 画出必要的图示.

注: 以角度表示的视界距离是指在宇宙微波背景辐射中, 当再复合发生(CMB光子产生)时能够彼此通过光子联系(彼此能够看到)的两点间最大角距离.

**(2)** 假设宇宙微波背景遗迹中有两个点, 今天我们测得二者间的角距离为 = 5, 二者的角距离不随宇宙膨胀而变化, 请问它们之间能否以光信号联系(亦即它们是否能够彼此看到)? 请用数值说明原因, 并用英文Yes或No作答.

**(3)** 请估算暴胀结束时宇宙的大小.