**第六届国际天文与天体物理奥林匹克竞赛**

**理论试题**

巴西 里约热内卢 2012年8月8日

**短问题**

**1.** 在巴西**国立天文台**(2254S, 4312W)32 cm望远镜的圆顶上有一个垂直的日晷, 日晷朝北.日晷表盘位于东-天顶-西构成的平面上, 日晷指针与地球自转轴平行. 问: **(i)**一年中何时(指明月份和季节), 太阳赤纬为多少时起, 这个日晷白天至少有一段时间失效? **(ii)**一年中何时(指明月份和季节), 太阳赤纬为多少时起, 这个日晷在白天完全失效?

**2.** 计算地球上一个恒星日的长度. 如果地球自转方向突然反向, 但自转速度保持不变, 新的太阳日和恒星曰长度将变为多少? 以现在的时间单位量度(即太阳日的时、分、秒制).

**3.** 火星连续两次冲日的时间间隔为多少? 假定火星和地球的公转轨道为圆.

**4.**  如果月球的反照率为1, 满月时月球的视星等为多少?

**5.** 计算地球和太阳平均密度之比, **只能**根据以下信息:

**·** 从地球上看到的太阳角直径;

**·** 地球表面引力加速度;

**·** 一年的长度;

**·** 地球上(同经度处)纬度相差1, 相应的距离相差大约111 km.

**6.** 太阳辐射的绝大部分能量是通过其核心区进行的所谓“P–P”链(质子-质子链式核反应)产生的, “P–P”有三种分支反应. 产能最多的反应是23He 4He + 21H. 计算该反应释放的能量(以Mev为单位)以及参与反应的粒子质量减少的百分比.

**7.** **高光度蓝变星**(LBV)的视亮度变化很大, 但其热星等保持不变, 是常量. 假设一颗LBV恒星的视亮度最大时对应的黑体温度为5000 K, 视亮度最小时对应的黑体温度为30000 K. 计算视亮度达到最大和最小时恒星半径之比.

**8.** 一颗脉冲星距离地球1000 pc, 光度为太阳的10000倍, 从脉冲星的两极发出均匀的成圆锥状的射电束, 即喷流, 喷流的张角即圆锥的顶角 = 4(如图). 假定脉冲星自转轴与喷流的轴夹角为30, 对于地球上的观测者, 脉冲星喷流的方向是完全随机的, 在地球上能够探测到这颗脉冲星发出的喷流的几率是多大? 假设我们能够探测到它, 这颗脉冲星的视热星等为多少?

**9.** 一颗年老的行星状星云中心有一颗白矮星(WD), 距离地球50 pc. 在这个行星状星云后面,与这个行星状星云的方向严格一致, 距离地球150 pc处还有一颗一模一样的白矮星. 假定两颗白矮星的绝对热星等都为+14.2等, 本征色指数都为*B* – *V* = 0.300和*U* – *V* = 0.330. 考虑星际介质和行星状星云的消光效应. 当我们对较近距离的白矮星(位于行星状星云中心的那颗)进行测光时, 测得其色指数为*B* – *V* = 0.327和*U* – *B* = 0.038. 在行星状星云所在的银河系部分, U、B、V三个波段的星际消光分别为每千秒差距(kpc) 1.50等、1.23等和1.00等. 计算距离较远的那颗白矮星三个色指数的测量值应为多少?

**10.** 假定现在的宇宙完全由密度参数0 = 1决定, 即不包含暗能量, 目前宇宙的温度为2.73 K.已知宇宙的温度与半径(尺度因子)成反比, 计算从现在开始多长时间后宇宙的温度会降低0.1 K.

**11.** 由于木星摄动, 会使得太阳的运动产生周期性振荡. 假设观测者位于巴纳德星(Barnard’s star), 求他看到的这种由木星引起的太阳运动的周期性振荡的张角为多大? 振荡的周期为多少年?

**12.** 如果把望远镜放在日地系统的一个拉格朗日点(L4或者L5)处, 为了能够在光学和近红外波段探测到由于月球引力造成的地球相对于公转轨道面(黄道面)的摆动, 望远镜的直径至少为多大?

**13.** 一位南半球的观测者考虑南黄极升起的情形, 他觉得如果天空中的恒星围绕南黄极旋转而不是像通常那样绕着南天极旋转会非常有趣. 画图说明为了看到恒星以与绕南天极旋转相同的方向和速度绕南黄极旋转, 这位观测者该如何移动. 画出这位观测者一整天的运动轨迹. 计算出他第一次穿越赤道时的速度, 包括速度大小和方向.

**14.** 位于希腊Salonika ( = +40.65)的观测者观测到一个非常明亮的物体( = 5h55min, = +7.41, *m* = 0.45)到达上中天后就诡异地脱离了天球并以恒定的切向速度运动. 假定地球是静止的, 天球在旋转, 这个物体将一直保持上述的运动直至永远. 求该物体最后的地平坐标(即高度和方位角)为多少? 多长时间之后该物体的视星等会变为6.00?

**15.** 前两天我们去过的基督像(Redeemer)是巴西著名的标志. 但巴西和世界各地有很多类似的地标. 假设在Borradaile岛上( = –66.55)也有一个一模一样的基督像, Borradaile岛是人类踏上南极圈的第一个地方.

假定Borradaile岛恰好位于南极圈上, 定义地平面上的笛卡尔坐标系(*Oxy*), 原点*O*为基督像的基座, *Ox*轴为东西方向, *O*y轴为南北方向. 在南半球, 太阳高挂的某个“至日”那天基督像的影长最短, 忽略太阳当日赤纬方向的移动, 写出描述基督像顶端在地平面投影所画出的圆锥曲线的方程. 忽略大气效应.

**长问题**

**1.** 一位地球上的天文学家对一个球状星团进行观测, 球状星团的角直径为, 成员星数目为*N*,每个成员星的绝对星等都为*M*0, 球状星团与地球的距离为*D*. 在这个球状星团的中心有一个生物学家.

**1.1** 天文学家和生物学家分别能够看到的全部恒星的合成星等相差多少? **假定星团内恒星的空间分布完全均匀, 生物学家能够看到整个星团的所有成员星.**

**1.2** 如果地球上的天文学家想通过望远镜看到与生物学家看到的同等亮度的球状星团, 望远镜的直径至少为多大?

**1.3** 如果生物学家的视场直径也为, 那么二者看到的视星等之差为多少?

**2.** 天文学家研究一个旋涡星系, 其相对于天空背景的倾角为90, 即侧向(“edge-on”), 视星等为8.5. 天文学家测量了相对于星系中心的自转速度和径向距离, 并给出了星系的旋转曲线.

**2.1** 用由两条直线构成的连续函数*V*(*D*)来拟合下图给出的旋转曲线.

**2.2** 使用相同的观测数据, 天文学家估算出星系盘的压力波自转周期为星系盘的物质自转周期的一半. 估算一条旋臂围绕星系中心旋转一周的时间(利用2.1建立的连续函数).

**2.3** 利用Tully-Fisher关系(见常数表)计算这个星系的距离.

**2.4** 计算在这个星系的光谱中观测到的氢线波长的最大值和最小值. 氢线的静止波长为656.28 nm. 提示: 还要考虑宇宙学膨胀.

**2.5** 利用下图, 计算这个星系直到半径为3 104光年处的质量.

**2.6** 计算这个星系的成员星数目, 假定:

·成员星的平均质量为1个太阳质量, 三分之一的重子物质是恒星

·星系中重子与暗物质所占比例与整个宇宙相同(见常数表)

图1

