**第五届国际天文与天体物理奥林匹克竞赛**

**理论试题**

波兰 西里西亚 2011年8月28日

**短问题**

**1.**  大多数单次出现的彗星直接从奥尔特云进入太阳系内部. 估计一颗彗星完成这段旅程需要多长时间. 假设彗星在距离太阳35000 AU的奥尔特云中, 处于远日点.

**2.** 如果球状星团边缘的逃逸速度是6 km s–1, 而且大多数恒星与太阳相似, 那么估算一个直径为40 pc的球状星团中的恒星数量.

**3.** 2011年3月9日, 旅行者号探测器达到了距离太阳116.406 AU的地方, 以17.062 km s–1的速度运动. 确定探测器的轨道类型: (a)椭圆, (b)抛物线, 或(c)双曲线. 从旅行者号上看到的太阳的星等是多少?

**4.** 假设火卫一在火星的赤道面一个完美的圆形轨道上绕火星运行, 给出火卫一在火星赤道上的一个点在地平线上的时间长度. 使用以下数据:

火星半径*R*Mars = 3393 km. 火星自转周期*T*Mars = 24.623 h. 火星质量*M*Mars = 6.421 1023 kg. 火卫一轨道半径*R*P = 9380 km.

**5.** 与直径*d* = 10厘米的光学望远镜分辨率相同的, 工作波长 = 1 cm的射电望远镜的直径是多少?

**6.** 潮汐力对地球产生力矩. 假设在过去的几亿年中, 这个力矩和恒星年的长度都是常数, 分别为6.0 1016 N m和3.15 107 s, 计算6.0 108年前一年中有多少天. 半径为*R*, 质量为 *m*的均匀填充球的转动惯量为.

**7.** 一颗卫星以圆形轨道绕地球运行. 卫星的初始动量是由矢量***p***给出的. 在某一时刻, 爆炸装置被引爆, 给卫星一个额外的冲量***p***, 大小等于|***p***|. 设为向量***p***与***p***之间的夹角,为卫星矢径与矢量***p***之间的夹角. 通过思考附加冲量***p***的方向, 考虑是否有可能将轨道改变为下面给出的每一种情况. 如果可能的话, 在答题纸上标记YES, 并给出可能的和值. 如果轨道不可能, 则标记NO.

**(a)** 爆炸地点为近地点的双曲线.

**(b)** 爆炸地点为近地点的抛物线.

**(c)** 爆炸地点为近地点的椭圆形.

**(d)** 一个圆.

**(e)** 爆炸地点为远地点的椭圆.

请注意, 对于 = 180和 = 90, 新的轨道将是一条直线, 沿着这条直线, 卫星将向地球中心自由落体.

**8.** 假设尘埃颗粒是黑体, 确定球形尘埃颗粒的直径, 这些尘埃颗粒可以保持在距离太阳1 AU处平衡太阳辐射压和万有引力. 取尘埃颗粒密度为 = 103 kg m–3.

**9.** 星际间的距离比恒星的大小要大很多. 因此, 不含弥散物质的星团和星系基本上不会遮蔽它们后面的物体. 当我们朝一个面亮度 = 18.0 mag arcsec–2的星系方向看时, 估算天空被星星遮蔽的比例. 假设星系由类似于太阳的恒星组成.

**10.** 估计一个质子穿透地球磁层所需的最小能量. 假设初始穿透时垂直于30 T的、厚度1.0 104 km恒定磁场. 画出粒子轨迹的草图. (注意, 在如此高的能量下, 动量可以用表达式*E*/*c*来代替. 忽略任何辐射效应).

**11.** 根据一个红移*z* = 6.03的星系的光谱, 我们确定这个星系中的恒星的年龄在5.6亿年到6亿年之间. 这个星系中恒星形成的时候*z*为多少? 假设宇宙现在的年龄是*t*0 = 13.7 109年, 宇宙膨胀的速率是由一个宇宙学常数 = 0的平面宇宙模型给出的. (在这样的模型中, 比例因子*R* *t*2/3, 其中*t*是大爆炸之后的时间.)

**12.** 由于地轴的岁差, 在固定经纬度的位置可以看到的天空区域会随着时间而变化. 有没有可能, 在某个时间点, 天狼星不会像从克拉科夫看到的那样升起, 而老人星会升起又落下? 假设地轴的轨迹是一个角度为47的圆锥. 克拉科夫位于北纬50.1, 这些恒星目前的赤道坐标(赤经和赤纬)是:

天狼星( CMa): 6h45m, –1643

老人星( Car): 6h24m, –5242

**13.** 赤道坐标系(, )中的黄道方程具有以下形式:

,

其中是天球赤道与黄道面的夹角.在地平坐标系(*A*, *h*)下, 对于纬度 = 4934的观测者, 在当地恒星时 = 0h51m, 找到一个类似的关系式*h* = *f*(*A*)来描述银道面.

**14.** 估算每秒钟通过地球表面垂直于太阳的1 m2面积的太阳中微子的数量. 你可以利用太阳中的每次聚变反应产生26.8 MeV的能量和2个中微子这一事实.

**15.** 考虑到宇宙背景辐射在宇宙演化过程中具有黑体的光谱, 确定其温度如何随着红移*z*而变化.特别是, 给出在*z* 10(目前最远观测到的天体)时背景辐射的温度. 目前宇宙背景辐射的温度是2.73 K.

**长问题**

**1.** 观测到一颗围绕恒星HD209458以84小时为周期运行的行星, 其凌日持续时间为180分钟. 还测量了行星大气中吸收线的多普勒频移, 对应于凌日开始和结束之间(对观测者而言)30 km/s的径向速度差. 假设圆形轨道正好与观测者视线方向平行, 求出该恒星的近似半径和质量以及该行星轨道的半径.

**2.** 在一个红移为*z* = 0.500的星系团范围内, 我们观察到一个看起来像正常椭圆的星系, B波段滤光片中的视星等为*m*B = 20.40 mag.

对应于*z* = 0.500的红移的光度距离是*d*L = 2754 Mpc.

椭圆星系在250 nm到500 nm波长范围内的光谱能量分布(SED)非常近似于这个公式:



(也就是说, 物体光度的谱密度, 也称为单色光度,与4成正比.)

**(a)** 在B滤光片中, 这个星系的绝对星等是多少?

**(b)** 它可以是这个星系团的成员吗? (在最终计算的旁边写YES或NO)

提示: 尝试建立一种关系, 来描述小波长间隔下的谱密度流量对距离的依赖性. 正常的椭圆星系的绝对星等最大值为–22 mag.

**3.** 天文馆计划“指南”给出了两颗太阳质量恒星的以下数据:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 恒星 | 1 | 2 |
| 赤经 | 14h29m44.95s | 14h39m39.39s |
| 赤纬 | –624046.14 | –605022.10 |
| 距离 | 1.2953 pc | 1.3475 pc |
| 赤经自行 | –3.776 arcsec/year | –3.600 arcsec/year |
| 赤纬自行 | 0.95 arcsec/year | 0.77 arcsec/year |

根据这些数据, 确定这些恒星是否形成一个引力束缚系统.

假设恒星在主星序上. 如果没有与最终计算结合在一起, 请写上YES或NO.

注意: 赤经的自行运动已经根据恒星的赤纬进行了修正.