

团队考试说明

在前往望远镜之前，您收到了包含答案汇总纸的信封。请在信封上写上您的团队代码。

- 本次考试共有八道题目：G01.1 到 G01.8。阅读材料已预先发给您，试题与本说明等书面材料均包含在本信封内。
- 在观测台上，您将获得射电望远镜及相关电子设备，以及头灯和写字板。
- 答案汇总纸放在小信封 **S** 内。只有当您到达望远镜观测台并正式开始考试时，才会被允许打开小信封 **S**。
- 数据采集及数据分析环节开始和结束时，监考人员都会吹响哨子。
- 数据采集环节在观测台进行，时间为 **35 分钟**。
- 数据分析环节在 Powai 宴会厅（Powai Ball Room）进行，时间为 **30 分钟**。
- 考试流程如下：

时间（分:秒）	时长	任务
00:00 – 35:00	35 分钟	在观测台进行数据采集
35:00 – 65:00	30 分钟	在 Powai 宴会厅进行数据分析

- 您应使用钢笔或中性笔填写数据和答案，使用铅笔绘图。
- 在数据采集和数据分析环节期间，您不能离开指定的桌子。
- 在数据采集环节期间，您也可以继续进行数据分析。
- **考试结束时：**
 - 请检查您是否在使用的所有纸张上正确写下了团队代码和页码。
 - 按以下方式整理您的纸张：
从G01开始，先是该题的答案汇总纸，后是该题使用的作业纸，接下来是其他各题的答案汇总纸和作业纸。
 - 将按上述方式整理好的所有纸张放入小信封 **S** 中。所有答案汇总纸必须放入小信封 **S** 中，无论是否使用过。
 - 将小信封 **S** 放入大信封 **B** 中。
 - 将所有其他纸张，即本说明、书面记录、团队试题和未使用的作业纸，直接放入大信封 **B** 中。
 - 只有小信封 **S** 中的内容会被评分，任何未放入该信封的纸张都不会被评分。
 - 封住大信封 **B** 的绳扣。

团队试题

(G01) 使用射电望远镜揭示银河系中的暗物质

[150 分]

(G01.1) 估算射电望远镜的分辨率，并将其与指向装置的角精度进行比较。

(G01.1a) 测量射电望远镜的孔径尺寸（长边长度 a 与短边长度 b ），并以米为单位 [7]
表示。由此分别估算每个尺寸对应的分辨率（ θ_{res}^a 和 θ_{res}^b ），以度为单位。在分辨率更高的那个选项旁的方框内打勾（✓）。

(G01.1b) 为了与上述分辨率进行比较，请记录下量角器可测量的最小度数（ $\theta_{\text{min}}^{\text{az}}$ ） [2]
和数字倾角仪（digital inclinometer）可测量的最小度数（ $\theta_{\text{min}}^{\text{alt}}$ ）。

(G01.2) 打开望远镜操作软件，并点击标签页 1（Tab 1）验证系统是否正常工作。对于每个经度， [25]

- 点击标签页 2（Tab 2）输入银道坐标（银经 ℓ ，银纬 $b = 0$ ），并在答题汇总表的表格中记录时间、对应的高度、方位角和 v_{corr} 。
- 将望远镜指向该高度和方位角，并点击标签页 3（Tab 3）记录数据 ‘ ℓ .csv’（例如，名为 ‘30.csv’ 的文件即对应于银经 30° 的数据）。

对表格中的所有不同银经，重复此过程。

(G01.3) 点击标签页 3（Tab 3），记录定标（calibration）数据 [14]
“sky.csv” 和 “ground.csv”，采集方式为：将望远镜指向远离银盘的天空区域，以及指向地面。将您指向的高度和方位角以及每次测量的时间，都填写到答案汇总纸上。

(G01.4) 点击标签页 4（Tab 4），使用提供的程序进行增益和温度的定标（calibration）。 [7]

(G01.5) 点击标签页 5（Tab 5），处理所得的各个观测文件 “ ℓ .csv”，获取 5 个不同银经 ℓ 处的温度谱。

(G01.5a) 对表中的每个银经 ℓ ，确定中性氢（HI）线的最大红移频率 f_{obs} （其温度比基线高 5 K），列在答案汇总纸中。 [19]

(G01.5b) 计算 $v_{\text{Earth}}^{\text{obs}}(\ell)$ 和 $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}(\ell)$ ，并在答案汇总纸中列出。 [10]

(G01.5c) 使用观测到的各个银经处的 $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}$ 值，计算旋转速度 $v_{\text{rot}}(R)$ ，以及半径，即这 5 个银经处最大红移发射线所在位置到银心的距离。将所有这些值列在答案汇总纸中。 [10]

(G01.6) 在答案汇总纸提供的坐标纸上，绘制旋转速度与半径（从银河系中心起量）的关系图，并且手绘一条平滑曲线拟合这些点。 [6]

(G01.6a) 假设质量分布是球对称的，使用以下公式估算你观测到的半径内所包含的质量： [10]

$$M_{\text{encl}}(R) = \frac{v_{\text{rot}}^2 R}{G},$$

其中 R 是半径， v_{rot} 是旋转速度， G 是万有引力常数。将答案写在表格中，以太阳质量为单位。

(G01.6b) 答案汇总纸给出的图像中，以 $\odot$ 符号显示了距离银心不同半径 R 内的普通重子物质（baryonic matter）的总质量。将你的测量结果 $M_{\text{encl}}(R)$ 绘制在该图上。并为这两个结果绘制两条平滑且在物理上正确的曲线。 [12]

(G01.6c) 计算各半径范围内所包含的暗物质的质量 $M_{\text{dm}}(R)$ ，并将其记录在答案汇总纸的表格中。 [10]

(G01.7) 根据射电谱的频率区间（spectral bin），估算观测的灵敏度，用以 K 为单位的温度给出。已知射电谱共分为 512 个区间，覆盖的总频率范围为 2.048 MHz。 [9]

(G01.8) 如果使用更大孔径尺寸的喇叭天线进行观测，下列哪个参数会得到改善？在答案汇总纸上勾选正确选项。 [9]

- A. 灵敏度 σ_T ($T_{\text{ant}}=5$ K时)
- B. 角分辨率
- C. v_{rot} 的估计值
- D. 频率分辨率