

### Instruções para a Competição em Grupo

Antes de se dirigir ao telescópio, um envelope contendo as páginas da Folha de Respostas Resumidas será entregue a você. Por favor, escreva o código do seu grupo no envelope.

- Há oito questões neste exame: G01.1 a G01.8. Você já recebeu o texto e o caderno de questões está incluído junto com estas instruções.
- Na mesa de observação, você receberá o Radiotelescópio e os eletrônicos associados, juntamente com lanternas de cabeça e um bloco de anotações.
- As páginas da Folha de Respostas Resumidas serão mantidas dentro do envelope menor **[S]**. **Você só pode abrir este envelope ([S]) quando chegar à mesa de observação do telescópio e o exame começar formalmente.**
- Um apito será soprado no início e no final das sessões de coleta e análise de dados.
- O tempo para coleta de dados na mesa de observação é de **35 minutos**.
- Para a análise de dados, você será transferido para o Salão de Festas Powai. O tempo para análise de dados é de **30 minutos**.
- O fluxo do exame é o seguinte:

Tempo (min:seg)	Duração	Tarefas
00:00 – 35:00	35 min	Coleta de Dados na mesa de observação
35:00 – 65:00	30 min	Análise de Dados no Salão de Festas Powai

- Você deve usar uma caneta para registrar seus dados e respostas. Um lápis deve ser usado para traçar os gráficos.
- Você não deve deixar sua mesa designada durante as sessões de coleta e análise de dados.
- Você pode continuar a trabalhar na análise de dados mesmo enquanto a aquisição de dados está ocorrendo.
- **No final do exame:**
  - Verifique se você escreveu corretamente seu Código de Grupo e os números das páginas em todas as folhas usadas.
  - Organize suas folhas na seguinte ordem:  
Páginas da Folha de Respostas Resumidas de (G01), Folha(s) de Trabalho usada(s) para (G01).
  - Coloque as folhas acima dentro do envelope menor **[S]**. As páginas da Folha de Respostas Resumidas devem ser colocadas dentro do envelope **[S]** independentemente de terem sido usadas ou não.
  - Coloque o envelope menor dentro do envelope maior **[B]**.
  - Todas as outras folhas, nomeadamente a(s) Folha(s) de Instrução, o texto, todos os Cadernos de Questões e as Folhas de Trabalho não utilizadas devem ser colocadas diretamente dentro do envelope maior **[B]**.
  - **Apenas o conteúdo do envelope menor [S] será avaliado. Qualquer folha que não estiver dentro deste envelope não será avaliada.**
  - Amarre o selo de linha no envelope **[B]**.

**(G01) Descobrimos matéria escura galáctica usando um radiotelescópio**
**[ 150 pontos ]**

- (G01.1) Estimamos a resolução do nosso radiotelescópio e comparamos com a precisão angular de seus dispositivos de apontamento.
- (G01.1a) Meça as dimensões da abertura do radiotelescópio (comprimento maior  $a$ , [7] comprimento menor  $b$ ) e expresse em metros. A partir disso, estime a resolução correspondente a cada uma das dimensões separadamente ( $\theta_{\text{res}}^a$  e  $\theta_{\text{res}}^b$ , respectivamente) em graus. Marque (✓) a dimensão que lhe dá a maior resolução.
- (G01.1b) Para comparar com a resolução acima, anote a menor divisão (menor unidade [2] mensurável) do transferidor ( $\theta_{\text{min}}^{\text{az}}$ ) e do inclinômetro digital ( $\theta_{\text{min}}^{\text{alt}}$ ).
- (G01.2) Abra o software de operação do telescópio e verifique usando a Aba 1 se o sistema está [25] funcionando. Para cada longitude,
- Use a Aba 2 para inserir uma coordenada Galáctica (longitude  $\ell$ , latitude  $b = 0$ ) e anote o tempo, a altitude correspondente, azimute e  $v_{\text{corr}}$  na Tabela da Folha de Respostas Resumidas.
  - Aponte para esta altura e azimute e use a Aba 3 para registrar os dados 'l.csv' (por exemplo, um arquivo nomeado '30.csv' poderia conter dados correspondentes à longitude  $30^\circ$ ).
- Repita este procedimento para todas as diferentes longitudes da tabela.
- (G01.3) Use a Guia 3 para registrar os dados de calibração 'sky.csv' e 'ground.csv' apontando o telescópio [14] para uma região do céu longe do plano Galáctico e, em seguida, para o solo, respectivamente. Adicione a altura e o azimute para os quais você apontou e o horário em que realizou cada uma dessas medições na Folha de Respostas Resumidas.
- (G01.4) Realize a calibração de ganho e temperatura usando o procedimento correspondente à Guia 4. [7]
- (G01.5) Agora, para cada observação 'l.csv', use a Aba 5 para obter o espectro de temperatura nas 5 [19] diferentes longitudes  $\ell$ .
- (G01.5a) Determine a frequência mais deslocada para o vermelho  $f_{\text{obs}}$  da linha HI (que tem [19] uma temperatura de 5 K acima da linha de base) correspondente a uma dada longitude Galáctica ( $\ell$ ), e tabule na Folha de Respostas Resumidas.
- (G01.5b) Calcule  $v_{\text{Earth}}^{\text{obs}}(\ell)$  e  $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}(\ell)$  e tabule na Folha de Respostas Resumidas. [10]
- (G01.5c) Usando os valores de  $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}$  em cada uma das longitudes Galácticas observadas, [10] calcule a velocidade de rotação  $v_{\text{rot}}(R)$  e o raio Galáctico para a emissão mais deslocada para o vermelho para cada uma das 5 longitudes Galácticas. Tabule todos esses valores na Folha de Respostas Resumidas.
- (G01.6) Trace a velocidade de rotação versus o raio Galactocêntrico no gráfico fornecido como parte da [6] Folha de Respostas Resumidas e desenhe uma curva suave passando por esses pontos.
- (G01.6a) Assumindo uma distribuição de massa esféricamente simétrica, estime a massa [10] contida dentro do raio correspondente às suas observações usando a fórmula:

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

onde  $R$  é o raio galactocêntrico,  $v_{\text{rot}}$  é a velocidade de rotação, e  $G$  é a constante gravitacional. Expresse sua resposta em unidades de massa solar.

- (G01.6b) A massa em matéria bariônica ordinária contida em diferentes raios Galactocêntricos,  $R$ , da Via Láctea é mostrada com símbolos  $\odot$  no gráfico fornecido na Folha de Respostas Resumidas. Trace  $M_{\text{encl}}(R)$  a partir de suas medições no mesmo gráfico e desenhe duas curvas suaves fisicamente corretas, uma para cada conjunto de medições. [12]
- (G01.6c) Calcule o valor da massa de matéria escura contida,  $M_{\text{dm}}(R)$ , e registre-o na Tabela [10] na Folha de Respostas Resumidas.
- (G01.7) Estime a sensibilidade da sua observação por banda espectral em unidades de temperatura em K, dado que o espectro tem um total de 512 bandas abrangendo um intervalo de frequência total de 2,048 MHz. [9]
- (G01.8) Qual(is) dos seguintes parâmetros melhorará(ão) se as observações forem feitas com uma antena de corneta de dimensões de abertura maiores. Marque a(s) opção(ões) correta(s) na Folha de Respostas Resumidas. [9]
- A. Sensibilidade  $\sigma_T$  para  $T_{\text{ant}}=5$  K
  - B. Resolução angular
  - C. Estimativa de  $v_{\text{rot}}$
  - D. Resolução em frequência