

Инструкции по групповым соревнованиям

Перед тем, как вы направитесь к телескопу, вам будет передан конверт с сводными листами ответов на вопросы. Пожалуйста, напишите на конверте код вашей группы.

- В этом экзамене восемь вопросов: от G01.1 до G01.8. Вы уже получили теоретическую часть (Group Writeup), а задания прилагаются к этим инструкциям.
- За столом наблюдений вам предоставят радиотелескоп и сопутствующую электронику, а также налобные фонари и блокнот.
- Сводный лист ответов находится в меньшем конверте **[S]**. Вам разрешается открыть этот конверт (**[S]**) только после того, как вы подойдете к столу наблюдения с телескопом (пункту наблюдения) и начнется тур.
- В начале и в конце сеансов сбора и анализа данных будет раздаваться свисток.
- Время сбора данных на пункте наблюдения – **35 минут**.
- Для анализа данных вас переведут в зал Powai Ball Room. Время анализа данных — **30 минут**.
- Ход группового тура следующий:

Время (мин:сек)	Продолжительность	Задачи
00:00 – 35:00	35 мин	Сбор данных на пункте наблюдения
35:00 – 65:00	30 мин	Анализ данных в Powai Ball Room

- Для записи данных и ответов используйте ручку. Для построения графиков используйте карандаш.
- Во время сбора и анализа данных вам не следует покидать назначенный вам стол.
- Вы можете продолжать работу над анализом данных даже во время их сбора.
- **В конце тура :**
 - Проверьте, правильно ли вы указали код группы и номера страниц на всех использованных листах.
 - Расположите листы в следующем порядке:
Страницы сводных листов ответов (G01), рабочие листы, использованные для (G01).
 - Поместите указанные выше листы в меньший конверт **[S]**. Страницы со сводными листами ответов необходимо поместить в конверт **[S]** независимо от того, использовали вы их или нет.
 - Поместите меньший конверт в больший конверт **[B]**.
 - Все остальные листы, а именно лист(ы) инструкций, записи, все экзаменационные листы и неиспользованные рабочие листы, должны быть помещены непосредственно в больший конверт **[B]**.
 - **Оцениваться будет только содержимое меньшего конверта **[S]**. Любой лист, не помещённый в этот конверт, оцениваться не будет.**
 - Закрутите нитку на конверте **[B]**.

(G01) Открытие темной материи Галактики с помощью радиотелескопа
[150 баллов]

- (G01.1) Мы оцениваем разрешающую способность нашего радиотелескопа и сравниваем ее с угловой точностью его системы наведения.
- (G01.1a) Измерьте размеры апертуры радиотелескопа (большую длину a и меньшую длину b) и выразите их в метрах. Исходя из этого, оцените разрешение, соответствующее каждому из размеров (θ_{res}^a и θ_{res}^b , соответственно) в градусах. Отметьте (✓) размер, который обеспечивает более высокое разрешение. **[7]**
- (G01.1b) Для сравнения с приведенным выше разрешением запишите наименьшее показание транспорта (наименьшую измеряемую величину) ($\theta_{\text{min}}^{\text{az}}$) и цифрового инклинометра ($\theta_{\text{min}}^{\text{alt}}$). **[2]**
- (G01.2) Откройте программу управления телескопом и проверьте работоспособность системы используя вкладку 1. Для каждой долготы **[25]**
- Используйте вкладку 2 для ввода галактических координат (долготы ℓ , широты $b = 0$) и запишите время, соответствующую высоту, азимут и $v_{\text{сиг}}$ в таблице в сводном листе ответов.
 - Укажите эту высоту и азимут и используйте вкладку 3 для записи данных « ℓ .csv» (например, файл с именем «30.csv» может содержать данные, соответствующие долготе 30°).
- Повторите эту процедуру для всех значений долготы из таблицы.
- (G01.3) Используйте вкладку 3 для записи калибровочных данных «sky.csv» и «ground.csv», направив телескоп на область неба, удаленную от плоскости Галактики, а затем на землю соответственно. Укажите высоту и азимут, на которые вы навели телескоп, а также время выполнения каждого из этих измерений в сводном листе ответов. **[14]**
- (G01.4) Выполните калибровку усиления и температуры, используя процедуру, описанную во вкладке 4. **[7]**
- (G01.5) Теперь для каждого наблюдения « ℓ .csv» используйте вкладку 5, чтобы получить частотный спектр температур на 5 различных долготах ℓ .
- (G01.5a) Определите наиболее смещенную в красную область частоту f_{obs} линии HI (которая имеет температуру на 5 К выше базовой линии), соответствующую заданной галактической долготе (ℓ), и занесите результаты в сводную таблицу ответов. **[19]**
- (G01.5b) Рассчитайте $v_{\text{Earth}}^{\text{obs}}(\ell)$ и $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}(\ell)$ и занесите результаты в сводную таблицу ответов. **[10]**
- (G01.5c) Используя значения $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}$ для каждой из наблюдаемых галактических долгот, рассчитайте скорость вращения $v_{\text{rot}}(R)$ и радиус Галактики для излучения с максимальным красным смещением для каждой из пяти галактических долгот. Запишите все эти значения в сводную таблицу ответов. **[10]**
- (G01.6) Постройте зависимость скорости вращения от галактоцентрического радиуса на листе с графиком, представленном в сводном листе ответов. **[6]**

- (G01.6a) Предполагая сферически симметричное распределение массы, оцените массу, заключённую в пределах радиуса, соответствующего вашим наблюдениям, по формуле: [10]

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

где R — галактоцентрический радиус, v_{rot} — скорость вращения, а G — гравитационная постоянная. Выразите ответ в единицах массы Солнца.

- (G01.6b) Масса обычной "барионной" материи, заключённой в пределах различных галактоцентрических радиусов R Млечного Пути, обозначена символами $\odot$ на графике, приведённом в листе ответов. Постройте график $M_{\text{encl}}(R)$ по вашим измерениям на том же листе и нарисуйте две плавные физически корректные кривые, по одной для каждого набора измерений. [12]
- (G01.6c) Рассчитайте значение массы темной материи, заключённой в пределах различных галактоцентрических радиусов $M_{\text{dm}}(R)$, и запишите его в таблицу в сводном листе ответов. [10]
- (G01.7) Оцените чувствительность вашего наблюдения для каждого спектрального интервала в единицах температуры в К, учитывая, что спектр содержит в общей сложности 512 интервалов, охватывающих общий диапазон частот 2.048 МГц. [9]
- (G01.8) Какой (какие) из следующих параметров улучшится (улучшатся), если наблюдения будут проводиться с помощью рупорной антенны с большей апертурой? Отметьте галочкой правильный(-ые) вариант(-ы) в листе ответов. [9]

- A. Чувствительность σ_T для $T_{\text{ant}} = 5$ К
- B. Угловое разрешение
- C. Оценка v_{rot}
- D. Разрешение по частоте