

Перед тем, как приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте эти указания:

- а) Для оформления решений Вам предлагается 1 титульный лист (на нем Вы ничего не пишите) и 5 листов ответа: 1 лист – одно задание.
- Окошко «Шифр участника» НЕ ЗАПОЛНЯЕТЕ!!!**
- б) В листе ответа приведите основные формулы и результаты расчетов, в конце запишите ответ.
- в) Все записи производите на одной стороне листа.
- г) Для проведения преобразований, вывода формул, расчетов, и т.д., используйте черновик, который после окончания работы вложите в файл с титульным листом и листами ответов. Записи в черновике не оцениваются и не учитываются при выставлении оценки.

Вариант 2
Задания теоретического тура

Задание 1. Небесная сфера. (20 баллов)

Некоторая звезда, эклиптические координаты которой $\lambda = 71^\circ 26'$, $\beta = -22^\circ 20'$ наблюдается в некоторой точке поверхности Земли, в момент времени, когда ее высота $h = 12^\circ 37'$, а азимут $A = 12^\circ 34'$.

- а) Каковы географические координаты места наблюдения, если оно проводилось в $T_0 = 4^{\text{ч}} 56^{\text{мин}}$ всемирного времени, а звездное время средней полночи в эти сутки на гринвичском меридиане равно $S_0 = 6^{\text{ч}} 57^{\text{мин}}$?
- б) Через сколько минут после наблюдения произойдет верхняя кульминация этой звезды?
- в) Чему равен часовой угол этой звезды в момент ее захода.
- г) Является ли данная звезда в месте наблюдения околополярной?
- Подсказка: рефракцию не учитывать.

Задание 2. Путешествие на Луну. (20 баллов)

Космический аппарат земного происхождения входит в сферу действия Луны ($r_{C\phi} = a_L \left(\frac{M_L}{M_Z} \right)^{\frac{2}{5}}$). Геоцентрическая скорость v аппарата в этот момент равна $160 \frac{m}{c}$ и со- направлена с вектором орбитальной скорости Луны, а прицельный параметр $b_0 = 10R_L$.

- а) Вычислите большую полуось орбиты (в R_L), которую будет иметь космический аппарат в сфере действия Луны.
- б) Определите скорость v_q в periцентре этой орбиты.
- в) Каким должно быть значение прицельного параметра b_1 (в R_L) при той же геоцентрической скорости, чтобы космический аппарат «чиркнул» по поверхности Луны?
- г) Определите значение скорости торможения v' , необходимое для перевода космического аппарата на круговую орбиту вокруг Луны с радиусом $2R_L$.

Подсказка: орбиту Луны считать круговой, а ее массу и средний радиус равными 1/81 массы Земли и 1737 км, соответственно.

Задание 3. Движение звезд. (20 баллов)

Некоторая, недавно открытая звезда, описывает вокруг полюса эклиптики окружность, угловой радиус которой $a = 20,51''$. За десять лет окружность превратилась в эллипс, эксцентриситет которого $e = 0,0001$, при этом, красное смещение в спектре звезды

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = -0,01\%.$$

- Назовите ТРИ!!! причины, вследствие которых наблюдается все это.
 - На каком расстоянии от наблюдателя (в pk) находится звезда?
 - С какой линейной скоростью ($\frac{km}{c}$) звезда движется относительно Солнца.
- г) Через сколько лет (если ничего не изменится) расстояние до звезды увеличится в три раза?

Подсказка: наблюдатель находится на Земле.

Задача 4. Излучение пульсара. (20 баллов)

Пульсар PSR B0531+21, находящийся в центре Крабовидной туманности, излучает радиоимпульсы с периодом $P = 33,5 \text{ мс}$.

- Оцените запас энергии E этого пульсара, приняв характерные значения его радиуса $R = 10 \text{ км}$ и массы $M = M_s$.

- Определите мощность W излучения пульсара (в единицах мощности излучения Солнца W_s), если известно, что скорость возрастания периода излучения его радиоимпульсов равна $\frac{\Delta P}{\Delta t} = 10^{-12,4}$.

б) Рассматривая пульсар как вращающийся наклонный магнитный диполь, излучающий магнитно-дипольное излучение, оцените значение индукции B магнитного поля на поверхности пульсара, если его магнитная ось перпендикулярно оси вращения.

- г) Определите динамический возраст пульсара τ (в годах).

Подсказка: мощность магнитно-дипольного излучения определяется выражением
$$W = \frac{2\Omega^4}{3c^2} B^2 R^6 \sin^2 \theta,$$
 где Ω – угловая скорость вращения пульсара, θ – угол наклона магнитного дипольного момента к оси вращения пульсара, B – индукция магнитного поля, c – скорость света в вакууме (все в гауссовой ($\text{г}, \text{см}, \text{с}, \text{Гс}$) системе единиц).

Задание 5. Реликтовое излучение. (20 баллов)

На основе многолетних наблюдений реликтового излучения было установлено, что оно имеет чисто чернотельный спектр с температурой $T_0 = 2,725 K$. Несмотря на то, что в 1992 г. было объявлено об открытии анизотропии реликтового излучения, ещё в 60-х годах XX века было известно о наличии так называемой дипольной составляющей анизотропии этого излучения: в направлении созвездия Льва температура излучения выше среднего значения, а в противоположном направлении – на столько же ниже среднего. Разброс значений температуры при этом составляет $\Delta T = 6,686 mK$.

- а) Определите скорость v движения Земли относительно реликтового излучения.
- б) Вычислите концентрацию n_ϕ реликтовых фотонов и полную энергию U реликтового излучения во Вселенной в настоящее время.
- в) Считая, что реликтовое излучение, заполняющее Вселенную, расширяется вместе с ней адиабатически, вычислить, какой была плотность ρ вещества во Вселенной в момент «отделения» излучения от вещества (результат представить в единицах массы Солнца на $1 nk^3$).
- г) Определите красное смещение z поверхности последнего рассеяния.
Подсказка: уравнение адиабаты $VT^3 = const$.

Шифр участника _____

Титульный лист

Результаты оценивания (заполняют члены жюри):

	а)	б)	в)	г)	Итого	Подпись
Задание 1						
Задание 2						
Задание 3						
Задание 4						
Задание 5						
Итого:						

Шифр участника _____
Лист ответа – Задание 1

Ответ: а) ; б) ;
в) ; г) .

Шифр участника _____
Лист ответа – Задание 2

Ответ: а) ; б) ;
в) ; г) .

Шифр участника _____
Лист ответа – Задание 3

Ответ: а) ; б) ;
в) ; г) .

Шифр участника _____
Лист ответа – Задание 4

Ответ: а) ; б) ;
в) ; г) .

Шифр участника _____
Лист ответа – Задание 5

Ответ: а) ; б) ;
в) ; г) .