

ВАРИАНТ 1

ЗАДАНИЕ 1 НЕБЕСНАЯ СФЕРА

Две звезды с координатами $\alpha_1 = 18^h$, $\delta_1 = 40^\circ$ и $\alpha_2 = 6^h$, $\delta_2 = 10^\circ$ наблюдались одновременно на одном альмуканторате, одна в верхней кульминации, а другая в нижней.

- А) На какой широте проводились наблюдения?
 - Б) В какой момент звездного времени проводились наблюдения?
 - В) В какое время года возможно проведение наблюдения?
 - Г) Если предположить, что наблюдения проводились 21 марта, то где будет находиться Солнце?
 - Д) На каких широтах первая звезда является незаходящей?
 - Е) Видимые звездные величины двух звезд в желтых лучах одинаковы и равны $m_V = 7,2$, а в синих лучах различны и равны $m_{B1} = 7,0$, $m_{B2} = 8,5$ соответственно. Определить их основные показатели цвета.
 - Ж) Какая звезда и во сколько раз излучает больше энергии в синих лучах? Считать, что звезды находятся на одном и том же расстоянии от наблюдателя.
- З) Найти разницу зенитных расстояний первой звезды при ее разноименных кульминациях.

ЗАДАНИЕ 2 СОБСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

Длительные наблюдения некоторого светила показали, что оно всё время находится на эклиптике, а его склонение с течением времени изменяется согласно выражению $\delta(t) = 63270 + 3t$, где склонение δ измеряется в угловых секундах, а время t измеряется в годах.

а) Учитывая современное значение прямого восхождения светила $\alpha_0 = 3^h 07^m 44,4^s$, определите позиционный угол θ собственного движения этого светила (ответ дайте с точностью до десятых долей углового градуса).

б) Вычислите, каким будет прямое восхождение α_τ светила через $\tau = 1000$ лет (ответ приведите с точностью до десятых долей секунды).

в) Определите зависимость эклиптической долготы λ (в угловых секундах) от времени t (в годах).

г) Найдите угол годичной аберрации β светила (с точностью до десятых долей угловой секунды) в день зимнего солнцестояния, пользуясь современными координатами светила.

Примечание: используйте угол наклона эклиптики к экватору, равный $\varepsilon = 23^\circ 26,4'$.

ЗАДАНИЕ 3 СОУДАРЕНИЕ АСТЕРОИДОВ

Астероид «Ксенодимос» движется по параболической траектории. Когда угол истинной аномалии астероида составил $\theta_0 = 72,5^\circ$, его орбитальная скорость имела значение $v_0 = 22,5$ км/с. В этот момент из-за соударения с другим астероидом он изменил траекторию на эллиптическую с перигелием, расположенным диаметрально противоположно перигелию начальной траектории на таком же расстоянии от Солнца. После соударения движение астероида «Ксенодимос» по эллиптической орбите происходит с увеличением его кинетической энергии.

- Определите эксцентриситет e эллиптической орбиты.
- Вычислите перигелийное расстояние q (в а.е.).
- Найдите, на какой угол $\Delta\alpha$ (в угловых градусах) изменилось направление вектора орбитальной скорости астероида «Ксенодимос».
- Вычислите величину изменения скорости Δv (в км/с) астероида.

ЗАДАНИЕ 4 КОСМОЛОГИЧЕСКОЕ КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Космический телескоп «Джеймс Уэбб» работает в инфракрасном диапазоне. Одной из основных его целей является изучение объектов дальнего космоса, имеющих больших значения красного смещения. Данные, полученные при наблюдении с помощью данного телескопа далеких галактик, позволили определить значение постоянной Хаббла $H = 70 \text{ км/с} / \text{Мпк}$. При этом геометрия Вселенной предполагается плоской. Также из данных получено, что в современную эпоху плотность обычной материи (вещества) составляет 18% от плотности темной материи, а плотность темной материи составляет 14% от плотности темной энергии (все величины здесь измерены в одних и тех же единицах). Гравитационную постоянную считать равной $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н м}^2 / \text{кг}^2$, $1 \text{ пк} = 3,1 \times 10^{16} \text{ м}$.

а) Определите значения плотности обычной материи ρ_0 , плотности темной материи $\rho_{\text{ТМ}}$, а также плотности темной энергии $\rho_{\text{ТЕ}}$ (в $\text{кг}/\text{м}^3$), в современную эпоху.

б) С помощью телескопа «Джеймс Уэбб» была обнаружена галактика, имеющая красное смещение $z=4,2$. Будем считать, что это красное смещение имеет чисто космологическую природу. Определите, какое значение имели плотность обычной материи $(\rho_0)_z$, плотность темной материи $(\rho_{\text{ТМ}})_z$, а также плотность темной энергии $(\rho_{\text{ТЕ}})_z$ (в $\text{кг}/\text{м}^3$), в эпоху, когда галактикой было испущено это излучение, наблюдаемое сейчас с помощью телескопа.

в) Определите, сколько лет назад было испущено излучение галактики из пункта б, наблюдаемое сейчас с помощью телескопа «Джеймс Уэбб». Возраст Вселенной считать равным 13,2 млрд. лет.

ЗАДАНИЕ 5 ЦЕФЕИДА

Цефеидами называют звезды, регулярное изменение блеска которых вызвано периодическими изменениями размера звезды (колебаниями). Эти звезды интересны тем, что для них существует четкая зависимость между абсолютной звездной величиной в максимуме блеска M и периодом колебаний звезды T , выраженным в сутках:

$$M = -1.43 - 2.81 \lg(T).$$

Астрономы наблюдают цефеиду, видимый блеск которой в максимуме составляет $8,4^m$, а в минимуме $10,2^m$. Период изменения блеска звезды составляет $T=8,3$ суток.

Постоянную Стефана-Больцмана считать равной

$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2\text{град}^4$, светимость Солнца $L_{\odot} = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$, абсолютную звездную величину Солнца $M_{\odot} = 4,7$.

а) Используя связь между периодом колебаний блеска цефеиды и ее блеском в максимуме, определите максимальную светимость цефеиды (в Вт).

б) Определите расстояние D , на котором находится цефеида. Межзвездное поглощение считать равным $1,5^m/\text{кпк}$.

Указание: полученное для D уравнение можно приближенно решить методом «подбора», или графически, построив график соответствующей функции.

в) Оценить, в каких пределах меняется радиус цефеиды. Считать, что в минимуме блеска температура звезды $t_1 = 8000 \text{ К}$, а в максимуме $t_2 = 10\,000 \text{ К}$.