

1. Основы измерения времени (5 баллов)

Для каждого утверждения укажите, правда «да» это, или ложь «нет»:

- а) звездные сутки на всех планетах Солнечной системы короче солнечных;
- б) средняя продолжительность дня длиннее ночи;
- в) драконический месяц короче аномалистического;
- г) сарос больше 20 лет;
- д) тропический год длиннее звездного.

2. Закон красного смещения Хаббла (5 баллов)

Для каждого утверждения укажите, правда «да» это или ложь:

- а) скорость разбегания всех галактик меньше скорости света;
- б) скорость разбегания галактик в настоящее время возрастает;
- в) красное смещение в спектрах галактик не может превышать 1;
- г) постоянная Хаббла изменяется с течением времени;
- д) планковское время меньше одной секунды.

3. Геостационарный спутник (10 баллов)

Чему равна скорость геостационарного спутника относительно наблюдателя на поверхности Земли, находящегося в подспутниковой точке? Землю считайте однородным шаром, радиус которого,  $R = 6,37 \cdot 10^3 \text{ км}$ , а масса  $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ .

4. Движение звезд (10 баллов)

Красное смещение в спектре некоторой звезды  $z = -0,000137$ , ее собственное движение  $\mu = 0,00456 \frac{''}{\text{год}}$ . Через сколько лет она приблизится к Солнцу на минимальное расстояние, если ее радиальная скорость по модулю вдвое больше тангенциальной?

5. Главная последовательность (10 баллов)

Две звезды, находящиеся на главной последовательности, относятся к классам F и G. Масса одной из них на 50% больше, чем у другой. Каково отношение их температур?

6. Кольца «Сатурна» (20 баллов)

Представим себе следующую модель взаимодействия планеты и ее кольца: планета – точка, масса которой  $m_1$ ; кольцо – однородная окружность радиуса  $R$ , масса которого  $m_2 \ll m_1$ :

- а) получите выражение для силы взаимодействия планеты и ее кольца в зависимости от расстояния от планеты до плоскости кольца  $x$ ;
- б) при  $x \ll R$ , опишите характер движения кольца относительно планеты.

7. Планковская эпоха (20 баллов)

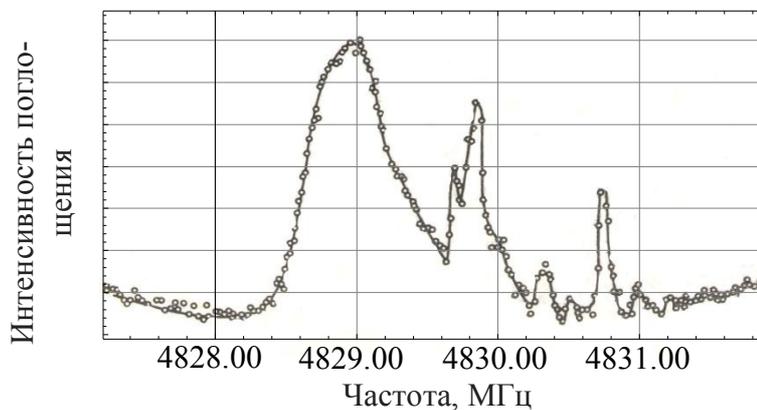
Используя основные физические константы:  $c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ,  $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

$G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ ,  $k = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ , оцените:

- а) планковское время;
- б) планковскую массу;
- в) планковскую температуру;
- г) планковскую плотность.
- д) планковскую длину

### 8. Формальдегид (20 баллов)

На рисунке показан спектр поглощения межзвездных облаков формальдегида ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) в области около 4830 МГц, наблюдаемый на фоне теплового излучения радиоисточника Стрелец А\*. Источник излучения расположен в центре Галактики на расстоянии около 26 тыс. св. лет от Земли, а межзвездные облака, содержащие поглощающие молекулы формальдегида, находятся где-то между источником радиоизлучения и Землей. Одна из резонансных частот поглощения формальдегида для покоящейся молекулы, наблюдаемая в лаборатории на Земле, равна 4829,65 МГц.



Определите по этим данным:

- количество различных межзвездных облаков формальдегида, расположенных между радиоисточником *Стрелец А\** и Землей;
- частоты, на которых наиболее вероятно поглощение электромагнитного излучения формальдегидом в этих межзвездных облаках;
- радиальные скорости облаков относительно покоящейся системы отсчёта (локального стандарта покоя);
- может ли уширение полосы поглощения в области около 4829 МГц быть обусловлено тепловым движением молекул формальдегида? Ответ обоснуйте.

Используйте следующие данные:

$$c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad k = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}, \quad R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

### 9. Затменная переменная (50 баллов)

На рисунке 1 изображена временная зависимость относительной интенсивности потока излучения ( $I$ ) двух гравитационно связанных звёзд, движущихся по круговым орбитам относительно их общего центра масс  $\left(I_0 = 4,81 \cdot 10^{-9} \frac{Вт}{м^2}\right)$ . Плоскость орбит звёзд совпадает с лучом зрения, обе звезды принадлежат главной последовательности.

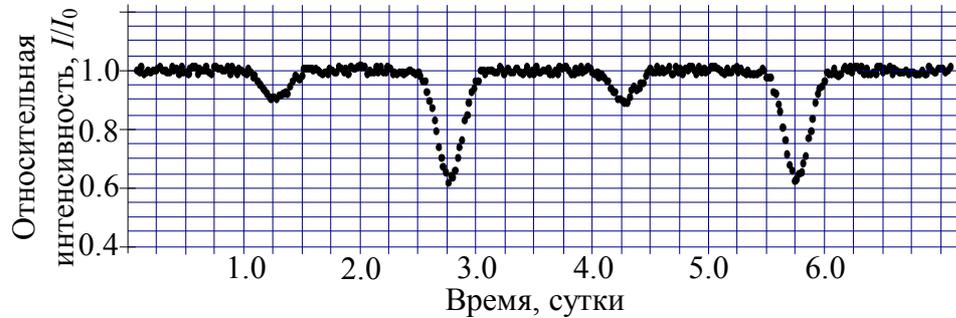


Рисунок 1

На рисунке 2 показаны временные зависимости длины волны поглощения атомарного натрия (жёлтая линия  $D, \lambda_0 = 589,59 \text{ нм}$ ) в атмосферах первой звезды (рисунок 2а) и второй звезды (рисунок 2б).

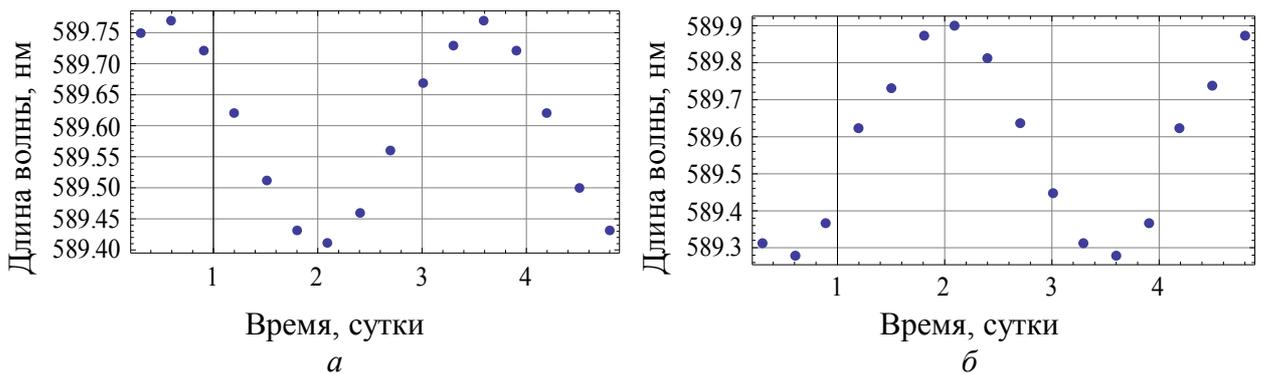


Рисунок 2

Определите по этим данным:

- период  $T$  орбитального движения звёзд;
- орбитальные скорости  $v_1$  и  $v_2$  каждой из звёзд;
- расстояния  $r_1$  и  $r_2$  каждой из звёзд до их общего центра масс;
- массы  $m_1$  и  $m_2$  каждой из звёзд;
- светимости  $L_1$  и  $L_2$  каждой из звёзд;
- отношение радиусов  $R_1/R_2$  звёзд;
- отношение эффективных температур поверхности  $T_1/T_2$  звёзд;
- расстояние  $d$  (в световых годах) от Земли до данной звёздной системы;
- максимальное угловое расстояние  $\Delta\alpha$  между звёздами при наблюдении с Земли;
- минимальный диаметр  $D$  телескопа, при котором для  $\lambda = 550 \text{ нм}$  эти звезды разрешимы.

Используйте следующие данные:

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \frac{м}{с}, \quad M_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ кг}, \quad L_S = 3,83 \cdot 10^{26} \text{ Вт}, \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}.$$