

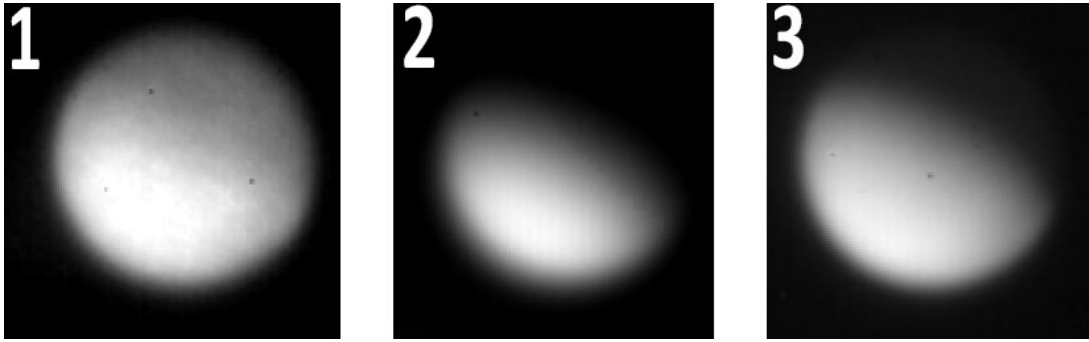
LXXVIII Московская астрономическая олимпиада

Теоретический тур. 2024 г.

10 класс

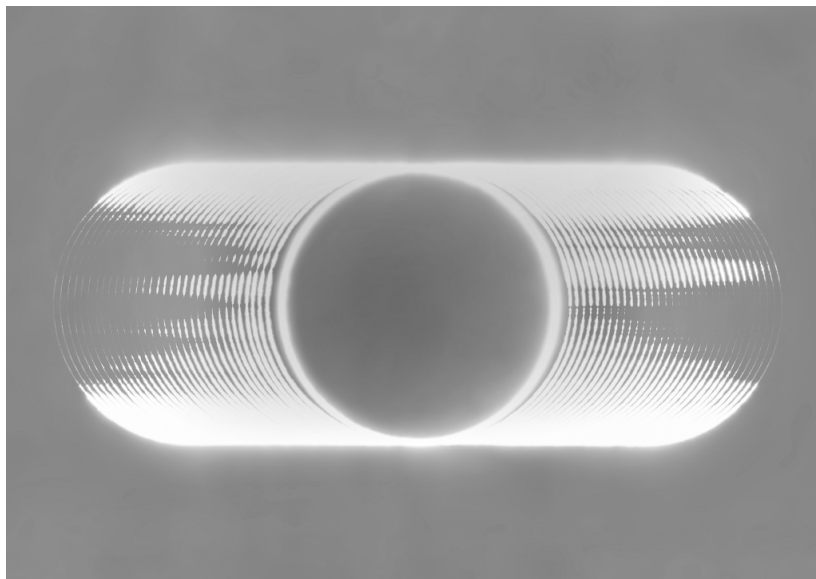
Задача 1

На рисунке представлены 3 фотографии Венеры, полученные в разных частях инфракрасного диапазона спектра в один момент времени. Расставьте их в порядке увеличения длины волны излучения. Объясните свой выбор. Вблизи какой фазы наблюдалась планета?



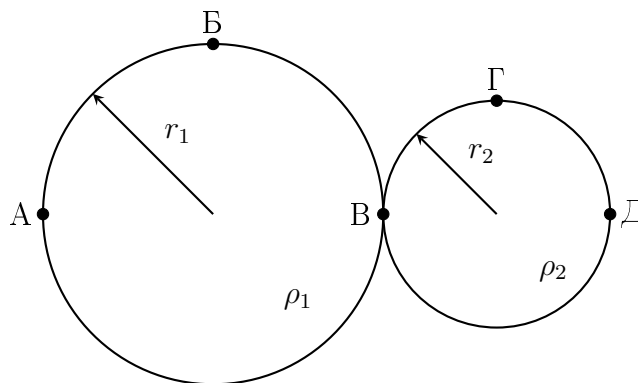
Задача 2

На рисунке показан коллаж из фотографий кольцеобразного солнечного затмения, сделанный Ваном Лэтянем. Объясните природу тёмных полос справа и слева от расположенного центре изображения Солнца в максимальной фазе затмения. Все расположенные справа и слева изображения были получены за 10 секунд в начале и конце кольцеобразной фазы. В какую сторону на этом изображении двигалась Луна, если левая часть коллажа была получена раньше правой?



Задача 3

На рисунке показан астероид, состоящий из двух слипшихся фрагментов сферической формы. Радиус большего фрагмента r_1 в 1.5 раза больше второго, а его плотность ρ_1 в 2 раза меньше. Вещество в обоих фрагментах распределено равномерно. Во сколько раз ускорение свободного падения в точках Б, В, Г, Д больше или меньше, чем в точке А? Определите угол вектора ускорения свободного падения с нормалью в точках Б и Г, а также его направление в точке В.

**Задача 4**

Инопланетяне решили создать гигантский «гирляндный шар», для чего покрыли поверхность далёкой экзопланеты земного радиуса множеством лампочек. Раз в 2 часа этот шар загорается на микросекунду, после чего гаснет. Суммарная излучённая шаром (всеми лампочками) в фильтре V за вспышку энергия $Q = 2 \cdot 10^{21}$ Дж. Будет ли виден этот шар невооружённым глазом с Земли? Какую звёздную величину покажет высокоскоростной чувствительный фотометр со временем накопления $\delta t = 2$ мс, и как она будет изменяться во время вспышки? Расстояние до экзопланеты $L = 10$ пк. Считайте, что в процессе вспышки все лампочки загораются одновременно и каждая при этом излучает изотропно. Поверхность планеты чёрная. Влиянием атмосферы Земли пренебрегите.

Задача 5

Азимут звёзд вблизи зенита меняется очень быстро. Для слежения за ними телескопу на азимутальной монтировке необходимо успевать поворачиваться с нужной скоростью. Найдите максимальную высоту звезды, за которой может следить телескоп, если его максимальная скорость точного ведения составляет 0.18° в секунду. Также оцените максимальную скорость вращения деротатора поля (устройство, предотвращающее вращение изображения на приёмнике) для слежения за окрестностями этой звезды. Телескоп находится на 41° с. ш.

Задача 6

Для наблюдателя на Земле Ганимед скрылся за Юпитером, находящимся в восточной квадратуре. За какой край диска Юпитера, светлый или тёмный, зашёл Ганимед? Через какое время спутник снова можно будет видеть земному наблюдателю и как долго он будет оставаться видимым? Орбиты планет и спутника круговые, лежащие в одной плоскости. Смещением Юпитера и Земли по орбите за несколько дней пренебречь.

Радиус орбиты Ганимеда — $1.07 \cdot 10^6$ км.

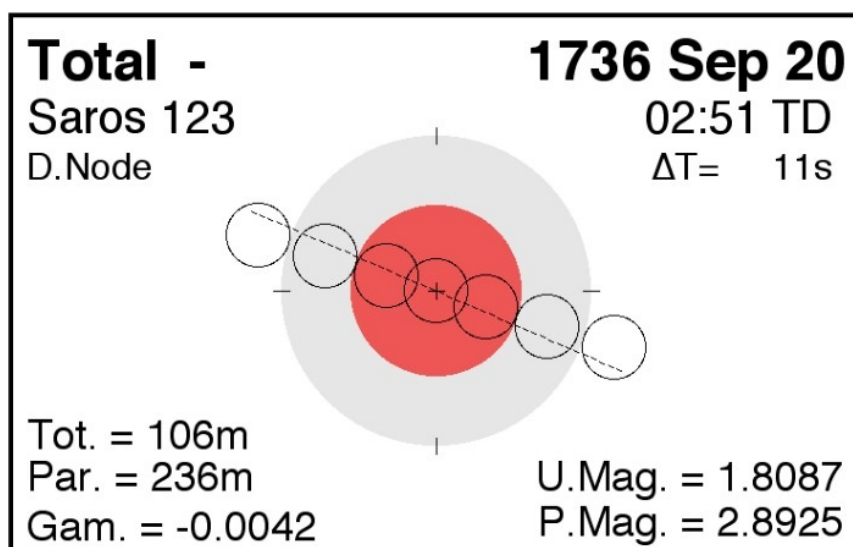
Задача 7

В таблице ниже приведена лучевая скорость звезды спектрального класса G2V в зависимости от времени, прошедшего с момента центрального прохождения планеты по диску звезды. Из наблюдений известно, что средняя лучевая скорость звезды составляет $V_{r0} = 46.5670 \pm 0.0003$ км/с, а период системы, с высокой точностью, $T = 980.4$ дней, при этом планета в системе одна. Предполагая, что орбита планеты круговая, найдите её массу и оцените погрешность определения. Погрешность определения лучевой скорости в каждом отдельном измерении около 5 м/с.

| V_r , км/с | t, сут | V_r , км/с | t, сут | V_r , км/с | t, сут |
|--------------|--------|--------------|---------|--------------|---------|
| 46.574 | 57.071 | 46.579 | 95.124 | 46.579 | 112.289 |
| 46.578 | 65.781 | 46.573 | 55.459 | 46.580 | 120.981 |
| 46.578 | 86.014 | 46.575 | 76.865 | 46.581 | 122.354 |
| 46.581 | 94.097 | 46.582 | 110.396 | 46.585 | 134.461 |

Задача 8

Вам предоставлена схема лунного затмения 1736 года, которое произошло 20 сентября. Определите области на Земле, где было видно это затмение (хотя бы частные теневые фазы). Орбиту Луны считайте круговой. Наклоном лунной орбиты к эклиптике пренебречь. Вблизи какого узла лунной орбиты произошло это затмение?



Пояснения к схеме:

1. На рисунке показаны земная тень и полутень, линия эклиптики (пунктир) и движение Луны через тень так, как оно видно наблюдателям с Земли. Север сверху.
2. Момент максимальной фазы затмения указан по земному динамическому времени. Оно практически совпадает со всемирным временем. Параметр ΔT показывает разницу между этими временами.
3. Фактор Γ (Gam.) — расстояние центра диска Луны от центра тени Земли в единицах экваториального радиуса Земли. Он определяется в момент наибольшего затмения, когда его абсолютное значение минимально.
4. Tot. — продолжительность полной фазы затмения, Par. — продолжительность теневой и полутеневой фазы вместе.

Справочные данные

Данные о Солнце, Земле, Луне и Галактике

| | |
|---|--|
| Светимость Солнца | $L_{\odot} = 3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ |
| Видимая звёздная величина Солнца | $m_{\odot} = -26.78^{\text{m}}$ |
| Абсолютная болометрическая звёздная величина Солнца | $M_{\odot} = 4.72^{\text{m}}$ |
| Эффективная температура Солнца | $T_{\odot} = 5800 \text{ К}$ |
| Солнечная постоянная | $E_{\odot} = 1360.8 \text{ Вт м}^{-2}$ |
| Поток солнечной энергии в видимых лучах на расстоянии Земли | $= 600 \text{ Вт м}^{-2}$ |
| Тропический год | $= 365.24219 \text{ сут}$ |
| Звёздные сутки | $= 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 04 \text{ с}$ |
| Наклон экватора к эклиптике | $\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21.45''$ |
| Синодический месяц | $S_{\zeta} = 29.53059 \text{ сут}$ |
| Видимая звёздная величина полной Луны | $m_{\zeta} = -12.7^{\text{m}}$ |
| Число звёзд в нашей Галактике | $= 10 \cdot 10^{11}$ |
| Радиус диска нашей Галактики | $= 20 \text{ кпк}$ |
| Масса нашей Галактики (в массах Солнца) | $= 2 \cdot 10^{12}$ |

Астрономические и физические постоянные

| | |
|---------------------------------|---|
| Гравитационная постоянная | $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ |
| Скорость света в вакууме | $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м с}^{-1}$ |
| Постоянная Стефана-Больцмана | $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг с}^{-3} \text{ К}^{-4}$ |
| Постоянная Планка | $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$ |
| Масса протона | $m_{\text{p}} = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Астрономическая единица | $1 \text{ а. е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$ |
| Парсек | $1 \text{ пк} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$ |
| Время накопления сигнала глазом | $= 0.05 \text{ с}$ |

Формулы приближённого вычисления (при $x \ll 1$)

$$\begin{aligned} \sin(x) &\approx x & \cos x &\approx 1 - \frac{x^2}{2} & \operatorname{tg} x &\approx x \\ \ln(1+x) &\approx x & e^x &\approx 1+x & (1+x)^\alpha &\approx 1+\alpha x \end{aligned}$$

Характеристики Солнца, планет и некоторых спутников

| Объект | Большая полуось, а.е. | Эксцентриситет | Орбитальный период | Масса, кг | Радиус, тыс. км | Осевой период |
|----------|-----------------------|----------------|--------------------|------------------------|-----------------|---------------|
| Солнце | | | | 1.989×10^{30} | 696 | 25.38 сут |
| Меркурий | 0.3871 | 0.2056 | 87.97 сут | 3.302×10^{23} | 2.44 | 58.65 сут |
| Венера | 0.7233 | 0.0068 | 224.70 сут | 4.869×10^{24} | 6.05 | 243.02 сут |
| Земля | 1 | 0.0167 | 365.26 сут | 5.974×10^{24} | 6.37 | 23.93 ч |
| Луна | 0.00257 | 0.0549 | 27.322 сут | 7.348×10^{22} | 1.74 | 27.32 сут |
| Марс | 1.5237 | 0.0934 | 686.98 сут | 6.419×10^{23} | 3.40 | 24.62 ч |
| Юпитер | 5.2028 | 0.0483 | 11.862 лет | 1.899×10^{27} | 69.9 | 9.92 ч |
| Сатурн | 9.5388 | 0.0560 | 29.458 лет | 5.685×10^{26} | 60.3 | 10.66 ч |
| Уран | 19.1914 | 0.0461 | 84.01 лет | 8.683×10^{25} | 25.6 | 17.24 ч |
| Нептун | 30.0611 | 0.0097 | 164.79 лет | 1.024×10^{26} | 24.7 | 16.11 ч |