

XXV РОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИИ 2019-2020 УЧ. ГОД
XV ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИИ И КОСМОНАВТИКЕ ШКОЛЬНИКОВ
КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ
10 КЛАСС

УСЛОВИЯ, РЕШЕНИЯ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КРИТЕРИИ

Задание подготовили доцент кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С. Красин и учитель физики и астрономии средней школы №12 г. Обнинска Красовская Галина Фёдоровна

1. «Подвижная карта звёздного неба 10». По подвижной карте звёздного неба определите угловое расстояние (в градусной мере) между звёздами β Андромеды и η Кита (1 балл). Поясните, как Вы это определили (3 балла). По подвижной карте звёздного неба определите угловое расстояние (в градусной мере) между звёздами α Южной Рыбы и β Печи (1 балл). Поясните, как Вы это определили (3 балла).

1. «Подвижная карта звёздного неба 10». **Ответ на первый вопрос:** 49° Звезда **Пояснение:** Можно заметить, что β Андромеды и η Кита находятся на одной прямой, проходящей через Полярную, значит, они имеют одинаковое прямое восхождение. Поэтому угловое расстояние между ними равно разности между их склонениями. Учитывая масштаб карты, находим, что склонение β Андромеды приблизительно 37° , склонение η Кита приблизительно -12° . Значит угол равен $37^\circ - (-12^\circ) = 49^\circ$. (С учётом справочных данных получается $35^\circ 37' - (-10^\circ 11') = 45^\circ 48'$).

Ответ на второй вопрос: 60° **Пояснение:** Можно заметить, что звёзды α Южной Рыбы и β Печи расположены на одном круге склонения, значит угловое расстояние между ними равно разности между их прямыми восхождениями. Звезда α Южной Рыбы расположена рядом с линией, соответствующей прямому восхождению 23 ч, а звезда β Печи рядом с линией 3 ч. Значит угловое расстояние между ними приблизительно 4 ч или 60° . (С учётом справочных данных получается 22 ч 58 м и 2 ч 49 м получается 2ч 49 м + 1 ч 02 м = 3 ч 51 м = $57^\circ 45'$).

Рекомендуемые критерии оценки: Баллы за правильные ответы указаны в условии К пояснениям не следует сильно придираться, важно убедиться, что ученик действительно смог определить угол по карте, а не по справочным данным, незаконно полученным. В случае ошибочных ответов, но с пояснениями ставить 1 балл за каждый ответ. Если координаты звезды указаны с погрешностью не более 10 мин и 5° , то оценку не снижать. Если ошибка не более 20 мин и 10° , то снизить оценку на 1 балл.

2. «Список небесных объектов 10». Церера, Плутон, Кварвар, Орк, Хаумеа, Макемаке, Эрида. Один из перечисленных здесь объектов является лишним? Какой? (3 балла). Почему? (5 баллов).

2. «Список небесных объектов 10». **Ответ на первый вопрос:** Лишним объектом является Церера. **Пояснение:** орбита Цереры расположена между орбитами Марса и Юпитера, орбиты остальные перечисленные объекты являются транснептуновыми.

Рекомендуемые критерии оценки: Баллы за правильные ответы указаны в условии. Если указан другой объект и приведено относительно разумное обоснование, то ставить не более 3 баллов, т.к. наиболее значимым отличием является именно расположение орбиты.

3. «Двойная нейтронная 10» (8 баллов). Две нейтронные звезды, массами 1,4 каждая движутся по круговым орбитам с периодом обращения 7 дней. Оцените

среднее расстояние между ними. Массу Солнца принять равной $2 \cdot 10^{30}$ кг, гравитационную постоянную считать равной $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$

3. «Двойная нейтронная 10». Возможное решение. Вариант 1: Поскольку массы звёзд одинаковые, то радиус их орбиты равен половине расстояния между ними. (1)

Согласно второму закону Ньютона $F = ma$ (2).

Согласно закону всемирного тяготения $F = G \cdot \frac{m \cdot m}{R^2}$ (3).

Из кинематики вращательного движения $a = \frac{v^2}{0,5R} = \frac{4\pi^2 \cdot (0,5R)^2}{0,5R \cdot T^2} = \frac{2\pi^2 \cdot R}{T^2}$. (4)

$$R = \sqrt[3]{G \frac{m \cdot T^2}{2\pi^2}} \quad (5)$$

подставив числовые данные, получаем 15 млн км или 0,1 а.е. (6)

Вариант 2: Если воспользоваться третьим уточнённым законом Кеплера и взять в качестве второй пары объектов Солнце и Землю, то

$$\frac{T^2(m+m)}{T_{\oplus}^2 M_{\odot}} = \frac{R^3}{R_{\oplus}^3} \quad (7)$$

Откуда

$$R = \sqrt[3]{2,8 \cdot \frac{7^2}{365^2}} \text{ а.е.} = 0,1 \text{ а.е.} \quad (8)$$

Рекомендуемые критерии оценки: Для варианта 1. За наличие пунктов (1)-(4) добавлять по баллу, за пункты (5) и (6) добавлять по 2 балла. Для варианта 2. За наличие пунктов (7) и (8) добавлять по 4 балла.

4. «Прохождение по диску Солнца 10» (8 баллов). При каких условиях жители Земли могут наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца (4 балла). При каких условиях жители Земли могут наблюдать прохождение Марса по диску Солнца (4 балла).

4. «Прохождение по диску Солнца 10» Ответ на первый вопрос: Жители Земли могут наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца всякий раз, когда Венера оказывается между Землёй и Солнцем. (1)

Из-за того, что плоскости орбит Земли и Венеры не совпадают, это явление наблюдается крайне редко, т.к. обычно Венера оказывается либо выше, либо ниже диска Солнца (2).

Ответ на второй вопрос: Жители Земли не могут наблюдать прохождение Марса по диску Солнца, т.к. он расположен дальше от Солнца, чем Земля (3)

Рекомендуемые критерии оценки: За пункт (1) ставить 3 балла, за пункт (2) ставить 1 балл, за пункт (3) ставить 4 балла. Если кто-то скажет, что прохождение марса по диску Солнца земляне смогут наблюдать, если они получат картинку, снятую космическим аппаратом, выведенным на трансмарсианскую орбиту, то этот ответ считать правильным и ставить 4 балла.

5. «Самолёт 10» (8 баллов). С какой по величине скоростью и в каком направлении должен лететь самолёт из Калуги, двигаясь на небольшой высоте вдоль параллели

54,5°, чтобы прибыть в пункт назначения в тоже время, что и в момент вылета. Радиус Земли принять равным 6400 км. Период обращения Луны 27,3 сут.

5. «Самолёт 10». Возможное решение: Земля вращается с запада на восток, поэтому время на западе отстаёт от времени на востоке, следовательно, самолёт должен лететь на запад. (1)

Чтобы время для него не менялось надо, чтобы его скорость равнялась по модулю скорости вращения участка поверхности Земли под ним. (2)

Из геометрических соображений (см. рис.) получаем, что радиус окружности траектории самолёта равен

$$r = R \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Период обращения должен быть равен периоду вращения Земли $T = 24$ ч. (4)

Скорость самолёта находим по формуле

$$v = \frac{2\pi R \cos \varphi}{T} \quad (5)$$

Подставив числовые данные, получаем 972 км в час. (6)

Рекомендуемые критерии оценки:

За пункты (1) и (5) добавлять по 2 балла,

За пункты (2), (3), (4), (6) добавлять по 1 баллу.

6. «Транзит 10» (8 баллов). Во время прохождения экзопланеты на фоне диска звезды её яркость уменьшается на 0,04 %. Сравните радиусы звезды и планеты.

6. «Транзит 10» Возможное решение:

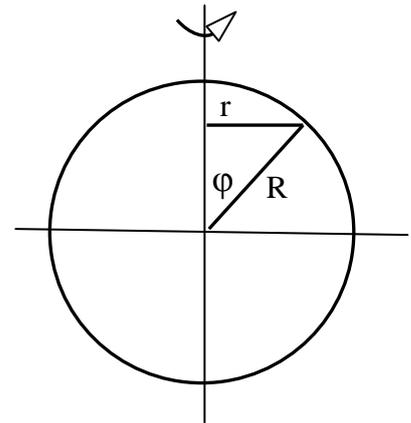
Яркость звезды уменьшается из-за уменьшения площади поверхности, с которой приходит излучение к наблюдателю. (1)

Следовательно, площадь диска звезды в 2500 раз больше площади диска экзопланеты. (2)

Учитывая, что площадь пропорциональна квадрату радиуса, получаем, что радиус планеты в 50 раз меньше радиуса звезды. (3)

Рекомендуемые критерии оценки: За пункты (1) и (3) добавлять по 3 балла,

За пункт (2) добавить по 2 балла.



ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

- Звезды
- Двойные звезды
- Две близких звезды
- Переменные звезды
- Звездные скопления

- ☉ Апенс Солнца
- ☁ Туманности
- ↑ Точка весеннего равноденствия
- ↕ Точка осеннего равноденствия
- Границы созвездий и их названия

