

Всероссийская олимпиада школьников

Муниципальный этап

Астрономия, 2020 год

10 классы

Критерии проверки

Все задания по 8 баллов

Задание 1 (8 баллов)

Расстояние от Солнца до Сириуса составляет 8,6 световых года. На каком расстоянии от Солнца для космонавта, летящего по прямой от Солнца к Сириусу, видимые яркости Солнца и Сириуса будут одинаковы, если Сириус в 25,4 раза ярче чем Солнце?

Решение:

Световое излучение ослабляется пропорционально квадрату расстояния от источника. Соответственно, видимые яркости Солнца и Юпитера будут равны когда

$$\frac{L_{sun}}{x^2} = \frac{25,4L_{sun}}{(8,6 - x)^2}$$

Здесь L_{sun} — это светимость Солнца, а x — искомое расстояние

$$(8,6 - x)^2 = 25,4x^2$$

Это квадратное уравнение имеет два решения $x \approx -2,13$ и $x \approx 1,42$. Так как космонавт летит к Сириусу, следует выбрать положительное решение. Итого ответ $x \approx 1,42$

Ориентировочные критерии оценивания:

2 балла за демонстрацию понимания что яркость ослабляется пропорционально квадрату расстояния

2 балла за корректное составление уравнения

3 балла за его правильное решение

1 балл за выбор правильного корня

Задание 2 (8 баллов)

Ио вращается вокруг Юпитера по орбите радиусом 412700 км. Чему равен видимый угловой диаметр Юпитера при взгляде с поверхности Ио?

Решение:

Радиус Юпитера $R_j \approx 71500$ км. Соответственно, его видимый угловой диаметр составит

$$D = 2 \cdot \arctan(71500/421700) \approx 0,34 = 19,2^\circ$$

Ориентировочные критерии оценивания:

2 балла за демонстрацию понимания того что такое угловой диаметр

4 балла за корректную формулу

2 балла за окончательный расчёт

Задание 3 (8 баллов)

Спутник массой 10 тонн вращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом 15000 км. Рассчитать его кинетическую энергию

Решение:

Так как спутник вращается по круговой орбите, сила тяжести действующая на него и обеспечивает центростремительное ускорение, то есть

$$G \frac{M_e m}{R^2} = m \frac{V^2}{R}$$
$$V = \sqrt{G \frac{M_e}{R}}$$

Тогда его кинетическая энергия равна

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2 = G \frac{m M_e}{2R} \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{10^4 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{2 \cdot 15 \cdot 10^6} \approx 1,33 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$$

Ориентировочные критерии оценивания:

2 балла за демонстрацию понимания сути орбитального движения

3 балла за расчёт скорости

3 бала за расчёт кинетической энергии

Задание 4 (8 баллов)

Последнее противостояние Земли и Марса случилось 13 октября 2020 года. Когда произойдёт следующее? Орбиты считать идеально круглыми.

Решение:

Период обращения Земли вокруг Солнца составляет 365,26 суток, Марса — 686,98 земных суток. Соответственно, за одни земные сутки Земля проходит по орбите $\omega_e = 360^\circ / 365,26 \approx 0,99^\circ$, а Марс $\omega_m = 360^\circ / 686,98 \approx 0,52^\circ$. Так как они двигаются по орбите в одну сторону за одни сутки угловое расстояние между их положениями на орбите изменится на $\omega = \omega_e - \omega_m \approx 0,46^\circ$. Следующее противостояние произойдёт когда они снова встретятся в одной точке, то есть когда угол между их положениями на орбите составит 360° , то есть через $\frac{360^\circ}{\omega} = \frac{360^\circ}{0,46^\circ} \approx 780$ суток, то есть через 2 года и 50 суток (учитывая что 2021 и 2022 не високосные) то есть примерно 12 декабря 2022.

Ориентировочные критерии оценивания:

2 балла за демонстрацию понимания того что такое противостояние планет

3 балла за вывод правильной формулы

1 балл за получение правильного результата в сутках

2 балл за расчёт корректной даты

Задание 5 (8 баллов)

21 июня в полдень длинна тени от вертикальной палки была равна длине самой палки. На какой широте такое могло произойти.

Решение:

То, что длинна тени от палки была равна длине самой палки означает что солнце находилось на высоте 45 градусов к горизонту. Но 21 июня это день летнего солнцестояния. Это значит что в полдень Солнце находилось на линии, соединяющей точку юга на небесном экваторе и северный небесный полюс на высоте в столько же градусов насколько эклиптика наклонена к небесному экватору, то есть на $23,45^\circ$. То есть небесный экватор в этой точке наклонён на угол $45^\circ - 23,45^\circ = 21,55^\circ$ если дело происходило в северном полушарии, и $45^\circ + 23,45^\circ = 68,45^\circ$ если в южном. Итого ответ $21,55^\circ$ градуса северной широты или $68,45^\circ$ южной широты

Ориентировочные критерии оценивания:

- 1 балл за осознание того что дело происходит в летнее солнцестояние
- 2 балла за демонстрацию понимания геометрии ситуации
- 2 балла за расчёт углов
- 3 бала за нахождение обоих решений

Задание 6 (8 баллов)

За какое время для наблюдателя на поверхности Земли МКС пересечёт Луну в зените по центру. Высота орбиты МКС равна 410 км. Размерами МКС пренебречь. Считать что Луна находится на среднем расстоянии от Земли

Решение:

Так как МКС вращается по круговой орбите, сила тяжести действующая на него и обеспечивает центростремительное ускорение, то есть

$$G \frac{M_e m}{R^2} = m \frac{V^2}{R}$$
$$V = \sqrt{G \frac{M_e}{R}} \approx \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6370000 + 410000}} \approx 7,68 \text{ км/с}$$

Для наблюдателя на поверхности Земли пролетающая в зените МКС будет находиться на расстоянии 410 км. Значит её видимая угловая скорость составит

$$\omega = V/h = 7,68/410 \approx 0,019 \text{ рад/с} \approx 1,07^\circ/\text{с}$$

Видимый угловой диаметр Луны составляет

$$D = 2 \cdot \arctan\left(\frac{1738}{384000}\right) \approx \frac{2 \cdot 1738}{384000} = 0,009 \text{ рад} \approx 0,51^\circ$$

Значит МКС пересечёт Луну за

$$T = \frac{D}{\omega} = \frac{0,51}{1,07} \approx 0,48 \text{ секунды.}$$

Ориентировочные критерии оценивания:

- 1 балла за демонстрацию понимания геометрии ситуации
- 2 балла за расчёт скорости МКС
- 2 балла за расчёт видимой угловой скорости МКС

1 балл за расчёт видимого углового диаметра Луны

2 балла за окончательный расчёт