

XXV ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ

7 класс

Задача 1

Определите, какое из небесных тел лишнее в приведенных списках, укажите, почему: а) Марс, Солнце, Луна, Венера; б) Фобос, Ио, Луна, Церера.

Решение

- а) Солнце – излучает свет, остальные тела свет не излучают
б) Церера – астероид, остальные – спутники планет.

Система оценивания: за каждый п. – 4 балла, при отсутствии обоснования – 0 баллов.

Помимо указанных, будут засчитываться как верные и другие ответы при наличии корректного *астрономического или физического* обоснования *качественного* отличия. (Ответы типа "Ио, поскольку название начинается с гласной буквы" и "Луна, потому что ее масса меньше, чем у остальных" засчитаны не будут.)

Задача 2

Смелый путешественник плывет на лодке строго по экватору с постоянной (относительно берегов) скоростью 10 км/ч. Оцените, сколько времени ему потребуется, чтобы переместиться от западного побережья Африки (10° в.д.) до устья р. Амазонки (50° з.д.)? Длина экватора 40000 км.

Решение

Путешественник перемещается по экватору на $10 - (-50) = 60^\circ$, что составляет $1/6$ часть всего экватора, т.е. $40000/6$ км. Тогда ему потребуется $40000/6/10 \approx 670$ часов ≈ 28 суток.

Система оценивания: нахождение пути в градусах – 2 балла, нахождение пути в км – 3 балла, расчет времени – 3 балла (если нет перевода в дни, то 2 балла). Допускается округление при промежуточных вычислениях в разумных пределах (в частности, ответ 1 месяц).

Задача 3

Определите высоту полюса мира над горизонтом на широте $+54^\circ 32'$

Решение

Координаты основных точек и линий на небесной сфере зависят от положения наблюдателя. Высота полюса мира над горизонтом всегда равна географической широте места наблюдения, т.е. в данном случае $+54^{\circ}32'$.

Система оценивания: предположение зависимости небесных координат от места наблюдения – 4 балла, теорема о высоте полюса мира – 4 балла.

Задача 4

Расстояние до ближайшей к нам звезды, Проксимы Центавра, составляет 4,24 св. лет. Оцените, сколько лет потребуется космическому аппарату, летящему со скоростью 10 км/с, чтобы достичь этой звезды. Скорость света 300 000 км/с

Решение

Св. год – расстояние, которое свет проходит за 1 год. Т.к. свет доходит за 4,24 года, то звездолету потребуется в $300\,000/10=30\,000$ раз больше, т.е. $4,24 \cdot 30\,000 \approx 13$ тыс. лет.

Система оценивания: идея расчета – 4 балла, проведение вычислений – 4 балла. Допускаются округления в разумных пределах.

8 класс

Задача 1

См. задачу 7-1

Задача 2

См. задачу 7-2

Задача 3

Определите высоту полюса мира и наклон небесного экватора к плоскости истинного горизонта а) на земном экваторе; б) на широте $+18^{\circ}27'$.

Решение

Координаты основных точек и линий на небесной сфере зависят от положения наблюдателя. Высота полюса мира над горизонтом всегда равна географической широте места наблюдения, т.е. а) 0° , б) $+18^{\circ}27'$

Сумма высоты полюса мира и наклона небесного экватора к плоскости истинного горизонта составляет 90° , т.е. наклон небесного экватора составляет а) 90° ; б) $+71^{\circ}33'$.

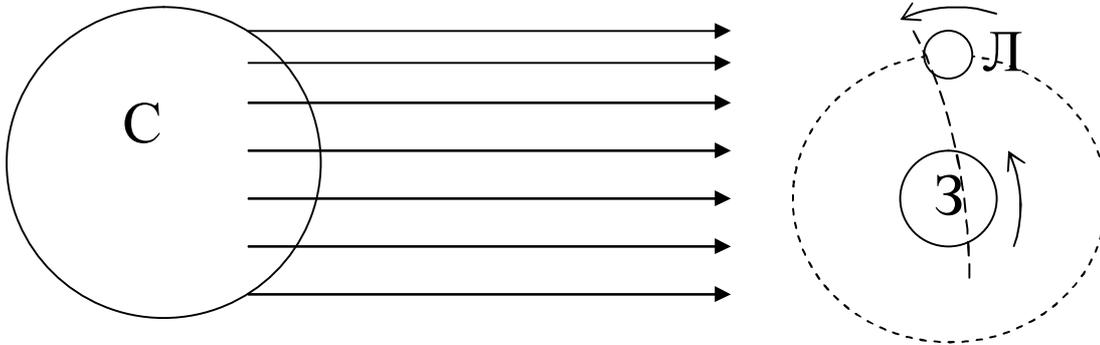
Система оценивания: по 2 балла за каждый верный ответ с обоснованием.

Задача 4

Нарисуйте, как расположены Земля, Луна и Солнце в тот момент, когда земной наблюдатель видит Луну в третьей четверти. На рисунке отметьте направление движения небесных тел.

Решение

(Рисунок не в масштабе)



Система оценивания: расположение тел – 4 балла, направление движения Луны – 3 балла, Земли – 1 балл

9 класс

Задача 1

Определите, какое из небесных тел лишнее в приведенных списках, укажите, почему: а) Марс, Солнце, Луна, Венера; б) Европа, Диона, Ио, Ганимед.

Решение

- а) Солнце – излучает свет, остальные тела свет не излучают
б) Диона – спутник Сатурна, остальные – спутники Юпитера.

Система оценивания: за каждый п. – 4 балла, при отсутствии обоснования – 0 баллов.

Помимо указанных, будут засчитываться как верные и другие ответы при наличии корректного *астрономического или физического* обоснования *качественного* отличия. (Ответы типа "Ганимед, поскольку название заканчивается на согласную" и "Луна, потому что ее масса меньше, чем у остальных" засчитаны не будут.)

Задача 2

Определите высоту полюса мира и наклон небесного экватора к плоскости истинного горизонта а) на земном экваторе; б) на широте $+35^{\circ}58'$

Решение

Аналогично задаче 8-3, ответы: а) 0° , 90° б) $+35^\circ 58'$, $+54^\circ 02'$.

Задача 3

Рассчитайте синодический период и средний радиус орбиты планеты, сидерический период которой составляет 1,13 года. Средний радиус орбиты выразите в а.е. (1 а.е. – средний радиус орбиты Земли).

Решение

Сидерический период планеты больше сидерического периода Земли, значит планета внешняя. Для внешних планет $1/S = 1/T_3 - 1/T_{\text{п}}$. $S = 8,7$ года. Из третьего

закона Кеплера $\frac{T_{\text{Земли}}^2}{T_{\text{планеты}}^2} = \frac{R_{\text{Земли}}^3}{R_{\text{планеты}}^3}$, $R_{\text{планеты}} = 1,09$ а.е.

Система оценивания: 2 балла за определение типа планеты (внешняя), по 3 балла за каждый верный ответ с обоснованием.

Задача 4

См. задачу 8-4

Задача 5

В фантастических романах часто описываются поселения на спутниках больших планет, например, Юпитера. Оцените, сколько времени занял бы обмен сигналами между Землей и такой станцией.

Решение

Радиусом орбиты спутников Юпитера можно пренебречь по сравнению с радиусами орбит Юпитера и Земли. Расстояние между Землей и Юпитером меняется при их движении по орбитам от разности (628 млн. км.) до суммы (928 млн. км.) радиусов их орбит. Поскольку сигналы распространяются со скоростью света, получаем оценки для минимального и максимального времен как $6,28 \cdot 10^{11} \text{ м} / 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 2 \cdot 10^3 \text{ с} \approx 33 \text{ минуты}$ до $9,28 \cdot 10^{11} \text{ м} / 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^3 \text{ с} \approx 50 \text{ минут}$

Поскольку речь идет про обмен сигналами, то полученные числа нужно умножить на два. Впрочем, ответы без умножения на 2 также будут засчитаны как верные.

Система оценивания: идея – 5 баллов, проведение вычислений – 3 балла. Если в решении нет указаний на то, что расстояние (и время) меняется, то идея оценивается не более, чем в 2 балла.

Задача 6

Оцените, в течение какого времени можно наблюдать с Земли прохождение Венеры по диску Солнца.

Решение

При наблюдении с Земли угловой размер Солнца $2 \cdot 696 \text{ тыс. км} / 150 \text{ млн. км} \approx 0,0046 \text{ рад}$. Венера наблюдается на фоне Солнца, если она попадает в соответствующий угол. Чтобы определить время прохождения Венеры по диску Солнца, необходимо определить, за какое время Венера пройдет по орбите угол в $0,009 \text{ рад}$.

Период обращения Венеры по орбите можно найти из 3-го закона Кеплера:

$$T_B = \left(\frac{R_B}{R_3} \right)^{3/2} T_3 = \left(\frac{108}{150} \right)^{3/2} 1 \text{ год} \approx 0,62 \text{ года} = 5430 \text{ часов, т.е. угловая скорость вращения Венеры по орбите составляет } 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ рад/час. Угловая скорость обращения Земли по орбите составляет } 0,72 \cdot 10^{-3} \text{ рад/час. Поскольку Земля и Венера вращаются вокруг Солнца в одну сторону, то их относительная скорость составляет } 0,44 \cdot 10^{-3} \text{ рад/час, т.е. для прохождения Венеры по диску Солнца потребуется } 0,0046 / 0,44 \cdot 10^{-3} \approx 20 \text{ часов.}$$

Необходимо отметить, что в действительности это время составляет около 6 часов, поскольку из-за несовпадения плоскостей орбит Земли и Венеры прохождение происходит не по диаметру.

Необходимо отметить, что в действительности это время составляет около 6 часов, поскольку из-за несовпадения плоскостей орбит Земли и Венеры прохождение происходит не по диаметру.

Система оценивания: расчет углового размера Солнца (или расстояния, которое должна пройти Венера по орбите) – 3 балла, расчет угловой (или линейной) скорости Венеры – 3 балла, расчет времени прохождения – 2 балла (если не учтено движение Земли, то за расчет времени 0 баллов).

10 класс

Задача 1

Определите, какое из небесных тел лишнее в приведенных списках, укажите, почему: а) Марс, Солнце, Луна, Венера; б) Фобос, Ио, Луна, Церера; в) Европа, Ио, Ганимед, Диона; г) Меркурий, Нептун, Юпитер, Марс.

Решение

- а) Солнце – излучает свет, остальные тела свет не излучают
- б) Церера – астероид, остальные – спутники планет
- в) Диона – спутник Сатурна, остальные – спутники Юпитера.
- г) Нептун – невидим с Земли невооруженным глазом.

Система оценивания: за каждый п. – 2 балла, при отсутствии обоснования – 0 баллов.

Помимо указанных, будут засчитываться как верные и другие ответы при наличии корректного *астрономического или физического* обоснования *качественного* отличия. (Ответы типа "Ганимед, поскольку название заканчивается на согласную" и "Меркурий, потому что его масса меньше", засчитаны не будут.)

Задача 2

Определите абсолютную звёздную величину звезды, находящейся на расстоянии 55 св.л., если наблюдатель определяет ее блеск как $-4,42$.

Решение

Видимую m , абсолютную M звёздные величины и расстояние r до светила связывает следствие из формулы Погсона: $M = m + 5 - 5 \lg(r)$, где r выражено в парсеках. 1 парсек = 3,26 св. года. $M = -5,55$.

Система оценивания: 8 баллов за верный ответ с обоснованием.

Задача 3

Определите высоту полюса мира и наклон небесного экватора к плоскости истинного горизонта а) на земном экваторе; б) на широте $+54^{\circ}32'$

Решение

Аналогично задаче 8-3, ответы а) 0° , 90° б) $+54^{\circ}32'$, $+35^{\circ}28'$.

Задача 4

В каком созвездии наблюдалась планета с сидерическим периодом 160,54 сут., если 01 июня она находилась в максимальном угловом западном удалении? Определите расстояние (в а.е.) от Земли до планеты в этот день. 1 а.е. – среднее расстояние от Земли до Солнца

Решение

Сидерический период планеты меньше сидерического периода Земли, значит

планета внутренняя. Из третьего закона Кеплера $\frac{T_{\text{Земли}}^2}{T_{\text{планеты}}^2} = \frac{R_{\text{Земли}}^3}{R_{\text{планеты}}^3}$, $R_{\text{планеты}} = 0,57$ а.е. Расстояние между планетой и Землёй есть катет прямоугольного треугольника с гипотенузой 1 а.е. и вторым катетом 0,57 а.е, оно равно 0,82 а.е. Планета находится в западной элонгации и «опережает» Солнце на угол $\alpha = \arcsin 0,57 = 35^{\circ}$. 01 июня Солнце находится в созвездии Тельца, на каждое созвездие приходится 30° дуги окружности, значит планета находится в созвездии Рака.

Система оценивания: 2 балла за определение созвездия с обоснованием, по 2 балла за каждый верный ответ с обоснованием.

Задача 5

Рассчитайте синодический период и средний радиус (в а.е.) орбиты планеты, сидерический период которой составляет 7,8 года.

Решение

Решение аналогично задаче 9-3. $S = 1,13$ года, средний радиус 3,93 а.е.

Задача 6

Смелый путешественник плывет на лодке строго по параллели 60° с.ш. с постоянной (относительно берегов) скоростью 10 км/ч. Оцените, сколько времени ему потребуется, чтобы переместиться от западного побережья Норвегии (5° в.д.) до восточного побережья Канады (60° з.д.)? Длина экватора 40 000 км.

Решение

Путешественник перемещается по параллели на $5 - (-60) = 65^\circ$. На широте φ длина параллели отличается от длины экватора на $\cos\varphi$, т.е. на широте 60° она составляет 20000 км. Тогда путешественнику нужно проплыть $65/360 \cdot 20000 \approx 3600$ км. Для этого ему потребуется $3600/10 \approx 360$ часов ≈ 15 суток. Система оценивания: нахождение пути в градусах – 2 балла, нахождение пути в км – 4 балла, расчет времени – 2 балла (если нет перевода в дни, то 1 балл). Допускается округление при промежуточных вычислениях в разумных пределах

11 класс

Задача 1

Определите, какое из небесных тел лишнее в приведенных списках, укажите, почему: а) Церера, Паллада, Юнона, Каллисто; б) Фобос, Ио, Луна, Церера; в) Европа, Ио, Ганимед, Диона; г) Меркурий, Нептун, Юпитер, Марс.

Решение

- а) Каллисто – спутник Юпитера, остальные – астероиды
- б) Церера – астероид, остальные – спутники планет
- в) Диона – спутник Сатурна, остальные – спутники Юпитера.
- г) Нептун – невидим с Земли невооруженным глазом.

Система оценивания: за каждый п. – 2 балла, при отсутствии обоснования – 0 баллов.

Помимо указанных, будут засчитываться как верные и другие ответы при наличии корректного *астрономического или физического* обоснования *качественного* отличия. (Ответы типа "Ганимед, поскольку название заканчивается на согласную" и "Меркурий, потому что его масса меньше", засчитаны не будут.)

Задача 2

На каком расстоянии от наблюдателя находится светило, если при видимой звёздной величине $-0,87$ оно имеет абсолютную звёздную величину $-4,5$?

Решение

Видимую m , абсолютную M звёздные величины и расстояние r до светила связывает следствие из формулы Погсона: $\lg(r) = 0.2(m - M) + 1$; $r = 53.21$ парсека. Система оценивания: 8 баллов за верный ответ с обоснованием.

Задача 3

Определите высоту полюса мира и наклон небесного экватора к плоскости истинного горизонта а) на земном экваторе; б) на широте $+24^{\circ}08'$

Решение

Аналогично задаче 8-3, ответы а) 0° , 90° б) $+24^{\circ}08'$, $+65^{\circ}52'$.

Задача 4

В каком созвездии наблюдалась планета с сидерическим периодом 6,57 года, если 13 октября она находилась на наибольшем расстоянии от Земли? Определите расстояние (в а.е.) от Земли до планеты в этот день. 1 а.е. – среднее расстояние от Земли до Солнца.

Решение

Сидерический период планеты больше сидерического периода Земли, значит

планета внешняя. Из третьего закона Кеплера $\frac{T_{\text{Земли}}^2}{R_{\text{Земли}}^3} = \frac{T_{\text{планеты}}^2}{R_{\text{планеты}}^3}$. Расстояние между планетой и Землёй сумма радиусов орбит Земли и планеты: 4,5 а.е. Планета находится в соединении. 13 октября Солнце находится в созвездии Весов, значит, планета также находится в созвездии Весов.

Система оценивания: 2 балла за определение созвездия с обоснованием, по 2 балла за каждый верный ответ с обоснованием.

Задача 5

См. задачу 8-4

Задача 6

См. задачу 10-6

Составители М.Н. Нурлыгаянова и А.В. Савин