

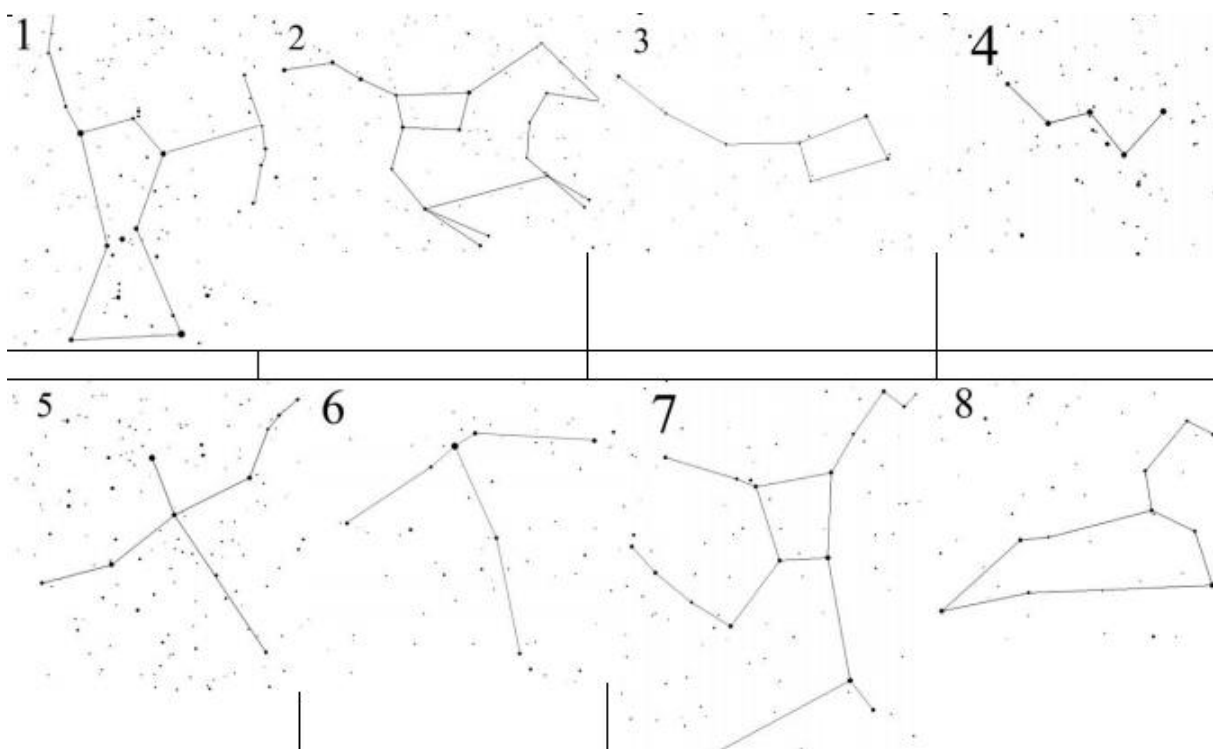
Муниципальный этап

7-8 класс

Время выполнения –

2 астрономических часа

1. На пронумерованных рисунках приведены созвездия: Геркулес, Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Лебедь, Лев, Орел, Орион. В ответе выпишите названия созвездий и соответствующий им номер рисунка.



2. Осенью на небе северного полушария три яркие звёзды разных созвездий образуют фигуру, называемую астеризмом («осенним треугольником»).

а) Найдите и назовите звёзды, составляющие этот треугольник, в какие созвездия они входят?

б) Дайте хотя бы одну характеристику каждой из указанных звёзд (цвет, спектральный класс, размер, удалённость и т.д.).

в) Объясните, почему этот астеризм легко увидеть осенью именно ночью и какие ещё особенности делают его таким заметным на осеннем небе.



3. Пусть на некотором астероиде находится межпланетная станция. Сделайте рисунок, на котором покажите взаимное положение Земли, Солнца и станции для случая, когда сигнал от нее доходит до Земли за минимально и максимально возможное время. Радиус орбиты астероида 3 а.е. Рассчитайте время для каждого случая.

4. Рассчитайте расстояние от Земли до Луны, используя известные размеры и тот факт, что видимые размеры Луны и Солнца совпадают на нашем небе.

Данные:

Среднее расстояние от Земли до Солнца $R = 150$ млн. км.

Диаметр Луны $D_L = 3470$ км, диаметр Солнца $D_\odot = 1,4$ млн. км.

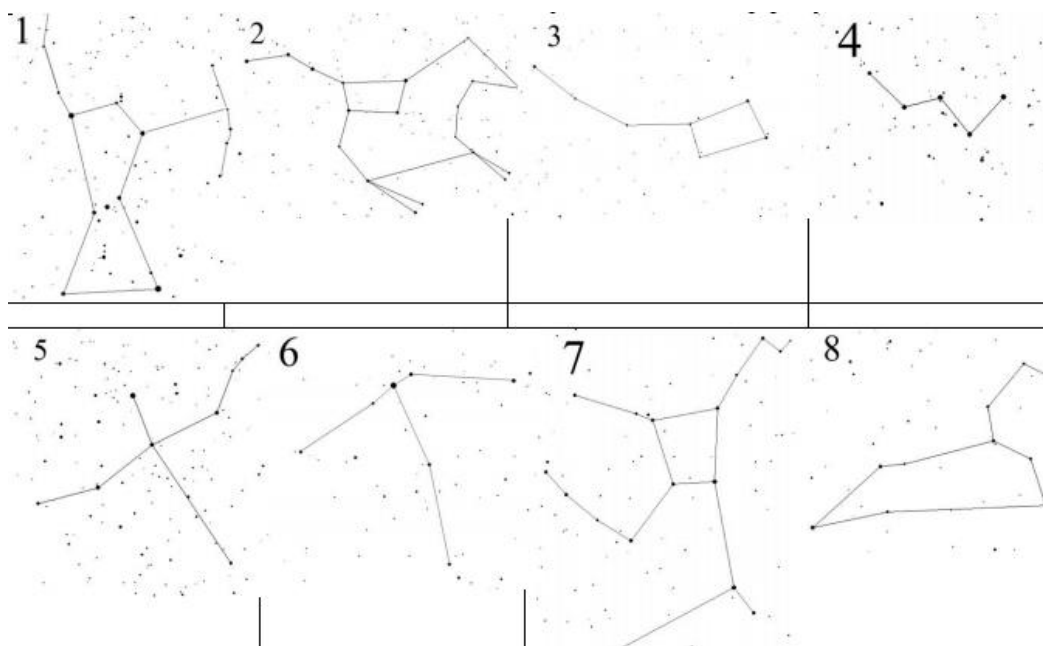
5. Любитель астрономии в Архангельске в течение лета на даче наблюдал за гномом (вертикально вбитым колышком на площадке во дворе), надеясь установить дату и время, когда гном не будет отбрасывать тени при освещении Солнцем. Удалось ли ему это увидеть, и, если нет, почему? Считать, что все дни были ясными. Координаты Архангельска равны $64^\circ 33'$ с. ш. и $40^\circ 32'$ в.д. В каких точках земного шара и как часто гном не отбрасывает тень?

6. Средний астероид диаметром около 1 километра раз в сто тысяч лет приближается к Земле на удалении от центра не более 40 000 километров. Оцените вероятность случайного попадания подобного астероида в поверхность Земли за этот промежуток времени.

Примечание: площадь круга $S = \pi R^2$, где $\pi \approx 3,14$, площадь сферы $S = 4\pi r^2$, радиус Земли $R = 6400$ км.

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. На пронумерованных рисунках приведены созвездия: Геркулес, Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Лебедь, Лев, Орел, Орион. В ответе выпишите названия созвездий и соответствующий им номер рисунка.



2. В зените светилась Полярная звезда, а под ковшем Малой Медведицы раскинулась Большая Медведица. Верно ли это наблюдение, если оно сделано в Архангельске? Почему?

3. Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

4. Оцените с какого расстояния от Земли спутник DSCVOR сделал приведенную фотографию транзита Луны на фоне Земли?

Диаметры Луны и Земли равны 3470 км и 12700 км, среднее расстояние от Луны до Земли 384000 км.



5. Человек находится на берегу моря и наблюдает за удалением парусного судна прямо от линии побережья. Его глаза находятся на высоте 1 метра 70 сантиметров над уровнем воды, а высота мачты судна, измеряемая от уровня воды, составляет 5 метров. Найдите расстояние между человеком и судном в тот момент, когда верхушка мачты исчезнет за краем горизонта. Нарисуйте схему ситуации. Радиус Земли: 6400 километров.

6. Пусть на некотором астероиде находится межпланетная станция. Сделайте рисунок, на котором покажите взаимное положение Земли, Солнца и станции для случая, когда сигнал от нее доходит до Земли за минимально и максимально возможное время. Радиус орбиты астероида 3 а.е. Рассчитайте время для каждого случая.

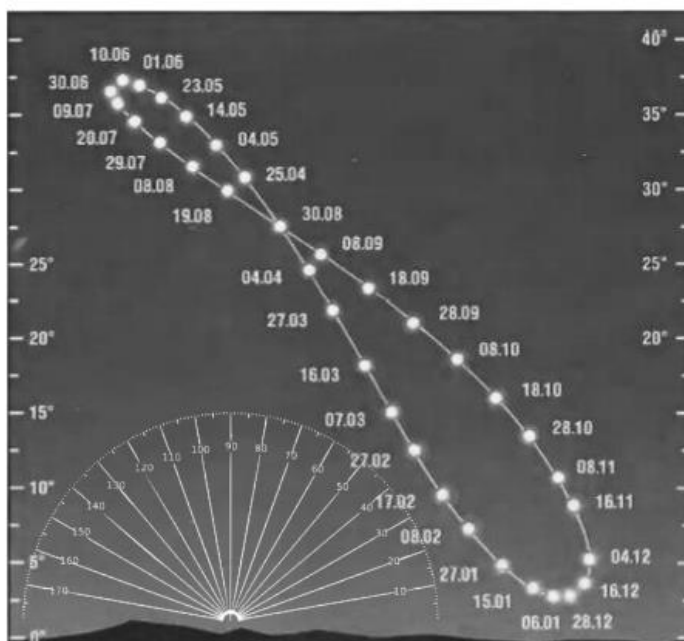
Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

10 класс

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. На рисунке показана аналемма – кривая, имеющая форму восьмёрки и соединяющая последовательные положения центральной звезды планетной системы (Солнца) на небосводе одной из планет этой системы в одно и то же время суток в течение года. По бокам показана высота Солнца над горизонтом.



а) Почему точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия, не совпадают?

б) В каком полушарии, в какое время суток делалась аналемма?

в) Оцените широту места наблюдения.

2. Две одинаковые нейтронные звезды обращаются вокруг общего центра масс по круговой орбите с периодом 7 часов. На каком расстоянии друг от друга они находятся, если масса каждой равна $2,8 \cdot 10^{30}$ кг?

3. Оцените с какого расстояния от Земли спутник DSCVOR сделал приведенную фотографию транзита Луны на фоне Земли?

Диаметры Луны и Земли равны 3470 км и 12700 км, среднее расстояние от Луны до Земли 384000 км.



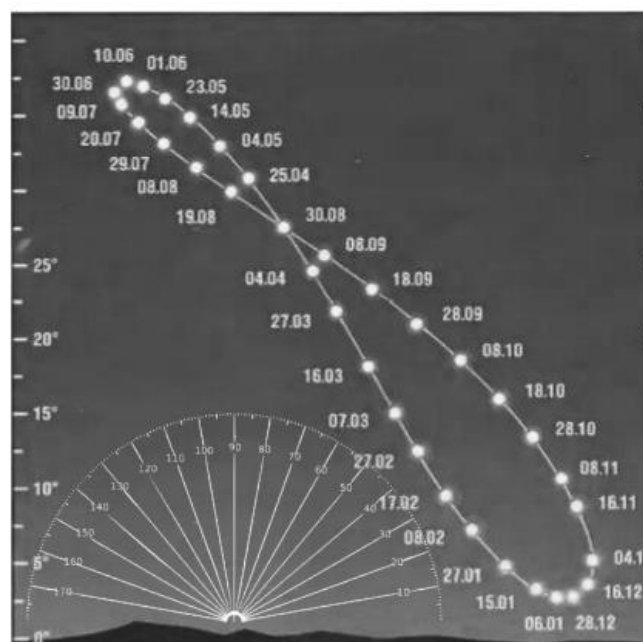
4. При наблюдении с Земли Марс располагается в западной квадратуре, а комета – в восточной. С Земли комета имеет звездную величину 7^m , а с Марса 8^m . Каково расстояние от Солнца и Земли до кометы, если известно, что она видна с обеих планет вблизи линии эклиптики? Орбиты Земли и Марса считать круговыми, лежащими в одной плоскости. Поглощением света в атмосферах планет пренебречь.

5. Сегодня произошло покрытие Венеры Луной. Может ли завтра произойти лунное или солнечное затмение? Дать объяснение.

6. На какое минимальное расстояние приближается к Солнцу астероид (11480) Великий Устюг, открытый 7 сентября 1986 года в крымской обсерватории, если период его обращения вокруг Солнца 3,285 года, а расстояние в афелии составляет 2,589 а.е.

1. В зените, светила Полярная звезда, а под ковшем Малой Медведицы раскинулась Большая Медведица. Верно ли это наблюдение, если оно сделано в Архангельске? Почему?

2. На рисунке показана аналемма — кривая, имеющая форму восьмёрки и соединяющая последовательные положения центральной звезды планетной системы (Солнца) на небосводе одной из планет этой системы в одно и то же время суток в течение года. По бокам показана высота Солнца над горизонтом.



а) Почему точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия не совпадают?

б) В каком полушарии, в какое время суток делалась аналемма?

в) Оцените широту места наблюдения.

3. При наблюдении с Земли Марс располагается в западной квадратуре, а комета — в восточной. С Земли комета имеет звездную величину 7^m , а с Марса 8^m . Каково расстояние от Солнца и Земли до кометы, если известно, что она видна с обеих планет вблизи линии эклиптики? Орбиты Земли и Марса считать круговыми, лежащими в одной плоскости. Поглощением света в атмосферах планет пренебречь.

4. Для уточнения параметров орбиты Марса была проведена радиолокация планеты. Между моментом отправки сигнала с антенны дальней космической связи и моментом приема отраженного излучения прошло 28 минут. Оцените угловое расстояние между Солнцем и Марсом, считая, что расстояние (линейное) от Солнца до Марса в полтора раза больше, чем расстояние от Солнца до Земли.

5. Какую максимальную долю земной поверхности можно охватить взглядом с высоты 10 км?

6. На рисунках ниже представлены две кривые блеска. Кривая блеска – это функция изменения яркости астрономического объекта во времени. Одна из кривых соответствует затменной двойной звезде, а другая – экзопланетной системе.

Рис. 1.

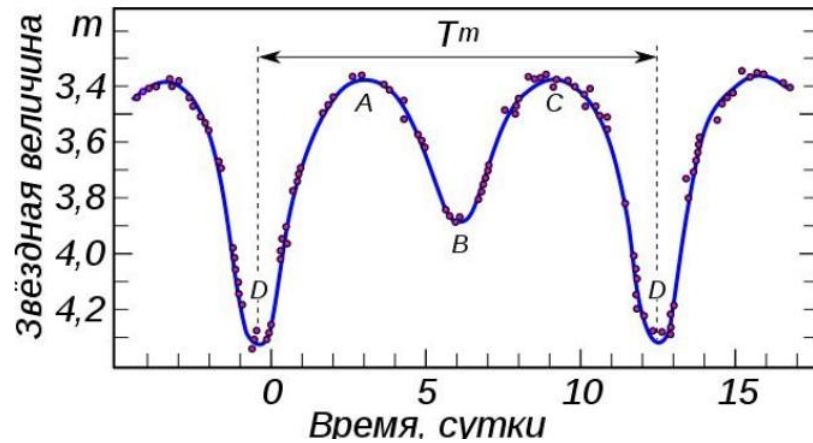
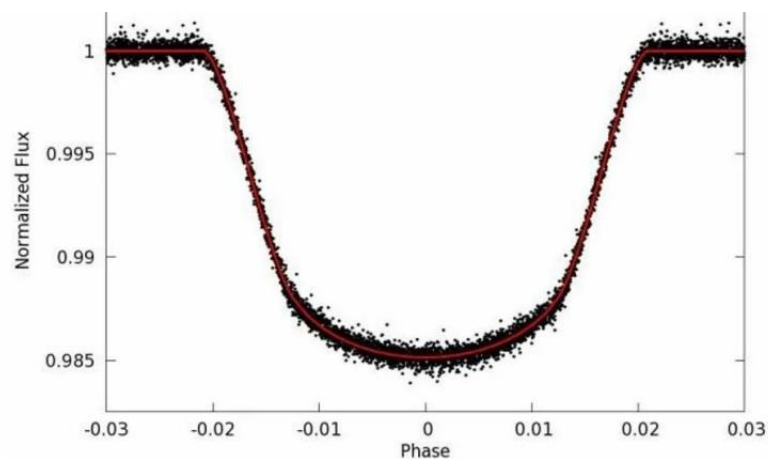


Рис. 2.



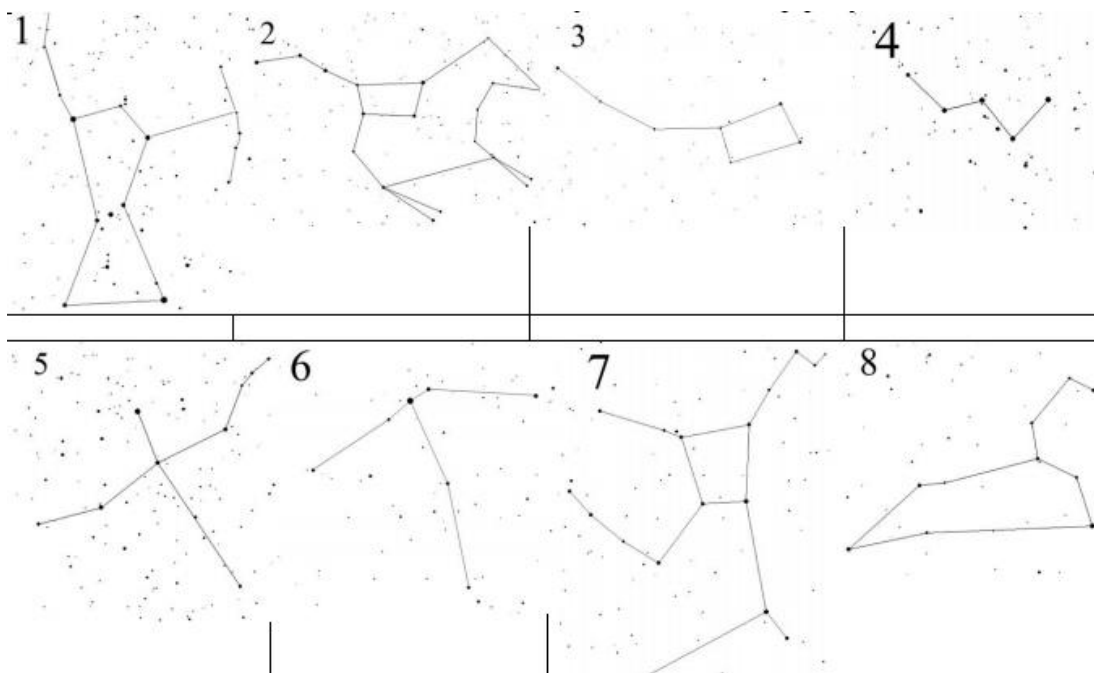
Normalized Flux – нормализованный поток, Phase – фаза (период)

Обоснуйте, какая из этих зависимостей соответствует двойной звезде, а какая – экзопланетной системе.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2025-2026 уч. год
Муниципальный этап
7-8 класс

*Время выполнения –
2 астрономических часа*

1. На пронумерованных рисунках приведены созвездия: Геркулес, Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Лебедь, Лев, Орел, Орион. В ответе выпишите названия созвездий и соответствующий им номер рисунка.



Возможное решение

Орион – 1, Большая Медведица – 2, Малая Медведица – 3, Кассиопея – 4, Лебедь – 5, Орел – 6, Геркулес – 7, Лев – 8.

Оценивание: за каждый верно подписанный рисунок 1 балл.

2. Осенью на небе северного полушария три яркие звёзды разных созвездий образуют фигуру, называемую астеризмом («осенним треугольником»).

а) Найдите и назовите звёзды, составляющие этот треугольник, в какие созвездия они входят?

б) Дайте хотя бы одну характеристику каждой из указанных звёзд (цвет, спектральный класс, размер, удалённость и т.д.).

в) Объясните, почему этот астеризм легко увидеть осенью именно ночью и какие ещё особенности делают его таким заметным на осеннем небе.



Возможное решение

1. Составляющие звёзды осеннего треугольника: **(2 балла)**

Денеб (созвездие Лебедь), Альтаир (созвездие Орёл), Вега (созвездие Лира),

2. Характеристика звезд: **(максимум 3 балла - по 1 баллу за характеристику каждой звезды)**

Денеб — одна из крупнейших звёзд неба, находится далеко от нас (около 1500 световых лет), обладает огромной светимостью и относится к классу сверхгигантов, яркая голубовато-белая звезда (спектр A2Ia).

Альтаир — относительно близкая звезда (менее 17 световых лет), белая звезда главной последовательности (спектр A7V).

Вега — ярко выраженная звезда средней близости (около 25 световых лет), используется как эталон белого цвета в шкале спектральных типов, бело-голубая звезда главной последовательности (спектр A0Va).

3. Осенний треугольник хорошо различим осенью потому, что: **(3 балла)**

Эти звёзды расположены высоко над горизонтом вечером после захода солнца, особенно в сентябре—октябре.

Звезды достаточно яркие, чтобы привлекать внимание даже на городском небе с умеренным уровнем засветки.

Расположение треугольника позволяет легко находить ориентиры для наблюдения остальных участков неба, помогая начинающим наблюдателям ориентироваться на осеннем звёздном своде.

3. Пусть на некотором астероиде находится межпланетная станция. Сделайте рисунок, на котором покажите взаимное положение Земли, Солнца и станции для случая, когда сигнал от нее доходит до Земли за минимально и максимально возможное время. Радиус орбиты астероида 3 а.е. Рассчитайте время для каждого случая.

Возможное решение

Минимальное время передачи сигнала:

Это достигается, когда Земля находится ближе всего к астероиду.

Угол между направлениями на Землю и астероид (относительно Солнца) близок к нулю градусов.

Тогда расстояние от Земли до астероида: $D_{\min} = |R - E| = |3 - 1| \text{ а.е.} = 2 \text{ а.е.}$

Максимальное время передачи сигнала:

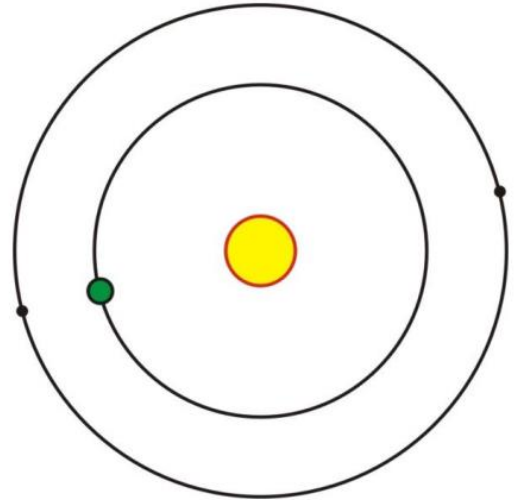
Наибольшее время пути сигнала наблюдается, когда Земля и астероид находятся далеко друг от друга.

Т.е. Земля должна располагаться на противоположной стороне от Солнца относительно астероида.

Следовательно, наибольшее расстояние: $D_{\max} = E + R = 1 + 3 = 4 \text{ а.е.}$

Используя формулу: $T = D/c$, где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, а $1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн. км}$ получаем: $T_{\max} = 2000 \text{ с} \approx 33 \text{ мин } 20 \text{ с}$, $T_{\min} = 1000 \text{ с} \approx 16 \text{ мин } 40 \text{ с}$.

Оценивание: Правильный рисунок - 4 балла, расчет времени для каждого случая по 2 балла.



4. Рассчитайте расстояние от Земли до Луны, используя известные размеры и тот факт, что видимые размеры Луны и Солнца совпадают на нашем небе.

Данные:

Среднее расстояние от Земли до Солнца $R = 150 \text{ млн. км}$.

Диаметр Луны $D_L = 3470 \text{ км}$, диаметр Солнца $D_{\odot} = 1,4 \text{ млн. км}$

Возможное решение

Мы знаем, что Солнце и Луна имеют одинаковые угловые размеры на небе. Поэтому отношение расстояния до каждого тела к его диаметру должно быть приблизительно одинаковым. (4 балла)

$R / D_{\odot} = D / D_L$, Где D — искомое расстояние до Луны. Откуда:

$D = D_L \times (R / D_{\odot})$, подставляя численные данные получаем

$D = 3470 \text{ км} \times (150000000 \text{ км} / 1400000 \text{ км}) \approx 372000 \text{ км}$. (4 балла)

5. Любитель астрономии в Архангельске в течение лета на даче наблюдал за гномоном (вертикально вбитым колышком на площадке во дворе), надеясь установить дату и время, когда гномон не будет отбрасывать тени при освещении.

щении Солнцем. Удалось ли ему это увидеть, и, если нет, почему? Считать, что все дни были ясными. Координаты Архангельска равны $64^{\circ}33'$ с. ш. и $40^{\circ}32'$ в.д. В каких точках земного шара и как часто гномон не отбрасывает тень?

Возможное решение

Нет, не удалось. Гномон не отбрасывает тени, если Солнце находится точно в зените (прямо над точкой наблюдения). **(2 балла)**

Так как плоскость орбиты Земли составляет с плоскостью экватора угол $23^{\circ} 26'$, такое возможно на широтах северного и южного тропиков ($23^{\circ} 26'$ с.ш. 22 июня и $23^{\circ} 26'$ ю.ш. 22 декабря - один раз в год), и на широтах, лежащих ближе к экватору (два раза в году). **(4 балла)**

Архангельск расположен на широте $64^{\circ}33'$ с. ш., и на таких широтах Солнце не может быть в зените. **(2 балла)**

6. Средний астероид диаметром около 1 километра раз в сто тысяч лет приближается к Земле на удалении от центра не более 40 000 километров. Оцените вероятность случайного попадания подобного астероида в поверхность Земли за этот промежуток времени.

Примечание: площадь круга $S = \pi R^2$, где $\pi \approx 3,14$, площадь сферы $S = 4\pi r^2$, радиус Земли $R=6\,400\text{ км}$.

Возможное решение

Площадь поперечной проекции Земли: $S_{\text{земля}} = \pi R^2 = 3,14 \times (6\,400)^2 \approx 1,29 \cdot 10^8 \text{ км}^2$. **(2 балла)**

Площадь сферы вокруг Земли:

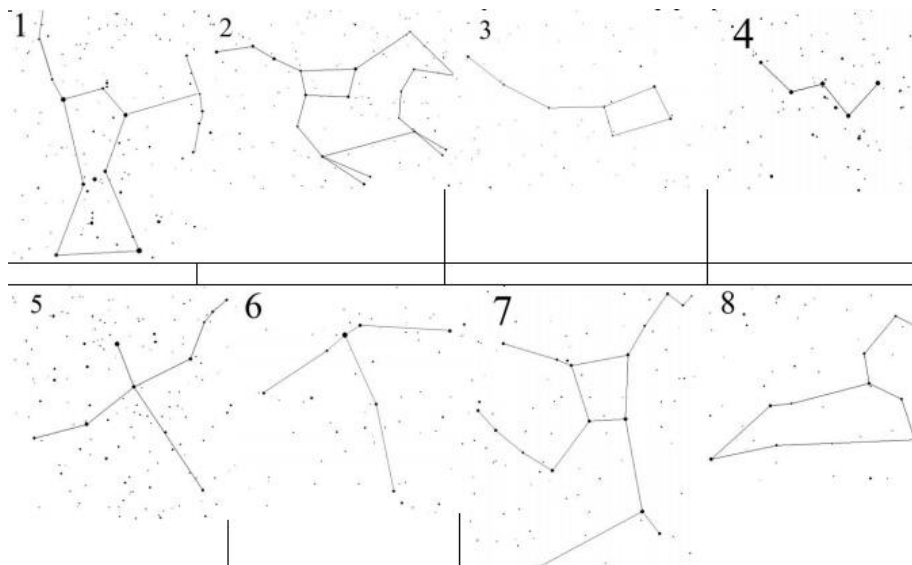
$S_{\text{окружающая сфера}} = 4\pi r^2 = 4 \times 3,14 \times (40\,000)^2 \approx 2 \cdot 10^{10} \text{ км}^2$. **(2 балла)**

Вероятность попадания астероида в Землю:

$P = S_{\text{земля}} / S_{\text{окружающая сфера}} = 1,29 \cdot 10^8 / 2 \cdot 10^{10} = 0,00645$ или $0,645\%$ **(4 балла)**

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. На пронумерованных рисунках приведены созвездия: Геркулес, Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Лебедь, Лев, Орел, Орион. В ответе выпишите названия созвездий и соответствующий им номер рисунка.



Возможное решение

Орион – 1, Большая Медведица – 2, Малая Медведица – 3, Кассиопея – 4, Лебедь – 5, Орел – 6, Геркулес – 7, Лев – 8.

Оценивание: за каждый верно подписанный рисунок 1 балл.

2. В зените, светила Полярная звезда, а под ковшем Малой Медведицы раскинулась Большая Медведица. Верно ли это наблюдение, если оно сделано в Архангельске? Почему?

Возможное решение

Это наблюдение не может быть сделано в Архангельске, так как географическая широта г. Архангельск $\varphi \approx 64^\circ$, следовательно, высота Полярной звезды (близкая к северному полюсу мира) над горизонтом в этом месте тоже $\approx 64^\circ$, а не 90° , как это указано в описании (полярная звезда – в зените, над головой).

За знание того, что Полярная звезда близка к Северному полюсу мира – **2 балла**. Теорема о высоте полюса мира над горизонтом – **4 балла**. Правильный ответ – **2 балла**

3. Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

Возможное решение

По определению звездной величины звезда n -й величины ярче звезды $(n+1)$ -й величины в $\sqrt[5]{100} \approx 2.5$ раза. **(2 балла)**

Две звезды 19 величины ярче одной звезды 19 же величины только в 2 раза. **(2 балла)**

Следовательно, такая двойная слабее, чем звезда 18 величины, и телескопу недоступна. **(4 балла)**

Ответ без обоснования оценивается в 0 баллов.

4. Оцените с какого расстояния от Земли спутник DSCVOR сделал приведенную фотографию транзита Луны на фоне Земли?

Диаметры Луны и Земли равны 3470 км и 12700 км, среднее расстояние от Луны до Земли 384000 км.



Возможное решение

Угловые диаметры Луны и Земли при фотографировании спутником при транзите (т.к. Луна лежит на луче зрения, исходящем из спутника и направленном на Землю) равны, соответственно, $\varphi_{\text{л}} = \frac{d_{\text{л}}}{L-D}$, $\varphi_{\text{з}} = \frac{d_{\text{з}}}{L}$, где $d_{\text{л}}$ и $d_{\text{з}}$ – диаметры Луны и Земли, L – расстояние от спутника до Земли, D – расстояние от Луны до Земли. **(4 балла)**

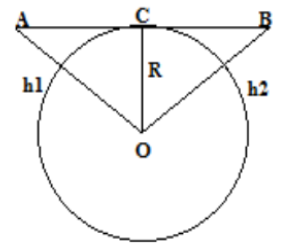
Искомое расстояние выражается как
$$L = \frac{D}{1 - \frac{\varphi_{\text{з}} d_{\text{л}}}{\varphi_{\text{л}} d_{\text{з}}}}. \quad \text{(2 балла)}$$

Из фото видно, что отношение угловых диаметров $\approx 81 \text{ мм}/30 \text{ мм} = 2,7$. После подстановки получим $L \approx 1,46$ млн. км. **(2 балла)**

5. Человек находится на берегу моря и наблюдает за удалением парусного судна прямо от линии побережья. Его глаза находятся на высоте 1 метра 70 сантиметров над уровнем воды, а высота мачты судна, измеряемая от уровня воды, составляет 5 метров. Найдите расстояние между человеком и судном в тот момент, когда верхушка мачты исчезнет за краем горизонта. Нарисуйте схему ситуации. Радиус Земли 6400 км.

Возможное решение

Обозначим через h_1 высоту глаз наблюдателя. h_2 высоту мачты яхты, l_1 - расстояние от глаз наблюдателя А до точки горизонта С, l_2 - расстояние от точки горизонта до мачты судна В. Тогда по теореме Пифагора: $l_1^2 = OA^2 - OC^2 = (R + h_1)^2 - R^2 \approx 2Rh_1$, где $OC = R$.



$$\text{Аналогично: } l_2^2 = OB^2 - OC^2 = (R + h_2)^2 - R^2 \approx 2Rh_2$$

Тогда расстояние от глаз наблюдателя до мачты судна равно (AB):
 $l = l_1 + l_2 = \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2}$.

Подставляем числовые значения и получаем: $l \approx 12,7$ км.

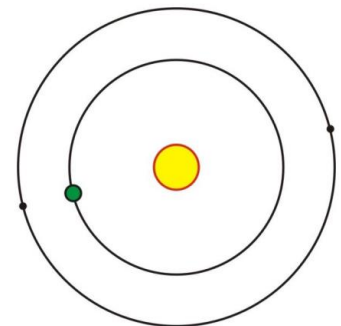
Оценивание:

Правильно выполнен рисунок – **2 балла**. Определено расстояние от глаз наблюдателя до горизонта – **2 балла**. Определено расстояние от горизонта до вершины мачты – **2 балла**. Определено расстояние от глаз наблюдателя до яхты – **2 балла**.

6. Пусть на некотором астероиде находится межпланетная станция. Сделайте рисунок, на котором покажите взаимное положение Земли, Солнца и станции для случая, когда сигнал от нее доходит до Земли за минимально и максимально возможное время. Радиус орбиты астероида 3 а.е. Рассчитайте время для каждого случая.

Возможное решение

Минимальное время передачи сигнала: это достигается, когда Земля находится ближе всего к астероиду. Угол между направлениями на Землю и астероид (относительно Солнца) близок к нулю градусов. Тогда расстояние от Земли до астероида: $D_{\min} = |R - E| = |3 - 1| \text{ а.е.} = 2 \text{ а.е.}$



Максимальное время передачи сигнала: наибольшее время пути сигнала наблюдается, когда Земля и астероид находятся далеко друг от друга. Т.е. Земля должна располагаться на противоположной стороне от Солнца относительно астероида. Следовательно, наибольшее расстояние: $D_{\max} = E + R = 1 + 3 = 4 \text{ а.е.}$

Используя формулу: $T = D/c$, где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, а $1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн. км}$ получаем: $T_{\max} = 2000 \text{ с} \approx 33 \text{ мин } 20 \text{ с}$, $T_{\min} = 1000 \text{ с} \approx 16 \text{ мин } 40 \text{ с}$.

Оценивание: Правильный рисунок - **4 балла**, расчет времени для каждого случая **по 2 балла**.

4) Угол между верхней и нижней концами восьмерки приблизительно равен 50° – наблюдения велись примерно на 50° северной широты. **(2 балла)**

2. Две одинаковые нейтронные звезды обращаются вокруг общего центра масс по круговой орбите с периодом 7 часов. На каком расстоянии друг от друга они находятся, если масса каждой равна $2,8 \cdot 10^{30}$ кг?

Возможное решение

1) Звезды находятся на расстоянии $2R$ друг от друга, где R – их радиус орбиты относительно центра масс.

2) По закону всемирного тяготения: $F_{\text{грав.}} = G \frac{m^2}{(2R)^2}$ (2 балла)

3) По 2 закону Ньютона $m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R = F_{\text{грав}}$ (2 балла)

4) Приравнявая, находим искомое расстояние:

$$2R = \sqrt[3]{\frac{GmT^2}{2\pi^2}} \approx 1,8 \cdot 10^9 \text{ м (4 балла).}$$

3. Оцените с какого расстояния от Земли спутник DSCVOR сделал приведенную фотографию транзита Луны на фоне Земли?

Диаметры Луны и Земли равны 3470 км и 12700 км, среднее расстояние от Луны до Земли 384000 км.



Возможное решение

Угловые диаметры Луны и Земли при фотографировании спутником при транзите (т.к. Луна лежит на луче зрения, исходящем из спутника и направленном на Землю) равны, соответственно, $\varphi_{\text{л}} = \frac{d_{\text{л}}}{L-D}$, $\varphi_{\text{з}} = \frac{d_{\text{з}}}{L}$, где $d_{\text{л}}$ и $d_{\text{з}}$ – диаметры Луны и Земли, L – расстояние от спутника до Земли, D – расстояние от Луны до Земли. (4 балла)

Искомое расстояние выражается как $L = \frac{D}{1 - \frac{\varphi_{\text{з}} d_{\text{л}}}{\varphi_{\text{л}} d_{\text{з}}}}$. (2 балла)

Из фото видно, что отношение угловых диаметров $\approx 81 \text{ мм}/30 \text{ мм} = 2,7$. После подстановки получим $L \approx 1,46$ млн. км. (2 балла)

4. При наблюдении с Земли Марс располагается в западной квадратуре, а комета — в восточной. С Земли комета имеет звездную величину $7^{\text{м}}$, а с Марса $8^{\text{м}}$. Каково расстояние от Солнца и Земли до кометы, если известно, что она видна с обеих планет вблизи линии эклиптики? Орбиты Земли и Марса считать круговыми, лежащими в одной плоскости. Поглощением света в атмосферах планет пренебречь.

Возможное решение

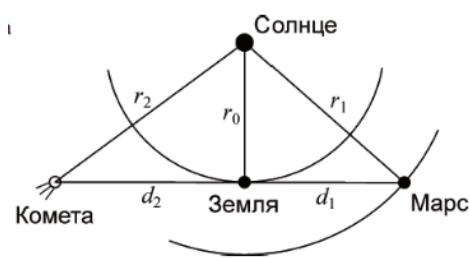
По условию задачи Солнце, Земля, Марс и комета фактически лежат в плоскости эклиптики. Изобразим их на рисунке. Марс и комета находятся в противоположных квадратурах, и Земля располагается около линии, соединяющей Марс и комету. Определим расстояние между Землей и Марсом: $d_1\sqrt{r_1^2 - r_0^2} = 1,15$ а.е. (3 балла)

Здесь r_0 и r_1 ; — радиусы орбит Земли и Марса. По условию задачи, с Земли (расстояние d_2) комета выглядит на 1^m ярче, чем с Марса (расстояние $d_1 + d_2$). Соотношение яркостей K равно 2,512, и для расстояний справедливо выражение:

$$\frac{d_1 + d_2}{d_2} = \sqrt{K} \text{ (3 балла)}$$

Здесь было учтено, что комета ориентирована одинаково по отношению к наблюдателям на Земле и Марсе. Отсюда $d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{K}-1} = 2$ а.е.

Расстояние кометы от Солнца $r_2 = \sqrt{r_0^2 + d_2^2} = 2,2$ а.е. (2 балла)



5. Сегодня произошло покрытие Венеры Луной. Может ли завтра произойти лунное или солнечное затмение? Дать объяснение.

Возможное решение

1. Венера является внутренней планетой (её орбита расположена внутри орбиты Земли). Поэтому Венера никогда не может быть видимой в противоположной Солнцу части неба (условие для лунного затмения). Поэтому лунное затмение произойти не может.

2. Что же касается солнечного затмения, ответ – да, может. Но только в том случае, если покрытие произошло на утреннем небе, так как стареющая Луна движется в сторону Солнца. А вот если покрытие произошло вечером (растущая Луна), то Луна будет «расти», удаляясь на небе от Солнца. В этом случае солнечного затмения не будет.

Оценивание.

1. Дан правильный ответ и указано, что Венера внутренняя планета и не бывает видна в противоположной Солнцу части неба (обязательное условие для лунного затмения) – 4 балла. За правильный ответ без объяснения – 1 балл.

2. Утверждение, что солнечное затмение произойти может – **2 балла**.
За уточнение, что покрытие должно быть утренним, а не вечерним – **2 балла**.

6. На какое минимальное расстояние приближается к Солнцу астероид (11480) Великий Устюг, открытый 7 сентября 1986 года в крымской обсерватории, если период его обращения вокруг Солнца 3,285 года, а расстояние в афелии составляет 2,589 а.е.

Возможное решение

Минимальное расстояние будет, когда астероид в перигелии своей орбиты.

1) Вычислим большую полуось a орбиты астероида (из III закона Кеплера): $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. В формуле индекс 1 соответствует Земле, а индекс 2 астероиду.

Учитывая период обращения Земли и большую полуось земной орбиты:
 $a = \sqrt[3]{T^2} = 2,21 \text{ а. е.}$

2) Т.к. расстояние в афелии $Q = a(1+e)$, то эксцентриситет орбиты составит
 $e = \frac{Q-a}{a} = 0,171$

3) Расстояние в перигелии: $q = a(1-e) = 2,21 \cdot (1-0,171) = 1,83 \text{ а.е.}$

Оценивание.

Вычисление большой полуоси орбиты астероида на основании III закона Кеплера - **3 балла**

Определение эксцентриситета орбиты астероида - **2 балла**

Определение минимального расстояния, т.е. расстояния в перигелии – **3 балла**

Муниципальный этап

11 класс

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

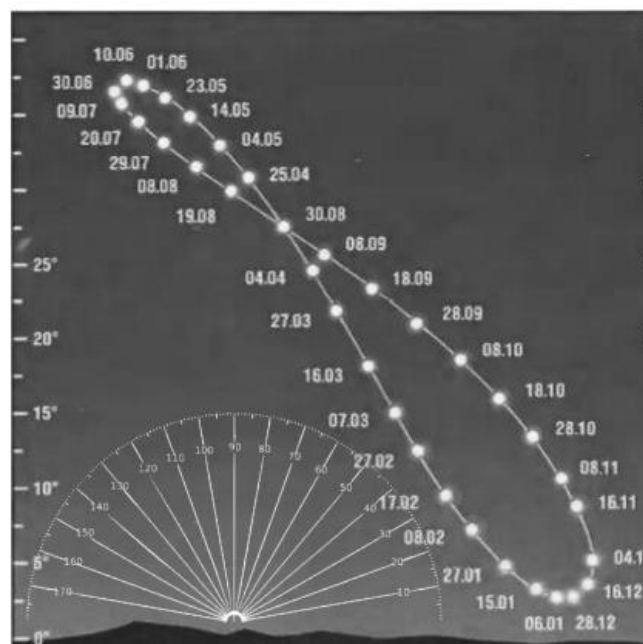
1. В зените, светила Полярная звезда, а под ковшем Малой Медведицы раскинулась Большая Медведица. Верно ли это наблюдение, если оно сделано в Архангельске? Почему?

Возможное решение

Это наблюдение не может быть сделано в Архангельске, так как географическая широта г. Архангельск $\varphi \approx 64^\circ$, следовательно, высота Полярной звезды (близкая к северному полюсу мира) над горизонтом в этом месте тоже $\approx 64^\circ$, а не 90° , как это указано в описании (полярная звезда – в зените, над головой).

За знание того, что Полярная звезда близка к Северному полюсу мира – **2 балла**. Теорема о высоте полюса мира над горизонтом – **4 балла**. Правильный ответ – **2 балла**

2. На рисунке показана аналемма – кривая, имеющая форму восьмёрки и соединяющая последовательных положений центральной звезды планетной системы (Солнца) на небосводе одной из планет этой системы в одно и то же время суток в течение года. По бокам показана высота Солнца над горизонтом.



а) Почему точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия не совпадают?

б) В каком полушарии, в какое время суток делалась аналемма?

в) Оценить широту места наблюдения.

Возможное решение

1) Точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия, не совпадают из-за эллиптичности орбиты Земли – в рассматриваемые моменты планета находится на разном расстоянии от звезды. (**2 балла**)

2) Малая петля находится сверху, значит, наблюдения велись в северном полушарии (из-за эллиптичности орбиты). (**2 балла**)

3) Аналемма наклонена влево, значит наблюдения велись в утреннее время. **(2 балла)**

4) Угол между верхней и нижней концами восьмерки приблизительно равен 50° – наблюдения велись примерно на 50° северной широты. **(2 балла)**

3. При наблюдении с Земли Марс располагается в западной квадратуре, а комета — в восточной. С Земли комета имеет звездную величину 7^m , а с Марса 8^m . Каково расстояние от Солнца и Земли до кометы, если известно, что она видна с обеих планет вблизи линии эклиптики? Орбиты Земли и Марса считать круговыми, лежащими в одной плоскости. Поглощением света в атмосферах планет пренебречь.

Возможное решение

По условию задачи, все четыре тела (Солнце, Земля, Марс и комета) фактически лежат в плоскости эклиптики. Изобразим их на рисунке. Марс и комета находятся в противоположных квадратурах, и Земля располагается около линии, соединяющей Марс и комету. Определим расстояние между Землей и Марсом:

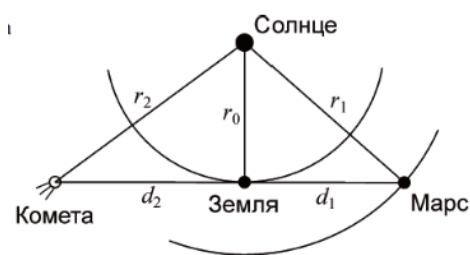
$$d_1 \sqrt{r_1^2 - r_0^2} = 1,15 \text{ а.е. (3 балла)}$$

Здесь r_0 и r_1 ; — радиусы орбит Земли и Марса. По условию задачи, с Земли (расстояние d_2) комета выглядит на 1^m ярче, чем с Марса (расстояние $d_1 + d_2$). Соотношение яркостей K равно 2,512, и для расстояний справедливо выражение:

$$\frac{d_1 + d_2}{d_2} = \sqrt{K} \text{ (3 балла)}$$

Здесь было учтено, что комета ориентирована одинаково по отношению к наблюдателям на Земле и Марсе. Отсюда $d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{K}-1} = 2 \text{ а.е.}$

$$\text{Расстояние кометы от Солнца } r_2 = \sqrt{r_0^2 + d_2^2} = 2,2 \text{ а.е. (2 балла)}$$

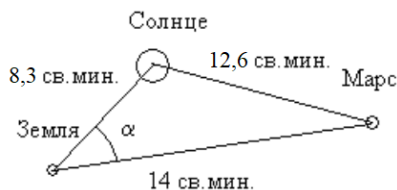


4. Для уточнения параметров орбиты Марса была проведена радиолокация планеты. Между моментом отправки сигнала с антенны дальней космической связи и моментом приема отраженного излучения прошло 28 минут. Оцените угловое расстояние между Солнцем и Марсом, считая, что расстояние (линейное) от Солнца до Марса в полтора раза больше, чем расстояние от Солнца до Земли.

Возможное решение:

Для решения будем использовать понятие «световая минута». Это расстояние, которое свет проходит за 1 минуту со скоростью света. Расстояние одна астрономическая единица – это 8,3 световых минут. Расстояние от Солнца до Марса составляет 1,52 а.е. – это 12,6 световых минут. По условию

задачи в момент исследования, расстояние до Марса составляло 14 световых минут (28/2 - время прохождения сигнала от Земли до Марса). Рассмотрим рисунок



В треугольнике "Солнце-Земля-Марс" все три стороны нам известны. Искомое угловое расстояние - это угол треугольника, который может быть получен из теоремы косинусов. Обозначим: Земля-Солнце= a , Солнце – Марс = b , Земля Марс = c , тогда $b^2=a^2+c^2-2accos\alpha$, отсюда следует

$$\cos\alpha = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ca}$$

После подстановки числовых значений получаем $\cos\alpha = 0,457$, что примерно соответствует углу 63° .

Оценивание.

Все длины (стороны треугольника) выражены в одних единицах измерения - **2 балла**

Рассмотрена теорема косинусов с необходимым углом - **2 балла**

Найден косинус этого угла - **2 балла**

Определено значение угла - **2 балла**

5. Какую максимальную долю земной поверхности можно охватить взглядом с высоты 10 км?

Возможное решение

Пусть точка O - центр Земли, H - наблюдатель и Γ - горизонт. Обозначим длины отрезков: $O\Gamma$ через R и $H\Gamma$ через D . Тогда длина отрезка HO будет равна $R + h$, где $h = 10$ км - высота наблюдения. Получившийся треугольник $H\Gamma O$ – прямоугольный. **(2 балла)**

По теореме Пифагора: $(R + h)^2 = D^2 + R^2$, откуда $D^2 = 2Rh + h^2 = 2Rh\left(1 + \frac{h}{2R}\right)$. Поскольку $h \ll R$, второе слагаемое в этой формуле много меньше первого, поэтому им можно пренебречь. Тогда $D = \sqrt{2Rh} = 358$ км. **(2 балла)**

Поскольку $D < R$ примерно в 18 раз, то площадь поверхности Земли, доступную взгляду космонавта можно вычислить как площадь круга (угол ΓHO равен 87° , поэтому участок наблюдаемой Земли близок к плоской поверхности): $S = \pi D^2$. **(1 балл)**

Полная площадь поверхности Земли вычисляется как площадь шара: $S = 4\pi R^2$. **(1 балл)**

Отношение этих площадей составляет $\frac{S}{S} = \frac{h}{2R} \approx 0,00078$ или 0,078 %. **(2 балла)**

6. На рисунках ниже представлены две кривые блеска. Кривая блеска – это функция изменения яркости астрономического объекта во времени. Одна из кривых соответствует затменной двойной звезде, а другая – экзопланетной системе.

Рис. 1.

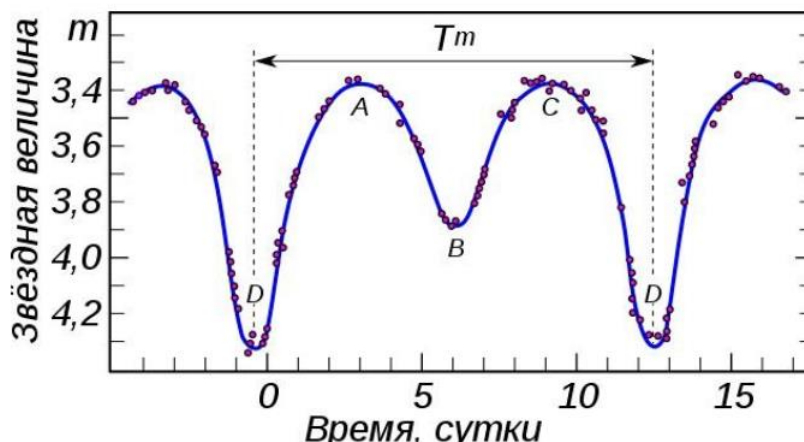
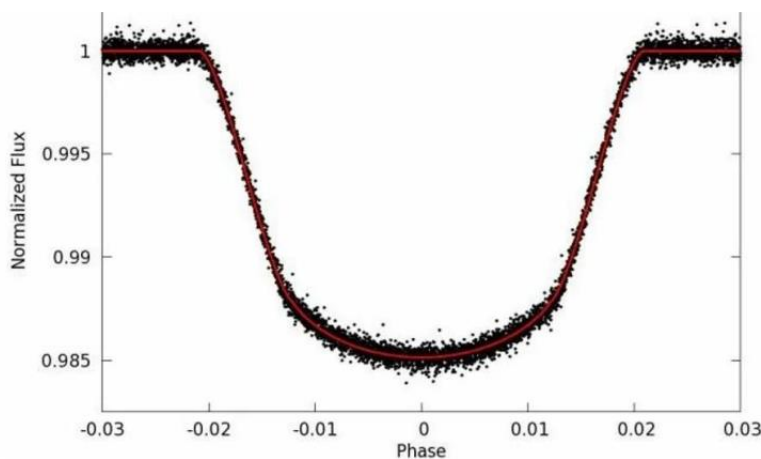


Рис. 2.



Normalized Flux – нормализованный поток, Phase – фаза (период)

Обоснуйте, какая из этих зависимостей соответствует двойной звезде, а какая – экзопланетной системе.

Возможное решение

1) Первая кривая блеска содержит два явно выраженных экстремума, а вторая – только один. В первом случае, экстремумы можно объяснить перекрытием звезд друг друга при вращении около общего центра гравитации. Во втором случае, уменьшение яркости светила связано с прохождением экзопланеты по диску звезды. Экзопланета не является источником излучения, и диск планеты закрывает излучение, идущее от звезды.

2) В качестве второго аргумента можно привести изменение блеска в относительном выражении. В первом случае видно, что яркость меняется практически на одну звездную величину (примерно в 2,5 раза). Во втором случае изменение яркости незначительно, около 1,5%. Это связано с тем, что размер планеты мал по сравнению с размерами звезды.

Ответ: Таким образом, первая кривая блеска соответствует затменной двойной звезде, а вторая – экзопланетной системе.

Оценивание.

1 пункт решения – 4 балла.

2 пункт решения – 4 балла.