Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
7-8 класс

Время выполнения –
2 астрономических часа

1. Нарисуйте наиболее яркие звёзды большой Медведицы и покажите на рисунке, как можно найти Полярную звезду.

2. Расставьте космические объекты по мере увеличения их плотности. Луна, Земля, Уран, Сатурн.

3. На фото снято небо, съемка проводилась в ясную безоблачную ночь. Объясните, что собой представляют кольца, которые вы видите на фото, что находится в центре колец. Как производилась съемка?



4. Аппарат «Луноход-1» работал на Луне с 17 ноября 1970 года по 14 сентября 1971 года включительно. За это время он проехал по поверхности Луны 10 540 метров.

1) Определите его среднюю скорость.

2) Какое время понадобилось бы Луноходу, чтобы обогнуть Луну по её экватору?

5. На краю лунного диска видна гора, выступающая над ним на $\alpha = 0{,}03'$. С учётом того, что линейный диаметр Луны $D \approx 3480$ км, а угловой диаметр $\varphi = 30'$, найдите высоту этой горы в километрах.

6. Запишите длительности событий, расставьте в порядке увеличения:

1) длительность цикла солнечной активности;
2) период обращения Земли вокруг Солнца;
3) период обращения Нептуна вокруг Солнца;
4) осевой период вращения Сатурна;
5) время между последовательными противостояниями Урана;
6) возраст Солнца;
7) время, за которое свет долетает от Солнца до Нептуна;
8) средняя продолжительность жизни человека.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
7-8 класс

Время выполнения –
2 астрономических часа

1. Нарисуйте наиболее яркие звёзды большой Медведицы и покажите на рисунке, как можно найти Полярную звезду.

Решение: **см. рисунок**



Рекомендуемые критерии.
8 баллов, если рисунок приблизительно похож.

6 баллов, если рисунок похож, но расстояние до Полярной звезды изображено приблизительно равным расстоянию между направляющими звёздами большой Медведицы (Мерак и Дубхе).

1 балл, если ученик перепутал и указал на Мицар и Алькор.

0 баллов во всех остальных случаях.

2. Расставьте космические объекты по мере увеличения их плотности. Луна, Земля, Уран, Сатурн.

Решение: Сатурн, Уран, Луна, Земля

Рекомендуемые критерии.

3 балла – если указано, что Сатурн самый лёгкий, вне зависимости от правильности остальных ответов.

2 балла – если указано, что Земля самая плотная, вне зависимости от правильности остальных ответов.

4 балла – если объекты расположены не по возрастанию, а по убыванию плотности,

2 балла – в остальных случаях, если хотя бы между двумя объектами обозначено правильное соотношение плотностей.

3. На фото снято небо, съемка проводилась в ясную безоблачную ночь. Объясните, что собой представляют кольца, которые вы видите на фото, что находится в центре колец. Как производилась съемка?



Решение:

Кольца (а точнее, дуги колец) представляют собой траектории, по которым движутся звезды в течение ночи. Яркая точка в центре колец — Полярная звезда. Съемка проводилась так: объектив был открыт в течение нескольких часов. Эта фотография доказывает, что вся небесная сфера как целое вращается вокруг Полярной звезды, совершая один оборот в сутки. Это вызвано вращением Земли вокруг своей оси, хотя земному наблюдателю представляется, что вращается небо.

Рекомендуемые критерии:

2 балла – указано, что дуги колец представляют собой траектории, по которым движутся звезды в течение ночи.

1 балл – указано, что в центре расположена Полярная звезда.

2 балла – указано, что траектории движения звёзд объясняются вращением Земли вокруг своей оси.

3 балла – указано как проводилась съёмка.

4. Аппарат «Луноход-1» работал на Луне с 17 ноября 1970 года по 14 сентября 1971 года включительно. За это время он проехал по поверхности Луны 10 540 метров.

1) Определите его среднюю скорость.

2) Какое время понадобилось бы Луноходу, чтобы обогнуть Луну по её экватору?

Решение:

1) Первым этапом определим сколько дней луноход работал на Луне. Удобно считать от обратного. Сколько дней не хватило до полного года 17 ноября 1971 года? N=365 (1971 год был не високосный) – 16 (дней до конца сентября) - 31(октябрь) -16 (дней за ноябрь до 17 ноября) = 302 дня. Столько дней Луноход проработал на Луне. За это время он проехал 10 540 метров. То есть его средняя скорость равна 10540/(302*24) = 1,45 м/ч или 0,0004 м/с.

2) Длина экватора рассчитывается по формуле $2 \cdot \pi \cdot R$, где R – экваториальный радиус. При R = 1740 км длина экватора составляет примерно 10 930 км. Искомое время 10930000/1,45=7540000 ч или 314000 дней или 860 лет.

Рекомендуемые критерии:

3 балла – определение длительности работы лунохода в днях

3 балла – определение средней скорости (в км в час, в метрах в час, в метрах в секунду).

2 балла – определение времени движения Лунохода по экватору.

Комментарии. Если учащийся ошибся в расчете количества дней, но для своего количества дней правильно посчитал среднюю скорость лунохода, то ему не ставится оценка за этап расчета числа дней (или ставится частично

при минимальной ошибке), но этап с расчетом скорости засчитывается полностью.

5. На краю лунного диска видна гора, выступающая над ним на α = 0,03′. С учётом того, что линейный диаметр Луны D ≈ 3480 км, а угловой диаметр φ = 30′, найдите высоту этой горы в километрах.

Решение:

Дано:	**Решение:**
$D = 3480$ км $\alpha = 0{,}03'$ $\varphi = 30'$	$S = \frac{D}{\sin\varphi}$; $S = \frac{h}{\sin\alpha}$; $\frac{D}{\sin\varphi} = \frac{h}{\sin\alpha}$;
$h-?$	$h = \frac{\sin\alpha}{\sin\varphi}\cdot D$; $h = \frac{\alpha}{\varphi}\cdot D$; $h \sim 3.5$ км

Рекомендуемые критерии.

2 балла – запись формулы, для расчета расстояния до Луны через характеристики Луны;

2 балла – запись формулы, для расчета расстояния до Луны через характеристики горы;

2 балла – расчет высоты горы (допускается решение по действиям)

2 балла – верный числовой результат

6. Запишите длительности событий, расставьте в порядке увеличения:
1) длительность цикла солнечной активности
2) период обращения Земли вокруг Солнца
3) период обращения Нептуна вокруг Солнца
4) осевой период вращения Сатурна
5) время между последовательными противостояниями Урана
6) возраст Солнца
7) время, за которое свет долетает от Солнца до Нептуна
8) средняя продолжительность жизни человека.

Решение: 1) 11 лет 2) 1 год 3) 164,79 лет 4) 10,7 час 5) 369,7 лет 6) 4,6 млрд. лет 7) 4,2 часа 8) 73 года

в порядке увеличения: 74218356

Критерии: по 0,5 баллов за каждый правильный ответ (допускается погрешность), 4 балла за правильно приведенную последовательность. Всего за задачу 8 баллов.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
9 класс

Время выполнения –
3 астрономических часа

1. По фотографии определите фазу Луны, время суток и сторону горизонта, над которой она видна. Считаем, что находимся в средних широтах северного полушарии Земли. Решение поясните.

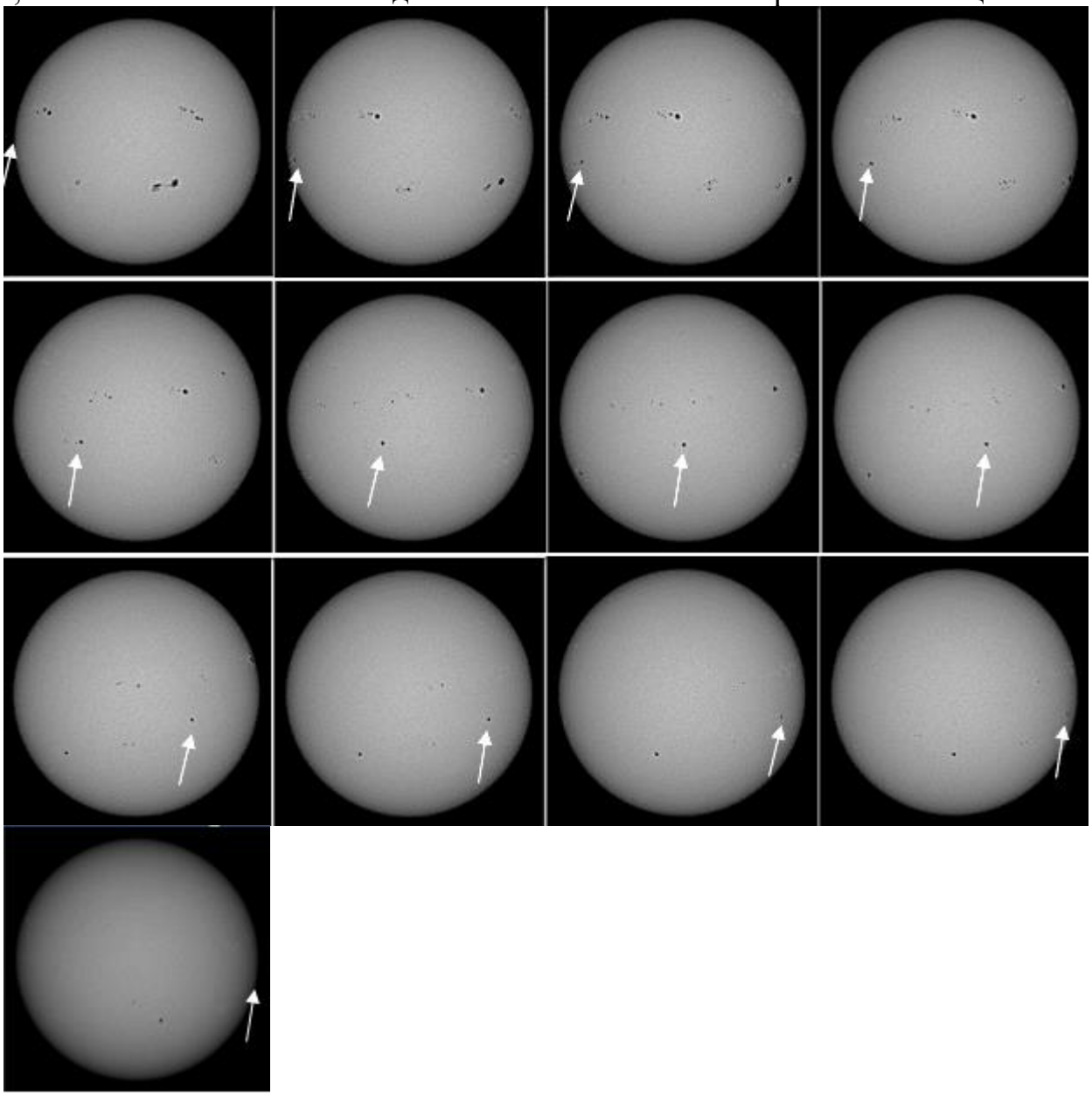


2. У астероида 2020 AV2 среднее расстояние от Солнца составляет 83 миллиона километров. Чему равен период его обращения вокруг Солнца?

3. С Земли производится радиолокация двух астероидов, один из которых находится в противостоянии, а другой — в квадратуре. Радиосигналы были посланы к астероидам одновременно, но от первого астероида сигнал вернулся обратно через 16 минут, а от второго — через 40 минут. Найдите расстояние между астероидами в этот момент. Определите радиусы орбит астероидов, считая, что орбиты круговые и лежат в плоскости эклиптики. Решение поясните рисунком.

4. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и

скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



5. Вася сфотографировал участок звёздного неба. Для удобства обрабатывая негатив фотографии, он обозначил на нём два зодиакальных созвездия, Рака и Близнецов, а также провёл линию эклиптики, то есть плоскость орбиты Земли. Из справочника Вася узнал, что линия эклиптики в расположенном слева созвездии Рака занимает 20 градусов. Помогите Васе посчитать, сколько градусов занимает линия эклиптики в созвездии Близнецов и сколько градусов на небесной сфере разделяют Марс и Венеру?



6. Определите вес марсохода Curiosity на Марсе, если на Земле его вес составляет 8,79 кН.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
9 класс

Время выполнения –
3 астрономических часа

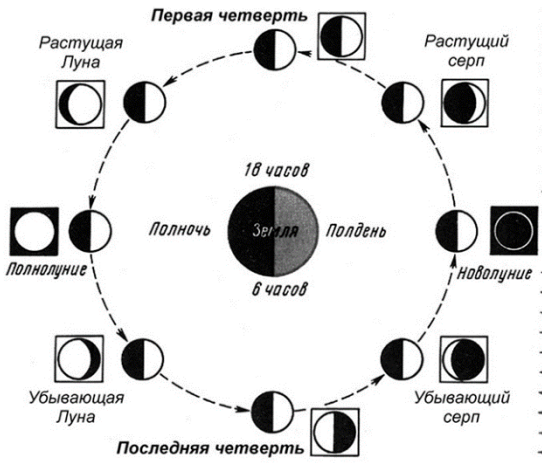
1. По фотографии определите фазу Луны, время суток и сторону горизонта, над которой она видна. Считаем, что находимся в средних широтах северного полушарии Земли. Решение поясните.



Решение:

Фаза Луны – убывающий серп (стареющий серп, старая Луна). Видна утром на востоке.

(Это можно знать из наблюдений. Или пояснить по схеме (см.рисунок).



Или расчетами, например, из тех фактов, что Луна в полнолуние кульминирует в полночь. А каждый следующий день по небосводу ближе к востоку на 13°≈52 минуты.

Т.е. близко к восточному горизонту будет через 5-6 суток после полнолуния.)

Солнце находится слева от Луны. Уже по углу между горизонтом и линией, соединяющей Солнце и Луну, можно сказать, что это восток.

Критерии оценивания *(учитывая пояснения!)*

Определение фазы Луны − 4 балла.

Названо время суток − 2 балла.

Указано время суток − 2 балла.

2. У астероида 2020 AV2 среднее расстояние от Солнца составляет 83 миллиона километров. Чему равен период его обращения вокруг Солнца?

Решение:

Воспользуемся III законом Кеплера в виде $P^2 = a^3$, учитывая, что период P должен быть выражен в годах, а большая полуось орбиты a (она же среднее расстояние) — в астрономических единицах. Поскольку 1 а.е. — это 150 млн км, получаем, что для этого астероида $a = 83/150 \approx 0{,}55$а.е. Тогда период $P = a^{3/2} = 0{,}41$ года.

Рекомендуемые критерии.

2 балла – запись формулы III закона Кеплера.

2 балла – перевод расстояния в а.е.

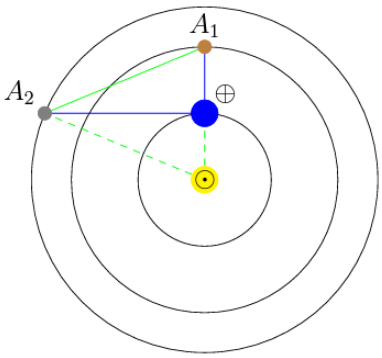
2 балла – получение выражения для расчета периода обращения Солнца.

2 балла – верный числовой ответ.

3. С Земли производится радиолокация двух астероидов, один из которых находится в противостоянии, а другой — в квадратуре. Радиосигналы были посланы к астероидам одновременно, но от первого астероида сигнал вернулся обратно через 16 минут, а от второго — через 40 минут. Найдите расстояние между астероидами в этот момент. Определите радиусы орбит астероидов, считая, что орбиты круговые и лежат в плоскости эклиптики. Решение поясните рисунком.

Решение:

Если один из астероидов находится в противостоянии, а другой — в квадратуре, то в треугольнике, вершинами которого являются астероиды и Земля, угол при Земле будет прямым вне зависимости от того, где конкретно располагается каждый из астероидов. Значит, можно воспользоваться теоремой Пифагора: квадрат расстояния между астероидами будет равен сумме квадратов расстояний между каждым из астероидов и Землей. Так как при радиолокации сигнал проходит расстояние до астероида дважды — туда и обратно, то расстояние от Земли до первого астероида равно 8 световым минутам, а до второго — 20. Следовательно, расстояние между ними равно $\sqrt{8^2 + 20^2} = \sqrt{464} \approx 21{,}5$ световым минутам. Тот же результат можно получить, построив рисунок в масштабе и измерив линейкой расстояние между астероидами.



Вспомнив, что расстояние от Земли до Солнца — 1 астрономическая единица — равно 8 световым минутам, можно сразу понять, что расстояние от Солнца до астероида A_2, т.е. радиус его орбиты, равно расстоянию между астероидами в данный момент, т.е. около 21,5 св. мин (это гипотенуза треугольника Земля–Солнце–астероид), или 2,7 а.е.. Также легко понять, что радиус орбиты астероида A_1 равен 2 а.е.

В принципе, не очень вероятно, но условие задачи может быть понято так, что появляется еще один вариант взаимного расположения тел: астероид A_2 находится в противостоянии и до него 20 св. мин., а A_1 — в квадратуре и до него 8 св. мин. В таком случае расстояние между астероидами останется таким же, 2,7 а.е., радиус орбиты астероида A_2 будет равен $8 + 20 = 28$ св. мин или 3,5 а.е., а радиус орбиты A_1 будет равен $\sqrt{2} \approx 1{,}4$ а.е.

Рекомендуемые критерии.

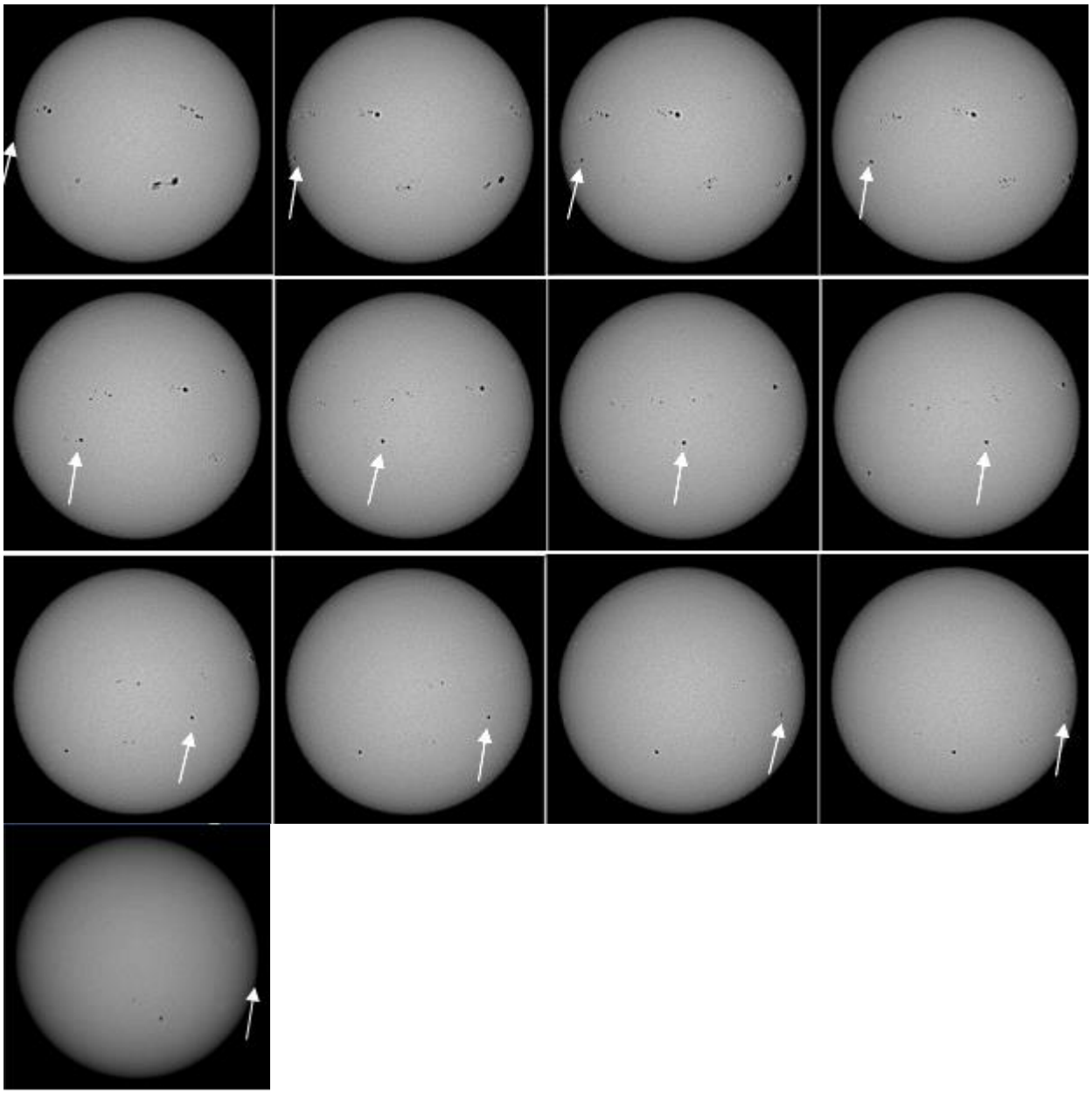
2 балла – сделан рисунок взаимного расположения астероидов, Земли и Солнца.

2 балла – определено верно расстояние между астероидами.

2 балла – определен верно радиус орбиты первого астероида.

2 балла – определен верно радиус орбиты второго астероида.

4. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



Решение:

По фото: с 14.07 по 20.07 пятно вблизи экватора переместилось на четверть окружности (т. е. 4 · 6 суток = 24 суток), а примерно с 14.07 по 26.07 — на половину длины экватора (т. е. 2 · 12 суток=24 суток).

$l = 2 \cdot \pi \cdot r$, где r - радиус Солнца

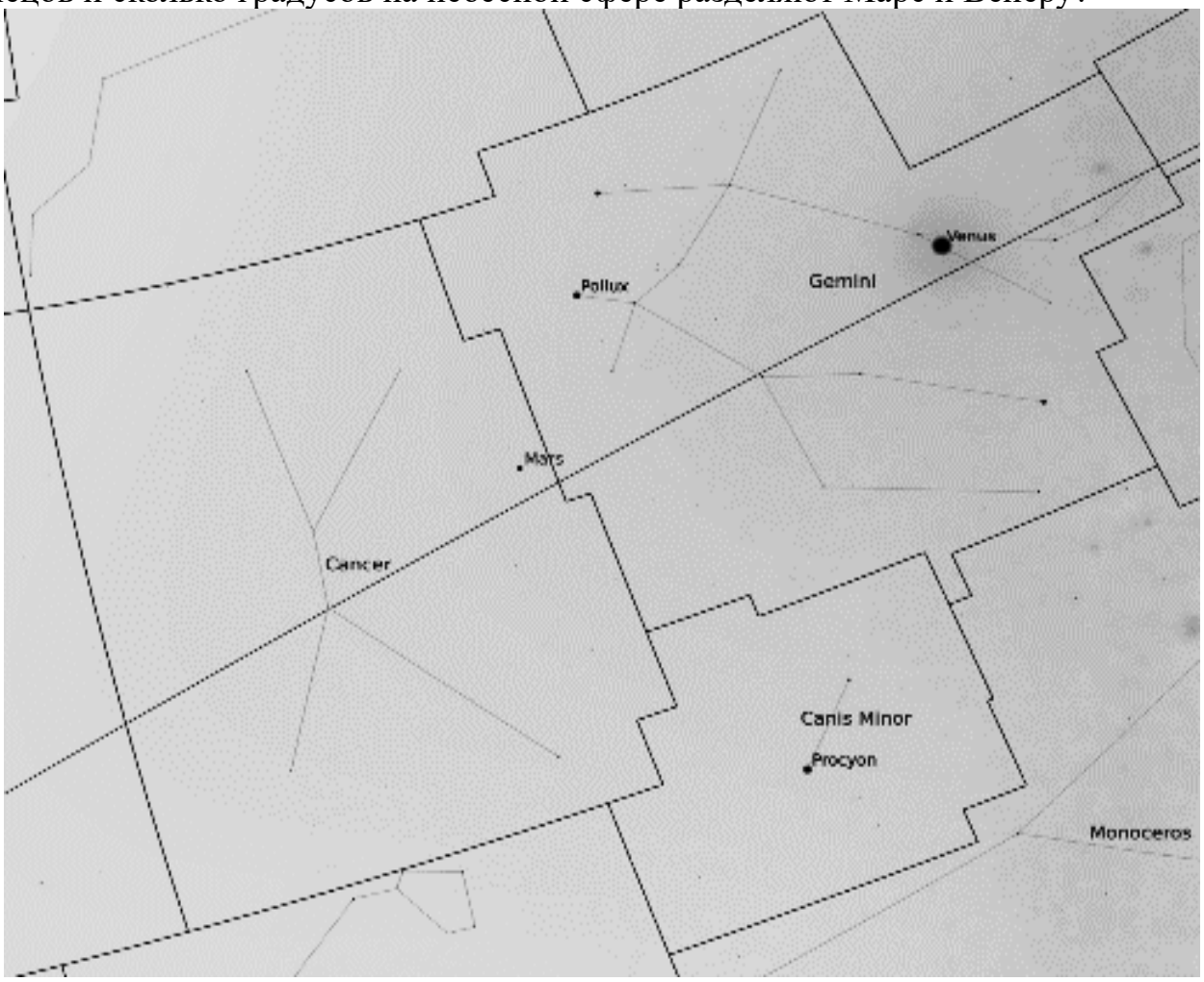
$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 697000\text{км}}{24\text{сут}} \approx 182000 \frac{\text{км}}{\text{сут}} \approx 2{,}1 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Критерии оценивания

Определение периода вращения (в сутках!) − 4 балла.

Нахождение скорости движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с!) − 4 балла.

5. Вася сфотографировал участок звёздного неба. Для удобства обрабатывая негатив фотографии, он обозначил на нём два зодиакальных созвездия, Рака и Близнецов, а также провёл линию эклиптики, то есть плоскость орбиты Земли. Из справочника Вася узнал, что линия эклиптики в расположенном слева созвездии Рака занимает 20 градусов. Помогите Васе посчитать, сколько градусов занимает линия эклиптики в созвездии Близнецов и сколько градусов на небесной сфере разделяют Марс и Венеру?



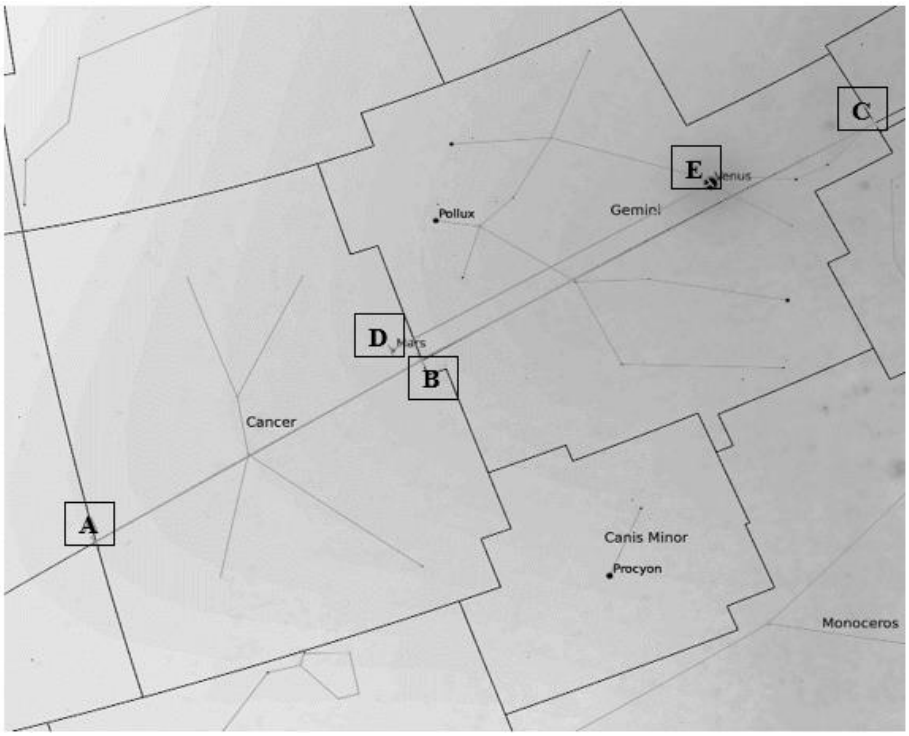
Решение:

Для решения данной задачи необходимо измерить линейкой расстояние AB (см. рисунок) и соотнести его с расстояниями BC и DE (см. рисунок). Измерения дают следующие результаты:

Измерения дают следующие результаты: $\frac{BC}{AB} \approx 1{,}36$ и $\frac{DE}{AB} \approx 0{,}97$

Следовательно $BC \approx 1{,}36 \cdot 20^{\circ} \approx 27^{\circ}$, в качестве допустимого диапазона для правильного ответа можно принять $BC \in [25°, 29°]$.

Аналогично $DE \approx 0{,}97 \cdot 20^{\circ} \approx 19{,}4°$, в качестве допустимого диапазона для правильного ответа можно принять $DE \in [18°, 21°]$.



Рекомендуемые критерии оценивания

2 балла за проведённые измерения расстояний на фото.

2 балла за использование принципа пропорциональности.

2 балла за получение правильного числового результата для линии эклиптики.

2 балла за получение правильного числового результата для углового расстояния между Марсом и Венерой.

6. Определите вес марсохода Curiosity на Марсе, если на Земле его вес составляет 8,79 кН.

Решение:

$P = mg \rightarrow m = \frac{P}{g}$;

$F = G\frac{m \cdot M}{R^2}$;

$g = \frac{GM}{R^2}$ – для Земли; а $g_{\text{м}} = \frac{GM_{\text{м}}}{R_{\text{м}}^2}$ – для Марса.

$$\text{P}_{\text{м}} = \frac{\text{P} \cdot GM_{\text{м}}}{G\text{M}} \cdot \left(\frac{R}{R_{\text{м}}}\right)^2 = \frac{8{,}79 \cdot 10^3 \cdot 6{,}4 \cdot 10^{23}}{6 \cdot 10^{24}} \cdot \left(\frac{6400}{3400}\right)^2 \text{Н} \approx 3{,}3 \cdot 10^3 \text{Н}$$

Рекомендуемые критерии.

Связь массы тела и его веса − 1 балл.

Использовано выражение для ускорения свободного падения через параметры планеты − 4 балла (по 2 балла для каждой).

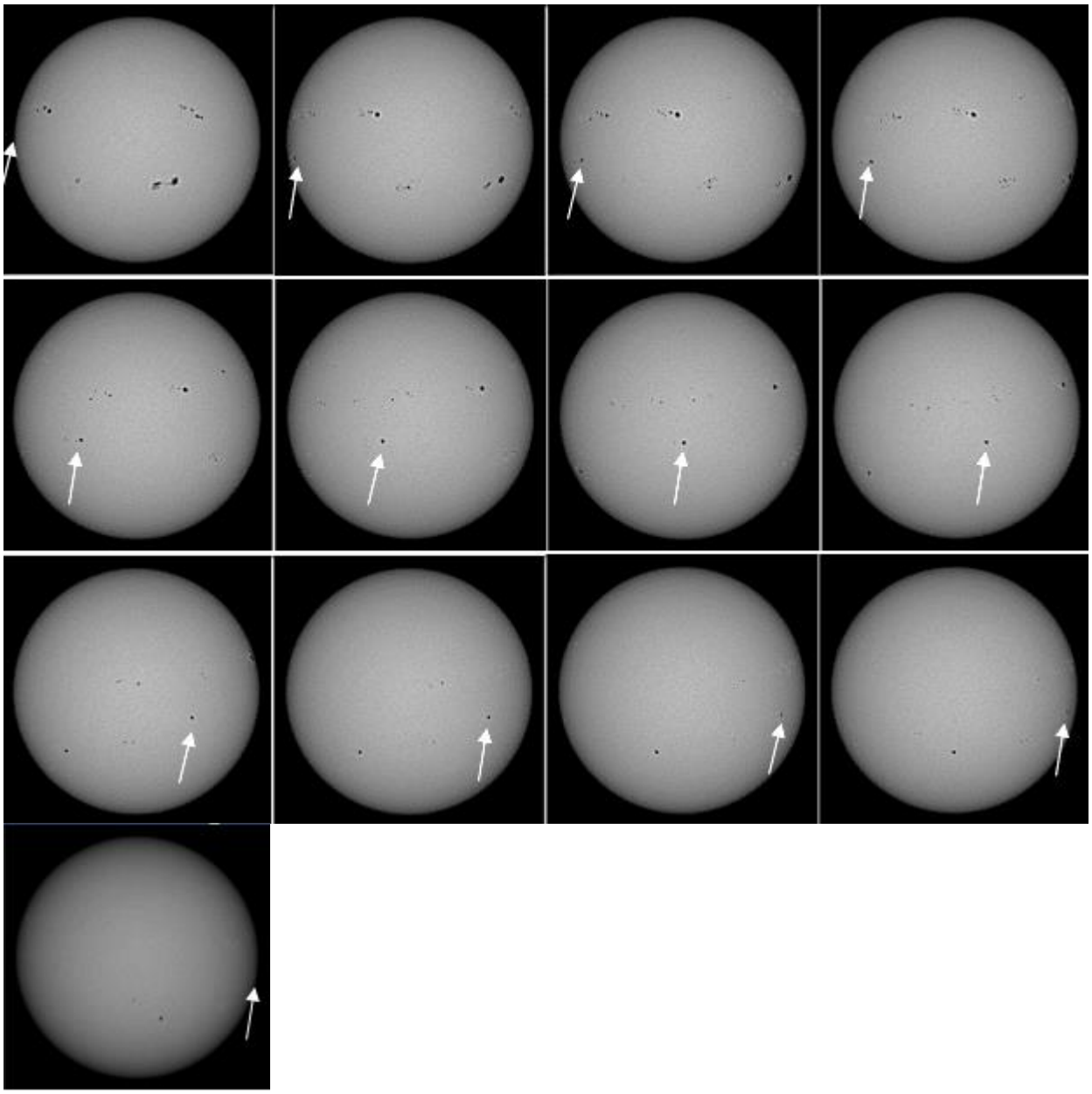
Найден вес марсохода на Марсе − 3 балла.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
10 класс

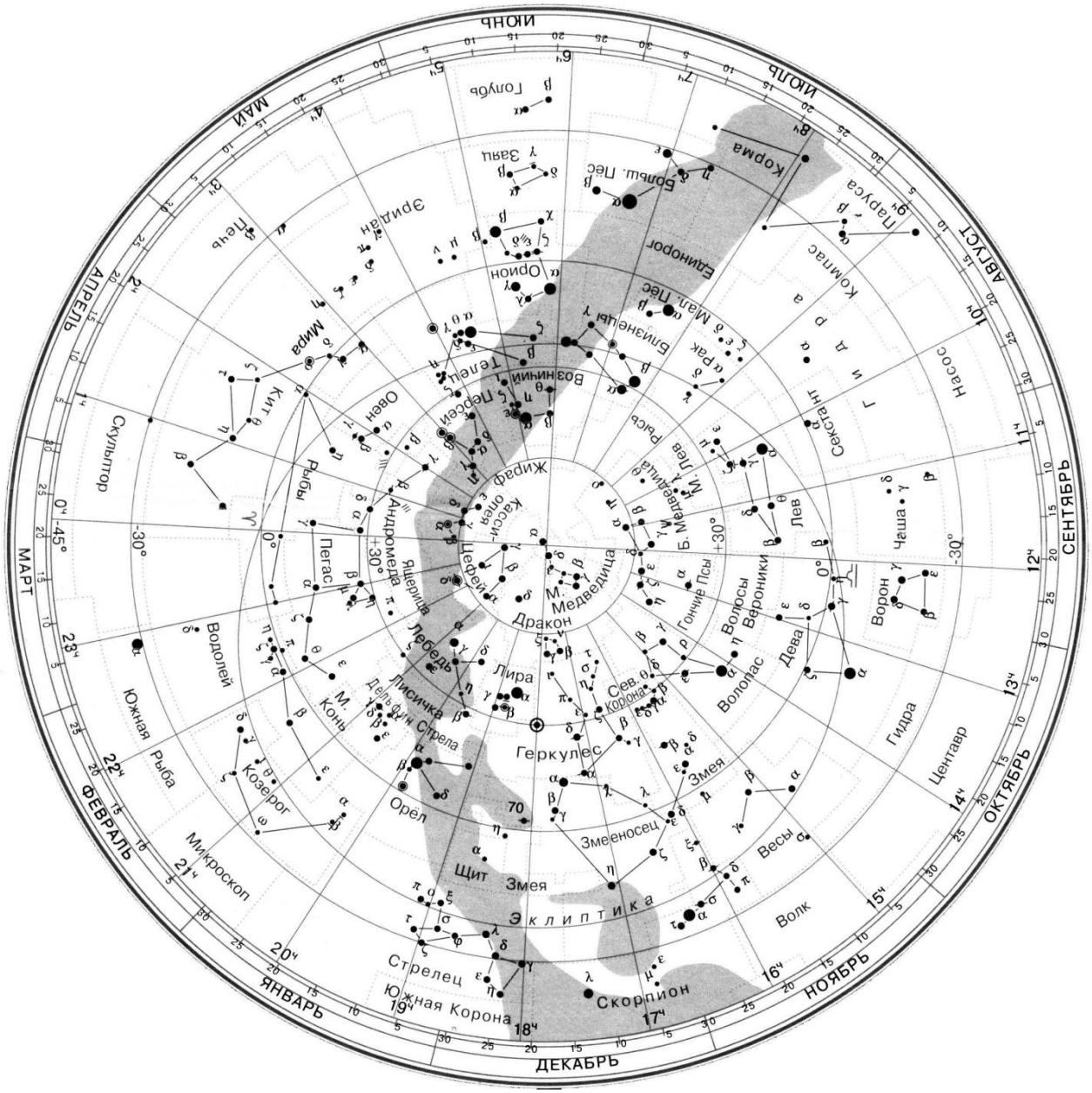
Время выполнения –
3 астрономических часа

1. Запишите длительности событий, расставьте в порядке увеличения:
1) длительность цикла солнечной активности;
2) период обращения Земли вокруг Солнца;
3) период обращения Нептуна вокруг Солнца;
4) осевой период вращения Сатурна;
5) время между последовательными противостояниями Урана;
6) возраст Солнца;
7) время, за которое свет долетает от Солнца до Нептуна;
8) средняя продолжительность жизни человека.

2. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



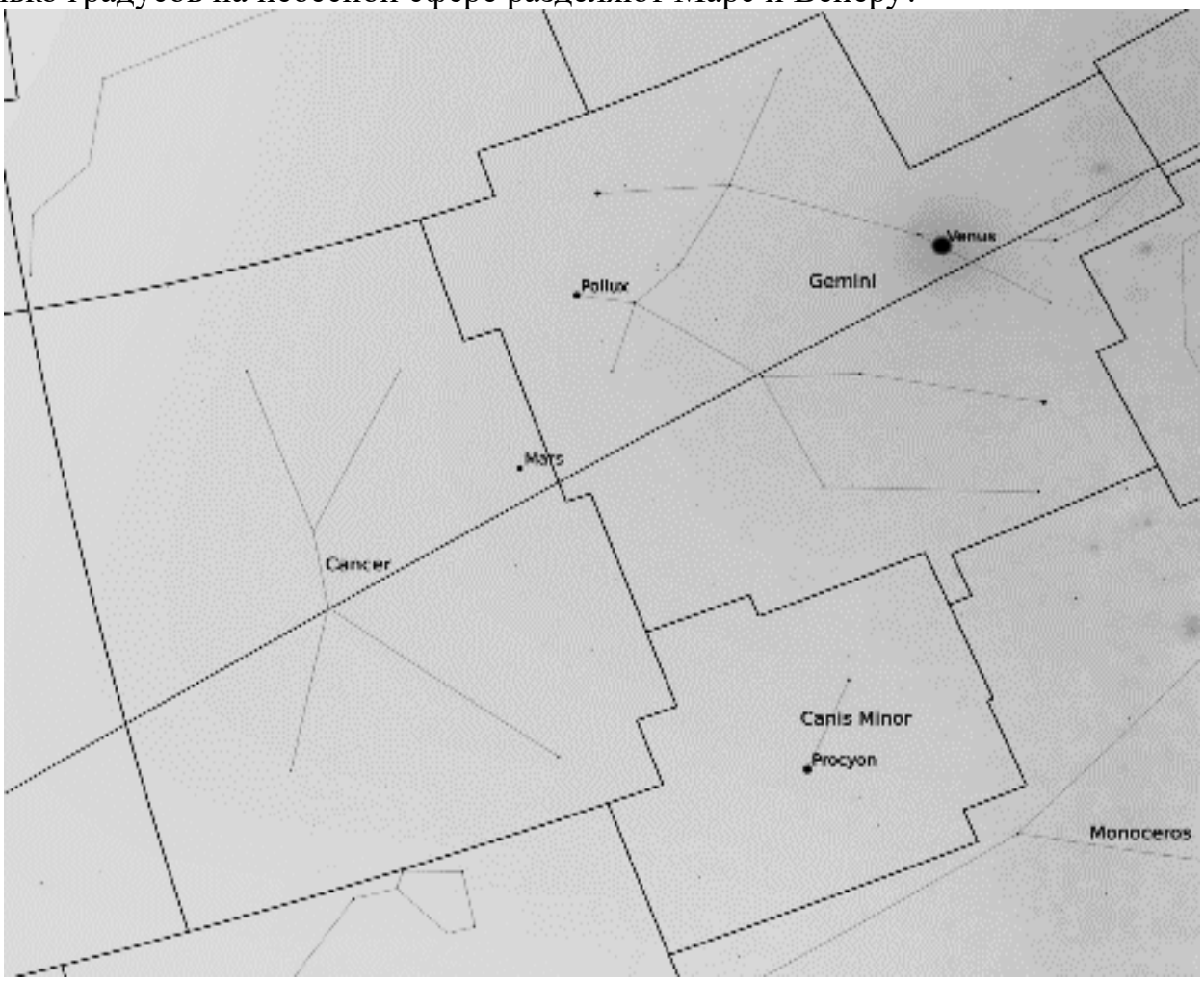
3. Вычислите высоту Солнца над горизонтом в верхней кульминации 22 октября на географической широте 46°. Поясните своё решение рисунком. Определите, к какой день (дата) в полдень на этой широте Солнце будет находиться на такой же высоте. Используйте карту звездного неба.



4. Комета 4P/Фая имеет вытянутую орбиту, её перигелийное расстояние равно q = 1,67 а.е, а период обращения вокруг Солнца равен T = 7,55 лет. Орбиты каких больших планет пересекает орбита этой кометы? Период обращения и большая полуось Земли равны соответственно $T_\oplus$ = 1 год и $a_\oplus$ = 1 а.е. Считать, что орбита кометы лежит в плоскости обращения планет вокруг Солнца.

5. 28 ноября 2022 г. на гелиоцентрическую орбиту выведен телескоп. Радиус орбиты отличается от размера большой полуоси орбиты Земли на 20%. Определите ближайшую дату, когда Земля и космический телескоп опять окажутся в такой же конфигурации, если орбиты круговые и лежат в одной плоскости. Ответ запишите в виде число-месяц-год. Допускается погрешность до 7 дней.

6. Вася сфотографировал участок звёздного неба. Для удобства обрабатывая негатив фотографии, он обозначил на нём два зодиакальных созвездия, Рака и Близнецов, а также провёл линию эклиптики, то есть плоскость орбиты Земли. Из справочника Вася узнал, что линия эклиптики в расположенном слева созвездии Рака занимает 20 градусов. Помогите Васе посчитать, сколько градусов занимает линия эклиптики в созвездии Близнецов и сколько градусов на небесной сфере разделяют Марс и Венеру?



Всероссийская олимпиада школьников по физике 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
10 класс

Время выполнения –
3 астрономических часа

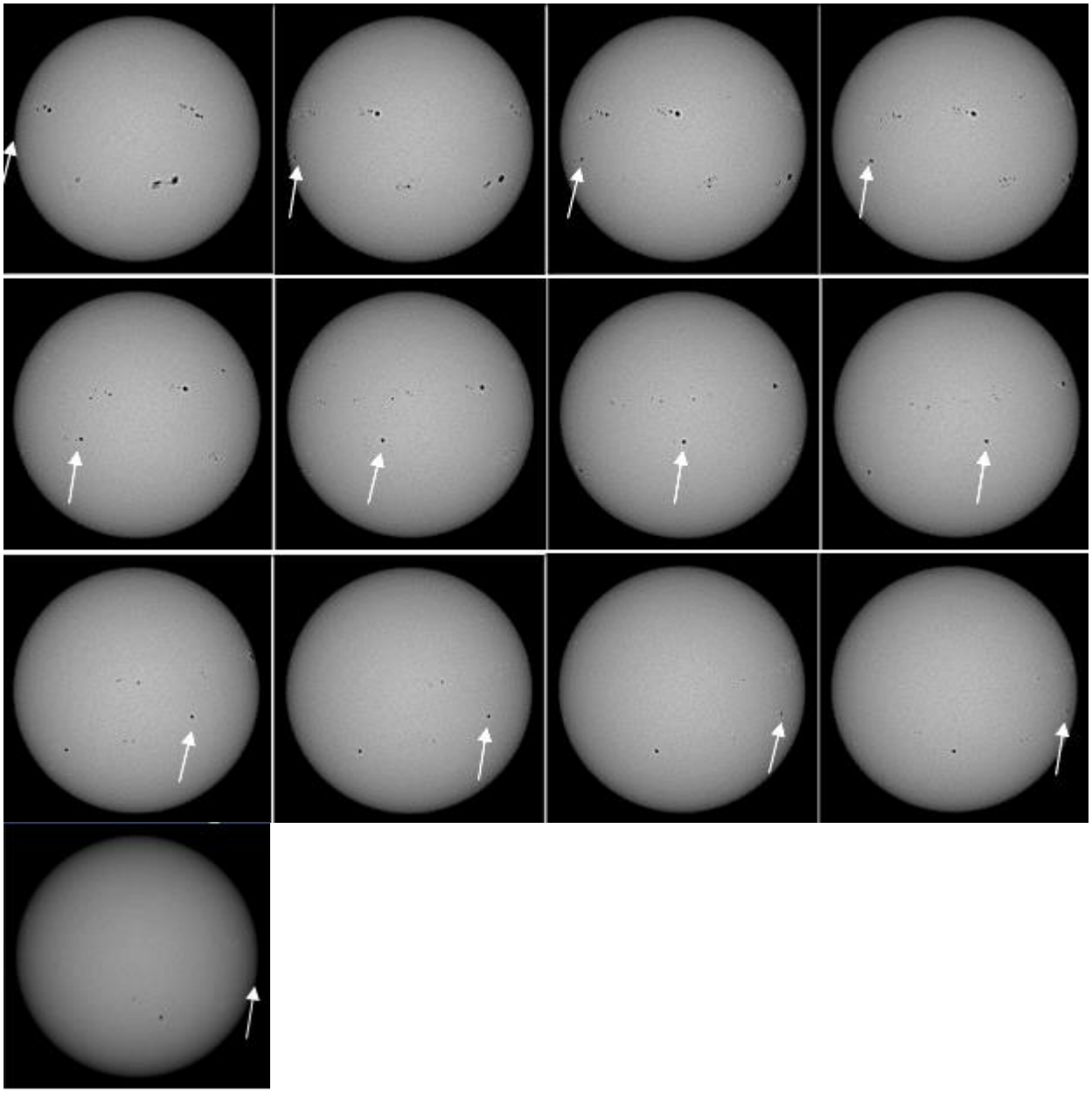
1.Запишите длительности событий, расставьте в порядке увеличения:
1) длительность цикла солнечной активности
2) период обращения Земли вокруг Солнца
3) период обращения Нептуна вокруг Солнца
4) осевой период вращения Сатурна
5) время между последовательными противостояниями Урана
6) возраст Солнца
7) время, за которое свет долетает от Солнца до Нептуна
8) средняя продолжительность жизни человека.

Решение: 1) 11 лет; 2) 1 год; 3) 164,79 лет; 4) 10,7 час; 5) 369,7 лет; 6) 4,6 млрд. лет; 7) 4,2 часа; 8) 73 года.

В порядке увеличения: 74218356.

Критерии: по 0,5 балла за каждый правильный ответ (допускается погрешность), 4 балла за правильно приведенную последовательность. Всего за задачу 8 баллов.

2. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



Решение:

По фото: с 14.07 по 20.07 пятно вблизи экватора переместилось на четверть окружности (т. е. 4·6 суток = 24 суток), а примерно с 14.07 по 26.07 — на половину длины экватора (т. е. 2·12 суток = 24 суток).

$l = 2 \cdot \pi \cdot r$, где r - радиус Солнца

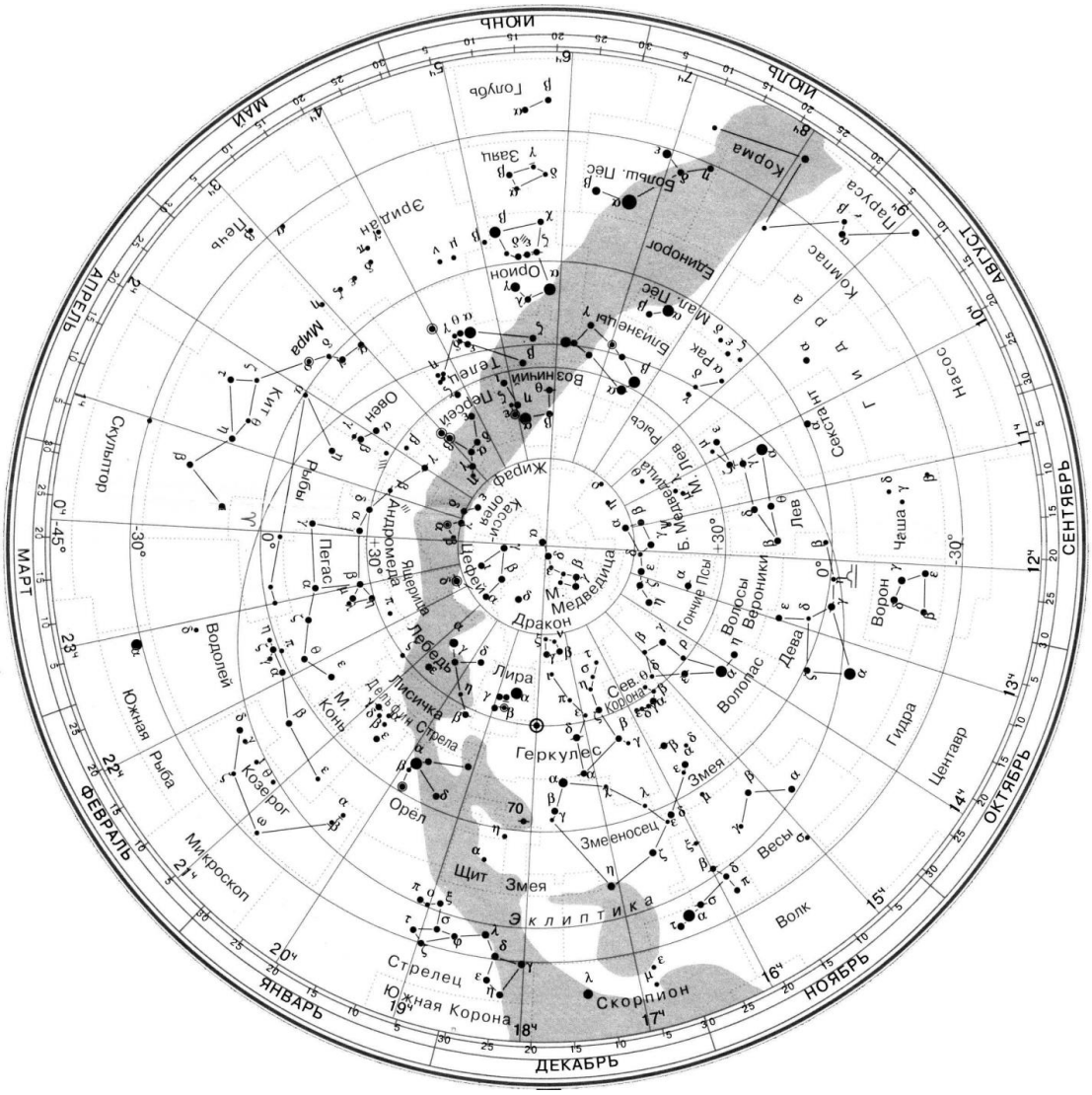
$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 697000\text{км}}{24\text{сут}} \approx 182000 \frac{\text{км}}{\text{сут}} \approx 2{,}1 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Критерии оценивания

Определение периода вращения (в сутках!) − 4 балла.

Нахождение скорости движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с!) − 4 балла.

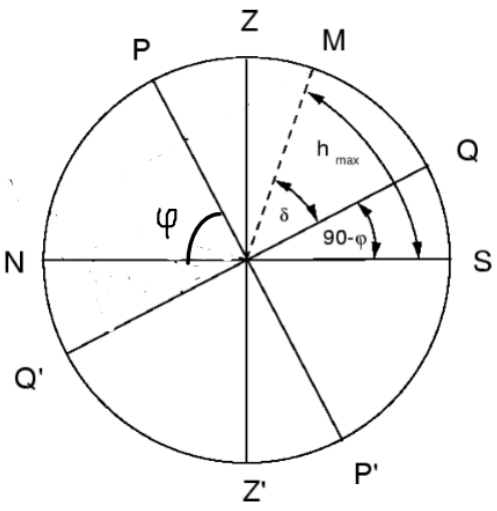
3. Вычислите высоту Солнца над горизонтом в верхней кульминации 22 октября на географической широте 46°. Поясните своё решение рисунком. Определите, к какой день (дата) в полдень на этой широте Солнце будет находиться на такой же высоте. Используйте карту звездного неба.



Решение:

По КЗН определим склонение Солнца на 22 октября: δ = -11° (±1°)
Согласно построению:

h = 90°- φ + δ = 90° - 46°- 11° = 33°



Такая же высота Солнца в полдень будет на дату с таким же склонением, -11°. Используя КЗН, определим: 20 февраля.

Критерии оценивания

Определено склонение Солнца на 22 октября – 2 балла.

Сделан рисунок, связывающий склонение, высоту Солнца в верхней кульминации и широту места наблюдения – 2 балла (если только формула без рисунка, то ставить 1 балл).

Найдена высота Солнца над горизонтом – 2 балла.

Правильно указана другая дата с таким же склонением – 2 балла.

4. Комета 4P/Фая имеет вытянутую орбиту, её перигелийное расстояние равно q = 1,67 а.е, а период обращения вокруг Солнца равен T = 7,55 лет. Орбиты каких больших планет пересекает орбита этой кометы? Период обращения и большая полуось Земли равны соответственно $T_\oplus$ = 1 год и $a_\oplus$ = 1 а.е. Считать, что орбита кометы лежит в плоскости обращения планет вокруг Солнца.

Решение:

Орбиты планет Меркурий, Венера, Земля и Марс данная комета пересекать не может, т.к. её перигелийное расстояние q = 1,67 а.е и оно превышает значения больших полуосей перечисленных планет (см. справочные данные). Необходимо определить афелийное расстояние кометы Q.

Т.к. $2a$ = Q + q, то Q = $2a$ - q

По III закону Кеплера $\frac{T^2}{T_\oplus^2} = \frac{a^3}{a_\oplus^3}$ или $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{7{,}55^2}$ а. е. ≈ 3,85 а. е.

Q = 2·3,85 а.е. – 1,67 а.е. ≈ 6 а.е.

Для Юпитера $a_ю$ = 5,2 а.е (для Сатурна 9,5 а.е), а зн. q ≤ $a_ю$ ≤ Q. Поэтому орбита кометы может пересекаться только с орбитой Юпитера.

Критерии оценивания

Понимание способа нахождения ответа через известное перигелийное расстояние (поэтому исключены Меркурий, Венера, Земля и Марс) – 2 балла.

Понимание способа нахождения ответа через известное афелийное расстояние (поэтому исключены все оставшиеся кроме Сатурна) – 2 балла.

Найдена большая полуось орбиты кометы (3 закон Кеплера) – 2 балла.

Найдено афелийное расстояние (из геометрии эллипса) – 2 балла.

5. 28 ноября 2022 г. на гелиоцентрическую орбиту выведен телескоп. Радиус орбиты отличается от размера большой полуоси орбиты Земли на 20%. Определите ближайшую дату, когда Земля и космический телескоп

опять окажутся в такой же конфигурации, если орбиты круговые и лежат в одной плоскости. Ответ запишите в виде число-месяц-год. Допускается погрешность до 7 дней.

Решение:

Определим период обращения космического аппарата (КА) вокруг Солнца. Возможно два варианта – орбита КА на 20% больше или на 20% меньше, чем у Земли. В первом случае КА движется по орбите с большой полуосью a = 1. 2 а.е., во втором случае a = 0. 8 а.е. Период обращения КА вокруг Солнца связан с размером большой полуоси через 3-й закон Кеплера: $\left(\frac{a}{a_\oplus}\right)^3 = \left(\frac{T}{T_\oplus}\right)^2$, , где в знаменателях стоят величины большой полуоси и периода обращения Земли. Тогда в первом случае $T_{КА} = \sqrt{1{,}2^3} \approx 1{,}31$ год, во втором случае $T_{КА} = \sqrt{0{,}8^3} \approx 0{,}72$ года.

Найдём период S повторения одинаковых конфигураций (в первом случае – противостояния, во втором – соединения) – синодический период обращения КА. В первом случае это будет формула для внешнего тела: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T_{KA}}$

Во втором случае – формула для $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{KA}} - \frac{1}{T_\oplus}$ внутреннего тела:

Тогда S_1 = 4,23 года ≈ 4 года 84 дней. S_2=2,57 лет ≈ 2 года 208 дней. Теперь можно ответить на вопрос задачи. Для этого необходимо прибавить к дате 28.11.2022 соответствующее значение S. Это можно сделать разными способами. При требуемой точности в неделю можно не учитывать наличие високосных лет, а также считать в месяце в среднем по 30 дней. Тогда в первом случае ответ: 22-02-2027. Во втором случае ответ: 26-06-2025.

Критерии: всего за задачу 8 баллов.

Понимание, что будет 2 случая – орбита больше земной и орбита меньше земной - оценивается в 1 балл (даже если, кроме этого, ничего не сделано).

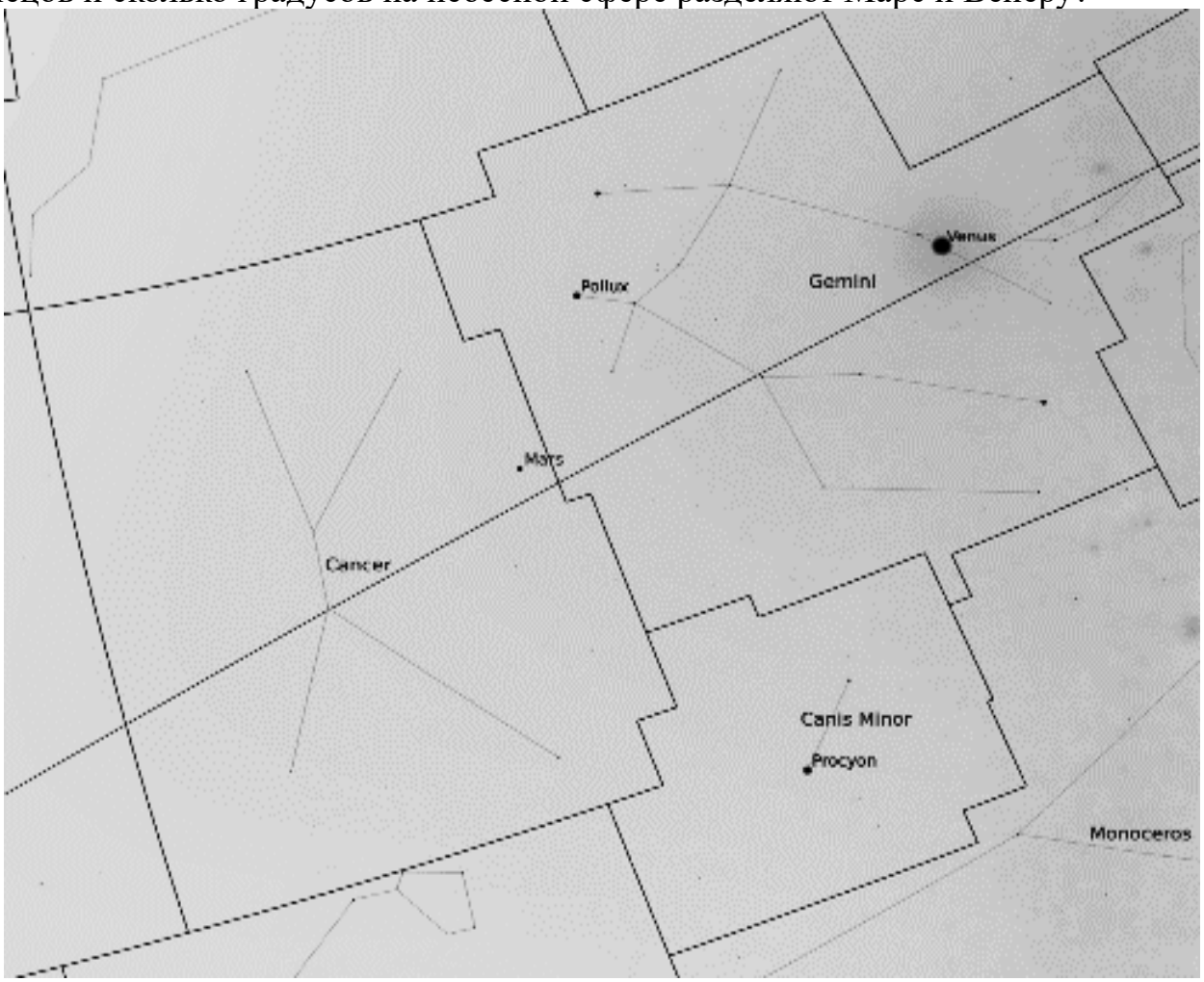
Запись формулы для 3-го закона Кеплера оценивается в 1 балл.

Вычисление периода обращения КА для каждого из случаев оценивается по 1 баллу.

Вычисление синодического периода обращения КА для каждого из случаев оценивается по 1 баллу.

Получение ответа с заданной точностью для каждого из случаев оценивается по 1 баллу.

6. Вася сфотографировал участок звёздного неба. Для удобства обрабатывая негатив фотографии, он обозначил на нём два зодиакальных созвездия, Рака и Близнецов, а также провёл линию эклиптики, то есть плоскость орбиты Земли. Из справочника Вася узнал, что линия эклиптики в расположенном слева созвездии Рака занимает 20 градусов. Помогите Васе посчитать, сколько градусов занимает линия эклиптики в созвездии Близнецов и сколько градусов на небесной сфере разделяют Марс и Венеру?



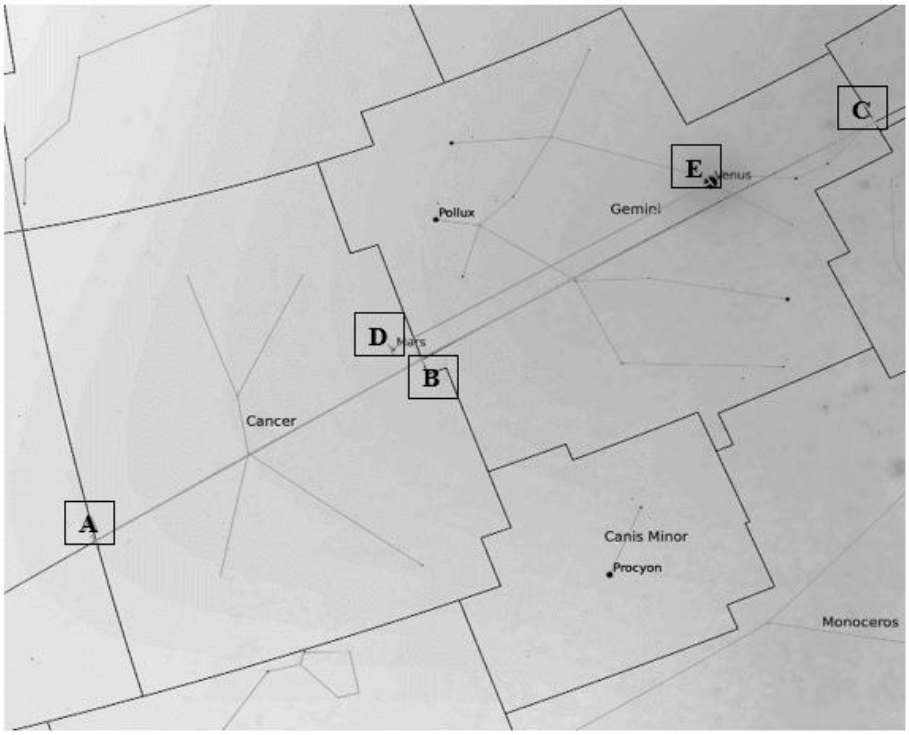
Решение:

Для решения данной задачи необходимо измерить линейкой расстояние AB (см. рисунок) и соотнести его с расстояниями BC и DE (см. рисунок). Измерения дают следующие результаты:

Измерения дают следующие результаты: $\frac{BC}{AB} \approx 1{,}36$ и $\frac{DE}{AB} \approx 0{,}97$

Следовательно $BC \approx 1{,}36 \cdot 20^{\circ} \approx 27^{\circ}$, в качестве допустимого диапазона для правильного ответа можно принять $BC \in [25°, 29°]$.

Аналогично $DE \approx 0{,}97 \cdot 20^{\circ} \approx 19{,}4°$, в качестве допустимого диапазона для правильного ответа можно принять $DE \in [18°, 21°]$.



Рекомендуемые критерии оценивания

Проведённые измерения расстояний на фото – 2 балла.

Использование принципа пропорциональности – 2 балла.

Получение правильного числового результата для линии эклиптики – 2 балла.

Получение правильного числового результата для углового расстояния между Марсом и Венерой – 2 балла.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
11 класс

Время выполнения –
3 астрономических часа

1. Первый космонавт Юрий Алексеевич Гагарин совершил на космическом корабле «Восток-1» один оборот вокруг Земли за 108 минут. Международная космическая станция совершает примерно 16 оборотов вокруг Земли за сутки. Поднялся ли Гагарин выше орбиты МКС. На сколько км выше или ниже МКС пролетел корабль «Восток-1»? Орбиты считать круговыми.

2. Исследовательский космический аппарат, пересекая орбиту астероида, имеющего период обращения вокруг Солнца ровно 20 лет, отправил сигнал наземному радиотелескопу слежения. Скорость аппарата относительно Солнца в этот момент была равна 12 км/с, а Земля наблюдалась со станции в наибольшей элонгации. Считая орбиты Земли и астероида круговыми, определите:

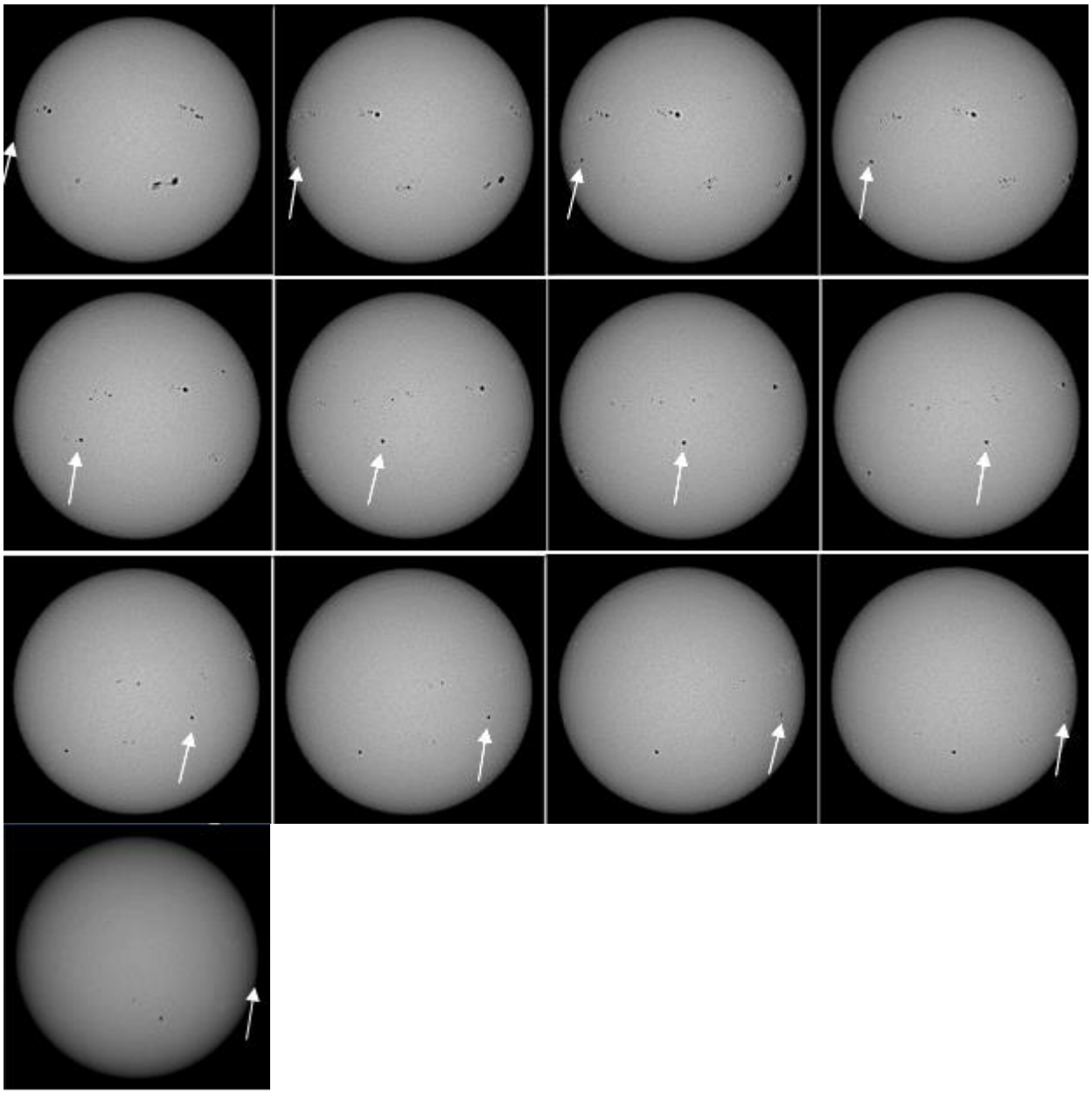
1. В какой конфигурации будет наблюдаться исследовательский аппарат с Земли? Ответ подтвердите построением.
2. Чему равен радиус орбиты астероида (ответ укажите в а.е.)?
3. Чему равно расстояние от станции до Земли (ответ укажите в а.е.)?
4. Сколько времени будет идти сигнал (ответ укажите в часах и округлите до сотых)?

3. Какой нужен телескоп (рефлектор или рефрактор), чтобы в него непосредственно увидеть истинный диск Плутона (выбор пояснить), угловой диаметр которого 0,1", если предельное угловое разрешение телескопа δ, определяемое размером дифракционного диска звезда и не зависящее от окуляра, составляет, где D – диаметр объектива телескопа в сантиметрах? Почему данного диаметра может быть недостаточно?

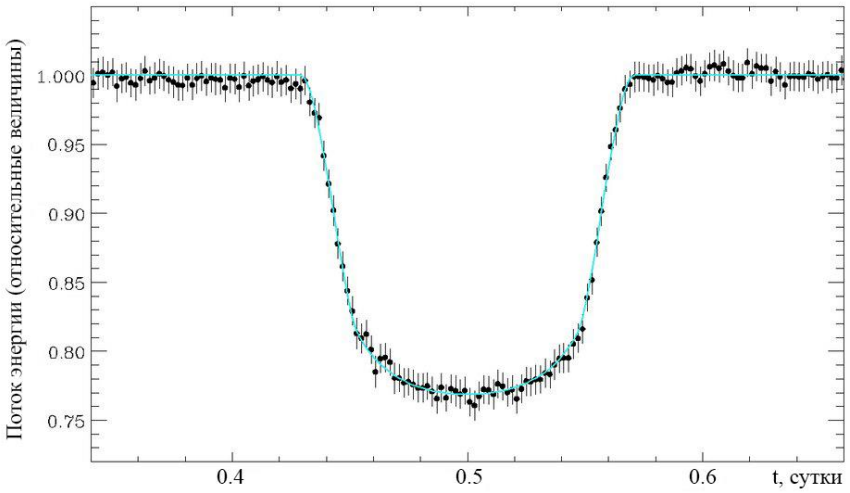
$$\delta = 1.22\frac{\lambda}{D}\,рад = \frac{14''}{D\,(см)}.$$

4. Определите расстояние до звезды Денеб в световых годах, если видимая звездная величина звезды $+1{,}3^m$, а абсолютная звездная величина $-7{,}4^m$.

5. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



6. При наблюдениях планетных систем у других звёзд (такие планеты называют экзопланетами) в некоторых случаях можно видеть прохождение экзопланеты по диску звезды. При этом экзопланета закрывает для земного наблюдателя часть диска звезды, что приводит к падению её блеска. На рисунке представлена кривая блеска, зарегистрированная во время прохождения экзопланеты по диску звезды. Кривая блеска представлена в виде графика, по оси абсцисс которого отложено время, а по оси ординат – измеренное количество энергии, приходящей от звезды на Землю (за единицу выбрана энергия, регистрируемая вне затмения). Точками показаны отдельные наблюдения, а линия соответствует усреднённым данным, по которым и требуется провести измерения.



1) Сколько минут длилось прохождение планеты по диску звезды от первого до последнего касания дисков звезды и планеты?

2) Во сколько раз ослабла звезда в минимуме блеска?

3) Какую часть площади диска (в процентах) звезды закрыла экзопланета в минимуме блеска (возможным потемнением диска звезды к краю пренебречь)?

4) Считая, что размеры звезды характерны для красных карликов (радиус равен 0,1 радиуса Солнца), определите радиус планеты и выразите ответ в километрах. Радиус Солнца считайте равным $7 \cdot 10^8$ м.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2026-2027 уч. год
Муниципальный этап
11 класс

Время выполнения –
3 астрономических часа

1. Первый космонавт Юрий Алексеевич Гагарин совершил на космическом корабле «Восток-1» один оборот вокруг Земли за 108 минут. Международная космическая станция совершает примерно 16 оборотов вокруг Земли за сутки. Поднялся ли Гагарин выше орбиты МКС. На сколько км выше или ниже МКС пролетел корабль «Восток-1»? Орбиты считать круговыми.

Решение:

Высота орбиты связана со скоростью полёта: чем выше орбита, тем ниже скорость. Выясним, кто из них летел с меньшей скоростью, для этого вычислим время, которое на один виток вокруг Земли тратит МКС: T=t/N = 1440 мин/16 оборотов = 90 мин. Юрий Гагарин летел на корабле «Восток-1» с меньшей скоростью, значит, орбита полёта была выше.

Определим орбиты. Т.к. орбиты можно считать круговыми, то скорость объекта на орбите можно определить по формуле $v = \frac{2\pi R}{T}$ или $v = \sqrt{\frac{G\,M_З}{R}}$ тогда $R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$. Подставив значения, получим

$R_{Восток\text{-}1} \approx 7500$ км, $R_{МКС} \approx 6600$ км. Тогда корабль Гагарина поднялся выше МКС на $\Delta R = 7500 - 6600 = 900$ км.

Критерии:

Определение периода обращения МКС – 1 балл.

Вывод о том, что высота орбиты связана со скоростью и орбита корабля «Восток-1» выше – 2 балла.

Определение радиусов орбит МКС и корабля «Восток-1» (допускается определение высоты над уровнем Земли) – по 2 балла за каждый.

Определение разницы высот – 1 балл.

2. Исследовательский космический аппарат, пересекая орбиту астероида, имеющего период обращения вокруг Солнца ровно 20 лет, отправил сигнал наземному радиотелескопу слежения. Скорость аппарата относительно Солнца в этот момент была равна 12 км/с, а Земля наблюдалась со станции в наибольшей элонгации. Считая орбиты Земли и астероида круговыми, определите:

1.В какой конфигурации будет наблюдаться исследовательский аппарат с Земли? Ответ подтвердите построением.

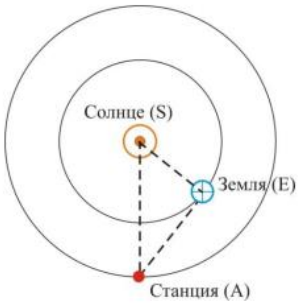
2.Чему равен радиус орбиты астероида (ответ укажите в а.е.)?

3.Чему равно расстояние от станции до Земли (ответ укажите в а.е.)?

4.Сколько времени будет идти сигнал (ответ укажите в часах и округлите до сотых)?

Решение:

1. Квадратура (Земля в вершине прямого угла!). Построение см. на рис.



2. Вычислим радиус орбиты астероида.

В соответствии с 3-м законом Кеплера, $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{20^2} \approx 7,37$ а. е.

3. По условию Земля находится в наибольшей элонгации. Значит, угол SEA – прямой. Сторона SA = $7,37$ а.е. сторона SE = 1 а.е. Отсюда по теореме Пифагора расстояние Земля-аппарат равно $\sqrt{7,37^2 - 1^2} = 7.3$ а.е.

4. Расстояние в 7,3 а.е. радиоволны пройдут за время t =$7,3 \frac{150000000}{300000} = 3650$ с ≈ 1,01 ч.

Критерии:

Названа конфигурация (1 балл), сделан рисунок (1 балл).

Найден радиус орбиты астероида – 2 балла.

Определено расстояние между Землёй и станцией – 2 балла.

Посчитано время прохождения сигнала – 2 балла.

3. Какой нужен телескоп (рефлектор или рефрактор), чтобы в него непосредственно увидеть истинный диск Плутона (выбор пояснить), угловой диаметр которого 0,1", если предельное угловое разрешение телескопа δ, определяемое размером дифракционного диска звезда и не зависящее от окуляра, составляет, где D – диаметр объектива телескопа в сантиметрах? Почему данного диаметра может быть недостаточно?

$$\delta = 1.22\frac{\lambda}{D}\,рад = \frac{14''}{D\,(см)}.$$

Решение:

Из формулы находим диаметр объектива D = 140 см. Наблюдение слабых объектов в телескоп связано с атмосферными искажениями и оптическими аберрациями. При большом увеличении изображение превращается в мутный диск. Телескопы-рефракторы (школьные телескопы) не пригодны для таких наблюдений, т.к. большее число линз даёт больше искажений. Следовательно, для данного наблюдения нужен телескоп –

рефлектор (в его основе параболическое зеркало, которое почти не даёт искажений) с диаметром объектива более 140 см.

Критерии:

Определение диаметра – 4 балла.

Обоснованный выбор телескопа-рефлектора – 2 балла.

Упоминание искажений (или аберраций) при наблюдении в телескоп из-за которых приходится увеличивать диаметр объектива – 2 балла.

4. Определите расстояние до звезды Денеб в световых годах, если видимая звездная величина звезды $+1{,}3^m$, а абсолютная звездная величина $-7{,}4^m$.

Решение:

$M = m + 5 - 5 \lg r$;

Выполним преобразования: $\lg r = (m + 5 - M) / 5$,

Тогда $r = 10^{(m+5-M)/5} = 10^{(1{,}3+5+7{,}4)/5} = 10^{2{,}74} = 550$ пк.

Т.к. 1 пк ≈ 3,26 св. года, то расстояние до Денеба ≈ 1800 св. лет.

Критерии:

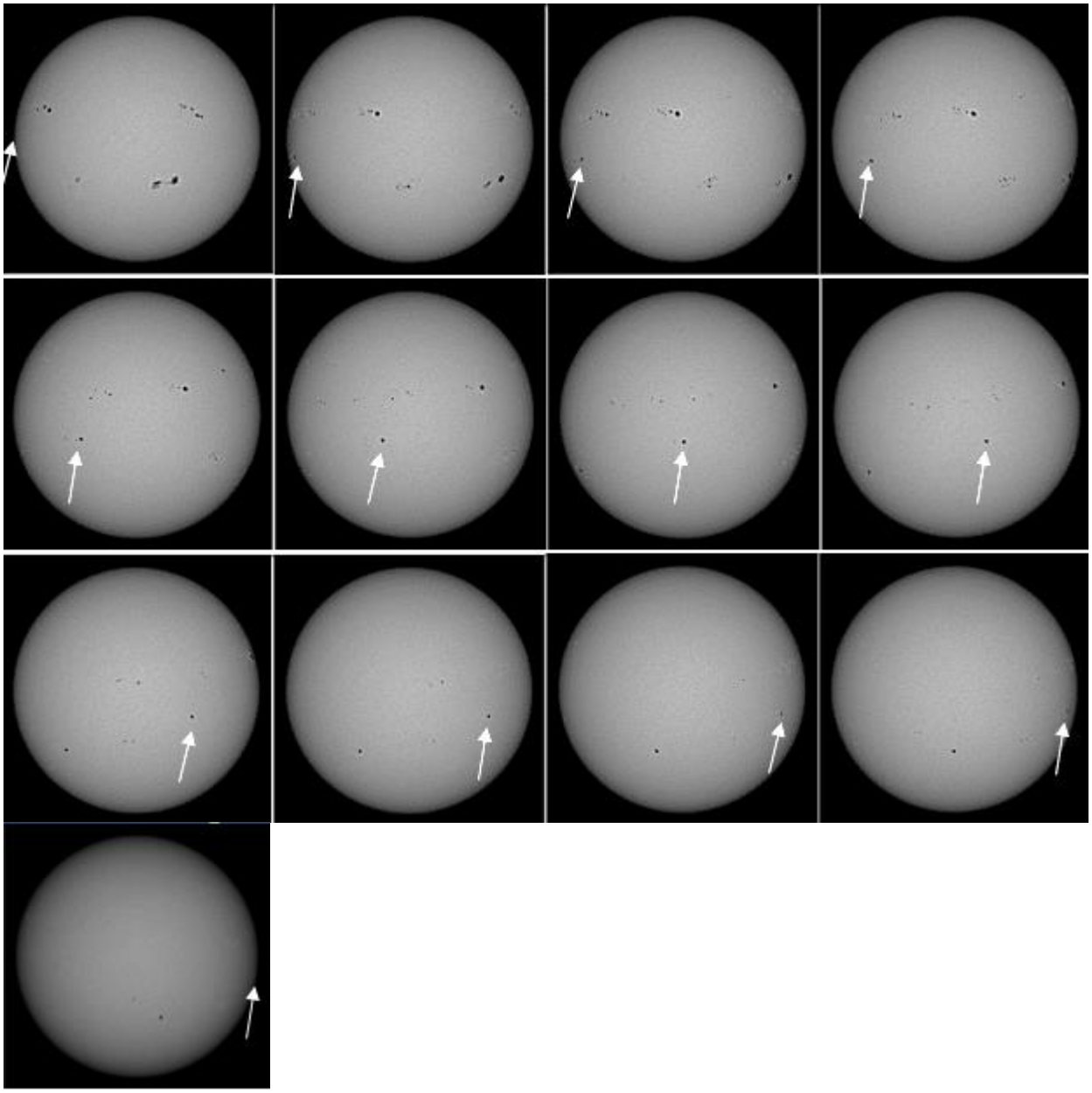
Связь абсолютной и видимой звёздных величин (формула) – 2 балла.

Сделаны преобразования по нахождению расстояния в парсеках – 2 балла.

Правильно найдено расстояние – 2 балла.

Переведено в св. года – 2 балла.

5. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



Решение:

По фото: с 14.07 по 20.07 пятно вблизи экватора переместилось на четверть окружности (т. е. 4⋅6 суток = 24 суток), а примерно с 14.07 по 26.07 — на половину длины экватора (т. е. 2⋅12 суток=24 суток).

$l = 2 \cdot \pi \cdot r$, где r - радиус Солнца

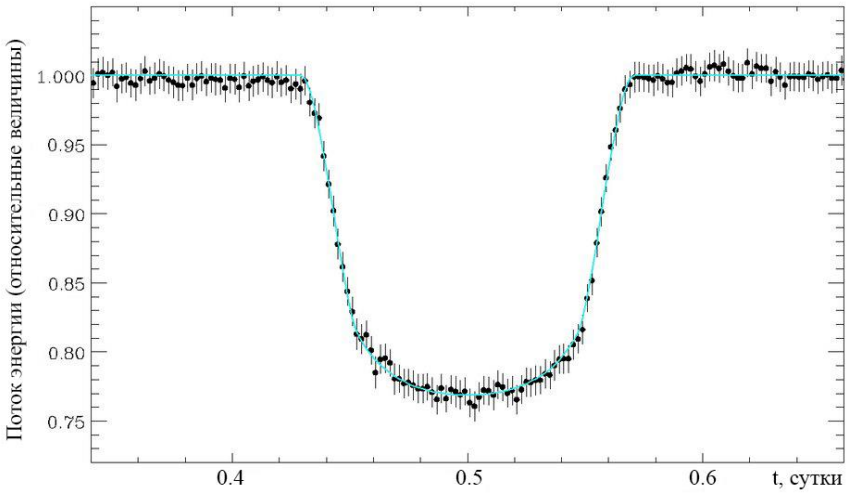
$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 697000\text{км}}{24\text{сут}} \approx 182000 \frac{\text{км}}{\text{сут}} \approx 2{,}1 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Критерии оценивания

Определение периода вращения (в сутках!) − 4 балла.

Нахождение скорости движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с!) − 4 балла.

6. При наблюдениях планетных систем у других звёзд (такие планеты называют экзопланетами) в некоторых случаях можно видеть прохождение экзопланеты по диску звезды. При этом экзопланета закрывает для земного наблюдателя часть диска звезды, что приводит к падению её блеска. На рисунке представлена кривая блеска, зарегистрированная во время прохождения экзопланеты по диску звезды. Кривая блеска представлена в виде графика, по оси абсцисс которого отложено время, а по оси ординат – измеренное количество энергии, приходящей от звезды на Землю (за единицу выбрана энергия, регистрируемая вне затмения). Точками показаны отдельные наблюдения, а линия соответствует усреднённым данным, по которым и требуется провести измерения.



1) Сколько минут длилось прохождение планеты по диску звезды от первого до последнего касания дисков звезды и планеты?

2) Во сколько раз ослабла звезда в минимуме блеска?

3) Какую часть площади диска (в процентах) звезды закрыла экзопланета в минимуме блеска (возможным потемнением диска звезды к краю пренебречь)?

4) Считая, что размеры звезды характерны для красных карликов (радиус равен 0,1 радиуса Солнца), определите радиус планеты и выразите ответ в километрах. Радиус Солнца считайте равным $7 \cdot 10^8$ м.

Ответы и критерии:

1) 200 минут (т.к. «провал» зависимости соответствует 7 единичным делениям по горизонтальной оси); ответ в диапазоне [195;205] минут оценивается в 2 балла. Ответ в диапазоне [140;150] оценивается 1 баллом.

2) В 1,4 раза (из отношения по вертикальной оси ≈ 1/0,77) оценивается в 2 балла.

3) 23% (т.к. падение блеска пропорционально видимому изменению площади излучения звезды (1-0,77)/1); ответ в диапазоне [22;24] оценивается в 2 балла.

4) Ответ в диапазоне [33000; 35000] км оценивается в 2 балла. Площадь излучения пропорциональна видимой площади поверхности звезды или квадрату её радиуса, тогда падения блеска на 23% даёт информацию о радиусе планеты $(R/r)^2 = 1/0,23$ где $R=0,1 \cdot 7 \cdot 10^5$ км, откуда $r \approx 34000$ км.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ м^3·кг$^{-1}$·с$^{-2}$
Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8$ м/с
Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ кг·с$^{-3}$·K^{-4}
Астрономическая единица 1 а.е. = $1.496 \cdot 10^{11}$ м
Парсек 1 пк = 206265 а.е. = $3.086 \cdot 10^{16}$ м
Постоянная Хаббла $H = 72$ км/(с·Мпк)

Данные о Солнце

Радиус 695 000 км
Масса $1.989 \cdot 10^{30}$ кг
Светимость $3.88 \cdot 10^{26}$ Вт
Спектральный класс G2
Видимая звездная величина -26.78^m
Абсолютная болометрическая звездная величина $+4.72^m$
Показатель цвета (B–V) $+0.67^m$
Температура поверхности около 6000K
Средний горизонтальный параллакс 8.794″

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0.017
Тропический год 365.24219 суток
Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с
Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: 23° 26′ 21.45″
Экваториальный радиус 6378.14 км
Полярный радиус 6356.77 км
Масса $5.974 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность 5.52 г·см$^{-3}$

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
Минимальное расстояние от Земли 356410 км
Максимальное расстояние от Земли 406700 км
Эксцентриситет орбиты 0.055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике 5°09′
Сидерический период обращения 27.321662 суток
Синодический период обращения 29.530589 суток
Масса $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81.3 массы Земли
Средняя плотность 3.34 г·см$^{-3}$
Визуальное геометрическое альбедо 0.12
Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^m