

Московская олимпиада школьников. Астрономия. 8–9 классы. Первый тур дистанционного этапа, 2024/25

9 ноя 2024 г., 10:00 — 17 ноя 2024 г., 23:59

№ 1

2 балла

При наблюдении с Земли все внешние планеты одновременно вступили в западную квадратуру. При этом Венера и Меркурий наблюдались в нижнем соединении. В этот момент наблюдатель на Марсе измерил расстояния до всех планет Солнечной системы.

Планета	Расстояние от Солнца, а. е.	Планета	Расстояние от Солнца, а. е.
Меркурий	0,39	Юпитер	5,20
Венера	0,72	Сатурн	9,54
Земля	1,00	Уран	19,2
Марс	1,52	Нептун	30,1

Во сколько раз отличается минимальное измеренное расстояние от максимального?
В ответе укажите отношение большего расстояния к меньшему, округлите до целого.

Число

№ 2

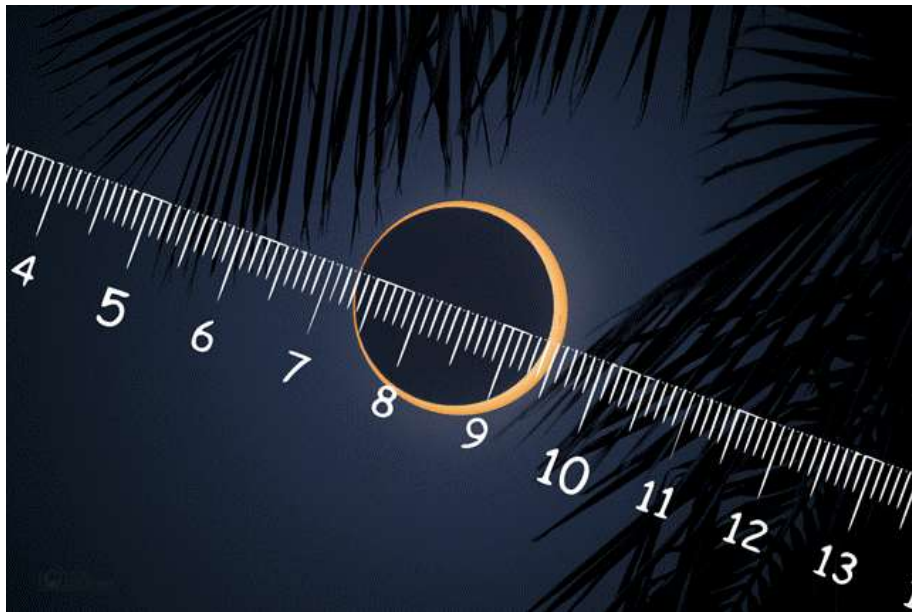
2 балла

Определите долю видимой площади Солнца, которая не закрыта Луной на фотографии.



Автор фото *Yuri Beletsky*

Для удобства ниже приложена линейка, граница которой проходит ровно через наблюдаемые центры Луны и Солнца.



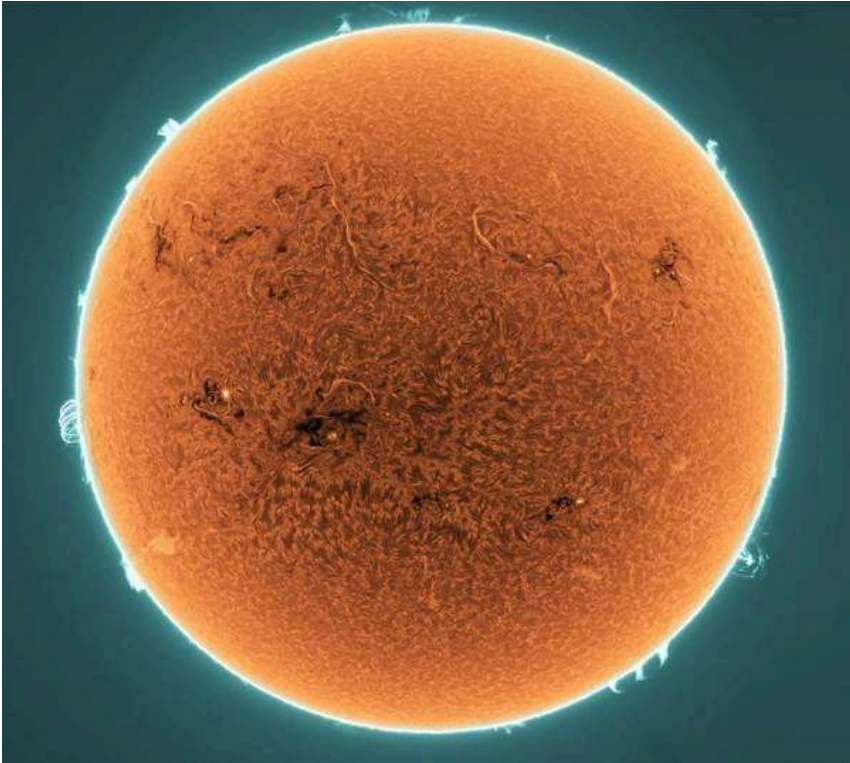
Ответ укажите в процентах, округлите до целых.

Число

№ 3

2 балла

Какой объект изображён на фото?



Автор фото *Steen Søndergaard*

- Земля
- Луна
- митохондрии
- желток
- Солнце
- Меркурий
- Плутон
- протозвезда

№ 4

2 балла

Определите фазу Луны на фотографии.



Автор фото *Alan Dyer*

- первая четверть
- полнолуние
- третья четверть
- новолуние
- на изображении отсутствует Луна

№ 5

2 балла

Воздушный шар, взлетев ровно над точкой на Земле с широтой 60° с. ш., пролетел 10 тысяч километров точно на восток, потом повернулся в сторону юга и, не поворачивая, пролетел 20 тысяч километров, а затем — ещё 10 тысяч километров точно на восток. Определите кратчайшее расстояние вдоль поверхности Земли между точками старта и финиша, ответ выразите в тысячах километров, округлите до целого.

Пример. Если вы получили $55\,000$ км, то в ответе нужно записать 55 .

Число

№ 6

1 балл

Во сколько раз массовая доля водорода у ближайшей к Земле звезды отличается от солнечной?

Число

№ 7

3 балла

Предположим, что 25 дней назад было солнечное затмение. Во сколько сегодня зашла бы Луна, если мы находимся в тропиках?

2 часа

8 часов

14 часов

20 часов

№ 8

1 балл

Созвездие Малая Медведица граничит с созвездиями (выберите все варианты):

Большая Медведица

Цефей

Малый Конь

Октант

Змееносец

Дракон

Лев

Жираф

№ 9

2 балла

Расположите орбиты тел по увеличению орбитальной скорости. Все тела обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам.

Расставьте в верной последовательности –

Самая медленная орбитальная скорость

Тело с радиусом орбиты 2 а. е.

Тело, которое за один земной год пролетает 2 а. е. по орбите.

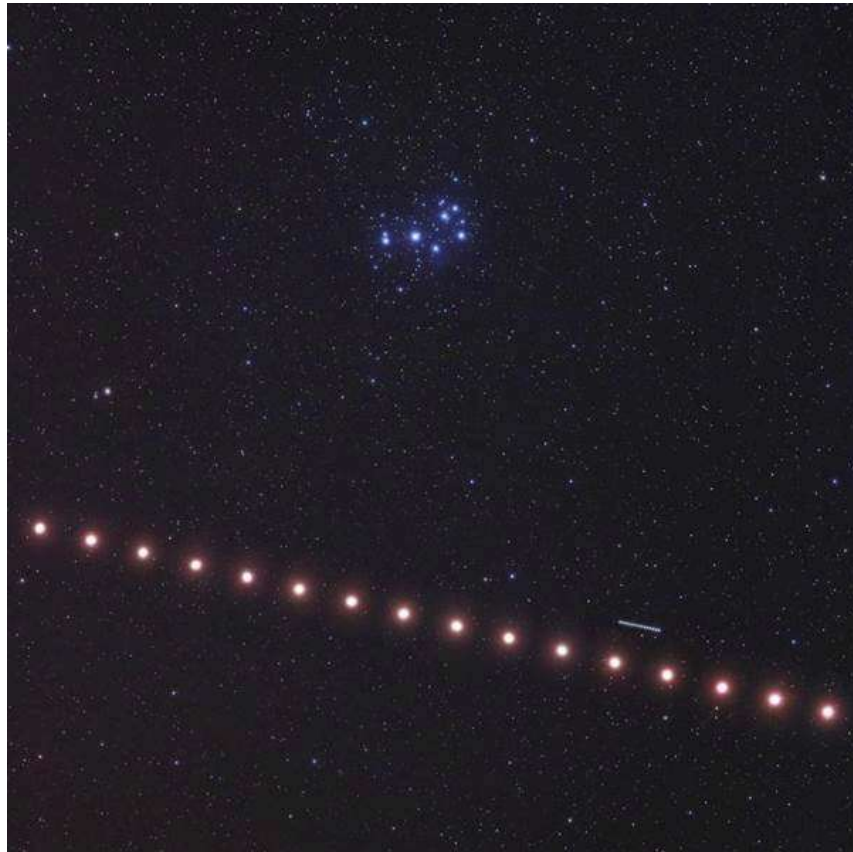
Тело, угловая скорость которого по орбите 2 градуса в день.

Тело, которое за один свой период пролетает 2 а. е. по орбите.

Тело с периодом обращения 2 года.

№ 10

3 балла



Автор фото *Tunc Tezel*

Перед вами коллаж фотографий Марса, совмещённых по далёким звёздам. Фотосъёмки производились каждую ночь начиная с 12 июля. Оцените угловое перемещение Марса, ответ укажите в градусах.

Число

№ 11

3 балла

Какую площадь замечает (покрывает) тень от тонкого метрового шеста на Южном полюсе в день зимнего солнцестояния за 1 сутки? Ответ укажите в квадратных метрах, округлите до целых.

Число

1 балл

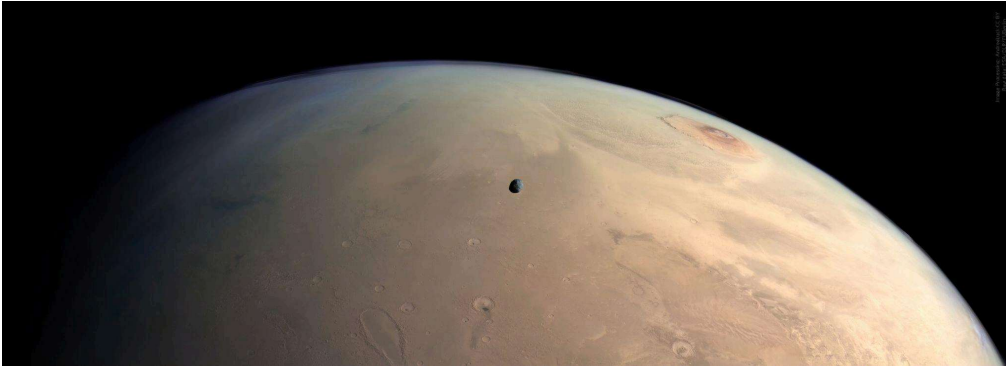


Фото: ESA, DLR, FU Berlin, Mars Express. Обработка: Andrea Luck

Выберите **два** объекта, которые видно на изображении.

планета Марс

гора Олимп

спутник Пак

спутник Луна

планета Меркурий

гора Эверест

4 балла

Перед вами фотография, на которой запечатлён пуск ракеты.



Автор фото *Rory Gannaway*

Оцените продолжительность экспозиции в минутах.

Число

Оцените максимальное склонение ракеты на фото, считая, что наблюдатель удалён от экватора на **39** градусов в сторону юга.

Число

№ 14

2 балла

Даны высоты верхних кульминаций светил в Москве (широта Москвы равна 56 градусов). Расставьте объекты в порядке уменьшения высоты нижней кульминации.

Расставьте в верной последовательности

Самая высокая нижняя кульминация

Высота 70 градусов над точкой севера

Высота 80 градусов над точкой севера

Высота 80 градусов над точкой юга

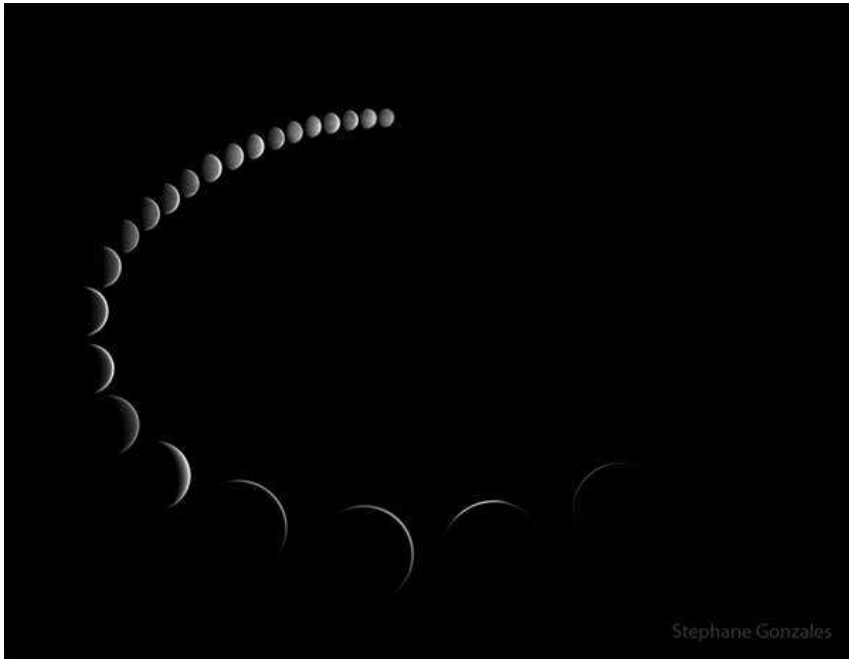
Высота 70 градусов над точкой юга

Высота 10 градусов над точкой юга

Высота 90 градусов

2 балла

Перед вами коллаж фотографий планеты, сделанных с Земли.



Автор фото *Stéphane Gonzales*

Что это за планета?

Меркурий

Венера

Земля

Марс

Юпитер

Сатурн

Нептун

Плутон

Задания и решения
1-го дистанционного этапа
Московской астрономической олимпиады
2024–2025 уч. г.
8–9 классы

Задание 1

При наблюдении с Земли все внешние планеты одновременно вступили в западную квадратуру. При этом Венера и Меркурий наблюдались в нижнем соединении. В этот момент наблюдатель на Марсе измерил расстояния до всех планет Солнечной системы. Во сколько раз отличается минимальное измеренное расстояние от максимального? В ответе укажите отношение большего расстояния к меньшему, округлите до целого.

Планета	Расстояние от Солнца, а. е.	Планета	Расстояние от Солнца, а. е.
Меркурий	0.39	Юпитер	5.20
Венера	0.72	Сатурн	9.54
Земля	1.00	Уран	19.2
Марс	1.52	Нептун	30.1

Ответ: 25.

Комментарий. Ближайшей планетой оказалась Земля на расстоянии

$$\sqrt{1.52^2 - 1^2} = 1.14 \text{ а. е.},$$

а самой удалённой Нептун на расстоянии

$$\sqrt{30.1^2 - 1^2} - \sqrt{1.52^2 - 1^2} = 28.9 \text{ а. е.}$$

Тогда искомое отношение

$$\frac{28.9}{1.14} = 25.$$

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

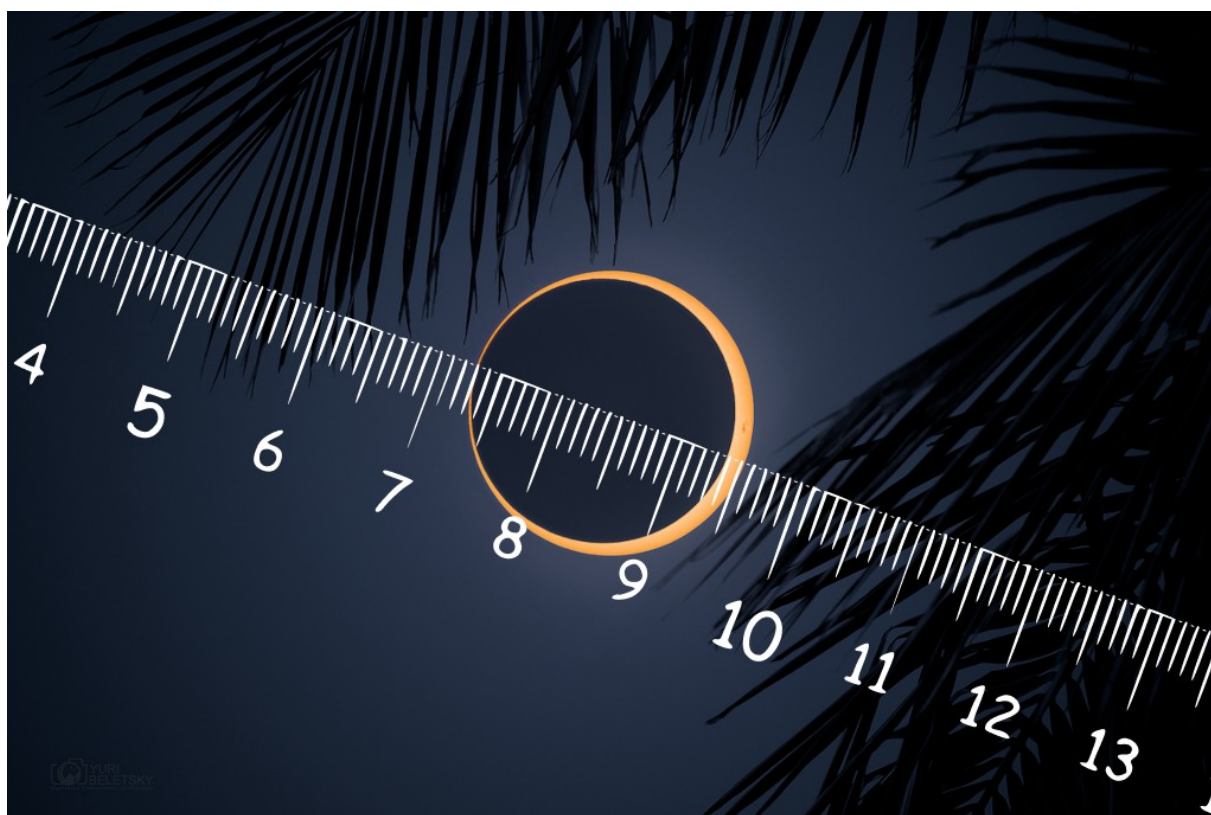
Итого за задачу **2 балла**.

Задание 2

Определите долю видимой площади Солнца, которая не закрыта Луной на фотографии¹.



Для удобства ниже приложена линейка, граница которой проходит ровно через наблюдаемые центры Луны и Солнца.



Ответ укажите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 9.

¹ Изображение: APOD / Yuri Beletsky — <https://apod.nasa.gov/apod/ap241011.html>.

Комментарий. На фотографии изображено кольцеобразное солнечное затмение. Диаметр Луны по линейке равен 21 мм, Солнца – 22 мм. Площадь пропорциональна квадрату диаметра. Нас интересует площадь Солнца без Луны, делённая на площадь Солнца:

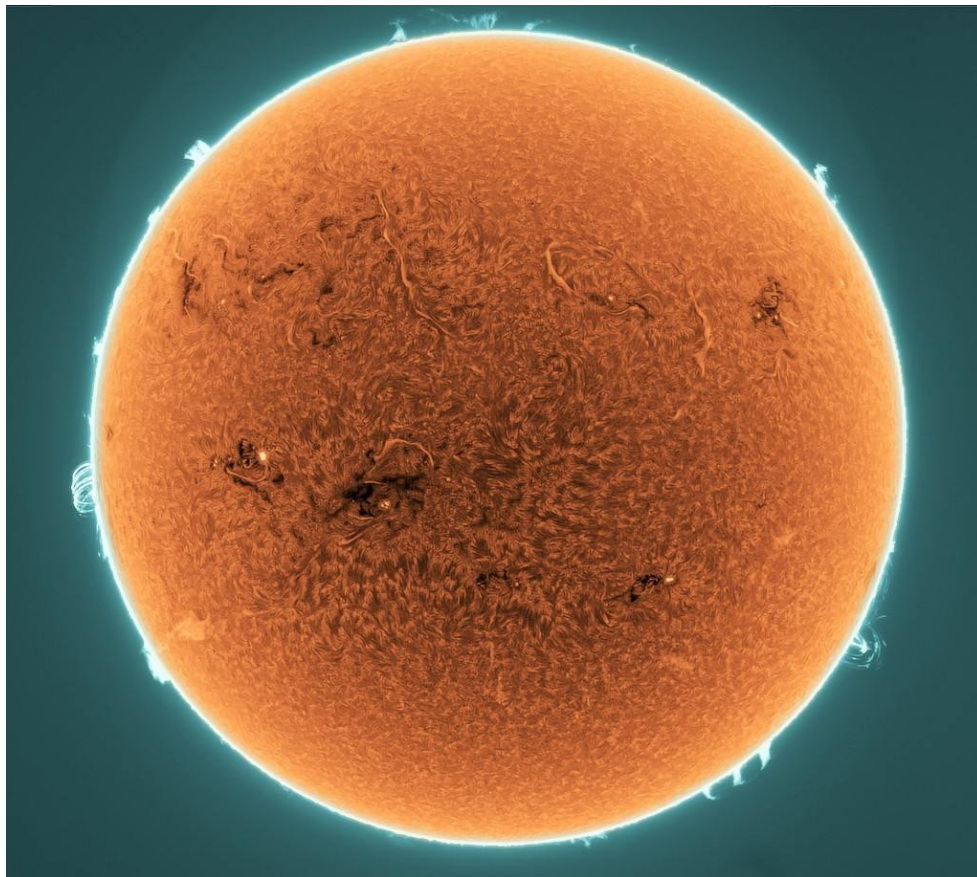
$$\frac{22^2 - 21^2}{22^2} \approx 9\%.$$

Критерии. За ответы 8, 9 или 10 ставится **2 балла**. За неокругленный ответ от 8 до 10, а также за ответ от 0.08 до 0.10 ставится **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 3

Какой объект изображён на фото²?



- Земля
- Луна
- митохондрии
- желток
- Солнце
- Меркурий
- Плутон
- протозвезда

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

2 Изображение: APOD / Steen Søndergaard — <https://apod.nasa.gov/apod/ap240615.html>.

Задание 4



Определите фазу Луны на изображении³.

- первая четверть
- полнолуние
- **третья четверть**
- новолуние
- на изображении Луна отсутствует

Комментарий. На изображении освещена половина диска Луны. Мы видим, например, по изображению Плеяд, что Северный полюс эклиптики располагается выше и левее, то есть мы наблюдаем стареющую Луну.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

³ Изображение: APOD / Alan Dyer — <https://apod.nasa.gov/apod/ap240903.html>.

Задание 5

Воздушный шар, взлетев ровно над точкой на Земле с широтой 60 градусов с. ш., пролетел 10 тысяч километров точно на восток, потом повернулся в сторону юга и, не поворачивая, пролетел 20 тысяч километров, а затем – ещё 10 тысяч километров точно на восток. Определите кратчайшее расстояние вдоль поверхности Земли между точками старта и финиша, ответ выразите в тысячах километров, округлите до целого.

Пример. Если вы получили 55 000 км, то в ответе нужно записать 55.

Ответ: 20.

Комментарий. Пусть исходные долгота и широта равны соответственно φ и λ . Длина малого круга на широте 60 градусов в два раза меньше длины экватора. После первого маневра долгота и широта будут φ , $\lambda + 180^\circ$. Затем шар окажется в диаметрально противоположной точке, то есть в точке с координатами $-\varphi$, λ . Затем он окажется в точке с координатами $-\varphi$, $\lambda + 180^\circ$, то есть в точке, диаметрально противоположной исходной.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. За ответ от 19 800 до 20 200 ставится **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 6

Во сколько раз массовая доля водорода у ближайшей к Земле звезды отличается от солнечной?

Ответ: 1.

Комментарий. Ближайшая к Земле звезда – это Солнце, поэтому массовая доля водорода в точности равна солнечной.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задание 7

Предположим, что 25 дней назад было солнечное затмение. Во сколько сегодня зашла бы Луна, если мы находимся в тропиках?

- 2 часа
- 8 часов
- **14 часов**
- 20 часов

Комментарий. С каждым днём луна заходит примерно на 24/30 часа позже. В момент затмения Луна и Солнце заходили примерно одновременно. Через 25 дней луна будет заходить позже примерно на $24/30 \cdot 25$ часов, что равно 20 часам. Заход Солнца наблюдается около 18 часов (Солнце в тропиках примерно половину времени проводит под горизонтом, а половину над; полдень в 12 часов, значит заход – на 6 часов позже, то есть в 18 часов). Прибавляя 20 часов получаем 14 часов.

Критерии. За правильный ответ ставится **3 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **3 балла**.

Задание 8

Созвездие Малая Медведица граничит с созвездиями (выберите все варианты):

- Большая Медведица
- **Цефей**
- Малый Конь
- Октант
- Змееносец
- **Дракон**
- Лев
- **Жираф**

Комментарий. Главное – не забыть, что границы с Большой Медведицей нет. Октант находится в районе Южного полюса мира, остальные созвездия – недалеко от экватора.

Критерии. За полностью правильный ответ ставится **1 балл**. За каждый ошибочно выбранный или ошибочно невыбранный ответ – штраф **-0.25 балла**. Если сделано 3 и больше ошибки – **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задание 9

Расположите орбиты тел по увеличению орбитальной скорости. Все тела обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам.

1. Тело с радиусом орбиты 2 а. е.
2. Тело с периодом обращения 2 года.
3. Тело, угловая скорость которого по орбите 2 градуса в день.
4. Тело, которое за один свой период пролетает 2 а. е. по орбите.
5. Тело, которое за один земной год пролетает 2 а. е. по орбите.

Ответ: 51234.

Комментарий. Скорость на круговой орбите с радиусом r равна

$$\sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{GM}{r_3} \frac{r_3}{r}} = v_3 \sqrt{\frac{1 \text{ а.е.}}{r}}.$$

Посчитаем

1. $v = v_3 \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.71 v_3.$

2. $r = T^{2/3} = 1.59 \text{ а.е.}, v = v_3 \frac{1}{\sqrt{1.58}} = 0.79 v_3.$

3. $T = 0.5 \text{ года}, a = T^{2/3} = 0.63 \text{ а.е.}, v = v_3 \frac{1}{\sqrt{0.63}} = 1.26 v_3.$

4. 2 а. е. — это длина орбиты, значит радиус

$$r = \frac{2 \text{ а.е.}}{2\pi} = 0.32 \text{ а.е.}, v = v_3 \frac{1}{\sqrt{0.32}} = 1.77 v_3.$$

5. Скорость тела на такой орбите равна $v = 2 \text{ а. е. / год}$, скорость Земли (весь путь на всё время) равна $v_3 = 2\pi \text{ а. е. / год}$, откуда можно выразить $v = v_3 / \pi \approx 0.32 v_3.$

Ответ: 51234.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 10

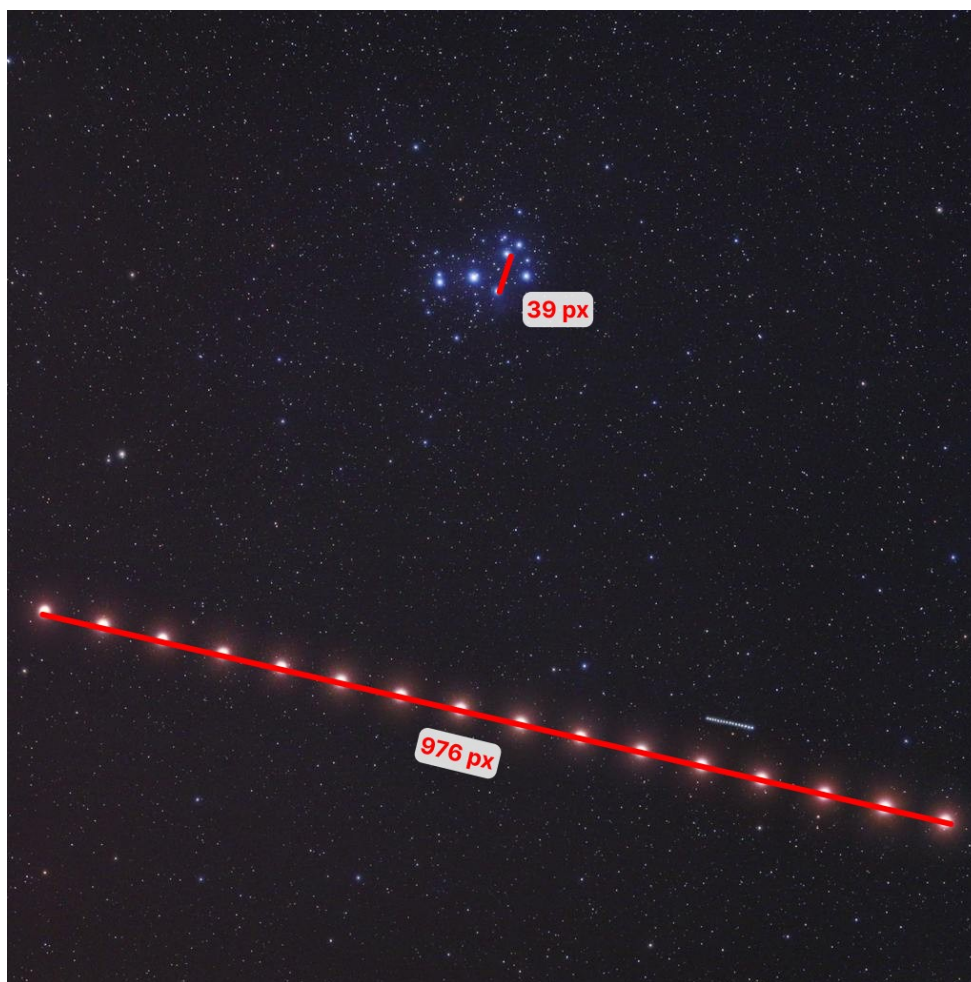


Перед вами коллаж фотографий Марса, совмещённых по далёким звёздам⁴. Фотосъёмки производились каждую ночь начиная с 12 июля. Оцените угловое перемещение Марса, ответ укажите в градусах.

Ответ: от 10 до 15.

Комментарий. Берём для масштаба Плеяды, а их сравниваем с Луной (см. иллюстрацию к заданию 4). На приведённом ниже изображении отмечена пара звёзд, расстояние между которыми примерно равно размеру Луны – полградуса. Путь Марса в размерах Луны получается около $976/39 = 25$ размеров Луны, то есть 12.5 градусов.

4 Изображение: APOD / Tunc Tezel — <https://apod.nasa.gov/apod/ap240802.html>.



Критерии. За правильный ответ (с учётом диапазона) ставится **3 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **3 балла**.

Задание 11

Какую площадь замечает (покрывает) тень от тонкого метрового шеста на Южном полюсе в день зимнего солнцестояния за 1 сутки? Ответ укажите в квадратных метрах, округлите до целых.

Ответ: 16 или 17.

Комментарий. В день зимнего солнцестояния склонение Солнца составляет -23.5° , а на Южном полюсе высота Солнца 23.5° . В течение суток высота Солнца изменяется незначительно. Тогда длина тени шеста равна

$$\frac{1 \text{ м}}{\text{tg } 23.5^\circ} = 2.3 \text{ м},$$

а площадь

$$\pi \cdot 2.3^2 = 16.6 \text{ м}^2.$$

Критерии. За правильный ответ ставится **3 балла**. Неокругленный ответ в диапазоне от 16 до 17 – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **3 балла**.

Задание 12



Выберите 2 объекта, которые видно на изображении⁵:

- планета Марс
- гора Олимп
- спутник Пак
- спутник Луна
- планета Меркурий
- гора Эверест

Комментарий. Очевидно, на фото не Земля, поэтому вариант гора Эверест не подходит. Из оставшихся объектов вместе на этом фото могут наблюдаться только планета Марс и гора Олимп.

Критерии. За каждый правильный ответ ставится **0.5 балла**, за каждый неправильный ответ – штраф **-0.5 балла**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

⁵ Изображение: APOD / ESA, DLR, FU Berlin, Mars Express — <https://apod.nasa.gov/apod/ap240909.html>.

Задание 13

Перед вами фотография⁶, на которой запечатлён пуск ракеты.



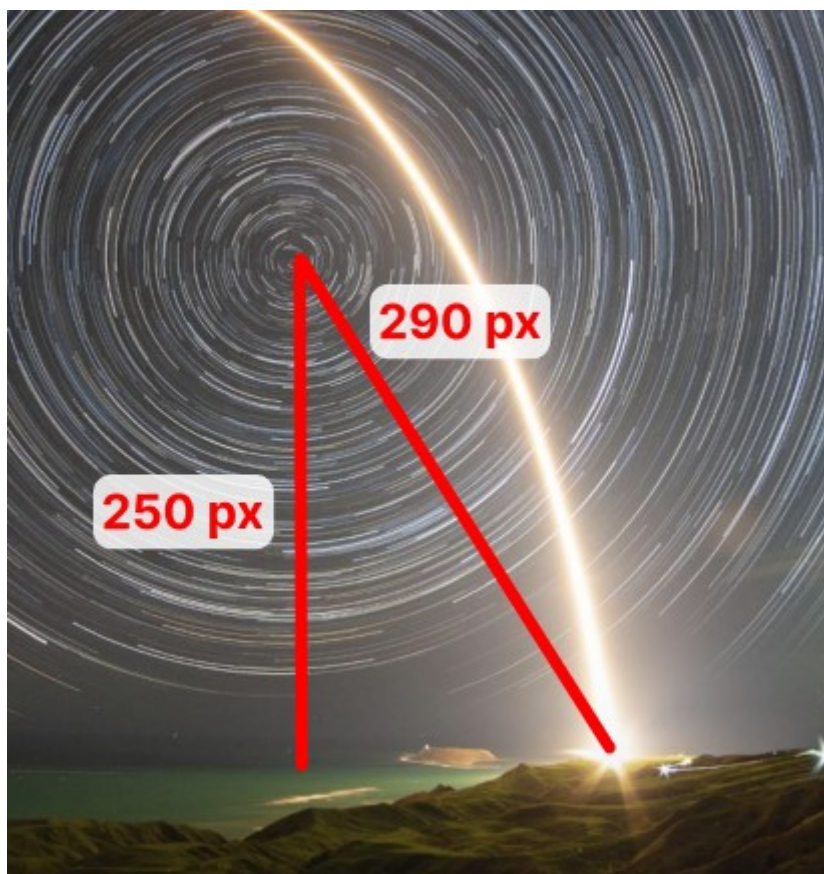
1. Оцените продолжительность экспозиции в минутах.
2. Оцените максимальное склонение ракеты на фото, считая, что наблюдатель удалён от экватора на 39 градусов в сторону юга.

Ответ: 1) от 90 до 180; 2) от -50 до -42 .

Комментарий. 1. По дуге от суточного движения звезды можно понять, какой угол она прошла: примерно 30 градусов. Таким образом, продолжительность экспозиции составляет около 2 часов, то есть 120 минут.

2. Фотография сделана в Южном полушарии, поэтому максимальное склонение соответствует максимальному удалению от Южного полюса мира. Следовательно, максимальное склонение ракеты будет в точке старта. Сравнивая с высотой полюса над горизонтом, получаем, что расстояние до полюса в $29/25$ раз больше высоты полюса, то есть около 45 градусов. Максимальное отклонение ракеты равно $-(90 - 45) = -45$.

⁶ Изображение: APOD / Rory Gannaway — <https://apod.nasa.gov/apod/ap240817.html>.



Критерии. За правильный ответ (с учётом диапазона) ставится **по 2 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **4 балла**.

Задание 14

Даны высоты верхних кульминаций светил в Москве (широта Москвы равна 56 градусов). Расставьте объекты в порядке уменьшения высоты нижней кульминации.

- 1) Высота 80 градусов над точкой севера
- 2) Высота 80 градусов над точкой юга
- 3) Высота 70 градусов над точкой севера
- 4) Высота 70 градусов над точкой юга
- 5) Высота 90 градусов
- 6) Высота 10 градусов над точкой юга

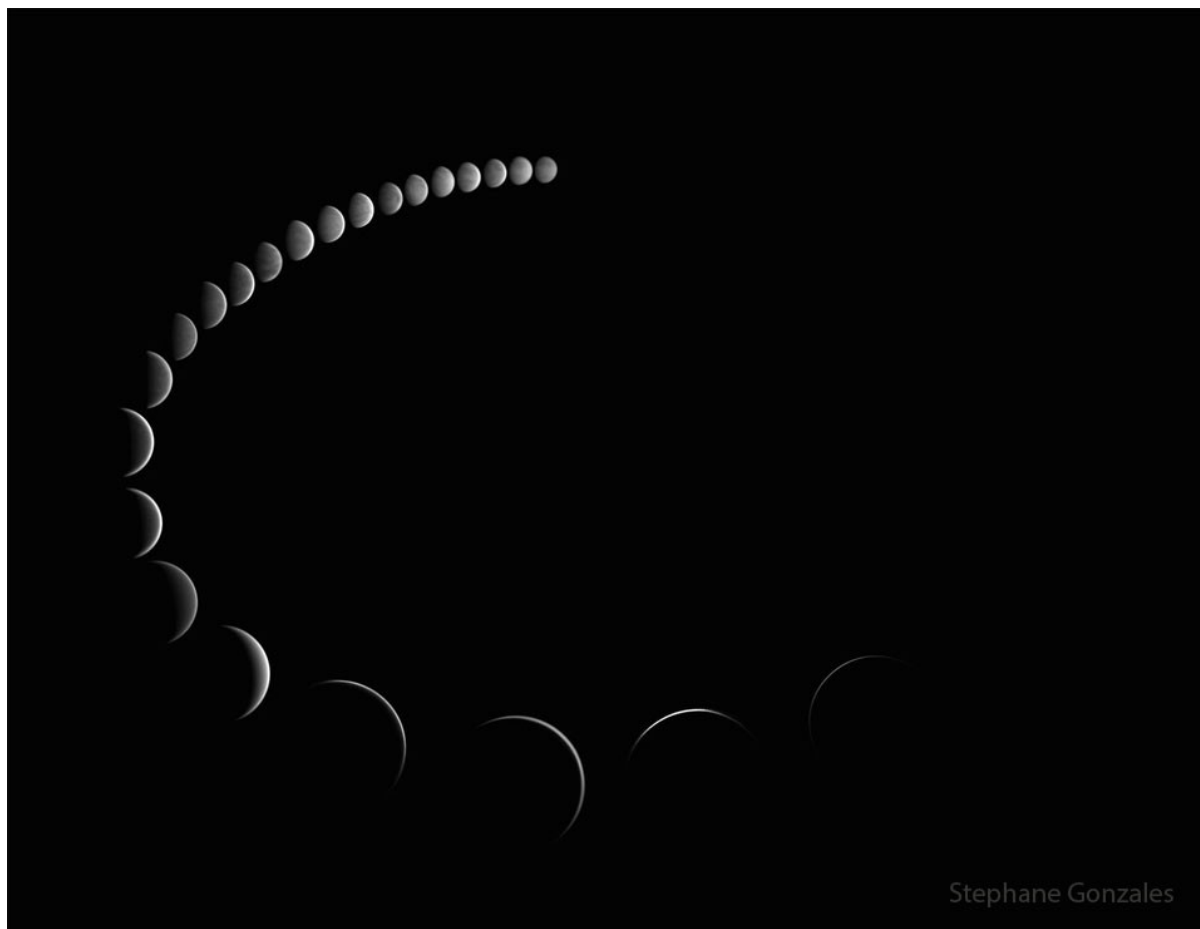
Ответ: 315246.

Комментарий. Чем ближе звезда к полюсу мира, тем выше её нижняя кульминация. Полюс мира расположен на высоте 56 градусов к северу от зенита. Запишем номера в порядке удаления объектов от полюса мира.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 15



Перед вами коллаж⁷ фотографий планеты, сделанных с Земли. Что это за планета?

- Меркурий
- **Венера**
- Земля
- Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Нептун
- Плутон

Комментарий. С околонулевой фазой могут наблюдаться только Венера или Меркурий (внутренние планеты). А дальше или по наличию атмосферного рассеяния света, из-за которого терминатор «размывается», или по отношению максимального к минимальному размеров (на фото это соотношение явно больше 5, а для Меркурия это отношение не больше 3) понимаем, что это Венера.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. За ответ **Меркурий** ставится **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

⁷ Изображение: APOD / Stéphane Gonzales — <https://apod.nasa.gov/apod/ap240108.html>.