

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
АСТРОНОМИЯ. 2023–2024 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Максимальное количество баллов — 100.

**Задания 1–4**

27 июля 2018 года состоялось полное лунное затмение. Оно оказалось примечательным по двум причинам. Во-первых, это самое длинное полное лунное затмение в XXI веке. Во-вторых, в момент затмения Луна наблюдалась на земном небе рядом с Марсом. Расстояние от Марса до Солнца в тот день составляло 1.40 а. е.



1) Определите расстояние от Марса до Земли в тот день. Орбиту Земли считайте круговой. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

**Ответ: 0.4**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

***Решение***

Луна в затмении находится против Солнца, так что наблюдающийся рядом Марс — в противостоянии, а расстояние между ним и Землёй равно разности радиусов орбит Марса и Земли.

2) Когда наступило ближайшее после того дня полнолуние?

- 1 апреля
- 28 июня
- 13 июля
- 11 августа
- 26 августа
- 25 сентября

**Точное совпадение ответа — 2 балла.**

*Решение*

Период смены фаз луны — один месяц (точнее, 29.5 суток). Лунное затмение наблюдается в полнолуние. Следующее — через месяц.

3) В каком созвездии наблюдалась Луна?

- Козерог
- Телец
- Близнецы
- Овен
- Рак

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

*Решение*

Солнце 27 июля находится в летнем секторе эклиптики, в созвездии Рака. Овен, Телец, Близнецы, Рак — весенне-летние созвездия. Луна во время лунного затмения противостоит Солнцу и находится в зимнем созвездии Козерога.

4) В каком созвездии наблюдался Марс?

- Козерог
- Телец
- Близнецы
- Овен
- Рак

**Точное совпадение ответа — 2 балла.**

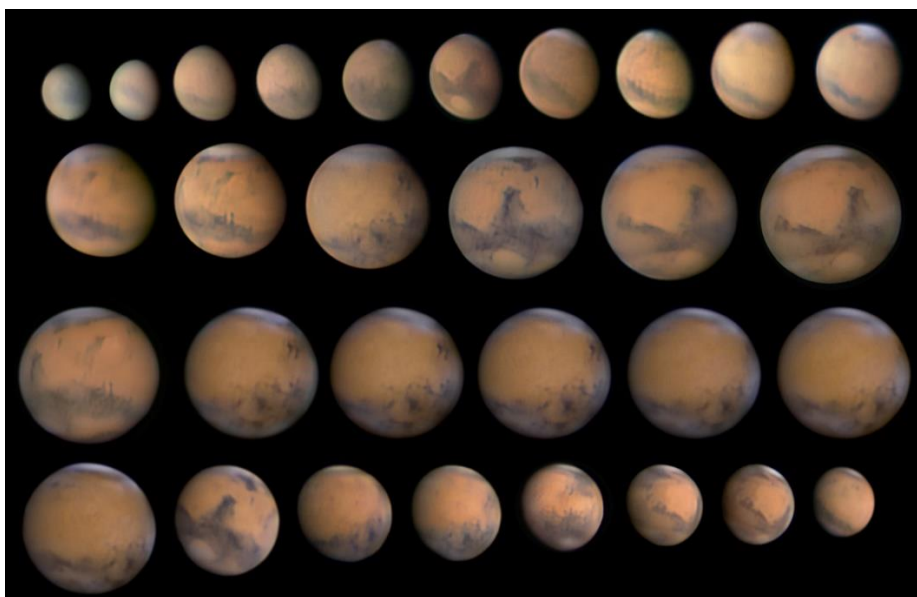
**Решение**

В соответствии с условием задания Марс находится рядом с Луной, то есть в том же или в соседнем созвездии. Соседние с Козерогом Стрелец и Водолей в списке отсутствуют, поэтому единственным ответом является Козерог.

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

**Задания 5-7**

Земля и Марс обращаются вокруг Солнца по близким к круговым орбитам, лежащим примерно в одной плоскости. Расстояние между Землей и Марсом из-за их орбитального движения изменяется, вследствие чего видимый угловой размер Марса на земном небе тоже варьирует. На изображении представлены фотографии Марса, сделанные в 2007–2008 годах с одинаковым масштабом.



5) Используя предложенное изображение, определите, во сколько раз наибольший видимый угловой размер Марса превышает наименьший. Ответ округлите до десятых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [2; 3]**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

**Решение**

Непосредственное измерение.

б) Считая, что изображение охватывает весь возможный диапазон видимых размеров Марса, определите радиус его орбиты. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [2; 3]**

**Точное совпадение ответа — 5 баллов.**

### *Решение*

Видимый угловой размер при прочих равных обратно пропорционален расстоянию до объекта (если угол, под которым виден объект, достаточно мал). В таком случае отношение  $\alpha$ , найденное выше, есть отношение максимального и минимального расстояний до Марса.

Пусть  $x$  — радиус орбиты Марса в а. е., тогда

$$\alpha = \frac{x + 1}{x - 1},$$

откуда

$$x = \frac{\alpha + 1}{\alpha - 1}.$$

Отметим, что реальная большая полуось орбиты Марса в диапазон возможных ответов не входит. Это означает, что предположение в условии *неверно*.

7) Почему вид поверхности Марса отличается на разных фотографиях?

- Марс вращается вокруг своей оси, как и Земля, так что в моменты съёмки видны разные части поверхности Марса.
- В атмосфере Марса возникают мощные облака, которые видны как тёмные образования на снимках.
- В действительности вид поверхности Марса на разных фотографиях совершенно одинаковый, Марс всегда обращён к Земле одной стороной.
- На Марсе очень сильный вулканизм, из-за чего рельеф успеваает поменяться в промежутке между очередными кадрами.

**Точное совпадение ответа — 2 балла.**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

### Задания 8-10

Эта картинка — коллаж серии изображений «двойного прохождения», полученных 8 июня 2004 года. На снимках запечатлена Международная космическая станция (МКС) и планета на фоне диска Солнца.



8) Что это за планета?

- Венера
- Марс
- Юпитер
- Сатурн

**Точное совпадение ответа — 2 балла.**

#### *Решение*

При наблюдении с Земли (на что намекает упоминание МКС) по диску Солнца могут проходить только внутренние планеты: Меркурий и Венера. С учётом содержания списка в задании ответ однозначен.

9) «Двойное прохождение» наблюдалось в узкой полосе на Земле в течение весьма непродолжительного времени. Смонтированные кадры снимались с промежутками всего в 0.033 секунды. Определите общую продолжительность съёмки серии. Ответ выразите в секундах, округлите до сотых.

**Ответ: 0.36**

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

#### *Решение*

Всего на картинке 12 изображений МКС, что соответствует 11 интервалам съёмки по 0.033 секунды, а всего 0.363 секунды.

10) Определите видимую угловую скорость МКС. Диаметр Солнца составляет около  $0.5^\circ$ . Ответ выразите в градусах за секунду, округлите до целых.

**Ответ: 1**

**Точное совпадение ответа — 5 баллов.**

***Решение***

Да, трудно оценить путь МКС, однако для достижения требуемой точности этого не нужно делать! Нетрудно заметить, что за время съёмки (0.363 с) МКС пролетает от 50 % до 100 % углового диаметра Солнца. Следовательно, величина угловой скорости заключена между  $0.25^\circ : 0.363 \text{ с} \approx 0.7 \text{ }^\circ/\text{с}$  и  $0.5^\circ : 0.363 \text{ с} \approx 1.4 \text{ }^\circ/\text{с}$ , что при округлении до целых даёт однозначный ответ  $\approx 1 \text{ }^\circ/\text{с}$ .

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

**Задания 11-14**

Земля обращается вокруг Солнца по круговой орбите с орбитальной скоростью 30 км/с, совершая один оборот за год. Свет в вакууме движется в 10 тысяч раз быстрее, чем Земля по своей орбите.

1 астрономическая единица = 150 млн км.

11) За какое время свет преодолевает расстояние от Солнца до Земли? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

*Примечание:* длина окружности больше её радиуса в  $2\pi \approx 6.28$  раз.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [490; 510]**

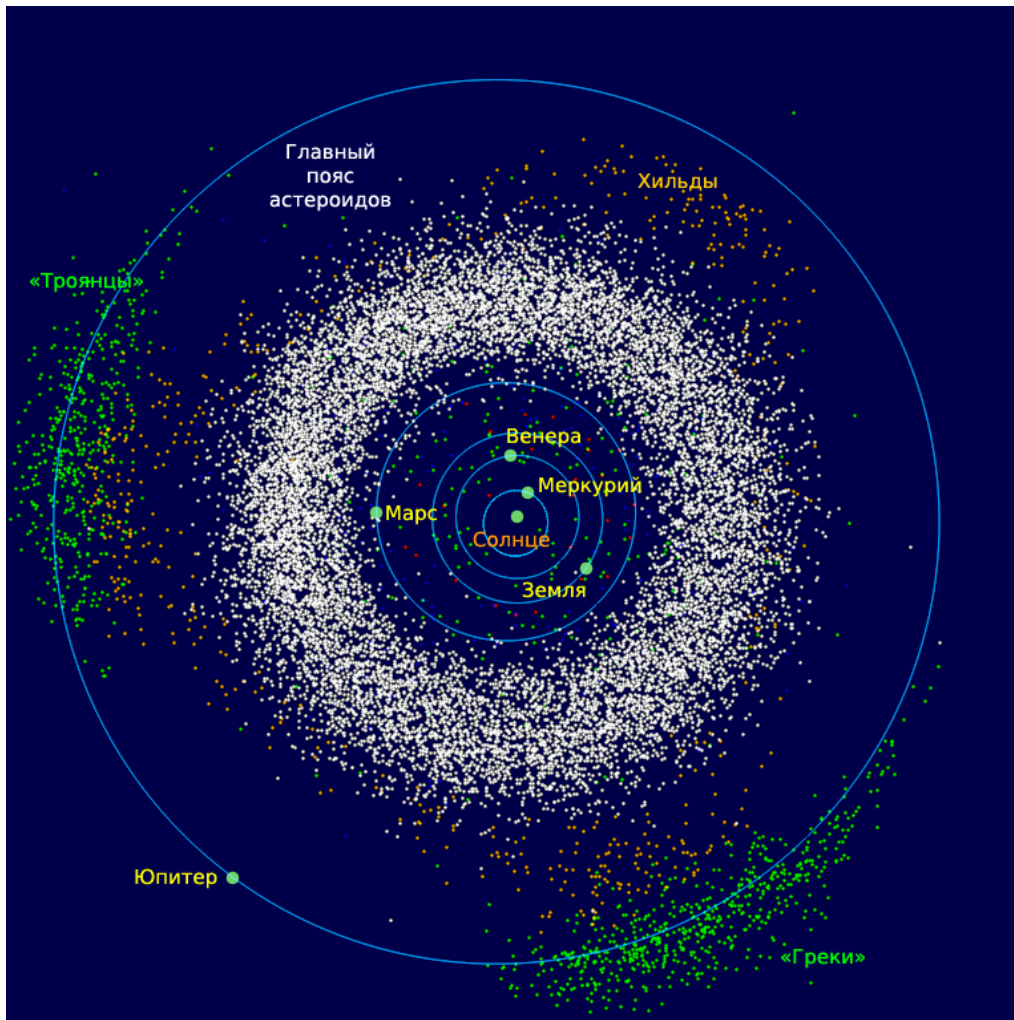
**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

***Решение***

За год, то есть за  $365.25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \approx 3.16 \cdot 10^7$  секунд Земля пролетает по орбите расстояние, равное 6.28 а. е.

Свет преодолевает такое расстояние в 10 тысяч раз быстрее, то есть за  $3.16 \cdot 10^3$  секунд; 1 а. е. — за  $3.16 \cdot 10^3 : 6.28 \approx 5.0 \cdot 10^2$  секунд.

12) Троянские астероиды Юпитера — это две крупные группы астероидов, каждая из которых вместе с Солнцем и Юпитером образует равносторонний треугольник. Радиус орбиты Юпитера — 5.2 астрономических единицы. Определите расстояние от Солнца до троянцев. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.



**Ответ: 5.2**

**Точное совпадение ответа — 2 балла.**

### *Решение*

Соответствующее расстояние равно радиусу орбиты Юпитера, поскольку треугольник равносторонний.

13) За какое время свет от Солнца достигает троянцев? Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [42; 44]**

**Точное совпадение ответа — 2 балла.**

**Решение**

$$5.2 \cdot 500 \text{ с} = 2600 \text{ с} \approx 43 \text{ мин.}$$

14) Орбитальные скорости троянцев в среднем в 2.3 раза меньше орбитальной скорости Земли. Определите средний период обращения троянцев. Ответ выразите в годах, округлите до целых.

**Ответ: 12**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

**Решение**

Длина орбиты троянцев в 5.2 раза больше, чем длина орбита Земли. Вдобавок они проходят её со скоростью, меньшей земной в 2.3 раза. В результате период обращения больше в  $5.2 \cdot 2.3 \approx 12$  раз, то есть составляет 12 лет.

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

**Задание 15**

Установите соответствие между движениями и характерными скоростями, с которыми они происходят.

**Ответ:**

Обращение Земли вокруг Солнца	30 км/с
Вращение точек на экваторе Земли вокруг земной оси	0.5 км/с
Обращение Международной космической станции вокруг Земли	7.7 км/с
Движение Солнца вокруг центра Галактики	220 км/с
Вращение точек на широте Сочи вокруг земной оси	0.3 км/с

**За каждую верную пару — 2 балла.**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

**Задания 16-18**

Наблюдатель на экваторе Земли заметил, что в 21:00 точно на востоке взошла яркая звезда. При решении этой задачи рефракцией и отличием реального горизонта от математического можно пренебречь.

16) На какой высоте эту звезду возможно было наблюдать той же ночью в полночь? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.



**Ответ: 45**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

*Решение*

Суточная параллель экваториальной звезды на экваторе перпендикулярна горизонту, проходит через точки востока и запада, а также через зенит и надир, и является большим кругом. Звезда движется по нему равномерно. За 3 часа она проходит примерно  $3/24 = 1/8$  часть окружности и окажется на высоте  $45^\circ$ .

17) Во сколько можно ожидать заход этой звезды на следующий день?  
Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ, округлите до минут.

**Ответ: 08:58**

**Точное совпадение ответа — 4 балла.**

*Решение*

Небесная сфера совершает оборот за звёздные сутки — 23 ч 56 мин, что на 4 минуты меньше солнечных. От восхода до захода светило проходит половину суточной параллели. Предусмотрен небольшой штраф, если участник не различает солнечные и звёздные сутки.

18) Определите астрономический азимут этой звезды в 04:00 той же ночи.  
Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

**Ответ: 90**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

*Решение*

В 04:00 звезда уже находится в западной части своей суточной параллели. Астрономический азимут отсчитывается от направления на юг в сторону запада. Азимут точки запада составляет 90 градусов ровно.

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

### Задания 19-20

19) Установите соответствие между названиями спутников и планет, которым они принадлежат.

**Ответ:**

Титан	Сатурн
Фобос	Марс
Каллисто	Юпитер
Ариэль	Уран
Тритон	Нептун

**За каждую верную пару — 1 балл.**

20) Установите соответствие между названиями звёзд и наилучших сезонов для их наблюдений на территории России (в тех местах, где звезда восходит).

**Ответ:**

Сириус	Зима
Спика	Весна
Антарес Альтаир	Лето
Хамаль	Осень

*Также засчитывается соответствие Антарес — Весна.*

**За каждую верную пару — 1 балл.**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

### Задания 21-23

Луна меньше Земли в 3.6 раза по размеру, при этом легче в 81 раз.

21) Во сколько раз средняя плотность Луны меньше средней плотности Земли? Ответ округлите до десятых.

**Ответ: 1.7**

**Точное совпадение ответа — 4 балла.**

**Решение**

Отношение объёмов подобных тел прямо пропорционально кубу отношения их линейных размеров. При этом средняя плотность есть отношение массы к объёму тела. В таком случае отношение плотностей Земли и Луны  $81 : 3.6^3 \approx 1.7$ .

22) Определите среднюю плотность Луны, если средняя плотность Земли составляет  $5.5 \text{ г/см}^3$ . Ответ выразите в  $\text{г/см}^3$ , округлите до десятых.

**Ответ: 3.2**

**Точное совпадение ответа — 2 баллов.**

**Решение**

Вычисление производится без труда с учётом известного ответа на предыдущий вопрос.

23) Во сколько раз ускорение свободного падения на поверхности Луны меньше земного? Иными словами, во сколько раз меньше «весят» аналогичные тела на Луне? Ответ округлите до десятых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [6.2; 6.3]**

**Точное совпадение ответа — 4 балла.**

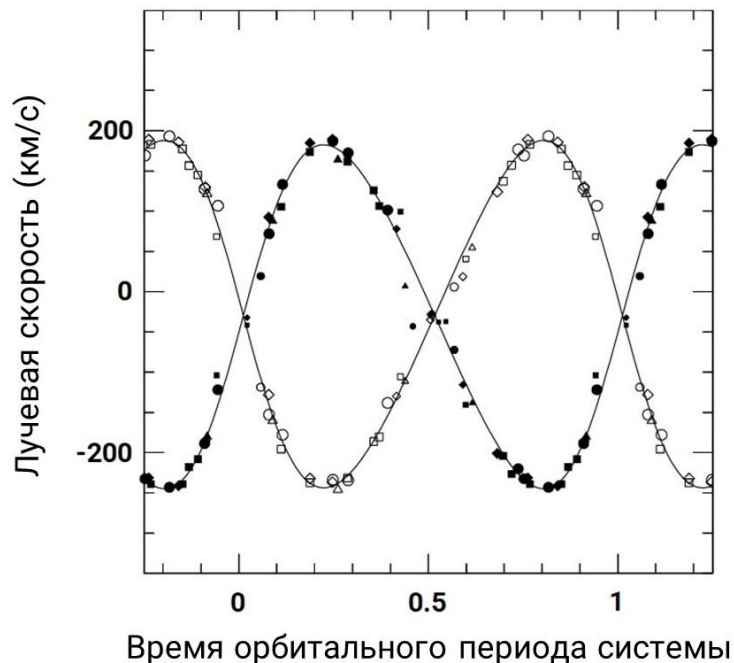
**Решение**

В соответствии с законом всемирного тяготения величина ускорения свободного падения  $g \propto M : R^2$ , где  $M$  — масса объекта,  $R$  — его радиус. В таком случае отношение ускорений есть  $81 : 3.6^2 \approx 6.3$ .

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

### Задания 24-26

На графике представлена зависимость лучевых скоростей (проекций скоростей звёзд на луч зрения) компонентов двойной звёздной системы от времени. Чёрные и белые отметки относятся соответственно к одному из двух компонентов системы. По горизонтальной оси отложено время в долях орбитального периода системы, по вертикальной — лучевые скорости компонентов, выраженные в км/с. Для удобства для каждого из рядов данных проведена сглаживающая кривая.



24) Определите амплитуду — половину размаха — колебаний лучевой скорости компонента, которому соответствуют белые отметки. Ответ выразите в км/с, округлите до целых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [210; 220]**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

25) Определите амплитуду колебаний лучевой скорости компонента, которому соответствуют чёрные отметки. Ответ выразите в км/с, округлите до целых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [210; 220]**

**Точное совпадение ответа — 3 балла.**

26) Сделайте вывод. Как соотносятся между собой массы компонентов системы?

- Массы примерно равны.
- Масса первого вдвое больше массы второго.
- Масса второго вдвое меньше массы первого.
- Масса первого втрое больше массы второго.
- Масса второго втрое меньше массы первого.
- Невозможно определить.

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

### Задание 27

Установите соответствие между объектами или явлениями и их характеристиками или определениями.

**Ответ:**

Окуляр	Оптическое устройство, которое служит для увеличения изображения, получаемого при помощи объектива телескопа
Атмосферная рефракция	Отклонение лучей при прохождении через атмосферу Земли; влияет на видимое положение небесных объектов
Электромагнитное излучение	Форма распространения энергии, связанная с электромагнитными полями
Светимость объекта	Количество энергии, испускаемой объектом в единицу времени
Объектив телескопа	Часть оптической системы телескопа, которая собирает и фокусирует свет; обычно состоит из линз или зеркал

**За каждую верную пару — 2 балла.**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов.**

**Максимальное количество баллов — 100.**