

Московская астрономическая олимпиада
2023–2024 уч. г.
2-й дистанционный этап. 10-11 класс
Задания и решения

Задание 1

Расставьте объекты в порядке увеличения их видимой яркости.

1. полная Луна
2. Юпитер в противостоянии
3. Венера в элонгации
4. бета Близнецов
5. альфа Жирафа
6. NGC 3516

Ответ: 6, 5, 4, 2, 3, 1.

Комментарий: NGC – новый общий каталог туманностей и звёздных скоплений. Практически все объекты, входящие в этот каталог, невооружённым глазом не видны. NGC 3516 — линзовидная галактика в созвездии Большой Медведицы — не исключение. Созвездие Жирафа не содержит ярких звёзд, поэтому альфа Жирафа должна оказаться следующей по яркости. Бета Близнецов (Поллукс), хоть и самая яркая звезда в своём созвездии и не последняя на небе, но указанные планеты заведомо ярче. Из двух указанных планет Венера может достигать большей яркости. Наконец, Луна – очевидно самый яркий объект.

Критерии: правильный ответ — **2 балла**, ответ в правильном обратном порядке — **1 балл**, в остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 2

Выберите из списка существующие созвездия.

1. Весы
2. Вольтова Батарея
3. Октант
4. Секстант
5. Стенной Квадрант
6. Транспортир
7. Трусы́
8. Угольник
9. Усы
10. Часы

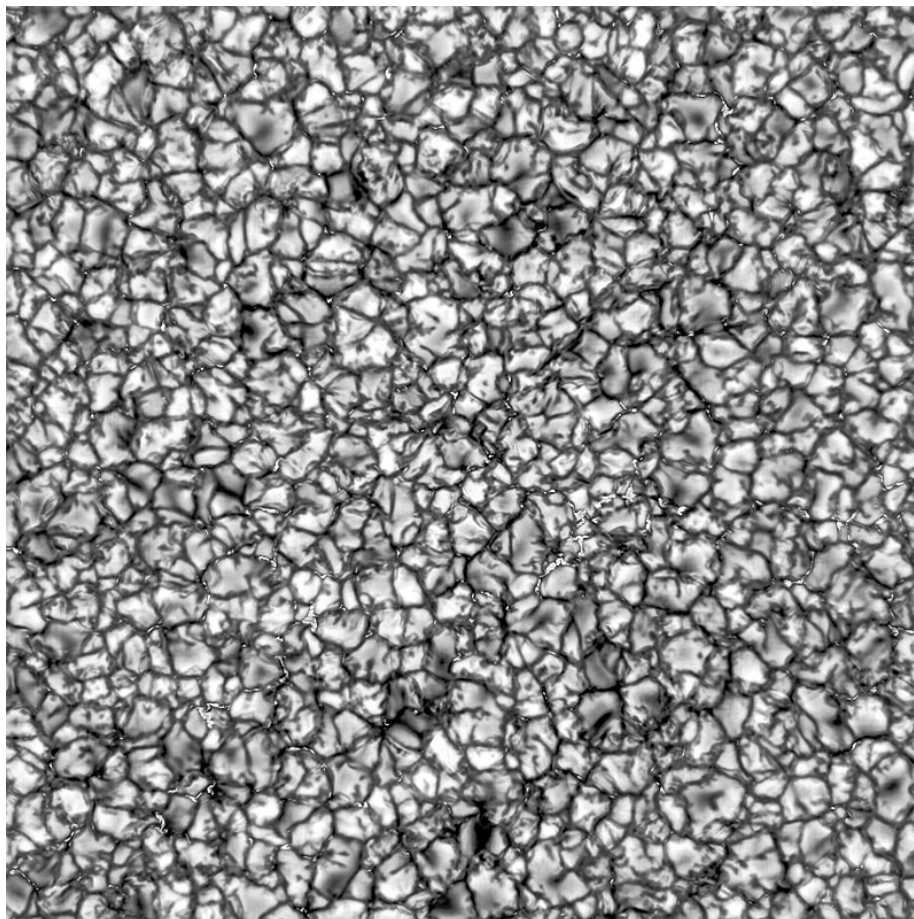
Ответ: 1, 3, 4, 10.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. Если не указано одно правильное созвездие или указано одно лишнее — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 3

Поверхность какого из астрономических объектов изображена на фотографии?



1. Земля
2. Солнце
3. Оумуамуа
4. Юпитер
5. Бетельгейзе
6. Сатурн
7. Церера

Ответ: 2. Солнце.

Критерии: Правильный ответ — 2 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Итого за задачу 2 балла.

Задание 4

Выберите звёзды, которые нельзя наблюдать с южного полюса Земли.

1. Полярная
2. Ригель
3. Денеб
4. Шедар
5. Фомальгаут
6. Регул
7. Сигма Октанта

Ответ: 1, 3, 4, 6.

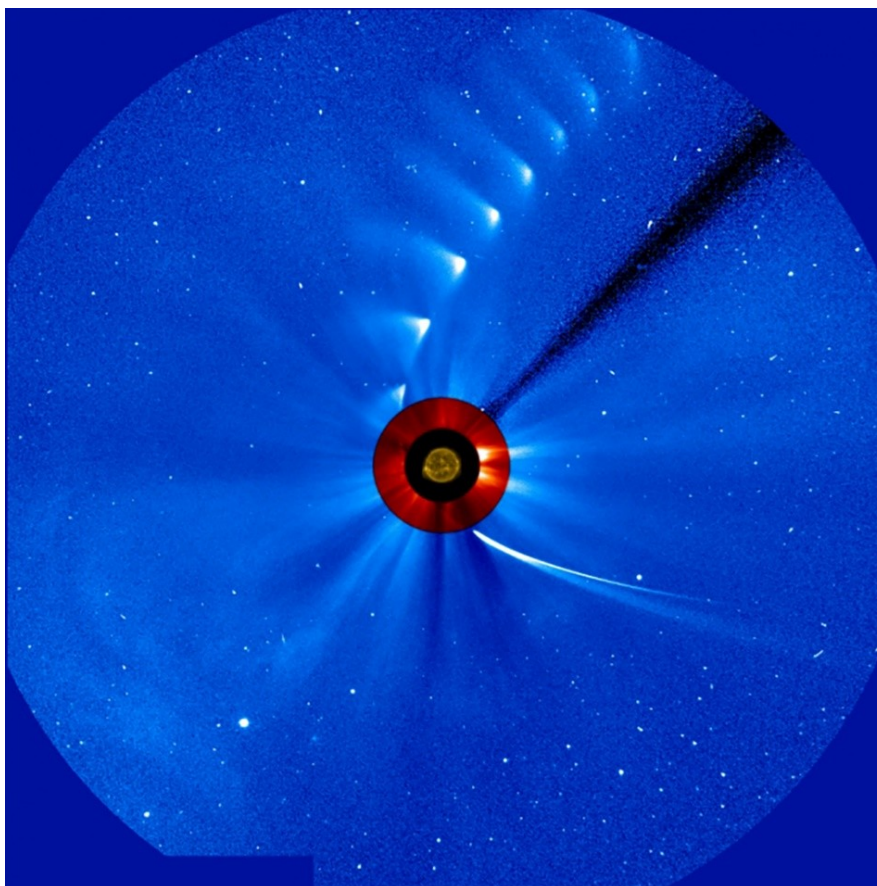
Комментарий: На южном полюсе не видны звёзды, которые на небе находятся к северу от небесного экватора. Очевидно, что к ним относятся Полярная, Шедар (альфа Кассиопеи), Денеб (одна из звёзд Летне-осеннего треугольника). Регул — альфа Льва. Эта звезда лежит почти на эклиптике. В своём движении среди звёзд Солнце сначала проходит созвездие Льва, а затем, в созвездии Девы пересекает небесный экватор и оказывается в южной части небесной сферы. Небесный экватор проходит через созвездие Ориона так, что Бетельгейзе оказывается к северу от экватора, а Ригель — к югу. Фомальгаут — не зря альфа *Южной Рыбы*, а в созвездии Октант находится южный полюс мира.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. Если не указана одна правильная звезда или указана одна лишняя — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 5

Выберите все объекты, которые можно увидеть на этом изображении.



1. Солнце
2. Луна
3. комета
4. Плутон
5. Сириус
6. Галлифрей

Ответ: 1. Солнце, 3. комета.

Комментарий: На фотографии показано прохождение кометы около Солнца. Само Солнце при фотографировании закрыто чёрной маской, на середину которой в итоговом изображении наложена фотография Солнца.

Критерии: за каждый правильный выбор выставляется **1 балл**, за неправильный — **штраф 1 балл**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 6

Выберете самый яркий объект, изображённый на этой фотографии.



1. Солнце
2. Луна
3. Полярная
4. Бетельгейзе
5. Сириус
6. Сверхновая звезда

Ответ: 2. Луна.

Комментарий: Кажалось бы, фотография сделана днём. Однако купол телескопа открыт и, по всей видимости, ведутся наблюдения. Около входа в здание телескопа ярко горит красный фонарь, который вряд ли выделялся бы в яркий солнечный день. К тому же на небе видно множество звёзд.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 7

Звездолёт вылетел к облаку Оорта с постоянным ускорением в 1 м/с^2 , максимальная скорость корабля $100\,000 \text{ км/с}$. Расстояние от Земли до границы облака Оорта составляет $50\,000$ астрономических единиц. Найдите время, за которое звездолёт долетит до облака и остановится около этой границы, и выразите его в годах, округлив до десятых. Гравитационным взаимодействием аппарата с другими объектами пренебречь. Считать, что ускорение торможения равно ускорению разгона.

Ответ: 5.5 лет.

Комментарий: Для решения задачи выразим расстояние в километрах: $S = 50\,000 \cdot 150 \cdot 10^6 = 7.5 \cdot 10^{12} \text{ км}$. Далее найдём время и расстояние, которое аппарат пройдёт, ускоряясь до крейсерской скорости. $t_y = 100\,000 \cdot 1\,000 / 1 = 100\,000\,000 \text{ с} = 3.2 \text{ года}$. Расстояние, которое он пройдёт за это время: $S_y = a t_y^2 / 2 = 5 \cdot 10^{12} \text{ км}$. Видим, что аппарат не успеет полностью ускориться по пути до облака. Таким образом надо посчитать время ускорения, за которое аппарат пройдёт половину расстояния до облака. $t_y = (2 S / (2 a))^{1/2} = 2.74 \text{ года}$. А общее время полёта будет в 2 раза больше.

Критерии: ответ в диапазоне от 5.4 до 5.6 — **2 балла**. Ответ в диапазоне от 5.0 до 6.0 — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 8

Расставьте объекты в порядке увеличения массы.

1. Веста
2. звезда – жёлтый карлик
3. Земля
4. Меркурий
5. Луна
6. 10 километровый астероид

Ответ: 6, 1, 5, 4, 3, 2.

Комментарий: Веста, самый крупный астероид в поясе астероидов, имеет не вполне правильную форму, тогда как крупные спутники планет все как на подбор довольно правильные шары. Это говорит о том, что эти спутники массивнее, а значит, крупнее. Луна хоть и большая, но всё же меньше самой маленькой планеты — Меркурия. Типичная звезда жёлтый карлик — Солнце.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 9

В какой фазе находилась Луна в момент съёмки данной фотографии?



1. полнолуние
2. новолуние
3. первая Четверть
4. последняя Четверть
5. стареющая Луна (серп)
6. растущая Луна (серп)

Ответ: 2. новолуние.

Комментарий: На фотографии изображён закат Солнца в момент солнечного затмения, поэтому Луна находится в новолунии.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 10

Напишите расстояние до ближайшей звезды, видимой на этой иллюстрации. Ответ выразите в световых годах и округлите до целых.



Ответ: 4

Комментарий: На фотографии показана большая часть Млечного Пути в южном полушарии, о чем говорят видимые на снимке Магеллановы облака. В полосе Млечного Пути в том числе находится созвездие Центавра, в котором находится ближайшая к Солнцу звёздная система — альфа Центавра.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. Ответ 3 или 5 оценивается в **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 11

Свет от Солнца до наблюдателя на Земле идёт 500 секунд. Сколько времени будет лететь свет от передатчика на Марсе до наблюдателя на Земле? Введите минимальное и максимальное значение, выраженное в минутах и округлённое до целых. Большая полуось орбиты Марса 1.5 а. е., её эксцентриситет 0.09. Орбиту Земли считать круговой, и все орбиты лежащими в одной плоскости.

Ответ: 3 и 22 минуты.

Комментарий: Радиус орбиты Земли равен 1 а. е. Минимальное расстояние Марса от Солнца составляет $1.5 \cdot (1 - 0.09) = 1.365$ а. е., а максимальное — $1.5 \cdot (1 + 0.09) = 1.635$ а. е. Тогда минимальное расстояние от Марса до Земли составляет 0.365 а. е., а максимальное — 2.635 а. е. Отсюда минимальное время равно $0.365 \cdot 500 / 60 = 3.04 \approx 3$ минуты, а максимальное — $6.2 \cdot 500 / 60 = 21.95 \approx 22$ минуты.

Критерии: Правильные ответы по **1 баллу** за ответ, за ответы 4 и 21 минуты — по **0.5 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 12

Оцените процент освещённой площади Луны на этой фотографии.



1. 5 %
2. 15 %
3. 25 %
4. 35 %
5. 45 %

Ответ: 2. 15 %

Комментарий: Как известно для фаз, вызванных освещением и наблюдением шарообразного объекта с разных сторон, линейная фаза равна площадной. Соответственно можно измерить процент освещённой части диаметра Луны. И мы получим так же процент освещённой площади.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 13

Расставьте объекты в порядке увеличения средней плотности.

1. Солнце
2. Земля
3. Бетельгейзе
4. Сириус В
5. Луна
6. 1 кубометр воздуха у поверхности Земли

Ответ: 3-6-1-5-2-4.

Комментарий: Размер белых карликов, например Сириуса В, сравним с размерами Земли, тогда как их массы могут превосходить массу Солнца. Значит, Сириус В — самый плотный объект в данном списке. Плотность Солнца лишь немного превосходит плотность воды, тогда как плотность Луны и в особенности Земли заметно больше. Плотность воздуха примерно в 1000 раз меньше плотности воды. Осталось разобраться с плотностью Бетельгейзе. Это звезда-сверхгигант с массой в несколько десятков масс Солнца и радиусом в несколько сотен солнечных радиусов. Поскольку плотность $\rho \sim M \cdot R^{-3}$, то плотность Бетельгейзе заведомо много меньше плотности воздуха у поверхности земли.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 14

На каких широтах может быть сделана эта фотография, при условии, что фотоаппарат был направлен на запад?



1. 5° с. ш.
2. 45° с. ш.
3. 5° ю. ш.
4. 45° ю. ш.
5. на экваторе
6. на северном полюсе
7. на южном полюсе

Ответ: 2. 45° с. ш.

Комментарий: По яркой звезде (Венере) и Луне можно примерно понять положение эклиптики. Так как она наклонена на западе влево, на угол порядка 45° , то это средние широты северного полушария.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 15

Какие явления и (или) эффекты можно наблюдать на этой фотографии?



1. восход или заход Солнца
2. атмосферная рефракция
3. зелёный луч
4. поглощение света в атмосфере

Ответ: 1, 2, 3, 4.

Комментарий: Все эти явления могут наблюдаться на фотографии.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. Если выбрано только 3 любых пункта, то выставляется **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 16

На каком из этих объектов ускорение свободного падения наибольшее?

1. Земля
2. жёлтый карлик
3. красный сверхгигант
4. горячий Юпитер

Ответ: 2. жёлтый карлик.

Комментарий: Ускорение свободного падения задаётся выражением $g = GM/R^2$. Красный сверхгигант всего в несколько раз тяжелее Солнца, а его радиус в несколько сотен раз больше, значит, ускорение свободного падения существенно меньше солнечного. Типичной звездой – жёлтым карликом является Солнце. Юпитер меньше Солнца в 10 раз и легче в 1000 раз, следовательно, ускорение свободного падения составляет примерно десятую часть солнечного. Аналогично, Земля меньше Солнца в 109 раз и легче в 300000 раз, откуда получаем, что ускорение свободного падения на Земле раз в 30 меньше солнечного.

Критерии: Правильный ответ — 2 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Итого за задачу 2 балла.

Задание 17

Эта фотография получена на любительский телескоп со стандартной оптической схемой. Телескопы каких оптических схем могли использоваться для этого?



1. рефрактор
2. рефлектор Ньютона
3. телескоп Максутова
4. телескоп Кассегрена
5. телескоп Ричи-Критъена

Ответ: 2, 4, 5.

Комментарий: На фотографии можно видеть лучи от звёзд, которые образуются из-за дифракции на растяжках крепления вторичного зеркала. Следовательно, подходят только оптические схемы, где есть отдельное висящее вторичное зеркало.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. За ответы 2 или 2, 4, или 2, 5, или 4, 5, или 2, 3, 4, 5 — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 18

Вариант 1.

У первой звезды прямое восхождение $\alpha = 14$ часов, а у второй звезды — 18 часов. Склонения звёзд одинаковы и равны 35° . Через какое время после первой взойдёт вторая звезда? Время выразите в солнечных секундах и округлите до целых.

Ответ: 14361 с.

Комментарий: Прямые восхождения увеличиваются с запада на восток, поэтому после восхода звезды с $\alpha = 14$ часов будут восходить звёзды с большими прямыми восхождениями вплоть до 24 часов, и далее с нуля. Итого, между восходами первой и второй звезды пройдёт 4 звёздных часа или $4 \cdot 3600 = 14400$ звёздных секунд. Звёздные сутки на 3 минуты 56 секунд короче солнечных, а значит, звёздная секунда в $\frac{86400}{86164} \approx 1.0027$ короче солнечной. Тогда между двумя восходами пройдёт примерно 14361 солнечная секунда.

Критерии: За ответы 14360, 14361, 14362 — 2 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Вариант 2.

У первой звезды прямое восхождение $\alpha = 14$ часов, а у второй звезды — 19 часов. Склонения звёзд одинаковы и равны 35° . Через какое время после первой взойдёт вторая звезда? Время выразите в солнечных секундах и округлите до целых.

Ответ: 17951 с.

Критерии: За ответы 17950, 17951, 17952 — 2 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Вариант 3.

У первой звезды прямое восхождение $\alpha = 14$ часов, а у второй звезды — 20 часов. Склонения звёзд одинаковы и равны 35° . Через какое время после первой взойдёт вторая звезда? Время выразите в солнечных секундах и округлите до целых.

Ответ: 21541 с.

Критерии: За ответ 21540, 21541, 21542 — 2 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Вариант 3.

У первой звезды прямое восхождение $\alpha = 14$ часов, а у второй звезды — 17 часов. Склонения звёзд одинаковы и равны 35° . Через какое время после первой взойдёт вторая звезда? Время выразите в солнечных секундах и округлите до целых.

Ответ: 10771 с.

Критерии: За ответ 10770, 10771, 10772 — **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 19

Вариант 1

При наблюдениях одной очень далёкой галактики её линия H γ ($\lambda = 4341 \text{ \AA}$) стала наблюдаться на длине волны линии H α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$). Найдите красное смещение этой галактики. В ответ напишите значение, округлённое до сотых. Можно просто: ответ округлите до сотых.

Ответ: 0.51.

Комментарий: Воспользуемся определением красного смещения. Пусть λ_0 — лабораторная длина волны, а λ — наблюдаемая длина волны. Тогда

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{6563 - 4341}{4341} \approx 0.5119.$$

Критерии: За ответ 0.51 — **2 балла**. За неправильно округлённый ответ 0.52 — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Вариант 2

При наблюдениях одной очень далёкой галактики её линия H β ($\lambda = 4861 \text{ \AA}$) стала наблюдаться на длине волны линии H α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$). Найдите красное смещение этой галактики. В ответ напишите значение, округлённое до сотых.

Ответ: 0.35.

Комментарий: Воспользуемся определением красного смещения. Пусть λ_0 — лабораторная длина волны, а λ — наблюдаемая длина волны. Тогда

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{6563 - 4861}{4861} \approx 0.3501.$$

Критерии: За ответ 0.35 – **2 балла**. За неправильно округлённый ответ 0.36 — **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 20

При каком фазовом угле Луны на Земле будут наблюдать наибольшие по величине приливы?

1. 0°
2. 45°
3. 90°
4. 135°
5. 180°

Ответ: 1. 0° , 5. 180°

Комментарий: Фазовый угол Луны — это угол Солнце-Луна-Земля. В полнолуние (0°) и новолуние (180°) приливные силы от Солнца и Луны складываются. Такие приливы называются сизигийными.

Критерии: Правильный ответ — **2 балла**. За ответы 0° или 180° без других выбранных пунктов выставляется **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Максимальная оценка за тур **40 балла**.

Использованные фотографии

Задание 3

Солнечная грануляция — [Wikipedia](#)

Задание 5

Комета C/2012 S1 ISON. ESA/NASA/SOHO/SDO/GSFC — [The Science of Sungrazers, Sunskirters, and Other Near-Sun Comets](#)

Задание 6

Кавказская горная обсерватория МГУ — фотография автора

Задание 9

Солнечное затмение на горизонте. Madhup Rathi – [Astronomy Picture of the Day](#)

Задание 10

Млечный Путь в южном полушарии. Фотография автора.

Задание 12

Серп Луны — [dzen.ru](#)

Задание 14

Кавказская горная обсерватория МГУ — фотография автора

Задание 15

Солнце на горизонте — фотография автора