

**ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ
2-ГО ДИСТАНЦИОННОГО ЭТАПА
МОСКОВСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
2020–2021 УЧ. Г.
8-11 классы**

8–9 класс — задания 1–16

10–11 класс — задания 1–20

Задача 1-3

На фотографии запечатлён участок неба, на котором присутствует яркий Юпитер и окружающие его звезды. Внимательно рассмотрите эту фотографию и ответьте на три следующих вопроса.



1. Выберите из списка все созвездия, которые хотя бы частично попали на эту фотографию.

- Волопас
- Большая Медведица
- Голубь
- Единорог
- Жираф
- Кассиопея
- Лев
- Лира
- Орион
- Рак
- Скорпион

- Стрелец
- Телец
- Феникс
- Эридан
- Ящерица

Ответ: Единорог, Орион, Телец и Эридан

Критерии: за каждый правильный ответ **+1 балл**, за каждый неправильный ответ **минус 1 балл**. Оценка не может быть меньше 0.

2. В каком полушарии Земли сделана эта фотография?

- в Северном
- в Южном

Ответ: в Южном

Критерии: правильный ответ **1 балл**, неправильный ответ – **0 баллов**.

3. Определите сторону света, в которую был направлен фотоаппарат во время съёмки.

- Север
- Северо-запад
- Запад
- Юго-запад
- Восток
- Юг
- Юго-восток
- Северо-восток

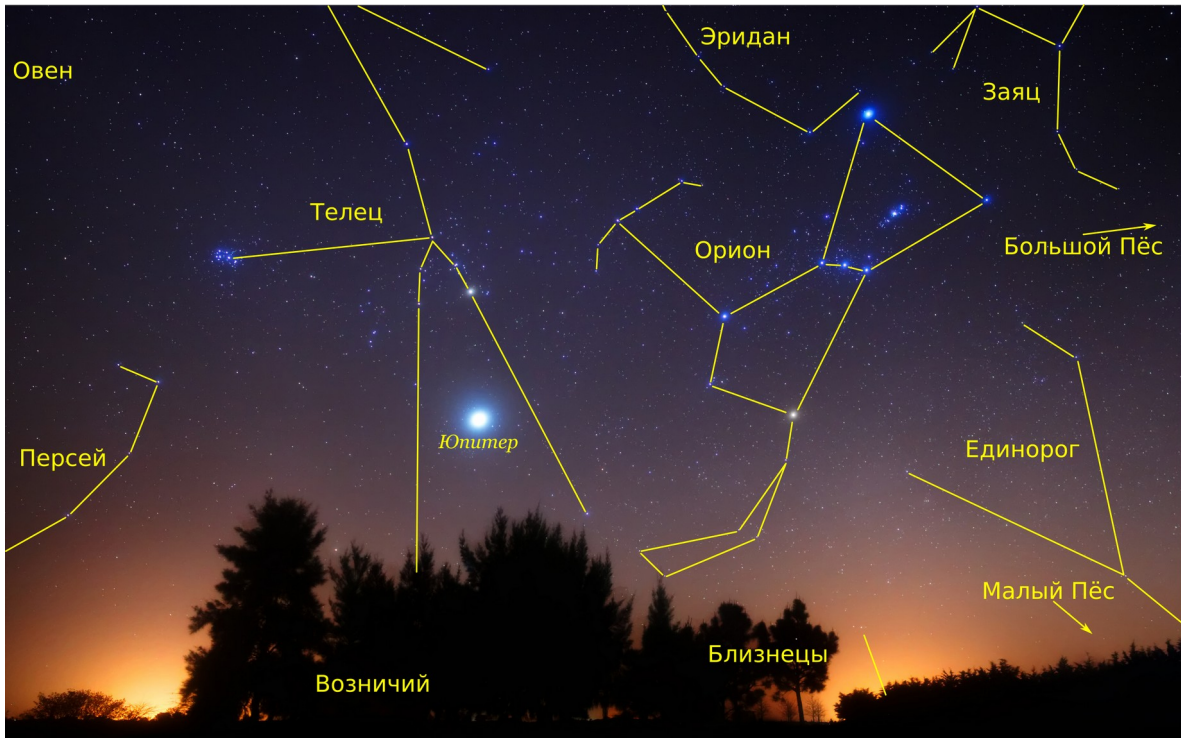
Ответ: Северо-восток

Критерии: правильный ответ **1 балл**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: в центре изображения находятся созвездия Орион и Телец. В нижнем левом углу видна часть созвездия Персей. В верхнем правом углу много тусклых звёзд из созвездия Овен, но сама фигура созвездия осталась за кадром. Вверху кадра между Орионом и Тельцом видна часть созвездия Эридан, а в правом верхнем углу – часть созвездия Зайца. Справа под Зайцем выглядывает незначительная часть созвездия Большой Пёс. Нижнюю часть правой стороны фотографии занимает большое, но тусклое созвездие Единорога; под ним над лесом виднеется небольшая часть созвездия Малый Пёс. Внизу за деревьями полностью скрыто созвездие Возничего, и почти полностью – созвездие Близнецов.

Все эти созвездия можно видеть почти со всей территории России, исключая самые северные районы, где Большой Пёс и Заяц остаются под горизонтом. В отличие от привычного нам вида, изображение оказывается перевёрнутым. Такое может быть только в Южном полушарии.

Северные созвездия, такие как Персей, видны в Южном полушарии в северном направлении. Орион заметно наклонён, значит, точка Севера находится левее, а вся картина видна восточнее её. Небесный экватор проходит близко от звёзд пояса Ориона, т. е. они пересекают горизонт вблизи точки Востока, которая оказывается справа от изображения. Делаем вывод, что фотоаппарат направлен на северо-восток.



Задача 4

Выберите из списка тех рыб, которые являются созвездиями.

- Восточная Рыба
- Дельфин
- Западная Рыба
- Золотая Рыба
- Кит
- Красная Рыба
- Летучая Рыба
- Морская Рыба
- Рак
- Речная Рыба
- Северная Рыба
- Южная Рыба

Ответ: Золотая, Летучая и Южная Рыбы

Критерии: правильный ответ **2 балла**. Если перечислено два из трёх правильных созвездий и нет других ошибок, а также если к трём правильным

созвездиям добавлены только Дельфин и/или Кит, то **1 балл**, иначе – **0 баллов**.

Комментарий: иногда в созвездии Рыб выделяют как астеризмы западную и северную рыбу. Дельфин, кит и рак, хоть и являются созвездиями, но не являются рыбами. Дельфин и кит – млекопитающие, рак – членистоногое. Всех остальных рыб на небе точно нет.

Задача 5

Сколько полных оборотов совершает Марс вокруг Солнца за один земной год? В ответе дайте целое число.

Ответ: 0

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: чем дальше планета от Солнца, тем больше времени она тратит на один оборот вокруг него. Поэтому за год Марс не успевает сделать ни одного полного оборота.

Задача 6

Астероид пролетел мимо Земли на расстоянии 35 радиусов орбиты Луны. Астрономы решили провести радиолокацию астероида в момент максимального сближения. Большая радиоантенна направила в сторону астероида короткий импульс радиоизлучения. Через какое время после отправки вернётся отражённый от астероида сигнал, если от Земли до Луны этот сигнал проходит за $1\frac{2}{7}$ секунды. Ответ дайте в секундах.

Ответ: 90

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: двигаясь от наблюдателя до астероида и обратно, сигнал должен преодолеть 70 радиусов орбиты Луны: 35 на пути туда и столько же на обратном пути после отражения. Для этого потребуется $70 \cdot 1\frac{2}{7} = 70 \cdot \frac{9}{7} = 90$ с.

Вариант 2

Астероид пролетел мимо Земли на расстоянии 28 радиусов орбиты Луны. Астрономы решили провести радиолокацию астероида в момент максимального сближения. Большая радиоантенна направила в сторону астероида короткий импульс радиоизлучения. Через какое время после отправки вернётся отражённый от астероида сигнал, если от Земли до Луны этот сигнал проходит за $1\frac{2}{7}$ секунды. Ответ дайте в секундах.

Ответ: 72

Вариант 3

Астероид пролетел мимо Земли на расстоянии 42 радиусов орбиты Луны. Астрономы решили провести радиолокацию астероида в момент максимального сближения. Большая радиолокационная антенна направила в сторону астероида короткий импульс радиоизлучения. Через какое время после отправки вернётся отражённый от астероида сигнал, если от Земли до Луны этот сигнал проходит за $1\frac{2}{7}$ секунды. Ответ дайте в секундах.

Ответ: 108

Вариант 4

Астероид пролетел мимо Земли на расстоянии 56 радиусов орбиты Луны. Астрономы решили провести радиолокацию астероида в момент максимального сближения. Большая радиолокационная антенна направила в сторону астероида короткий импульс радиоизлучения. Через какое время после отправки вернётся отражённый от астероида сигнал, если от Земли до Луны этот сигнал проходит за $1\frac{2}{7}$ секунды. Ответ дайте в секундах.

Ответ: 144

Вариант 5

Астероид пролетел мимо Земли на расстоянии 63 радиусов орбиты Луны. Астрономы решили провести радиолокацию астероида в момент максимального сближения. Большая радиолокационная антенна направила в сторону астероида короткий импульс радиоизлучения. Через какое время после отправки вернётся отражённый от астероида сигнал, если от Земли до Луны этот сигнал проходит за $1\frac{2}{7}$ секунды. Ответ дайте в секундах.

Ответ: 162

Задача 7

Как-то раз любитель астрономии, живущий в России, сделал фотографию Луны.



Он решил продолжить фотографировать Луну каждую ночь в течение месяца, но хорошая погода была всего лишь шесть раз. Определите, в каком порядке были сделаны эти фотографии.



1)



2)



3)



4)



5)



6)

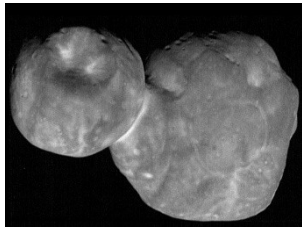
Ответ: 5-2-1-4-6-3

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: на первой фотографии – убывающая Луна после стадии последней четверти. Следовательно, в течение лунного месяца фаза Луны должна сначала убывать вплоть до новолуния (5 – старая Луна непосредственно перед новолунием), затем расти (2 – молодая Луна, 1 – Луна после первой четверти, 4 – почти полная Луна) до полнолуния (6), и вновь убывать (3 – Луна незадолго до последней четверти).

Задача 8

Расставьте данные фотографии по возрастанию расстояний до объектов, изображённых на них, от Земли.



1)



2)



3)



4)



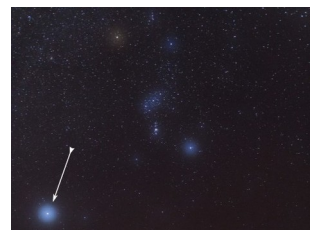
5)



6)



7)



8)

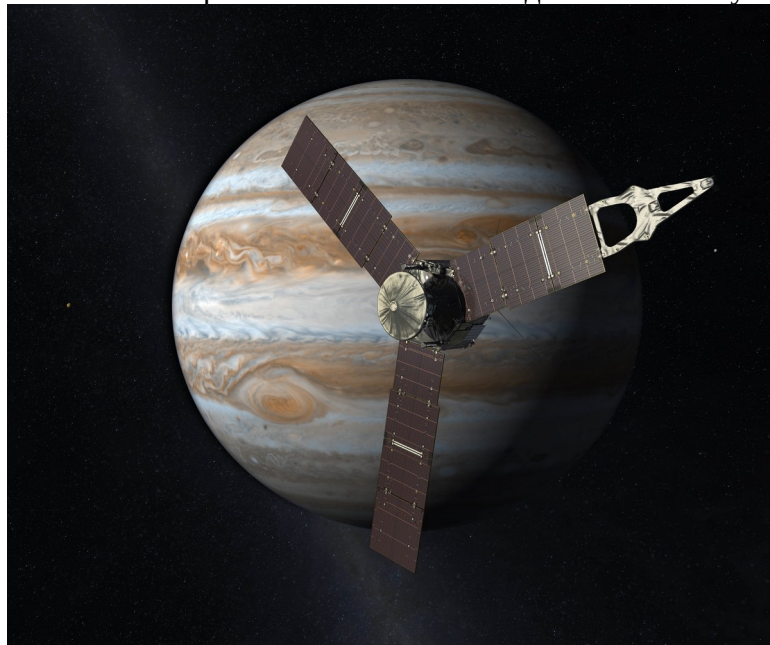
Ответ: 5-3-7-1-8-4-2-6

Критерии: правильный ответ **2 балла**. Объекты можно разделить на группы: в атмосфере Земли, Солнечная система, галактические, внегалактические. Если перепутаны соседние в списке объекты из одной группы (5-7-3-1-8-4-2-5, 5-3-1-7-8-4-2-6, 5-3-7-1-4-8-2-6 и 5-3-7-1-8-4-6-2), то выставляется **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарий: ближайшим для нас будет метеор (метеорная частица), сгорающая в атмосфере Земли. Затем идут Меркурий, спутник Сатурна Энцелад, извергающий в окружающий космос струи воды, и самый дальний на данный момент посещённый космическим аппаратом транснептуновый астероид (486958) Аррокот, более известный под именем Ульtima Туле. Из двух представленных звёзд Сириус находится ближе (≈ 2.6 пк), чем сверхгигант Ригель (≈ 260 пк). Из двух галактик более близкой оказывается Туманность Треугольника (M33), относящаяся к местной группе, а галактика Сомбреро находится заметно дальше.

Задача 9

Космический аппарат будущего отправился с Земли к Альфе Центавра (расстояние 4.36 св. года) со скоростью 90 км/с. Определите время в годах, спустя которое расстояние от аппарата до Солнца и до Альфы Центавра станет одинаковым, если звезда сама приближается к Солнцу со скоростью 20 км/с. Скорость света принять равной 300 000 км/с.



Ответ: 6540

Критерии: ответ в диапазоне [6530–6550] **2 балла**. Во всех остальных случаях **0 баллов**.

Комментарий: расстояние между КА и пунктом назначения уменьшается со скоростью $(v_1 + v_2)$. В момент, когда расстояния от КА до Солнца и до Альфы Центавра будут равны, можно записать расстояния: до Солнца $v_1 \cdot t$, до Альфы Центавра $L - (v_1 + v_2) \cdot t$. Так как по условию они равны, то $v_1 t = L - (v_1 + v_2) t$. Отсюда $2 v_1 t + v_2 t = L$

Следовательно, $t = \frac{L}{2v_1 + v_2}$ и ответ 6540 лет.

Задача 10

В некоторый момент времени наблюдатель на Земле обнаружил, что угловой диаметр Юпитера равен $40''$. Определите расстояние до Юпитера, если его радиус 71 000 км. Ответ запишите в астрономических единицах с округлением до десятых.

Ответ: 4.9

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: угловой размер (диаметр) объекта определяется по формуле

$$\rho'' = \frac{206265 \cdot D}{L},$$

где L – это расстояние до объекта, D – его диаметр. Преобразовав формулу, получаем:

$$L = \frac{206265 \cdot D}{\rho} = 732241 \text{ км} = 4.9 \text{ а.е.}$$

Задача 11

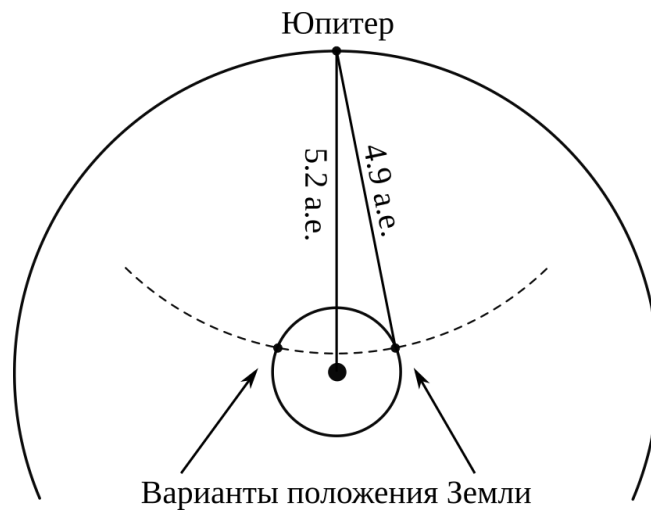
К какой конфигурации Юпитер ближе в этот момент: к противостоянию или соединению?

- соединение
- противостояние

Ответ: к противостоянию

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: среднее расстояние Юпитера от Солнца 5.2 а.е., минимальное – 4.95 а.е. В момент наблюдения Земля располагается к Юпитеру ближе, чем Солнце (см. рисунок). Угол Солнце-Земля-Юпитер тупой, следовательно, Юпитер ближе к противостоянию.



Задача 12

На фотографии изображён спутник одной из планет Солнечной системы. Укажите планету, вокруг которой обращается этот спутник.



- Меркурий
- Венера
- Земля
- Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Уран
- Нептун

Ответ: Сатурн

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: это Пан, спутник Сатурна.

Задача 13

На земную поверхность в среднем за год выпадает 10 000 тонн метеоритного вещества в виде пыли. Вычислите массу метеоритного вещества, которое выпало на территорию внутри современной московской кольцевой автодороги (МКАД) с 1147 года за время существования города Москвы. Диаметр МКАД принять равным 32 км. Ответ дайте в тоннах, округлив до целых.

Ответ: 14

Критерии: ответ 13 или 14 – **2 балла**, в остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарий: на территорию Москвы падает метеоритного вещества во столько раз меньше, во сколько площадь Москвы меньше площади всей Земли. С 1147 года прошло $t = 873$ года. Тогда искомая величина равна:

Задания и решения 2-го дистанционного этапа
Московской астрономической олимпиады. 2020–2021 уч. г.

$$\frac{\pi d^2}{4 \cdot 4 \pi R^2} \cdot t \cdot 10000 = \left(\frac{d}{4R}\right)^2 \cdot t \cdot 10000 \approx 14,$$

где $d = 32$ км диаметр Москвы, а $R = 6371$ км радиус Земли.

Задача 14

Расставьте города в порядке уменьшения высоты Солнца в полдень 22 декабря, от наибольшей к наименьшей.



- 1) Асунсьон
- 2) Владивосток
- 3) Гавана
- 4) Мадрид
- 5) Мурманск
- 6) Найроби
- 7) Сидней
- 8) Сингапур

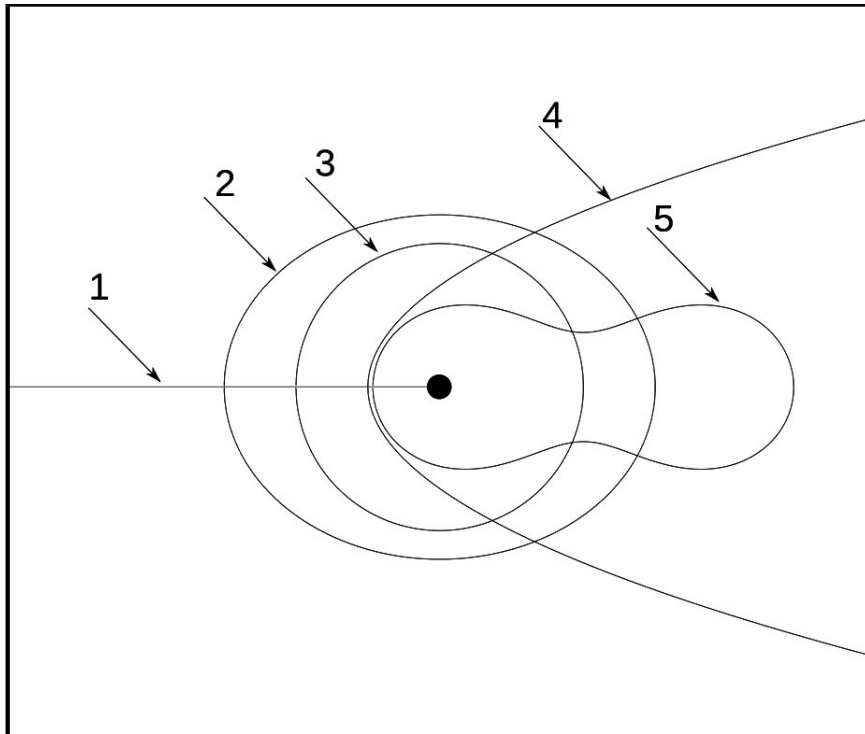
Ответ: 1-7-6-8-3-4-2-5

Критерии: правильный ответ 2 балла, неправильный ответ – 0 баллов.

Комментарий: 22 декабря – это день зимнего солнцестояния или следующий за ним день. В этот день в полдень Солнце будет подниматься максимально высоко на южном тропике. Поэтому нужно всего лишь расставить города в порядке удаления их от южного тропика. Кстати, жители Мурманска в этот день Солнца не видят вообще: оно не восходит.

Задача 15

На рисунке представлены 5 вариантов орбиты движения малого тела (космического аппарата с выключенным двигателем, астероида и т.п.) в гравитационном поле массивного тела (планеты или звезды), помеченного в центре изображения чёрным кружком. Определите, какие из этих линий могут иллюстрировать реальные орбиты.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Ответ: 1-3-4

Критерии: правильный ответ **2 балла**, ответы 13, 14, 34 – **1 балл**.
В остальных случаях **0 баллов**.

Комментарий: линия 1 прямая. Очевидно, что по прямой упасть можно. Линии 3 и 4 – окружность и парабола соответственно. Согласно 1-му закону Кеплера, движение по этим орбитам вполне возможно. Линия 2 – эллипс, но главное тело, очевидно, находится не в фокусе, а в центре, что противоречит 1-му закону Кеплера. Линия 5 не является коническим сечением, следовательно, орбитой быть не может. Желающие могут почитать про эту интересную кривую – овал Кассини.

Задача 16

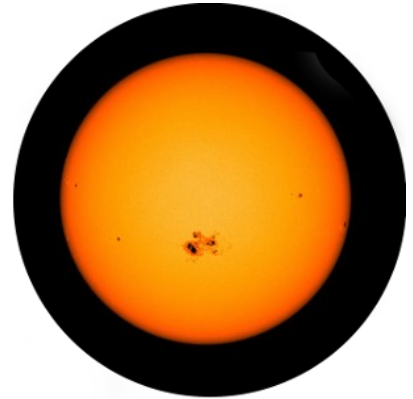
На фотографиях показано изображение различных космических объектов, как они видны в окуляр телескопа. Расставьте изображения по мере увеличения поля зрения телескопа.



1)



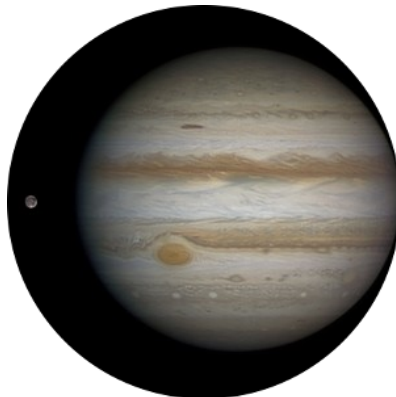
2)



3)



4)



5)



6)

Ответ: 5-1-3-2-4-6

Критерии: правильный ответ **2 балла**. Если в ответе перепутана одна пара (153246, 531246, 512346, 513426, 513264), то выставляется **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарий: угловой размер Юпитера почти постоянен и не превышает 1'. Юпитер занимает почти всё поле зрения, т.е. оно около 1'. Марс покрывается Луной, чья фаза довольно велика. Значит, Марс близок к противостоянию, когда его размер около 0.5'. Следовательно, размер поля зрения 2–3'. Угловой размер Солнца близок к 0.5°, величина туманности Андромеды по большей оси около 1–1.5°. Плеяды сами на небе раза в два превосходят Луну, а значит, поле зрения изображения 4) около 5–6°. Астеризм Дельфин одноимённого созвездия, хоть и невелик по сравнению с другими созвездиями, но простирается примерно на 7°. Соответствующее поле зрения ещё больше.

Задача 17

В некоторый момент высота звезды Денебола оказалась равной 0° , а её астрономический азимут 180° . В этот же момент высота Веги составляла 40° , а азимут был равен 90° . Чему равно угловое расстояние между Вегой и Денеболой? Ответ дайте в градусах.

Ответ: 90°

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: Денебола находится в точке севера, а Вега на первом вертикале (круге высоты, проходящем через точки запада, востока и зенит). Плоскость первого вертикала перпендикулярна направлению север-юг, следовательно, угловое расстояние любой точки первого вертикала от точки севера одинаково и равно 90° .

Задача 18

Определите морфологический тип галактики, находящейся в центре изображения, в соответствии с классификацией Хаббла.



- Sa
- E6
- SBb
- Sc
- E1
- Irr

Ответ: E1

Критерии: правильный ответ **2 балла**. Если вместо E1 выбран ответ E6, то выставляется **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарий: на фотографии эллиптическая галактика: не видно никаких признаков спиральной структуры и видна регулярная эллиптическая форма. Эллиптические галактики обозначаются буквой «E». Цифра обозначает степень сжатия. Галактики E6 очень сильно сжаты.

Задача 19

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 1.2 земного, а радиус этой планеты равен 0.3 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 0.6

Критерии: правильный ответ **2 балла**, неправильный ответ – **0 баллов**.

Комментарий: ускорение свободного падения выражается формулой $g = \frac{GM}{R^2}$.

Тогда первую космическую скорость можно получить в виде:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{GM}{R^2} R} = \sqrt{gR}$$

Вариант 2

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 0.4 земного, а радиус этой планеты равен 1.6 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 0.8

Вариант 3

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 0.3 земного, а радиус этой планеты равен 2.7 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 0.9

Вариант 4

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 0.6 земного, а радиус этой планеты равен 2.4 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 1.2

Вариант 5

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 0.7 земного, а радиус этой планеты равен 2.8 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 1.4

Вариант 6

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 0.9 земного, а радиус этой планеты равен 2.5 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 1.5

Вариант 7

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 3.2 земного, а радиус этой планеты равен 0.8 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 1.6

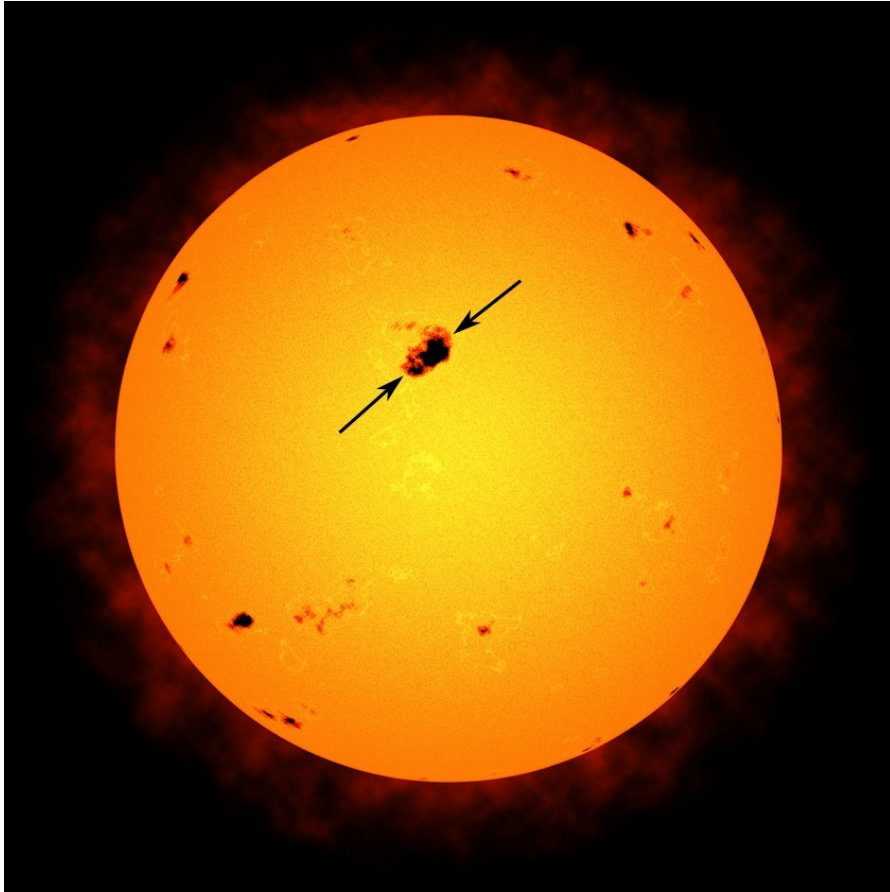
Вариант 8

Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 2.7 земного, а радиус этой планеты равен 1.2 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Ответ: 1.8

Задача 20

Определите линейный размер группы солнечных пятен, отмеченных на рисунке стрелками. Ответ дайте в диаметрах Земли.



Ответ: 10

Критерии: ответ в диапазоне [9–11] оценивается в **2 балла**, ответы в диапазонах [7–9] и [11–13] оцениваются в **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарий: диаметр Солнца равен примерно 109 диаметров Земли. Группа пятен находится примерно в середине диска Солнца, так что можно пренебречь их наклоном к картинной плоскости. Размер группы на изображении составляет примерно $1/10$ диаметра Солнца или чуть меньше. В диаметрах Земли получается около 10.