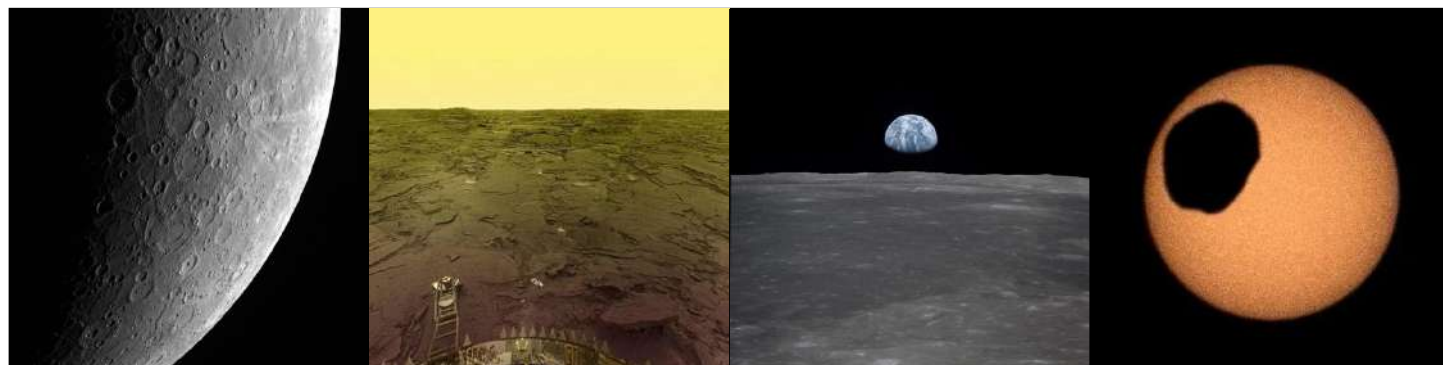


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Даны фотографии, сделанные различными космическими аппаратами. Определите небесные тела, в окрестностях которых были сделаны эти снимки.



Ответ: • Марс • Венера ✓ Меркурий • Луна	Ответ: • Меркурий ✓ Венера • Марс • Луна	Ответ: • Марс • Венера ✓ Луна • Меркурий	Ответ: • Венера ✓ Марс • Луна • Меркурий
--	--	--	--

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла.

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Тёмный объект на фоне солнечного диска можно наблюдать с планеты, имеющей естественные спутники. Из предложенных вариантов подходит Марс.

Плотную атмосферу из перечисленных объектов имеет Венера. Рассеянный в венерианской атмосфере солнечный свет подсвечивает небо, которое имеет желтоватую окраску (в отличие от привычного голубого земного неба). Первые и единственные в истории снимки с поверхности Венеры передали советские спускаемые аппараты серии «Венера».

Из двух оставшихся тел одно — Луна, другое — Меркурий. На одном из снимков над поверхностью видна Земля, поэтому это Луна.

Оставшийся объект — Меркурий. Его поверхность, как и лунная, испещрена кратерами, но при этом отсутствуют моря.

Задание 2.

а) Расположите объекты Солнечной системы в порядке увеличения *минимальных* температур на их поверхностях.

- Венера
- Луна
- Солнце
- Земля
- Марс

Ответ: Луна → Марс → Земля → Венера → Солнце

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

б) Почему минимальная температура на Марсе выше, чем на Луне, хотя Марс находится дальше от Солнца?

Ответ:

- Марс вращается вокруг своей оси гораздо быстрее Луны, совершая оборот примерно за 25 часов, тогда как Луна — за месяц, поэтому поверхность не успевает сильно остыть
- ✓ В отличие от Луны, у Марса есть заметная атмосфера, которая, будучи хоть и тоньше земной, удерживает тепло и смягчает температурные колебания
- Марс — красная планета, красный цвет — тёплый; Луна — серая, нейтральная
- Марс нагревается за счёт тепла, сохранившегося в недрах планеты

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) На поверхности Земли минимальная температура составляет около -80°C , на Марсе — около -150°C вблизи полюсов, а в постоянно затенённых областях Луны (кратеры у полюсов) температура может опускаться примерно до -250°C .

б) Хотя Марс находится дальше от Солнца, чем Луна, его атмосфера удерживает часть тепла и сглаживает перепады температуры.

В числе менее значимых факторов можно упомянуть вращение объектов вокруг своей оси. Марс совершает полный оборот за 24 часа 40 минут (чуть больше земных суток), тогда как Луна — за месяц (точнее, за 27.3 сут.). За пару недель без солнечного света поверхность, при прочих равных условиях, успевает остыть заметно сильнее, чем за половину суток. При этом на Луне нет среды, которая могла бы перенести хоть немного теплоты к неосвещённым участкам.

Задание 3. Вариант 1. Знаменитый приключенческий роман французского писателя Жюль Верна повествует о путешествии вокруг света. Давайте оценим минимальную среднюю скорость такого путешествия!

а) Минимальное расстояние, которое необходимо преодолеть путешественникам, составляет длину окружности земного шара — 40 тысяч километров. Сколько километров в среднем нужно преодолевать каждые сутки, чтобы «обойти» Землю за 80 дней?

Ответ: 500

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) В действительности длина маршрута Филеаса Фогга из романа Жюль Верна составляет около 44160 километров. Сколько километров он преодолевал за сутки?

Ответ: 552

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выразите среднюю скорость Фогга в километрах в час.

Ответ: 23

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Минимальная длина пути вокруг Земли — около 40 000 км. За 80 суток путешественники должны были бы в среднем проходить

$$\frac{40\,000 \text{ км}}{80} = 500 \text{ км.}$$

б) Фактическая длина маршрута — 44 160 км:

$$\frac{44\,160 \text{ км}}{80} = 552 \text{ км.}$$

в) Средняя скорость:

$$\frac{552 \text{ км}}{24 \text{ ч}} = 23 \text{ км/ч.}$$

Задание 3. Вариант 2. Знаменитый приключенческий роман французского писателя Жюль Верна повествует о путешествии вокруг света. Давайте оценим минимальную среднюю скорость такого путешествия!

а) Минимальное расстояние, которое необходимо преодолеть путешественникам, составляет длину окружности земного шара — 40 тысяч километров. Сколько километров в среднем нужно преодолевать каждые сутки, чтобы «обойти» Землю за 80 дней?

Ответ: 500

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) В действительности длина маршрута Филеаса Фогга из романа Жюль Верна составляет около 42240 километров. Сколько километров он преодолевал за сутки?

Ответ: 528

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выразите среднюю скорость Фогга в километрах в час.

Ответ: 22

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 3. Знаменитый приключенческий роман французского писателя Жюль Верна повествует о путешествии вокруг света. Давайте оценим минимальную среднюю скорость такого путешествия!

а) Минимальное расстояние, которое необходимо преодолеть путешественникам, составляет длину окружности земного шара — 40 тысяч километров. Сколько километров в среднем нужно преодолевать каждые сутки, чтобы «обойти» Землю за 80 дней?

Ответ: 500

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) В действительности длина маршрута Филеаса Фогга из романа Жюль Верна составляет около 46080 километров. Сколько километров он преодолевал за сутки?

Ответ: 576

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выразите среднюю скорость Фогга в километрах в час.

Ответ: 24

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

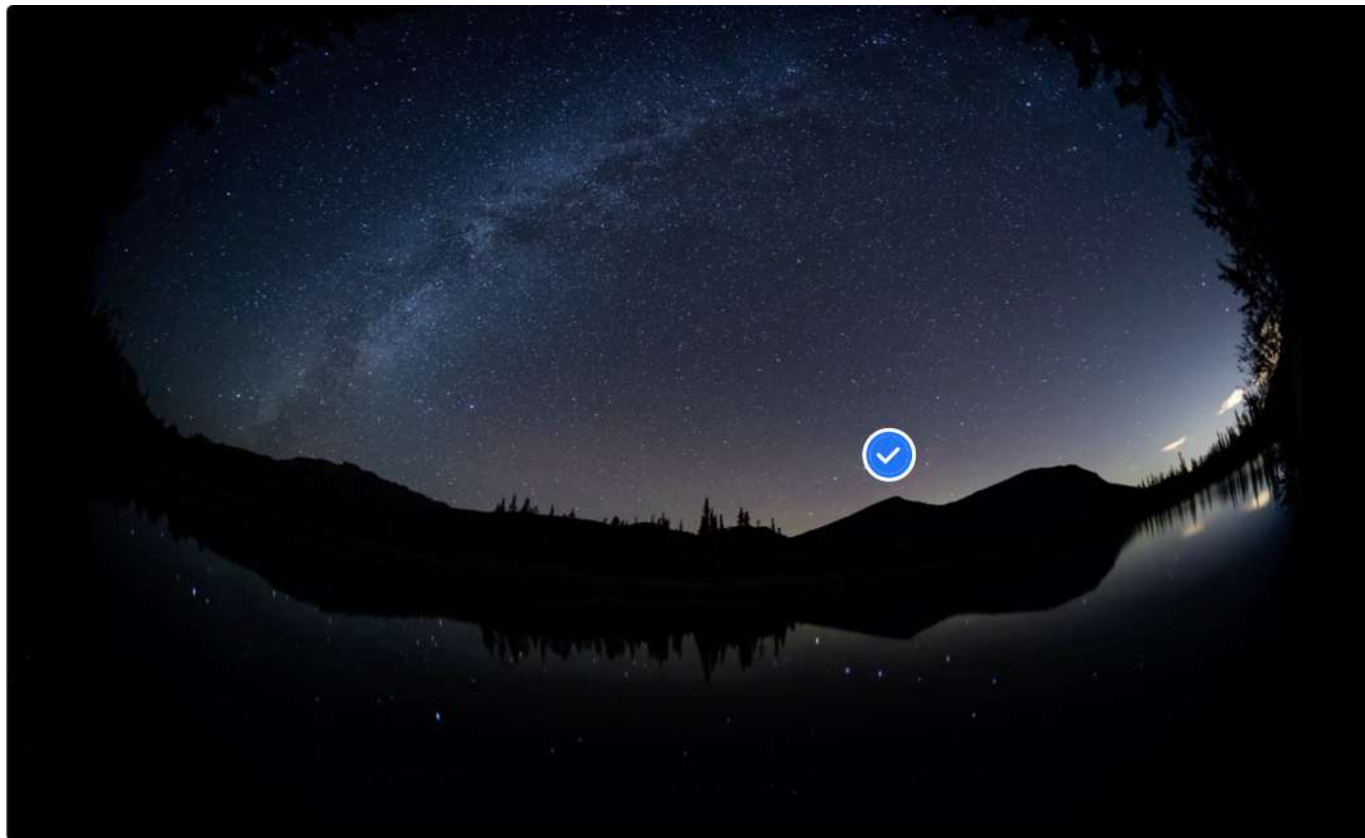
Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4.

На кадре из видео запечатлено разгорающееся северное сияние.

а) Отметьте на изображении созвездие Большая Медведица.

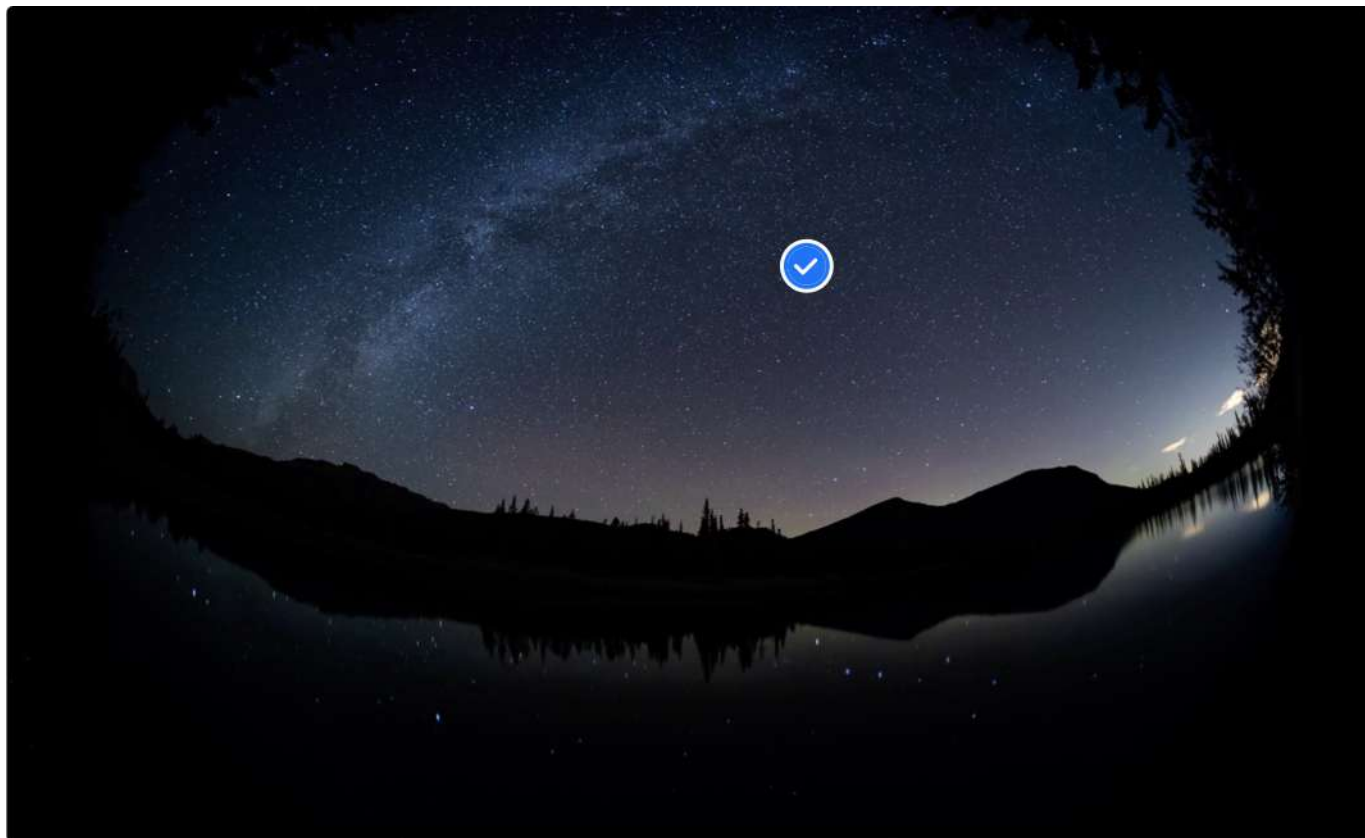
Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Отметьте на изображении Полярную звезду.

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) В кадре можно увидеть широкую полосу Млечного Пути, наискосок пересекающую небо. Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Все звёзды, запечатлённые на изображении, принадлежат Млечному Пути
- ✓ Большинство звёзд, различимых на изображении как отдельные объекты, крупнее Солнца
- ✓ Тёмные полосы вдоль Млечного Пути — гигантские облака из газа и пыли
- ✓ Некоторые из звёзд, различимых на изображении, периодически изменяют свой блеск

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 8 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

а) Большую Медведицу можно узнать по характерному астеризму Большой Ковш.

б) Полярная звезда находится примерно на продолжении линии, соединяющей две крайние звезды Ковша — Мерак и Дубхе, на расстоянии около пяти расстояний между ними.

в) Верны все четыре утверждения:

Все отдельные звёзды на снимке принадлежат нашей Галактике — Млечному Пути. Другие галактики на звёзды невооружённым глазом мы не разрешаем.

Большинство различимых на снимке звёзд ярче Солнца, следовательно, они более массивные, а значит, как правило, и более крупные.

Тёмные полосы Млечного Пути образованы гигантскими облаками газа и особенно пыли, поглощающей свет далёких звёзд.

Некоторые видимые звёзды являются переменными. Например, небольшие изменения блеска наблюдаются даже у Полярной звезды. Переменность Алголя (Беты Персея) была известна ещё с глубокой древности.

Задание 5. Вариант 1.

На некоторой экзопланете, обращающейся вокруг далёкой звезды, местный год длится 642 местных солнечных суток. В местных сутках 16 часов. Местный час равен по длительности земному.

а) Известно, что восход материнской звезды на экваторе экзопланеты происходит ровно в 4 часа утра. Во сколько часов можно наблюдать заход? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 12:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Во сколько часов наступает местный полдень? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 08:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Сколько земных суток длится местный год?

Ответ: 428

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) От восхода до захода на экваторе проходит половина суток, то есть 8 часов.

Если восход происходит в 4 часа, то заход в $4 + 8 = 12$ часов.

б) Местный полдень приходится на середину 16-часовых суток — 08:00.

В качестве альтернативы можно к времени восхода прибавить половину продолжительности светового дня:

$$4 + \frac{8}{2} = 8 \text{ часов.}$$

в) Местный год длится 642 местных суток, что в земных часах составляет

$$642 \cdot 16 = 10\,272 \text{ ч,}$$

а далее в земных сутках

$$\frac{10\,272}{24} = 428.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 5.

№ варианта	Длительность местного года, мест. солн. сут.	Кол-во часов в мест. сут.	Время восхода, ч.	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)
1	642	16	4	12:00	08:00	428
2	576	12	3	09:00	06:00	288
3	960	20	5	15:00	10:00	800
4	642	12	3	09:00	06:00	321
5	576	20	5	15:00	10:00	480
6	960	16	4	12:00	08:00	640
7	642	20	5	15:00	10:00	535
8	576	16	4	12:00	08:00	384

Задание 6.

На фотографии представлен самый «щербатый» объект Солнечной системы — спутник Юпитера Каллисто. Считается, что Каллисто — рекордсмен Солнечной системы по плотности кратеров на поверхности.



Каллисто обращается вокруг Юпитера по круговой орбите с периодом около 17 суток. В то же время Юпитер совершает один оборот вокруг Солнца примерно за 12 лет.

а) Сколько полных «каллистонианских» месяцев в местном годе на Юпитере?

Ответ: засчитывается в диапазоне [250; 270]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Скорость орбитального движения Каллисто составляет 8 километров в секунду. Какое расстояние Каллисто пролетает относительно Юпитера за местный год? Ответ выразите в миллиардах километров.

Ответ: 3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

а) Юпитерианский год длится примерно

$$12 \cdot 365 = 4380 \text{ сут.}$$

Период обращения Каллисто — 17 суток:

$$\frac{4380}{17} \approx 257.$$

б) Деление нужно производить с остатком, остаток отбрасываем.

За 12 земных лет Каллисто движется в течение

$$12 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 378\,432\,000 \text{ с.}$$

При скорости 8 км/с спутник пролетит

$$378\,432\,000 \cdot 8 = 3\,027\,456\,000 \text{ км.}$$

Это 3 полных миллиарда километров.

Задание 7. Вариант 1.

Петя сказал:

— Луна светит сама, как лампочка.

Маша ответила:

— Луна видна, потому что отражает солнечный свет.

Коля добавил:

— Луна видна только ночью, днём её никогда не бывает на небе.

а) Кто из ребят прав?

Ответ:

- Петя
- ✓ Маша
- Коля

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) У Маши день рождения 10 января. У Пети — 10 июля. Оба живут в одном городе Северного полушария. Кто из них сможет наблюдать звёзды в день рождения раньше вечером, если погода ясная?

Ответ:

- Петя
- ✓ Маша
- Недостаточно данных

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Свет от Солнца идёт до Земли примерно 8 минут. Свет от Солнца до некоторой планеты идёт примерно 40 минут. Что это за планета?

Ответ:

- Земля
- Венера
- ✓ Юпитер
- Меркурий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Вечером после захода Солнца школьник увидел тонкий серп Луны на юго-западе. Через несколько часов Луна зашла. Можно ли этой ночью увидеть Луну высоко в небе около полуночи?

Ответ:

- Да
- ✓ Нет
- Зависит от времени года

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Права Маша. Луна не светит сама, а отражает солнечный свет. Именно поэтому мы наблюдаем фазы Луны. Луну можно видеть не только ночью, но и днём.

б) Раньше вечером звёзды сможет наблюдать Маша, у которой день рождения 10 января. Зимой в Северном полушарии темнеет раньше, чем летом.

в) Свет идёт от Солнца до Земли около 8 минут, а до искомой планеты — около 40 минут. Значит, планета находится примерно в пять раз дальше от Солнца, чем Земля. Это Юпитер.

г) Тонкий серп Луны вечером находится недалеко от Солнца и заходит вскоре после него. Поэтому около полуночи высоко в небе эту Луну увидеть уже нельзя.

Задание 7. Вариант 2.

Петя сказал:

— Луна видна, потому что отражает солнечный свет.

Маша ответила:

— Луна светит сама, как лампочка.

Коля добавил:

— Луна видна только ночью, днём её никогда не бывает на небе.

а) Кто из ребят прав?

Ответ:

- ✓ Петя
- Маша
- Коля

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) У Васи день рождения 10 февраля. У Коли — 10 июня. Оба живут в одном городе Северного полушария. Кто из них сможет наблюдать звёзды в день рождения раньше вечером, если погода ясная?

Ответ:

- ✓ Вася
- Коля
- Недостаточно данных

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Свет от Солнца идёт до Земли примерно 8 минут. Свет от Солнца до некоторой планеты идёт примерно 40 минут. Что это за планета?

Ответ:

- Земля
- Венера
- ✓ Юпитер
- Меркурий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Вечером после захода Солнца школьник увидел тонкий серп Луны на юго-западе. Через несколько часов Луна зашла. Можно ли этой ночью увидеть Луну высоко в небе около полуночи?

Ответ:

- Да
- ✓ Нет
- Зависит от времени года

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 3.

Петя сказал:

— Луна светит сама, как лампочка.

Коля ответил:

— Луна видна, потому что отражает солнечный свет.

Маша добавила:

— Луна видна только ночью, днём её никогда не бывает на небе.

а) Кто из ребят прав?

Ответ:

- Петя
- Маша
- ✓ Коля

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) У Коли день рождения 10 февраля. У Васи — 10 июня. Оба живут в одном городе Северного полушария. Кто из них сможет наблюдать звёзды в день рождения раньше вечером, если погода ясная?

Ответ:

- Вася
- ✓ Коля
- Недостаточно данных

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Свет от Солнца идёт до Земли примерно 8 минут. Свет от Солнца до некоторой планеты идёт примерно 40 минут. Что это за планета?

Ответ:

- Земля
- Венера
- ✓ Юпитер
- Меркурий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Вечером после захода Солнца школьник увидел тонкий серп Луны на юго-западе. Через несколько часов Луна зашла. Можно ли этой ночью увидеть Луну высоко в небе около полуночи?

Ответ:

- Да
- ✓ Нет
- Зависит от времени года

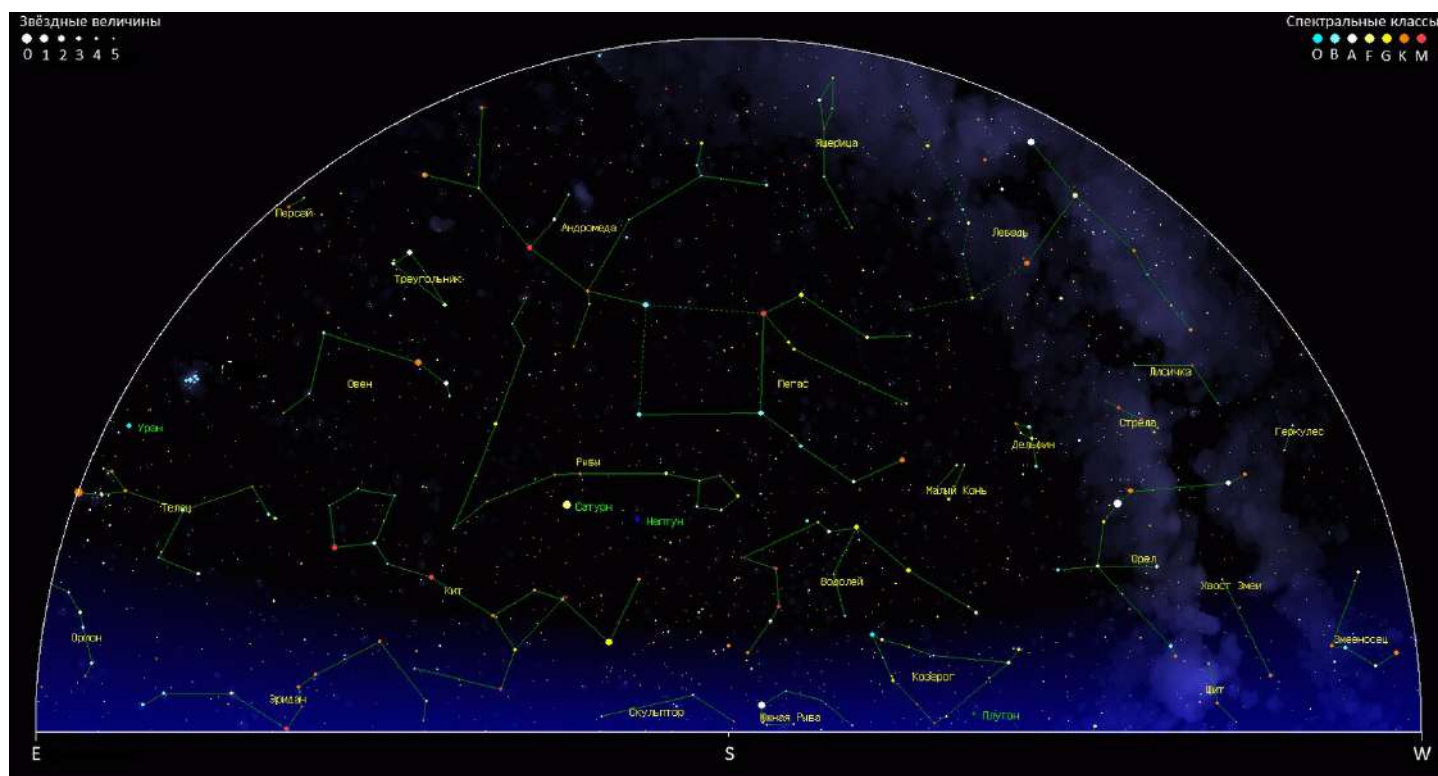
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 8. Вариант 1.

На изображении представлена симуляция вида южной части ночного неба около местной полуночи на широте Москвы.



а) Какие зодиакальные созвездия можно наблюдать в южной части неба на дату и время симуляции?

Ответ:

- ✓ Рыбы
- Стрелец
- Весы
- ✓ Козерог
- ✓ Телец
- Скорпион

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Список использованных источников изображений

Задание 1.

1. <https://science.nasa.gov/photojournal/a-view-from-afar/>
2. https://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/venus/slide_3.html
3. <https://science.nasa.gov/resource/apollo-11-mission-image-view-of-moon-limb-with-earth-on-the-horizon/>
4. <https://www.jpl.nasa.gov/images/pia26248-perseverance-views-a-transit-of-phobos/>

Задание 4.

<https://www.youtube.com/watch?v=f3j0qTzNqvY>

Задание 6.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Callisto_-_July_8_1979_\(38926064465\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Callisto_-_July_8_1979_(38926064465).jpg)

<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>

Задание 8. Вариант 1.

<https://liveplanets.ru/tools/StarChart/>

Задание 8. Вариант 2.

<https://liveplanets.ru/tools/StarChart/>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Даны фотографии, сделанные различными космическими аппаратами. Определите небесные тела, в окрестностях которых были сделаны эти снимки.



Ответ: ✓ Марс • Юпитер • Луна • Сатурн	Ответ: ✓ Юпитер • Марс • Луна • Сатурн	Ответ: • Марс • Юпитер • Сатурн ✓ Луна	Ответ: • Марс ✓ Сатурн • Юпитер • Луна
---	---	---	---

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла.

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

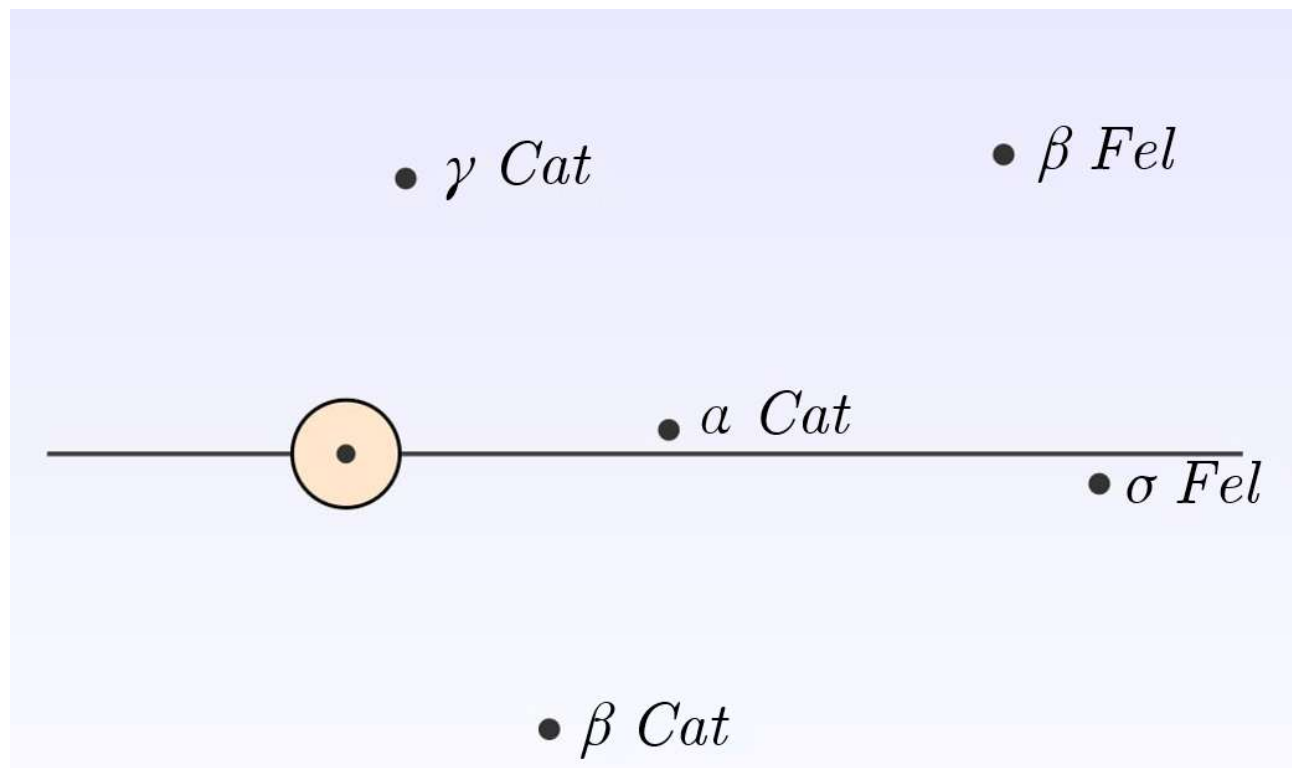
Серая поверхность, покрытая кратерами, и видимый вдали серп Земли — Луна.

Рыжевато-бурая гористая поверхность — Марс.

Крупная планета с характерными атмосферными полосами, но без «роскошных» колец — Юпитер.

Оставшийся снимок с крупным планом облачной структуры (знаменитый полярный Шестиугольник) — Сатурн.

Задание 2. Вариант 1. На рисунке показан годичный путь материнской звезды для некоторой небольшой экзопланеты, а также несколько звёзд созвездий *Felis* и *Catus*.



а) Какие звёзды могут оказаться за диском материнской звезды для наблюдателя на поверхности планеты?

Ответ:

- ✓ α Cat
- β Cat
- γ Cat
- β Fel
- ✓ σ Fel

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный и верно невыбранный ответ — 0.4 балла. Всего — 2 балла. За каждую ошибку снимается 0.4 балла

б) Угловой диаметр материнской звезды равен 0.6° . Определите угловое расстояние между α Cat и β Cat. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

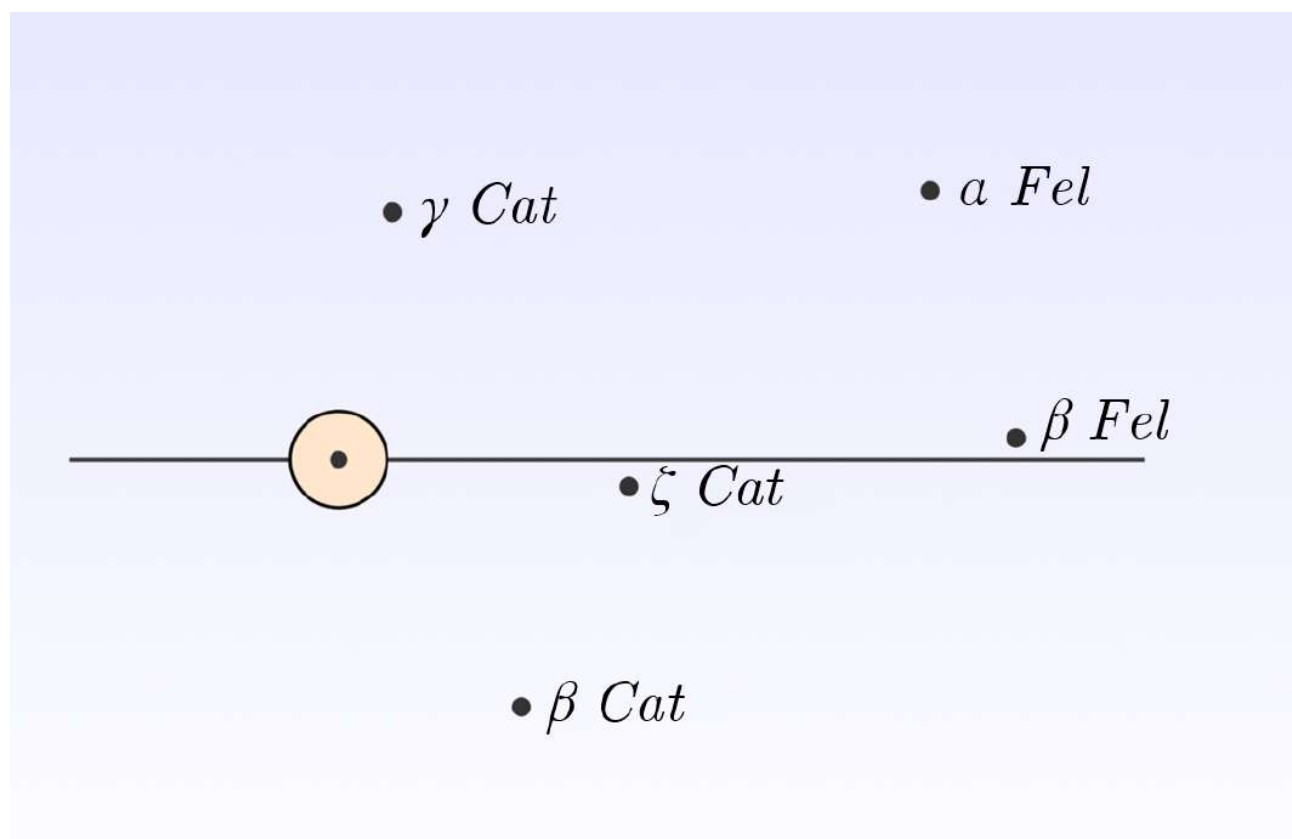
а) Диск материнской звезды в течение года перемещается вдоль указанного на рисунке пути. Мысленно перемещая диск вдоль этой линии, видим, что он может закрыть звёзды Альфа (α) *Catus* и Сигма (σ) *Felis*.

б) Угловой диаметр материнской звезды (0.6°) задаёт масштаб изображения. Измеряем на рисунке диаметр её диска и расстояние между Альфой (α) *Catus* и Бетой (β) *Catus* и составляем пропорцию. Получаем угловое расстояние примерно 2° .

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–4

№ варианта	Ответ (пункт а)	Угловой диаметр	Ответ (пункт б)
1	α Cat, σ Fel	0.6°	2°
2	α Cat, σ Fel	2.6°	8°
3	α Cat, σ Fel	3.6°	11°
4	α Cat, σ Fel	4.6°	14°

Задание 2. Вариант 5. На рисунке показан годичный путь материнской звезды для некоторой небольшой экзопланеты, а также несколько звёзд созвездий *Felis* и *Catus*.



а) Какие звёзды могут оказаться за диском материнской звезды для наблюдателя на поверхности планеты?

Ответ:

- ✓ ζ Cat
- β Cat
- γ Cat
- ✓ β Fel
- α Fel

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный и верно невыбранный ответ — 0.4 балла. Всего — 2 балла. За каждую ошибку снимается 0.4 балла

б) Угловой диаметр материнской звезды равен 0.9° . Определите угловое расстояние между β Fel и β Cat. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с вариантом 1

Матрица параметров и ответов для вариантов 5–8

№ варианта	Ответ (пункт а)	Угловой диаметр	Ответ (пункт б)
5	ζ Cat, β Fel	0.9°	5°
6	ζ Cat, β Fel	2.9°	17°
7	ζ Cat, β Fel	3.9°	23°
8	ζ Cat, β Fel	4.9°	29°

Задание 3. Знаменитый приключенческий роман французского писателя Жюль Верна повествует о путешествии вокруг света. Давайте оценим минимальную среднюю скорость такого путешествия!

а) Минимальное расстояние, которое необходимо преодолеть путешественникам, составляет длину окружности земного шара — 40 тысяч километров. Сколько километров в среднем нужно преодолевать каждые сутки, чтобы «обойти» Землю за 80 дней?

Ответ: 500

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Один узел (единица скорости) равен 1852 метрам в час. Выразите найденную скорость в узлах. Ответ округлите до сотых.

Ответ: 11.25

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Радиус орбиты Луны в 60 раз больше радиуса Земли. При этом Луна совершает один оборот вокруг Земли за 27.3 суток. Во сколько раз орбитальная скорость Луны больше найденной средней скорости кругосветного путешественника? Ответ округлите до целых.

Ответ: 176

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) Минимальная длина пути вокруг Земли — около 40 тысяч километров. За 80 суток необходимо в среднем преодолевать

$$\frac{40\,000}{80} = 500 \text{ км/сут.}$$

б) Переведём эту скорость в узлы:

$$500 \text{ км/сут.} = \frac{500\,000 \text{ м/сут.}}{24 \text{ ч/сут.}} \approx 20\,833.33 \text{ м/ч.}$$

Так как один узел равен 1852 м/ч, получаем

$$\frac{20\,833.33}{1852} \approx 11.25.$$

в) Радиус орбиты Луны в 60 раз больше радиуса Земли, поэтому длина лунной орбиты примерно в 60 раз больше длины земной окружности:

$$40\,000 \cdot 60 = 2\,400\,000 \text{ км.}$$

Луна проходит это расстояние за 27.3 суток, поэтому её средняя скорость

$$\frac{2\,400\,000}{27.3} \approx 87\,912 \text{ км/сут.}$$

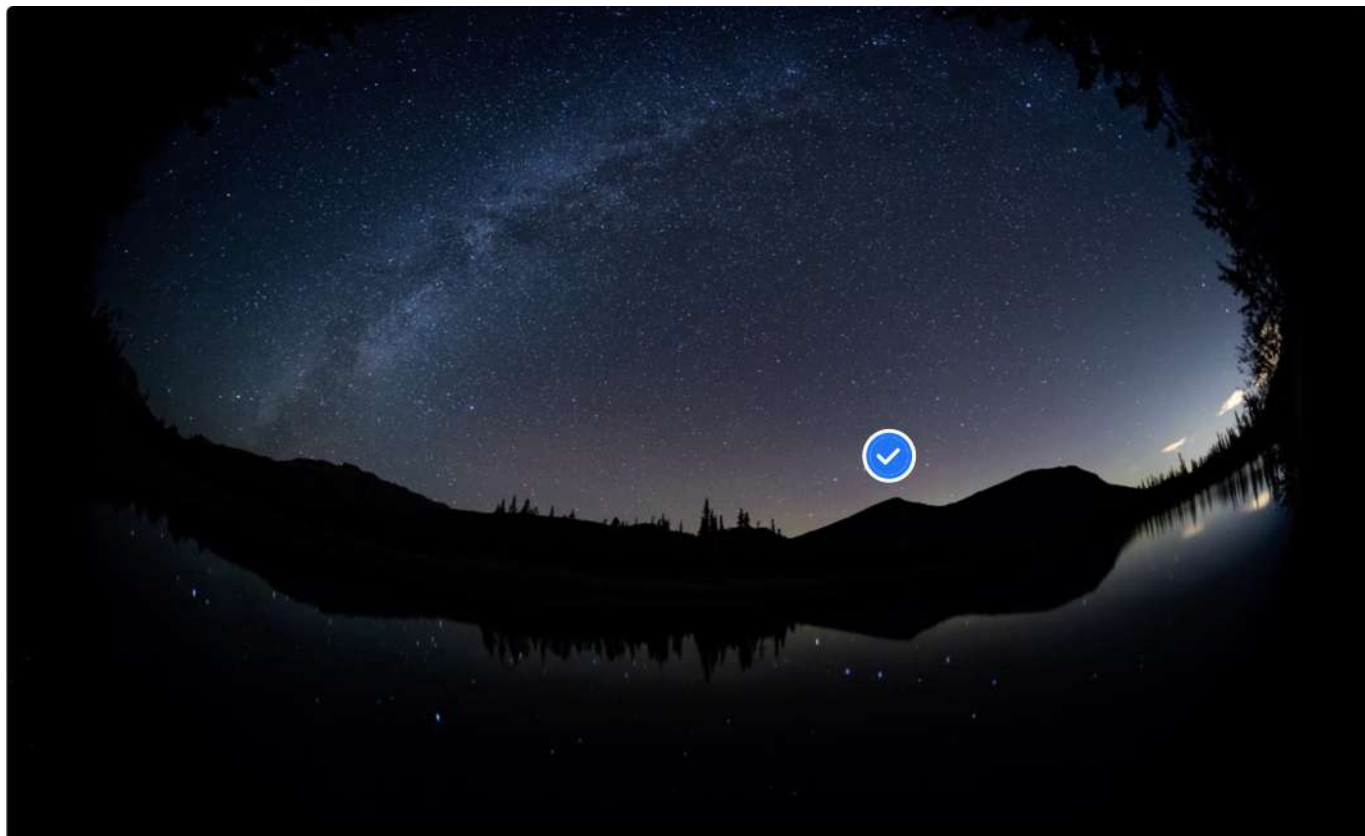
Сравним со скоростью кругосветного путешествия:

$$\frac{87\,912}{500} \approx 176.$$

Задание 4. Используя изображение звёздного неба (симуляция), ответьте на вопросы.

а) Отметьте на изображении созвездие Большая Медведица.

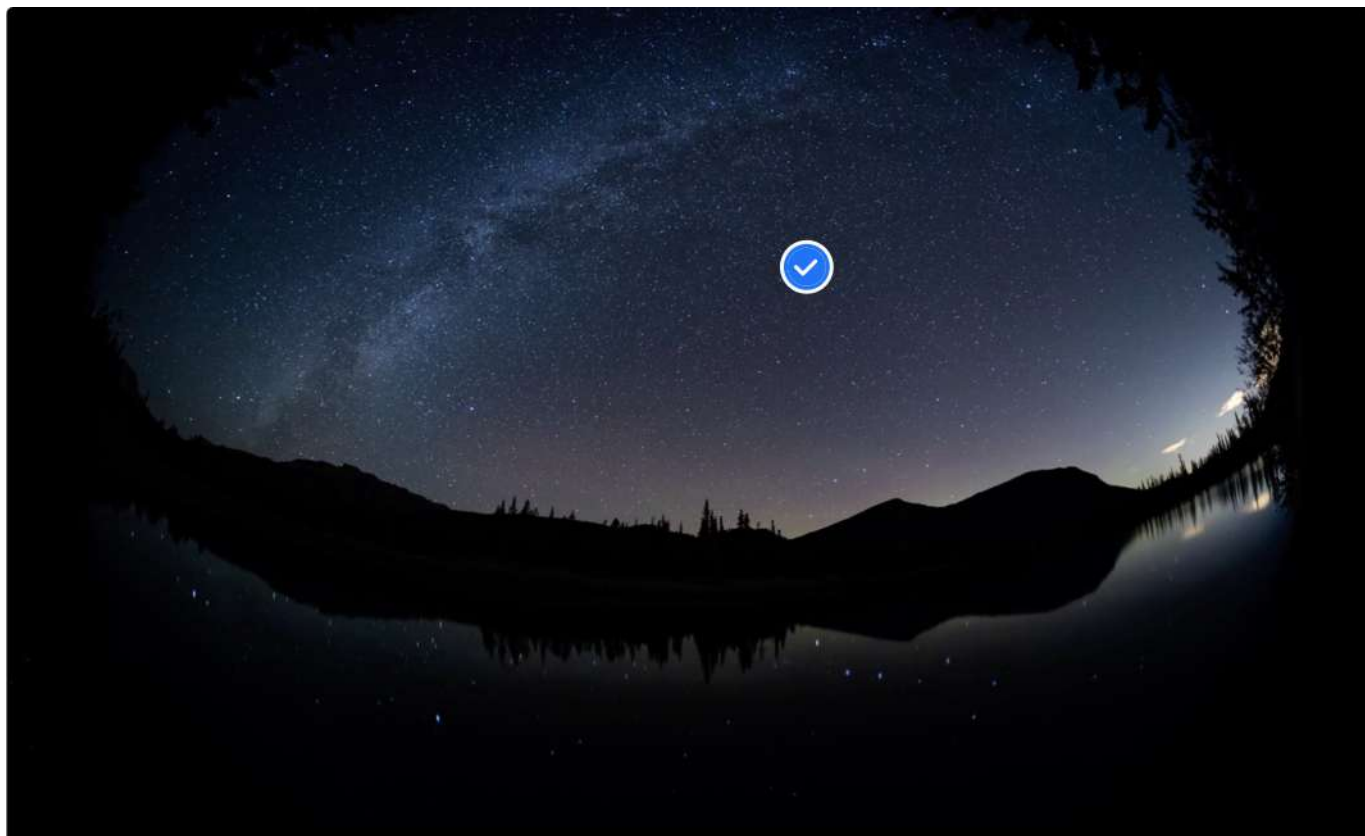
Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Отметьте на изображении Полярную звезду.

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) В кадре можно увидеть широкую полосу Млечного Пути, наискосок пересекающую небо. Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Все звёзды, запечатлённые на изображении, принадлежат Млечному Пути
- ✓ Светимость большинства звёзд, различимых на изображении как отдельные объекты, превышает солнечную
- ✓ Тёмные полосы вдоль Млечного Пути — гигантские облака из газа и пыли
- ✓ Некоторые из звёзд, различимых на изображении как отдельные объекты, периодически изменяют свой блеск

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 8 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

а) Большую Медведицу можно узнать по характерному астеризму Большой Ковш.

б) Полярная звезда находится примерно на продолжении линии, соединяющей две крайние звезды Ковша — Мерак и Дубхе — на расстоянии около пяти расстояний между ними.

в) Верны все четыре утверждения:

Все отдельные звёзды на снимке принадлежат нашей Галактике — Млечному Пути. Другие галактики на звёзды невооружённым глазом мы не разрешаем.

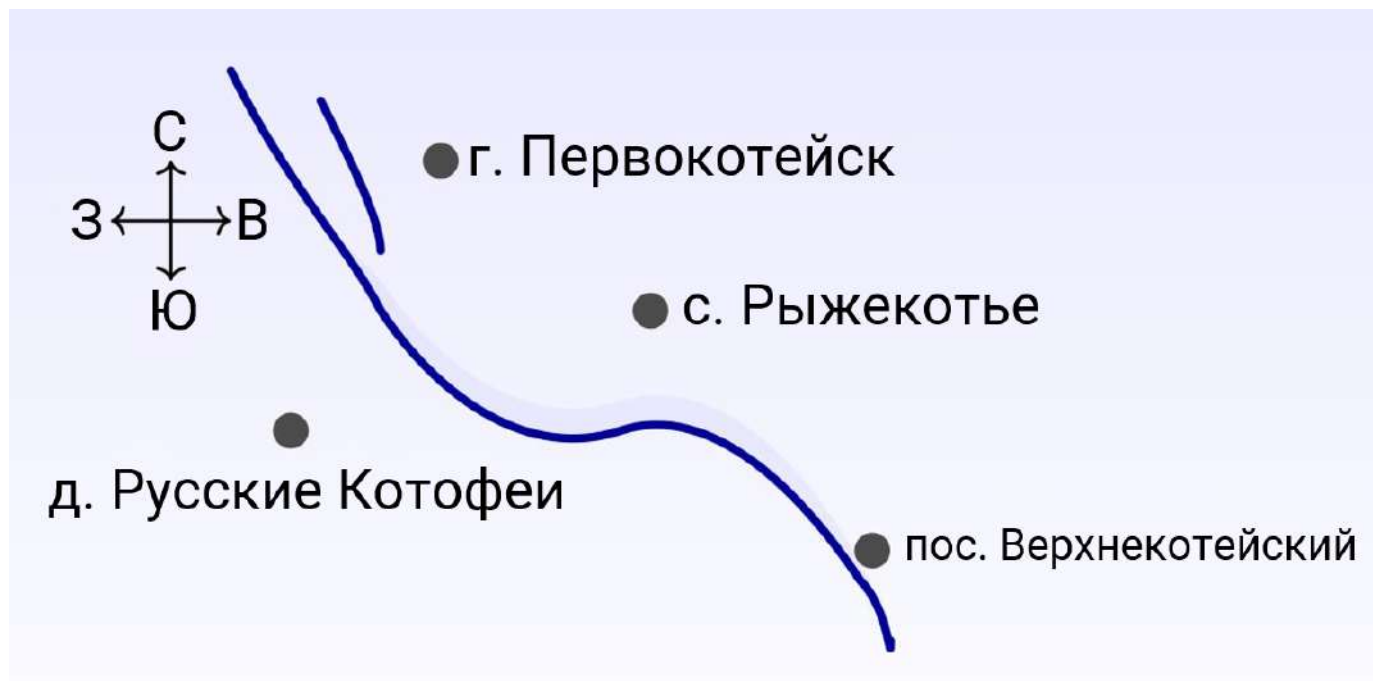
Большинство различимых на снимке звёзд ярче Солнца, следовательно, они более массивные, а значит, как правило, и более крупные.

Тёмные полосы Млечного Пути образованы гигантскими облаками газа и особенно пыли, поглощающей свет далёких звёзд.

Некоторые видимые звёзды являются переменными. Например, небольшие изменения блеска наблюдаются даже у Полярной звезды. Переменность Алголя (Беты Персея) была известна ещё с глубокой древности.

Задание 5. Вариант 1.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	пос. Верхнекотейский
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	пос. Верхнекотейский
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	г. Первокотейск

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Верхнекотейском не видна ни одна звезда Южного Креста. В каких из оставшихся пунктов Южный Крест также не виден?

Ответ:

- ✓ г. Первокотейск
- ✓ д. Русские Котофеи
- ✓ с. Рыжекотье

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) Чем южнее находится пункт в умеренных широтах Северного полушария, тем выше в нём поднимается Солнце. Самый южный пункт — посёлок Верхнекотейский.

Земля вращается с запада на восток, поэтому новые солнечные сутки раньше наступают в более восточных пунктах. Самый восточный пункт — посёлок Верхнекотейский.

Высота Полярной звезды над горизонтом увеличивается с географической широтой наблюдателя. Самый северный пункт — город Первокотейск.

б) Если Южный Крест не виден даже из самого южного пункта — Верхнекотейского, — то он тем более не виден из всех остальных, более северных населённых пунктов.

Задание 5. Вариант 2.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	с. Рыжекотье
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	с. Рыжекотье
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	д. Русские Котофеи

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Рыжекотье не видна ни одна звезда Южного Креста. В каких из оставшихся пунктов Южный Крест также не виден?

Ответ:

- ✓ д. Русские Котофеи
- ✓ г. Первокотейск
- ✓ пос. Верхнекотейский

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 3.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	г. Первокотейск
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	г. Первокотейск
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	пос. Верхнекотейский

Критерий оценивания: за каждое верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Первокотейске не видна ни одна звезда Южного Креста. В каких из оставшихся пунктов Южный Крест также не виден?

Ответ:

- ✓ пос. Верхнекотейский
- ✓ д. Русские Котофеи
- ✓ с. Рыжекотье

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 4.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	д. Русские Котофеи
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	д. Русские Котофеи
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	с. Рыжекотье

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Русских Котофеях не видна ни одна звезда Южного Креста. В каких из оставшихся пунктов Южный Крест также не виден?

Ответ:

- ✓ г. Первокотейск
- ✓ пос. Верхнекотейский
- ✓ с. Рыжекотье

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Установите соответствие между объектами и их свойствами.

Ответ:

Объект	Свойство
Луна	Может оказаться ближе к Земле, чем Солнце
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем Земля
Венера	Может оказаться ближе к Земле, чем Солнце
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем Земля
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем к Земле
Марс	Может оказаться ближе к Земле, чем Солнце
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем к Земле
Юпитер	Может оказаться ближе к Солнцу, чем к Земле
Сириус	Может оказаться ближе к Солнцу, чем к Земле
МКС	Может оказаться ближе к Земле, чем Солнце
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем Земля
Комета	Может оказаться ближе к Земле, чем Солнце
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем Земля
	Может оказаться ближе к Солнцу, чем к Земле

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 14 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

Венера как внутренняя планета всегда находится ближе к Солнцу, чем Земля. Некоторые кометы подходят к Солнцу ближе одной астрономической единицы. Луна и МКС обращаются вокруг Земли, поэтому на части своей орбиты также оказываются немного ближе к Солнцу, чем Земля (иногда даже между Солнцем и Землёй). Внешние планеты и Сириус этому условию не удовлетворяют.

Эти объекты не связаны орбитальным движением непосредственно с Землёй, поэтому при подходящем взаимном расположении (например, при их расположении за Солнцем для земного наблюдателя) расстояние от них до Солнца может оказаться меньше расстояния до Земли. Луна и МКС, напротив, всегда находятся очень близко к Земле.

МКС и Луна находятся рядом с Землёй постоянно. Венера и Марс могут сближаться с Землёй на расстояние меньше одной астрономической единицы, а некоторые кометы проходят достаточно близко от Земли. Юпитер и Сириус для этого слишком далеки.

Задание 7. Какие пары объектов никогда нельзя наблюдать невооружённым глазом одновременно над горизонтом?

Солнце	Сатурн, Юпитер, Полярная звезда, Нептун
Луна	Нептун
Сатурн	Солнце, Нептун
Юпитер	Солнце, Нептун
Полярная звезда	Солнце, Нептун
Нептун	Солнце, Луна, Сатурн, Юпитер, Полярная звезда

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 0.5 балла. Всего — 8 баллов.

За каждую ошибку снимается 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Нептун не виден невооружённым глазом, поэтому никакую пару с Нептуном нельзя наблюдать при указанных обстоятельствах.

При нахождении Солнца над горизонтом светлое небо не позволяет невооружённым глазом видеть Сатурн, Юпитер и Полярную звезду. Луну при этом видеть можно.

Остальные пары при подходящих условиях могут одновременно находиться над горизонтом и наблюдаться невооружённым глазом.

Задание 8. Какие события обязательно произойдут хотя бы раз в течение любого календарного года в заданном пункте на Земле?

Ответ:

- ✓ Новолуние
- ✓ Полнолуние
- Солнечное затмение
- Лунное затмение
- ✓ Летнее солнцестояние
- ✓ Зимнее солнцестояние
- Падение метеорита

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

В течение любого календарного года обязательно происходят полнолуния, новолуния, летнее и зимнее солнцестояние.

Фазы Луны определяются её регулярным движением вокруг Земли, поэтому новолуния и полнолуния происходят многократно в течение года.

Летнее и зимнее солнцестояния происходят по одному разу в год независимо от положения наблюдателя.

Падение метеорита в заданном пункте — случайное событие. Солнечные и лунные затмения также нельзя гарантированно наблюдать из любого заданного пункта Земли в течение каждого календарного года.

Список использованных источников изображений

Задание 1.

1. <https://www.jpl.nasa.gov/images/pia24813-jezero-craters-scarp-a/>
https://d2pn8kiwq2w21t.cloudfront.net/original_images/jpegPIA24813.jpg
2. <https://science.nasa.gov/photojournal/jupiter-io-montage/>
3. <https://www.nasa.gov/image-article/earthset/>
<https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2026/04/art002e009288orig-1.jpg>
4. <https://science.nasa.gov/photojournal/stormy-pole/>

Задание 4.

<https://www.youtube.com/watch?v=f3j0qTzNqvY>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. На фотографии запечатлено соединение полной Луны и некоторой планеты Солнечной системы.



а) Что это может быть за планета?

Ответ:

- ✓ Юпитер
- Нептун
- Уран
- ✓ Сатурн
- Венера
- Меркурий

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) На сколько астрономических единиц наибольшее возможное расстояние от Земли до этой планеты превышает наименьшее возможное расстояние? Ответ округлите до целых.

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 7

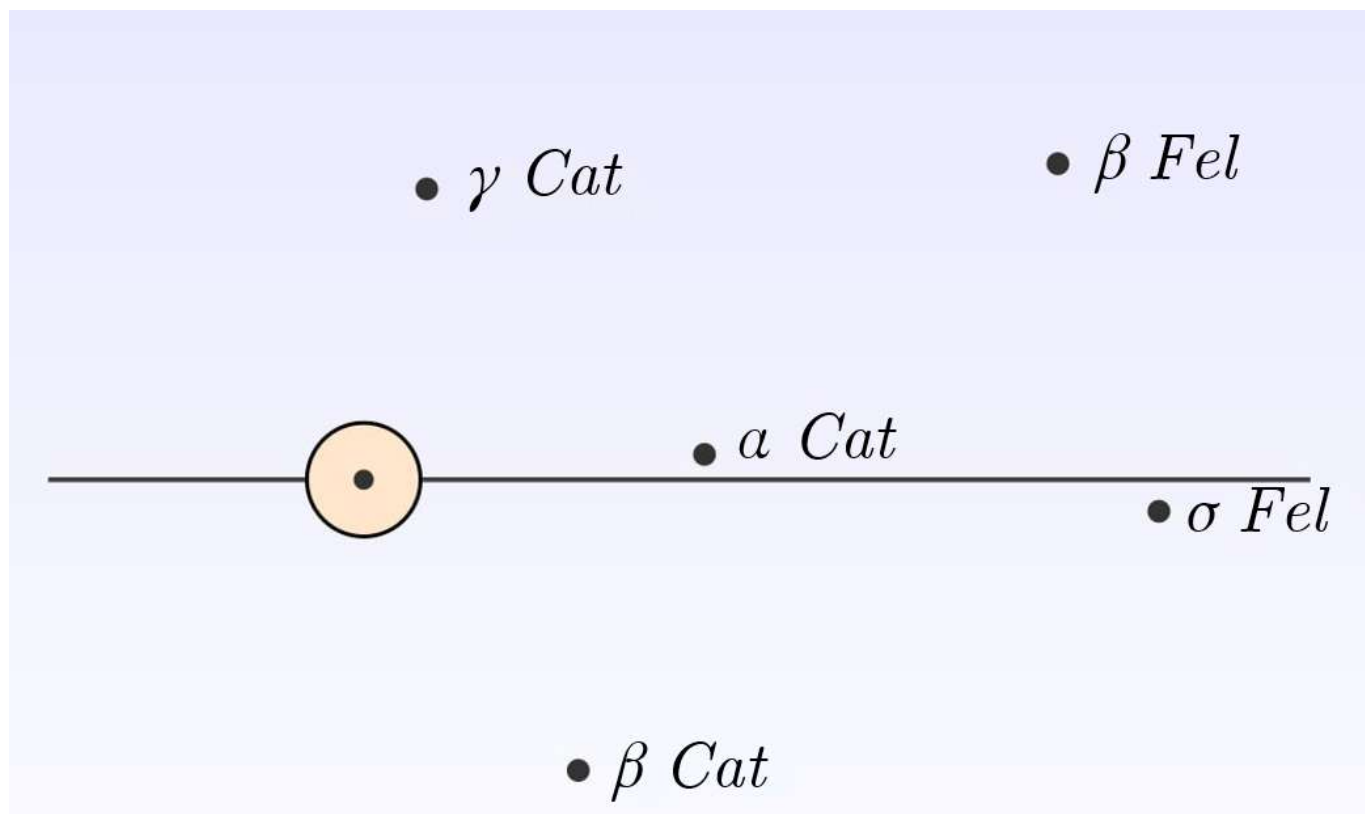
Решение.

а) Полная Луна находится на небе в стороне, противоположной Солнцу, поэтому соединиться с ней может только внешняя планета. Из предложенных вариантов подходят Юпитер и Сатурн.

Уран и Нептун также являются внешними планетами, но первый находится на пределе видимости невооружённым глазом, а второй ещё тусклее. Рядом с яркой полной Луной на снимке, где не видны даже относительно яркие звёзды, Уран, а тем более Нептун не будут заметны.

б) Наибольшее и наименьшее расстояния от Земли до внешней планеты отличаются на диаметр земной орбиты, то есть на 2 а. е. Максимум и минимум достигаются при расположении объектов на одной линии, по разные или по одну сторону от Солнца.

Задание 2. Вариант 1. На рисунке показан годичный путь местного солнца для некоторой небольшой экзопланеты, а также несколько звёзд созвездий *Felis* и *Catus*. Север на рисунке находится сверху.



а) Какие звёзды могут оказаться за диском местного солнца для наблюдателя на поверхности планеты?

Ответ:

- ✓ α Cat
- β Cat
- γ Cat
- β Fel
- ✓ σ Fel

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный и верно невыбранный ответ — 0.8 балла. Всего — 4 балла. За каждую ошибку снимается 0.8 балла

б) Угловой диаметр местного солнца равен 0.6° . Определите угловое расстояние между α Cat и β Cat. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Эклиптической широтой светила можно назвать наименьшее угловое расстояние от этого светила до эклиптики. Оцените эклиптическую широту α Cat. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) Диск местного солнца в течение года перемещается вдоль указанного на рисунке пути. Мысленно перемещая диск вдоль этой линии, видим, что он может закрыть звёзды Альфа (α) *Catus* и Сигма (σ) *Felis*.

б) Угловой диаметр местного Солнца (0.6°) задаёт масштаб изображения. Измеряем на рисунке диаметр его диска и расстояние между Альфой (α) *Catus* и Бетой (β) *Catus* и составляем пропорцию. Получаем угловое расстояние примерно 2° .

в) Эклиптическая широта Альфы (α) *Catus* меньше углового радиуса местного Солнца, поскольку диск Солнца может закрыть эту звезду. Угловой радиус составляет

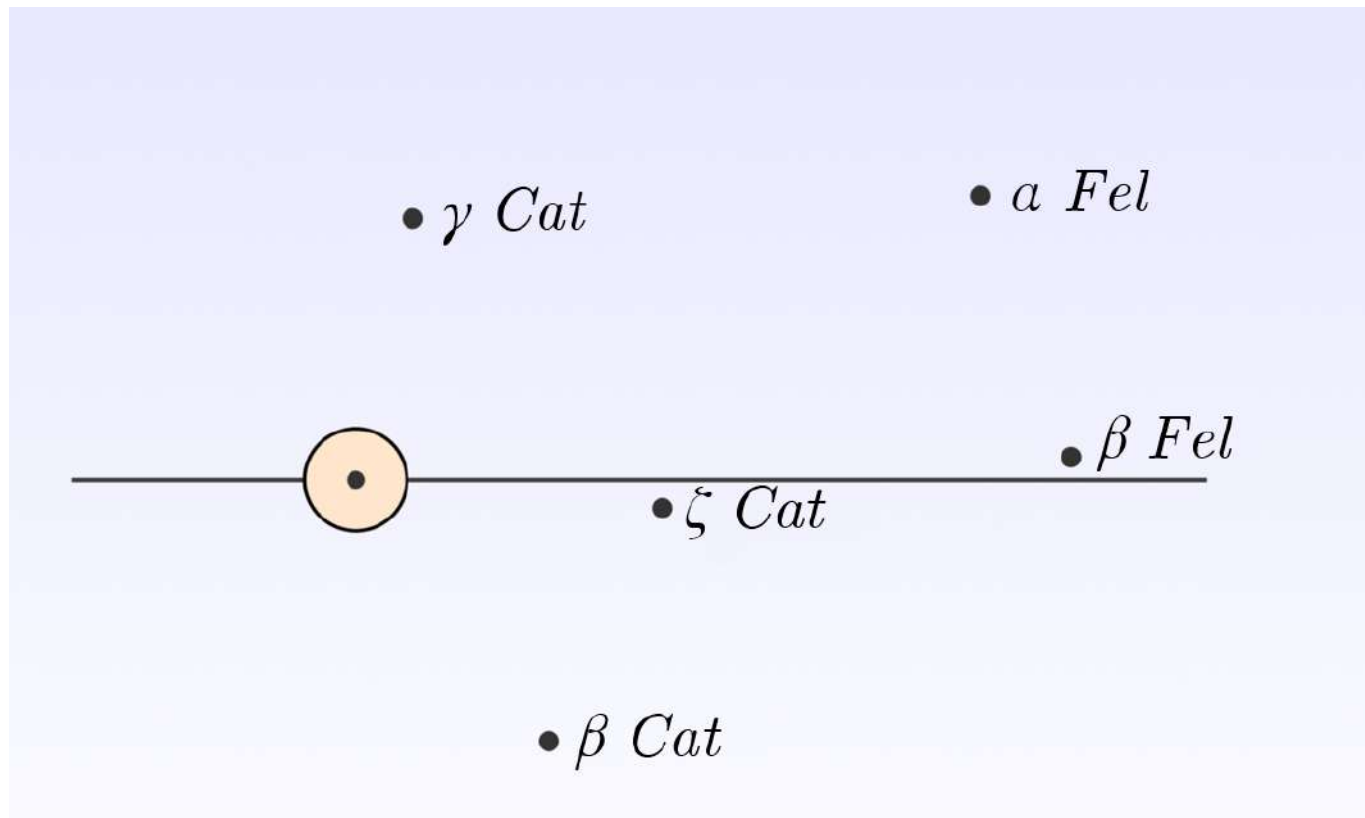
$$\frac{0.6^\circ}{2} = 0.3^\circ.$$

Следовательно, при округлении до целых эклиптическая широта Альфы (α) *Catus* равна 0° .

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–4

№ варианта	Ответ (пункт а)	Угловой диаметр	Ответ (пункт б)
1	α Cat, σ Fel	0.6°	2°
2	α Cat, σ Fel	1.0°	3°
3	α Cat, σ Fel	0.4°	1°
4	α Cat, σ Fel	1.3°	4°

Задание 2. Вариант 5. На рисунке показан годичный путь местного солнца для некоторой небольшой экзопланеты, а также несколько звёзд созвездий *Felis* и *Catus*. Север на рисунке находится сверху.



а) Какие звёзды могут оказаться за диском местного солнца для наблюдателя на поверхности планеты?

Ответ:

- ✓ ζ Cat
- β Cat
- γ Cat
- ✓ β Fel
- α Fel

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный и верно невыбранный ответ — 0.8 балла. Всего — 4 балла. За каждую ошибку снимается 0.8 балла

б) Угловой диаметр местного солнца равен 0.9° . Определите угловое расстояние между β Fel и β Cat. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Эклиптической широтой светила можно назвать наименьшее угловое расстояние от этого светила до эклиптики. Оцените эклиптическую широту ζ Cat. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

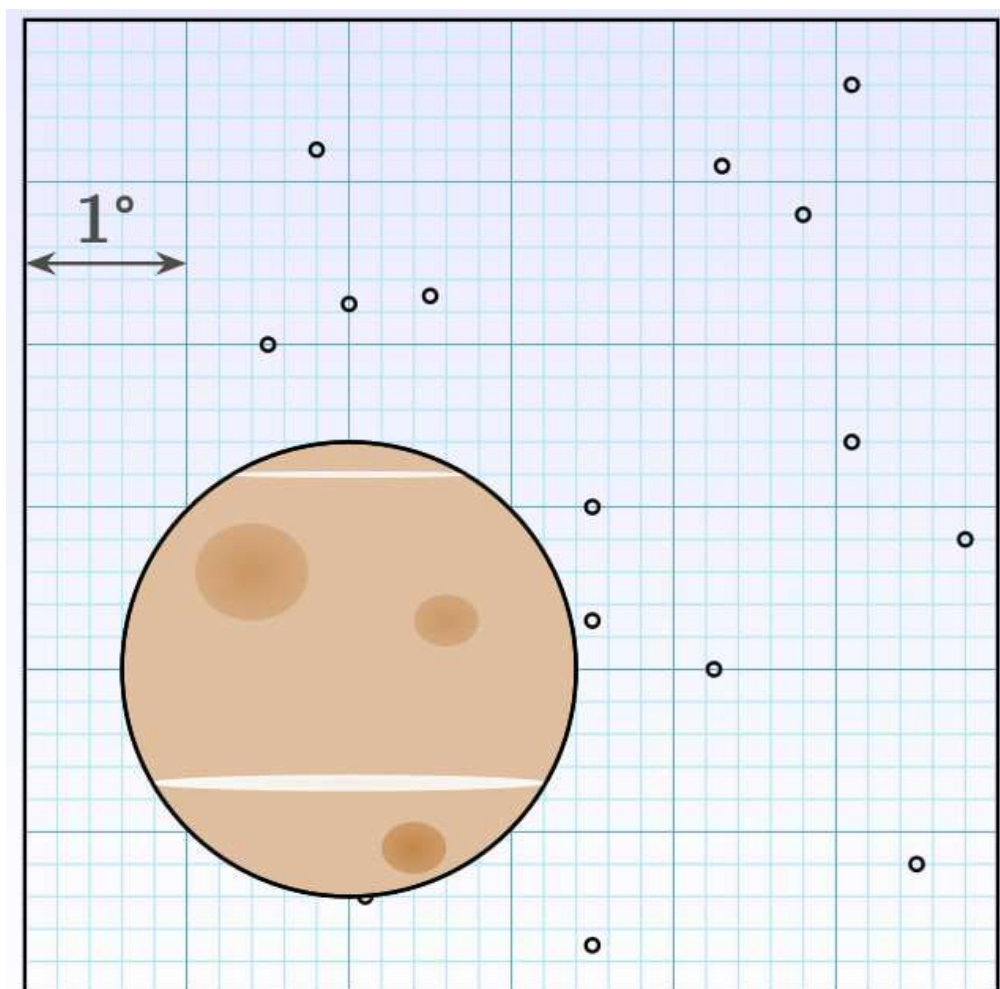
Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Матрица параметров и ответов для вариантов 5–8

№ варианта	Ответ (пункт а)	Угловой диаметр	Ответ (пункт б)
5	ζ Cat, β Fel	0.9°	5°
6	ζ Cat, β Fel	1.0°	6°
7	ζ Cat, β Fel	1.2°	7°
8	ζ Cat, β Fel	1.4°	8°

Задание 3. Вариант 1. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 2.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 5.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выберите планеты-гиганты Солнечной системы.

Ответ:

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

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Диаметр планеты на рисунке составляет 14 малых клеток, причём пяти клеткам соответствует 1° . Поэтому угловой диаметр планеты равен

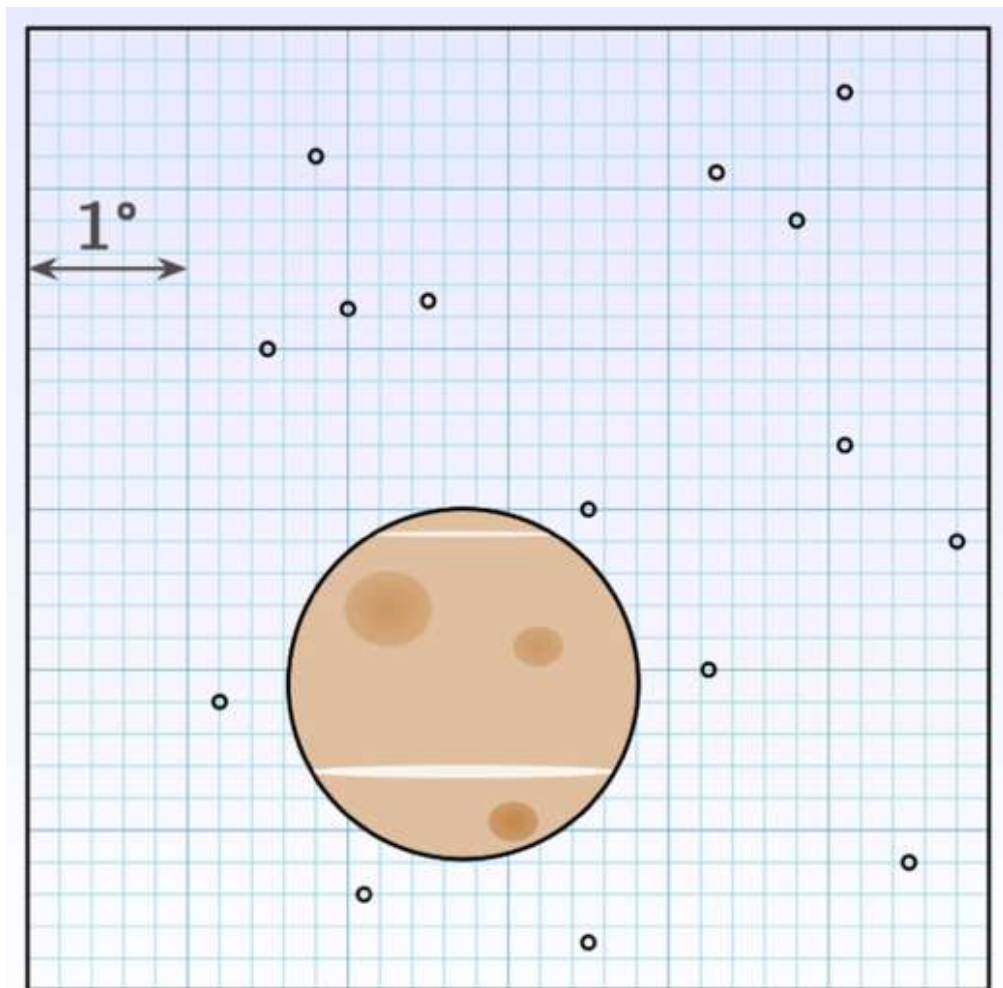
$$\frac{14}{5} = 2.8^\circ.$$

б) При уменьшении расстояния до планеты в два раза её угловой диаметр увеличится примерно в два раза:

$$2.8^\circ \cdot 2 = 5.6^\circ.$$

в) Планеты-гиганты Солнечной системы: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

Задание 3. Вариант 2. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 2.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 4.4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выберите планеты-гиганты Солнечной системы.

Ответ:

- ✓ Нептун
- ✓ Уран
- ✓ Сатурн
- ✓ Юпитер
- Марс
- Земля

- Венера
- Меркурий

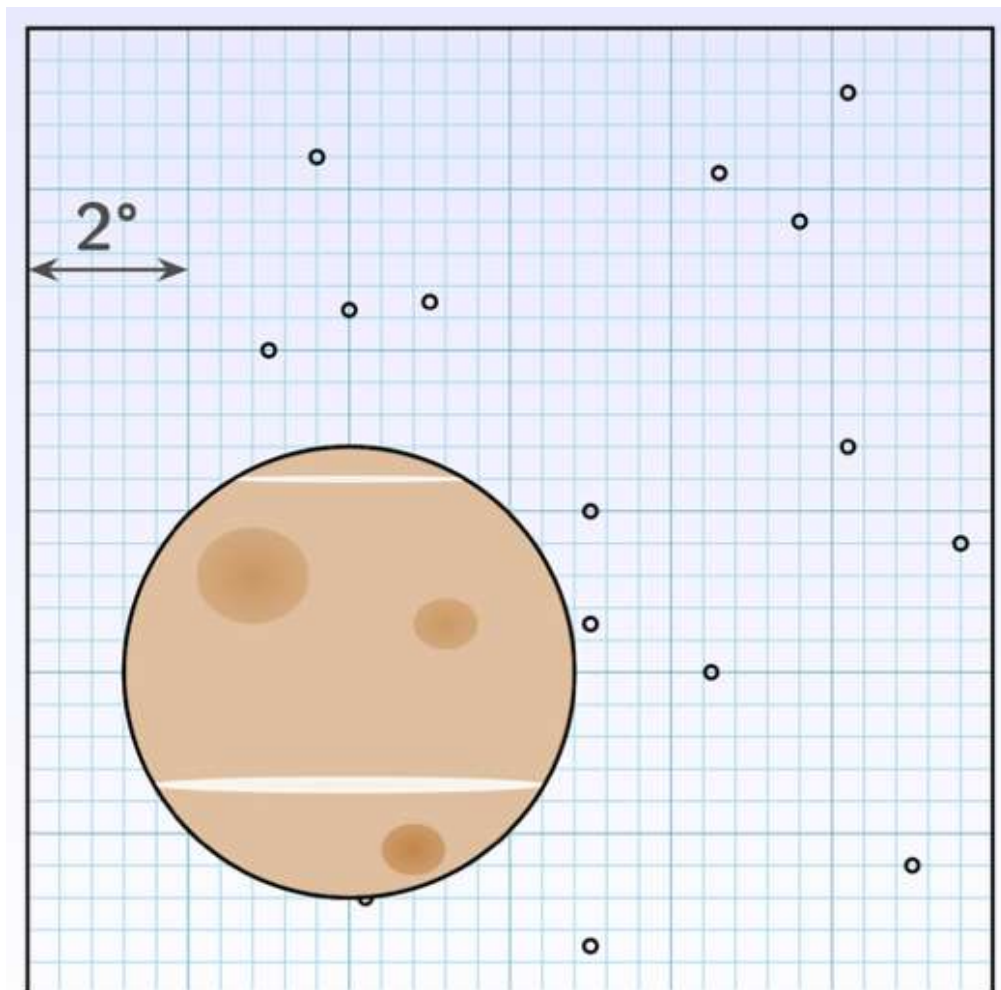
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 3. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 5.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 11.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выберите планеты-гиганты Солнечной системы.

Ответ:

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

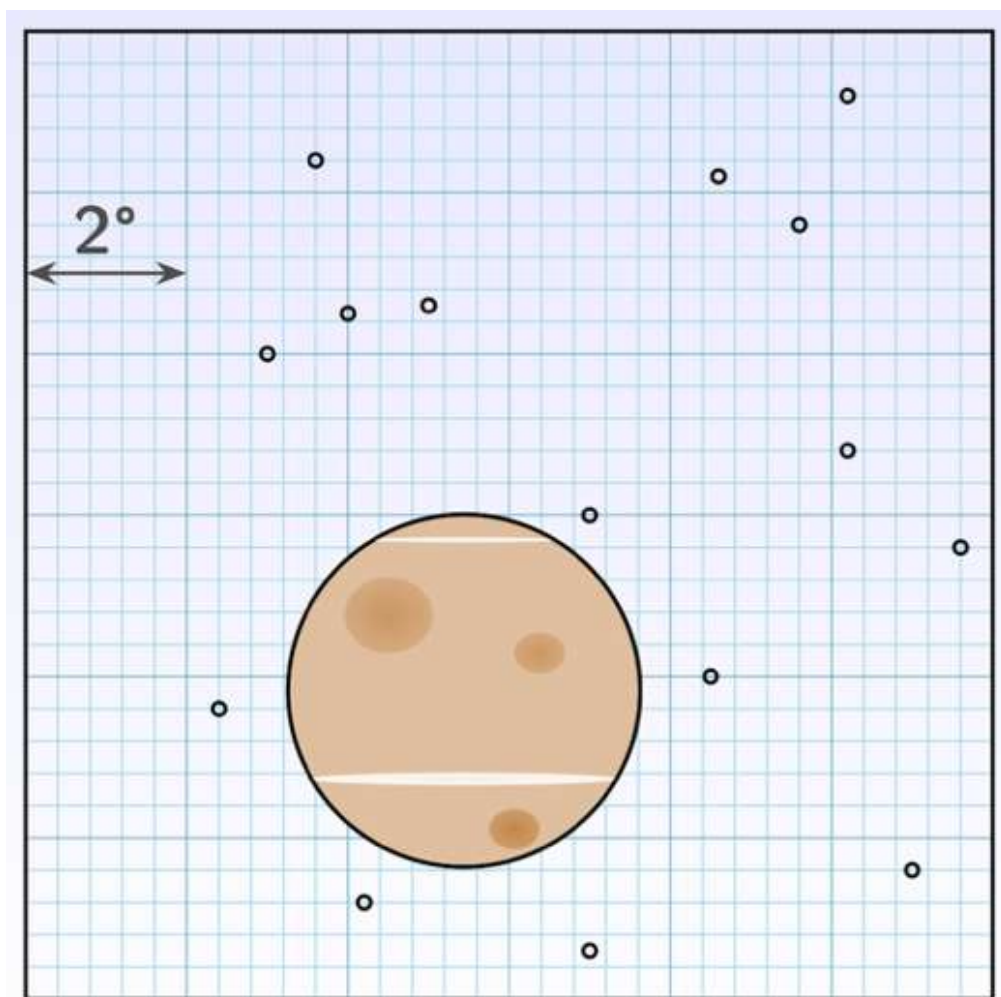
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 4. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 4.4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 8.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выберите планеты-гиганты Солнечной системы.

Ответ:

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

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. Продолжительность синодического месяца (периода смены лунных фаз) составляет около 29.5 суток. Известно, что в некотором пункте Земли полнолуние наступило в 18 часов понедельника, 20 сентября.

Когда наступило следующее полнолуние?

Ответ: а) в понедельник | во вторник | в среду | в четверг | в пятницу | в субботу | в воскресенье, б) 20 в) января | февраля | марта | апреля | мая | июня | июля | августа | сентября | октября | ноября | декабря

Критерий оценивания:

а) точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ во вторник — 2 балла.

б) точное совпадение ответа — 3 балла

в) точное совпадение ответа — 2 балла

г) Могло ли 14 сентября наблюдаться полное солнечное затмение?

Ответ:

- Да, в этом же пункте
- Да, но в другом пункте Земли
- ✓ Нет
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а-в) Синодический месяц длится около 29.5 суток, то есть 29 суток и 12 часов.

Через 29 суток после 20 сентября будет 19 октября. Прибавляем ещё 12 часов: $18:00 + 12 \text{ ч} = 06:00$. Следовательно, следующее полнолуние наступит 20 октября в 06:00, в среду.

г) Полное солнечное затмение возможно только в новолуние. Новолуние наступает примерно через половину синодического месяца после полнолуния:

$$\frac{29.5}{2} = 14.75 \text{ сут.}$$

Между 14 и 20 сентября всего 6 суток, поэтому 14 сентября полного солнечного затмения быть не могло.

Задание 4. Вариант 2. Продолжительность синодического месяца (периода смены лунных фаз) составляет около 29.5 суток. Известно, что в некотором пункте Земли полнолуние наступило в 18 часов вторника, 20 марта.

Когда наступило следующее полнолуние?

Ответ: а) в понедельник | во вторник | в среду | в четверг | в пятницу | в субботу | в воскресенье, б) 19 в) января | февраля | марта | апреля | мая | июня | июля | августа | сентября | октября | ноября | декабря

Критерий оценивания:

а) точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ в среду — 2 балла.

б) точное совпадение ответа — 3 балла

в) точное совпадение ответа — 2 балла

г) Могло ли 14 марта наблюдаться полное солнечное затмение?

Ответ:

- Да, в этом же пункте
- Да, но в другом пункте Земли
- ✓ Нет
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 3. Продолжительность синодического месяца (периода смены лунных фаз) составляет около 29.5 суток. Известно, что в некотором пункте Земли полнолуние наступило в 18 часов среды, 20 апреля.

Когда наступило следующее полнолуние?

Ответ: а) в понедельник | во вторник | в среду | в четверг | в пятницу | в субботу | в воскресенье, б) 20 в) января | февраля | марта | апреля | мая | июня | июля | августа | сентября | октября | ноября | декабря

Критерий оценивания:

а) точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ в четверг — 2 балла.

б) точное совпадение ответа — 3 балла

в) точное совпадение ответа — 2 балла

г) Могло ли 14 апреля наблюдаться полное солнечное затмение?

Ответ:

- Да, в этом же пункте
- Да, но в другом пункте Земли

✓ Нет

- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла**Максимальный балл за задание — 11****Решение по аналогии с вариантом 1****Задание 5. Вариант 1.**

- а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.

**Ответ:**

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	пос. Верхнекотейский
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	пос. Верхнекотейский
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	г. Первокотейск

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

- б) В Рыжекотье звезда Альфа Центавра кульминирует на горизонте. В каких из оставшихся пунктов она кульминирует над горизонтом?

Ответ:

- г. Первокотейск
- ✓ пос. Верхнекотейский
- ✓ д. Русские Котофеи

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 4 балла

Максимальный балл за задание — 13**Решение.**

- а) Чем южнее находится пункт в умеренных широтах Северного полушария, тем выше в нём поднимается Солнце.

Самый южный пункт — Верхнекотейский.

Земля вращается с запада на восток, поэтому новые солнечные сутки раньше наступают в более восточных пунктах.

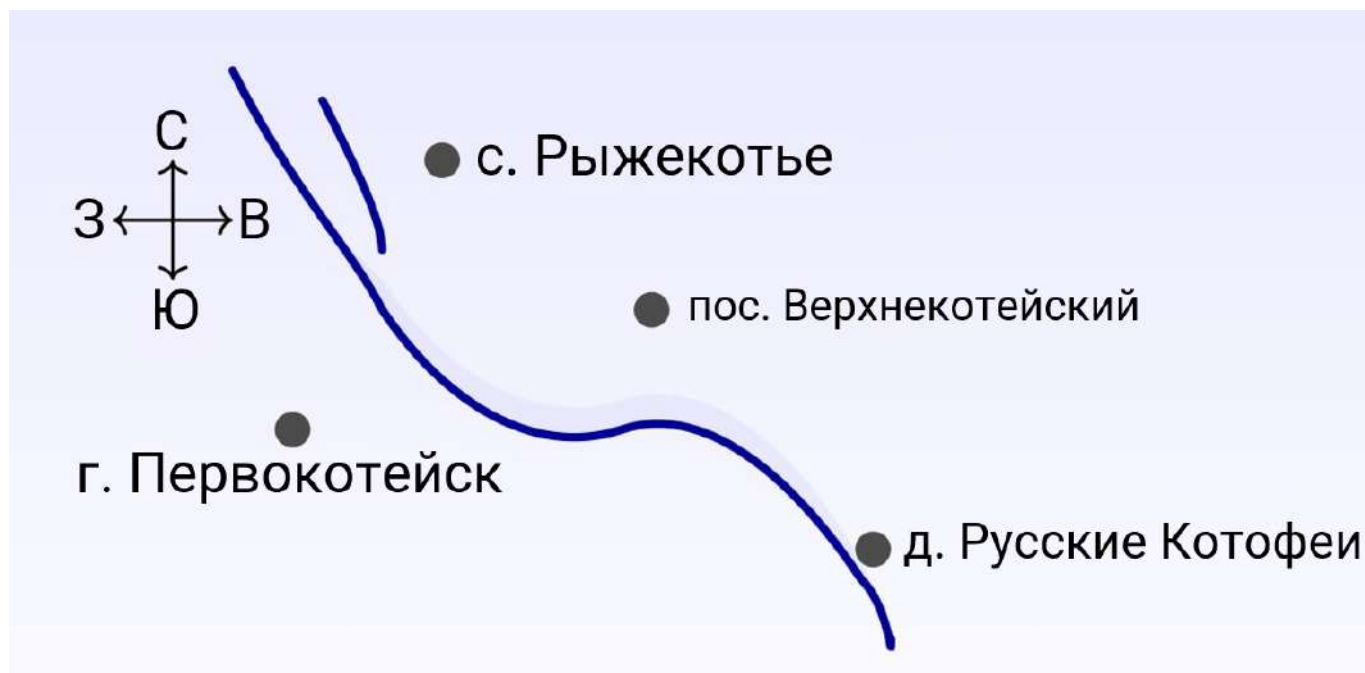
Самый восточный пункт — также Верхнекотейский.

Высота Полярной звезды над горизонтом увеличивается с географической широтой. Самый северный пункт — Первокотейск.

- б) Альфа Центавра — южная звезда. Если в Рыжекотье она кульминирует на горизонте, то в более южных пунктах (в Русских Котофеях и Верхнекотейском) она будет кульминировать над горизонтом. В более северном Первокотейске звезда не наблюдается.

Задание 5. Вариант 2.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	д. Русские Котофеи
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	д. Русские Котофеи
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	с. Рыжекотье

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Верхнекотейском звезда Альфа Центавра кульминирует на горизонте. В каких из оставшихся пунктов она кульминирует над горизонтом?

Ответ:

- ✓ д. Русские Котофеи
- с. Рыжекотье
- ✓ г. Первокотейск

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 3.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	г. Первокотейск
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	г. Первокотейск
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	пос. Верхнекотейский

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Русских Котофеях звезда Альфа Центавра кульминирует на горизонте. В каких из оставшихся пунктов она кульминирует над горизонтом?

Ответ:

- ✓ с. Рыжекотье
- ✓ г. Первокотейск
- пос. Верхнекотейский

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 4.

а) Установите соответствие между населёнными пунктами и фактами о них.



Ответ:

В этом пункте раньше всего наступают новые солнечные сутки	с. Рыжекотье
В этом пункте Солнце поднимается выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	с. Рыжекотье
В этом пункте Полярная звезда находится выше всего над горизонтом при условии расположения всех населённых пунктов в умеренных северных широтах Земли	д. Русские Котофеи

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 9 баллов

б) В Первокотейске звезда Альфа Центавра кульминирует на горизонте. В каких из оставшихся пунктов она кульминирует над горизонтом?

Ответ:

- д. Русские Котофеи
- ✓ пос. Верхнекотейский
- ✓ с. Рыжекотье

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Дан составной снимок положений Солнца в течение 24 часов в некотором пункте Земли.



а) Где могла производиться съёмка?

Ответ:

- ✓ За полярным кругом
- На экваторе
- На тропике Рака
- В умеренных северных широтах
- В умеренных южных широтах

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Присмотритесь к изображению. Какое астрономическое явление возможно было наблюдать в день съёмки?

Ответ:

- Восход Солнца
- Заход Солнца
- ✓ Солнечное затмение
- Лунное затмение
- Прохождение Юпитера по диску Солнца
- Транзит Марса по диску Солнца
- Пассаж Сатурна по диску Юпитера

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) В каком месяце могла производиться съёмка, если наблюдатель находился в Антарктике?

Ответ:

- В апреле
- В июне
- В августе
- ✓ В декабре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Солнце в течение суток не заходит за горизонт. Следовательно, наблюдение проводилось за полярным кругом во время полярного дня.

б) На одном из изображений диск Солнца закрыт тёмным диском. В этот день наблюдалось солнечное затмение.

в) Если наблюдатель находился в Антарктике, полярный день соответствует лету Южного полушария. Из предложенных месяцев подходит декабрь.

Задание 7.

а) Установите соответствие между описанием неба и местом наблюдения.

Ответ:

Солнце движется по небу медленно, день длится почти земной месяц; ночью Земля всегда находится примерно в одной и той же области неба	Луна
Солнце выглядит примерно в 5 раз меньше по угловому диаметру, чем на Земле; на небе ярко светит огромный диск планеты с полосами и Большим красным пятном	Европа
На небе Солнце кажется примерно вдвое меньше, чем с Земли; иногда рядом с Солнцем можно увидеть яркую голубоватую «звезду» — Землю	Фобос
Солнце почти не видно из-за плотной атмосферы, небо освещено рассеянным светом, а поверхность сильно нагрета	Венера

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 4 балла

б) Расположите объекты в порядке увеличения размеров центральных тел, вокруг которых они обращаются.

- Фобос
- Луна
- Европа
- Венера

Ответ: Фобос → Луна → Европа → Венера**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла**Максимальный балл за задание — 8****Решение.**

а) Если Солнце выглядит примерно в пять раз меньше, чем с Земли, наблюдатель находится примерно в пять раз дальше от Солнца. Огромный полосатый диск с Большим красным пятном — Юпитер. Из предложенных объектов подходит его спутник Европа.

Если Земля всё время находится примерно в одной области неба, наблюдатель находится на теле, гравитационно связанном с Землёй. Кроме того, солнечные сутки там длятся почти земной месяц. Это Луна.

Плотная атмосфера, рассеянный свет и очень высокая температура поверхности характерны для Венеры.

Если Солнце выглядит примерно в два раза меньше, чем с Земли, наблюдатель находится дальше от Солнца, чем Земля. Возможность видеть Землю рядом с Солнцем также соответствует наблюдению из внешней относительно земной орбиты области. Из предложенных объектов подходит Фобос — спутник Марса.

б) Фобос обращается вокруг Марса, Луна — вокруг Земли, Европа — вокруг Юпитера, Венера — вокруг Солнца.

Земля — крупнейшая планета земной группы, больше Марса, но заведомо меньше планеты-гиганта Юпитера. Звезда Солнце многократно крупнее любой из планет.

Задание 8. Марсианские солнечные сутки (сол) длятся 24 часа 40 минут. Марсианский год длится примерно 687 земных суток.

а) Сколько земных часов длится один сол? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 24.67**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

б) Сколько примерно марсианских солов длится марсианский год? Ответ округлите до целых.

Ответ: 668**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

в) Вася фотографирует диск Марса около противостояния каждую полночь. За сколько дней ему (при условии идеальной погоды на Земле и на Марсе) удастся собрать материалы для построения карты поверхности всей планеты?

Ответ: 37**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла**Максимальный балл за задание — 9****Решение.**

Один сол длится 24 часа 40 минут:

$$24 + \frac{40}{60} \approx 24.67 \text{ ч.}$$

Марсианский год длится 687 земных суток, то есть

$$687 \cdot 24 = 16\,488 \text{ ч.}$$

Число солов в марсианском году:

$$\frac{16\,488}{24.67} \approx 668.$$

За одни земные сутки Марс поворачивается на

$$360^\circ \cdot \frac{24}{24.67} \approx 350.3^\circ.$$

Поэтому от одной полуночи до следующей центральная долгота видимого диска смещается примерно на

$$360^\circ - 350.3^\circ \approx 9.7^\circ.$$

Для полного оборота этой долготы потребуется

$$\frac{360^\circ}{9.7^\circ} \approx 37 \text{ земных суток.}$$

Половины этого времени недостаточно: за это время можно увидеть всю поверхность Марса, но для построения хорошей карты каждый участок, в частности приэкваториальный, должен побывать вблизи центра видимого диска.

Список использованных источников изображений

Задание 1.

<https://earthsky.org/tonight/full-moon-and-jupiter-from-dusk-till-dawn/>

Задание 6.

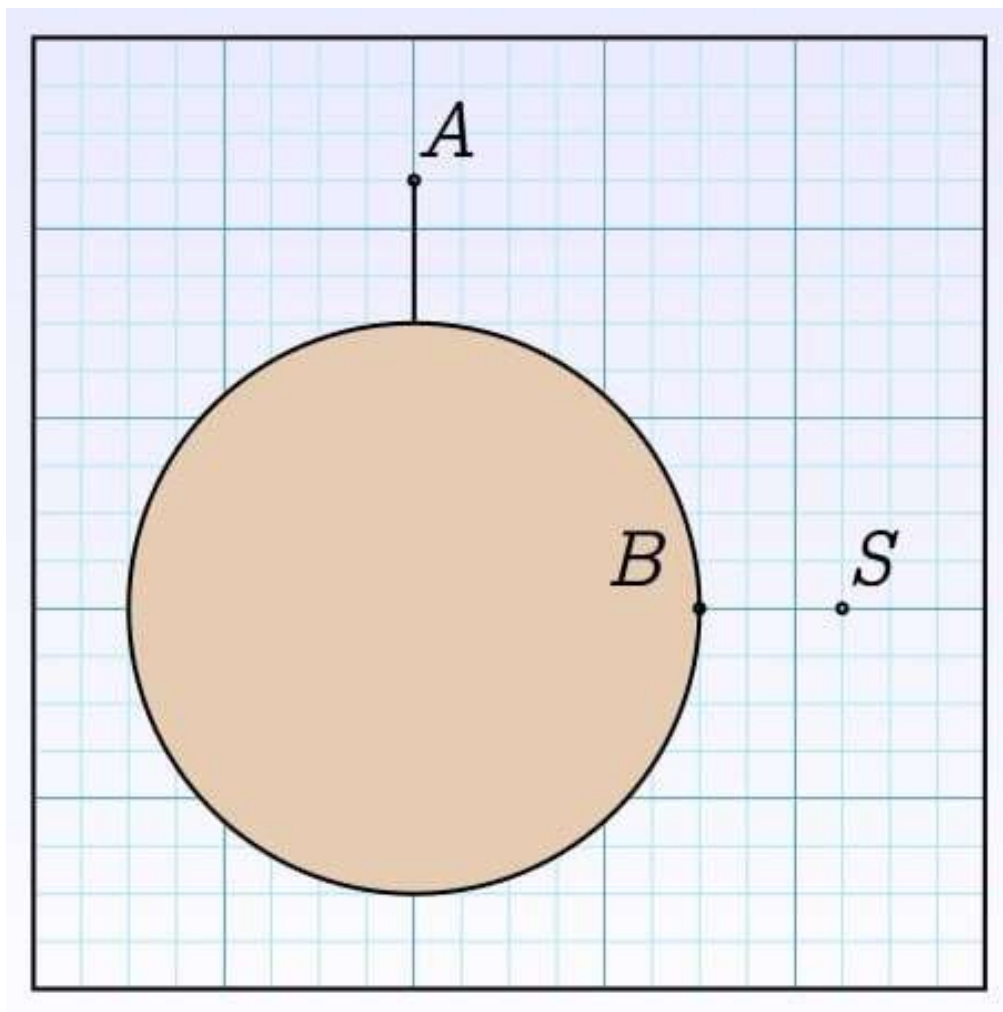
<https://apod.nasa.gov/apod/ap211210.html>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. На полюсе маленькой экзопланеты находится сторожевая вышка A . В плоскости экватора экзопланеты по круговой орбите движется спутник S .



а) Определите высоту спутника над горизонтом экваториального наблюдателя B . Ответ выразите в градусах.

Ответ: 90

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) На какой высоте находится спутник относительно математического горизонта наблюдателя A ? Ответ выразите в градусах с учётом знака.

Ответ: -45

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) На какой высоте находится спутник относительно истинного горизонта наблюдателя A ? Ответ выразите в градусах с учётом знака. Допустимая погрешность: 5 градусов.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[0; 8]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

г) Во сколько раз расстояние между пунктами A и B по прямой больше радиуса орбиты спутника? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Для наблюдателя B спутник находится в зените, поэтому его высота над горизонтом равна 90° .

б) Математический горизонт наблюдателя A перпендикулярен радиусу, проведённому из центра планеты к точке A . По рисунку спутник находится на высоте -45° относительно математического горизонта: отрезок AS проходит строго по диагоналям клеток.

в) Истинный горизонт определяется касательной к поверхности планеты, проведённой из точки A . Спутник находится практически на этой линии, поэтому его высота относительно истинного горизонта составляет примерно 0° (с учётом требуемой точности ответа). Точный расчёт или непосредственное измерение дают ответ около 3° .

г) Расстояние между пунктами A и B найдём по теореме Пифагора:

$$AB = \sqrt{9^2 + 6^2} = \sqrt{117} = 3\sqrt{13}.$$

Радиус орбиты спутника равен 9 клеткам, поэтому

$$\frac{AB}{R} = \frac{3\sqrt{13}}{9} = \frac{\sqrt{13}}{3} \approx 1.2.$$

Задание 2. Давайте полюбуемся композитной астрофотографией!



Какие объекты и явления удалось запечатлеть?

Ответ:

- ✓ Луну
- ✓ Корону
- ✓ Пепельный свет
- ✓ Протуберанцы
- ✓ Звёзды
- Нет верного ответа

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный ответ — 2.4 балла. За выбор варианта «Нет верного ответа» снимается 12 баллов

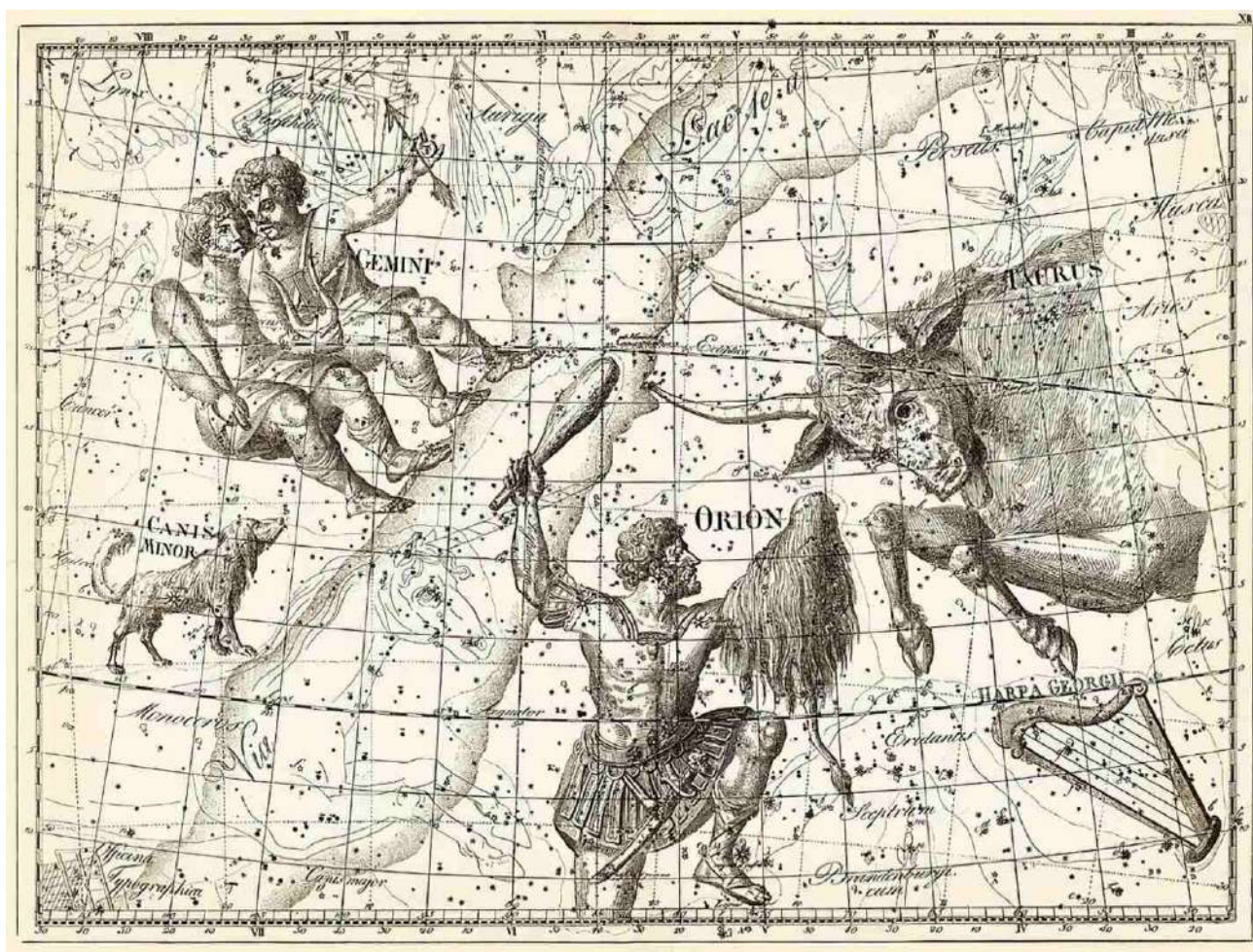
Максимальный балл за задание — 12

Решение.

На составном снимке запечатлено полное солнечное затмение. Видны солнечная корона, звёзды и протуберанцы у края солнечного диска.

Видна слабо освещённая поверхность Луны и различимы детали рельефа. Это пепельный свет: солнечный свет отражается от Земли, попадает на Луну, отражается от неё и возвращается к наблюдателю на Земле.

Задание 3. Дан фрагмент карты из «Уранографии» Иоганна Боде 1801 года. На ней можно заметить живописные астеризмы некоторых известных созвездий.



а) Какие созвездия присутствуют на данной карте?

Ответ:

- ✓ Орион
- ✓ Телец
- Кентавр
- ✓ Близнецы
- Рыбы
- Южный Крест
- Скорпион

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

б) Какая точка находится в границах данной карты?

Ответ:

- Точка зимнего солнцестояния
- ✓ Точка летнего солнцестояния
- Точка летнего равноденствия
- Точка зимнего равноденствия
- Восходящий узел
- Точка альмукантарата
- Полюс эклиптики

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

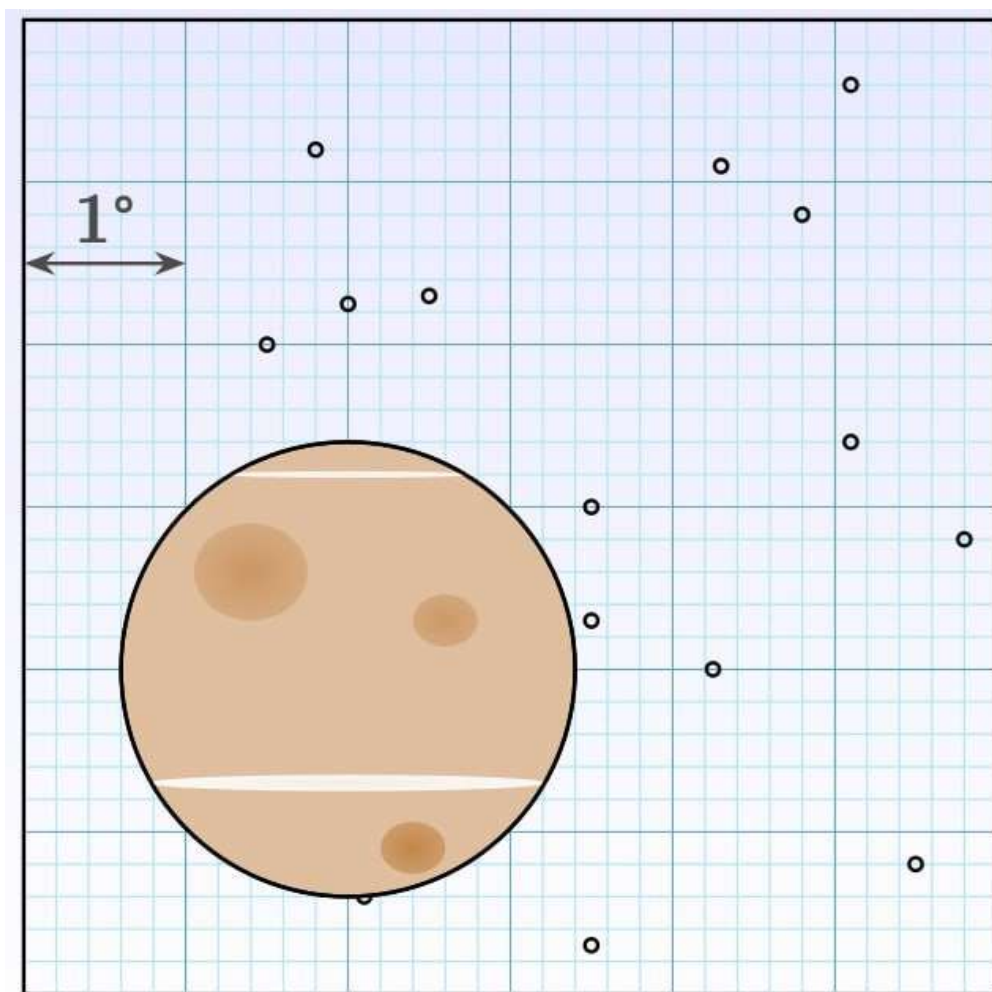
Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) По характерным рисункам звёзд на карте можно узнать созвездия Тельца, Близнецов и Ориона.

б) В пределах карты находится точка летнего солнцестояния. В настоящее время она расположена в Тельце (вблизи границы с Близнецами).

Задание 4. Вариант 1. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 2.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 5.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Радиус планеты составляет 50 тыс. километров. На каком расстоянии от центра планеты находится наблюдатель? Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2000; 2100]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ в диапазоне [2000000; 2100000] — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) Диаметр планеты на рисунке составляет 14 малых клеток, причём пяти клеткам соответствует 1° . Поэтому угловой диаметр планеты равен

$$\frac{14^\circ}{5} = 2.8^\circ.$$

б) При уменьшении расстояния до планеты в два раза её угловой диаметр увеличится примерно в два раза:

$$2.8^\circ \cdot 2 = 5.6^\circ.$$

в) Диаметр планеты составляет $2R = 100\,000$ км.

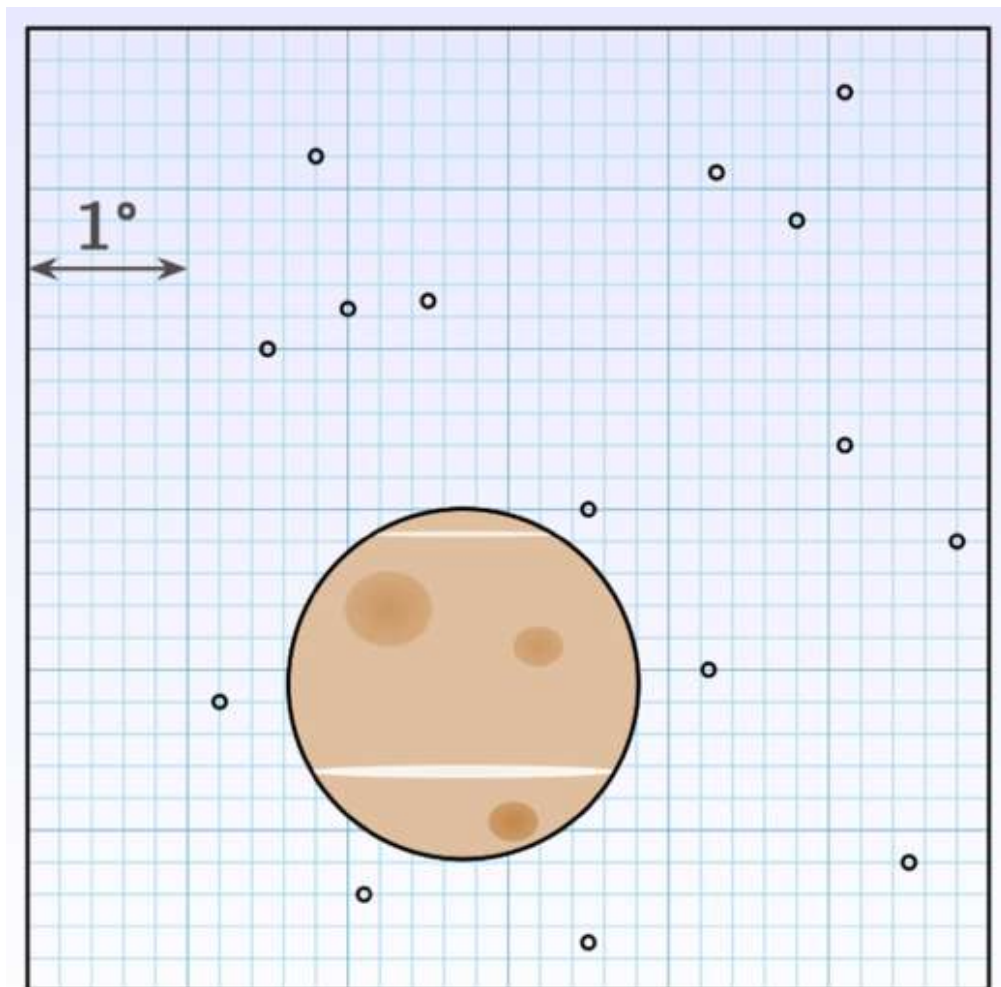
При малом угле дугу можно считать практически неотличимой от хорды, поэтому 100 000 км соответствуют углу 2.8° . Полная окружность соответствующего радиуса:

$$L = 100\,000 \cdot \frac{360}{2.8}.$$

Тогда расстояние от центра планеты до наблюдателя

$$r = \frac{L}{2\pi} = \frac{100\,000 \cdot 360}{2.8 \cdot 2\pi} \approx 2\,046\,000 \text{ км.}$$

Задание 4. Вариант 2. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 2.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 4.4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Радиус планеты составляет 50 тыс. километров. На каком расстоянии от центра планеты находится наблюдатель? Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

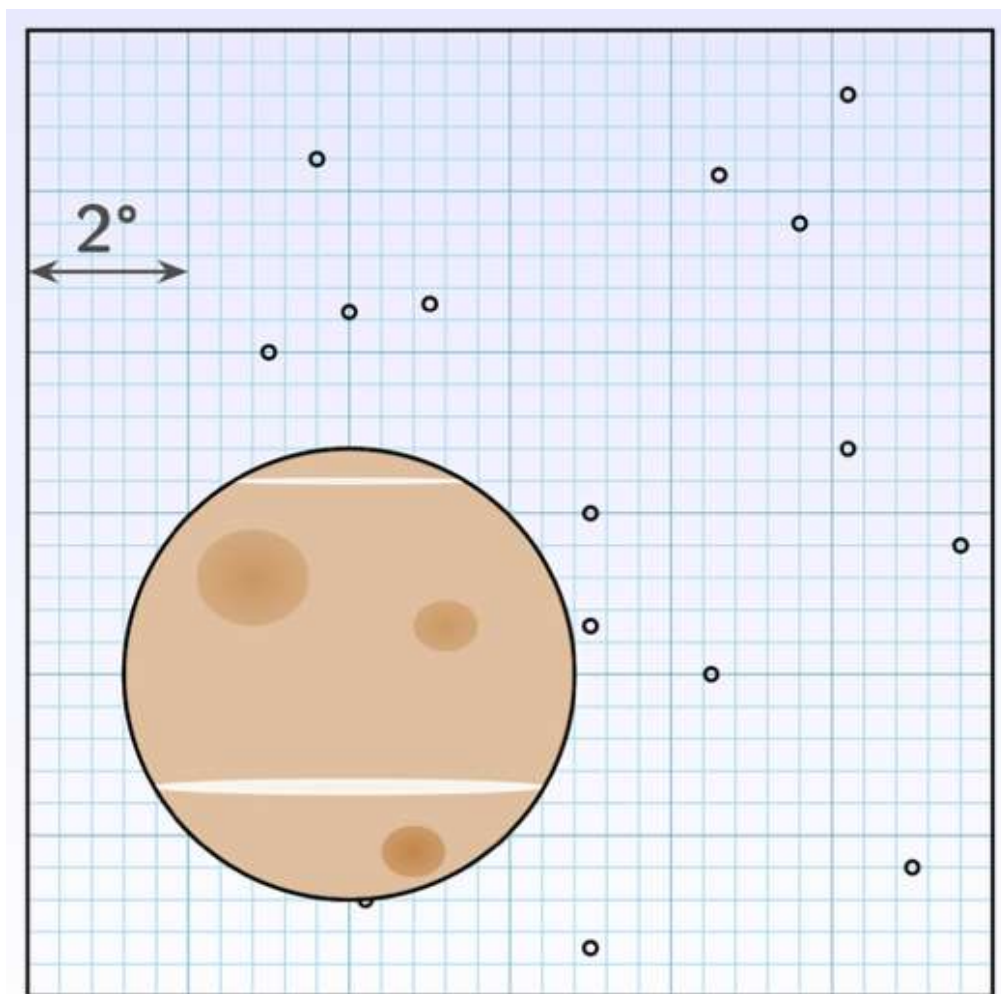
Ответ: засчитывается в диапазоне [2550; 2650]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ в диапазоне [2550000; 2650000] — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 3. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 5.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 11.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Радиус планеты составляет 50 тыс. километров. На каком расстоянии от центра планеты находится наблюдатель? Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

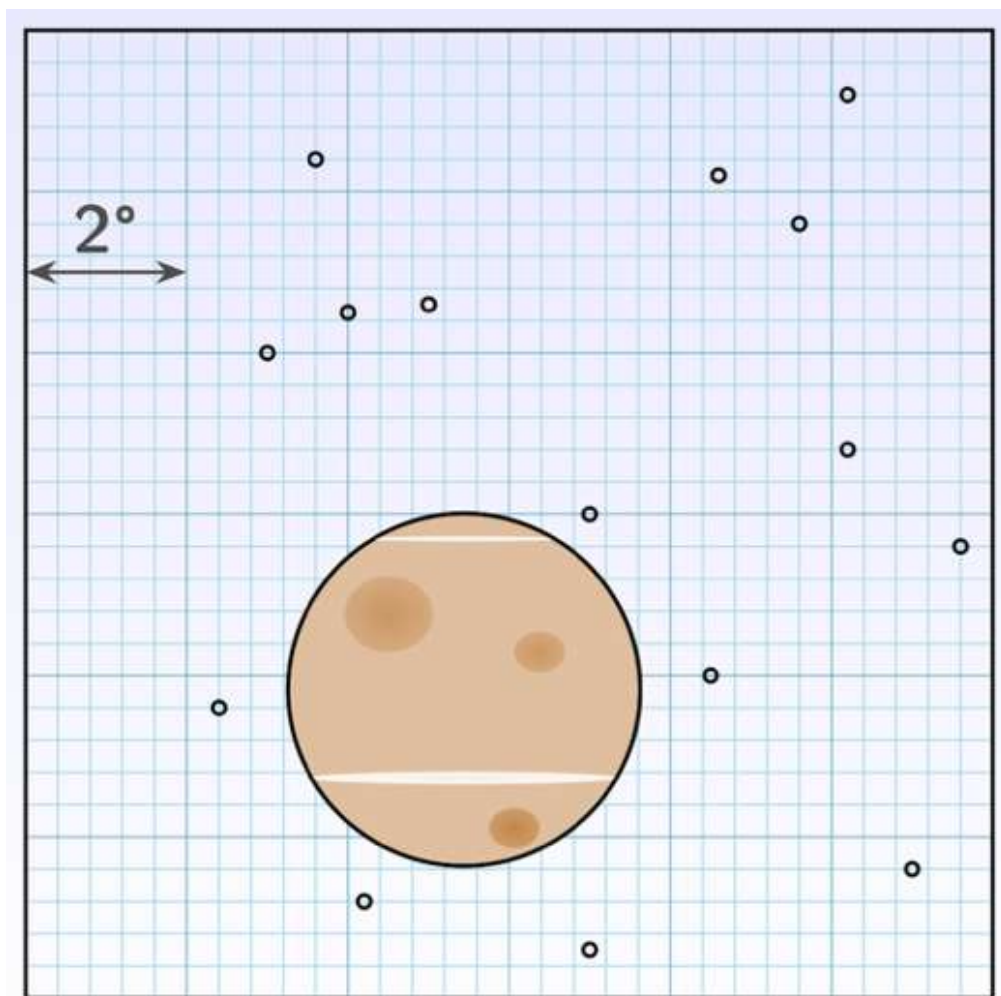
Ответ: засчитывается в диапазоне [970; 1070]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ в диапазоне [970000; 1070000] — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 4. Дана карта-схема звёздного неба для наблюдателя, находящегося на некотором расстоянии от газовой планеты.



а) Чему равен угловой диаметр планеты? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 4.4°

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему будет равен угловой диаметр планеты, если наблюдатель окажется вдвое ближе к ней? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 8.8°

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Радиус планеты составляет 50 тыс. километров. На каком расстоянии от центра планеты находится наблюдатель? Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

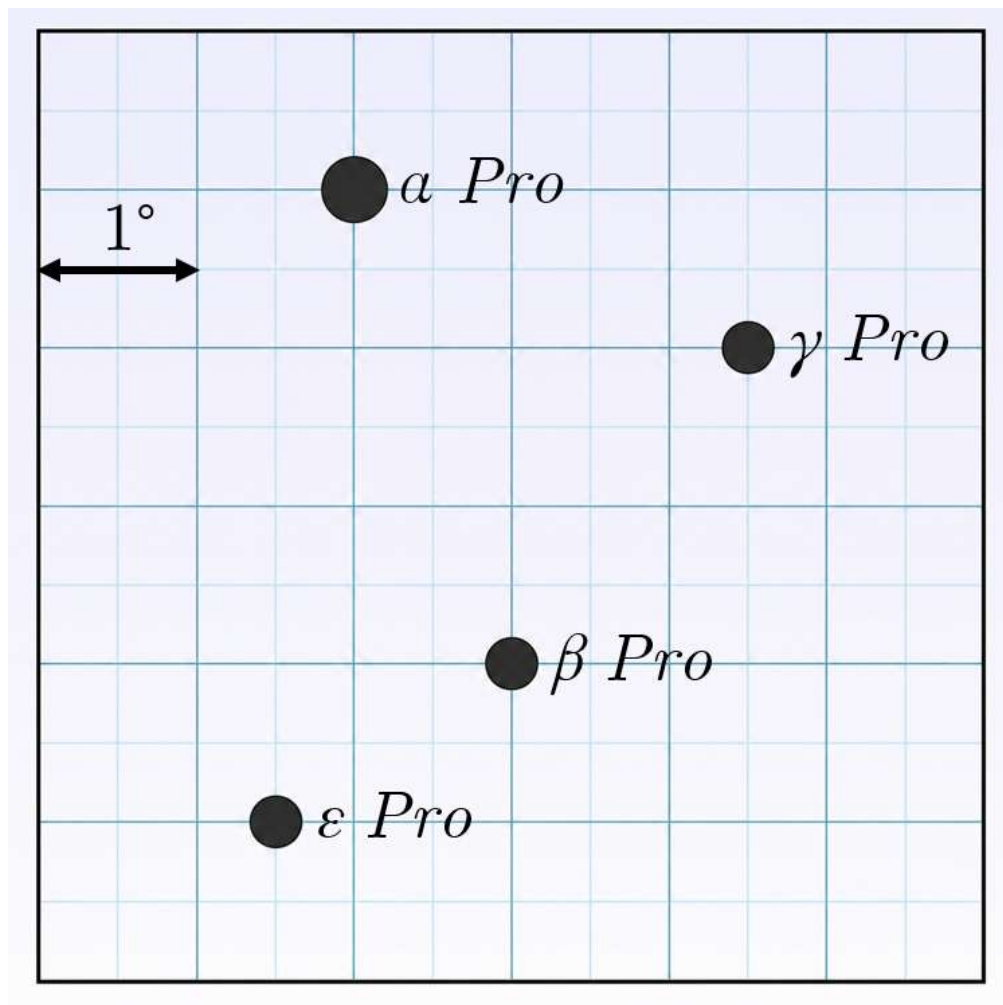
Ответ: засчитывается в диапазоне [1250; 1350]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ в диапазоне [1250000; 1350000] — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 1. На рисунке показано вымышленное созвездие Енота.



а) Определите угловое расстояние между α Pro и β Pro. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 3.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла. За ответ 3.0, 3.1, 3.3 или 3.4 — 1 балл

б) Какие две звезды находятся на наибольшем угловом расстоянии друг от друга?

Ответ:

- α Pro
- β Pro
- ✓ γ Pro
- ✓ ε Pro

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5

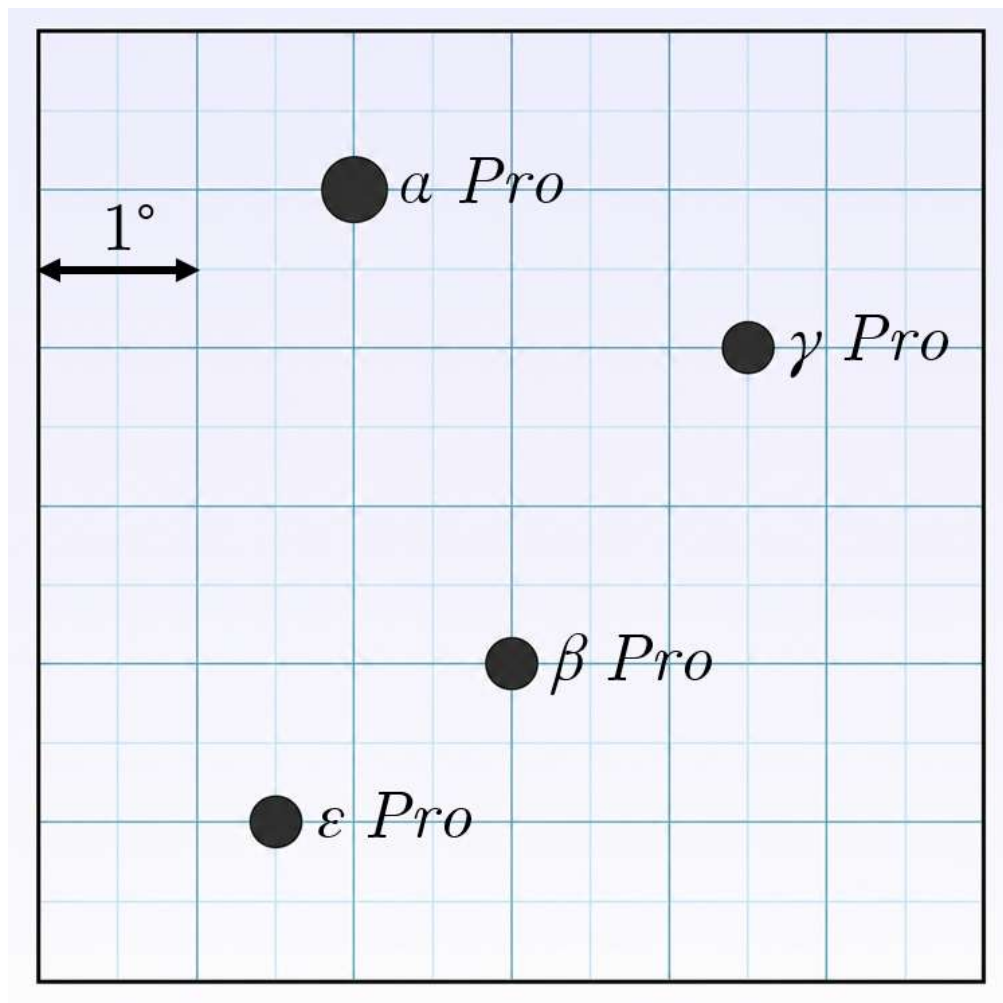
Решение.

а) Расстояние между Альфой (α) и Бетой (β) созвездия найдём по теореме Пифагора. По горизонтали звёзды разделяет 1° , по вертикали — 3° :

$$d = \sqrt{1^2 + 3^2} = \sqrt{10} \approx 3.2^\circ.$$

б) Пару звёзд, находящихся на наибольшем угловом расстоянии друг от друга, определяем непосредственно по рисунку: выбираем две наиболее удалённые звезды.

Задание 5. Вариант 2. На рисунке показано вымышленное созвездие Енота.



а) Определите угловое расстояние между ϵ Pro и γ Pro. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 4.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла. За ответ 4.0, 4.1, 4.3 или 4.4 — 1 балл

б) Какие две звезды находятся на наибольшем угловом расстоянии друг от друга?

Ответ:

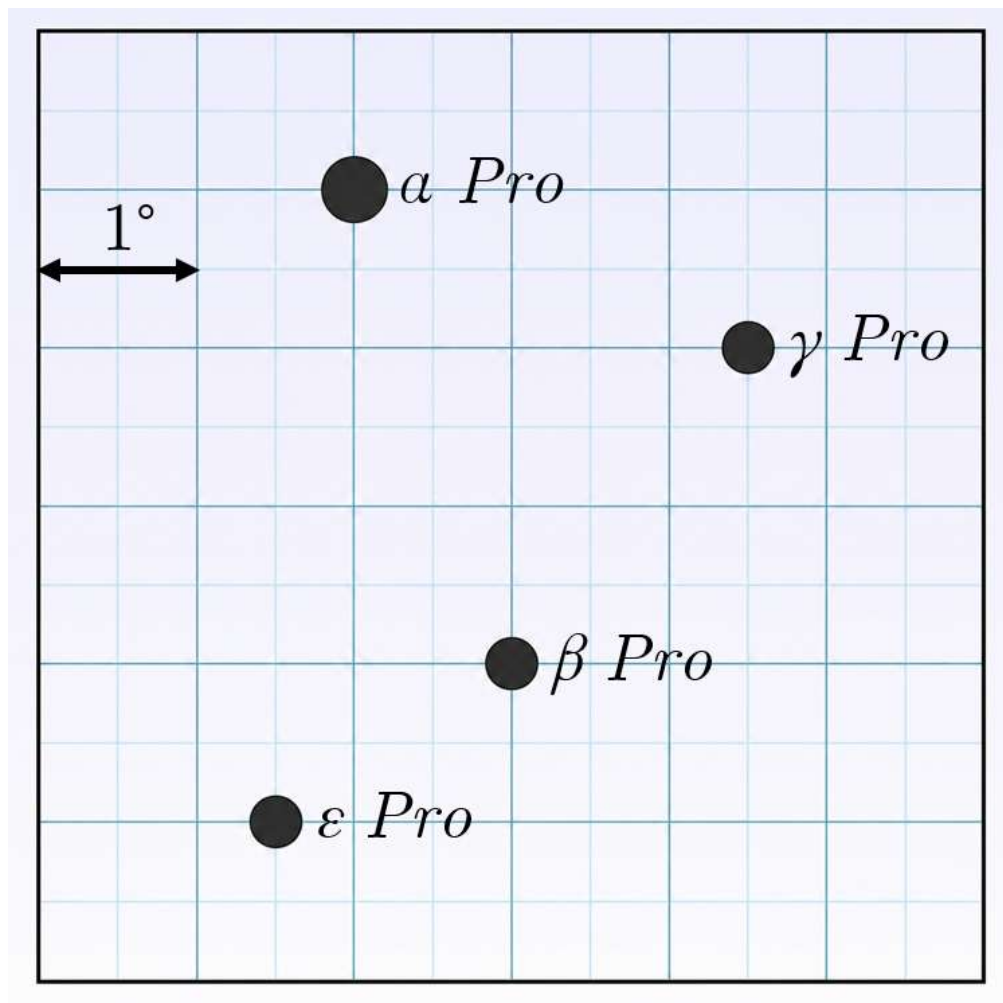
- α Pro
- β Pro
- ✓ γ Pro
- ✓ ϵ Pro

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 3. На рисунке показано вымышленное созвездие Енота.



а) Определите угловое расстояние между α Pro и γ Pro. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 2.7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла. За ответ 2.5, 2.6, 2.8 или 2.9 — 1 балл

б) Какие две звезды находятся на наибольшем угловом расстоянии друг от друга?

Ответ:

- α Pro
- β Pro
- ✓ γ Pro
- ✓ ϵ Pro

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Земля обращается вокруг Солнца со скоростью 30 километров в секунду.

Радиус орбиты Луны составляет 0.00263 астрономической единицы.

а) Определите орбитальную скорость Луны при движении вокруг Земли. Ответ выразите в км/с, округлите до десятых.

Ответ: 0.9 или 1.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Определите максимальную скорость движения Луны относительно Солнца. Ответ выразите в км/с, округлите до целых.

Ответ: 31

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) За сколько лет Земля пролетает по своей орбите вокруг Солнца расстояние в 1 световой год? Скорость света равна 300 000 км/с. Ответ округлите до целых.

Ответ: 10000

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Скорость движения по круговой орбите пропорциональна радиусу орбиты и обратно пропорциональна периоду обращения. Поэтому для Луны

$$v_{\text{Л}} = 30 \cdot 0.0026 \cdot \frac{365}{27.3} \approx 1.04 \text{ км/с} \approx 1.0 \text{ км/с}.$$

б) Максимальная скорость Луны относительно Солнца получается, когда её скорость относительно Земли направлена туда же, куда и скорость Земли относительно Солнца (в полнолуние):

$$v_{\text{max}} \approx 30 + 1 = 31 \text{ км/с}.$$

в) Скорость света равна примерно 300 000 км/с, а скорость Земли — 30 км/с. Следовательно, Земля движется в

$$\frac{300\,000}{30} = 10\,000$$

раз медленнее света. Свет проходит один световой год за год, поэтому Земле для прохождения такого расстояния потребуется примерно 10 000 лет.

Задание 7. Вариант 1. Железный кубик размером $10 \times 10 \times 10$ см доставлен на поверхность Луны.

Плотность железа составляет 7.9 г/см^3 . Ускорение свободного падения на Луне в шесть раз меньше земного.

а) Какое давление кубик оказывает на реголит? Ответ выразите в паскалях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1240; 1340]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Во сколько раз давление кубика на реголит меньше атмосферного давления земной атмосферы на уровне моря (760 мм рт. ст.)? Плотность ртути 13.6 г/см^3 . Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [73.5; 83.5]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Космонавт сказал: «На Луне кубик стал легче, значит, его плотность уменьшилась». Прав ли он? Выберите верный ответ с обоснованием.

Ответ:

- Да, плотность связана с гравитацией
- Да, потому что кубик покинул Землю
- Да, потому что тело имеет форму куба
- Нет, потому что кубик железный
- ✓ Нет, потому что масса и объём не изменились
- Нет, потому что кубик не покинул систему Земля — Луна

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Объём железного кубика:

$$V = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000 \text{ см}^3.$$

Его масса:

$$m = \rho V = 7.9 \cdot 1000 = 7900 \text{ г} = 7.9 \text{ кг}.$$

Ускорение свободного падения на Луне:

$$g_{\text{Л}} = \frac{9.8}{6} \text{ м/с}^2.$$

Сила давления кубика:

$$F = mg_{\text{Л}} = 7.9 \cdot \frac{9.8}{6} \approx 12.9 \text{ Н}.$$

Площадь основания:

$$S = 0.1 \cdot 0.1 = 0.01 \text{ м}^2.$$

Давление:

$$p = \frac{F}{S} \approx \frac{12.9}{0.01} \approx 1290 \text{ Па}.$$

б) Атмосферное давление, соответствующее 760 мм ртутного столба:

$$p_{\text{атм}} = \rho g h = 13\,600 \cdot 9.8 \cdot 0.760 \approx 101\,293 \text{ Па}.$$

Следовательно,

$$\frac{p_{\text{атм}}}{p} \approx \frac{101\,293}{1290} \approx 78.5.$$

Давление кубика на реголит примерно в 78.5 раза меньше земного атмосферного давления на уровне моря.

в) На Луне вес кубика уменьшается, но его масса и объём остаются прежними. Следовательно, плотность железа также не изменяется. Космонавт неправ.

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–4 (с железным кубиком, пункты а–б)

№ варианта	Сторона кубика, см	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)
1	10	[1240; 1340]	[73.5; 83.5]
2	15	[1886; 1986]	[47.3; 57.3]
3	20	[2531; 2631]	[34.3; 44.3]
4	30	[3821; 3921]	[21.2; 31.2]

Задание 7. Вариант 5. Алюминиевый кубик размером $10 \times 10 \times 10$ см доставлен на поверхность Луны.

Плотность алюминия составляет 2.7 г/см^3 . Ускорение свободного падения на Луне в шесть раз меньше земного.

а) Какое давление кубик оказывает на реголит? Ответ выразите в паскалях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [421; 461]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Во сколько раз давление кубика на реголит меньше атмосферного давления земной атмосферы на уровне моря (760 мм рт. ст.)? Плотность ртути 13.6 г/см^3 . Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [214.7; 244.7]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Космонавт сказал: «На Луне кубик стал легче, значит, его плотность уменьшилась». Прав ли он? Выберите верный ответ с обоснованием.

Ответ:

- Да, плотность связана с гравитацией
- Да, потому что кубик покинул Землю
- Да, потому что тело имеет форму куба
- Нет, потому что кубик алюминиевый
- ✓ Нет, потому что масса и объём не изменились
- Нет, потому что кубик не покинул систему Земля — Луна

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Матрица параметров и ответов для вариантов 5–8 (с алюминиевым кубиком, пункты а–б)

№ варианта	Сторона кубика, см	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)
5	10	[421; 461]	[214.7; 244.7]
6	15	[642; 682]	[138.1; 168.1]
7	20	[862; 902]	[99.8; 129.8]
8	30	[1303; 1343]	[61.6; 91.6]

Задание 8. Географические координаты Владивостока, столицы Приморского края: 43° с. ш., 132° в. д. Владивостокское время на 10 часов опережает всемирное.

а) Выберите верное утверждение:

Ответ:

- Солнечный полдень во Владивостоке наступает ровно в 12:00 по владивостокскому времени
- Солнечный полдень во Владивостоке наступает раньше 12:00 по владивостокскому времени
- ✓ Солнечный полдень во Владивостоке наступает после 12:00 по владивостокскому времени

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Во сколько по владивостокскому времени наступает полдень во Владивостоке? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 13:12

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

в) В каком месяце продолжительность светового дня во Владивостоке наибольшая?

Ответ:

- В феврале
- В марте
- ✓ В июне
- В августе
- В октябре
- В декабре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а-б) Земля поворачивается на 360° примерно за 24 часа, поэтому 15° долготы соответствуют одному часу.

Для Владивостока:

$$\frac{132^\circ}{15^\circ/\text{ч}} = 8.8 \text{ ч} = 8 \text{ ч } 48 \text{ мин.}$$

Значит, местный солнечный полдень наступает примерно в 03:12 по всемирному времени. Владивостокское время опережает всемирное на 10 часов, поэтому по местным часам это

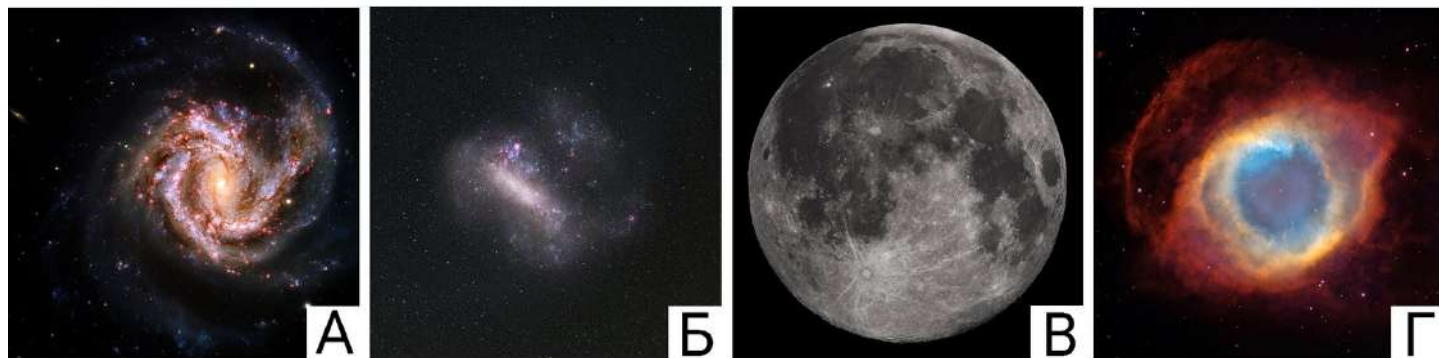
$$03:12 + 10 \text{ ч} = 13:12.$$

Солнечный полдень во Владивостоке наступает примерно в 13:12 по местному времени.

в) Наибольшая продолжительность светового дня во Владивостоке наблюдается в июне, вблизи летнего солнцестояния.

Задание 9.

а) Расположите объекты в порядке увеличения их линейных размеров.



Ответ: В → Г → Б → А

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла

б) Расположите объекты в порядке увеличения расстояния от Земли до них.

Ответ: В → Г → Б → А

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

На фотографиях изображены:

- А — спиральная галактика М61 в созвездии Девы;
- Б — Большое Магелланово Облако;
- В — Луна;
- Г — планетарная туманность Улитка.

а) Луна значительно меньше планетарной туманности. Туманность находится внутри нашей Галактики, Большое Магелланово Облако представляет собой отдельную галактику-спутник Млечного Пути, а М61 — крупная спиральная галактика.

б) Луна обращается вокруг Земли, туманность Улитка находится в Млечном Пути, Большое Магелланово Облако является спутником нашей Галактики, а М61 находится значительно дальше.

Задание 10. Дан составной снимок положений Солнца в течение 24 часов в некотором пункте Земли.



а) Где могла производиться съёмка?

Ответ:

- На экваторе
- На тропике Рака
- ✓ За полярным кругом

- В умеренных южных широтах
- В умеренных северных широтах

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Присмотритесь к изображению. Какое астрономическое явление возможно было наблюдать в день съёмки?

Ответ:

- Восход Солнца
- Заход Солнца
- ✓ Солнечное затмение
- Лунное затмение
- Прохождение Юпитера по диску Солнца
- Транзит Марса по диску Солнца
- Пассаж Сатурна по диску Юпитера

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) В каком месяце могла производиться съёмка, если наблюдатель находился в Антарктике?

Ответ:

- В апреле
- В июне
- В августе
- ✓ В декабре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Солнце в течение суток не заходит за горизонт. Следовательно, наблюдение проводилось за полярным кругом во время полярного дня.

б) На одном из изображений диск Солнца закрыт тёмным диском. В этот день наблюдалось солнечное затмение.

в) Если наблюдатель находился в Антарктике, полярный день соответствует лету Южного полушария. Из предложенных месяцев подходит декабрь.

Список использованных источников изображений

Задание 2.

<https://apod.nasa.gov/apod/ap210107.html>

Задание 3.

https://archive.org/details/dr_xii-taurus-coelum-stellatum-12130018

Задание 7.

1. <https://www.eso.org/public/images/potw1901a/>

3. https://lroc.sese.asu.edu/news/uploads/lrocwac643nm_nearside_1200p.png

4. <https://esahubble.org/images/opo0432b/>

Задание 8.

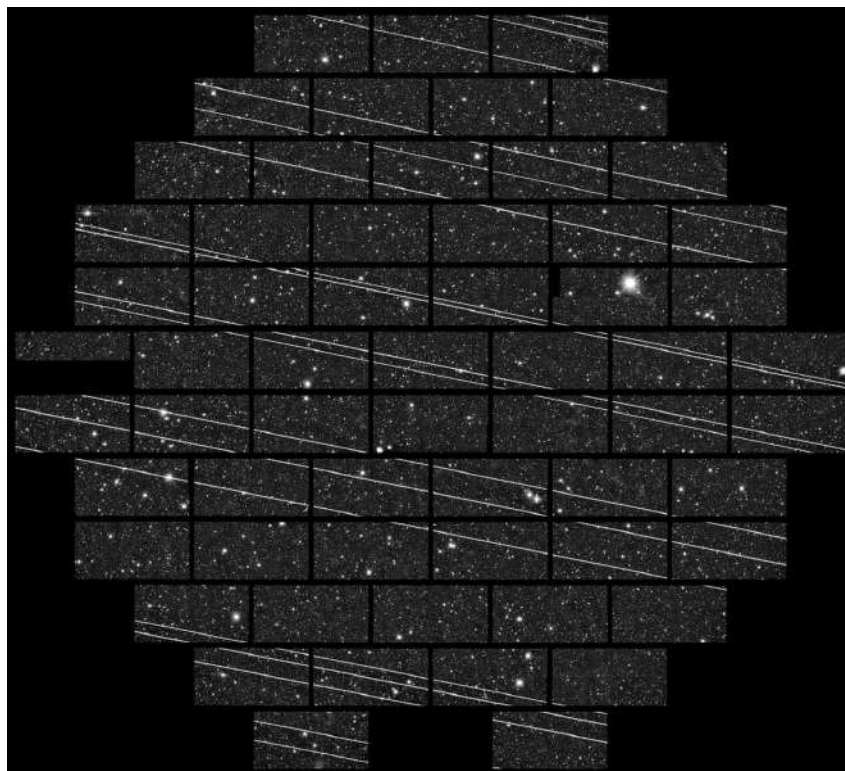
<https://apod.nasa.gov/apod/ap211210.html>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Вариант 1. Дан снимок с телескопа Бланко (СТЮ) с экспозицией 333 секунды. Хорошо видны треки, прочерченные околоземными спутниками. Обратите внимание, что «кирпичная» структура тёмных полос на снимке обусловлена техническими особенностями конструкции матрицы телескопа.



а) Сколько треков на снимке?

Ответ: 19

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Может ли один спутник сформировать более одного трека? Если да, то какое наименьшее количество пролетевших спутников могло бы дать именно такую картинку? Если это невозможно, в ответ запишите 0.

Ответ: 0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Один пиксель ПЗС-матрицы главного телескопа соответствует 0.2 угловой секунды неба. Всего у матрицы 3.2 миллиарда пикселей. Какая область неба помещается на один снимок? Ответ выразите в квадратных градусах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8.9; 10.9]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) На снимке непосредственно насчитывается 19 треков околоземных спутников.

б) Экспозиция составляет всего 333 секунды. За это время спутник не может совершить полный оборот вокруг Земли и повторно пройти через поле зрения тем же образом (минимальный период спутника составляет около полутора часов). Поэтому один спутник не мог сформировать несколько треков.

в) Один пиксель соответствует угловому размеру 0.2'':

$$0.2'' = \frac{0.2}{3600}^\circ.$$

Угловая площадь, соответствующая одному пикселю:

$$\left(\frac{0.2}{3600}\right)^2 \text{ град}^2.$$

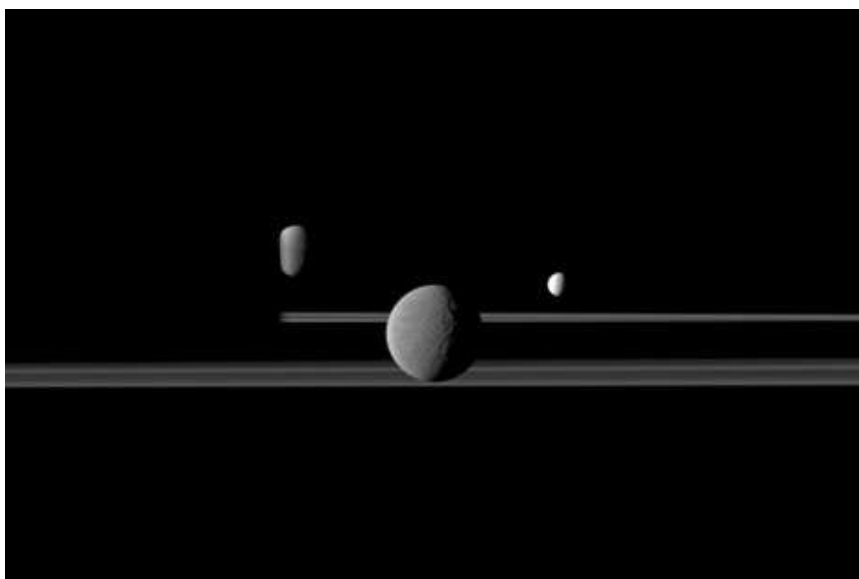
Всего матрица содержит $3.2 \cdot 10^9$ пикселей, поэтому площадь неба на одном снимке:

$$S = 3.2 \cdot 10^9 \left(\frac{0.2}{3600}\right)^2 \approx 9.9 \text{ град}^2.$$

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–15 (пункт в)

№ варианта	Угл. разрешение, угл. сек.	Кол-во рх, млрд	Ответ в диапазоне (пункт в)
1	0.2	3.2	[8.9; 10.9]
2	0.1	3.2	[1.5; 3.5]
3	0.3	3.2	[21.2; 23.2]
4	0.4	3.2	[38.5; 40.5]
5	0.1	6	[3.6; 5.6]
6	0.2	4	[11.3; 13.3]
7	0.3	4	[26.8; 28.8]
8	0.4	2	[23.7; 25.7]
9	0.2	5	[14.4; 16.4]
10	0.3	5	[33.7; 35.7]
11	0.4	4	[48.4; 50.4]
12	0.2	6	[17.5; 19.5]
13	0.3	6	[40.7; 42.7]
14	0.4	5	[60.7; 62.7]
15	0.4	6	[73.1; 75.1]

Задание 2. Дано фото, сделанное автоматической межпланетной станцией «Кассини».



а) Систему какой планеты посетила станция?

Ответ:

- Земли
- ✓ Сатурна
- Юпитера
- Венеры
- Татуина

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Какие спутники могли быть запечатлены на этом снимке?

Ответ:

- Ио
- ✓ Рея
- Ганимед
- ✓ Диона
- Каллисто
- Луна
- ✓ Энцелад

- Дактиль

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 1.2 балла

в) В каком году мог быть сделан этот снимок?

Ответ:

- 1868
- 1911
- 1961
- 1969
- 1985
- ✓ 2011

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) По характерной системе колец определяем, что станция находилась в системе Сатурна. Это также согласуется с тем, что снимок был сделан аппаратом «Кассини».

б) Из предложенного списка спутниками Сатурна являются Рея, Диона и Энцелад.

в) Миссия «Кассини» работала у Сатурна в XXI веке, поэтому из предложенных вариантов подходит 2011 год.

Задание 3. Даны два изображения Луны, полученные при наибольшем и наименьшем возможном расстоянии от Луны до Земли и при одинаковом угловом масштабе.



а) Какой из снимков сделан в момент, когда Луна была ближе всего к Земле?

Ответ:

- ✓ Снимок слева
- Снимок справа
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) На сколько процентов более крупное изображение диска Луны больше меньшего? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11; 16]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) В каком созвездии можно было наблюдать Луну 28.11.2012 (снимок справа)?

Ответ:

- Козерог
- Рыбы
- Большая Медведица
- ✓ Телец
- Орион
- Кошачья Лапа

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Можно ли было наблюдать солнечное затмение 28.11.2012?

Ответ:

- Да, в любом случае
- Да, при прохождении Луны вблизи узла орбиты
- ✓ Нет
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При меньшем расстоянии угловой размер Луны больше. Поэтому снимок слева, на котором изображение Луны крупнее, сделан при её наибольшем сближении с Землёй — во время суперлуния.

б) Измерение диаметров изображений даёт отношение примерно

$$\frac{D_{\max}}{D_{\min}} \approx 1.14.$$

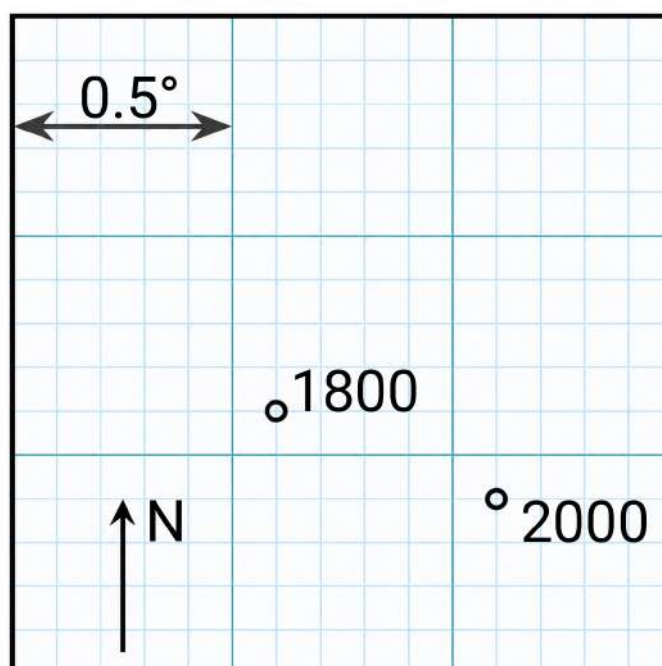
Следовательно, крупное изображение больше меньшего примерно на

$$(1.14 - 1) \cdot 100\% \approx 14\%.$$

в) 28 ноября наблюдалась полная Луна. Полная Луна находится примерно в противоположной Солнцу области неба. Эта область соответствует положению Солнца примерно через полгода, то есть в конце мая. Следовательно, Луна находилась в созвездии Тельца.

г) Солнечное затмение возможно только в новолуние. Поскольку 28 ноября наблюдалась полная Луна, солнечное затмение в этот день происходить не могло.

Задание 4. Вариант 1. На карте представлены положения некоторой звезды в 1800 и 2000 годах. Стрелкой *N* показано направление на север.



а) На какое угловое расстояние сместилась звезда за 200 лет? Ответ выразите в градусах, округлите до сотых.

Ответ: 0.54

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) На сколько угловых секунд звезда смещалась каждый год? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 9.7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в-г) Чему стало равно склонение в 2000 году, если в 1800 году оно составляло $12^{\circ}40'$?

Ответ: $12^{\circ}28'$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — по 2 балла. Всего — 4 балла.

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) За 200 лет звезда сместилась на 5 малых клеток по горизонтали и на 2 клетки по вертикали. Одна клетка соответствует 0.1° , поэтому

$$\Delta\alpha = 0.5^{\circ}, \quad \Delta\delta = 0.2^{\circ}.$$

Полное угловое смещение:

$$\Delta = \sqrt{0.5^2 + 0.2^2} \approx 0.54^{\circ}.$$

б) Переведём это смещение в угловые секунды:

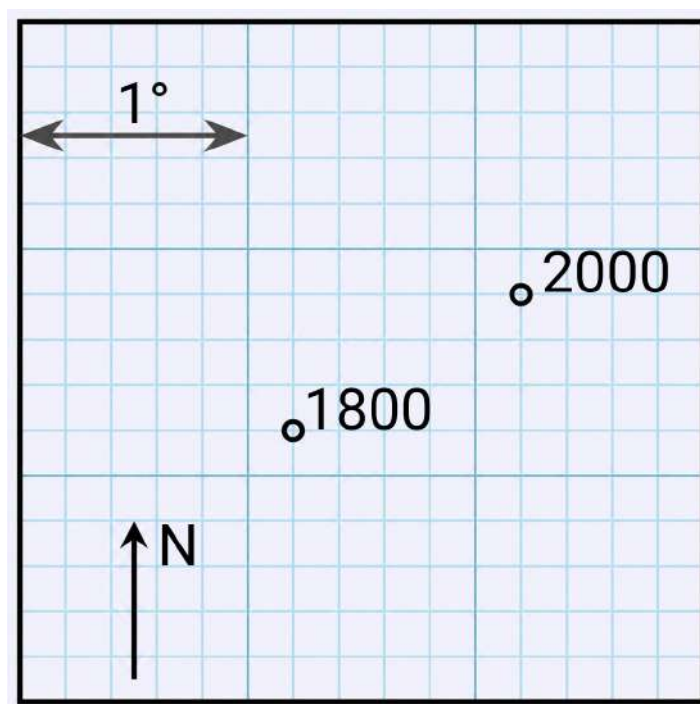
$$0.54^{\circ} \cdot 3600 = 1944''.$$

Среднее смещение за год:

$$\frac{1944''}{200} \approx 9.7''/\text{год}.$$

в-г) По рисунку звезда сместилась к югу на 0.2° , то есть на $0.2^{\circ} = 12'$. Поэтому её склонение в 2000 году: $12^{\circ}40' - 12' = 12^{\circ}28'$.

Задание 4. Вариант 2. На карте представлены положения некоторой звезды в 1800 и 2000 годах. Стрелкой N показано направление на север.



а) На какое угловое расстояние сместилась звезда за 200 лет? Ответ выразите в градусах, округлите до сотых.

Ответ: 1.17

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) На сколько угловых секунд звезда смещалась каждый год? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 21.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в-г) Чему стало равно склонение в 2000 году, если в 1800 году оно составляло $8^{\circ}15'$?

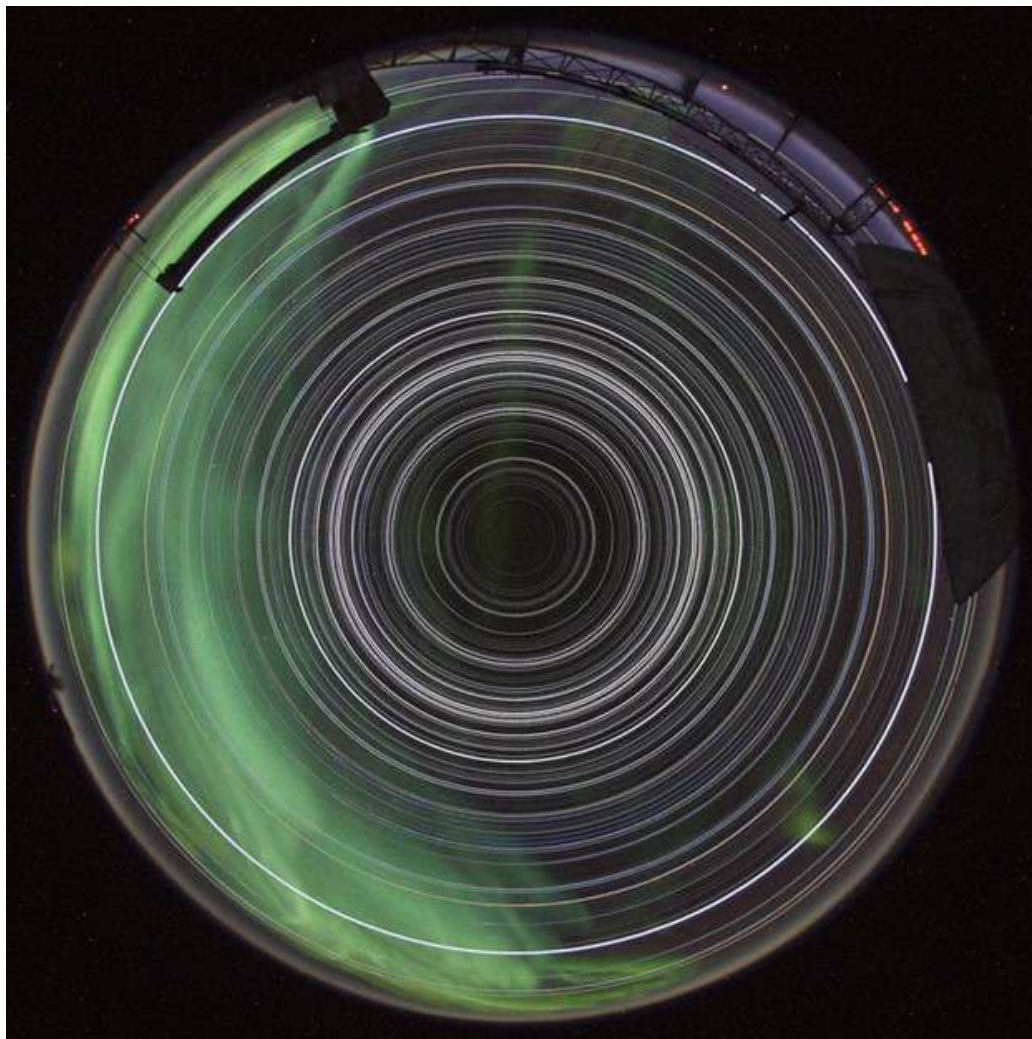
Ответ: $8^{\circ}51'$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — по 2 балла. Всего — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Это изображение треков звёзд было получено посредством непрерывной съёмки ночного неба.



а) В течение какого времени могла быть произведена такая съёмка?

Ответ:

- 1 час
- 3 часа
- 6 часов
- 12 часов
- 18 часов
- ✓ 24 часа

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) В каком пункте Земли производилась съёмка?

Ответ:

- На Северном полюсе
- ✓ На Южном полюсе
- На экваторе
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Как называется звезда, оставившая самый яркий след (внешняя окружность вблизи горизонта)?

Ответ:

- Арктур
- Солнце
- ✓ Сириус
- Вега
- Антарес
- Юпитер

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) Треки звёзд образуют полные замкнутые окружности. Значит, за время съёмки Земля совершила примерно полный оборот вокруг своей оси. Съёмка продолжалась около одних звёздных суток, то есть примерно 24 часа.

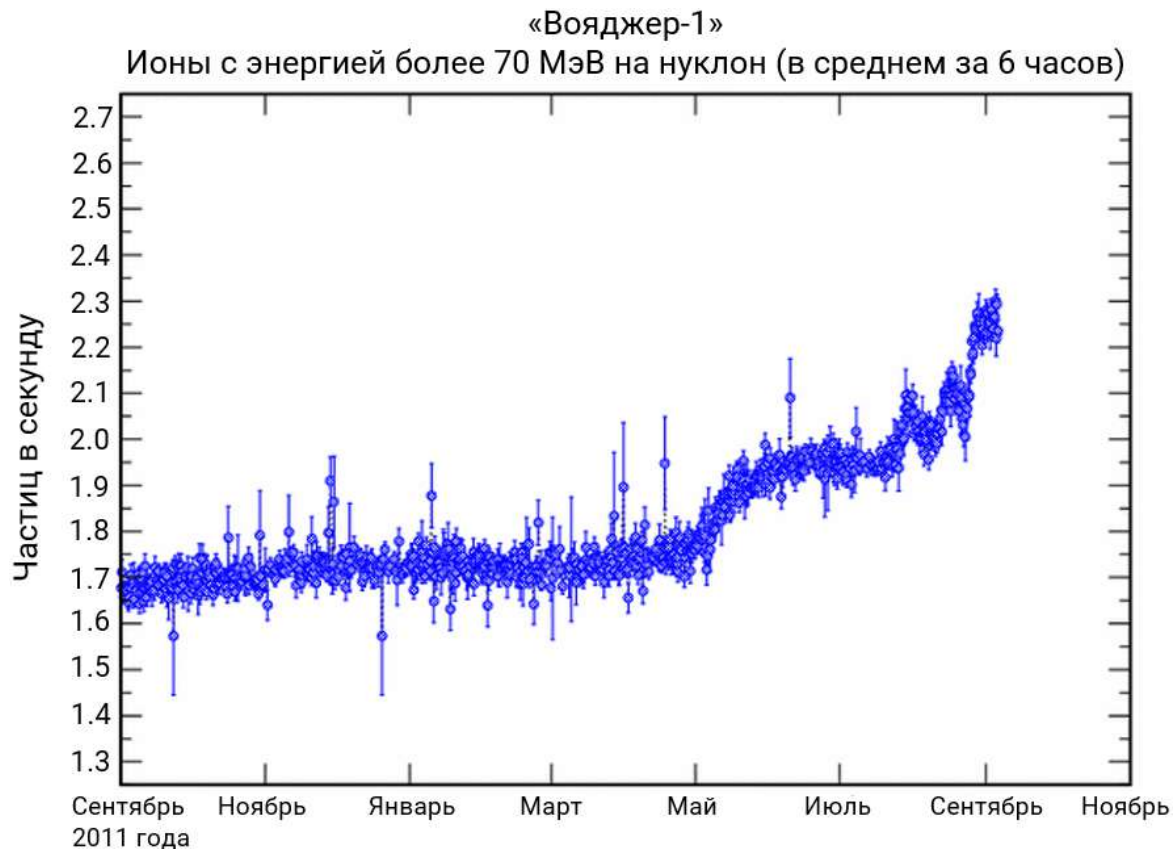
б) Суточные пути звёзд параллельны горизонту, что возможно при наблюдении с географического полюса.

В центре вращения нет яркой неподвижной звезды. Если бы съёмка велась с Северного полюса, вблизи центра находилась бы Полярная звезда. Следовательно, съёмка производилась на Южном полюсе.

в) Самый яркий след должен принадлежать самой яркой звезде южного небесного полушария. Это Сириус — одновременно самая яркая звезда ночного неба.

Задание 6.

На графике показано количество высокоэнергетических частиц межзвёздного вещества, зарегистрированных на борту межзвёздной станции «Вояджер-1» на протяжении одного года.



Данные получены:
07.09.2012 года в 15:06:21

а) На сколько процентов увеличился поток регистрируемых частиц в конце рассматриваемого периода по сравнению с его началом? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [24; 48]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Сколько миллионов частиц зарегистрировал аппарат за шесть месяцев, с начала сентября 2011 года до начала марта 2012 года? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [24; 28]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Когда поток регистрируемых частиц достиг отметки в 3 частицы за секунду?

Ответ:

- В сентябре 2012 года
- В январе 2013 года
- В мае 2013 года
- В декабре 2014 года
- ✓ Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) В начале рассматриваемого периода поток составлял примерно 1.65 частицы в секунду, а в конце — около 2.25 частицы в секунду.

Относительное увеличение:

$$\frac{2.25 - 1.65}{1.65} \cdot 100\% \approx 36\%.$$

(Допускается достаточно широкий диапазон ответов ввиду значительного разброса значений потока.)

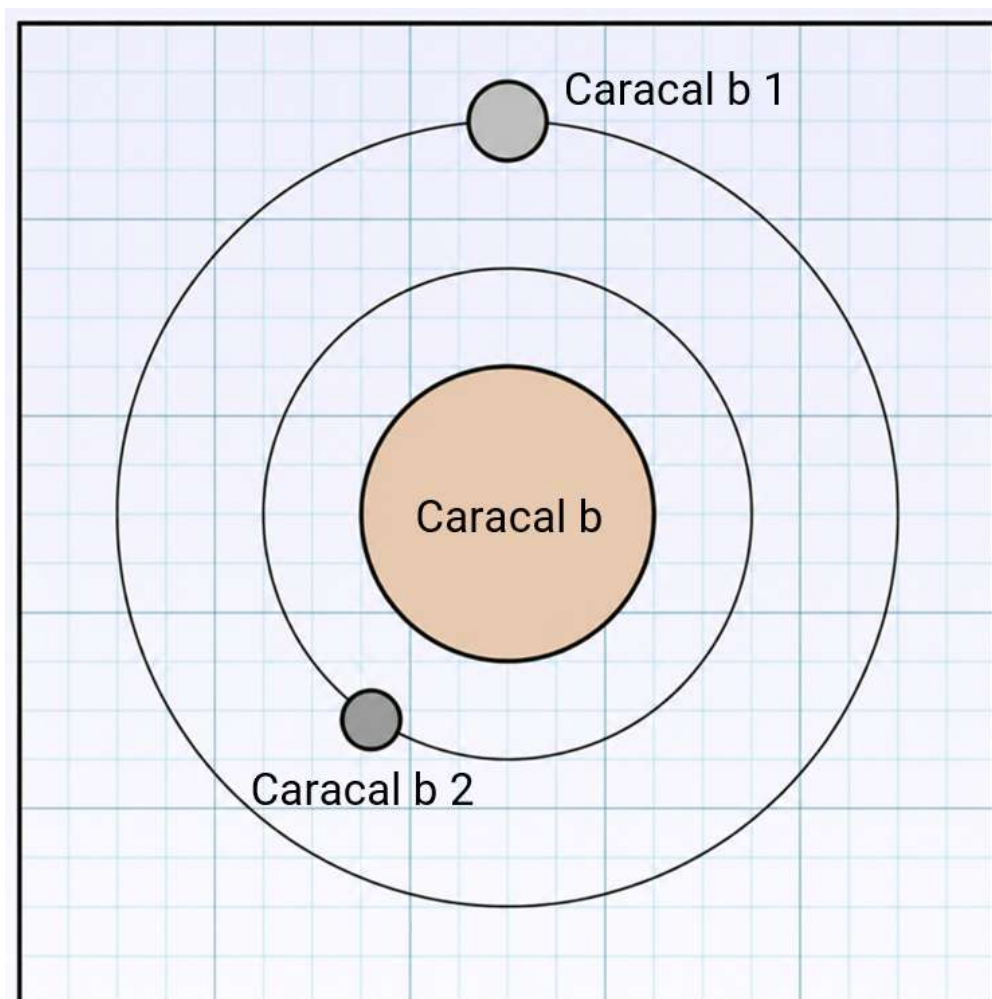
б) В течение первых шести месяцев поток был примерно постоянным и составлял около 1.7 частицы в секунду. Шесть месяцев — примерно половина года. Количество зарегистрированных частиц:

$$N = 1.7 \cdot \frac{365}{2} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \approx 26.8 \cdot 10^6.$$

То есть было зарегистрировано примерно 27 миллионов частиц.

в) На представленном графике поток не достигает значения 3 частицы в секунду. По имеющимся данным определить, когда это произойдёт, невозможно.

Задание 7. Вокруг далёкой звезды Caracal *a* обращается экзопланета *b* с двумя экзолунами.



а) Во сколько раз орбитальная скорость внешней экзолуны меньше, чем скорость внутренней? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.26

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему равно отношение первой космической скорости на поверхности планеты к скорости движения внешней луны? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.63

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Во сколько раз период обращения внешней луны больше периода обращения внутренней? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Для круговой орбиты скорость обратно пропорциональна квадратному корню из радиуса:

$$v \sim \frac{1}{\sqrt{r}}.$$

Радиусы орбит внутренней и внешней экзолуны составляют соответственно 5 и 8 клеток. Поэтому

$$\frac{v_{\text{внутр}}}{v_{\text{внеш}}} = \sqrt{\frac{8}{5}} \approx 1.26.$$

б) Первая космическая скорость соответствует движению по круговой орбите непосредственно у поверхности планеты. Радиус планеты составляет 3 клетки, поэтому

$$\frac{v_1}{v_{\text{внеш}}} = \sqrt{\frac{8}{3}} \approx 1.63.$$

в) По третьему закону Кеплера $T \sim r^{3/2}$. Следовательно,

$$\frac{T_{\text{внеш}}}{T_{\text{внутр}}} = \left(\frac{8}{5}\right)^{3/2} \approx 2.0.$$

То же можно получить из уже найденного отношения скоростей, используя $T = 2\pi r/v$. Тогда

$$\frac{T_{\text{внеш}}}{T_{\text{внутр}}} = \frac{8}{5} \cdot \frac{v_{\text{внутр}}}{v_{\text{внеш}}} \approx \frac{8}{5} \cdot 1.26 \approx 2.0.$$

Таким образом, период обращения внешней экзолуны примерно в 2 раза больше.

Задание 8. На инфографике представлены модельные размеры экзопланет различных типов с массами, равными 1 массе Земли (верхний ряд) и 5 массам Земли (нижний ряд).

а) Какая планета по характеристикам наиболее похожа на Землю?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Какая планета массой 5 масс Земли имеет наименьшую среднюю плотность?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите диаметр водной планеты массой в 1 массу Земли. Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [16; 26]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Оцените среднюю плотность водной планеты массой в 1 массу Земли. Ответ выразите в $\text{кг}/\text{м}^3$, округлите до целых.

Примечание: объём можно оценить как $V \approx \frac{D^3}{2}$.

Ответ: засчитывается в диапазоне [600; 3000]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) На Землю наиболее похожа силикатная планета массой в одну массу Земли: Земля также является каменной планетой с железным ядром.

б) Среди планет массой в пять масс Земли наименьшую среднюю плотность имеет водородная планета: при одинаковой массе она имеет наибольший размер.

в) По масштабной шкале диаметр водной планеты массой в одну массу Земли составляет примерно 21 тыс. км.

г) Среднюю плотность оценим по формуле

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad V \approx \frac{D^3}{2}.$$

При массе, равной массе Земли, получаем величину порядка $1300 \text{ кг}/\text{м}^3$. Результат получается несколько выше известной плотности воды, что можно объяснить, во-первых, неоднородностью состава планеты, во-вторых, значительным сжатием её недр из-за огромного давления.

Задание 9. Полюбуйтесь фотографией линии электропередач на озере Пончатрейн.



а) Высота столбов над уровнем воды составляет 25 метров. На каком расстоянии расположен самый далёкий столб, верхушку которого ещё можно наблюдать над горизонтом? Радиус Земли 6400 км. Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Ответ: 18

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) Почему кажется, что столбы «уходят под воду»?

Ответ:

- Дно становится глубже
- День становится короче
- ✓ В силу шарообразности Земли
- В силу лоренцевского сокращения длины
- Гномы подпиливают опоры

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Высота опоры над водой составляет $h = 25 \text{ м} = 0.025 \text{ км}$.

Для предельно далёкой видимой опоры луч зрения касается поверхности Земли.

По теореме Пифагора

$$(R + h)^2 = R^2 + d^2.$$

Отсюда

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh + h^2}.$$

Поскольку $h \ll R$, можно записать $d \approx \sqrt{2Rh}$. При $R = 6400 \text{ км}$:

$$d \approx \sqrt{2 \cdot 6400 \cdot 0.025} = \sqrt{320} \approx 18 \text{ км}.$$

б) Дальние столбы кажутся постепенно уходящими под воду из-за шарообразности Земли. Свет распространяется практически по прямой, а поверхность Земли искривляется, поэтому всё большая часть удалённых опор скрывается за горизонтом.

Задание 10. Вариант 1.

На некоторой планете атмосфера обладает такими свойствами: плотность её у самой поверхности равна 1.6 кг/м^3 , а при увеличении высоты на каждые 5 км плотность падает в 2.7 раза.

а) Чему равна плотность атмосферы на высоте 5 км над поверхностью планеты? Ответ выразите в кг/м^3 , округлите до десятых.

Ответ: 0.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему равна плотность атмосферы на высоте 15 км над поверхностью планеты? Ответ выразите в кг/м^3 , округлите до сотых.

Ответ: 0.08

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Почему давление атмосферы убывает с высотой?

Ответ:

- Материнская звезда сдувает атмосферу планеты
- ✓ С подъёмом убывает количество вещества в атмосферном столбе над наблюдателем
- Воздух воруют космические гномы
- Воздух замерзает и выпадает в виде твёрдых осадков
- На высоте нет деревьев, которые выделяли бы кислород
- Это утверждение неверно: с высотой давление растёт

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При подъёме на каждые 5 км плотность атмосферы уменьшается в 2.7 раза.

б) На высоте 5 км:

$$\rho_5 = \frac{1.6}{2.7} \approx 0.6 \text{ кг/м}^3.$$

Высота 15 км соответствует трём подъёмам по 5 км, поэтому

$$\rho_{15} = \frac{1.6}{2.7^3} \approx 0.08 \text{ кг/м}^3.$$

в) Атмосферное давление создаётся весом столба атмосферы над рассматриваемой точкой. При увеличении высоты количество вещества над наблюдателем уменьшается, поэтому уменьшается и давление.

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–20 (пункты а–б)

№ варианта	Плотность у поверхности, кг/м ³	Отношение плотностей	Увеличение высоты, км	Ответ (пункт а)	Высота над поверхностью (пункт б), км	Ответ (пункт б)
1	1.6	2.7	5	0.6	15	0.08
2	1	3	4	0.3	8	0.11
3	1.1	2.9	6	0.4	12	0.13
4	1.2	2.8	7	0.4	14	0.15
5	1.3	2.6	8	0.5	16	0.19
6	1.4	2.5	9	0.6	18	0.22
7	1.5	2.4	10	0.6	20	0.26
8	1.7	2.3	4	0.7	8	0.32
9	1.8	2.2	5	0.8	10	0.37
10	1.9	2.1	6	0.9	12	0.43
11	2	2	7	1	21	0.25
12	2.1	1.9	8	1.1	24	0.31
13	2.2	1.8	9	1.2	27	0.38
14	2.3	1.7	10	1.4	30	0.47
15	2.4	1.6	4	1.5	12	0.59
16	2.5	1.5	5	1.7	20	0.49
17	2.6	1.4	6	1.9	24	0.68
18	2.7	1.3	7	2.1	28	0.95
19	2.8	1.2	8	2.3	32	1.35
20	2.9	1.1	9	2.6	36	1.98

Список использованных источников изображений

Задание 1.

<https://iauarchive.eso.org/public/images/detail/iau2001a/>

Задание 2.

1. <https://www.nasa.gov/image-article/bright-are-saturns-moons/>

2. https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2023/03/566330main_PIA12771_full.jpg

Задание 3.

1. <https://apod.nasa.gov/apod/ap121129.html>

2. https://apod.nasa.gov/apod/image/1211/supermicromoon_paduraru.jpg

Задание 5.

<https://apod.nasa.gov/apod/ap120802.html>

Задание 6.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/b/b9/](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/b/b9/20121010225500!Cosmic_Rays_at_Voyager_1.png)

[20121010225500!Cosmic_Rays_at_Voyager_1.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/b/b9/20121010225500!Cosmic_Rays_at_Voyager_1.png)

<https://voyager.gsfc.nasa.gov/data.html>

Задание 8.

1. <https://imagine.gsfc.nasa.gov/news/27sep07.html>

2. https://imagine.gsfc.nasa.gov/Images/news/070924_planet_chart_02.jpg

Задание 9.

<https://flatearthinsanity.blogspot.com/2017/06/soundly-shows-flat-earthers-curve.html>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

