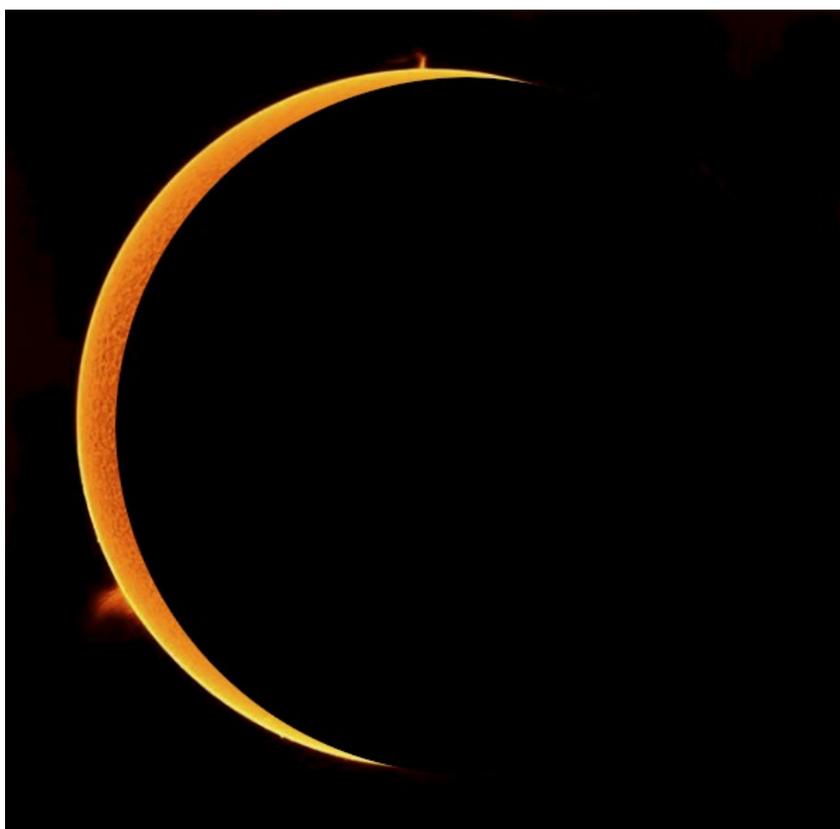


**ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ
2-ГО ДИСТАНЦИОННОГО ТУРА
МОСКОВСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
2022–2023 УЧ. Г.**

10-11 классы

Задача 1

Определите фазу Луны на фотографии.



1. 1 (Полнолуние)	7. 0.4
2. 0.9	8. 0.3
3. 0.8	9. 0.2
4. 0.7	10.0.1
5. 0.6	11.0 (Новолуние)
6. 0.5 (Первая или последняя четверть)	

Ответ: 0 (Новолуние).

Комментарий: На фотографии показано солнечное затмение. Во время солнечного затмения Луна, закрывающая Солнце, находится в фазе новолуния.

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

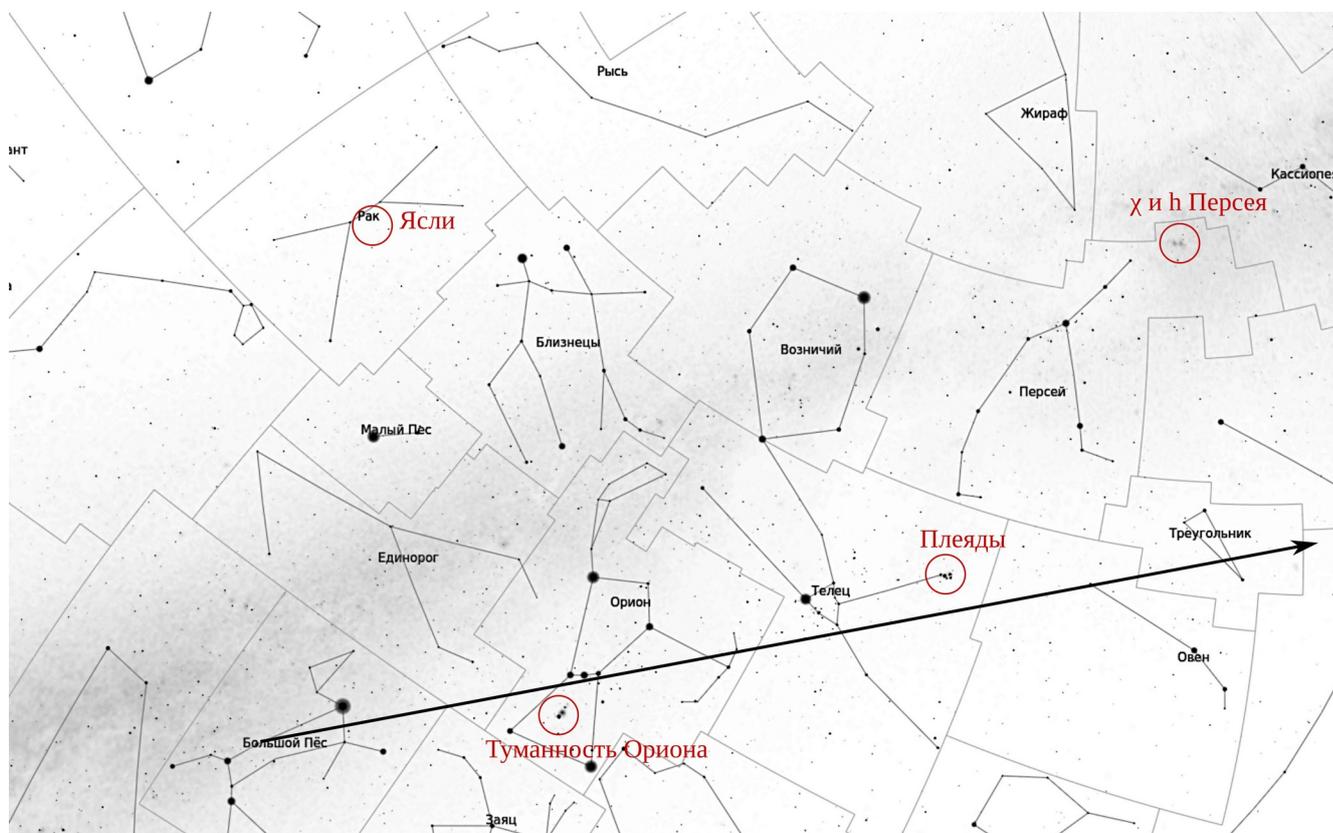
Задача 2

Наблюдатель заметил, как некоторый спутник, двигаясь примерно с востока на запад, пролетел практически по звёздам пояса Ориона. Рядом с каким ярким объектом звёздного неба он пролетит в течении следующих 10 минут?

- 1) Ясли (M44)
- 2) Плеяды (M45)
- 3) Шаровое скопление M13
- 4) Двойное скопление χ и η Персея
- 5) Туманность Андромеды (M31)
- 6) Туманность Ориона (M42)

Ответ: 2

Комментарий: Спутник пролетит созвездие Ориона и полетит в созвездие Тельца, где находится рассеянное звёздное скопление Плеяды.



Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 3

Некоторый спутник вступает в противостояние с некоторым геостационарным спутником относительно Земли один раз в год. Какой его сидерический период обращения вокруг Земли.

- 1) 1 солнечные сутки
- 2) 365 дней
- 3) 365.2422 дня
- 4) 366 дней
- 5) 1 звёздные сутки

Ответ: 1 солнечные сутки.

Комментарий: Геостационарный спутник делает за 1 оборот вокруг Земли за 1 звёздные сутки. Для того, чтобы противостояния двух спутников происходили всего раз в год, их периоды должны различаться незначительно, а значит, единственный подходящий ответ – это солнечные сутки, которые длиннее звёздных всего на 4 минуты.

Это утверждение можно доказать и более строго: $S = 1$ год – это синодический период обращения одного спутника относительно другого. Тогда справедливо уравнение

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{сид}}} - \frac{1}{T_{\text{син}}},$$

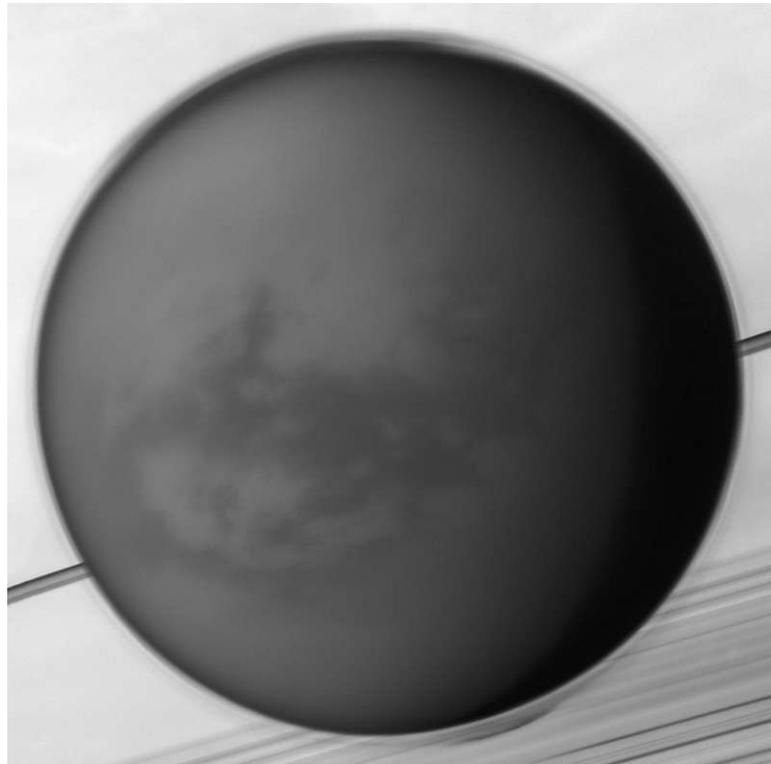
где $T_{\text{син}} = 1$ звёздные сутки = 23ч 56м. Тогда искомая величина

$$T_{\text{син}} = \frac{ST_{\text{сид}}}{S - T_{\text{сид}}} \approx 24 \text{ часа.}$$

Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 4

Какой объект Солнечной системы изображён на переднем плане фотографии, полученной с помощью инфракрасной камеры одной автоматической межпланетной станции?



- 1) Плутон
- 2) Европа
- 3) Юпитер
- 4) Земля
- 5) Титан
- 6) Тритон
- 7) Венера

Ответ: Титан

Комментарий: Задний фон светлый, а значит на заднем фоне планета, причём у этой планеты есть кольца. На переднем фоне спутник с атмосферой, значит это Титан.

Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 5

Испанскому фотографу Дани Каксете удалось сфотографировать красивое гало вокруг Луны. Как вы думаете, в каком месяце была сделана эта фотография, если принять, что Луна находилась в фазе полнолуния?

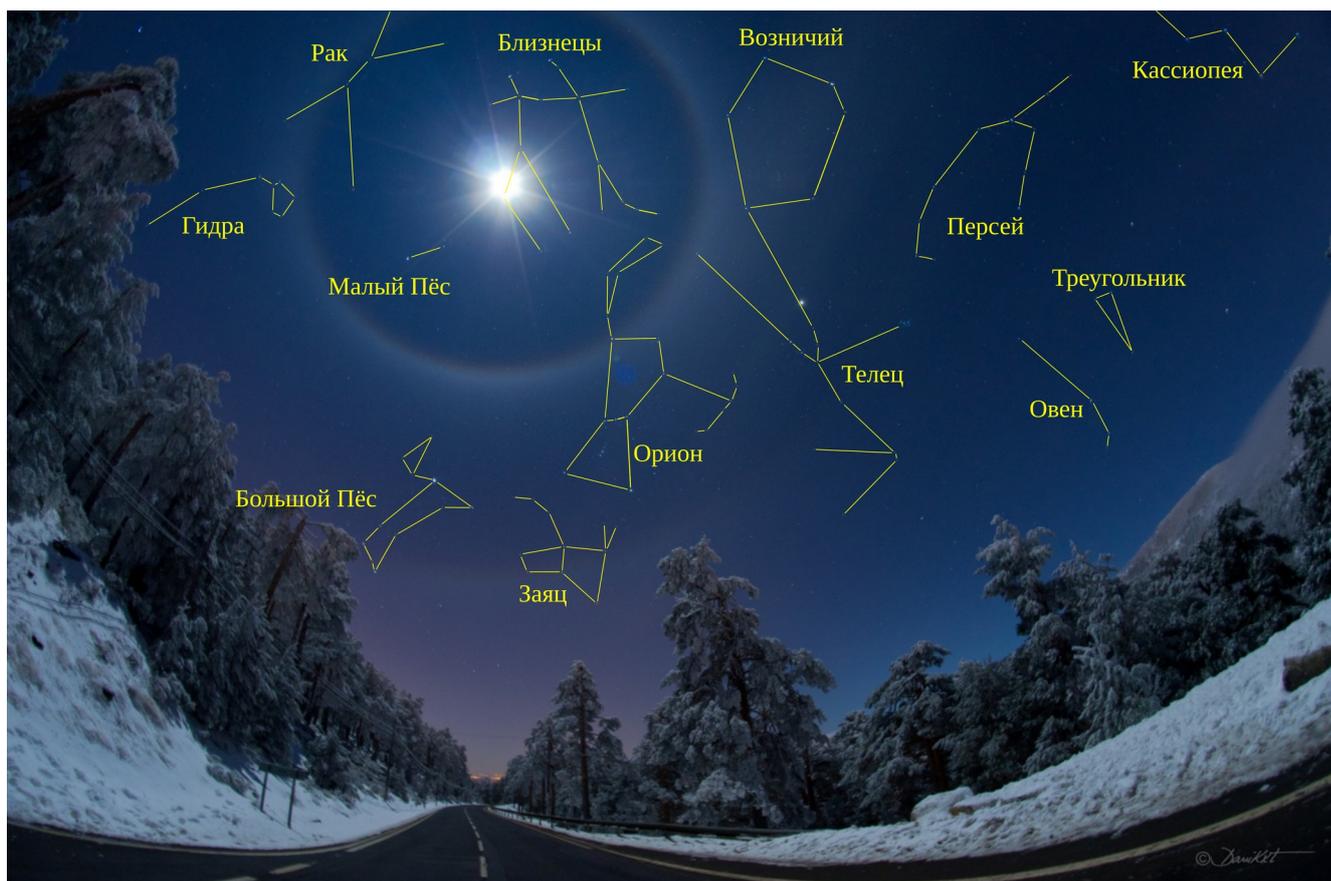


- | | |
|------------|-------------|
| 1) Январь | 7) Июль |
| 2) Февраль | 8) Август |
| 3) Март | 9) Сентябрь |
| 4) Апрель | 10) Октябрь |
| 5) Май | 11) Ноябрь |
| 6) Июнь | 12) Декабрь |

Ответ: Декабрь или январь.

Комментарий: На фотографии Луна находится в созвездии Близнецов (см. иллюстрацию на следующей странице). Поскольку Луна полная, Солнце находится в противоположной точке небесной сферы – созвездии Стрельца. В Стрельце Солнце бывает в декабре – январе. Иначе, Солнце в Близнецах бывает с конца июня – по конец июля, а значит это декабрь или январь.

Критерии: Ответы декабрь, январь или декабрь и январь оцениваются в **2 балла**. Ответы ноябрь, ноябрь + декабрь, ноябрь + декабрь + январь, ноябрь + декабрь + январь+февраль, декабрь + январь + февраль, январь + февраль, февраль – **1 балл**. В остальных случаях – 0 баллов.



Задача 6

Какая из этих автоматических межпланетных станций, после изучения газовой оболочки вокруг некоторого астрономического объекта смогла опуститься на его поверхность?

- 1) Розетта
- 2) Кассини
- 3) Галилео
- 4) Новые Горизонты
- 5) Пионер-10

Ответ: Розетта.

Комментарий: АМС «Розетта» исследовала комету Чурюмова-Герасименко. В конце миссии учёные решили опустить её на саму комету и она совершила жёсткую посадку. Новые Горизонты и Пионер-10 ещё летят, Кассини и Галилео сгнули в атмосферах Сатурна и Юпитера. На Титан опустился аппарат Гюйгенс, который доставил к Титану аппарат Кассини.

Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 7

Любитель астрономии решил провести наблюдение в день осеннего равноденствия нескольких объектов каталога Мессье в районе местной полуночи. Начал с Туманности Андромеды ($00^{\text{h}}42.8^{\text{m}}$, $+41^{\circ}16'$) и двигался по направлению увеличения азимута. Расположите объекты в правильном порядке.

№	№№ по каталогам Мессье	Тип объекта	Коорд. α δ	Звёздн. велич.	Созвездие	Примеч.
1	M13	Шаровое скопление	$16^{\text{h}} 41.4^{\text{m}}$ $+36^{\circ} 27'$	$7,0^{\text{m}}$	Геркулес Her	Скопление Геркулеса
2	M15	Шаровое скопление	$21^{\text{h}} 30.0^{\text{m}}$ $+12^{\circ} 10'$	$7,5^{\text{m}}$	Пегас Peg	
3	M27	Планетарная туманность	$19^{\text{h}} 59.6^{\text{m}}$ $+22^{\circ} 43'$	$7,4^{\text{m}}$	Лисичка Vul	Туманность Гантель
4	M57	Планетарная туманность	$18^{\text{h}} 53.6^{\text{m}}$ $+33^{\circ} 02'$	$8,8^{\text{m}}$	Лира Lyr	Туманность Кольцо
5	M81	Спиральная галактика	$09^{\text{h}} 55.5^{\text{m}}$ $+69^{\circ} 04'$	$6,8^{\text{m}}$	Большая Медведица UMa	Галактика Боде
6	M101	Спиральная галактика	$14^{\text{h}} 03.2^{\text{m}}$ $+54^{\circ} 21'$	$7,7^{\text{m}}$	Большая Медведица UMa	Галактика Вертушка

Ответ: 234165.

Комментарий: Порядок определяется уменьшением прямого восхождения. Между объектами большая разница прямых восхождений, что нивелирует погрешность, вызванную наклоном небесного экватора к плоскости горизонта. Или можно написать порядок из знания осеннего звёздного неба.

Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 8

Два астероида в Солнечной системе вращаются по круговым орбитам. В момент, когда наблюдатель на внутреннем астероиде видит противостояние внешнего с Солнцем, расстояние между астероидами равно 2 а. е. В момент соединения с Солнцем расстояние между астероидами равно 8 а. е. К какой группе астероидов можно отнести внешний астероид?

1. Главный пояс астероидов
2. «Греки» или «Троянцы»
3. Пояс Койпера
4. Облако Оорта
5. Астероиды, сближающиеся с Землёй

Ответ: 2

Комментарий: В момент противостояния эти два астероида находятся по одну сторону Солнца, и между ними будет минимальное расстояние, а значит из большой полуоси внешнего астероида вычитается большая полуось внутреннего. В момент соединения расстояние будет максимальным, а значит большие полуоси суммируются. Дальше можно решить либо систему уравнений, либо путём подбора. Большие полуоси будут равны 3 и 5 а. е. соответственно. А значит внешний астероид относится к группам «Греки» или «Троянцы».

Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 9

На какой максимальной высоте Фернан Магеллан мог наблюдать Малое Магелланово облако (примерные экваториальные координаты: $00^{\text{h}}53^{\text{m}}$, -73°) над горизонтом, если самая южная точка его путешествия находилась примерно на широте 54° южной широты? Ответ напишите в градусах.

Ответ: 71.

Комментарий: Высоту верхней кульминации можно рассчитать по формуле

$$h = 90^{\circ} - |\varphi - \delta|,$$

где φ – широта места наблюдения, а δ – склонение объекта наблюдения. Подставляя значения, получаем ответ

$$h = 90^{\circ} - |-54^{\circ} - (-73^{\circ})| = 71^{\circ}.$$

Критерии: Правильный ответ – 2 балла.

Задача 10

Один любитель астрономии фотографировал туманность Лагуна (M8) и туманность Трёхдольная (M20) в созвездии Стрельца в 2016 и 2019 году в один и тот же день, в одно и то же время. Если принять, что туманность в это время находилась на юго-западе и деревья никак не поменялись за эти годы, чему равен сдвиг туманности на этих снимках? Ответ напишите в угловых минутах, округлите до целых.



Ответ: 40'.

Комментарий: Поскольку Земля делает полный оборот вокруг Солнца за 365.2564 дня, то за 365 дней она не будет доходить до той же точки своей орбиты, а значит, туманность будет располагаться на небе немного восточнее своего положения год назад. Смещение за один календарный год будет равно

$$360^\circ \cdot \frac{0.2564}{365.2564} \cdot 60 \cdot \cos(23^\circ) \approx 13.96'.$$

Здесь мы учли, что в созвездии Стрельца находится самая южная часть эклиптики (проходит между этими туманностями), и суточное движение объектов, находящихся не на экваторе в косинус склонения раз меньше. За три года получится 42'.

Критерии: За ответы 40, 41, 42, 43, 44, 45 выставляется **2 балла**. Не округлённые ответы из диапазона (39; 44) оцениваются **1 баллом**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Задача 11

На фотографии вы видите аналемму (снимок Солнца в одно и тоже время с одной и той же точки, но в разные дни). Также вы можете видеть изображения Солнца, сделанные в один день, но с некоторыми промежутками времени, примерно 10 минут. Какое утверждение про эту фотографию верно?



- 1) Фотография сделана в северном полушарии, фотоаппарат был направлен на восток.
- 2) Фотография сделана в северном полушарии, фотоаппарат был направлен на запад.
- 3) Фотография сделана в южном полушарии, фотоаппарат был направлен на восток.
- 4) Фотография сделана в южном полушарии, фотоаппарат был направлен на запад.

Ответ: 2.

Комментарий: Это северное полушарие, так как маленький овал аналеммы находится сверху, а расположение трека Солнца соответствует западному направлению.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**.

Задача 12

На этих фотографиях, сделанных Юрием Белецким, изображены, помимо земного пейзажа и звезд, некоторые интересные небесные явления или объекты. На какой фотографии показан объект или явление, который(-ое) находится за пределами Солнечной системы?



Ответ: 5

Комментарий: 1 – Луна и комета, 2 – свечение атмосферы, 3 – гало вокруг Луны, 4 – противосияние, 5 – Большое Магелланово облако, 6 – спрайты, 7 – зодиакальный свет. Правильный ответ 5, так как это галактика, спутник Млечного пути.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**

Задача 13

На этом изображении Юпитера, полученном с помощью телескопа Джеймса Уэбба, можно заметить кольцо вокруг Юпитера. Определите период его обращения вокруг Юпитера. Ответ дайте в часах, округлив до целого.

Можно принять, что радиус орбиты спутника Ио в 6 раз больше радиуса Юпитера, а его период обращения 42 часа.



Ответ: 7 часов.

Комментарий: Большую полуось частиц кольца можно узнать сравнив диаметр Юпитера и диаметр кольца. Получается, что она равна 1.85 радиусов Юпитера. Через третий закон Кеплера можно получить период:

$$42 \text{ часа} \cdot \left(\frac{1.85}{6} \right)^{1.5} = 7.19 \approx 7 \text{ часов.}$$

Критерии: Правильный ответ **2 балла**. Ответы в диапазоне от 5.5 до 8.5 часов – **1 балл**. В остальных случаях – 0 баллов.

Задача 14

Два друга из города Лобня (56° с.ш., $37,5^\circ$ в.д.) очень захотели посмотреть восход Солнца над Камой со смотровой площадки рядом с с. Ижевка (Республика Татарстан) (56° с.ш.). В Лобне восход Солнца 22 июня начинался в 3:43 (первое касание Солнца горизонтом). 22 июня два друга выехали из Лобни в 9 часов утра и потратили на дорогу 17 часов 30 минут. В итоге они приехали на 13 минут раньше восхода Солнца. На какой долготе находится с. Ижевка?

- 1) 45 в. д.
- 2) 47.5 в. д.
- 3) 50 в. д.
- 4) 52.5 в. д.
- 5) 55 в. д.
- 6) 57.5 в. д.

Ответ: 52.5 в. д.

Комментарий: Восход наблюдается в 2:43, то есть на час раньше, чем в Лобне, а значит, разница в долготе составляет 15° . Ижевка находится восточнее Лобни, следовательно её долгота равна 52.5° .

Критерии: Правильный ответ **2 балла**.

Задача 15

У юного наблюдателя есть телескоп (диаметр 120 мм и фокусное расстояние 600 мм), три окуляра и две линзы Барлоу (увеличивают фокусное расстояние объектива в x раз). Выберите дополнительные принадлежности, которыми надо воспользоваться, что бы получить увеличение телескопа 120 крат.

- 1) Окуляр 24 мм
- 2) Окуляр 10 мм
- 3) Окуляр 6 мм
- 4) Линза Барлоу 2х
- 5) Линза Барлоу 3х

Ответ: 2, 4

Комментарий: Увеличение телескопа вычисляется по формуле фокусное расстояние телескопа делённое на фокусное расстояние окуляра, если использовать линзу Барлоу, то увеличение увеличится на коэффициент линзы Барлоу. Остаётся подобрать под нужное увеличение.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**

Задача 16

Долгопериодическая комета проходит свой перигелий орбиты на расстоянии 3 а. е. Недалеко от неё находится астероид, большая полуось его орбиты тоже 3 а. е. и эксцентриситет близок к 0. Если считать, что комета и астероид находятся примерно в противостоянии с Землёй, то какой объект на небе за 1 день пройдёт большее расстояние и на сколько?

- 1) Комета в 4 раза
- 2) Комета в 2 раза
- 3) Комета в 1.4 раза
- 4) Одинаково
- 5) Астероид в 1.4 раза
- 6) Астероид в 2 раза
- 7) Астероид в 4 раза

Ответ: Комета в 1,4 раза.

Комментарий: Скорость кометы близка ко 2 космической для 3 а. е., а скорость астероида близка к 1 космической для этого же расстояния. Эти скорости отличаются в $\sqrt{2} \approx 1.4$ раза.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**.

Задача 17

В таблице представлены некоторые характеристики звёзд, которые находятся на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга-Рассела.

На основании этих данных, ответьте на следующие вопросы:

№	Видимая звездная величина	Спектральный класс
1	2.41	A0
2	2.40	K0
3	2.65	G5
4	2.58	F0
5	2.45	B5
6	2.56	A4
7	2.68	G0

17.1 Какая из перечисленных звёзд самая дальняя от Земли?

17.2 Какая из перечисленных звёзд обладает минимальной температурой?

Ответ: 5; 2.

Комментарии:

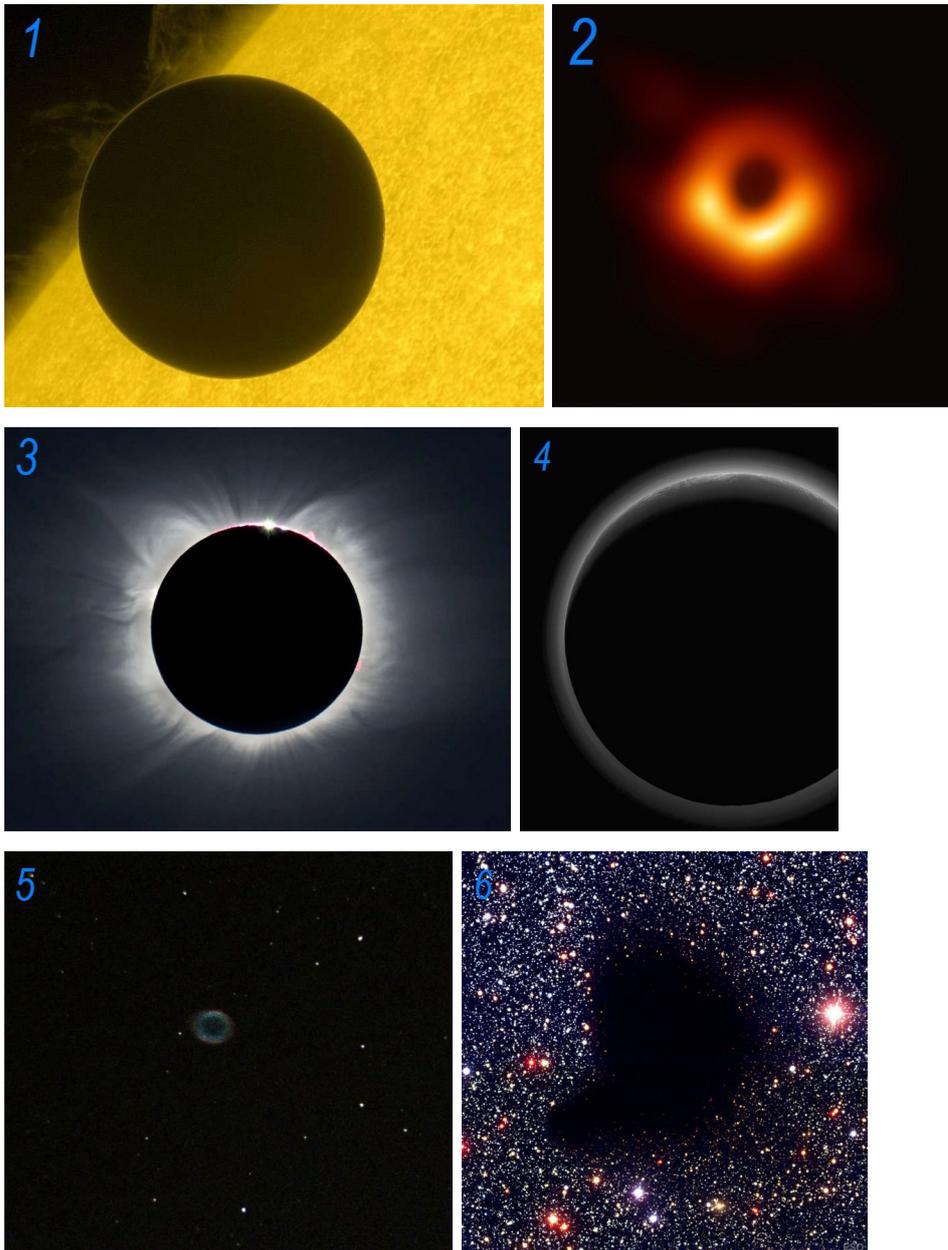
17.1 У звёзд примерно одинаковая звездная величина, а значит, расстояние до звезды зависит только от её светимости. Самая большая светимость будет у звезды со спектральным классом В, это звезда 5.

17.2 Спектральные классы звёзд в соответствии с уменьшением температуры выстраиваются в последовательность О-В-А-F-G-K-M. Промежуточные классы обозначаются числом от 0 до 9 также по мере уменьшения температуры. Следовательно, из представленных в таблице минимальную температуру имеет звезда класса К0.

Критерии: Правильный ответ на каждый из вопросов оценивается 1 баллом.

Задача 18

На каком изображении показана чёрная дыра?



Ответ: 2.

Комментарий: На изображениях показано: 1 – прохождение Венеры по диску Солнца, 2 – синтезированное интерферометром ЕНТ изображение чёрной дыры, 3 – солнечная корона во время полного солнечного затмения, 4 – Плутон и его атмосфера, 5 – планетарная туманность «Кольцо», 6 – тёмная туманность (глобула) Барнард-68.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**

Задача 19

Период вращения МКС вокруг Земли примерно 90 минут. Сколько секунд примерно длится восход Солнца на МКС. Ответ округлите до целого.

Ответ: 7 или 8 секунд.

Комментарий: Полный оборот 360° вокруг Земли МКС делает за 90 минут. Солнце имеет угловой размер 0.5° , а значит восход будет длиться

$$90 \cdot \frac{0.5^\circ}{360^\circ} = 0.125 \text{ мин} = 7.5 \text{ с.}$$

Критерии: Правильный ответ **2 балла**, не округлённый ответ в интервале (7; 8) – **1 балл**, в остальных случаях – **0 баллов**.

Задача 20

Астроном наблюдает галактику, которая приближается к нам со скоростью 30 000 км/с. На какой длине волны будет находиться линия водорода H α (656 нм) в спектре этой галактики? Ответ, округлите до целых значений.

Ответ: 590 нм

Комментарий: Лучевая скорость галактики равна 0.1 скорости света, значит синее смещение (галактика приближается) будет равно -0.1 . Отсюда, длина волны получается $0.9 \cdot 656 \text{ нм} = 590.4 \text{ нм} \approx 590 \text{ нм}$.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**, ответ 590,4 – **1 балл**, В остальных случаях – **0 баллов**.