

Задания и решения
1-го дистанционного этапа
Московской астрономической олимпиады
2022–2023 уч. г.
10/11 класс

1. Выберите правильные названия созвездий:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Большой Конь | <input checked="" type="checkbox"/> Малая Медведица |
| <input checked="" type="checkbox"/> Большой Пёс | <input checked="" type="checkbox"/> Малый Конь |
| <input checked="" type="checkbox"/> Волосы Вероники | <input type="checkbox"/> Пёс Кассиопей |
| <input type="checkbox"/> Ворона | <input type="checkbox"/> Райская Пицца |
| <input type="checkbox"/> Гончий Пёс | <input type="checkbox"/> Рыба |
| <input type="checkbox"/> Девы | <input type="checkbox"/> Северная Корова |
| <input type="checkbox"/> Драккар | <input type="checkbox"/> Столовая |
| <input type="checkbox"/> Козий Рог | <input type="checkbox"/> Стрелок |

Критерии. За каждый правильный ответ выставляется 0.5 балла. За каждый неправильный ответ — штраф 0.5 балла. Оценка не может быть меньше 0. Максимальная оценка — 2 балла.

Комментарий. В неправильных названиях изменено число персонажей (Гончий Пёс – Гончие Псы, Девы – Дева, Рыба – Рыбы), внесены искажения в написание (Козий Рог – Козерог, Райская Пицца – Райская Птица, Северная Корова – Северная Корона, Столовая – Столовая Гора, Ворона – Ворон, Стрелец – Стрелок). Большого Коня на небе также нет: в противовес Малому Коню можно найти Пегаса, но это совершенно другое название. Созвездия Драккар среди 88 современных созвездий не числится. Что за удивительная химера Пёс Кассиопей, никому не ведомо, но именно такое название созвездия было встречено в одной из олимпиадных работ несколько лет тому назад.

2. Большой Ковш, Летне-Осенний Треугольник, Пояс Ориона, Большой Квадрат, Голова Дракона, Чайник, Вешалка. Выберите из списка термин, который объединяет эти названия.

- | | |
|---|----------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> Астеризм | <input type="radio"/> Астра |
| <input type="radio"/> Астерикс | <input type="radio"/> Астрограф |
| <input type="radio"/> Астериск | <input type="radio"/> Астролябия |
| <input type="radio"/> Астероид | <input type="radio"/> Афелий |

Критерии. Правильный ответ — 1 балл, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. Астеризм — это хорошо заметные группы звёзд со своими собственными названиями. Именно такие названия перечислены в задании.

3. Выберите верные утверждения относительно наблюдений Луны с территории России. Считайте, что погода всегда благоприятствует наблюдениям.
- Луна всегда видна на небе в полночь.
 - Во время солнечного затмения Луна всегда закрывает Солнце полностью.
 - Любое лунное затмение всегда видно одновременно на всей территории России.
 - Луну можно наблюдать в созвездии Тельца.
 - Покрытие Арктура Луной происходит с периодом около 18 лет.
 - Во время суперлуния видимый размер Луны более чем в два раза превышает её размер во время полнолуния.
 - Пепельный свет Луны лучше всего виден вблизи новолуний.
 - Луна не вращается вокруг своей оси.

Критерии. За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. За каждый неправильный ответ — штраф 1 балл. Оценка не может быть меньше 0. Максимальная оценка — 2 балла.

Комментарий. Вблизи новолуния Луна находится на небе рядом с Солнцем и в полночь оказывается под горизонтом. Не все солнечные затмения полные: бывают кольцеобразные и частные затмения, когда тень Луны вообще не попадает на Землю. Лунное затмение, конечно, видно одновременно на всей территории Земли, откуда его в принципе можно увидеть, но на территории, где Луна под горизонтом, затмение не видно. Арктур на небе находится довольно далеко от тех мест, где бывает Луна: она его вообще не покрывает. Орбита Луны не настолько вытянута, чтобы видимый размер Луны менялся в разы. Поскольку Луна всегда обращена к Земле одной стороной, то за один оборот вокруг Земли сама Луна также совершает один оборот вокруг своей оси.

4. В каких единицах принято измерять углы в астрономии?

- Герц
- Гигабайт
- Градус Фаренгейта
- Градус Цельсия
- Минута
- Парсек
- Радиан
- Секунда
- Час

Критерии. За каждый правильный ответ выставляется 0.5 балла. За каждый неправильный ответ — штраф 0.5 балла. Оценка не может быть меньше 0. Максимальная оценка — 2 балла.

На изображении показаны вертикальные солнечные часы, размещённые на стене дома. С помощью этой фотографии ответьте на следующие два вопроса.



5. Какова разница долгот Москвы и Тобольска по мнению авторов этих часов? Ответ дайте в градусах.

Ответ: [26;34]

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. Разность времени в Москве и Тобольске составляет почти 2 часа. Поскольку 15° долготы соответствуют одному часу, то разность долгот составляет около 30° .

6. В какую сторону был направлен фотоаппарат во время съёмки?

- На север
- На юг
- На запад
- На восток

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. В полдень Солнце должно находиться за спиной фотографа, чтобы тень могла падать на цифру XII. Поскольку тень дальше движется вправо, то Солнце должно двигаться влево от фотографа. Отсюда делаем вывод, что часы расположены в северном полушарии. В полдень в северном полушарии Солнце расположено на юге, следовательно, фотоаппарат был направлен на север, точнее на северо-северо-запад.

7. 26 августа 79 года мощным извержением Везувия были уничтожены Помпеи, Геркуланум и Стабии. Разумеется, эта дата дана по юлианскому календарю. Какая это была бы дата, если бы мы использовали современный григорианский календарь? Запишите число месяца, соответствующее этой дате.

Например, если Вы считаете, что правильный ответ 30 сентября 79 года, то вводите ответ 30.

Ответ: 24

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. Сейчас григорианский календарь опережает юлианский на 13 дней. Каждые 400 лет календари расходятся на 3 дня. За истекшие с I века 20 столетий календари должны были разойтись на $20 \div 4 \times 3 = 15$ дней. То есть в первом веке юлианский календарь опережал григорианский на 2 дня.

8. Рассеянное скопление, состоящее из 7000 звёзд, в начале своей эволюции теряло по 100 звёзд каждые 100 000 лет. В процессе эволюции темп потерь непрерывно возрастал на 50 звёзд за 100 000 лет в 100 000 лет. За какое время скопление потеряет половину своих звёзд? Ответ дайте в годах.

Ответ: 1 000 000

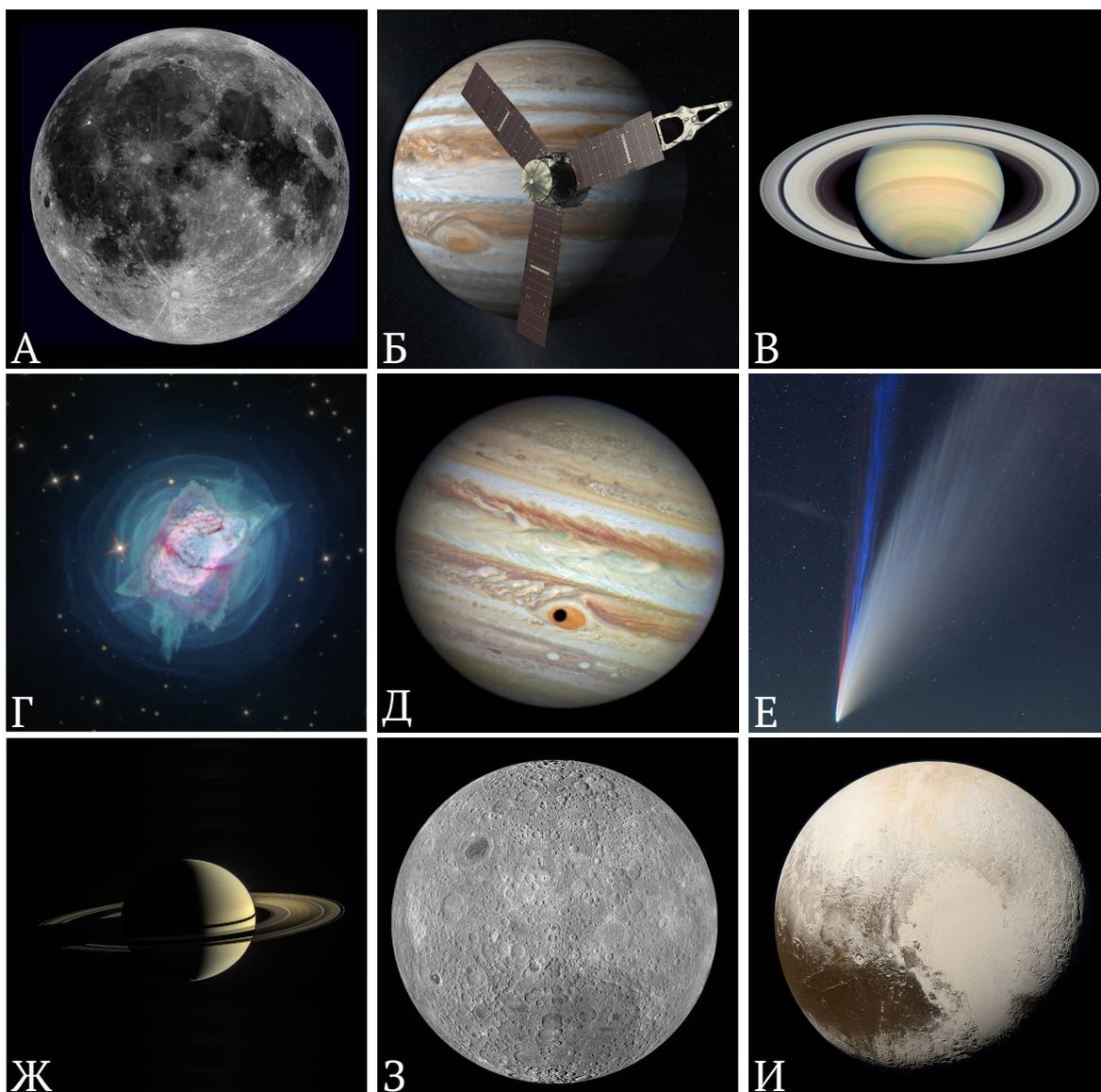
Критерии. Правильный ответ — 2 балла, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. Нетрудно заметить, что задача эквивалентна задаче на равноускоренное движение. Пусть $N_0 = 7000$ — начальное число звёзд, $v = 100/100\,000$ лет⁻¹ — начальная скорость распада скопления, а $a = 50/100\,000^2$ лет⁻². Тогда можно записать уравнение

$$\frac{N_0}{2} = N_0 - vt - \frac{at^2}{2}.$$

Решая это уравнение относительно t , получаем ответ.

9. Какие из этих фотографий космических объектов могли быть сделаны с поверхности Земли или с низкой околоземной орбиты?

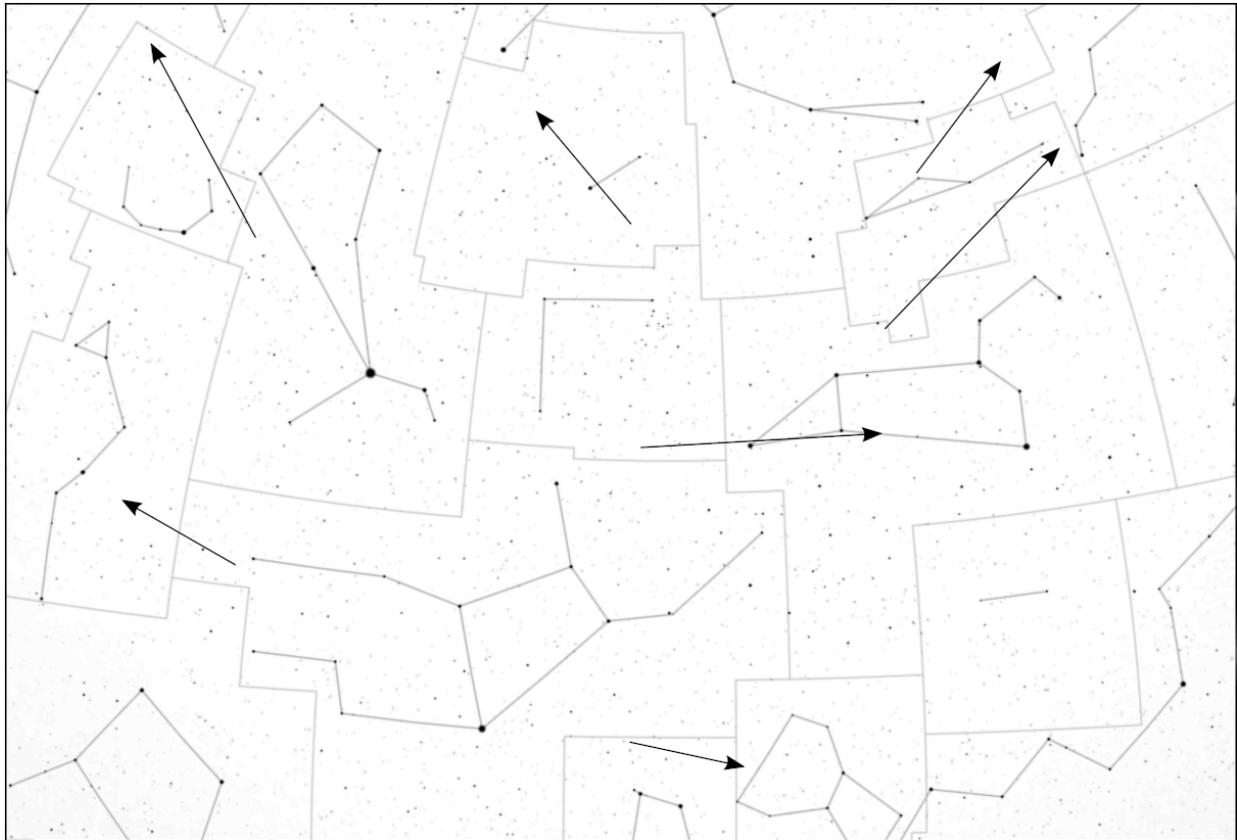


Ответ: А, В, Г, Д, Е

Критерии. За каждый правильный ответ выставляется 0.4 балла. За каждый неправильный ответ — штраф 0.5 балла.

Комментарий. На фотографии Ж Сатурн освещён сбоку, что для земного наблюдателя невозможно. На З показана обратная сторона Луны, которая не видна с Земли. Изображение Б — это коллаж. На И показан Плутон, как он был виден со стороны космического аппарата «Новые горизонты». Плутон находится так далеко, что даже для телескопа «Хаббл» изображение такого качества недоступно. На обеих фотографиях Б и И фаза планет меньше, чем это возможно для наблюдений с Земли.

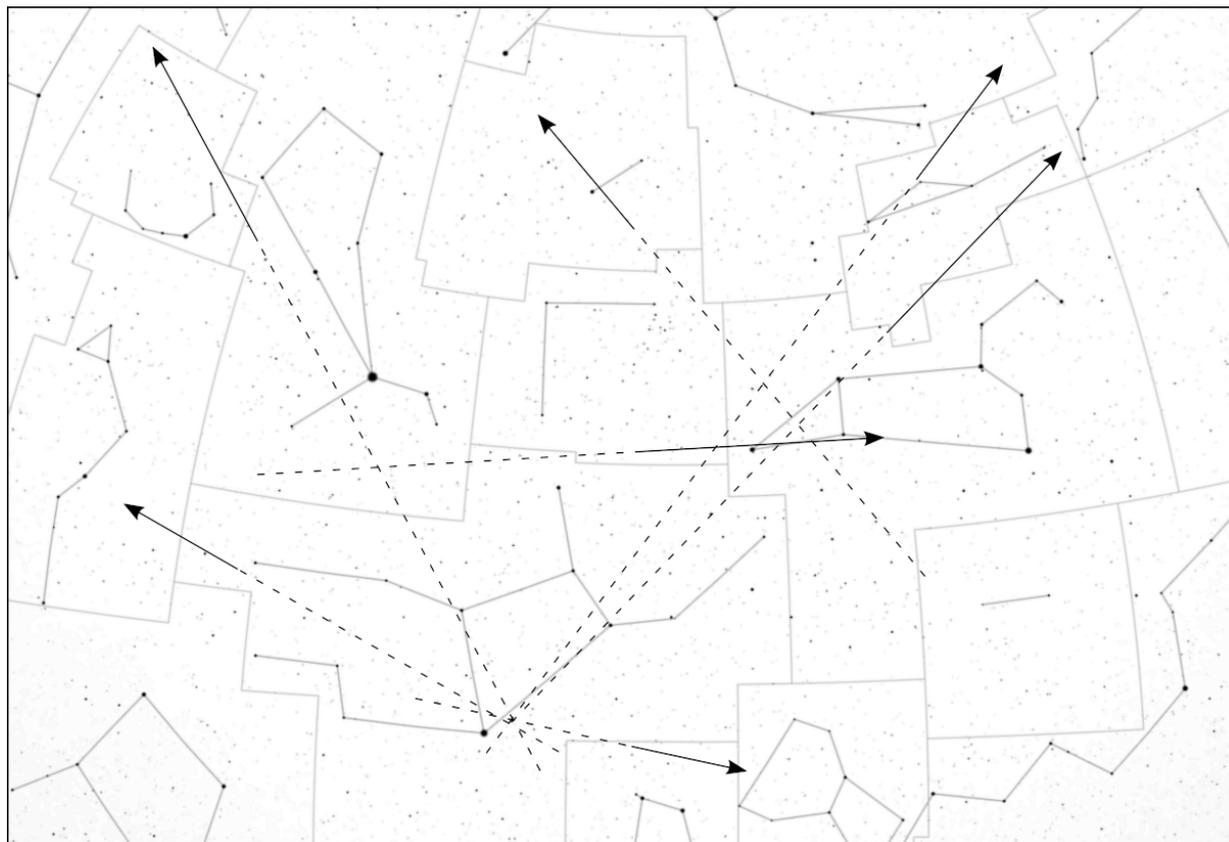
10. На рисунке приведен фрагмент звёздной карты с нанесенными на него следами метеоров. Направление стрелки совпадает с направлением движения метеора. Определите название метеорного потока.



- | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="radio"/> Ариетиды | <input type="radio"/> Девиды | <input type="radio"/> Львиды |
| <input type="radio"/> Боотиды | <input type="radio"/> Квадрантиды | <input type="radio"/> Леоминориды |
| <input checked="" type="radio"/> Виргиниды | <input type="radio"/> Кратериды | <input type="radio"/> Персеиды |
| <input type="radio"/> Гемениды | <input type="radio"/> Леониды | <input type="radio"/> Урсиды |

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. Всего на рисунке 7 метеоров. Если продлить начала стрелок, то можно убедиться, что 5 из них пересекутся в небольшой области в созвездии Девы (см. рисунок на следующей странице). Его латинское название — *Virgo*, родительный падеж, от которого образуется название метеорного потока, — *Virginis*, следовательно, поток называется Виргиниды. Остальные метеоры спорадические, то есть не принадлежащие какому-либо метеорному потоку.



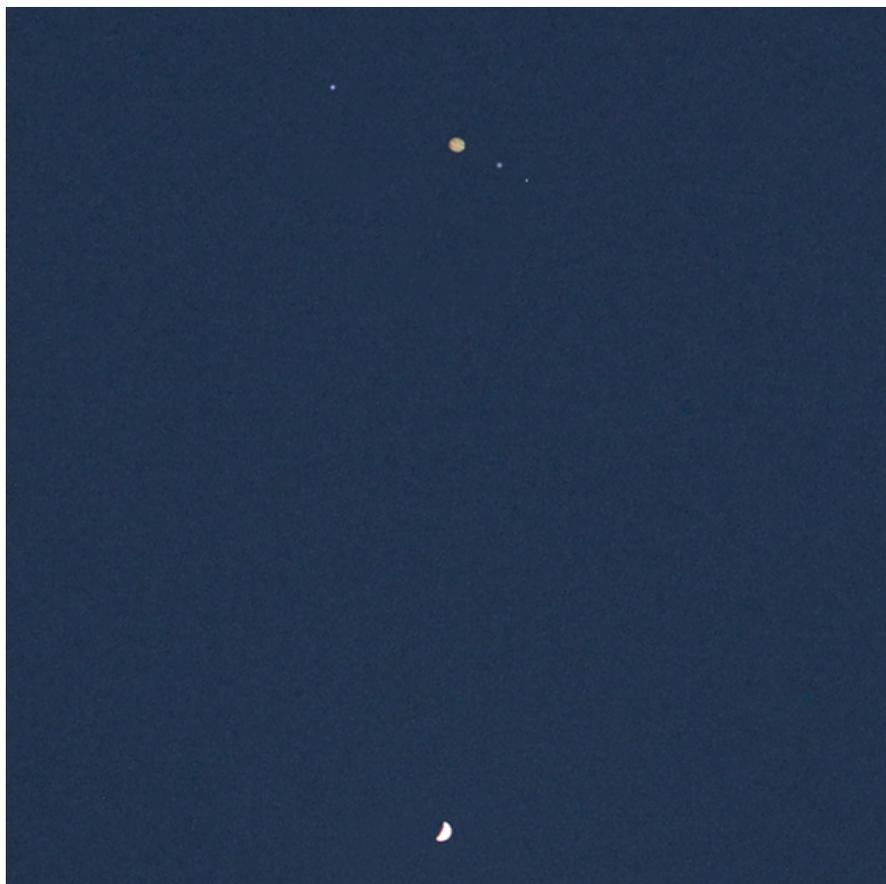
11. Космический корабль будущего полетел к звезде ζ Золотой Рыбы с постоянной скоростью $1/15$ скорости света. Через сколько лет после старта земляне получат рапорт от командира космического корабля о прилете в заданную точку, если параллакс звезды составляет 85.83 миллисекунд?

Ответ: [607:609]

Критерии. Правильный ответ – 2 балла, ответ в диапазоне [600:620] – 1.5 балла, ответ в диапазоне [560:580] – 1 балл, в остальных случаях – 0 баллов.

Комментарий. Расстояние до звезды составляет $0.08583^{-1} \approx 11.65$ пк ≈ 38 св. лет. Значит 570 лет потребуется для того, чтобы добраться до звезды и еще 38 лет для возвращения сигнала.

12. На фотографии показано тесное соединение двух планет, сфотографированное с помощью небольшого (8 см) телескопа. Фотография прямая, не перевернутая, сделана в северном полушарии Земли.



12.1. Соединение каких планет показано на фотографии?

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> Меркурия и Венеры | <input type="radio"/> Венеры и Марса |
| <input type="radio"/> Меркурия и Марса | <input type="radio"/> Венеры и Урана |
| <input type="radio"/> Меркурия и Сатурна | <input type="radio"/> Марса и Юпитера |
| <input type="radio"/> Меркурия и Урана | <input type="radio"/> Марса и Сатурна |
| <input checked="" type="radio"/> Венеры и Юпитера | <input type="radio"/> Юпитера и Сатурна |
| <input type="radio"/> Венеры и Сатурна | <input type="radio"/> Юпитера и Урана |

Критерии. Правильный ответ — 1 балл, неправильный — 0 баллов

Комментарий. Верхняя планета в окружении трёх спутников. Так может выглядеть только Юпитер. Нижняя планета имеет вид серпа. Это может быть или Венера, или Меркурий. Она очевидно ярче Юпитера и сравнима с ним по угловому размеру, поэтому может

быть только Венерой. Заметим, что ответа «Меркурий и Юпитер» не предложено.

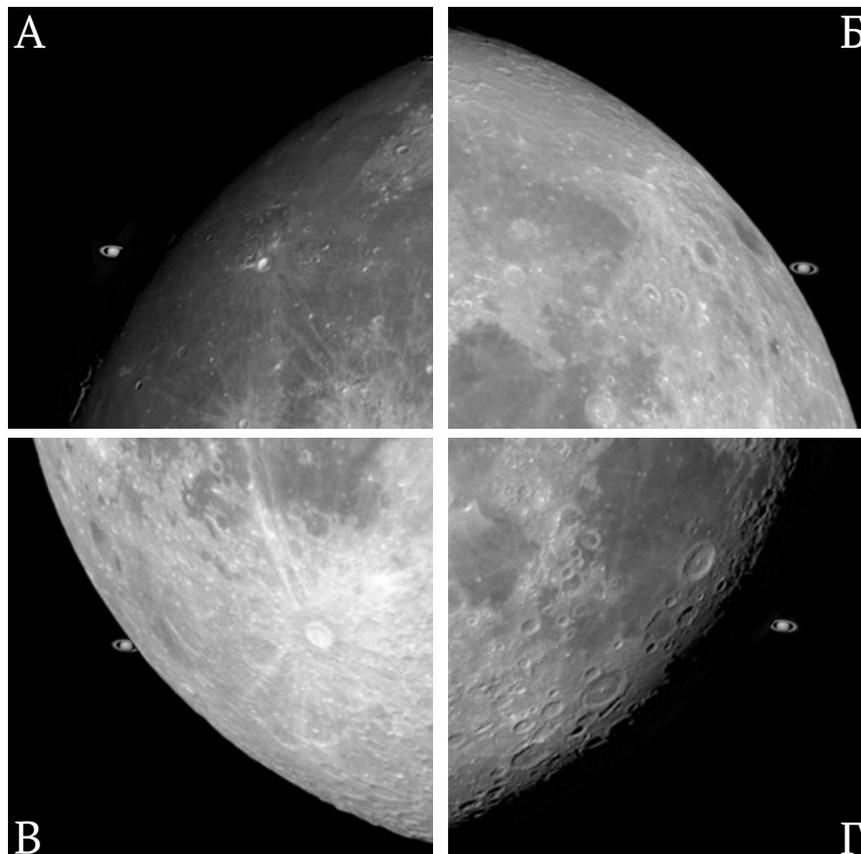
12.2. Когда сделана эта фотография?

- Около полуночи
- Незадолго перед рассветом
- Вскоре после заката

Критерии. Правильный ответ — 1 балл, неправильный — 0 баллов

Комментарий. Освещённая часть Венеры обращена к Солнцу, то есть Солнце находится правее и ниже за пределами снимка. Для того, чтобы сделать такую фотографию, необходимо, чтобы Солнце было под горизонтом. Поскольку суточное вращение небесной сферы происходит с запада на восток, значит по кадру движение происходит вниз вправо, откуда следует, что дело происходило вечером.

13. Через 25 дней после противостояния Сатурна с Солнцем любитель астрономии в северном полушарии Земли наблюдал покрытие Сатурна Луной. Какое из четырех приведенных изображений соответствует началу наблюдавшегося покрытия?



Ответ: А

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, неправильный — 0 баллов.

Комментарий. За 25 дней после противостояния Солнце, двигаясь со скоростью около 1° в день, приблизится к точке, где находился Сатурн в противостоянии, примерно на 25° . Сам Сатурн, медленно двигаясь попятно, тоже будет приближаться к Солнцу. Таким образом Солнце окажется примерно в 155° к западу от Сатурна. Луна может быть полной только в противоположной Солнцу точке, то есть примерно в 25° к востоку от Сатурна. Следовательно, в момент покрытия Луна немного не дошла до полнолуния и у нее остался неосвещенным восточный (левый) край. Поскольку относительно Сатурна Луна движется с запада на восток (справа налево), то покрывать его она будет своим неосвещенным краем. Получается, что вариант А – правильный ответ, вариант Б соответствует окончанию покрытия, иначе, открытию, а варианты В и Г при данных условиях не могут быть реализованы.

14. На фотографии показано положение Марса (отмечен стрелкой) среди звёзд незадолго до его противостояния. В какое созвездие переместится Марс в процессе своего видимого движения из текущего?



- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="radio"/> Близнецы | <input type="radio"/> Овен |
| <input checked="" type="radio"/> Весы | <input type="radio"/> Орион |
| <input type="radio"/> Водолей | <input type="radio"/> Рак |
| <input type="radio"/> Дева | <input type="radio"/> Рыбы |
| <input type="radio"/> Змееносец | <input type="radio"/> Скорпион |
| <input type="radio"/> Кассиопея | <input type="radio"/> Стрелец |
| <input type="radio"/> Козерог | <input type="radio"/> Телец |
| <input type="radio"/> Лев | <input type="radio"/> Центавр |

Критерии. Правильный ответ – 2 балла, ответ Змееносец – 0.5 балла, в остальных случаях – 0 баллов.

Комментарий. Из фотографии можно понять, что Марс находится в созвездии Скорпиона. Вблизи противостояния планеты движутся попятно. Созвездие Скорпиона очень узкое в месте пересечения эклиптикой, поэтому Марс должен вернуться в предыдущее зодиакальное созвездие Весы.

15. В какой из указанных дней Солнце поднимается выше всего над горизонтом в Киншасе (широта $4^{\circ}20'$ ю.ш.)?

- 4 января
- 10 марта
- 8 мая
- 20 июня
- 19 сентября
- 4 ноября

Критерии. Правильный ответ — 2 балла. За ответ 19 сентября выставляется 0.5 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Комментарий. На широтах между северным и южным тропиками Солнце два раза в год кульминирует в зените. Склонение Солнца в эти моменты равно широте места наблюдения. Солнце имеет склонение $-4^{\circ}20'$ незадолго до (около 10 дней) весеннего равноденствия и вскоре после осеннего равноденствия.

16. Орбита астероида пересекает орбиты Сатурна и Урана и не пересекает орбиты Юпитера и Нептуна. Определите минимально и максимально возможный эксцентриситет орбиты астероида. Орбиты планет считать круговыми.

Планета	Радиус орбиты, а.е.
Юпитер	5.2
Сатурн	9.5
Уран	19
Нептун	30

Ответ: [0.30:0.34], [0.70:0.72]

Критерии. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Максимальная оценка за задание 2 балла.

Комментарий. Наименьший эксцентриситет будет иметь орбита, которая касается орбиты Сатурна в перигелии и орбиты Урана в афелии. Аналогично, максимальный эксцентриситет будет иметь орбита, которая касается орбиты Юпитера в перигелии и орбиты Нептуна в афелии. Если известны расстояние в перигелии p и в афелии q , то эксцентриситет легко можно вычислить с помощью выражения:

$$e = \frac{q - p}{q + p}.$$

17. С помощью таблицы сделайте правильные соответствия между звездами и их свойствами. Можно выбирать несколько вариантов.

Звезда	m	M	$B - V$
β Большой Медведицы	2.3	0.36	0.04
ω^2 Водолея	4.45	1.16	-0.03
α Зайца	2.55	-6.61	0.22
α Змеи	2.6	0.82	1.17
γ Кассиопеи	2.15	-4.22	-0.06
δ Павлина	3.55	4.62	0.76
β Южной Гидры	2.8	3.44	0.60

Здесь m — видимая звёздная величина, M — абсолютная звёздная величина, $B - V$ — показатель цвета. С помощью таблицы ответьте на следующие вопросы об этих звездах.

17.1. Выберите все звёзды, незаходящие для любой точки России

- β Большой Медведицы
- ω^2 Водолея
- α Зайца
- α Змеи
- γ Кассиопеи
- δ Павлина
- β Южной Гидры

17.2. Выберите все звёзды, свет от которых идет меньше 32.6 лет

- β Большой Медведицы
- ω^2 Водолея
- α Зайца
- α Змеи
- γ Кассиопеи
- δ Павлина
- β Южной Гидры

17.3. Выберите звезду с минимальным параллаксом

- β Большой Медведицы
- ω^2 Водолея
- α Зайца

- α Змеи
- γ Кассиопеи
- δ Павлина
- β Южной Гидры

17.4. Выберите самую яркую звезду на небе

- β Большой Медведицы
- ω^2 Водолея
- α Зайца
- α Змеи
- γ Кассиопеи
- δ Павлина
- β Южной Гидры

17.5. Выберите самую холодную звезду

- β Большой Медведицы
- ω^2 Водолея
- α Зайца
- α Змеи
- γ Кассиопеи
- δ Павлина
- β Южной Гидры

17.6. Выберите звезду с максимальной светимостью

- β Большой Медведицы
- ω^2 Водолея
- α Зайца
- α Змеи
- γ Кассиопеи
- δ Павлина
- β Южной Гидры

Критерии. Выбор правильного ответа в вопросах 17.1 и 17.2 оценивается по 0.25 балла, выбор неправильного ответа — штраф 0.25 балла. Правильный ответ на вопросы 17.3-17.6 оценивается по 0.5 балла. В противном случае — 0 баллов. Максимальная оценка за задание 17 —

3 балла.

- Комментарий.** 1. В названии звезды уже дано её положение на небе. Астеризмы Большой Ковш и W не заходят на всей территории России, а именно в них находятся, соответственно, β Большой Медведицы и γ Кассиопеи. Остальные созвездия экваториальные и южные.
2. Свет проходит за 32.6 лет расстояние 10 пк. Звёзды, находящиеся на расстоянии 10 пк, имеют одинаковые абсолютные и видимые звёздные величины по определению. У звёзд, расположенных ближе 10 пк, абсолютная звёздная величина больше видимой.
3. Минимальный параллакс у самой далёкой звезды. Чем дальше звезда, тем больше величина $m - M$.
4. Звёзды с меньшими звёздными величинам ярче.
5. Чем холоднее звезда, тем меньше она излучает в синем диапазоне спектра (B) по сравнению с видимым (V), то есть тем больше $B - V$.
6. Максимальную светимость имеют звёзды с минимальной абсолютной звёздной величиной.

18. Из приведенных фотографий выберите те, на которых запечатлены рассеянные звёздные скопления.



А



Б



В



Г



Д



Е



Ж



З



И

Ответ: Б, В, Д, И

Критерии. За каждое верно выбранное скопление — 0.5 балла, за каждое неверно выбранное — штраф 0.5 балла. Оценка не может быть меньше 0 баллов. Максимальная оценка — 2 балла.

Комментарий. На фотографиях А, Г и З изображены шаровые звёздные скопления, на фотографиях Е и Ж — созвездия Стрелы и Дельфина.

19. Космический телескоп «Ферми» фиксирует от пульсара Геминга поток $200 \text{ эВ} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, переносимый фотонами с энергией 1 ГэВ. Сколько таких фотонов может получить «Ферми» за сутки непрерывных наблюдений, если телескоп имеет размер $1.8 \times 1.8 \text{ м}$? Ответ округлите до целого.



Ответ: 560

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, не округлённые правильно до целого ответы из интервала $[559; 560)$ оцениваются 1 баллом, ответы 559.872×10^x , $x \in [1; 9]$, оцениваются в 0.5 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Комментарий. За секунду телескоп принимает $200 \cdot 180^2 = 6.48 \cdot 10^6$ эВ. В сутках 86400 секунд, а значит, за сутки на телескоп попадет примерно 560 ГэВ энергии или 560 фотонов с энергией 1 ГэВ.

20. На астрографе за 10 с накопления света регистрируются звезды до 15^m . Сколько секунд надо копить свет, чтобы зарегистрировать звезды 18^m ? Фоном неба пренебречь. Ответ округлите до целых.

Ответ: 158

Критерии. Правильный ответ — 2 балла, ответ 159 — 1 балл, не округлённые до целого ответы из интервала (158:159) — 0.5 балла. В остальных случаях — 0 баллов.

Комментарий. От звезды 18^m приходит в $10^{0.4 \times 3}$ меньше квантов света в единицу времени, чем от звезды 15^m . Поэтому для регистрации звезды 18^m потребуется в $10^{0.4 \times 3}$ больше времени:

$$10 \times 10^{0.4 \times 3} \approx 158.$$