

# Московская астрономическая олимпиада

2023–2024 уч. г.

1-й дистанционный этап. 10-11 класс

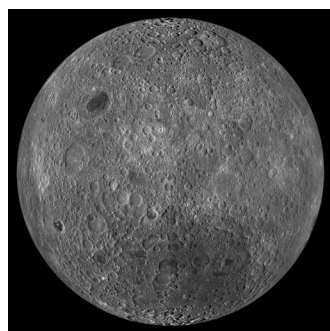
## Задания и решения

### Задание 1

Расставьте объекты в порядке уменьшения расстояния до Земли. Самый дальний объект должен быть вверху списка.



1



2



3



4



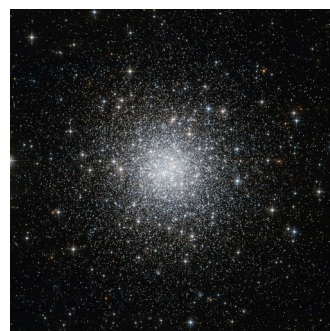
5



6



7



8

**Ответ:** 5, 8, 7, 3, 6, 1, 4, 2

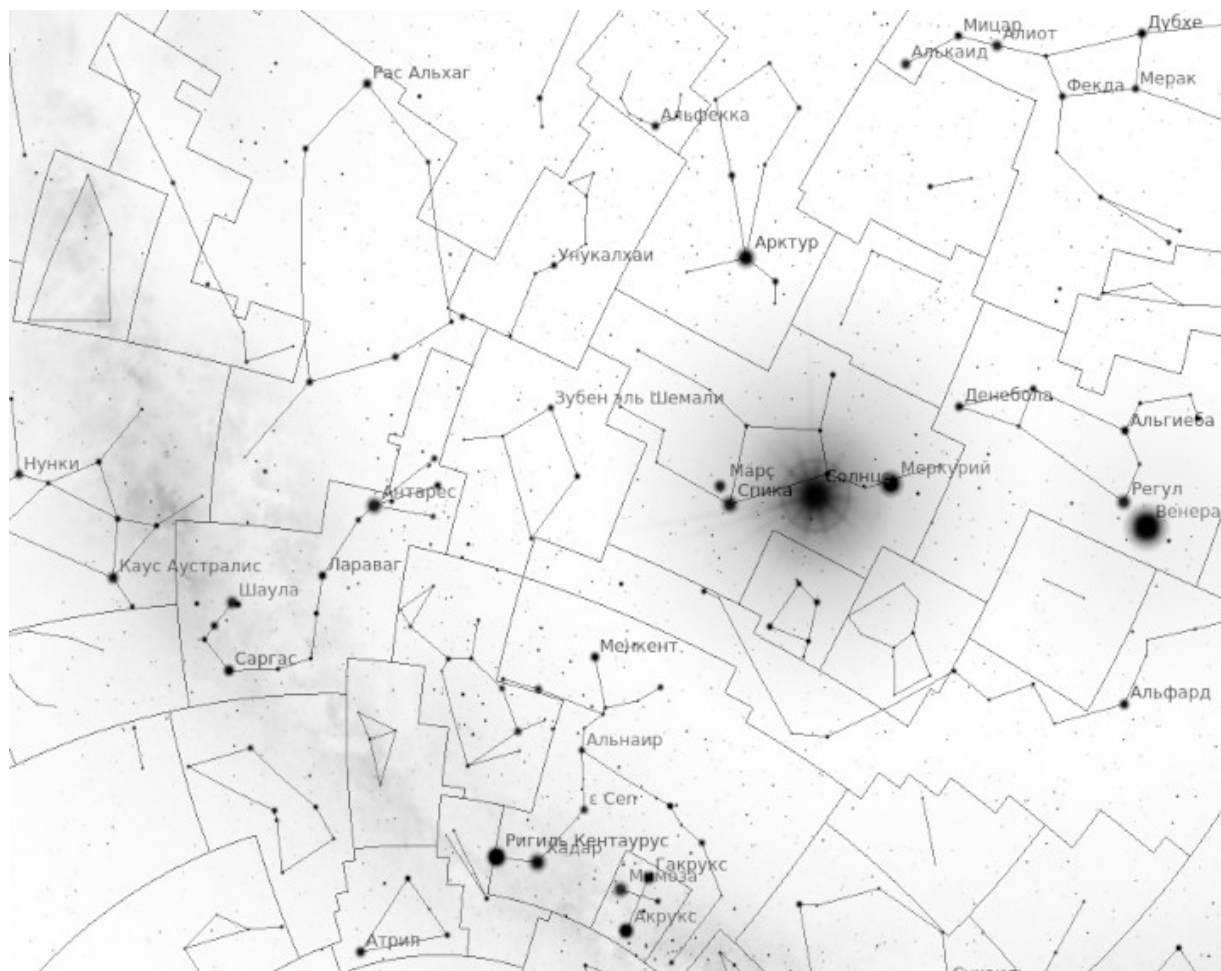
**Комментарий:** 1 – Ио (Спутник Юпитера), 2 – Луна (обратная сторона), 3 – Плутон, 4 – Солнце, 5 – галактики Мышки, 6 – Сатурн, 7 – планетарная туманность «Спирограф», 8 – шаровое звёздное скопление NGC 7006.

**Критерии:** За правильный ответ выставляется **2 балла**, при наличии только одного неверно поставленного изображения (если его убрать, то остальные упорядочены правильно) или за полный обратный порядок — **1 балл**, в остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

## Задание 2

Перед Вами часть карты звёздного неба.



2.1. Отметьте самую яркую звезду.

**Ответ:** Солнце

2.2. Отметьте ближайшую к нам звезду за исключением Солнца.

**Ответ:** Ригель Кентаурус, она же  $\alpha$  Центавра

2.3. Отметьте  $\alpha$  Скорпиона.

**Ответ:** Антарес

2.4. Отметьте  $\alpha$  Волопаса.

**Ответ:** Арктур

2.5. Отметьте  $\alpha$  Девы.

**Ответ:** Спика

**Критерии:** За каждый правильно отмеченный вариант выставляется по **0.5 балла**, в противном случае — **0 баллов**.

Итого за задачу **2.5 баллов**.

### Задание 3

Используя представленную карту ответьте на следующие вопросы:

3.1. Напишите русскими буквами в каком созвездии находится Венера.

**Ответ:** Лев

3.2. Сколько планет находится в созвездии Девы?

**Ответ:** 2

3.3. Выберите время года, когда возможна такая картина.

- лето
- осень
- зима
- весна

3.4. В какой конфигурации с Солнцем Марс окажется раньше?

- восточная квадратура
- соединение с Солнцем
- противостояние с Солнцем
- наибольшая западная элонгация
- наибольшая восточная элонгация
- западная квадратура

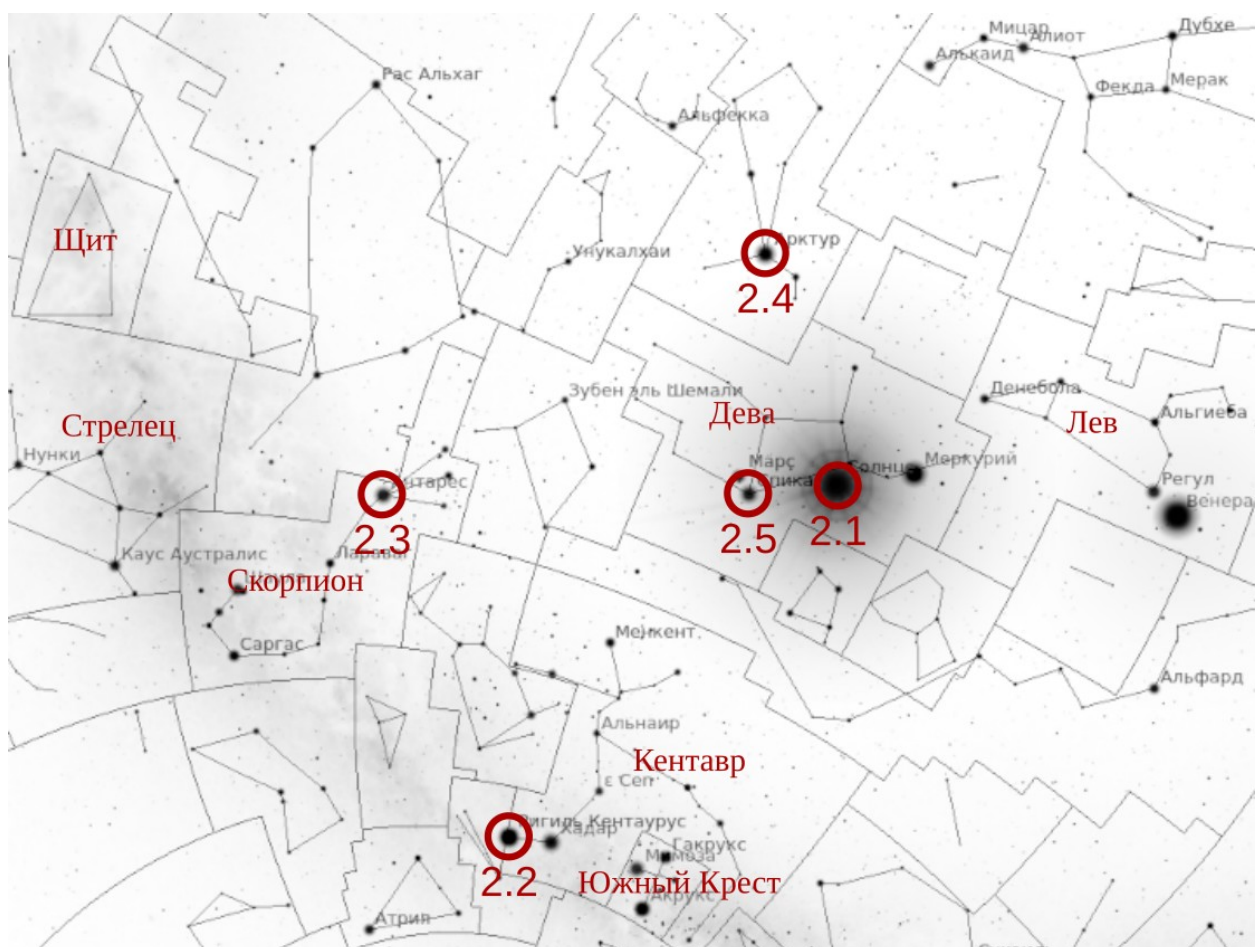
3.5. Выберите из предложенных созвездия, через которые проходит плоскость нашей Галактики.

- Лев
- Южный Крест
- Дева

- Волопас
- Большая Медведица
- Скорпион
- Щит
- Водолей
- Стрелец
- Кентавр
- Дракон
- Ворон

**Критерии:** За каждый правильный ответ на вопросы 1–4 выставляется по **0.5 балла**, за неправильный — **0 баллов**. За каждый правильный выбор в вопросе 5 — по **0.1 балла**, за неправильный **–0.1 балла**, но не менее 0 баллов.

Итого за задачу **2.5 баллов**.



#### Задание 4

Выберите все верные утверждения из предложенных ниже.

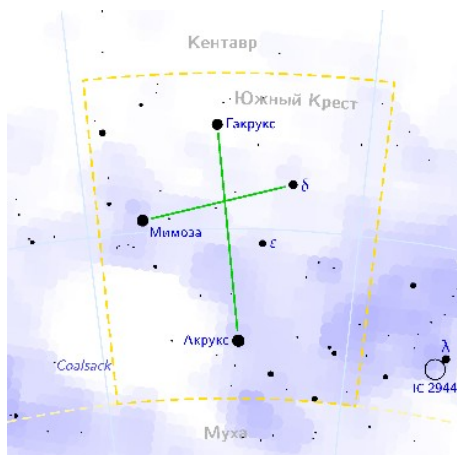
- Юпитер можно наблюдать в местную полночь в Москве.
- Если Марс находится в противостоянии с Венерой, то его можно наблюдать рядом с Солнцем.
- Если Луна и Венера находятся в соединении друг с другом, то фаза Венеры больше фазы Луны.
- Если Марс находится в восточной квадратуре при наблюдении с Земли, то при наблюдении с Марса, Земля находится в восточной элонгации.
- При прохождении Меркурия по диску Солнца Меркурий находится в верхнем соединении.
- Если Юпитер находится в противостоянии с Солнцем, то он движется с востока на запад относительно звёзд.
- Полная Луна и Сатурн находятся в противостоянии друг с другом, значит, Сатурн в противостоянии с Солнцем.
- Если Нептун в западной квадратуре, то его фаза 0.5.
- Фазы Урана в соединении и противостоянии равны.
- Фазы Венеры в верхнем и нижнем соединениях равны.

**Критерии:** За каждый правильный ответ участник получает **0.5 балла**, за каждый неправильный ответ – **штраф 0.5 балла**. Итоговая оценка не может быть меньше 0.

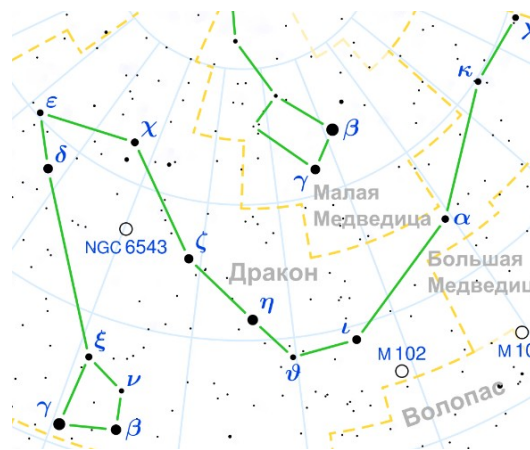
Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 5

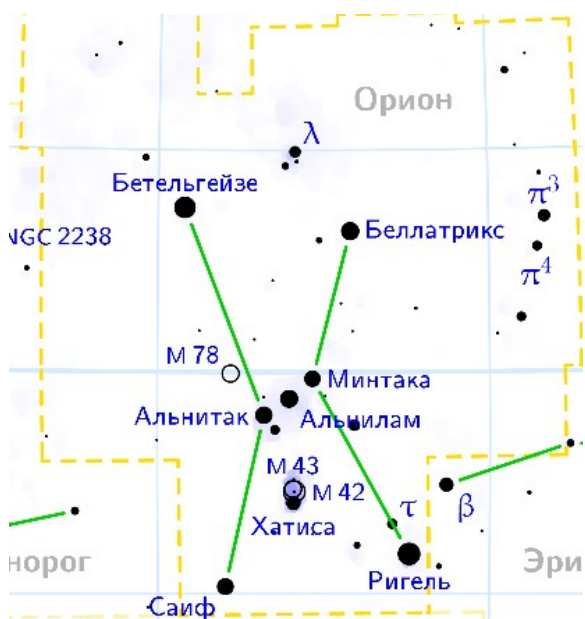
Расположите созвездия в порядке удаления от северного полюса эклиптики.



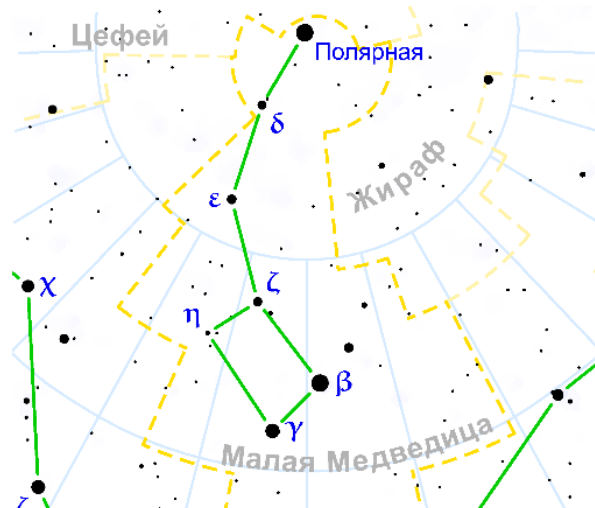
1



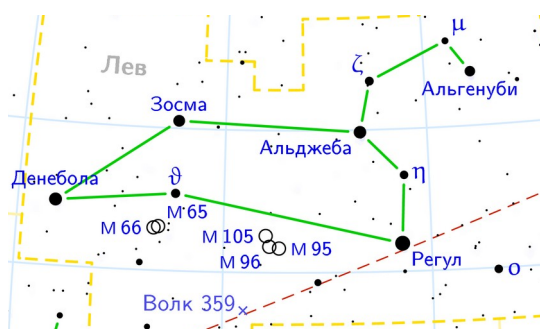
2



3



4



5

Ответ: 24531

**Решение:** Северный полюс эклиптики находится в созвездии Дракона. Малая Медведица непосредственно граничит с Драконом. Через созвездие Льва проходит эклиптика, то есть оно расположено примерно в  $90^\circ$  от полюса. Созвездие Ориона расположено немного южнее эклиптики: Солнце в нем не бывает, но иногда в нем могут находиться Луна и планеты. Южный Крест находится ещё южнее эклиптики.

**Критерии:** За правильный ответ – **2 балла**, при наличии одной перестановки в расположении (ответы 42531, 25431, 24351 и 24513) или за полный обратный порядок **1 балл**, в остальных случаях – **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

## Задание 6

### Вариант 1

Считается, что когда в молекулярном облаке начинается звездообразование, то его волна бежит из центра облака, и «сжигает» это молекулярное облако со скоростью 10 км/с. Найдите время жизни облака, в котором началось звездообразование, если диаметр этого облака равен 40 пк. Ответ дайте в миллионах лет, округлив до десятых.

Ответ: 2.0 [1.8; 2.1]

### Вариант 2

Считается, что когда в молекулярном облаке начинается звездообразование, то его волна бежит из центра облака, и «сжигает» это молекулярное облако со скоростью 5 км/с. Найдите время жизни облака, в котором началось звездообразование, если диаметр этого облака равен 40 пк. Ответ дайте в миллионах лет, округлив до десятых.

Ответ: 3.9 [3.8; 4.1]

### Вариант 3

Считается, что когда в молекулярном облаке начинается звездообразование, то его волна бежит из центра облака, и «сжигает» это молекулярное облако со скоростью 10 км/с. Найдите время жизни облака, в котором началось звездообразование, если диаметр этого облака равен 35 пк. Ответ дайте в миллионах лет, округлив до десятых.

Ответ: 1.7 [1.6; 1.9]

Вариант 4

Считается, что когда в молекулярном облаке начинается звездообразование, то его волна бежит из центра облака, и «сжигает» это молекулярное облако со скоростью 5 км/с. Найдите время жизни облака, в котором началось звездообразование, если диаметр этого облака равен 35 пк. Ответ дайте в миллионах лет, округлив до десятых.

Ответ: 3.4 [3.3; 3.6]

**Решение:** Время жизни есть радиус облака, делённый на скорость «волны»

$$t = \frac{206265 \cdot 1.5 \cdot 10^8 \cdot D(\text{пк})}{2 \cdot 365.25 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot v(\text{км/с})} = \frac{490210 \cdot D(\text{пк})}{v(\text{км/с})}$$

**Критерии:** Правильный ответ из диапазона — **2 балла**. Ответ в два раза больше — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.



### Задание 7



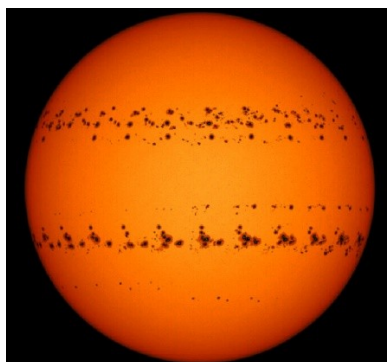
1



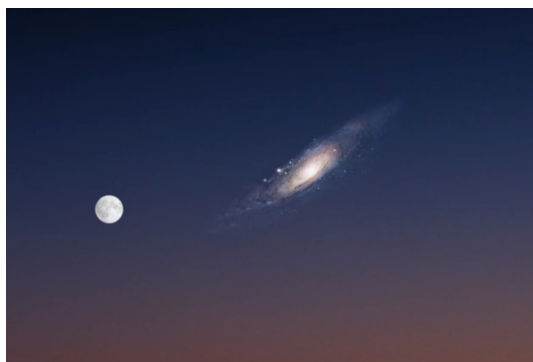
2



3



4



5



6



7



8



9

Выберите картинки, которые теоретически могут быть получены одним кадром.

**Ответ:** 1267

**Комментарий:** 1) Фотография Земли с Луны, 2) фотография с МКС, 3) рисунок Юпитера, 4) склейка нескольких фотографий сделанных в разное время, 5) пририсована туманность Андромеды, 6) фотография самолёта на фоне Луны,

7) фотография статуи на фоне солнечного затмения, 8) коллаж захода Луны, 9) коллаж из разных фотографий

**Критерии: 0.25 балла** за каждый правильный выбор и **-0.25 балла** за каждый неправильный, но не менее 0 баллов за задачу.

Итого за задачу **1 балл**.

### Задание 8

#### Вариант 1

Шаровое звёздное скопление радиусом  $R = 20$  пк содержит  $10^4$  звёзд. Найдите среднее время движения света между ближайшими звёздами, если они расположены в скоплении равномерно. Ответ дайте в годах, округлите до десятых.

Ответ: 6.1. Засчитывается [4.8; 6.2].

#### Вариант 2.

Шаровое звёздное скопление радиусом  $R = 60$  пк содержит  $10^6$  звёзд. Найдите среднее время движения света между ближайшими звёздами, если они расположены в скоплении равномерно. Ответ дайте в годах, округлите до десятых.

Ответ: 3.9. Засчитывается [3.1; 4.0]

#### Вариант 3.

Шаровое звёздное скопление радиусом  $R = 50$  пк содержит  $10^6$  звёзд. Найдите среднее время движения света между ближайшими звёздами, если они расположены в скоплении равномерно. Ответ дайте в годах, округлите до десятых.

Ответ: 3.3. Засчитывается [2.5; 3.4]

#### Вариант 4.

Шаровое звёздное скопление радиусом  $R = 40$  пк содержит  $10^5$  звёзд. Найдите среднее время движения света между ближайшими звёздами, если они расположены в скоплении равномерно. Ответ дайте в годах, округлите до десятых.

Ответ: 5.6. Засчитывается [4.4; 5.7]

Вариант 5.

Шаровое звёздное скопление радиусом  $R = 30$  пк содержит  $10^5$  звёзд. Найдите среднее время движения света между ближайшими звёздами, если они расположены в скоплении равномерно. Ответ дайте в годах, округлите до десятых.

Ответ: 4.2. Засчитывается [3.3; 4.3]

**Решение:** Объём скопления равен  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ . Тогда на каждую звезду приходится объём  $\frac{V}{N} = \frac{4}{3} \pi r^3$ . Следовательно среднее расстояние между звёздами равно  $2r = 2 N^{-1/3} R$ , а ответ в световых годах совпадает со временем движения света между звёздами.

Можно выделить на каждую звезду не шар, а куб с длиной ребра  $a$ . Тогда искомое расстояние будет равно  $a = \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3N}} R \approx 1.6 N^{-1/3} R$ .

**Критерии:** за правильный ответ выставляется **2 балла**, в остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 9

#### Вариант 1.

Найдите расстояние до звезды с видимой звёздной величиной  $18^m$ , если её абсолютная звёздная величина равна  $10^m$ . Ответ дайте в пк, округлите до целых.

Ответ: 398 или 399

#### Вариант 2.

Найдите расстояние до звезды с видимой звёздной величиной  $20^m$ , если её абсолютная звёздная величина равна  $8^m$ . Ответ дайте в пк, округлите до целых.

Ответ: 2511, 2512 или 2513

#### Вариант 3.

Найдите расстояние до звезды с видимой звёздной величиной  $22^m$ , если её абсолютная звёздная величина равна  $11^m$ . Ответ дайте в пк, округлите до целых.

Ответ: 1584 или 1585

#### Вариант 4.

Найдите расстояние до звезды с видимой звёздной величиной  $12^m$ , если её абсолютная звёздная величина равна  $5^m$ . Ответ дайте в пк, округлите до целых.

Ответ: 251 или 252

**Решение:** Зная абсолютную  $M$  и видимую  $m$  звёздные величины, можно найти расстояние до звезды с помощью формулы

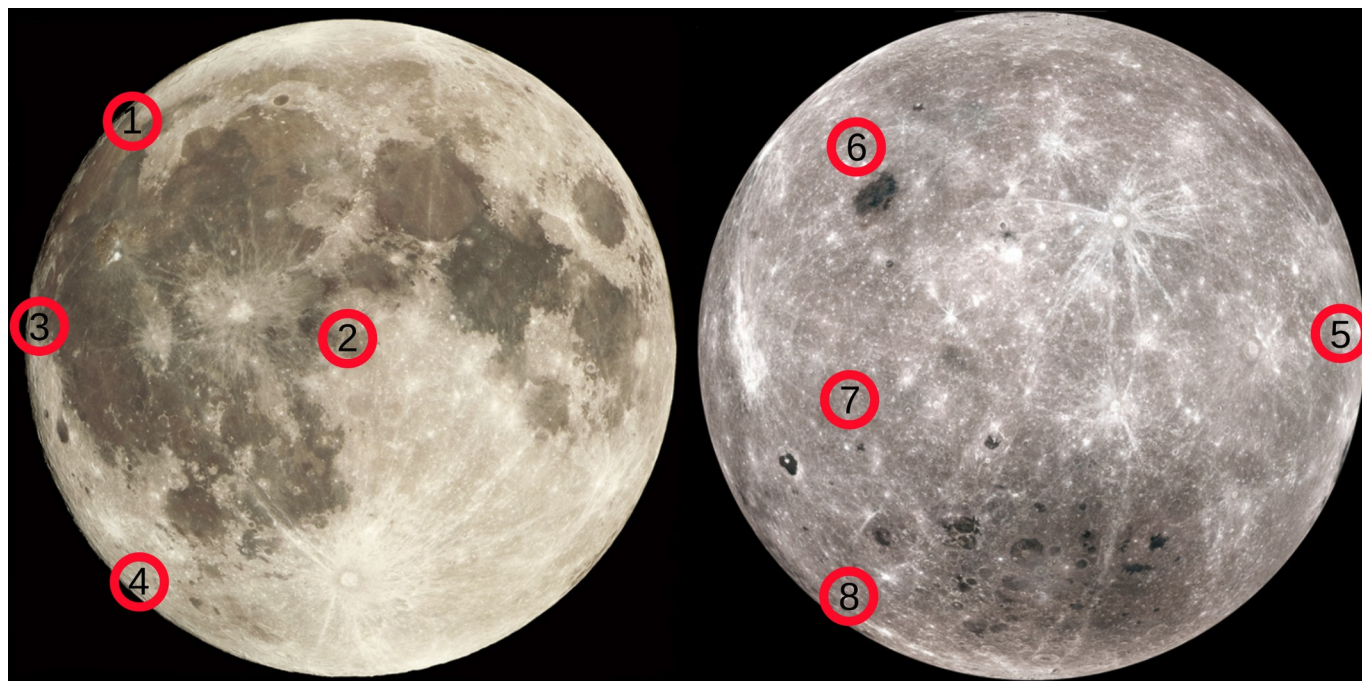
$$r = 10 \text{ пк} \cdot 10^{\frac{m-M}{5}}$$

**Критерии:** За точный ответ **2 балла**, в остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 10

Вам даны изображения видимой и обратной стороны Луны, на которой отмечено 8 точек. Ответьте с их помощью на следующие вопросы (Северный полюс сверху).



10.1 Какие две точки расположены ближе всего друг к другу? Выберите номера этих двух точек.

- 1    2    3    4    5    6    7    8

**Критерии:** За ответ 3 и 5 ставится **1 балл**, за любую другую комбинацию — **0 баллов**.

10.2 Из каких точек на Луне можно увидеть Землю в зените? Выберите столько вариантов, сколько посчитаете нужным

- 1    2    3    4    5    6    7    8

**Критерии:** За ответ 2 ставится **1 балл**, за любой другой — минус **1 балл**. Оценка не может быть меньше 0.

10.3 Какие точки будут освещены солнечным светом, когда Луна для наблюдателя с Земли находится вблизи последней четверти, но с фазой немного меньше 0.5? Выберите номера этих точек

- 1    2    3    4    5    6    7    8

**Критерии:** За каждый правильный ответ ставится **0.5 балла**, за каждый неправильный — минус **0.5 балла**. Оценка не может быть меньше 0. Максимальная оценка — **2 балла**.

10.4 Какие две точки расположены наиболее удалённо друг от друга? Выберите номера этих двух точек.

1    2    3    4    5    6    7    8

**Критерии:** За ответ 1 и 8 ставится **1 балл**, за любую другую комбинацию — **0 баллов**.

10.5 Из каких точек можно увидеть Солнце в момент, когда на Земле наблюдается полное солнечное затмение (либрациями и нутациями Луны пренебречь)?

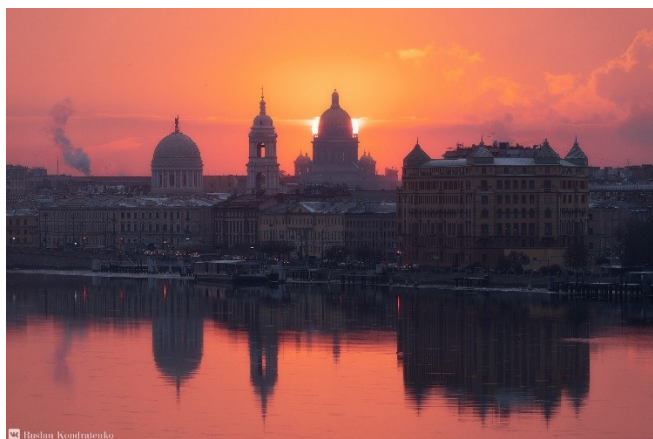
1    2    3    4    5    6    7    8

**Критерии:** За каждый правильный ответ ставится **0.25 балла**, за каждый неправильный — минус **0.25 балла**, Оценка не может быть меньше 0.

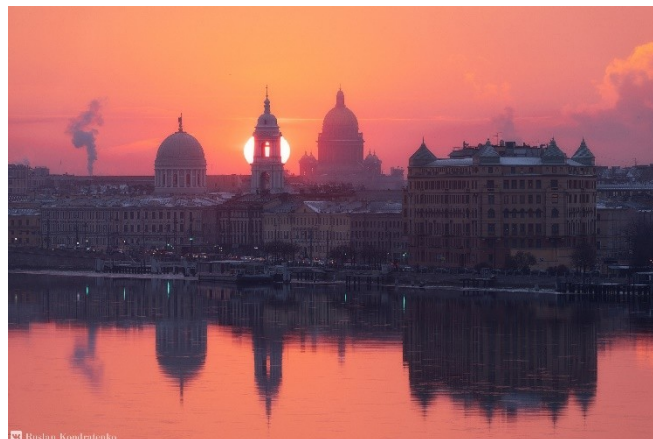
Итого за задачу **6 баллов**.

### Задание 11

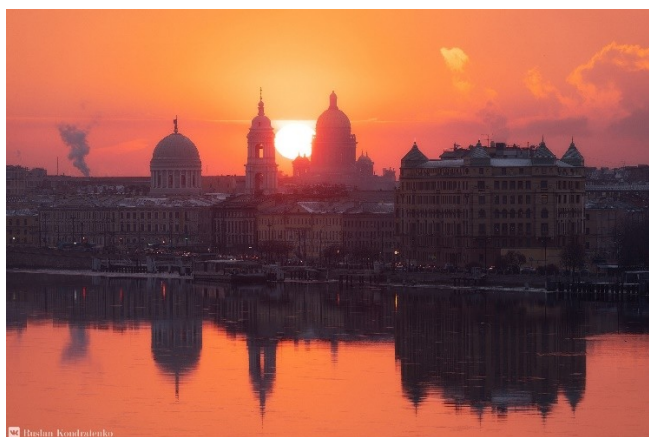
11.1. Расставьте фотографии в хронологическом порядке, если они сделаны в северном полушарии.



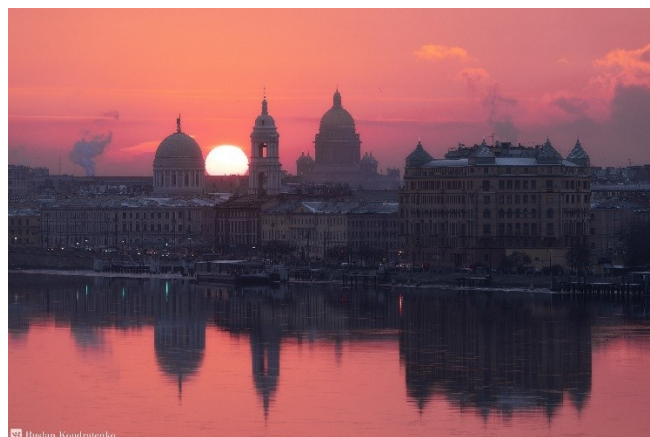
1



2



3



4

**Ответ:** 4231

11.2. Какое явление запечатлено на предыдущих фотографиях, если фотограф находился в Санкт-Петербурге?

- восход Луны
- восход Солнца
- заход Луны
- заход Солнца
- пожар
- прилёт НЛО
- солнечное затмение
- заход бога Ра

**Критерии:**

11.1. За правильный ответ ставится **1 балл**, за любой другой **0 баллов**.

11.2. За правильный ответ ставится **1 балл**, за любой другой **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 12

Перед вами информация о планетах одной системы, родительская звезда которой является красным карликом, имеет радиус  $0.4 R_{\text{Солнца}}$ , массу  $0.4 M_{\text{Солнца}}$ , температуру  $T = 3500 \text{ К}$  и находится на расстоянии  $500 \text{ пк}$  от Солнца. Считайте, что в системе все орбиты круговые и лежат в одной плоскости на луче зрения.  $R_{\text{солнца}} = 109 R_{\text{Земли}}$ .

Планета	Большая полуось, а.е.	Радиус, $R_{\text{Земли}}$	Масса, $M_{\text{Земли}}$
Альффер	0.2	0.5	0.65
Бетер	0.7	1.4	3.5
Гаммер	1.6	2.4	4.8
Дельтер	5.8	9.1	105
Дзетер	9.2	3.2	20

12.1. Расставьте планеты в порядке увеличения максимального падения яркости при прохождении планеты по диску звезды, при наблюдении с Земли.

**Ответ:** Альффер, Бетер, Гаммер, Дзетер, Дельтер

**Решение:** Планеты расставляются в порядке увеличения радиуса, так как падение яркости пропорционально отношению площади звезды минус планеты к площади звезды.

12.2. Расставьте планеты в порядке увеличения их плотности.

**Ответ:** Дельтер, Гаммер, Дзетер, Земля, Бетер, Альффер

**Решение:** Плотность находится по формуле:  $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$

12.3. С планеты Дельтер на планету Альффер запущен космический аппарат по самой энергетически выгодной орбите.

Найдите время, которое летел аппарат. Ответ дайте в годах, округлив до десятых.

**Ответ:** 4.1



**Решение:** Энергетически выгодная орбита — это эллипс Гомана. Значит, половина периода обращения по этой орбите и будет временем перелёта. Следовательно, в соответствии с обобщённым третьим законом Кеплера

$$t = \frac{T}{2} = 0.5 \sqrt{\frac{M_{\text{Sun}}}{M_{\text{звезды}}} \cdot a^3} \text{ года,}$$

где  $a = (a_1 + a_2) / 2$ . Здесь  $a_1$  и  $a_2$  — радиусы начальной и конечной орбит.

12.4. Найдите эксцентриситет орбиты этого аппарата. Ответ округлите до сотых.

**Ответ:** 0.93

**Решение:** Эксцентриситет находится по формуле  $e = \frac{Q - q}{Q + q}$  где  $Q$  — апоцентрическое расстояние, равное большой полуоси планеты Дельтер, а  $q$  — перигцентрическое расстояние, равное большой полуоси планеты Альфер.

12.5. Найдите светимость родительской звезды в светимостях Солнца ( $T_{\text{Солнца}} = 5800 \text{ К}$ ). Ответ округлите до тысячных.

**Ответ:** 0.021

**Решение:** 
$$\frac{L}{L_{\text{Sun}}} = \frac{R^2}{R_{\text{Sun}}^2} \cdot \frac{T^4}{T_{\text{Sun}}^4}$$

12.6. Каков параллакс для наблюдателя на Земле у этой звезды? Ответ дайте в миллисекундах дуги.

**Ответ:** 2

**Решение:** Параллакс в секундах дуги равен 1 поделить на расстояние в парсеках.

$$\pi'' = \frac{1}{r \text{ (пк)}}$$

**Критерии:** за каждый правильный ответ **1 балл**, в противном случае — 0 баллов.

Итого за задачу **6 баллов**.

### Задание 13



Один из путешественников собирается сфотографировать статую Христа Искупителя ( $\varphi = 22^\circ$  ю. ш.) ровно в местный полдень 21 марта так, чтобы Солнце находилось точно на верхушке статуи, как нимб. Высота статуи вместе с постаментом равна 38 м.

13.1. С какой стороны от статуи надо стоять.

- 1) к северу
- 2) к западу
- 3) к югу
- 4) к востоку
- 5) к юго-западу
- 6) к юго-востоку
- 7) к северо-западу
- 8) к северо-востоку

**Ответ:** 3) к югу

13.2. На каком расстоянии от центра статуи надо стоять, если высота штатива равна 1.5 м? Ответ дайте в метрах, округлите до десятых.

Ответ: 14.7

13.3. Сможет ли путешественник получить такую же фотографию 21 декабря?  
(да/нет)

**Решение:**

13.1. В день весеннего равноденствия 21 марта Солнце находится на небесном экваторе. В полдень Солнце находится в верхней кульминации, которая в южном полушарии будет происходить над точкой севера. Значит фотоаппарат надо расположить к югу от статуи.

13.2. Высота Солнца в полдень в день равноденствия равна  $\alpha = 90^\circ - |\varphi| + 0^\circ = 68^\circ$ . Пусть  $H$  и  $h$  – высота статуи и штатива соответственно. Тогда искомое расстояние  $L$  равно

$$L = \frac{H - h}{\operatorname{tg} \alpha} = 14.7 \text{ м.}$$

13.3. Высота Солнца в полдень в день зимнего солнцестояния  $\alpha_3 = 90^\circ + |\varphi| - 23.5^\circ = 88.5^\circ$ . Тогда искомое расстояние  $L_3$  равно

$$L_3 = \frac{H - h}{\operatorname{tg} \alpha_3} = 0.96 \text{ м,}$$

что явно меньше ширины постамента статуи.

**Критерии:**

13.1. Правильный ответ — **0.5 балла**.

13.2. Ответ в диапазоне [14.7; 15] — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

13.3. Правильный ответ — **0.5 балла**.

Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 14

Поставьте в соответствие словесному описанию расстояния его числовое значение.

Среднее расстояние от Земли до Солнца	1 а. е.
Расстояние, которое проходит квант света за год	1 световой год
Расстояние, с которого средний радиус земной орбиты виден под углом одной секунды дуги	1 парсек
Расстояние от Солнца до центра Галактики	8 кпк
Радиус Солнца	695 500 км
Среднее расстояние от Земли до Луны	384 400 км

**Критерии:** За правильный ответ **2 балла**. В остальных случаях **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 15

15.1. Выберите ответ, наиболее соответствующий угловому размеру статуи Ангела, без креста и основания:



- 1) 1 градус
- 2) 0.5 градуса
- 3) 5 угловых минут
- 4) 12 угловых минут
- 5) 12 угловых секунд
- 6) 1 угловая секунда
- 7) 1 угловая минута
- 8) 30 угловых минут
- 9) 30 угловых секунд

**Ответ:** 4) 12 угловых минут

15.2. Найдите расстояние до ангела если высота креста 3 сажени. 1 сажень = 2.1336 метра. Ответ дайте в метрах, округлив до целых.

**Ответ:** 1467

**Решение:** Угловая высота креста — примерно пол солнечного диаметра (актуальнее сравнивать с горизонтальным размером из-за присутствия рефракции), поэтому расстояние до креста и ангела  $r = h/\alpha = 1467$  м. Не забудьте перевести сажени в метры, углы в радианы и округлить.

**Критерии:**

15.1. За правильный ответ ставится **1 балл**, за любой другой **0 баллов**.

15.2. За ответ в диапазоне [1350; 1550] ставится **1 балл**, за любой другой — **0 баллов**.

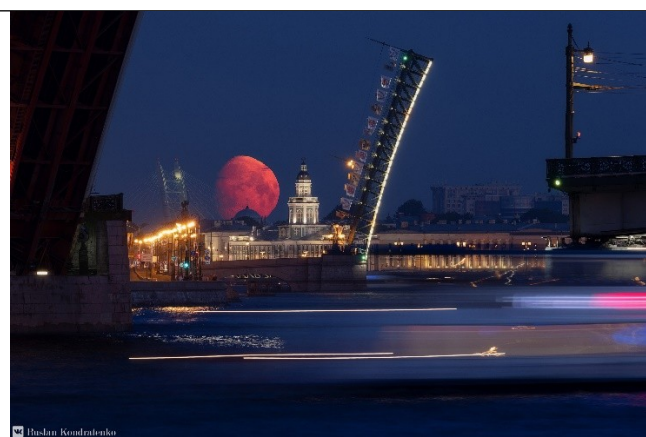
Итого за задачу **2 балла**.

### Задание 16

Представьте, что все эти фотографии сделали в течение одного месяца. Расставьте все фотографии в том порядке, в котором их делали. Первая фотография уже стоит.



1



2

	
3	4
	
5	6

**Ответ:** 614532

**Комментарий:** Первая фотография выполнена в полнолуние, значит далее Луна начала стареть. На фотографии 4 солнечное затмение, значит Луна в новолунии, и после этого она опять растёт до полнолуния.

**Критерии:** За правильный ответ выставляется **2 балла**. В случае одной перестановки в порядке (164532, 641532, 615432, 614352, 614523) — 1 балл. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Максимальная оценка за тур – **40 баллов**.



## Использованные фотографии

### Задание 1

1. Ио — [Wikipedia](#)
2. Обратная сторона Луны. LRO — [источник](#)
3. Плутон. New Horizons — [Wikipedia](#)
4. Солнце. Filipe Pires — [источник](#)
5. Галактики Мышки — [Wikipedia](#)
6. Сатурн. HST — [источник](#)
7. Планетарная туманность Спирограф — [Wikipedia](#)
8. Шаровое звёздное скопление NGC 7006 — [Wikipedia](#)

### Задание 7

1. Восход Земли. Уильям Андерс — [Wikipedia](#)
2. Снимок со спутника — [источник](#)
3. Юпитер со спутниками — [источник](#)
4. Пятна на Солнце. NASA / SDO. Şenol Şanlı — [источник](#)
5. Туманность Андромеды и Луна — [источник](#)
6. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
7. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
8. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
9. Солнце и планеты - [источник](#)

### Задание 10

1. Видимая и обратная стороны Луны — [elementy.ru](#)

### Задание 11

1. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
2. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
3. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
4. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)

**Задание 13**

1. Статуя Христа-Искупителя — [Wikipedia](#)

**Задание 15**

1. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)

**Задание 16**

1. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
2. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
3. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
4. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
5. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
6. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)
7. Городской пейзаж. Руслан Кондратенко — [VK](#)