

### Задача 1

Известно, что во время полной фазы солнечного затмения становится настолько темно, что на небе можно увидеть звёзды. Какие из перечисленных объектов можно наблюдать невооружённым глазом днём во время максимальной фазы полного солнечного затмения (при условии, что эти объекты находятся над горизонтом)?

1. Сириус
2. Венера
3. Луна в первой четверти
4. Крабовидная туманность
5. Луна в полнолунии
6. Море Москвы (море на обратной стороне Луны)
7. Пятна на Солнце
8. Юпитер

**Решение.** Во время солнечного затмения Луна находится в новолунии, следовательно варианты Луна в первой четверти и в полнолунии неправильные. Даже во время затмения Луна повернута к нам той же стороной, что и обычно, следовательно море Москвы тоже увидеть нельзя. Во время полной фазы затмения Луна закрывает фотосферу Солнца целиком, а значит и солнечные пятна. Наконец, Крабовидная туманность слишком тускла, чтобы её можно было в принципе наблюдать невооружённым глазом.

**Ответ:** 1, 2, 8.

**Критерии оценивания:** по 3 балла за каждый верный выбор, штраф 3 балла за каждый ошибочный выбор.

**Всего за задание:** 9 баллов

### Задача 2

Некий художник сделал несколько зарисовок Луны и Юпитера для своей местности. Относительные размеры Юпитера и Луны художником взяты произвольные.



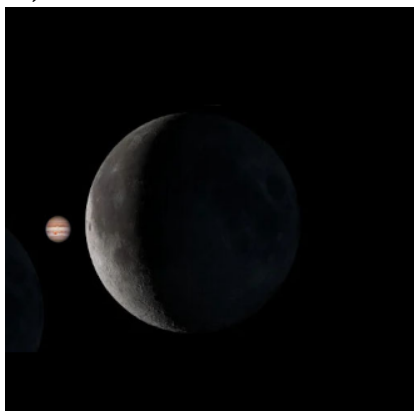
A)



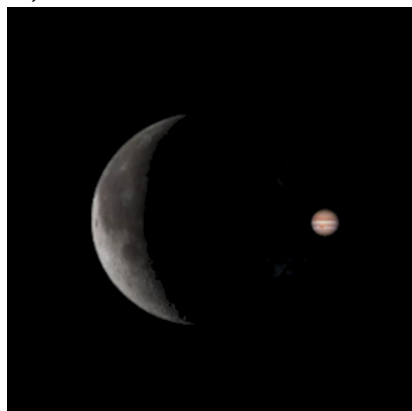
B)



C)



D)



E)



F)

1) Разделите зарисовки по группам:

1. Покрытие Юпитера Луной в этой местности недавно было
2. Покрытие Юпитера Луной в этой местности скоро будет
3. Покрытие Юпитера Луной давно не наблюдалось
4. Ошибка на рисунке

2) Ситуации, изображённые на какой паре снимков, могли бы наблюдаться в течение одной ночи в одном месте наблюдения?

1. А и D
2. В и С
3. D и E
4. С и D
5. А и F
6. D и F

**Решение.** На всех изображениях Луна показана прямо, север сверху. Значит среди звёзд она движется справа налево. Поэтому на изображении D показана ситуация непосредственно перед покрытием Юпитера, а на изображениях А и Е – сразу после. При этом только изображения D и Е могут показывать последовательные события, поскольку на изображении А фаза Луны совершенно иная. На изображении С показан случай, когда Луна проходит мимо Юпитера не покрывая его. Очевидно как минимум месяц покрытия не было и ещё как минимум месяц не будет. На оставшихся рисунках показаны невозможные сочетания. На В или Юпитер просвечивает Луну насквозь, или находится ближе Луны и гораздо меньше её. На рисунке F у Юпитера такая фаза, которая бывает только у внутренних планет

**Ответ:**

- 1) 1 – А; 1 – Е; 2 – D; 3 – С; 4 – В; 4 – F.
- 2) 3

**Критерии оценивания:**

- 1) по 2 балла за верную пару.
- 2) 3 балла за выбор верного ответа, штраф 3 балла за выбор неверного ответа.

**Всего за задание: 15 баллов**

### Задача 3

Расположите следующие промежутки времени по возрастанию:

- 1) Лунный год (12 лунных месяцев)
- 2) Обычный календарный год
- 3) Тропический год
- 4) Средняя продолжительность года юлианского календаря
- 5) Звёздный (сидерический) год
- 6) Високосный календарный год

**Решение.** Достаточно очевидно, что лунный год = 12 лунных месяцев – это самый короткий промежуток времени. Один лунный месяц это примерно 29.5 суток, следовательно год –  $29.5 \cdot 12 = 354$  дня. Также легко расставить обычный (365 дней) и високосный (366 дней) календарные годы. Поскольку високосный год бывает только раз в 4 года, то средняя продолжительность года в юлианском календаре составит 365.25 лет. Теперь вспомним, что современный григорианский календарь точнее юлианского, т. е. его средняя продолжительность года ближе к продолжительности тропического года, чем в юлианском календаре. Поскольку старый Новый год наступает почти в середине января, а и разница между календарями растёт, можно сделать вывод, что средний год в Юлианском в календаре чуть длиннее, чем в григорианском, а значит, длиннее, чем тропический год.

Остался последний, самый сложный шаг. Звёздный год – это период обращения Земли вокруг Солнца относительно далёких звёзд, тогда как тропический год – период обращения Земли относительно точки весеннего равноденствия. Или, что то же самое, тропический год – период между двумя прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия на земном небе. Но точка равноденствия движется навстречу Солнцу, совершая один оборот за 26000 лет. Иными словами, точка равноденствия смещается на

$$360^\circ / 26000 \text{ лет} \approx 0.014^\circ / \text{год} \approx 50'' / \text{год}.$$

Солнце среди звёзд проходит расстояние  $50''$  ( $0.014^\circ$ ) за

$$365.25 \text{ сут} / 360^\circ \cdot 0.014^\circ \approx 0.014 \text{ сут}.$$

Именно на столько звёздный год длиннее тропического. Если приравнять тропический год к продолжительности среднего года григорианского календаря (365.2425), то звездный год получается немного длиннее среднего в юлианском календаре:  $365.2425 + 0,014 = 365.257$ .

**Ответ:** 1-2-3-4-5-6

**Критерии оценивания:** 10 баллов за правильный ответ. Ответ 1-2-3-5-4-6 – 7 баллов. В остальных случаях – 0 баллов.

**Всего за задание:** 10 баллов

**Задача 4**

Сопоставьте учёного и связанный с ним закон, теорию или гипотезу.

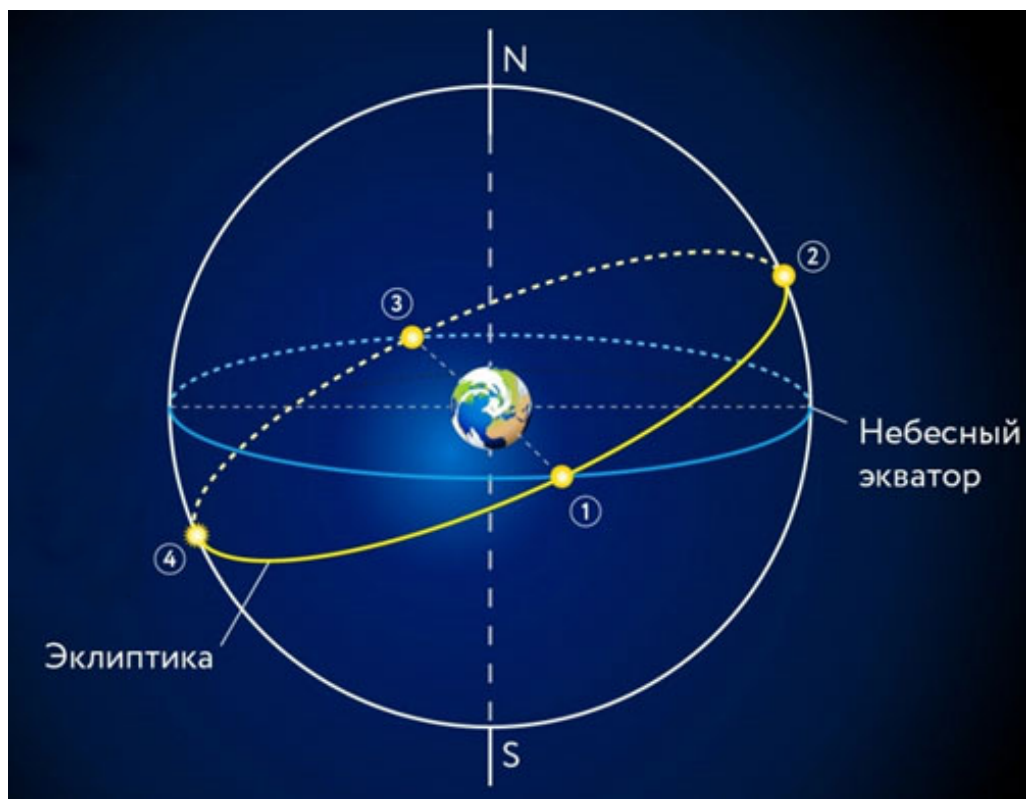
1	Эдмунд Галлей	A	Периодичность движения комет
2	Иоганн Кеплер	B	Законы движения планет
3	Николай Коперник	C	Геоцентрическая система мира
4	Исаак Ньютон	D	Закон всемирного тяготения
5	Ян Оорт	E	Предположение о существовании гигантского облака кометных ядер на окраинах Солнечной системы
6	Виллеброрд Снелл (Снеллиус)	F	Закон преломления света на границе двух сред

**Ответ:** 1-A, 2-B, 3-C, 4-D, 5-E, 6-F

**Критерии оценивания:** 2 балл за каждую верную пару

**Всего за задание:** 12 баллов

### Задача 5



- 1) Сопоставьте номер на рисунке и дату, в которую Солнце бывает в соответствующей точке.

1	21 марта
2	22 июня
3	21 сентября
4	22 декабря

- 2) Когда Солнце наблюдается в зените на экваторе, оно находится в точке

1. 1

2. 2

3. 3

4. 4

5. На экваторе Солнце в зените наблюдать нельзя

- 3) Когда Солнце находится в точке 4, наблюдатель на южном географическом полюсе Земли видит:

1. Рассвет

2. Закат

3. Полярный день

4. Полярную ночь

**Решение.**

- 1) Точки, в которых пересекаются эклиптика и небесный экватора, называются точками весеннего и осеннего равноденствия. Проходя точку весеннего равноденствия, Солнце оказывается в северной небесной полусфере. Поскольку Солнце движется среди звёзд с запада на восток, то точкой весеннего равноденствия оказывается точка 1, и ей соответствует дата 21 марта. Противоположная ей точка, точка осеннего равноденствия, имеет номер 3, а день осеннего равноденствия – 21 сентября. В точке 2 солнце максимально удаляется на север от небесного экватора. Это точка летнего солнцестояния, которое происходит 22 июня. Точка 4 соответствует дню зимнего солнцестояния 22 декабря.
- 2) В зените на экваторе всегда находится одна из точек небесного экватора. Соответственно, искомые точки – точки равноденствия.
- 3) Наблюдатель на южном полюсе всегда видит объекты южнее экватора. Для него суточное движение звёзд происходит параллельно горизонту, а значит точка 4 никогда не заходит за горизонт. Следовательно, когда Солнце находится в этой точке, на южном полюсе полярный день.

**Ответ:**

- 1) 1) 1 – 21 марта, 2 – 22 июня, 3 – 21 сентября, 4 – 22 декабря
- 2) 1 и 3
- 3) 3 (Полярный день)

**Критерии оценивания:**

- 1) Каждая верная пара – 2 балла.
- 2) Каждый верный ответ – 4 балла. Штраф за ответы 2, 4 – 4 балла. Штраф за ответ 5 – 8 баллов.
- 3) Правильный ответ – 4 балла.

**Всего за задание: 20 баллов**

**Задача 6**

Представим себе Солнечную систему в параллельной Вселенной, где Земля находится в 1.5 раза ближе к Солнцу, чем наша. Размеры Луны в этой вселенной в 2 раза меньше, чем у нашей Луны.

- 1) Какой угловой диаметр имеет Солнце для наблюдателя на Земле в параллельной Вселенной. Ответ дайте в градусах, округлив до десятых.
- 2) На каком максимальном расстоянии должна находиться «параллельная» Луна, чтобы можно было наблюдать полные солнечные затмения? Ответ дайте в километрах, округлив до тысяч.
- 3) Чему равен параллакс Веги для наблюдателя на Земле в параллельной Вселенной, если в нашей расстояние до неё 25 световых лет. Ответ дайте в угловых секундах, округлив до сотых.

Солнце в параллельной Вселенной имеет такой же диаметр, как и в нашей:  $1.4 \cdot 10^6$  км. Скорость света и расстояние до Веги такие же как у нас. Расстояние до Луны в нашей Вселенной – 384400 км.  $1 \text{ пк} = 3.09 \cdot 10^{16}$  м.

**Ответ:**

- 1) В нашем мире угловой размер Солнца равен примерно  $0.5^\circ$ . Если мы приблизимся к нему в 1.5 раза, то его угловой диаметр вырастет в 1.5 раза:  $0.5^\circ \cdot 1.5 = 0.75^\circ$ . Если участник не помнит угловой размер Солнца, то он может вычислить его из диаметра Солнца и расстояния до него. Тогда ответ получится около  $0.8^\circ$ .
- 2) Для того, чтобы могло происходить солнечное затмение, необходимо, чтобы угловой размер Луны был не меньше углового размера Солнца. Поскольку «параллельная» Луна в два раза меньше, то для сохранения её современного размера надо её приблизить в 2 раза. А чтобы она стала ещё в 1.5 раза больше, то нужно приблизить ещё в 1.5 раза:

$$384400/1.5/2 \approx 128000 \text{ км.}$$

Здесь мы использовали знание о том, что сейчас Луна как раз находится почти на самом дальнем расстоянии, при котором еще возможны Солнечные затмения. Можно пойти другим путем. Если Луна и Солнце имеют одинаковый угловой размер, то Луна должна быть настолько же ближе, насколько она меньше:

$$\frac{150000000}{1.5} \cdot \frac{1740/2}{700000} \approx 124000 \text{ км.}$$

В последней формуле мы использовали радиус Луны, равный 1740 км.

- 3) Расстояние до Веги в парсеках равно  $25/3.26 \approx 7.7$  пк. Значит ее параллакс равен  $1/7.7 = 0.13''$ . Поскольку в параллельной Вселенной радиус



земной орбиты в 1.5 раза меньше, то и параллаксы всех звезд будут в 1.5 раза меньше. Для Веги эта величина составит  $0.087''$ .

**Ответ:**

- 1) 0.7, 0.8
- 2) 122 000, 123 000, 124 000, 125 000, 126 000, 127 000, 128 000, 129 000
- 3) 0.09

**Критерии оценивания:**

- 1) 6 баллов за верный ответ, за ответ в диапазоне (0.7:0.8) без верного округления – 4 балла. В остальных случаях – 0 баллов.
- 2) 6 баллов за верный ответ, за ответ в диапазоне (122 000:130 000] без верного округления – 4 балла. В остальных случаях – 0 баллов.
- 3) 8 баллов за верный ответ, за ответ в диапазоне [0.08:0.095) без верного округления – 5 баллов. В остальных случаях – 0 баллов.

**Всего за задание:** 20 баллов

**Задача 7**

Звезда сбросила оболочку массой 0.1 массы Солнца. Внешняя граница оболочки расширяется сферически симметрично со скоростью 50 км/с (внутренняя граница оболочки неподвижна). Считая что газ оболочки состоит только из атомов водорода и распределяется в образовавшейся туманности однородно, определите время, за которое оболочка расширится так, что концентрация частиц газа составит  $1 \text{ см}^{-3}$ . Ответ дайте в годах, округлив до тысяч.

Масса Солнца равна  $2 \cdot 10^{30}$  кг, масса протона –  $1.67 \cdot 10^{-27}$  кг.

**Ответ:** Концентрация  $1 \text{ см}^{-3}$  соответствует средней плотности

$$\rho = 1.67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{КГ}}{\text{СМ}^3} = 1.67 \cdot 10^{-21} \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

Объем оболочки составляет  $V = M/\rho$ , а её радиус –  $R = \sqrt[3]{3M/(4\pi\rho)}$ . Здесь  $M$  – масса оболочки равная  $2 \cdot 10^{29}$  кг. Наконец, время расширения составляет

$$t = \frac{R}{v} = \frac{1}{v} \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}} = \frac{1}{50000} \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{29}}{4\pi \cdot 1.67 \cdot 10^{-21}}} \approx 6.1 \cdot 10^{11} \text{ с} \approx 20000 \text{ лет}.$$

**Ответ:** 19000, 20000

**Критерии оценивания:** 14 баллов за правильный ответ. За ответ в интервале [19000:20500] без требуемого округления – 8 баллов. В остальных случаях – 0 баллов

**Всего за задание:** 14 баллов