

Задача 1

На фотографии показано сближение Луны с планетой Солнечной системы.



- 1) Которая из планет видна на этом снимке в правом верхнем углу?
 1. Меркурий
 2. Венера
 3. Марс
 4. Юпитер
 5. Уран
 6. Нептун
- 2) Чему равно угловое расстояние от центра Луны до планеты? Ответ дайте в градусах с округлением до десятых.
Подсказка: Диаметр Луны равен 3500 км, расстояние до нее – 384000 км.
- 3) Отметьте все элементы, которые можно обнаружить на этом изображении Луны:
 1. Море Дождей
 2. Море Москвы
 3. Кратер Коперник
 4. Кратер Чиксулуб
 5. Вулкан Олимп
 6. Долины Маринеров

Решение.

- 1) На рисунке мы видим почти полную Луну, следовательно, она находится примерно в противоположной стороне неба относительно Солнца. Ни Венера, ни Меркурий не могут наблюдаться так далеко от Солнца. На фотографии кроме Луны и планеты мы не видим других звёзд. Это не удивительно, поскольку рядом с очень яркой Луной можно заметить только самые яркие звёзды или планеты. Для того, чтобы Луна оказалась не слишком пересвеченной, приходится делать очень короткую экспозицию, при которой слабые звёзды не успевают оставить свой след в кадре. Поэтому такие слабые объекты, как Уран и Нептун тоже на такой фотографии не видны.
- 2) В качестве линейки можно использовать Луну. Можно знать, что её угловой размер примерно равен 0.5° , можно вычислить, воспользовавшись подсказкой:

$$\alpha = \frac{3500}{384400} \cdot 57.3 \approx 0.52^\circ.$$

Поскольку расстояние между центром Луны и планетой примерно 5 диаметров Луны, то угловое расстояние между ними около 2.5° .

- 3) Море Дождей и кратер Коперник находятся на видимой стороне Луны. Они достаточно заметны даже на такой не слишком хорошей фотографии. Море Москвы находится на обратной стороне Луны и, разумеется, не видно на фотографии. Кратер Чиксулуб находится не на Луне, а на Земле. С образованием этого кратера связывают вымирание динозавров. Вулкан Олимп и долины Маринеров расположены на Марсе.

Ответ:

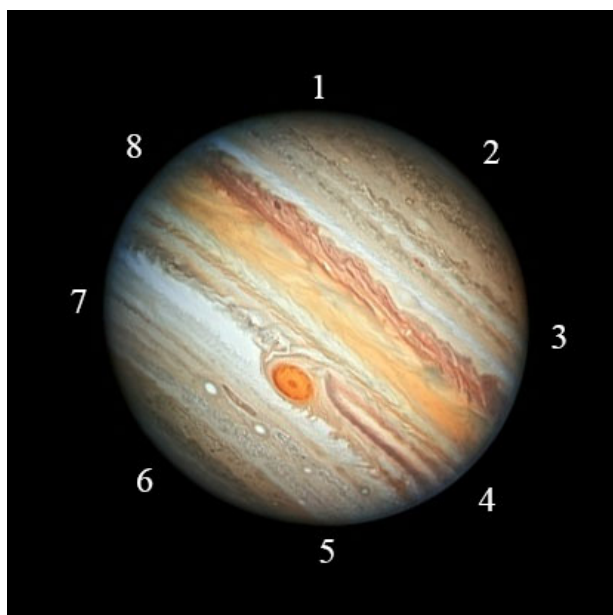
- 1) 3 (Марс), 4 (Юпитер)
- 2) 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0
- 3) 1 (Море Дождей) и 3 (Кратер Коперник)

Критерии оценивания:

- 1) 4 балла за каждый правильный выбор. За выбор остальных вариантов штраф 8 балла.
- 2) Правильный ответ 8 баллов, ответ из диапазона (2.2:3.0) без правильного округления – 4 балла. Ответ за пределами правильного диапазона – 0 баллов.
- 3) По 2 балла за каждый правильный ответ. За каждый неправильный ответ штраф 2 балла.

Всего за задание: 20 баллов

Задача 2



1) Через какие точки проходит ось вращения Юпитера?

- | | |
|----------|----------|
| 1. 1 и 5 | 5. 2 и 5 |
| 2. 2 и 6 | 6. 1 и 6 |
| 3. 3 и 7 | 7. 1 и 3 |
| 4. 4 и 8 | 8. 7 и 5 |

2) Между какими точками окажется Большое красное пятно, когда оно в первый раз окажется на краю диска планеты?

- | | |
|----------|----------|
| 1. 1 и 2 | 5. 5 и 6 |
| 2. 2 и 3 | 6. 6 и 7 |
| 3. 3 и 4 | 7. 7 и 8 |
| 4. 4 и 5 | 8. 8 и 1 |

3) Как изменилось бы изображение, если бы фотография была сделана с помощью объектива того же диаметра, но имеющего в два раза большее фокусное расстояние?

1. Изображение Юпитера было бы в 2 раза больше
2. Изображение Юпитера было бы в 2 раза меньше
3. Изображение Юпитера было бы в 4 раза больше
4. Изображение Юпитера было бы в 4 раза меньше
5. Изображение Юпитера было бы в раза больше
6. Изображение Юпитера было бы в раза меньше

- 4) Как изменилась бы поверхностная яркость изображения, если бы фотография была сделана с помощью объектива того же диаметра, но имеющего в два раза большее фокусное расстояние?
1. Не изменилась
 2. Изображение стало бы ярче
 3. Изображение стало бы тусклее

Решение.

- 1) Полосы в атмосфере Юпитера вытянуты вдоль параллелей, поэтому ось вращения Юпитера должна быть перпендикулярна им.
- 2) Большое красное пятно находится в южном полушарии Юпитера. Поскольку вращение Юпитера вокруг оси происходит в ту же сторону, что и вращение Земли, то движение пятна будет происходить вправо вниз на картинке.
- 3) Масштаб изображения прямо пропорционален фокусному расстоянию объектива. При увеличении фокусного расстояния в 2 раза размер изображения также вырастет в 2 раза.
- 4) Количество собранного света зависит только от диаметра объектива. Если изображение становится больше, то на единицу площади поверхности света становится меньше, а значит изображение становится более тусклым.

Ответ:

- 1) 2 (2 и 6)
- 2) 4 (4 и 5)
- 3) 1
- 4) 3

Критерии оценивания:

- 1) 3 балла за правильный ответ. В остальных случаях – 0 баллов
- 2) 3 балла за правильный ответ. В остальных случаях – 0 баллов
- 3) 6 баллов за правильный ответ. В остальных случаях – 0 баллов
- 4) 6 баллов за правильный ответ. В остальных случаях – 0 баллов

Всего за задание: 18 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°) 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.

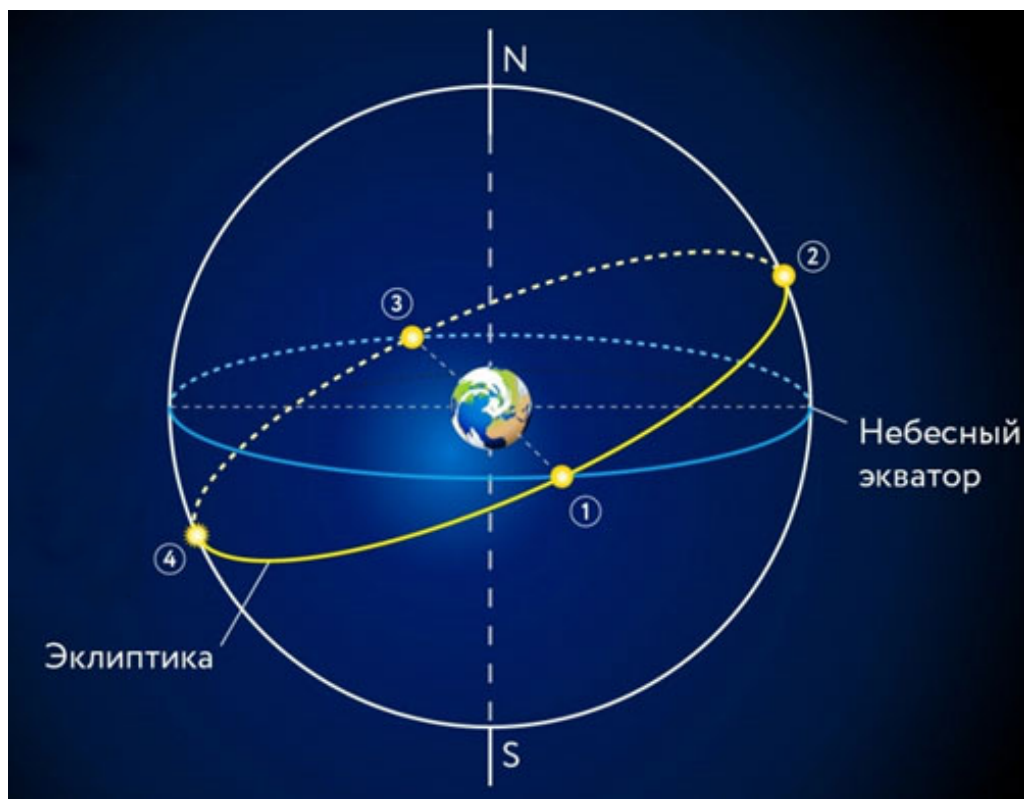
1	Кристиан Доплер	А	Изменение длины волны принимаемого излучения в зависимости от скорости и направления движения источника или приемника
2	Иоганн Кеплер	В	Законы движения планет
3	Макс Планк	С	Закон излучения абсолютно черного тела
4	Норман Погсон	Д	Формальное определение звездной величины
5	Виллеброрд Снелл (Снеллиус)	Е	Закон преломления света на границе двух сред
6	Эдвин Хаббл	Ф	Закон, описывающий расширение Вселенной

Ответ: 1-А, 2-В, 3-С, 4-Д, 5-Е, 6-Ф

Критерии оценивания: 1 балл за каждую верную пару

Всего за задание: 6 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 – 1 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: 16 баллов

Задача 6

Если бы в нашей Вселенной скорость света была бы равна 100000 км/с, то:

- 1) Чему была бы равна световая неделя? Ответ выразите в астрономических единицах, округлив до целых.
- 2) Сколько световых лет было бы в парсеке, если $1 \text{ пк} = 3.09 \cdot 10^{16} \text{ м}$? Ответ округлите до целых.
- 3) За какое время свет доходил бы от Солнца до Земли? Ответ выразите в минутах, округлив до целых.

Решение.

- 1) Одна световая неделя – это расстояние, которое свет проходит за 1 неделю:

$$L = 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100\,000 / 150\,000\,000 \approx 403 \text{ а.е.}$$

- 2) Световой год – это расстояние, которое свет проходит за год:

$$1 \text{ св. лет} = 365.25 \cdot 86\,400 \cdot 100\,000 = 3.16 \cdot 10^{12} \text{ км.}$$

Тогда

$$1 \text{ пк} = 3.09 \cdot 10^{13} / 3.16 \cdot 10^{12} \approx 9.8 \text{ св. лет} \approx 10 \text{ св. лет.}$$

Также можно вспомнить, что в 1 пк содержится 3.26 нормальных световых лет. Если скорость света уменьшится втрое, то световой год сократится втрое, а следовательно, в одном парсеке будет 10 световых лет.

- 3) $t = 150\,000\,000 / 100\,000 = 1500 \text{ с} = 25 \text{ мин.}$ Также можно вспомнить, что свет идет от Солнца до Земли 500 секунд. Если скорость света уменьшится втрое, то это время вырастет втрое. Заметим, что 500 секунд $\approx 8.3 \approx 8 \text{ минут.}$ Последнее число тоже широко известно, хотя и не очень точно. Если его увеличить втрое, то получается 24 минуты, что на 1 минуту отличается от правильного ответа.

Ответ:

- 1) 403, 404, 405
- 2) 10
- 3) 25

Критерии оценивания:

- 1) 6 баллов за правильный ответ. Ответ в интервале [403:405] без требуемого округления – 4 балла. В остальных случаях – 0 баллов.
- 2) 6 баллов за правильный ответ. Ответ в интервале [9.7:10) без требуемого округления – 4 балла. В остальных случаях – 0 баллов.

- 3) 6 баллов за правильный ответ. Ответ в интервале $[24.9; 25)$ без требуемого округления – 4 балла. Ответ 24 – 5 баллов. В остальных случаях – 0 баллов.

Всего за задание: 18 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 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 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: 12 баллов за правильный ответ. За ответ в интервале [19000:20500] без требуемого округления – 8 баллов. В остальных случаях – 0 баллов

Всего за задание: 12 баллов