

## Решения и критерии

**Задача 1**

В 2006 году был выделен новый класс объектов Солнечной системы — карликовые планеты. Ими стали Церера, Плутон и Эрида. Упорядочите вышперечисленные планеты по возрастанию расстояния, которое они преодолели с 2006 по 2021 год. Во сколько раз отличаются расстояния, которые преодолели первая и третья по порядку карликовые планеты, от расстояния, пройденного второй? Орбиты считать круговыми.

Объект	Радиус орбиты, а.е.	Орбитальный период, лет
Церера	2.8	4.6
Плутон	39	248
Эрида	68	559

**Решение**

Длина пути, пройденного планетой,  $l = vt$ , где  $v$  — скорость планеты, а  $t$  — время, прошедшее с 2006 года. Поскольку нам необходимо узнать отношение пройденных расстояний, то при делении одного расстояния на другое время сократится. Т.е. от величины  $t$  ничего не зависит и нам нужно узнать только скорость планет.

Длина орбиты планеты  $L = 2\pi R$ , где  $R$  — радиус орбиты. Это расстояние планета проходит за период обращения  $T$ . Тогда скорость планеты

$$v = \frac{L}{T} = \frac{2\pi R}{T}.$$

Подставив значения для планет, получим скорость Цереры  $v_c \approx 3.8$  а.е./год, Плутона —  $v_p = 1$  а.е./год, Эриды —  $v_e = 0.76$  а.е./год. Заметим, что нет совершенно никакой необходимости переводить скорости в единицы м/с или иные другие. За прошедшее время Церера проходит расстояние в 3.8 больше, чем Плутон, а Эрида — в  $1/0.76 \approx 1.3$  меньше, чем Плутон.

**Критерии проверки**

- Запись формулы для вычисления скорости **2 балла**
- Правильный порядок планет **1 балл**
- Вычисление каждой из скоростей **по 1 баллу**
- Вычисление отношений пройденных расстояний **по 1 баллу**

Если участник знает, что скорость планеты уменьшается по мере удаления от Солнца и на этом основании ранжирует планеты по скорости, то, при отсутствии остальных вычислений за задачу можно поставить до **3 баллов**.

Ответ без объяснений — по **1 баллу** за каждый.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**

(М. В. Силантьев)

Решения и критерии

---

**Задача 2**

Во время вспышки звезда сбросила часть своей атмосферы. Получившаяся сферическая оболочка стала расширяться с постоянной скоростью 500 км/с. Через 4 года та же звезда снова сбросила часть атмосферы, которая стала расширяться со скоростью 700 км/с. За какое время вторая оболочка догонит первую? На каком расстоянии от звезды это произойдет? Ответ дайте в астрономических единицах. 1 а.е. = 150 млн. км.

**Решение**

Обозначим за  $l$  расстояние, которое первая оболочка преодолела за 4 года. Вторая оболочка движется на 200 км/с быстрее первой. Значит, для того, чтобы догнать первую, ей нужно пройти то же самое расстояние  $l$  со скоростью 200 км/с. Поскольку эта скорость в два с половиной раза меньше, чем 500 км/с, то искомое время окажется в 2,5 раза больше, чем 4 года, т.е. 10 лет.

Сутки состоят из 24 часов, час — из 60 минут, минута — из 60 секунд. Следовательно, в сутках  $24 \times 60 \times 60 = 86400$  секунд. В году 365 дней и примерно еще четверть. Значит, в году  $86400 \times 365.25 = 31557600$  секунд. Двигаясь со скоростью 700 км/с, вторая оболочка пройдет за 10 лет расстояние

$$L = 31557600 \times 10 \times 700 \approx 221 \text{ млрд. км} \approx 1470 \text{ а.е.}$$

**Критерии проверки**

- Правильное решение и ответ на каждый вопрос задачи **по 4 балла.**
- Вычислительная ошибка при правильной последовательности действий снижает оценку на 1 балл, за каждый этап, на который она повлияла.
- При отсутствии правильного решения можно поставить **2 балла** за определение числа секунд в году. ответ
- Ответ без обоснования **0 баллов**

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**

(Е. Н. Фадеев)

Решения и критерии

---

**Задача 3**

Как вы знаете, в юлианском календаре каждый четвертый год високосный. Современный григорианский календарь чуть сложнее, но сейчас мы про это не будем вспоминать. Сколько дней должно быть в календарной неделе, чтобы календарь повторялся каждые 4 года, то есть 1 января каждого 4-го года в столетии приходилось на один и тот же день недели?

**Решение**

В обычном календарном году 365 дней, а в високосном — 366. За 4 года пройдет

$$4 \times 365 + 1 = 1461 \text{ день.}$$

Для того, чтобы календарь повторялся каждые 4 года необходимо, чтобы в этот промежуток времени укладывалось целое число недель. Значит, нам необходимо найти делители числа 1461.

Первый делитель найти легко. Поскольку сумма цифр числа 1461 равна 12 и делится на 3, то 3 — искомый делитель. Тогда  $3 \times 487 = 1461$ . Число 3 — простое. Для того, чтобы найти простые делители числа 487 нужно перебрать все простые числа от 2 до  $\sqrt{487} \approx 22$ . Это числа 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17 и 19. Ни на одно из этих чисел 487 не делится без остатка, следовательно, оно простое.

У нас есть два варианта, неделя длиной 3 дня или 487 дней. Во втором случае неделя получается длиннее года, так что такой вариант не подходит. Остается трехдневная неделя.

Формально у числа 1461 есть делитель 1, но неделя из одного дня не имеет смысла, поскольку тогда день и неделя не отличимы друг от друга.

**Критерии проверки**

- Вывод о том, что за 4 года проходит 1461 день **2 балла**
- Найден делитель 3 **2 балла**
- Показано, что второй делитель 487 — простой **2 балла**
- Окончательный ответ **2 балла**

Если в ответ вынесены оба числа, то за последний пункт выставляется только **1 балл**.

Ответ без обоснования оценивается **0 баллов**.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**

(В. Б. Игнатьев)

Решения и критерии

---

**Задача 4**

На фотографии показано солнечное затмение, которое произошло 4 декабря 2021 года. Как вы думаете, где наблюдали это затмение? Почему вы так решили? Как перемещалось Солнце по кадру: слева направо или справа налево? Какое затмение наблюдалось: полное или частное? Расстояние между двумя положениями Солнца равно  $0.75^\circ$ . Оцените продолжительность затмения в этой точке наблюдения.



**Решение**

Мы видим, что суточное движение Солнца происходит параллельно линии горизонта. Такое возможно только на полюсах. Поскольку в декабре в Арктике полярная ночь, то это затмение можно было наблюдать только в Антарктиде, а точнее, на Южном полюсе. Это же подтверждает антенна Южного полярного телескопа (SPT), установленная на антарктической станции Амундсен-Скотт. Поскольку наблюдение ведется в Южном полушарии, суточное движение Солнца происходит справа налево. Даже в середине затмения часть солнечного диска осталась видна. Значит, затмение частное.

За 24 часа за счет суточного движения Солнце проходит по небу  $360^\circ$ . Значит угловое расстояние  $0.75^\circ$  оно преодолевает за 3 минуты. Ущерб солнечного

Решения и критерии

---

диска можно различить на 27 изображениях Солнца, откуда получаем время затмения:  $27 \times 3 = 81$  минута.

**Критерии проверки**

- Правильный ответ «южный полюс» **2 балла**  
без обоснования — **1 балл**, ответ «Антарктида» — **1 балл**, ответы «южное полушарие», «полюс» или «северный или южный полюс» не являются правильными (**0 баллов**)
- Правильное направление движения Солнца **1 балл**  
Засчитывается только при правильном указании места точки съемки
- Правильная фаза затмения **1 балл**
- Определение продолжительности затмения **4 балла**  
При правильных вычислениях стоит засчитывать ответы от 67 до 81 минут  
Если затмение найдено на всех 33 изображениях, то оценка за этап не более **2 баллов**

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**

(М. В. Силантьев)

Решения и критерии

---

**Задача 5**

Вам дана карта движения среди звезд кометы C/2021 A1 (Leonard) с 20 ноября 2021 года по 1 января 2022 года. Положение кометы отмечено кружками через каждые сутки.

- Отметьте на карте направление хвоста кометы 1 декабря, 12 декабря и 27 декабря (дорисуйте его к нужному кружку). Поясните сделанный выбор направлений.
- Обведите кружком и подпишите собственное имя яркой звезды, рядом с которой находилась комета 4-5 декабря.
- Комета пересекает несколько созвездий. Выберите среди них те, в которых бывает Солнце.
- В какое время суток лучше всего была видна эта комета в Москве в конце ноября? Поясните свой ответ.
- В какое время суток лучше всего было наблюдать эту комету в Мурманске в начале января? Поясните свой ответ.

**Решение**

Как известно, хвост кометы всегда направлен от Солнца. С конца ноября по начало января Солнце перемещается по созвездиям Скорпиона, Змееносца и Стрельца. Следовательно, хвосты комет должны быть направлены в стороны, противоположные этим созвездиям (см. рисунок).

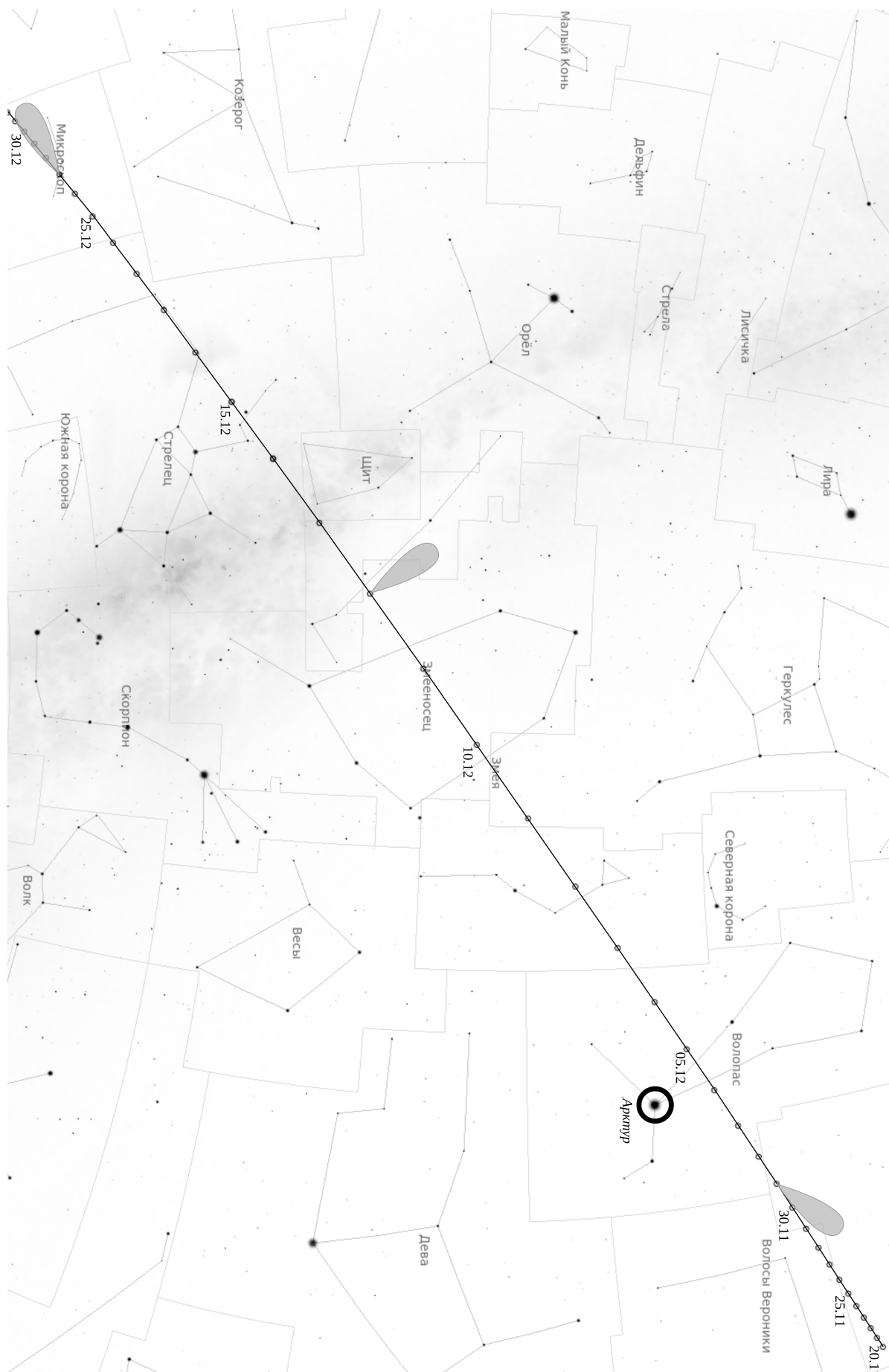
В начале декабря комета пересекает созвездие Возничего. Самая яркая звезда в нем ( $\alpha$  Возничего) называется Арктур.

Солнце бывает в 12 зодиакальных созвездиях, а также в созвездии Змееносца. Комета проходит через Змееносца, а также через зодиакальное созвездие Стрельца.

В ноябре комета находится западнее и севернее Солнца. Поэтому видно ее было только по утрам до восхода Солнца.

В январе комета оказалась в созвездиях Микроскоп и Южная Рыба. Оба этих созвездия в Мурманске не видны. Можно вспомнить, что в Мурманске в это время полярная ночь, т.е. не восходит даже Солнце, находящееся примерно в середине созвездия Стрельца. Следовательно, комету наблюдать в это время в Мурманске невозможно.

Решения и критерии



Решения и критерии

---

**Критерии проверки**

- Верное указание направления хвоста кометы по **1 баллу**
- Верное объяснение выбранного направления **1 балл**
- Верное указание звезды и ее названия по **1 баллу**
- За каждое верное созвездие **1 балл**  
За каждое неверное — вычитается **1 балл**. За этот пункт оценка не может быть меньше 0 баллов и влиять на оценку других частей задачи.
- Правильные ответы на последние два вопроса по **1 баллу**
- Объяснения ответов на последние два вопроса по **1 баллу**

Максимальная оценка за задачу **12 баллов**

*(Е. Н. Фадеев)*