

**Решения и рекомендации по оцениванию заданий муниципального этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2020-2021 уч. год**

**11 класс**

**Задание 1.** (тема: 4.1. Угловые измерения на небосводе, категория сложности — 1)

**Условие:** Наблюдения покрытия Луной Крабовидной Туманности в рентгеновском диапазоне показали, что покрытие половины Туманности длится ~1 мин. Определите диаметр Туманности, излучающей в рентгеновском диапазоне, считая, что расстояние до нее 1,7 кпк.

**Дано:**  $r = 1,7 \cdot 10^3$  пк,  $t_{1/2} = 60$  с,  $T_L = 27,32^d$ .  $D - ?$

**Решение:**  $D' = 2 t_{1/2} \omega_L$ ;  $\omega_L = \frac{360^\circ}{T_L}$

$$D = \frac{r D'}{206265''} = \frac{2 t_{1/2} r \cdot 360^\circ}{206265'' \cdot T_L}$$
$$D = \frac{2 \cdot 60 \text{ с} \cdot 1,7 \cdot 10^3 \text{ пк} \cdot 360^\circ \cdot 3600''}{206265'' \cdot 27,32 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}} = 0,54 \text{ пк}$$

**Ответ:** 0,54 пк.

**Рекомендации по оцениванию:** Запись данных оценивается в 1 балл, формулы для видимого углового размера  $D'$  — в 2 балла, формулы для угловой скорости движения Луны — в 1 балл. Запись формулы для линейного размера  $D$  и расчетной формулы оценивается в 1 балл. Вычисления оцениваются в 3 балла с учетом того, что все данные должны быть аккуратно переведены в удобные единицы измерения.

Конечный результат может быть представлен в метрах или километрах ( $16,66 \cdot 10^{15}$  м или  $16,66 \cdot 10^{12}$  км), это баллы не уменьшает и не добавляет, хотя ответ в парсеках предпочтительнее. Угаданный ответ (~0,5 пк) оценивается в 2 балла.

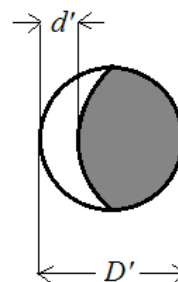
**Задание 2.** (тема: 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит), категория сложности — 1)

**Условие:** При каких конфигурациях диск верхней планеты имеет наибольший ущерб?

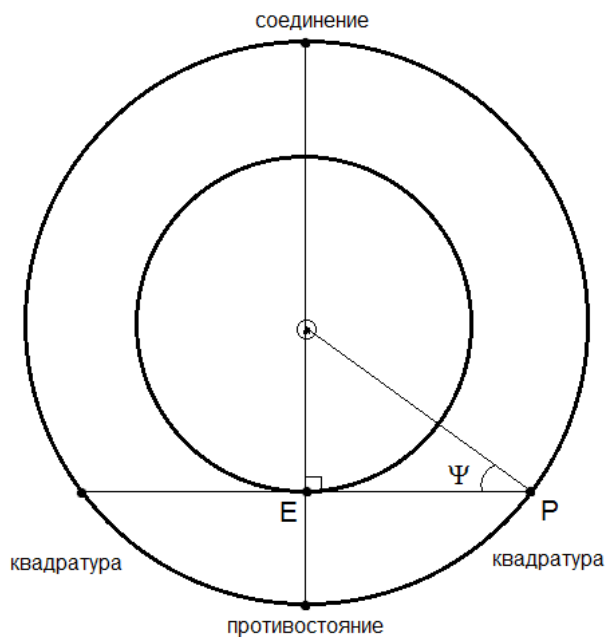
**Решение:** Фаза  $\Phi = \frac{d'}{D'}$  показывает, какую часть составляет наибольшая видимая ширина освещенной части диска  $d'$  от видимого диаметра  $D'$  планеты. Ущерб равен  $1 - \Phi$ .

$$\Phi = \frac{1 + \cos \Psi}{2}, \text{ где } \Psi - \text{ фазовый угол «Солнце-планета-Земля»}.$$

Фаза зависит от взаимного расположения Солнца, Земли и планеты. Поэтому и ущерб зависит от такого расположения. Самый сильный ущерб соответствует самой маленькой фазе или наибольшей величине фазового угла.



В соединении и в противостоянии величина фазового угла равна нулю, достигая некоторой наибольшей величины между этими конфигурациями. С точки зрения наблюдателя, находящегося на внешней планете, Земля представляет собой внутреннюю планету, наибольшая элонгация которой от Солнца будет равна фазовому углу  $\Psi$ . В то же время с точки зрения земного наблюдателя элонгация внешней планеты составит  $90^\circ$ , т. е. планета будет в одной из квадратур.



**Ответ:** в квадратурах.

**Рекомендации по оцениванию:** Определение фазы и ущерба оценивается в 2 балла (схема не является обязательной). Формула для фазы с фазовым углом оценивается в 1 балл (формула с угловыми размерами не является обязательной), схема орбит и конфигураций — в 2 балла, исследование зависимости ущерба и фазы от фазового угла — в 1 балл и вывод — в 2 балла.

Ответ без пояснений оценивается в 2 балла.

Задание может быть решено исключительно графически, с изображением некоторого числа конфигураций и соответствующих им фаз планеты. В этом случае оценивание зависит от того, насколько подробны изображения и однозначны выводы.

**Задание 3.** (тема: 4.4. Экваториальные координаты и время, категория сложности — 1)

**Условие:** Если бы ось вращения Земли была перпендикулярна к плоскости ее орбиты, как это повлияло бы на продолжительность дня в разных точках земли в разное время года?

**Решение:** Ось вращения Земли наклонена к плоскости ее орбиты на  $66^\circ 34'$ . Из-за этого продолжительность дня и ночи непрерывно изменяется: в северном полушарии между 21 марта и 23 сентября день длиннее, чем ночь, а между 23 сентября и 21 марта — короче. В южном полушарии всё противоположно.

Если ось вращения Земли будет перпендикулярна к плоскости ее орбиты, то продолжительность дня будет равна продолжительности ночи во всех точках Земли во все дни года.

**Рекомендации по оцениванию:** Описание современного положения оси вращения Земли и связанных с этим изменений оценивается в 3 балла. Вторая часть оценивается следующим образом: «продолжительность дня будет равна продолжительности ночи» — 1 балл; «во всех точках Земли» — 2 балла; «во все дни года» — 2 балла. Краткий ответ оценивается в 1 балл.

**Задание 4.** (тема: 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты, категория сложности — 2)

**Условие:** Как это повлияло бы на времена года и на климат Земли (см. задание 3)?

**Решение:** Ось вращения Земли наклонена к плоскости ее орбиты на  $66^{\circ}34'$ . Поэтому между 21 марта и 23 сентября к Солнцу обращено северное полушарие Земли, в котором в это время теплее, чем в южном полушарии — весна и лето. За северным полярным кругом в это время стоит полярный день. Весна и лето южного полушария — между 23 сентября и 21 марта.

Если ось вращения Земли будет перпендикулярна плоскости ее орбиты, полушария Земли не будут «наклоняться» к Солнцу и смены времен года не будет. Полярные дни и ночи исчезнут.

Незначительные изменения температуры на поверхности, аналогичные прежней смене времен года, будут связаны с положением Земли на ее эллиптической орбите.

Заметные границы тепловых (климатических) поясов исчезнут, плавное изменение от постоянной жары на экваторе к постоянному холоду на полюсах связано с углом падения солнечных лучей на каждой географической широте.

**Рекомендации по оцениванию:** Описание современного положения оси вращения Земли и связанной с этим смены времен года оценивается в 3 балла. Вторая часть оценивается следующим образом: отсутствие смены времен года — 2 балла; связь изменений температуры с положением Земли на орбите — 2 балла; исчезновение границ тепловых поясов — 1 балл. Краткий ответ оценивается в 1 балл.

**Задание 5.** (тема: 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере, категория сложности — 2)

**Условие:** Как далеко должны быть расположены на Земле два места с тем, чтобы в любой день года в любой час Солнце хотя бы в одном из них было над горизонтом или на горизонте? Каковы координаты второй точки, если первая — Новокузнецк ( $53^{\circ}45'$  с.ш.,  $87^{\circ}10'$  в.д.)?

**Дано:**  $\varphi_1 = 53^{\circ}45'$ ,  $\lambda_1 = 87^{\circ}10'$ .  $\varphi_2 = ?$   $\lambda_2 = ?$

**Решение:** 1. Солнце всегда освещает половину Земли. На этой, освещенной, половине Солнце в любой точке находится над горизонтом. А на линии — большой окружности, разделяющей освещенную и неосвещенную части, Солнце находится на горизонте. Таким образом, точки с заданными свойствами лежат на концах любого диаметра Земли.

$$2. \quad \varphi_2 = -\varphi_1 = -53^{\circ}45' \text{ (с.ш.)} = 53^{\circ}45' \text{ (ю.ш.)}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + 180^{\circ} = 87^{\circ}10' + 180^{\circ} = 267^{\circ}10' \text{ (в.д.)} = 360^{\circ} - 267^{\circ}10' = 92^{\circ}50' \text{ (з.д.)}$$

**Ответ:** любые две диаметрально противоположные точки;  $53^{\circ}45'$  ю.ш.,  $92^{\circ}50'$  з.д.

**Рекомендации по оцениванию:** Обе части решения оцениваются по отдельности.

Часть 1: за освещенную половину — 1 балл; за большую окружность — 2 балла; за вывод — 2 балла.

Часть 2: за определение географической широты — 1 балл и за определение географической долготы 2 балла.

Ответ, правильный в двух частях, но без пояснений и вычислений, оценивается в 4 балла: 2 балла за первую часть и 2 балла за вторую часть (по 1 баллу за широту и долготу).

**Задание 6.** (тема: 8.7. Движение звезд, категория сложности — 2)

**Условие:** По спектру некоторой звезды, находящейся вблизи точки летнего солнцестояния, в двадцатых числах марта была определена ее лучевая скорость 70 км/с. Через полгода ее лучевая скорость была определена в 130 км/с. Определите на этом основании расстояние от Земли до Солнца (как это было впервые сделано академиком А. А. Белопольским).

**Дано:**  $v_1 = 70$  км/с,  $v_2 = 130$  км/с,  $T = 365,256^d$ .  $a_0 = ?$

**Решение:**  $\vec{v}_r = \vec{v}_3 + \vec{v}_{\text{отн}}$ ;  $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_r - \vec{v}_3$

$$v_1 = v_r - v_3$$

$$v_2 = v_r - (-v_3) = v_r + v_3$$

$$v_2 - v_1 = v_r + v_3 - (v_r - v_3) = 2v_3$$

$$v_3 = \frac{v_2 - v_1}{2} = \frac{130 \text{ км/с} - 70 \text{ км/с}}{2} = 30 \text{ км/с}$$

$$2\pi a_0 = vT,$$

$$a_0 = \frac{vT}{2\pi} = \frac{30 \text{ км/с} \cdot 365,256 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}}{2\pi} = 150,68 \cdot 10^6 \text{ км}$$

**Ответ:** 150,68 млн км.

**Рекомендации по оцениванию:** Запись данных и искомой величин оценивается в 1 балл. Запись формулы относительной скорости в векторной и скалярной форме, вывод расчетной формулы для скорости движения Земли и расчет скорости движения Земли оценивается в 3 балла. Запись формулы для длины орбиты Земли и получение из нее расчетной формулы для расстояния от Солнца до Земли оценивается в 1 балл, вычисление астрономической единицы — в 3 балла. Табличный ответ без вычислений не оценивается.