

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ  
по предмету «Астрономия»  
заключительный этап  
2018-2019 учебный год  
9 класс

1. Какой путь проходит конец солнечной тени от вертикально стоящего столба, высотой 1 м на Северном полюсе Земли за 24 часа в День летнего солнцестояния? (20 баллов)
2. Оцените максимально возможное значение периода обращения комет вокруг Солнца. (20 баллов)
3. В момент максимального сближения с Землёй астероид N был виден недалеко от полной Луны. Оцените размер астероида, если его яркость была  $m = +3.4^m$ , астероид находился в перигелии своей орбиты на расстоянии 400 тыс. км от Земли. (20 баллов)
4. Солнце находится на расстоянии 7.5 килопарсек от центра Галактики и вот уже 4.6 миллиардов лет движется вокруг её центра со скоростью 220 км/с. Чему равен Галактический год? Сколько галактических лет Солнцу? (20 баллов)
5. Оцените максимально возможное время прямой связи с ИСЗ для наблюдателя, находящегося на Земле на уровне моря, если период обращения космического аппарата составляет 6 часов. (20 баллов)

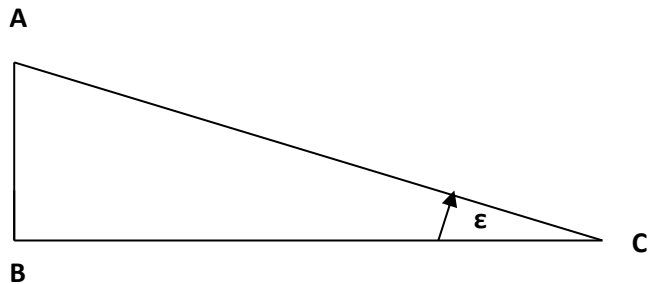
*Справочные данные:*

*Скорость света  $c=3 \cdot 10^8$  км/с ; Масса Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг ; Радиус Земли 6400 км; Видимая звёздная величина Луны (в полнолуние)  $m = -12.6^m$  ; Видимая звёздная величина Солнца  $m = -26.8^m$  ; Радиус орбиты Луны  $a=384400$  км ;*

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ  
по предмету «Астрономия»  
заключительный этап (ответы)  
2018-2019 учебный год  
9 класс

1. Какой путь проходит конец солнечной тени от вертикально стоящего столба, высотой 1 м на Северном полюсе Земли за 24 часа в День летнего солнцестояния?

**Решение:** Конец тени за сутки опишет полную окружность (5 баллов) (+ 5 баллов нужно знать, что экватор совпадает с горизонтом). Радиус этой окружности определяется из рис.:



$$BC = AB / \operatorname{tg} \epsilon = 1 / 0.4348 = 2.30 \text{ м (5 баллов за знание склонения Солнца 22.06.)}$$

а длина окружности

$$L = 2\pi R = 14.44 \text{ м (5 баллов)}$$

2. Оцените максимально возможное значение периода обращения кометы вокруг Солнца.

**Решение:** Период обращения тела вокруг Солнца  $T$ , выраженный в годах, и большая полуось его орбиты  $a$ , выраженная в астрономических единицах, связаны III законом Кеплера:

$$T^2 = a^3.$$

Максимальный период, соответствующий максимальной большой полуоси орбиты, определяется тем, что комета не должна удаляться от Солнца на расстояние, не превышающее расстояние до ближайших звезд. В окрестности афелия (наиболее удаленной от Солнца точки орбиты) такая комета будет испытывать существенные возмущения со стороны других звезд и с большой вероятностью улетит от Солнца навсегда. Ближайшая от Солнца звезда ( $\alpha$  Центавра) находится на расстоянии 1.3 пк, поэтому примем в качестве оценки максимально возможной большой полуоси  $a = 0.5$  пк. Поскольку в 1 парсеке содержится примерно  $2 \cdot 10^5$  астрономических единиц (по определению столько же, сколько секунд в радиане), то это означает, что максимально возможный период можно оценить как

$$T_{\max} = (10^5)^{3/2} = 10^{7.5} \approx 3 \cdot 10^7 \text{ лет} = 30 \text{ млн. лет.}$$

3. В момент максимального сближения с Землей астероид N был виден недалеко от полной Луны. Оцените размер астероида, если его яркость была  $m = +3.4^m$ , астероид находился в перигелии своей орбиты на расстоянии 400 тыс.км от Земли.

**Решение:** Яркость полной Луны  $-12.6^m$ . Так как астероид и Луна полностью освещены и находятся на одинаковом расстоянии и от Земли и от Солнца, то разницу яркости объясним только разницей их отражающих площадей, и, как следствие, физических размеров (5 баллов)

$$S_L / S_a = E_L / E_a = 2.512^{-(-12.6 - 3.4)} \text{ (5 баллов)}$$
$$(R_L / R_a)^2 = 2.5 \cdot 10^6; R_a^2 = 1737^2 / 2.5 \cdot 10^6; R_a = 1.1 \text{ км (10 баллов)}$$

4. Солнце находится на расстоянии 7.5 килопарсек от центра Галактики и вот уже 4.6 миллиардов лет движется вокруг её центра со скоростью 220 км/с. Чему равен Галактический год? Сколько галактических лет Солнцу?

$$\text{Решение: } T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7500 \cdot 3 \cdot 10^{16} \text{ м}}{220000 \text{ м/с}} = 0,64 \cdot 10^{16} \text{ с} = \frac{0,64 \cdot 10^{16} \text{ с}}{3,15 \cdot 10^7 \text{ с/год}} \approx 200 \cdot 10^6 \text{ лет}$$

Зная возраст Солнца около 4.6 млрд. лет,  $4,6/0,2 = 23$

Ответ: примерно 23 года (с точностью до знания возраста Солнца)

Оценивание.

а) знание единиц измерения расстояний в астрономии (парсек) – 5 баллов;

б) предположение о круговом движении Солнца в Галактике и расчет времени на 1 оборот – 10 баллов;

в) определение возраста Солнца в галактических годах – 5 баллов.

5. Оцените максимально возможное время прямой связи с ИСЗ для наблюдателя, находящегося на Земле на уровне моря, если период обращения космического аппарата составляет 6 часов.

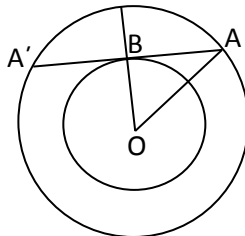
Определим радиус орбиты спутника, приняв ее круговой, с помощью 3 закона Кеплера:

$$T^2(M_1 + M_2)/a^3 = 4\pi^2/G, \text{ (10 баллов)}$$

где  $M_{1,2}$  – массы земли и спутника,  $G$  – постоянная всемирного тяготения. Пренебрегая массой спутника, получим:

$$a^3 = (2,16 \cdot 10^4)^2 \text{ с} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} / (4 \cdot (3,14)^2) = 1,68 \cdot 10^7 \text{ м}.$$

Время видимости спутника над горизонтом при полной радиопрозрачности атмосферы определим из рисунка (дуга  $AA'$ ):



$\cos BOA = OB/OA = 6400 \text{ км} / 16800 \text{ км} = 0,38$ , откуда угол  $BOA$  равен  $67^\circ$ , а время полета по дуге  $AA'$  равно 2 часа 14 минут ( $2 \cdot 67^\circ \cdot 6 \text{ час} / 360^\circ$ ). (рисунок и вычисления до 10 баллов)

Справочные данные:

Скорость света  $c = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с}$ ; Гравитационная постоянная  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ ; Масса Земли  $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ ; Радиус Земли 6400 км; Радиус Луны 1740 км; Видимая звёздная величина Луны (в полнолуние)  $m = -12,6^m$ ; Видимая звёздная величина Солнца  $m = -26,8^m$ ; Абсолютная звёздная величина Солнца  $M_\odot = +4,8^m$ ; Большая полуось орбиты Луны  $a = 384400 \text{ км}$ ; Постоянная Хаббла  $H_0 = 72 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ .