

**Задачи и решения к муниципальному этапу
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2019-2020 учебного года (г.Липецк).**

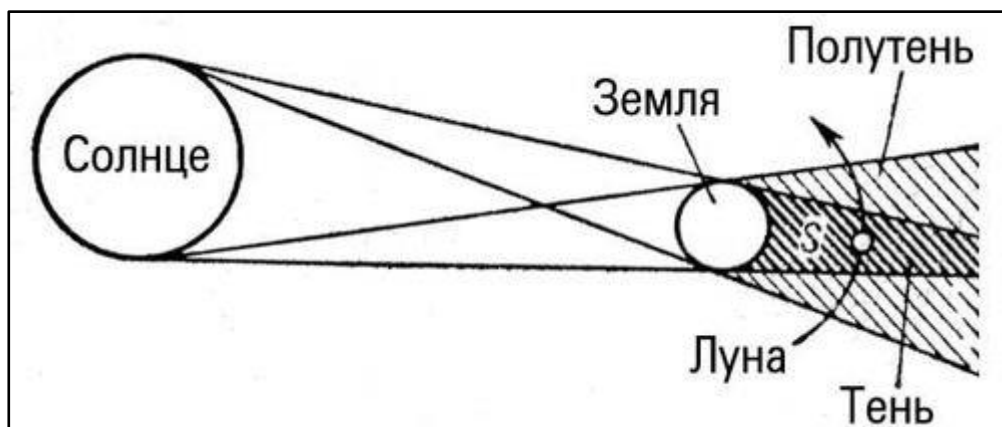
7 класс

Задача № 1.

10 января 2020 года произойдёт лунное затмение. В каком созвездии при этом будет находиться Луна? Ответ обоснуйте.

Решение.

В момент лунного затмения Луна попадает в земную тень, то есть Солнце и Луна расположены в противоположных направлениях от Земли (смотри рисунок).



10 января Солнце находится в созвездии Стрельца. Значит, Луна будет в том созвездии, в котором Солнце бывает через полгода (около **10 июля**), то есть в Близнецах.

Ответ: в Близнецах.

Задача № 2.

Вы, двигаясь вдоль центрального меридиана часового пояса, в котором расположен Липецк, в сторону северного географического полюса, проходите полюс в **5:00** по Вашим часам. Нужно ли Вам после пересечения полюса переводить часы? Если нужно, то насколько часов и вперёд или назад? Нужно ли Вам менять дату? Ответы обоснуйте.

Решение.

Новый часовой пояс будет противоположным тому, в котором Вы находились ранее, поэтому часы нужно перевести на **12** часов. При пересечении полюса линия перемены дат для Вас окажется справа (Вы переходите из восточного полушария в западное), значит, часы следует перевести на эти **12** часов именно назад. Так как в Липецком часовом поясе **5** часов утра, а Вы переводите часы назад на **12** часов, то следует перевести назад на одни сутки и дату.

Ответ: часы переводить нужно, на **12** часов назад, дату на одни сутки назад.

Задача № 3.

Первая звезда каждые сутки проходит через зенит при наблюдении с земного экватора, а вторая видна в зените с южного географического полюса. От первой звезды свет идёт до Земли **400** лет, а от второй – **300** лет. Вычислите, сколько лет свет идёт от первой звезды до второй? Сколько оборотов за это время сделает Луна вокруг Земли?

Решение.

Из условия задачи следует, что первая звезда расположена на небесном экваторе, а вторая в южном полюсе мира. Поэтому угол между направлениями на эти звёзды (угловое расстояние) составляет **90°**. Тогда получаем, что эти две звезды и Земля расположены в вершинах прямоугольного треугольника, причём Земля в вершине прямого угла. Значит время, которое свет идет от одной звезды до другой, можно вычислить по теореме Пифагора, выразив длины катетов и гипотенузу в световых годах.

Длина одного катета равна **400** световых лет, а второго **300** световых лет, тогда длина гипотенузы (расстояние между звёздами) равна

$$L = \sqrt{(400 \text{ световых лет})^2 + (300 \text{ световых лет})^2} = 500 \text{ световых лет}$$

Значит, свет идёт от одной звезды до другой **500** лет.

Период обращения Луны вокруг Земли равен **27,321662** суток (из перечня справочных данных), выразим его в годах

$$T = \frac{27,321662 \text{ суток}}{365,24219 \text{ суток}} \approx 0,0748 \text{ лет}$$

где **365,24219** суток – продолжительность года в сутках (из перечня справочных данных). Значит, Луна вокруг Земли сделает

$$T = \frac{500 \text{ лет}}{0,0748 \text{ лет}} \approx 6644 \text{ оборота}$$

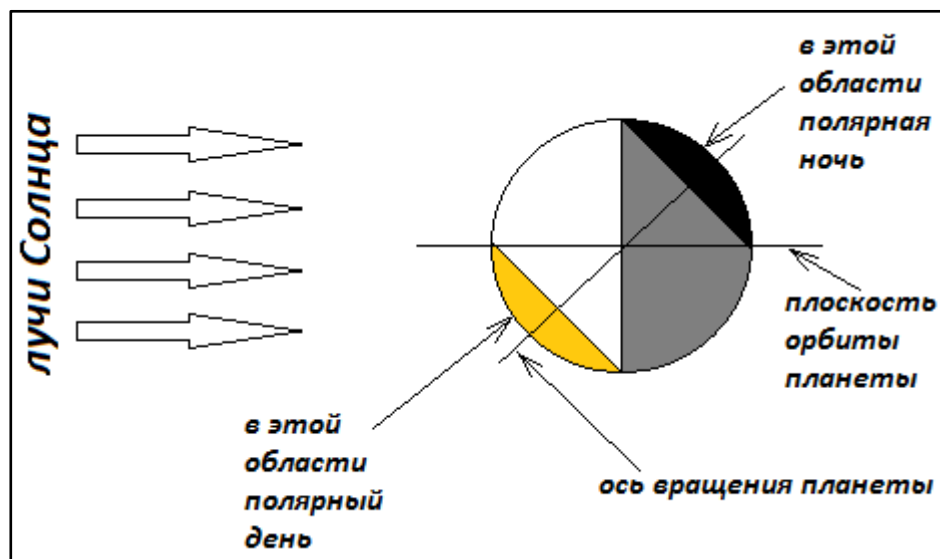
Ответ: **500** лет; примерно **6 644** оборота.

Задача № 4.

На какой планете Солнечной системы площадь области, в которой возможны полярные дни и полярные ночи, максимальна. Ответ обоснуйте.

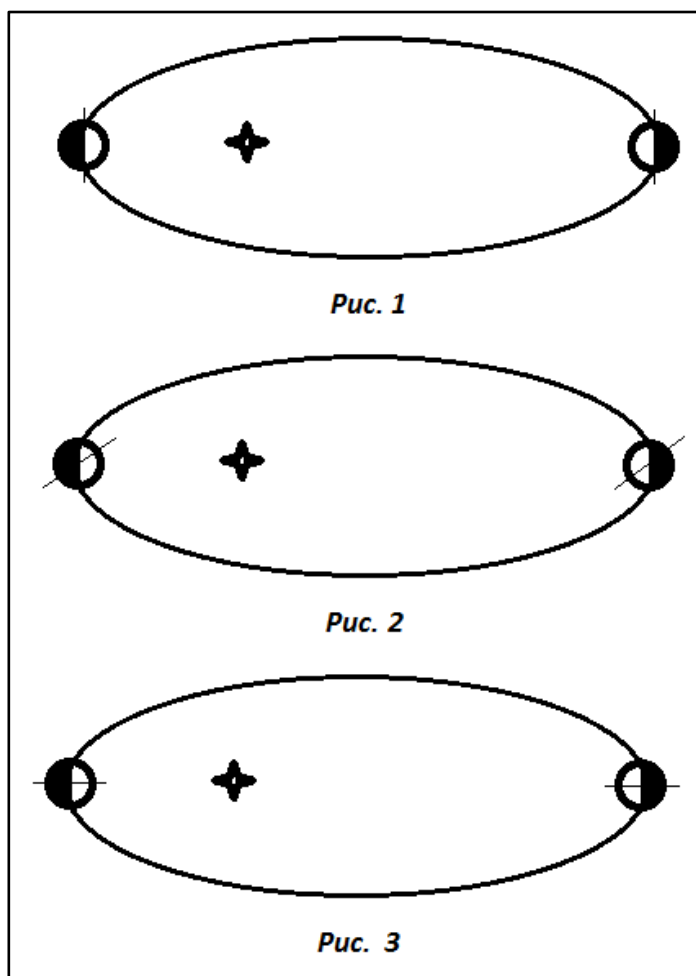
Решение.

Полярный день или полярная ночь - это день или ночь, продолжающиеся непрерывно в течение одних или более суток. Схема возникновения областей, где возможны полярный день или полярная ночь показана на рисунке ниже.



Из этой схемы понятно, что освещение Солнцем поверхности планеты зависит от наклона оси вращения планеты к плоскости её орбиты.

Если наклон оси вращения планеты к плоскости орбиты орбите равен 90° (рис. 1 ниже), то каждые сутки на всей поверхности планеты ровно половину суток будет длиться ночь, половину - день. Можно сказать, что на такой планете будет вечное равноденствие. Полярного дня или полярной ночи не будет на такой планете нигде. Значит, площадь упомянутой в условии задачи области равна нулю.



Если величина угла наклона между 0° и 90° (рис. 2 выше), то указанная область на планете будет в околополярных областях.

Наконец, если ось вращения планеты лежит в плоскости ее орбиты, то угол наклона равен 0° (рис. 3 выше). В этом случае полярный день и полярная ночь будут охватывать (попеременно) всю поверхность планеты (ровно на половине планеты полярный день, на половине - полярная ночь), за исключением, может быть, экватора.

Таким образом, наибольшую площадь область полярного дня и ночи будет иметь на планете, наклон оси вращения которой к плоскости её орбиты наименьший.

В перечне справочных данных в таблице «Физические характеристики Солнца и планет» есть столбец «Наклон экватора к плоскости орбиты». Угол между плоскостью экватора и осью вращения планеты равен 90° . Значит, если угол из таблицы равен α , то угол наклона оси вращения к плоскости орбиты (который мы обсуждали) равен $90^\circ - \alpha$. То есть нам необходимо найти планету, у которой модуль этой величины минимален.

Такой планетой является Уран, для которого $|90^\circ - \alpha| = |90^\circ - 97,86^\circ| = 7,14^\circ$. Только в узкой экваториальной области Урана восходит и заходит Солнце, а на всей остальной поверхности планеты бывают полярные дни и ночи различной длительности.

Ответ: на Уране.

Задача № 5.

Вычислите линейную скорость (в километрах в час) города Липецка, которую он имеет из-за вращения Земли вокруг своей оси. Географическую широту Липецка считать известной и равной $\varphi = 52^\circ 37'$.

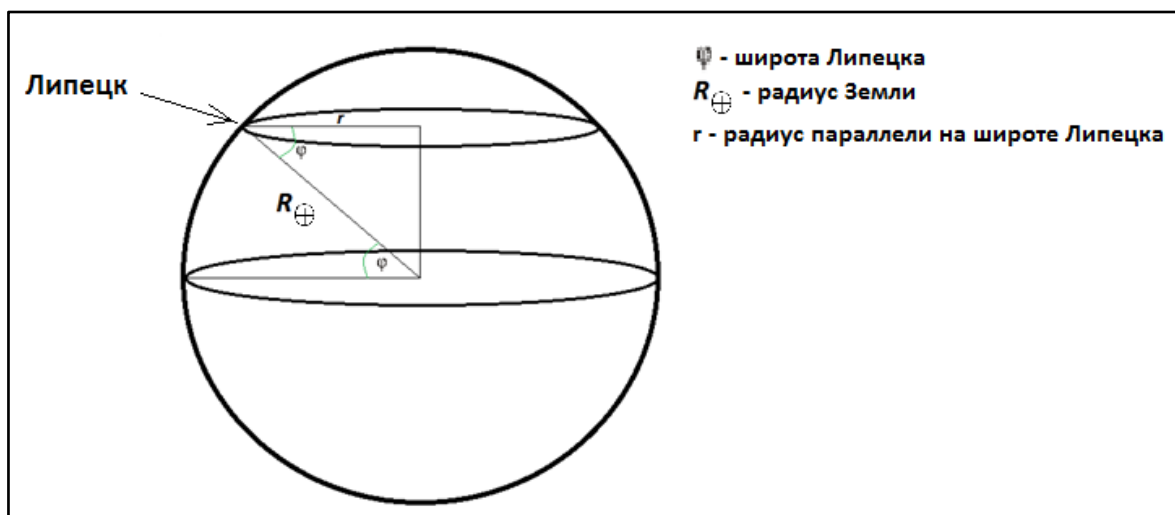
Решение.

Считаем, что Земля вращается с постоянной скоростью. Тогда скорость Липецка равна

$$v = \frac{L}{T}$$

где L – длина параллели, на которой расположен Липецк, а T – время одного оборота Земли вокруг своей оси.

Найдём длину параллели L на широте Липецка. Для этого сначала найдём её радиус r (смотри рисунок).



$$r = R_{\oplus} \cdot \cos \varphi$$

Тогда длина этой параллели

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot R_{\oplus} \cdot \cos \varphi$$

где R_{\oplus} – радиус Земли. В качестве радиуса Земли можно брать непосредственно полярный или экваториальный радиусы (из перечня справочных данных), либо взять приближённое значение **6400** км. Можно также вычислить средний радиус, как среднее арифметическое экваториального и полярного значений.

$$R_{\oplus \text{ ср}} = \frac{R_{\oplus \text{ экв}} + R_{\oplus \text{ пол}}}{2}$$

$$R_{\oplus \text{ ср}} = \frac{637,14 \text{ км} + 635,77 \text{ км}}{2} \approx 6367,46 \text{ км}$$

Тогда линейная скорость Липецка

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{\oplus} \cdot \cos \varphi}{T}$$

Перед тем, как подставлять численные данные необходимо географическую широту φ перевести в градусы и доли градусов, а период вращения Земли **23 часа 56 минут 04 секунды** – в часы и доли часа.

$$\varphi = 52^{\circ}37' = \left(52 + \frac{37}{60}\right)^{\circ} = 52,62^{\circ}$$

$$T = 23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды} = \left(23 + \frac{56}{60} + \frac{4}{3600}\right) \text{ ч} \approx 23,93 \text{ ч}$$

Теперь вычисляем скорость

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6367,46 \text{ км} \cdot \cos(52,62^{\circ})}{23,93 \text{ ч}} \approx 1014,48 \text{ км/ч}$$

Ответ: примерно **1 015** км/ч.

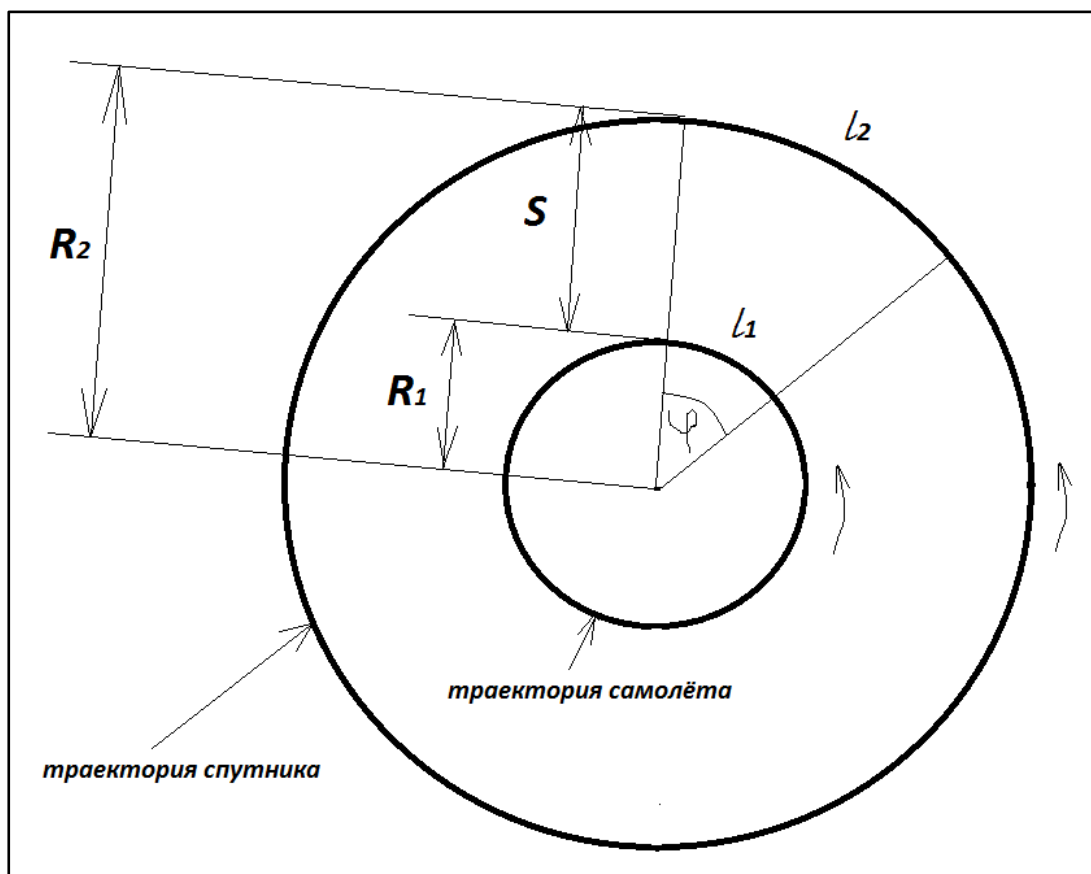
Задача № 6.

Вдоль земного экватора на высоте **8** км с запада на восток летит самолёт со скоростью **1 000** км/ч относительно поверхности. Искусственный спутник Земли обращается по круговой орбите так, что всё время находится над самолётом. Найдите расстояние между спутником и самолётом, если скорость спутника относительно центра Земли равна **13 000** км/ч.

Решение.

Индексом **1** будем обозначать величины, относящиеся к самолёту, а индексом **2** – к спутнику. Траектории и самолёта и спутника представляют собой окружности с центром

в центре Земли. Пусть за время t самолёт пролетел дугу окружности l_1 , тогда за то же самое время спутник должен пролететь дугу l_2 (смотри рисунок).



В этом случае если измерять центральный угол φ в радианах, можно записать

$$l_1 = R_1 \cdot \varphi$$

$$l_2 = R_2 \cdot \varphi$$

где R_1 и R_2 – радиусы орбит самолёта и спутника соответственно. Тогда

$$\varphi = \frac{l_1}{R_1}$$

$$\varphi = \frac{l_2}{R_2}$$

приравнивая получим

$$\frac{l_1}{R_1} = \frac{l_2}{R_2}$$

Учитывая, что величины скоростей самолёта и спутника постоянны, можно записать

$$l_1 = v_1 \cdot t$$

$$l_2 = v_2 \cdot t$$

тогда имеем

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Из рисунка видно, что $R_2 = R_1 + S$, значит

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_1 + S}$$

тогда, выражая S , получаем

$$S = \left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) \cdot R_1$$

Учитывая, что $R_1 = R_{\oplus\text{ЭКВ}} + h$, имеем

$$S = \left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) \cdot (R_{\oplus\text{ЭКВ}} + h)$$

где $R_{\oplus\text{ЭКВ}}$ – экваториальный радиус Земли (из перечня справочных данных), а h – высота самолёта над поверхностью Земли.

В этой формуле v_1 и v_2 – это скорости относительно центра Земли. Скорость спутника в условии задачи дана именно относительно центра Земли, а вот для самолёта относительно поверхности.

Самолёт движется со скоростью $v = 1000$ км/ч относительно точки на экваторе Земли, которая сама движется в ту же сторону за счёт осевого вращения Земли. Скорость этого движения определяется формулой

$$v_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{\oplus\text{ЭКВ}}}{T_0}$$

где $R_{\oplus\text{ЭКВ}} = 6378,14$ км — экваториальный радиус Земли (из перечня справочных данных), $T_0 \approx 23,93$ ч — продолжительность звёздных суток (переведено в часы значение из перечня справочных данных $T_0 = 23 + \frac{56}{60} + \frac{4}{3600} \approx 23,93$ ч). Подставляя численные значения, получим

$$v_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6378,14 \text{ км}}{23,93 \text{ ч}} \approx 1673,83 \text{ км/ч}$$

Полная скорость самолёта относительно центра Земли составляет $v + v_0$. Тогда

$$S = \left(\frac{v_2}{v + v_0} - 1 \right) \cdot (R_{\oplus\text{ЭКВ}} + h)$$

подставляя численные данные, получаем

$$S = \left(\frac{v_2}{v + v_0} - 1 \right) \cdot (R_{\oplus\text{ЭКВ}} + h)$$

$$S = \left(\frac{13\,000 \text{ км/ч}}{1\,000 \text{ км/ч} + 1673,83 \text{ км/ч}} - 1 \right) \cdot (6378,14 \text{ км} + 8 \text{ км}) \approx 24663 \text{ км}$$

Ответ: примерно 24 663 км.
