

**Решение заданий школьного этапа всероссийской олимпиады  
школьников по астрономии**

**9 класс**

**1.** Принимая орбиту Меркурия за круг, вычислите его среднее расстояние от Солнца (в а.е.), зная, что в средней элонгации (удаление от Солнца) Меркурий удаляется от Солнца на  $23^\circ$ .

**Решение:**

$$R = R_{\text{з-с}} \cdot \sin 23^\circ = 0,39 \text{ а.е.} = 5,8 \cdot 10^7 \text{ км.}$$

**2.** На фото зафиксировано столкновение двух галактик. Оно может продолжаться миллионы лет и оказывает на участников столкновения большое влияние. Но звёзды, составляющие галактики, при этом между собой не сталкиваются. Как это можно объяснить?

**Решение:** Хотя каждая галактика может содержать сотни миллиардов звёзд, они не сталкиваются между собой по очень простой причине: звёзды в Галактике очень редко расположены, между ними очень много пространства (заполненного пылью и газом).

К примеру, от Солнца до ближайшей звезды -  $4 \cdot 10^{16}$  м, а размер самого Солнца (и типичный размер звезды) -  $7 \cdot 10^8$  м. так что расстояния между звёздами в десятки миллионов раз больше самих звёзд. При столкновении галактик действительно сталкиваются столбы пыли и облака газа, которые входят в состав галактик.

**3.** Как известно, мы наблюдаем метеоры (и загадываем желания), когда Земля в своем движении по орбите проходит через метеорный поток. Оцените ширину метеорного потока, метеоры которого наблюдались с 16 июля по 24 августа. Предполагается, что движение Земли перпендикулярно потоку. Радиус земной орбиты 150 миллионов километров.

**Решение:**

Метеоры этого потока наблюдаются в течение  $t_1 = 40$  дней. Если знать скорость  $v$  движения Земли по орбите, то мы смогли бы вычислить ширину потока:  $d = vt_1$ .

Эту скорость мы можем вычислить, зная, что Земля проходит один круг по орбите за  $t_2 = 365$  дней. Зная формулу длины окружности, можно вычислить скорость:

$$v = \frac{2\pi R}{t_2}, \text{ где } R \text{ – радиус земной орбиты. Поэтому } d = vt_1 = \frac{2\pi R}{t_2} t_1.$$

Подставляя числовые данные, получаем, что ширина потока:

$$d = 103\,000\,000 \text{ км.}$$

4. Оцените давление в центре Юпитера. Его радиус 71400 км, а масса  $1,9 \cdot 10^{27}$  кг.

**Решение**

Давление в центре планеты можно оценить по формуле давления столба жидкости:  $p = \rho gh$ , где  $\rho$  – средняя плотность вещества планеты,  $g$  – ускорение свободного падения на ней, а  $h$  – высота столба жидкости, равная радиусу планеты. Для более точной оценки нужно вспомнить, что по мере продвижения вглубь планеты  $g$  убывает, обращаясь в нуль в центре планеты, т.е. в формулу для давления нужно подставлять среднее  $g$ , равное половине максимального.

Подставляя

$$r = \frac{M}{V} = \frac{M}{4/3\pi R^3}; \quad g_{\max} = G \frac{M}{R^2}; \quad H = R, \quad \text{получаем:}$$

$$p = \frac{3M}{4\pi R^3} G \frac{M}{2R^2} R = G \frac{3M}{8\pi R^4}.$$

Подставляя численные данные, получаем  $p = 1,1 \cdot 10^{12}$  Па, что в 11 миллионов раз больше земного атмосферного давления.

5. Это медаль японского астрономического общества. «Прочтите», за какие заслуги она присваивается японским астрономам?

**Решение:** Это медаль присваивалась японским астрономическим обществом за открытие комет.

6. На каком расстоянии от глаза надо держать булавоочную головку, чтобы она закрывала лунный диск? Диаметр булавоочной головки 3 мм, радиус Луны 1740 км, расстояние от Земли до Луны 384000 км.

**Решение:**

Сделать рисунок, на котором булавоочная головка закрывает Луну от Вашего глаза. Как видно, треугольники  $AOB$  и  $A_1OB_1$  подобны. Значит, их соответствующие стороны пропорциональны:  $\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{AO}{A_1O}$ .

Т.е. расстояние  $AO$  до булавоочной головки равно  $AO = \frac{AB \cdot A_1O}{A_1B_1}$

Подставляя  $AB = 1,5$  мм (радиус булавоочной головки),  $A_1B_1 = 1740$  км (радиус Луны),  $A_1O = 384000$  км (расстояние до Луны), получаем расстояние до булавоочной головки  $AO = 330$  мм = 33 см.

**Решение заданий школьного этапа всероссийской олимпиады  
школьников по астрономии.**

**10 класс**

**1.** Принимая орбиту Меркурия за круг, вычислите его среднее расстояние от Солнца (в а.е.), зная, что в средней элонгации (удаление от Солнца) Меркурий удаляется от Солнца на  $23^\circ$ .

**Решение:**

$$R = R_{\text{з-с}} \cdot \sin 23^\circ = 0,39 \text{ а.е.} = 5,8 \cdot 10^7 \text{ км.}$$

**2.** Оцените давление в центре Юпитера. Его радиус 71400 км, а масса  $1,9 \cdot 10^{27}$  кг.

**Решение:**

Давление в центре планеты можно оценить по формуле давления столба жидкости:  $p = \rho gh$ , где  $\rho$  – средняя плотность вещества планеты,  $g$  – ускорение свободного падения на ней, а  $h$  – высота столба жидкости, равная радиусу планеты. Для более точной оценки нужно вспомнить, что по мере продвижения вглубь планеты  $g$  убывает, обращаясь в нуль в центре планеты, т.е. в формулу для давления нужно подставлять среднее  $g$ , равное половине максимального.

Подставляя

$$r = \frac{M}{V} = \frac{M}{4/3\pi R^3}; \quad g_{\text{max}} = G \frac{M}{R^2}; \quad H = R, \quad \text{получаем:}$$

$$p = \frac{3M}{4\pi R^3} G \frac{M}{2R^2} R = G \frac{3M}{8\pi R^4}.$$

Подставляя численные данные, получаем  $p = 1,1 \cdot 10^{12}$  Па, что в 11 миллионов раз больше земного атмосферного давления.

**3.** Как известно, мы наблюдаем метеоры (и загадываем желания), когда Земля в своем движении по орбите проходит через метеорный поток. Оцените ширину метеорного потока, метеоры которого наблюдались с 16 июля по 24 августа. Предполагается, что движение Земли перпендикулярно потоку. Радиус земной орбиты 150 миллионов километров.

**Решение:**

Метеоры этого потока наблюдаются в течение  $t_1 = 40$  дней. Если знать скорость  $v$  движения Земли по орбите, то мы смогли бы вычислить ширину потока:  $d = vt_1$ .

Эту скорость мы можем вычислить, зная, что Земля проходит один круг по орбите за  $t_2 = 365$  дней. Зная формулу длины окружности, можно вычислить скорость:

$$v = \frac{2\pi R}{t_2}, \text{ где } R \text{ – радиус земной орбиты. Поэтому } d = vt_1 = \frac{2\pi R}{t_2} t_1.$$

Подставляя числовые данные, получаем, что ширина потока:

$$d = 103\,000\,000 \text{ км.}$$

4. На каком расстоянии от глаза надо держать булавочную головку, чтобы она закрывала лунный диск? Диаметр булавочной головки 3 мм, радиус Луны 1740 км, расстояние от Земли до Луны 384000 км.

**Решение:**

Сделать рисунок, на котором булавочная головка, закрывает Луну от Вашего глаза. Как видно, треугольники  $AOB$  и  $A_1OB_1$  подобны. Значит, их соответствующие стороны пропорциональны:  $\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{AO}{A_1O}$ .

Т.е. расстояние  $AO$  до булавочной головки равно  $AO = \frac{AB \cdot A_1O}{A_1B_1}$

Подставляя  $AB = 1,5$  мм (радиус булавочной головки),  $A_1B_1 = 1740$  км (радиус Луны),  $A_1O = 384000$  км (расстояние до Луны), получаем расстояние до булавочной головки  $AO = 330$  мм = 33 см.

5. В конце XIX в. Некоторые ученые полагали, что источником энергии Солнца является химические реакции горения, в частности, горения угля. Приняв, что удельная теплота сгорания угля  $q = 10^7$  Дж/кг, масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, а светимость  $4 \cdot 10^{26}$  Вт, приведите веские доказательства неправильности этой гипотезы.

**Решение:**

Запасы тепла без учета кислорода составляют  $Q = qM = 2 \cdot 10^{37}$  Дж. Этого запаса хватит на время  $t = \frac{Q}{L} = \frac{2 \cdot 10^{37}}{4 \cdot 10^{26}} = 5 \cdot 10^{10}$  с = 1586 лет. Юлий Цезарь жил более 2000 лет назад, динозавры вымерзли около 60 млн. лет назад, так что за счет химических реакций Солнце светить не может.

6. Это медаль японского астрономического общества. «Прочтите», за какие заслуги она присваивается японским астрономам?

**Решение:**

Это медаль присваивалась японским астрономическим обществом за открытие комет.

**Решение заданий школьного этапа всероссийской олимпиады  
школьников по астрономии**

**11 класс**

**1.** Вычислите массу Солнца, если угловая скорость обращения Земли составляет  $1^\circ$  в сутки. Постоянная тяготения  $G=6,67 \cdot 10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>, а расстояние от Земли до Солнца считать  $R=1,49 \cdot 10^8$  км.

**Решение:**  $\omega=1^\circ/\text{сут}$ ,  $1 \text{ рад}=57,3^\circ$  следовательно  $1^\circ=0,0017 \text{ рад/сут} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ рад/с}$ .

Орбитальная скорость Земли  $v = \omega R = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 1,49 \cdot 10^8 \cdot 10^3 = 2,98 \cdot 10^4 \text{ м/с}$ .

Сила всемирного тяготения  $F = G \frac{M_c M_3}{R^2}$  сообщает Земле центростремительное ускорение  $M_3 a = \frac{GM_c M_3}{R^2}$ . Сократим на массу Земли и,

учитывая что  $a = v^2 / R$ , выразим массу Солнца  $M = \frac{v^2 R}{G} = 1,9 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ .

**2.** Если звезда находится на эклиптике, то какова была разность между наблюдаемыми её лучевыми скоростями 9 сентября 1979 года и 7 марта следующего года?

**Решение:** скорость Земли относительно звезды в эти два момента противоположна, так как моменты разделены полугодом, и, следовательно, равна удвоенной скорости Земли в проекции на луч зрения, направленный к звезде. Таким образом, эта скорость будет меняться от 0 до  $\pm 60$  км/с, в зависимости от места звезды на эклиптике.

**3.** Что это за облако, плывущее в космосе? Это не космическая туманность – оно не перемещается по небу. Облака в земной атмосфере не могут так выглядеть. Оказалось, что это – вращающееся по орбите облако из остатков верхней ступени неисправной российской ракеты, которая неожиданно взорвалась.

Объясните, почему облако имеет сферическую форму. Как оно себя поведёт в дальнейшем?

**Решение:**

1) В момент взрыва какая-то часть ракеты (может быть, топливо) быстро превратилось в газ, и давление этого газа разорвало ракету. По закону Паскаля, давление газа передаётся одинаково во всех направлениях, так что и остатки ракеты разлетаются во всех направлениях. Множество этих остатков (обломки, пыль, газообразные продукты взрыва), разлетаясь во всех направлениях, и образуют сферу.

2) Облако под давлением газа будет расширяться, давление при этом будет падать (поскольку увеличивается объём), так что расширение будет постепенно замедляться. В какой-то момент облако станет настолько разреженным, что его не будет видно.

Центр масс облака (совпадающий с центром масс бывшей ракеты) будет продолжать двигаться по орбите до тех пор, пока существенная часть

осколков не столкнётся с каким-нибудь препятствием. Этим препятствием, к сожалению, могут быть другие космические аппараты.

**4.** Как известно, мы наблюдаем метеоры (и загадываем желания), когда Земля в своем движении по орбите проходит через метеорный поток. Оцените ширину метеорного потока, метеоры которого наблюдались с 16 июля по 24 августа. Предполагается, что движение Земли перпендикулярно потоку. Радиус земной орбиты 150 миллионов километров.

**Решение:** Метеоры этого потока наблюдаются в течение  $t_1 = 40$  дней. Если знать скорость  $v$  движения Земли по орбите, то мы смогли бы вычислить ширину потока:  $d = vt_1$ .

Эту скорость мы можем вычислить, зная, что Земля проходит один круг по орбите за  $t_2 = 365$  дней. Зная формулу длины окружности, можно вычислить скорость:  $v = \frac{2\pi R}{t_2}$ , где  $R$  – радиус земной орбиты. Поэтому

$d = vt_1 = \frac{2\pi R}{t_2} t_1$ . Подставляя числовые данные, получаем, что ширина потока:

$$d = 103\,000\,000 \text{ км.}$$

**5.** Оцените давление в центре Юпитера. Его радиус 71400 км, а масса  $1,9 \cdot 10^{27}$  кг.

**Решение:** Давление в центре планеты можно оценить по формуле давления столба жидкости:  $p = \rho gh$ , где  $\rho$  – средняя плотность вещества планеты,  $g$  – ускорение свободного падения на ней, а  $h$  – высота столба жидкости, равная радиусу планеты. Для более точной оценки нужно вспомнить, что по мере продвижения вглубь планеты  $g$  убывает, обращаясь в нуль в центре планеты, т.е. в формулу для давления нужно подставлять среднее  $g$ , равное половине максимального. Подставляя

$$r = \frac{M}{V} = \frac{M}{4/3\pi R^3}; \quad g_{\max} = G \frac{M}{R^2}; \quad H = R, \quad \text{получаем:}$$

$$p = \frac{3M}{4\pi R^3} G \frac{M}{2R^2} R = G \frac{3M}{8\pi R^4}.$$

Подставляя численные данные, получаем  $p = 1,1 \cdot 10^{12}$  Па, что в 11 миллионов раз больше земного атмосферного давления.

**6.** Попробуйте найти полный ответ на вопрос: при каких условиях на планете не происходит смена дня и ночи.

**Решение:** Чтобы нигде на планете не происходила смена дня и ночи, требуется одновременное выполнение трёх условий:

а) угловые скорости орбитального и осевого вращения должны совпадать (продолжительность года и звёздных суток одинакова),

б) ось вращения планеты должна быть перпендикулярна плоскости орбиты,

в) угловая скорость орбитального движения должна быть постоянна, планета должна иметь круговую орбиту,

г) очень плотная атмосфера.