

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
2019/2020 УЧЕБНЫЙ ГОД**

9 КЛАСС (РЕШЕНИЯ)

1. (8 баллов) Спутник движется вокруг Земли в сторону вращения Земли по круговой орбите радиуса 38400 км. В некий день он пролетел над пунктом 20° с.ш., 15° в.д. Какую долготу будет иметь пункт на той же широте, над которым спутник пролетит через оборот по орбите?

Решение. Определим период обращения спутника. Сравним его движение с движением Луны по орбите. Радиус его орбиты равен 0,1 радиуса орбиты Луны. Тогда определим период спутника, сопоставив параметры его орбиты с параметрами лунной орбиты, используя закон Кеплера:

$$\frac{T_{\text{сп}}^2}{T_{\text{л}}^2} = \frac{a_{\text{сп}}^3}{a_{\text{л}}^3} \Rightarrow T_{\text{сп}} \approx 0,03 T_{\text{л}} \approx 0,8 \text{ сут.}$$

За время орбитального периода спутника Земля повернётся на $0,8 \cdot 360^{\circ} \approx 290^{\circ}$. Тогда долгота, над которой пролетит спутник, равна $360^{\circ} + 15^{\circ} - 290^{\circ} = 85^{\circ}$ в.д.

2. (8 баллов) Имеется 2 астероида. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на тело массой 9 кг со стороны 1 астероида, если модуль ускорения свободного падения вблизи его поверхности равен $0,2 \text{ м/с}^2$. Чему будет равен модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности другого астероида, объём которого в 8 раз меньше? Оба астероида однородные, сферические и состоят из железа.

Решение. Модуль силы тяжести у поверхности 1 астероида можно определить по формуле $F=ma$, $F=1,8 \text{ Н}$. Для определения ускорения свободного падения у поверхности второго астероида на основе закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона выводим формулу отношения ускорений свободного падения 2 и 1 астероида:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{m_2}{m_1} \frac{r_1^2}{r_2^2}.$$

Выражаем массу через плотность и объём, а радиус через объём, получаем расчетную формулу для ускорения свободного падения у поверхности 2 астероида:

$$a_2 = \frac{v_2}{v_1} \sqrt[3]{\frac{v_1^2}{v_2^2}} a_1.$$

Подставляем численные значения $a = 0,1 \text{ м/с}^2$. Рассчитываем модуль силы тяжести $F_2 = 0,9 \text{ Н}$.

3. (8 баллов) В какое время года Луна в полнолуние поднимается над горизонтом на максимальную высоту и почему?

Решение. Двигаясь по эклиптике, Солнце отходит дальше всего от экватора в сторону северного полюса мира 22 июня, при этом, Солнце поднимается на максимальную высоту. В день зимнего солнцестояния Солнце поднимается на минимальную высоту над горизонтом. Поскольку в условии задания указано полнолуние, то Луна находится противоположно Солнцу. Луна движется почти по эклиптике (угол наклона к эклиптике всего 5°). Таким образом, зимой Луна поднимается выше над горизонтом, чем летом.

4. (8 баллов) Вращение нашей планеты постепенно замедляется. Главная виновница этого – Луна, которая вызывает на Земле приливы, бегущие по поверхности планеты с востока на запад. За 100 лет длина земных суток возрастает на 0,0016 с. Через сколько лет Земля в своём вращении отстанет ровно на 1 оборот?

Решение. Механической аналогией для этой задачи может также служить гонка двух поездов, один из которых сохраняет постоянную скорость (движение без торможения, гипотетическая Земля), а второй движется равноускорено, с постоянным торможением (реальная Земля). Если поезда вышли из одной точки с одинаковыми скоростями, а ускорение второго поезда равно a , то со временем расстояние между ними составит $S = (at^2)/2$. Если величину S мы хотим измерять в сутках (т.е. в оборотах планеты), а время – в годах, то значение $a = 0,0016 \text{ с/сут}$ (100 лет) следует перевести в единицы сут/год^2 . Очевидно, для этого требуется разделить его на количество секунд в сутках и умножить на количество суток в году:

$$a = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 365,24 / (100 \cdot 86\,400) = 6,76 \cdot 10^{-8} \text{ сут/год}^2.$$

Теперь мы легко определим время, за которое Земля отстанет на 1 оборот ($S = 1 \text{ сут}$):

$$t = (2S/a)^{1/2} = (2 / 6,76 \cdot 10^{-8} \text{ сут/год}^2)^{1/2} = 5\,440 \text{ лет}.$$

Таким образом, с эпохи фараонов и до наших дней Земля «не докрутила» один оборот.

5. (8 баллов) Весной 2016 года состоялось достаточно редкое явление – прохождение Меркурия по диску Солнца. Следующее прохождение можно будет наблюдать лишь 7 мая 2049 года. Как называется конфигурация

планеты, при которой можно наблюдать указанное явление? Почему наблюдать его удастся так редко, хотя период обращения Меркурия вокруг Солнца достаточно мал? Каково будет расстояние от Меркурия до Земли в момент наблюдения? Каков его угловой диаметр? (Большая полуось орбиты Меркурия - 0,39 а.е. Наклонение орбиты к плоскости эклиптики 7 градусов, линейный диаметр - 2439,7 км.)

Решение. Меркурий проходит по диску Солнца в конфигурации нижнего соединения. Моменты нижнего соединения разделены синодическим периодом Меркурия (116 суток). Вследствие достаточно большого наклона плоскости орбиты Меркурия к плоскости орбиты Земли (плоскости эклиптики, 7°) в подавляющем большинстве случаев планета проходит на небе севернее или южнее Солнца. Прохождение Меркурия по диску Солнца может произойти, если нижнее соединение наступает вблизи линии узлов орбиты планеты – линии пересечения плоскостей орбит Меркурия и Земли. Расстояние между планетами в момент нижнего соединения есть разница между расстояниями от Земли и Меркурия до Солнца. Расчет можно произвести или в млн. км или в а.е.:

$$149,6 - 57,9 = 91,7 \text{ млн. км,}$$

$$1,0 - 0,39 = 0,61 \text{ а.е.}$$

Угловой диаметр составляет приблизительно 11 угловых секунд.

6. (8 баллов) Диск Луны виден у горизонта в виде полукруга, выпуклостью влево. В какую сторону мы смотрим, приблизительно в котором часу, если наблюдение происходит 21 сентября? Ответ обоснуйте.

Решение. Если Луна видна у горизонта, то в принципе её можно видеть либо на западе, либо на востоке. Выпуклость вправо соответствует фазе I четверти, когда Луна отстаёт в суточном движении от Солнца на 90°. Если Луна у горизонта на западе, то это соответствует полуночи, Солнце в нижней кульминации, причём точно на западе это произойдёт в дни равноденствий. Следовательно, Луну согласно условиям задачи можно наблюдать на западе у горизонта, приблизительно в полночь.

Максимальное количество баллов – 48.