

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2020/21 учебный год
11 класс**

Задание № 1

Меркурий и Титан, спутник Сатурна, имеют примерно одинаковые массы и размеры, но у Титана есть довольно плотная атмосфера, а у Меркурия – нет. Как Вы думаете, почему?

Решение

То, что Титан и Меркурий имеют одинаковые размеры и массы, означает, что вторая космическая скорость, т. е. скорость, позволяющая телу улететь от поверхности навсегда, для них одинакова. Но в атмосфере Титана молекулы двигаются медленно, т. к. Титан расположен далеко от Солнца и температура его атмосферы мала, поэтому достаточно тяжелые молекулы в ней удерживаются. А в атмосфере Меркурия, если бы она была, молекулы двигались бы с намного большими скоростями, т. к. они сильнее бы разгонялись из-за нагрева близким расположенным Солнцем, поэтому Меркурий не способен удержать возле поверхности даже тяжелые молекулы.

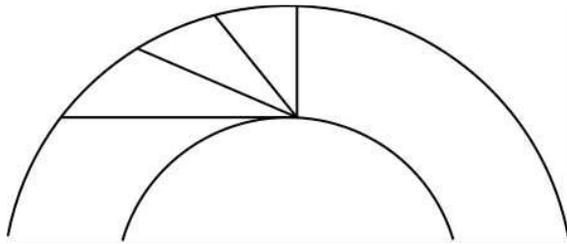
Критерии оценивания

Попытка решения не принесла существенных продвижений,
однако приведены содержательные астрономические или
физические соображения, которые можно использовать
при решении данного задания.....1 балл
Правильно угадан ответ без обоснования.....2 балла
Правильно угадан ответ с неверным обоснованием..... 3 балла
Задание решено частично.....4 балла
Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов
Задание решено полностью.....8 баллов

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 2

Почему звезда становится ярче по мере того, как поднимается над горизонтом?

Решение

Атмосфера Земли поглощает свет звезд. Поглощение тем больше, чем более «толстый» слой атмосферы проходит свет. Чем выше поднимается звезда над горизонтом, тем меньший путь в атмосфере проходит ее свет (см. рис.), следовательно, тем меньше света поглощается и звезда кажется более яркой.

Критерии оценивания

Попытка решения не принесла существенных продвижений,

однако приведены содержательные астрономические или

физические соображения, которые можно использовать

при решении данного задания.....1 балл

Правильно угадан ответ без обоснования.....2 балла

Правильно угадан ответ с неверным обоснованием..... 3 балла

Задание решено частично.....4 балла

Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов

Задание решено полностью.....8 баллов

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 3

Сферический астероид диаметром 22 м на круговой орбите радиусом 1,3 а.е. вращается вокруг своей оси с периодом, равным 15 секундам. Во сколько раз скорость движения точек на его экваторе относительно центра отличается от скорости его движения по орбите?

Решение

Скорость вращения астероида на экваторе равна $2\pi R/P$, где R – радиус астероида, P – период его обращения. Радиус астероида равен $22/2 = 11$ м, тогда скорость движения точек на его экваторе

$$v = \frac{2\pi R}{P} \approx \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 11}{16} = 4.3 \text{ м/с.}$$

Для определения орбитальной скорости вычислим период обращения астероида по орбите с помощью III закона Кеплера для Солнечной системы:

если выразить большую полуось в астрономических единицах, а период обращения в годах, то

$$T^2 = a^3 \implies T = \sqrt{a^3} = 1.5 \text{ года.}$$

Скорость обращения планеты по круговой орбите можно определить как отношение длины орбиты к периоду обращения

$$V = \frac{2\pi a}{T} = \frac{2\pi \cdot 1.3 \cdot 1.5 \cdot 10^8 \text{ км}}{1.5 \cdot 3.2 \cdot 10^7 \text{ с}} \approx 26 \text{ км/с.}$$

Тогда отношение скоростей равно

$$\frac{V}{v} = \frac{26 \cdot 10^3}{4.3} = 6 \cdot 10^3.$$

Критерии оценивания

Вычислена скорость движения точек на экваторе.....3 балла
Вычислена скорость движения по орбите..... 3 балла
Задание решено частично.....4 балла
Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов
Задание решено полностью.....8 баллов
Если числовые значения скоростей не вычислялись, а итоговый ответ был получен в виде формулы и оказался правильным.....8 баллов

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 4

Опишите, как и почему изменяется поведение маятника Фуко на экваторе и на Северном полюсе.

Решение

Полюса Земли – идеальное место для демонстрации суточного вращения Земли с помощью маятника Фуко. Закрепленный в неподвижной точке на Земле, маятник будет сохранять плоскость своих колебаний во внешней системе координат, а Земля будет вращаться под маятником. В результате земной наблюдатель регистрирует равномерное вращение плоскости колебаний маятника относительно земных предметов с периодом в одни сутки.

На экваторе Земли ситуация совершенно противоположная. Ось маятника будет перпендикулярна оси вращения Земли, и поверхность Земли не будет совершать вращения относительно оси маятника. Плоскость колебаний маятника Фуко не будет смещаться относительно земных предметов, и доказать осевое вращение Земли с помощью маятника Фуко не удастся.

Критерии оценивания

Попытка решения не принесла существенных продвижений,

однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания.....1 балл
Правильно угадан ответ без обоснования.....2 балла
Правильно угадан ответ с неверным обоснованием..... 3 балла
Задание решено частично.....4 балла
Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов
Задание решено полностью.....8 баллов
Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 5

Как будут идти маятниковые часы, доставленные с Земли на поверхность Марса? Вычислите, во сколько раз измениться «ход» часов.

Решение

Ускорение свободного падения на поверхности планеты g равно.

$$g = \frac{GM}{R^2}, \quad (1)$$

где M и R — масса и радиус планеты. Масса Марса составляет $0,107$ от массы Земли, а его радиус — $0,533$ радиуса Земли. В итоге ускорение свободного падения g на Марсе равно $0,377$ от этой же величины на Земле. Период колебаний часов T с маятником длины l равен

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}, \quad (2)$$

и маятниковые часы на Марсе будут идти в $1,629$ раз медленнее, чем на нашей планете.

Критерии оценивания

Правильно записано уравнение (1).....2 балла
Правильно определены масса и радиус Марса.....1 балл
Правильно записано уравнение (2).....3 балла
Представлен правильный ответ.....2 балла

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 6

На какой географической широте Солнце кульминирует в день летнего солнцестояния на зенитном расстоянии $10^\circ 41'$ к северу от зенита? Чему

равна полуденная и полуночная высота Солнца на той же широте в дни обоих равноденствий и солнцестояний?

Решение

Раз Солнце кульминирует к северу от зенита, то дело происходит южнее широты северного тропика, где в этот день кульминация происходит точно в зените. Широта тропика составляет $+23^{\circ}26'$, а указанная точка располагается на $10^{\circ}41'$ южнее, то есть ее широта равна $+12^{\circ}45'$.

Во время равноденствий и солнцестояний верхняя кульминация Солнца на этой широте происходит к югу от зенита, и высота Солнца вычисляется по формуле:

$$h = 90^{\circ} - \varphi + \delta,$$

где δ – склонение Солнца, равное нулю во время равноденствий и $-23^{\circ}26'$ во время зимнего солнцестояния. Высоты в верхней кульминации получаются равными $77^{\circ}15'$ и $53^{\circ}51'$.

Нижняя кульминация происходит на севере в дни равноденствий и на юге в день зимнего солнцестояния. Высота Солнца в нижней кульминации в дни равноденствия составляет

$$h = -90^{\circ} + \varphi + \delta = -77^{\circ}15',$$

в день зимнего солнцестояния:

$$h = \delta - (90^{\circ} - \varphi) = -23^{\circ}26' - (90^{\circ} - 12^{\circ}45') = -100^{\circ}41'$$

Высота в нижней кульминации получилась меньше -90° , это означает, что нижняя кульминация Солнца происходит под точкой юга. Поэтому действительная высота

$$h = -(180^{\circ} - 100^{\circ}41') = -79^{\circ}19'$$

Критерии оценивания

Правильно определено, что наблюдение происходит южнее широты северного тропика, где в этот день кульминация происходит точно в зените.....1 балл

Правильно определена географическая широта наблюдения.....1 балл

Правильно определены высоты в верхней кульминации во время равноденствий и солнцестояний.....3 балла

Правильно определены высота Солнца в нижней кульминации в дни равноденствия и в день зимнего солнцестояния.....3 балла

За ошибки в вычислениях снимается 1 балл.

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу 48 баллов