

Задача 1. (тема: 6.1. Закон Всемирного тяготения, движение по круговой орбите – 1).

Условие

Используя табличные данные, определить ускорение свободного падения на Венере.

Решение. Ускорение свободного падения можно вычислить из закона Всемирного тяготения как $g = GM/R^2$, где M – масса планеты; R – радиус планеты.

Массу Венеры вычислим как $M = \rho V = 4\rho \pi R^3/3$, где ρ – плотность Венеры.

Объединяя формулы, имеем: $g = 4G\rho\pi R/3 = 8,82 \text{ м/с}^2$

Критерии оценивания

1. Понятие ускорения свободного падения – 2 балла
2. закон Всемирного тяготения – 2 балла
3. Умение пользоваться справочными материалами – 2 балла
4. Вычисление результата – 2 балла

Задача 2. (тема: 7.1. Схемы и принципы работы телескопов, категория – 1).

Условие:

Каков размер объекта, различимого на поверхности Земли, для космонавта с остротой зрения $2'$ из космического корабля с высоты 220км?

Решение.

Из тригонометрии следует $R = D \cdot q$. Следует учесть соотношение между градусной и радианной мерами $1 \text{ рад} = 206265''$. Тогда $R = \frac{Dq}{206265}$

Размер объекта составит 130м.

Ответ 130 метров.

Критерии оценивания

1. Чертеж условия задачи – 2 балла
2. Тригонометрическое соотношение – 2 балла
3. Соотношение между системами измерений – 2 балла
4. Вычисление результата – 2 балла

Задача 3. (тема: 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите, категория – 2).

Условие:

Определите первую космическую скорость при старте с поверхности Марса, используя справочные данные.

Решение.

Первая космическая скорость – это скорость, позволяющая любому объекту преодолеть тяготение небесного тела. Или первая космическая скорость — это минимальная скорость, при которой тело, движущееся горизонтально над

поверхностью планеты, не упадет на неё, а будет двигаться по круговой орбите. Для расчета надо рассмотреть равенство центростремительной силы и силы тяготения.

$$mv^2/R = GMm/R^2 \Rightarrow v^2 = GM/R.$$

Вычисление дает результат $v = 3,55 \text{ км/с}$

Критерии оценивания

1. Понятие первой космической скорости – 2 балла
2. Понятие центростремительной силы – 2 балла
3. Закон всемирного тяготения – 2 балла
4. Вычисление результата – 2 балла

Задача 4. (тема: 7.1. Схемы и принципы работы телескопов, категория – 2).

Условие:

В телескоп на Луне можно рассмотреть объекты, размер которых 1 км. Какие размеры объектов на Меркурии можно различить в этот же телескоп?

Решение.

Так как используют один телескоп, то его характеристики не изменяются. Значит можно воспользоваться соотношением $R_1 \setminus D_1 = R_2 \setminus D_2$ или $R_2 = R_1 D_2 \setminus D_1$

Тогда $R_2 = 1 * 57,9 * 10^6 \setminus 384400 = 150,6 \text{ км}$.

Критерии оценивания

1. Понятие разрешающей силы телескопа – 2 балла
2. Вывод формулы – 3 балла
3. Вычисление результата – 3 балла

Задача 5. (тема: 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите, категория – 2).

Условие:

Определите угловую и линейную скорости вращения Земли вокруг своей оси на разных широтах (на широте Брянска обязательно) и вокруг Солнца. Орбиту планеты считать круговой.

Решение.

Известно, что Земля вращается вокруг своей оси. Это определяет смену дня и ночи. Один оборот вокруг своей оси Земля делает за 23 часа 56 минут 4,09 секунды. В обычной жизни принято считать этот период, или одни сутки, равным 24 часа. Для простоты счета будем использовать это значение. Тогда угловая скорость для любой точки земной поверхности составит $\omega = \varphi/T$.

$$T = 24 * 3600 = 86400 \text{ с}$$

$$\omega = 2\pi/86400 = 7,27 * 10^{-5} \text{ (рад/с) или } \omega = 360/86400 = 4,17 * 10^{-3} \text{ (}^\circ\text{/с) = } 15 \text{ (}^\circ\text{/ч)}$$

Линейная скорость точек земной поверхности при вращении Земли вокруг своей оси зависит от широты места наблюдения. $v = 2\pi R/T$

Рассчитает для экватора: $R = 6400 \text{ км} = 6400000 \text{ м}$.

$$\text{Тогда } v = (2 * 3,14 * 6400000) / 86400 = 465 \text{ м/с} = 1674 \text{ км/ч}$$

На широте Брянска ($\varphi = 53^\circ 15'$) радиус вращения составит $6400 * \sin 53^\circ 15' = 5120 \text{ км}$.

$$\text{Тогда } v = (2 * 3,14 * 5120000) / 86400 = 372,15 \text{ м/с} = 1340 \text{ км/ч}$$

При рассмотрении движения Земли вокруг Солнца будем считать, что орбита Земли имеет форму окружности. При этом Землю можно считать материальной точкой. Тогда угловая скорость составит $\omega = \varphi/T = 2\pi/365 = 0,017(\text{рад/день}) = 0,986(^{\circ}/\text{день})$.

Линейная скорость составит: $v = 2\pi R/T$

$$v = (2 * 3,14 * 149 * 10^6) / 365 = 2,56 * 10^6 \text{ (км/день)} = 29,8 \text{ (км/с)}$$

Ответ: вращение вокруг своей оси $15(^{\circ}/\text{ч})$, вращение вокруг Солнца $0,986(^{\circ}/\text{день})$.

Критерии оценивания

1. Вычисление линейной скорости на экваторе – 3 балла
2. Вычисление линейной скорости на широте Брянска – 3 балла
3. Вычисление угловой скорости – 2 балла

Задача 6. (тема: 6.2. Механика планет в Солнечной Системе (приближение круговых орбит), категория –2).

Условие :

Определите среднее расстояние Венеры от Солнца, если ее нижние соединения с Солнцем повторяются через 1,6 года.

Решение.

Синодический период – это промежуток времени между последовательными одинаковыми конфигурациями планет. Так как Венера – внутренняя планета для наблюдателя Земли, то формула синодического периода имеет вид

$$S = T_3 T_B / (T_3 - T_B)$$

Найдем сидерический период Венеры : $T_B = S T_3 / (T_3 + S) = 1,6 / 2,6 = 0,615$ года.

Согласно третьему закону Кеплера : $T_1^2 / T_2^2 = a_1^3 / a_2^3$

Зная, что $T_3 = 1$ год, $a_3 = 1$ а.е., получим $a_B = 0,72$ а.е.

Критерии оценивания

1. Понятие синодический период – 2 балла
2. Третий закон Кеплера – 2 балла
3. Вычисление сидерического периода Венеры – 2 балла
4. Вычисление результата – 2 балла