



Задания, ответы и критерии оценивания

Полет к Марсу

Ракетная техника – это наиболее эффективный инструмент исследования Солнечной системы. С помощью ракет возможна высадка на планеты и непосредственное их изучение.

На сегодняшний день наиболее доступной планетой для исследований является Марс. Для этого необходимо решить целый комплекс задач. Первая задача – выбор даты полета. Эта проблема связана с тем, что Земля и Марс движутся вокруг Солнца по эллиптическим траекториям. Поэтому расстояние между планетами переменное. Минимальное расстояние составляет 54,6 млн. км и наблюдается через каждые 15 -17 лет. Такое явление называется Великим противостоянием. Среднее расстояние между Землей и Марсом 225 млн.км. Второе – необходимо разработать схему полета, третье и самое важное – разработать и построить ракетный комплекс, который может включать: ракету для вывода комплекса на земную орбиту, корабль в котором находится экипаж и оборудование, транспортный модуль, обеспечивающий перелет, и взлетно - посадочный комплекс. Транспортный модуль – это большая ракета с возможностью многократного включения двигателей позволяющей осуществлять маневрирование.

Какие этапы может включать полет?

1. Вывод корабля на околоземную орбиту.
2. Старт с орбиты и переход в межпланетный полет.
3. Вывод транспортного модуля на околомарсианскую орбиту.
4. Отделение и посадка взлетно-посадочного комплекса на поверхность Марса.
5. После окончания работ, вывод взлетно-посадочного комплекса на околомарсианскую орбиту.
6. Стыковка комплекса с транспортным модулем.
7. Старт к Земле и выход на околоземную орбиту.
8. Посадка на Землю.

Предлагаемые задания позволят сформировать представление о возможном полете человека на Марс.

Задача №1 (5б за правильный ответ, 20б за правильный ответ с решением)

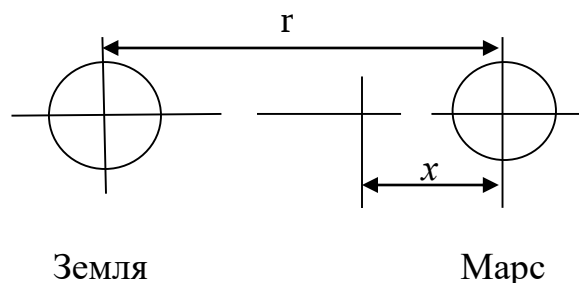
Определить положение точки Лагранжа (точки на прямой, соединяющей центры Земли и Марса, в которой гравитация Земли уравновешивается гравитацией Марса). Расстояние между планетами во время Великого противостояния $r = 54,6$ млн.км. Масса Земли $M_3 = 6 \cdot 10^{24}$ кг, масса Марса $M_M = 6,4 \cdot 10^{23}$ кг.

Решение

1. Переведем исходные данные в задаче в систему СИ

$$r = 54,6 \text{ млн.км} = 54,6 \cdot 10^9 \text{ м.}$$

2. На тело любой массы m действует гравитация со стороны Земли F_3 и со стороны Марса F_M .



$$F_3 = G \frac{M_3 \cdot m}{(r-x)^2}; \quad F_M = G \frac{M_M \cdot m}{x^2};$$

$$F_3 = F_M; \quad G \frac{M_3 \cdot m}{(r-x)^2} = G \frac{M_M \cdot m}{x^2};$$

или

$$\frac{M_3}{(r-x)^2} = \frac{M_M}{x^2}.$$

Извлечем квадратный корень из правой и левой частей уравнения

$$\frac{\sqrt{M_3}}{r-x} = \frac{\sqrt{M_M}}{x}, \text{ отсюда } x = \frac{r\sqrt{M_M}}{\sqrt{M_3} + \sqrt{M_M}};$$

$$x = \frac{54,6 \cdot 10^9 \sqrt{6,4 \cdot 10^{23}}}{\sqrt{6 \cdot 10^{24}} + \sqrt{6,4 \cdot 10^{23}}} = 13,44 \cdot 10^9 \text{ м.}$$

Ответ: $x = 13,44 \cdot 10^9$ м

Задача №2 (5б за правильный ответ, 20б за правильный ответ с решением)

Определить ускорение свободного падения на поверхность Марса. Радиус планеты $R = 3430$ км, масса $M = 6,4 \cdot 10^{23}$ кг. Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

Решение

1. Переведем исходные данные в задаче в систему СИ

$$R = 3430 \text{ км} = 3,43 \cdot 10^6 \text{ м.}$$

2. На тело, находящееся на поверхности планеты действует сила тяжести:

$$mg = G \frac{Mm}{R^2};$$

$$g = \frac{GM}{R^2};$$

$$g = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,4 \cdot 10^{23}}{(3,43 \cdot 10^6)^2} = 3,63 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $g = 3,63 \text{ м/с}^2$

Задача №3 (5б за правильный ответ, 20б за правильный ответ с решением)

Космический корабль, имеющий скорость $v = 10$ км/с, попадает в неподвижное облако микрометеоров. В 1 м^3 пространства находится 1 микрометеор. Масса каждого микрометеора $m_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ кг. На сколько должна вырасти сила тяги двигателя, чтобы скорость корабля не изменилась? Лобовое сечение корабля 49 м^2 . Удар микрометеоров об обшивку корабля считать неупругим.

Решение

1. Переведем исходные данные в задаче в систему СИ

$$v = 10 \text{ км/с} = 10^4 \text{ м/с.}$$

2. Масса увлекаемых частиц в единицу времени:

$$m = m_0 n S v.$$

3. Соударения неупругие, поэтому импульс сообщаемый увлекаемой массе в единицу времени

$$P = m_0 n S v^2.$$

4. Сила, действующая на корабль, равна изменению импульса системы в единицу времени:

$$\Delta F = m_0 n S v^2;$$

$$\Delta F = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 49 \cdot (10^4)^2 = 98 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Ответ: $\Delta F = 98 \cdot 10^3 \text{ Н}$

Задача №4 (5б за правильный ответ, 20б за правильный ответ с решением)

Спутник Марса поднимают на высоту $h = 3430$ км и запускают его по круговой орбите на той же высоте. Определите отношение работы на поднятие (A_1) и на запуск (A_2) спутника. Радиус Марса $R_M = 3430$ км.

Решение

1. Переведем исходные данные в задаче в систему СИ

$$h = 3430 \text{ км} = 3,43 \cdot 10^6 \text{ м};$$

$$R_M = 3430 \text{ км} = 3,43 \cdot 10^6.$$

2. $R = R_M + h$.

3. Работа A_1 равна изменению потенциальной энергии спутника

$$A_1 = G \frac{mM}{R_M} - G \frac{mM}{R_M + h} = \frac{GmMh}{R_M(R_M + h)};$$

$$A_2 = \frac{mv^2}{2}; \quad \frac{mv^2}{R} = G \frac{mM}{R^2};$$

$$A_2 = \frac{GmM}{2R} = \frac{GmM}{2(R_M + h)};$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{h \cdot 2(R_M + h)}{R_M(R_M + h)} = \frac{2h}{R_M} = 2.$$

Ответ: $\frac{A_1}{A_2} = 2$

Задача №5 (5б за правильный ответ, 20б за правильный ответ с решением)

Определить время полета от Земли до Марса ракеты, двигающейся со скоростью $v = 12$ км/с. Минимальное расстояние между планетами $S = 54,6$ млн.км. Считать, что движение ракеты происходит по прямой, соединяющей планеты.

Решение

1. Переведем исходные данные в задаче в систему СИ

$$S = 54,6 \text{ млн. км} = 54,6 \cdot 10^9 \text{ м}; \quad v = 12 \text{ км/с} = 12 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

2. Время полета

$$t = \frac{S}{v};$$

$$t = \frac{54,6 \cdot 10^9}{12 \cdot 10^3} = 4,55 \cdot 10^6 \text{ с}.$$

Ответ; $t = 4,55 \cdot 10^6 \text{ с}.$