



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Авиационная и ракетно-космическая техника»

7-9 классы

Заключительный этап

2021-2022

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (20 баллов)

На каком расстоянии от центра Земли находится центр тяжести системы Земля – Луна? Масса Земли $M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$; масса Луны $M_L = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$.

Ответ: $\approx 4568 \text{ км}$.

Решение.

Начало отсчета совместим с центром Земли, и ось направим в сторону Луны. По определению центра масс:

$$x_C = \frac{M_3 \cdot x_3 + M_L \cdot x_L}{M_3 + M_L} = \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 0 + 7,3 \cdot 10^{22} \cdot 380\,000}{6 \cdot 10^{24} + 7,3 \cdot 10^{22}} \approx 4568 \text{ км}.$$

Задача 2 (20 баллов)

Космонавт, находясь на Луне, видел бы земной шар под углом $\alpha = 1^\circ 54'$. Зная диаметр Земли (12742 км), оцените, приблизительно, расстояние от Земли до Луны.

Ответ: $\approx 384000 \text{ км}$

Решение.

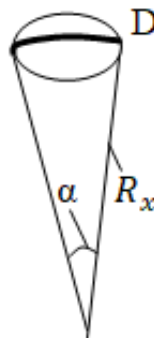
Длина дуги окружности радиусом R_x соответствующая 1°

$$L = \frac{2\pi R_x}{360},$$

Следовательно диаметр Земли

$$\frac{2\pi R_x}{360} \cdot \alpha = 12742$$

$$R_x = \frac{12742 \cdot 360}{2\pi \alpha} \approx 384000 \text{ км}$$



Задача 3 (20 баллов)

С воздушного шара, опускающегося вертикально вниз с постоянной скоростью $v_{01} = 2 \text{ м/с}$, бросили вертикально вверх камень со скоростью $v_{02} = 18 \text{ м/с}$ относительно Земли.

Какое расстояние S будет между шаром и камнем, когда камень достигнет высшей точки своей траектории?

Через какой промежуток времени t камень пролетит мимо шара, падая вниз?

Соппротивлением воздуха пренебречь. Результат округлить до целых.

Ответ: $S \approx 20 \text{ м}$, $t = 4 \text{ с}$.

Решение.

Уравнения движения камня:

$$x_1 = 18t - \frac{10t^2}{2}.$$

$$v_1 = 18 - 10t.$$

Уравнения движения шара:

$$x_2 = -2t.$$

В самой верхней точке $v_1 = 0$ м/с. Получаем, соответствующее время: $t = 1,8$ с.

В результате:

$$x_1 = 18 \cdot 1,8 - \frac{10 \cdot 1,8^2}{2} = 16,2 \text{ м.}$$

$$x_2 = -2 \cdot 1,8 = -3,6 \text{ м.}$$

Искомое расстояние: $S = x_1 + |x_2| = 19,8 \text{ м} \approx 20 \text{ м.}$

Когда камень пролетает мимо шара:

$$x_1 = x_2.$$

$$18t - \frac{10t^2}{2} = -2t.$$

Получаем: $t = 4$ с.

Задача 4 (20 баллов)

Летчик давит на сиденье кресла самолета в нижней точке петли Нестерова с силой 7200 Н. Масса летчика 80 кг, радиус петли 250 м.

Определите скорость самолета.

Ответ: 142 [м/с]

Решение.

В нижней точке траектории летчик находится под действием двух сил: силы тяжести и центробежной силы. Суммарная сила Р

$$P = mg + \frac{mv^2}{R}, \text{ отсюда:}$$

$$v = \sqrt{\frac{(P-mg)R}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{(7200-80 \cdot 9,8) \cdot 250}{80}} = 142 \text{ [м/с]}$$

Задача 5 (20 баллов)

Определите скорость тела, при которой оно становится спутником Земли. Радиус Земли $R = 6371$ км.

Ответ: 7,9 [км/с].

Решение.

По второму закону Ньютона:

$$\frac{mv^2}{R} = mg$$

$$v = \sqrt{R \cdot g} = \sqrt{6371 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 7,9 \text{ [км/с].}$$