

# Численное моделирование по физике

## Задание 1 (6 баллов).

### «Мертвая петля»

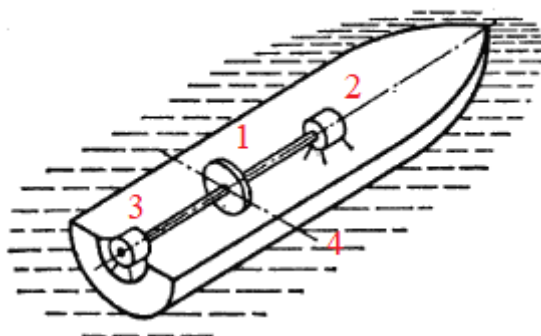
Тело массой  $m$ , разгоняется в горизонтальной плоскости и попадает на вертикально расположенный фрагмент кольца (дугу) радиуса  $R$  и угловым размером  $a$  ( $\pi/2 \leq a \leq 3\pi/2$ ). Определить скорость тела, необходимую для прохождения всей длины дуги. Изобразить траекторию тела после отрыва от дуги. Дуга имеет коэффициент трения  $\mu$ .

№	Масса тела $m$ , кг	Радиус кольца $R$ , м	Угловой размер дуги $a$ , рад	Коэффициент трения $\mu$
1	1	5	$\pi/2 + \pi/6$	0,01
2	2	4	$\pi/2 + \pi/3$	0,02
3	3	3	$\pi + \pi/6$	0,03
4	1	2	$\pi + \pi/3$	0,04
5	2	1	$\pi/2 + \pi/6$	0,05
6	3	2	$\pi/2 + \pi/3$	0,01
7	1	3	$\pi + \pi/6$	0,02
8	2	4	$\pi + \pi/3$	0,03
9	3	5	$\pi/2 + \pi/6$	0,04
10	1	4	$\pi/2 + \pi/3$	0,05
11	2	3	$\pi + \pi/6$	0,01
12	3	2	$\pi + \pi/3$	0,02
13	1	1	$\pi/2 + \pi/6$	0,03
14	2	2	$\pi/2 + \pi/3$	0,04
15	3	3	$\pi + \pi/6$	0,05
16	1	4	$\pi + \pi/3$	0,01
17	2	5	$\pi/2 + \pi/6$	0,02
18	3	4	$\pi/2 + \pi/3$	0,03
19	1	3	$\pi + \pi/6$	0,04
20	2	2	$\pi + \pi/3$	0,05
21	3	1	$\pi/2 + \pi/6$	0,01
22	1	2	$\pi/2 + \pi/3$	0,02
23	2	3	$\pi + \pi/6$	0,03
24	3	4	$\pi + \pi/3$	0,04
25	1	5	$\pi$	0,05

Задание 2 (6 баллов).

«Прецессия гироскопа»

На корабле вдоль продольной оси установлена турбина. Ротор турбины (1) имеет массу  $M$  и может считаться сплошным диском с радиусом  $R$ , который вращается с частотой 3000 об/мин. Расстояние между подшипниками (2 и 3) 5 м. Определить максимальные гироскопические давления на подшипники турбины при килевой качке с амплитудой  $a$  и периодом  $T$  вокруг оси (4), перпендикулярной оси ротора.



№	Масса ротора $M$ , кг	Радиус ротора $R$ , м	Амплитуда качки $a$ , °	Период качки $T$ , с
1	1000	0.5	от 5 до 10	от 6 до 11
2	2000	0.4	от 4 до 9	от 7 до 12
3	3000	0.3	от 3 до 8	от 8 до 13
4	4000	0.2	от 2 до 7	от 9 до 14
5	5000	0.1	от 3 до 8	от 10 до 15
6	1000	0.5	от 4 до 9	от 9 до 14
7	2000	0.4	от 5 до 10	от 8 до 13
8	3000	0.3	от 4 до 9	от 7 до 12
9	4000	0.2	от 3 до 8	от 6 до 11
10	5000	0.1	от 2 до 7	от 7 до 12
11	1000	0.5	от 3 до 8	от 8 до 13
12	2000	0.4	от 4 до 9	от 9 до 14
13	3000	0.3	от 5 до 10	от 10 до 15
14	4000	0.2	от 4 до 9	от 9 до 14
15	5000	0.1	от 3 до 8	от 8 до 13
16	1000	0.5	от 2 до 7	от 7 до 12
17	2000	0.4	от 3 до 8	от 6 до 11
18	3000	0.3	от 4 до 9	от 7 до 12
19	4000	0.2	от 5 до 10	от 8 до 13
20	5000	0.1	от 4 до 9	от 9 до 14
21	1000	0.5	от 3 до 8	от 10 до 15
22	2000	0.4	от 2 до 7	от 9 до 14
23	3000	0.3	от 3 до 8	от 8 до 13
24	4000	0.2	от 4 до 9	от 7 до 12
25	5000	0.1	от 5 до 10	от 6 до 11

Задание 3 (6+3 бонусных балла).

**"Лунолет"**

Инженер-электронщик лунной базы Иванов, тестируя автопилот малого лунного корабля забыл отключить цепь управления двигателем. В результате двигатель включился и корабль взлетел. Потеряв сознание от перегрузки, Иванов очнулся через некоторое время после отключения двигателя и обнаружил, что находится на высоте  $H_0$  и движется со скоростью  $V_{0y}$ .

Помогите Иванову благополучно посадить корабль на Луну. Для этого необходимо рассчитать на какой высоте необходимо включить двигатель, чтобы совершить безопасную посадку. Вертикальная посадочная скорость не должна превышать 3 м/с

Используемые константы:

1. Масса аппарата  $M$ .
2. Масса топлива  $m$ .
3. Ускорение свободного падения  $g_L$  на Луне.
4. Предельная перегрузка при маневрах  $a_{\max}$ .
5. Скорость истечения продуктов сгорания из реактивного двигателя  $V_p$ .

Исходные данные (в скобках значения констант). Ускорение силы тяжести на Луне  $1.62 \text{ м/с}^2$  ( $g_L = 1.62$ ). Масса корабля 2000 кг, плюс пилот в скафандре 150 кг ( $M=2150$ ).

Двигатель работает на керосине с жидким кислородом — скорость истечения продуктов сгорания 3660 м/с ( $V_p = 3660$ ). Начальные скорость и высота определены в варианте задания. В баках 150 кг топлива и окислителя ( $m = 150$ ). Расход топлива двигателем составляет 15 кг/с.

Для расчетов скорости воспользуйтесь уравнением Мещерского.

Упрощения модели:

- Рассматривается движение только по вертикали.
- Поверхность Луны считается плоской

Входные данные: согласно варианту

Варианты задания

№ варианта	Высота $H_0$ , м	Вертикальная скорость $V_{0y}$ , м/с
1	120	79
2	280	76
3	410	73
4	570	70

5	680	67
6	830	64
7	950	61
8	1070	56
9	1190	53
10	1300	50
11	1400	47
12	1500	46
13	1600	41
14	1700	38
15	1800	35
16	1900	32
17	2000	29
18	2100	26
19	2200	23
20	2300	20
21	2400	17
22	2500	14
23	2600	11
24	2700	8
25	2800	5

Построить графики зависимости вертикальной скорости  $V_y$ , ускорения  $a_y$ , и высоты  $H$  от времени.

Вывести значение вертикальной скорости на высоте 0.