

8871



55

1	2	3	4	5	6	Σ
11	10	3	4	15	15	55

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ
2017–2018**

Заключительный этап

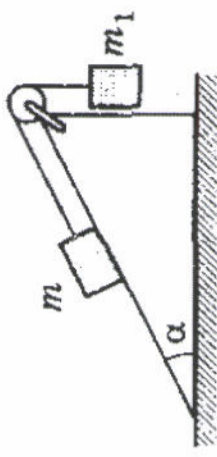
Предмет (комплекс предметов) Олимпиады **ФИЗИКА (10 КЛАСС)**

Город, в котором проводится Олимпиада Санкт-Петербург

Дата 18.02.2018.

Вариант 2

1. Тело массой $m = 1$ кг лежит на наклонной поверхности покоящегося клина соединено через блок невесомой нерастяжимой нитью с телом массой $m_1 = 5$ кг, как показано на рисунке. Угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между клином и телами $\mu = 0.2$.



1) За какое время тело массы m_1 спустится до основания клина, если оно начинает движение с нулевой скоростью из положения на $h = 0.5$ м выше плоскости основания клина?

2) Возможно ли, что при некотором горизонтальном ускорении клина тела будут покоиться относительно него, не отрываясь от его поверхности? Если да, то найдите минимальное такое ускорение.

2. Цветочный горшок падает с балкона и пролетает расстояние $x = 5$ м до окна, расположенного несколькими этажами ниже. Окно он пролетает за время $\tau = 0.2$ с. Найдите высоту окна.

3. Два заряда $q_1 = 5 \text{ мКл}$ и $q_2 = 7 \text{ мКл}$ находятся на расстоянии $L = 10 \text{ см}$ друг от друга и на одинаковом расстоянии $H = 0.1 \text{ м}$ от бесконечной проводящей заземленной плоскости (по одну сторону от нее). Найдите силу, которая действует на заряд q_2 .

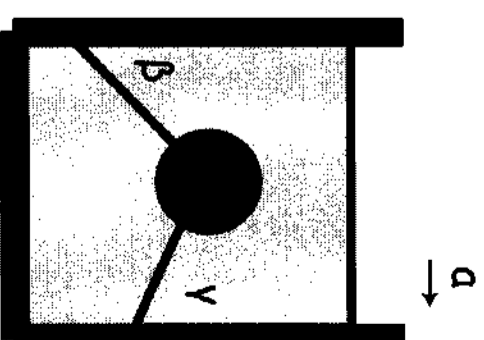
4. Колесо, вся масса $M = 20 \text{ кг}$ которого заключена в ободе радиусом $R = 2 \text{ м}$, катят по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью $v = 5 \text{ км/ч}$, прикладывая к оси некоторую неизвестную силу F , направленную горизонтально. К внутренней поверхности обода прикреплён маленький шарик массой $m = 2 \text{ кг}$. Найдите зависимость силы F от времени. При каких условиях возможно описанное движение?

5. Невесомый поршень может скользить по гладкой внутренней поверхности вертикально расположенного цилиндра высотой $L = 2 \text{ м}$, сечением $S = 100 \text{ см}^2$. Начальная температура воздуха $T_0 = 300 \text{ К}$, атмосферное давление $p_0 = 100 \text{ кПа}$. Цилиндр герметически закрыли поршнем и поставили на него груз массой $m = 66 \text{ кг}$. В начальном состоянии плоскость поршня расположена на расстоянии L от дна цилиндра. При движении поршня реализуется процесс $pV^{5/2} = \text{const}$. Найдите температуру газа при прохождении поршнем положения равновесия и наименьшую высоту, которую он достигнет.

6. Деревянный шар зафиксирован в воде с помощью двух невесомых нерастяжимых нитей, как показано на рисунке. Объем шара $V = 200 \text{ см}^3$, плотность дерева $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, $\cos \beta = 2/3$, $\cos \gamma = 1/4$, плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$. Найдите силы, с которыми нити действуют на шар в 2х случаях:

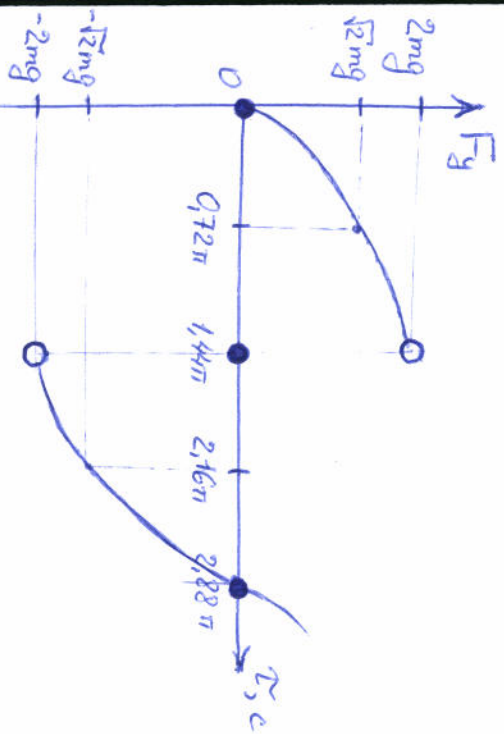
- 1) Сосуд и его содержимое неподвижны;
- 2) Сосуд и его содержимое двигаются с постоянным ускорением $a = g/5$.

Шар всегда полностью покрыт водой.



ЧИСЛОВИК.

Узобразим нагляднее полную картину зависимости, узобразив график $F_y(x)$, где ось Ox направлена вправо движение колеса;



Цикстовик.

Момент времени:

$$S = \frac{1}{4} \cdot 2\pi R = \frac{1}{2} \pi R = \frac{1}{2} \pi \cdot 2 = \pi \text{ м.}$$

$$v = 5 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \approx 1,39 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{S}{v} = 0,72 \pi \text{ с.}$$

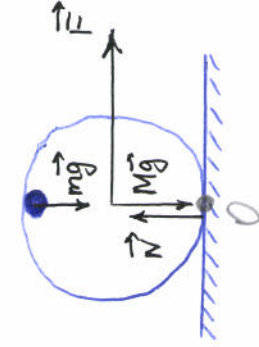
(1) O — точка вращения.

Тогда по правилу моментов:

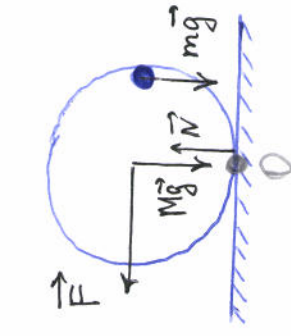
$$FR = 0 \Rightarrow F = 0.$$

Момент времени: $\tau = 1,44 \pi \text{ с.}$

(ещё четверть-оборота
сделано).



3)



(2) O — точка вращения.

Тогда по правилу моментов:

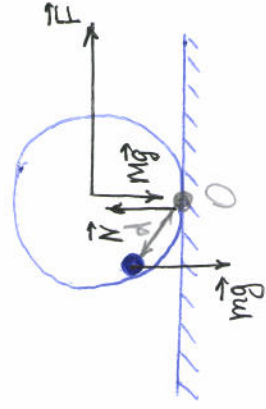
$$FR = mg \cdot \sqrt{2} R \Rightarrow F = \sqrt{2} mg$$

(но направлено в противополо-
позную движению сторону!)

Момент времени: $\tau = 2,16 \pi \text{ с.}$

5) Через $\tau = 2,88 \pi \text{ с}$ колесо сделает полный оборот и всё пойдёт по циклу. Функция $F(\tau)$ периодична.

Общий случай.



(1) O — точка вращения

Тогда по правилу моментов:

$$FR = mg \cdot d, \text{ где } d - \text{плечо силы } mg$$

При $\tau \in (0; 1,44\pi)$ с около постепенно увеличивается от $(0; 2R)$. В точке

$1,44\pi$ происходит разрыв функции. Теперь сила F направле-

на в сторону, противоположно движению колеса, приём

по модулю эта сила на участке $\tau \in (1,44\pi; 2,88\pi)$ с

убывает, поскольку плечо этой силы d убывает

от $(2R; 0)$. Далее — функция периодична (период $T = 2,88\pi$).

4 УСТОЙЧИВ.

$$m\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F}_{op.} = \vec{0}$$

$\vec{F}_{op.}!$

Ha Ox: $-T_1 \sin \beta + T_2 \sin \delta + F_{op.} \sin \delta = 0$

Ha Oy: $-mg + F_{op.} \cos \delta - T_1 \cos \beta - T_2 \cos \delta = 0$

Решим систему:

$$\begin{cases} -\frac{\sqrt{5}}{3} T_1 + \frac{\sqrt{15}}{4} T_2 + 1000 \cdot 0,0002 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{26}} = 0 \\ -900 \cdot 0,0002 \cdot 10 + 1000 \cdot 0,0002 \cdot 10 \cdot \frac{5}{\sqrt{26}} - T_1 \cdot \frac{2}{3} - T_2 \cdot \frac{1}{4} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{\sqrt{5}}{3} T_1 = \frac{2}{\sqrt{26}} + \frac{\sqrt{15}}{4} T_2 \\ -1,8 + \frac{10}{\sqrt{26}} = \frac{2}{3} T_1 + \frac{1}{4} T_2 \end{cases}$$

$$-1,8 + \frac{10}{\sqrt{26}} = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{26}} + \frac{\sqrt{15}}{4} T_2 \right) \cdot \frac{3}{\sqrt{5}} T_2 + \frac{1}{4} T_2$$

$$T_2 \approx 0,1099 \text{ H} \Rightarrow T_1 \approx 0,6689 \text{ H}$$

Ответ: $T_1 = 0,6689 \text{ H}$; $T_2 = 0,1099 \text{ H}$.

4) Дано:

$M = 20 \text{ кг}$

$R = 2 \text{ м}$

$v = 5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

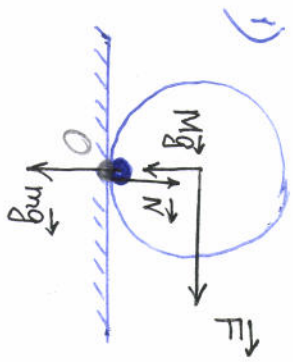
$m = 2 \text{ кг}$

Найти:

$F(\tau) = ?$

Решение:
Для угловой зависимости "опорных" точек:
вращении

вращении

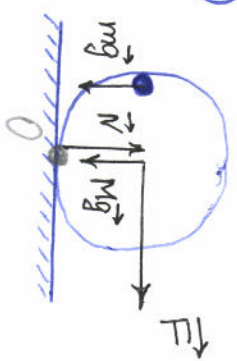


(1) O - точка вращения.
Тогда по правилу моментов:

$$FR = 0 \Rightarrow F = 0$$

Момент вращения: 0 (находящийся)

2)



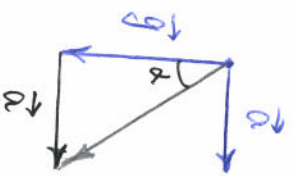
(2) O - точка вращения

Тогда по правилу моментов:

$$FR = mg \cdot \sqrt{2} R$$

$$\Rightarrow F = \sqrt{2} mg$$

⊕ Нахождение угла α :



$$\begin{aligned} \lg \alpha &= \frac{|\vec{a}|}{|\vec{g}|} \\ &= \frac{1/5}{1} \\ &= \frac{1}{5} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{5} \cos \alpha \\ \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \end{cases}$$

$$\frac{1}{25} \cos^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{25}{26} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{5}{\sqrt{26}}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{26}}$$