

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

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (10 КЛАСС) \_\_\_\_\_

Пример варианта 1

Задача	1	2	3	4	5	6	Всего
Макс. Балл	15	10	15	15	25	20	100

1. Тело массой  $m_1 = 2$  кг находится на наклонной поверхности покоящегося клина, образующей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. На нем лежит брусок массой  $m_2 = 1$  кг. Коэффициент трения между телом и поверхностью  $\mu_1 = 0.1$ , между телом и бруском –  $\mu_2 = 0.2$ .

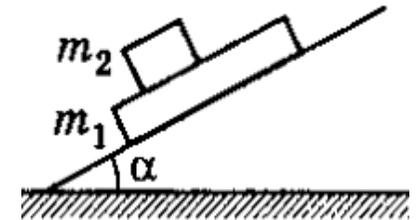
1) Найдите ускорения тела  $a_1$  и бруска  $a_2$ .

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

**Ответ:** 1)  $a_1 = a_2 = g(\sin\alpha - \mu_1 \cos\alpha) \approx 4.1$  м/с<sup>2</sup>; 2)  $a_0 = g \frac{\sin\alpha - \mu_1 \cos\alpha}{\cos\alpha + \mu_1 \sin\alpha} \approx 4.6$  м/с<sup>2</sup>.

2. Цветочный горшок падает с балкона и за время  $\tau = 0.2$  с пролетает мимо окна высотой  $h = 2$  м, расположенного несколькими этажами ниже. Каково расстояние  $x$  от балкона до верхнего края окна.

**Ответ:** 4.05 м.



3. Два заряда  $q_1 = 30 \text{ мкКл}$  и  $q_2 = 10 \text{ мкКл}$  находятся на расстояниях  $L = 4 \text{ см}$  и  $2L$  от бесконечной проводящей заземленной плоскости (по разные стороны от нее) соответственно. Основания перпендикуляров, опущенных на плоскость из точек, в которых расположены заряды, находятся на расстоянии  $L$ . Найдите силу, которая действует на заряд  $q_1$ .

**Ответ:**  $\approx 744 \text{ Н}$ .

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 прикреплен маленький шарик массой  $m = 2 \text{ кг}$ . Найдите силу давления колеса на поверхность  $p(t)$ . При каких условиях возможно описанное движение?

**Ответ:**  $p(t) = (m + M)g + m \frac{v^2}{R} \cos\left(\frac{vt}{R}\right) = 220 + 1.93 \cos(0.7t)$ ,  $p(t)$  – в Ньютонах,  $t$  – в секундах.

Движение возможно, если  $V^2 \leq gR(1 + M/m)$ .

5. Невесомый поршень может скользить по гладкой внутренней поверхности вертикально расположенного цилиндра высотой  $L = 1 \text{ м}$ , 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  $m = 73 \text{ кг}$ . В начальном состоянии плоскость поршня расположена на расстоянии  $L$  от дна цилиндра. При движении поршня реализуется процесс  $pV^3 = \text{const}$ . Найдите значения температуры в моменты времени, соответствующие прохождению поршнем 1) положения равновесия; 2) нижней границы движения поршня.

**Ответ:** 1)  $T_1 = T_0 \left(1 + \frac{mg}{p_0 S}\right)^{2/3} \approx 432 \text{ К}$ ; 2)  $T_k \approx 613 \text{ К}$ .

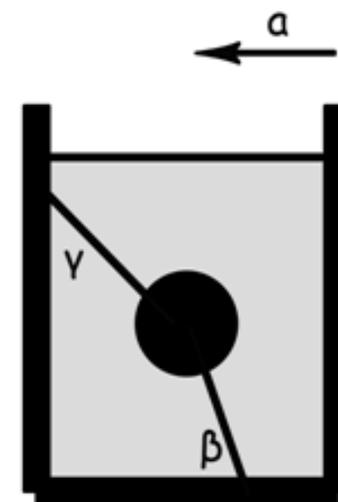
6. Деревянный шар зафиксирован в воде с помощью двух невесомых нерастяжимых нитей, как показано на рисунке. Объем шара  $V = 200 \text{ см}^3$ , плотность дерева  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ ,  $\cos \beta = 1/4$ ,  $\cos \gamma = 2/3$ , плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Найдите силы,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

1) Сосуд и его содержимое неподвижны;

2) Сосуд и его содержимое движутся с постоянным ускорением  $a = g/5$ .

Шар всегда полностью покрыт водой.

**Ответ:** 1)  $T_\gamma \approx 0,09 \text{ Н}$ ,  $T_\beta \approx 0,27 \text{ Н}$ ; 2)  $T_\gamma \approx 0,02 \text{ Н}$ ,  $T_\beta \approx 0,22 \text{ Н}$ .



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

Заключительный этап

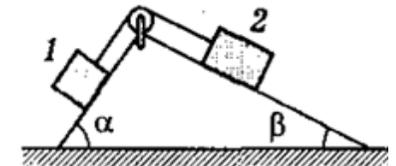
Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (10 КЛАСС) \_\_\_\_\_

**Пример варианта 2**

Задача	1	2	3	4	5	6	Всего
Макс. Балл	15	10	15	15	25	20	100

1. Тело массой  $m_1 = 5m_2$ , находящееся на поверхности покоящегося клина, образующей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, соединено невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, с бруском массой  $m_2 = 1$  кг, находящимся на другой поверхности клина, образующей угол  $\beta = \alpha$  с горизонтом.



Коэффициенты трения между телами и поверхностью клина  $\mu = 0.3$ .

1) Найдите силу натяжения нити  $T$  и ускорения тел  $a_1$  и  $a_2$ .

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.

**Ответ:** 1)  $T = \frac{2gm_1m_2}{m_1+m_2} \sin\alpha \approx 8.3$  Н;  $a_1 = a_2 = \frac{m_1-m_2}{m_1+m_2} g \sin\alpha - \mu g \cos\alpha \approx 0.74$  м/с<sup>2</sup>;

2)  $a_0 = g \frac{(m_1-m_2)\sin\alpha - \mu(m_1+m_2)\cos\alpha}{(m_1+m_2)\cos\alpha + \mu(m_1-m_2)\sin\alpha} \approx 0.76$  м/с<sup>2</sup>.

2. Из некоторой точки одновременно бросают два тела с одинаковой начальной скоростью  $V_0 = 45$  км/ч: одно вертикально вверх, другое – по горизонтали. На каком расстоянии  $S$  тела будут находиться спустя время  $t = 2$  с? Тела не успевают достичь поверхности Земли.

**Ответ:**  $S = \sqrt{2}V_0t \approx 35$  м.

3. Два заряда  $q_1 = 30$  мкКл и  $q_2 = 10$  мкКл находятся на одинаковом расстоянии  $H = 0.1$  м от бесконечной проводящей заземленной плоскости (по разные стороны от нее). Основания перпендикуляров, опущенных на плоскость из точек, в которых расположены заряды, находятся на расстоянии  $L = 4$  см. Найдите силу, которая действует на заряд  $q_1$ .

**Ответ:**  $\approx 203$  Н.

4. В U-образный сосуд сечением  $S = 10$  см<sup>2</sup> налили ртуть (плотность  $\rho = 13600$  кг/м<sup>3</sup>). Общая длина части сосуда, занятой жидкостью равна  $l = 1$  м. Отверстия сосуда заткнули пробками так, что расстояние между поверхностью жидкости и пробкой оказалось равно  $h = 0.5$  м (заполнено воздухом). Найти период гармонических колебаний поверхности жидкости около положения равновесия, считая, что амплитуда колебаний мала, а температура системы постоянна.

**Ответ:**  $T = 2\pi \sqrt{\frac{h\rho l}{2(\rho gh + P_0)}} \approx 0.9$  с.

5. В откачанном пространстве вертикально стоит цилиндрический сосуд, перекрытый сверху подвижным поршнем массой  $M = 320$  кг. Под поршнем находится одноатомный газ при температуре  $T = 300$  К и давлении  $P = 10^5$  Па. Внутреннее сечение цилиндра  $S = 10$  см<sup>2</sup>, высота той части сосуда, внутри которой находится газ,  $H = 2$  м. Поршень отпустили, он начал двигаться. Газ сжимается адиабатически.

1) Найдите, насколько высота положения равновесия поршня отличается от начальной;

2) Чему равна скорость поршня при прохождении им положения равновесия?

**Ответ:** 1)  $\Delta H = 1,75$  м; 2)  $v_1 \approx 5,4$  м/с.

6. Деревянный шар зафиксирован в воде с помощью невесомой нерастяжимой нити и гладкой перекладки, как показано на рисунке. Объем шара  $V = 100 \text{ см}^3$ , плотность дерева  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ,  $\cos \beta = 1/3$ ,  $\cos \gamma = 1/4$ , плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Найдите силы, с которыми нить и перекладка действуют на шар в 2х случаях:

1) Сосуд и его содержимое неподвижны;

2) Сосуд и его содержимое движутся с постоянным ускорением  $a = g/4$ .

Шар всегда полностью покрыт водой.

**Ответ:** 1)  $T_\gamma \approx 0,12 \text{ Н}$ ,  $T_\beta \approx 0,09 \text{ Н}$ ; 2)  $T_\gamma \approx 0,03 \text{ Н}$ ,  $T_\beta \approx 0,18 \text{ Н}$ .

