

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

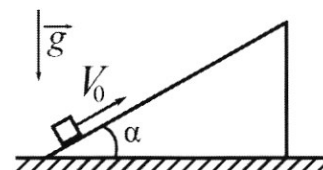
1. Фейерверк массой  $m = 2$  кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва  $H = 65$  м. На землю осколки падают в течение  $\tau = 10$  с.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию  $K$  осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость  $V_0 = 2$  м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1) На какую максимальную высоту  $H$  над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса  $R = 1,2$  м равномерно со скоростью  $V_0 = 3,7$  м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели  $m = 0,4$  кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой  $P$  модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = \frac{\pi}{6}$ . Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{MIN}$  такого равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,9$ .

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

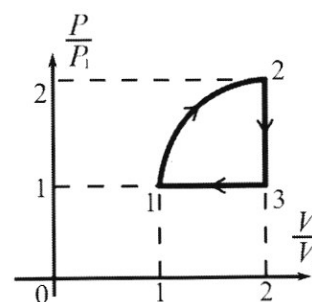
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1$ .

1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

Универсальная газовая постоянная  $R$ .



5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $2R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямую, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $2R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \quad v_0 = \sqrt{2gh}$$

$$H = -v_p r + \frac{gr^2}{2} \quad v_p = \frac{gr}{2} = \frac{H}{r}$$

$$K = \frac{mv_p^2}{2} = \frac{m}{2} \left( \frac{gr}{2} - \frac{H}{r} \right)^2$$

Ответ:

Задача 2

$$mv_0 \cos \alpha = 2mv$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mv^2 + mgh$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{4} + gh$$

$$H = \frac{v_0^2}{4g} (2 - \cos^2 \alpha)$$

~~$$mv_0 \cos \alpha = mv \cos \alpha + mv \sin^2 \alpha$$~~

$$mv_0 \cos \alpha = mv + mv \sin^2 \alpha - mv \cos \alpha$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2 \sin^2 \alpha}{2} +$$

~~$$+ \frac{mv \cos^2 \alpha}{2}$$~~

$$v \cos \alpha = v \left( \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^3 \alpha} \right) - v_0$$

## Задача 2

$$v_0^2 = v^2 (1 + \sin^2 \alpha) + \left( v \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) - v_0 \right)^2 =$$

$$= v^2 + v^2 \sin^2 \alpha + v^2 \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)^2 - 2v v_0 \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) + v_0^2$$

$$0 = v + v \sin^2 \alpha + v \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)^2 - 2v_0 \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)$$

$$v = v_0 \frac{2 \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)}{1 + \sin^2 \alpha + \left( \frac{1 + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)^2}$$

Ответ:  $\frac{7}{40}$  м;  $\sqrt{3}$  м/с

## Задача 1

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$

$$\frac{g\tau_2^2}{2} - v\tau_2 - H = 0$$

$$\frac{g\tau_1^2}{2} + v\tau_1 - H = 0$$

$$v_0 = \sqrt{2gH}$$

$$D_2 = v^2 + 2gH = D_1 = v^2 + 2gH = D$$

$$\tau_2 = \frac{v + \sqrt{D}}{g}$$

$$\tau_1 = \frac{-v + \sqrt{D}}{g}$$

$$H = -v\tau_2 + \frac{g\tau_2^2}{2}$$

$$H = v\tau_1 + \frac{g\tau_1^2}{2}$$

$$\tau = \frac{2v}{g}$$

~~$$H = 2g\tau^2$$~~

$$v = \frac{g\tau}{2}$$

$$\tau_2 - \tau_1 = \tau$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{mg^2\tau^2}{8}$$

Ответ:  $\sqrt{1300}$  м/с; 2500 Дж

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Задача 3~~ Задача 4

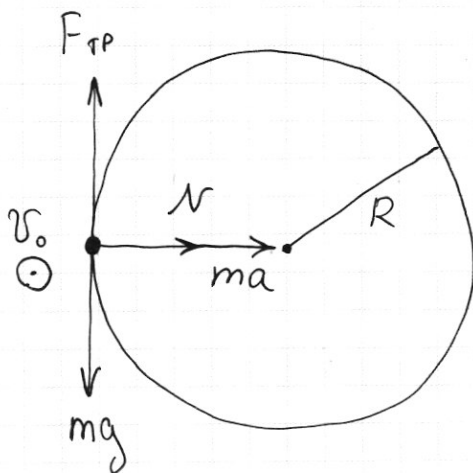
$$A = \frac{\pi}{4} P_1 V_1 \quad Q_+ = A + P_1 V_1 + \frac{3}{2} (4P_1 V_1 - P_1 V_1) =$$

$$= \frac{\pi P_1 V_1}{4} + \frac{4 P_1 V_1}{4} + \frac{18 P_1 V_1}{4} = P_1 V_1 \left( \frac{\pi + 22}{4} \right)$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \quad \eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\pi}{\pi + 22}$$

Ответ:  $\nu R T_1 \left( \frac{\pi + 22}{4} \right)$ ;  $\frac{\pi}{4} \nu R T_1$ ;  $\frac{\pi}{\pi + 22}$

Задача 3

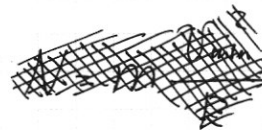


$$P = \sqrt{N^2 + F_{TP}^2}$$

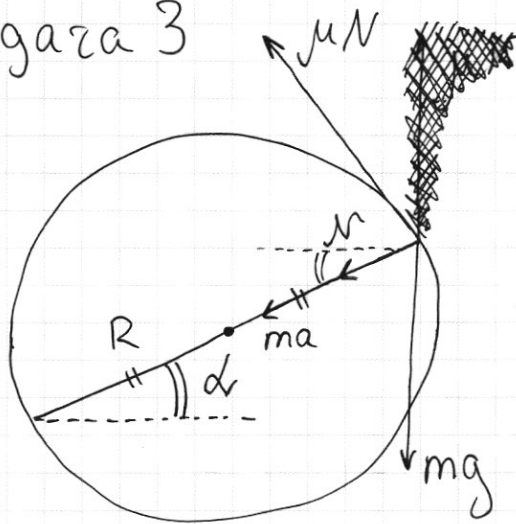
$$N = m \frac{v_0^2}{R}$$

$$F_{TP} = mg$$

$$P = m \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}}$$



Задача 3



$$m \frac{v_{\min}^2}{R} = N + mg \sin \alpha$$

$$\mu N = mg \cos \alpha \quad m \frac{v_{\min}^2}{R} = \frac{mg \cos \alpha}{\mu} + mg \sin \alpha$$

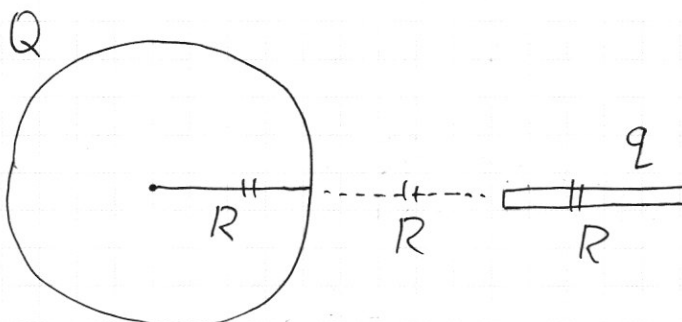
$$v_{\min} = \sqrt{gR \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right)}$$

Ответ:  $m \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}}$ ;  $\sqrt{gR \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right)}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

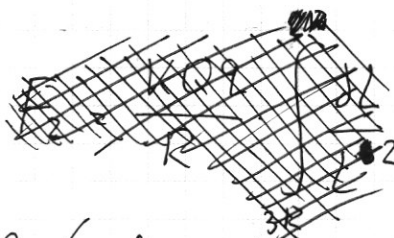
$$F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$$



$$dF_2 = \frac{kQ}{L^2} dq$$

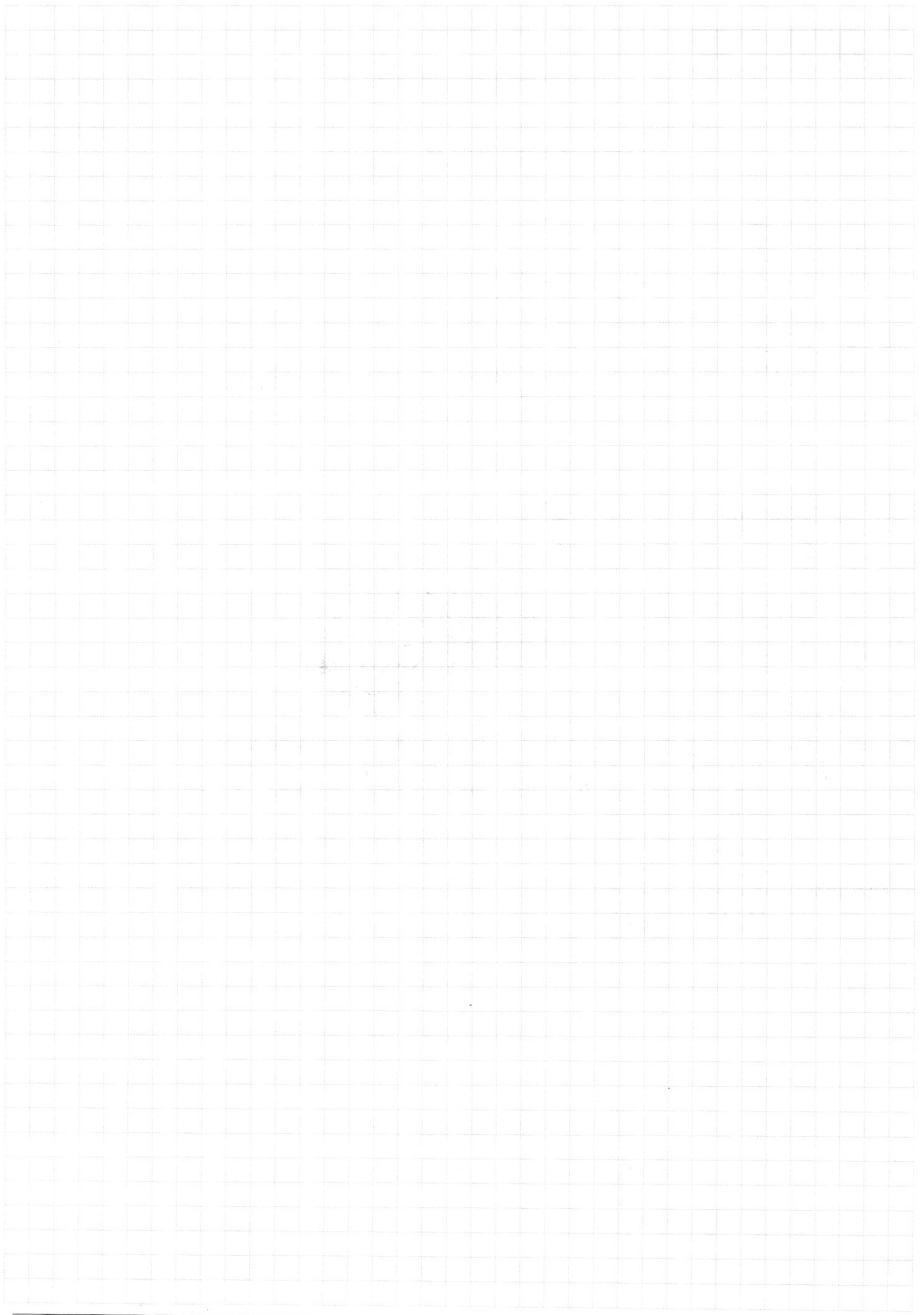
$$dq = \frac{q}{R} dL$$

$$dF_2 = \frac{kQq}{R} \cdot \frac{dL}{L^2}$$



$$F_2 = \frac{kQq}{R} \cdot \int_{2R}^{3R} \frac{dL}{L^2} = \frac{kQq}{R} \left( -\frac{1}{3R} + \frac{1}{2R} \right) = \frac{kQq}{6R^2}$$

Ответ:  $\frac{kQq}{4R^2}$ ;  $\frac{kQq}{6R^2}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$0,9 \cdot \frac{3,7^2}{1,2} \quad V \quad 10$$

$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 37 \\ \hline + 259 \\ 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

$$0,9 \cdot 3,7^2 \quad V \quad 12$$

$$9 \cdot 3,7^2 \quad V \quad 120$$

$$3 \cdot 3,7^2 \quad V \quad 40$$

$$\begin{array}{r} \times 1369 \\ 3 \\ \hline 4107 \end{array}$$

$$3 \cdot 3,7^2 \quad V \quad 4000$$

$$3 \cdot 1369 \quad V \quad 4000$$

$$\left(-\frac{1}{R}\right)' =$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\frac{4}{4 \cdot 10} \cdot \left(\frac{8}{4} - \frac{3}{4}\right) = \frac{7}{40}$$

$$\frac{4 \left( \frac{1 + 0,25}{\sqrt{3}/2} \right)}{1 + 0,25 + \left( \frac{1 + 0,25}{\sqrt{3}/2} \right)^2} = \frac{10\sqrt{3}}{3,75 + 2,5^2}$$



$$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} \quad \sqrt{1300}$$

$$\begin{array}{r} \times 65 \\ 2 \\ \hline 130 \end{array}$$

$$\frac{2 \cdot 10^2 \cdot 10^2}{8} = \frac{20 \cdot 1000}{8} = \frac{5000}{2} =$$

$$= 2800$$

$$0,4 \cdot \sqrt{10^2 + \frac{3,7^4}{1,2^2}} =$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)