

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

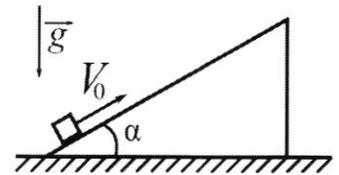
1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.

2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение  $a$  модели.

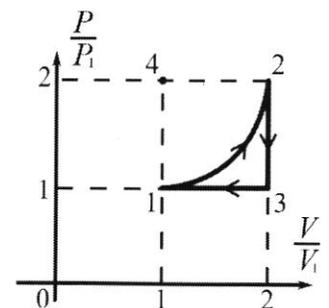
2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{MIN}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .

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

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  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 прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$H = \frac{gT^2}{2} \quad H = \frac{10.3^2}{2} = 45 \text{ м}$$

$$K = \frac{m \dot{v}^2}{v}; \quad v - \text{скорость скачка}$$

$$v = \sqrt{\frac{K \cdot v}{m}} = \sqrt{\frac{3000}{1}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$H = v t_n + \frac{g t_n^2}{2} \quad t_n - \text{время падения первого}$$

$$60 t_n + 5 t_n^2 - 45 = 0$$

$$t_n^2 + 12 t_n - 9 = 0$$

$$D = 144 + 9 \cdot 4 = 180$$

$$t_n = \frac{-12 + \sqrt{180}}{2} = -6 + 3\sqrt{5} \approx -6 + 3 \cdot 2,234 = 0,702 \text{ (с)} \approx 0,7 \text{ (с)}$$

Ответ: 45 м; 0,7 с

$P_i, V_i, U_i, T_i$  - давление, объем, внутренняя энергия газа, температура в точке;

$r$  - радиус окружности

$$r = 2 - 1 = 1$$

$$\frac{P_2}{P_1} + \frac{P_2}{P_1} = r = 1$$

$$P_2 = P_1 + P_1 \quad V_2 = V_1 + V_1$$

$$P_2 - P_1 = P_1 \quad P_3 = P_1 + P_1$$

$$\frac{V_2}{V_1} - \frac{V_1}{V_1} = r = 1 \quad V_2 - V_1 = V_1 \quad V_2 = V_1 + V_1$$

$$pV = \nu RT$$

$$P_1 V_1 = \nu RT_1$$

$$P_2 V_2 = \nu RT_2$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2 = \frac{3}{2} P_2 V_2 = \frac{3}{2} (P_1 + P_2)(V_1 + V_2)$$

$$\Delta U_{1-2} = U_2 - U_1 = -\frac{3}{2} P_2 V_1 + \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{3}{2} V_1 P_1 + \frac{3}{2} V_1 P_1 =$$

$$= \frac{3}{2} (P_1 V_1 + V_1 P_1 + V_1 P_1)$$

$$P_2 = P_1 \quad P_2$$

$$V_2 = V_1$$

$$P_2 = P_1 \quad P_2 = 2P_1 \quad P_3 = P_1$$

$$V_1 = V_1 \quad V_2 = 2V_1 \quad V_3 = 2V_1, \quad \Delta U_{i-j} - \text{изменение}$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

внутренней энергии  
газа на  $i-j$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2 = 6 P_1 V_1 \quad \Delta U_{1-2} = 4.5 P_1 V_1$$

$$A_{1-2} = (1.1 - \frac{1}{4}\pi + 1.1) P_1 V_1 = (2 - 0.25\pi) P_1 V_1$$

$A_{i-j}$  - работа на участке  $i-j$ , равна  
площади под графиком в координатах  
 $P$  от  $V$  или площади под графиком  
 $P$  от  $\frac{V}{V_1}$  рассмотренной в  $P_1$  и в  $V_1$  раз

$$Q_{1-2} = \Delta U + A \quad Q_{1-2} = 4.5 P_1 V_1 + (2 - 0.25\pi) P_1 V_1$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$6,5 P_1 V_1 - 0,785 P_1 V_1 = 5,715 P_1 V_1$$

$Q_{1-2}$  - теплота переданная газу на  $1-2$

$A$  - работа по сжатию газа

по формуле и из уравнения

$$A = (1 - \frac{1}{\gamma}) P_1 V_1 = (1 - 0,25) P_1 V_1 = 0,75 P_1 V_1$$

$$= 0,215 P_1 V_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H}$$

$Q_H$  - теплота затраченная на нагрев

в процессе  $2-3$  и  $3-1$  газ отдаёт  
теплоту, тогда  $Q_H = Q_{1-2} \approx 5,715 P_1 V_1$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{0,215}{5,715} = \frac{215}{5715} = \frac{43}{1143} \approx 3,77\%$$

Ответ:  $5,715 P_1 V_1$ ;  $3,77\%$

Заряженная сфера в поле создаст потенциал не по полю, а через создаваемые потенциалы зарядов полей сферы

$$1) F_{\text{внеш}} = \frac{k Q q}{R^2}$$

Или

2) Разделим сферу на  $n$  равных частей и примем каждую за точечный заряд в центре сферы отрезка равной по длине заряду на этой отрезке, тогда за  $N_i$  обозначим силу гравитации  $i$ -ого заряда на сферу

$$N_i = \frac{\left(\frac{Q}{n}\right) Q \cdot k}{\left(3R + \frac{i \cdot R}{n}\right)^2} = \frac{Q Q k}{n \left(9R^2 + \frac{6R^2 \cdot i}{n} + \frac{i^2 R^2}{n^2}\right)}$$

$$F_2 = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n =$$

$$= \frac{Q Q k}{n \cdot R^2} \left( \frac{1}{9 + \frac{6}{n} + \frac{1}{n^2}} + \frac{1}{9 + \frac{12}{n} + \frac{4}{n^2}} + \dots + \frac{1}{9 + 6 + 1} \right) =$$

$$= \frac{Q Q k n}{R^2} \left( \frac{1}{(3n+1)^2} + \frac{1}{(3n+2)^2} + \dots + \frac{1}{(4n)^2} \right)$$



$$n \approx \frac{m}{\rho} (0,1 + 0,09 \cdot \frac{n}{0,19} + 0,08 \cdot \frac{n}{0,273} + 0,07 + 0,07 \cdot \frac{n}{0,423} + 0,066) \approx$$

$$n \approx 0,48 \cdot \frac{n}{6} = n \cdot 0,08$$

$$F_c > \frac{0,08 \cdot g Q k}{R_2}$$

$$\text{D } F_c \approx \frac{0,0839 Q k}{R_2}$$

$$\text{Ответ: } \frac{0,0839 Q k}{R_2}, \quad \frac{k Q g}{g R_2}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\text{Вит } H = \frac{gT^2}{2} \quad \sim 1$$

$$H = \frac{10 \cdot 3^2}{2} = 45 \text{ м}$$

$$K = \frac{mV^2}{2} \quad V - \text{скорость скелета}$$

$$V^2 = \frac{2K}{m} = 3600$$

$$V = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$0 = -Vt_n - \frac{g}{2}t_n^2 + H$$

$$0 = -60 \cdot t_n - 5t_n^2 + 45$$

$$0 = -12t_n - t_n^2 + 9$$

$$t_n^2 + 12t_n - 9 = 0$$

$t_n$  - время падения  
первая упрощенная скорость  
его скорость будет  
непроблема вертикально  
вниз

$$D = 144 + 4 \cdot 9 = 180$$

$$t_n = \frac{-12 \pm \sqrt{180}}{2} = -6 \pm \sqrt{45} = -6 \pm 3\sqrt{5} \approx -6 \pm 3 \cdot 2,236 =$$

$$-6 + 6,702 \approx 0,702 \text{ (с)} \approx 0,7 \text{ (с)}$$

Ответ: 45 м; 0,7 с

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E_n = m g H = 2m$$

$$E_m = \frac{1}{2} E_k = \cancel{225} \cdot \cancel{25} \cdot \frac{45}{96} \text{ м}$$

$E$  — ~~механическая~~ энергия шара

$$E = E_0$$

$E_0$  — кинетическая энергия шара  
в момент движения

$$E = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$E = E_n + E_k + E_m = m \cdot \frac{135}{16} \cdot \cancel{25} \cdot \cancel{25} \cdot \frac{45}{96} + 2m = \frac{167}{16} m$$

$$= \cancel{\frac{315}{4} m} + \cancel{\frac{25}{4} m} + \frac{8}{4} m = \frac{3 \cdot 9 \cdot 25}{4} m$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = \cancel{\frac{68}{4} m} + \frac{167}{16} m$$

$$2 V_0^2 = \cancel{68} + \frac{167}{8}$$

$$V_0 \approx \cancel{10.5} \cdot 9,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

К55+1 05  
24 К55+1

~~$P_1, P_2, V_1, V_2$~~   $U_i$  - внутренняя энергия газа в точке  
 $\Delta U_{ij}$  - разность внутренних энергий  
 $P_i$  - давление в точке  $i$   
 $V_i$  - газ объем в точке  $i$   
 $T_i$  - температура в точке  $i$

$\frac{P_1}{P_1} - \frac{P_2}{P_1} = -r$   $r$  - радиус окружности

$\frac{V_1}{V_1} - \frac{V_2}{V_1} = -r$   $V_1 - V_2 = -r \cdot V_1$

$P_2 = P_1 + rP_1$

$V_2 = V_1 + r \cdot V_1$

$P_1 V_1 = JRT_1$   $P_2 V_2 = JRT_2$

$U = \frac{3}{2} JRT$

$U_1 = \frac{3}{2} JRT_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$

$U_2 = \frac{3}{2} JRT_2 = \frac{3}{2} P_2 V_2$

$2 + \frac{1}{\gamma} = \gamma$   $2 + \frac{1}{\gamma} = \gamma$



