

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

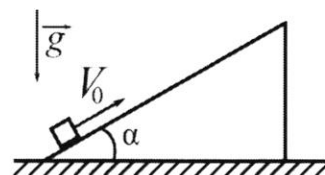
Шифр

(заполняется секретарем)

1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается 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/с². 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/с².



- 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/с².

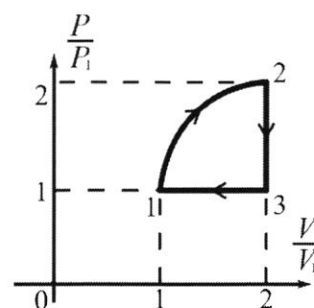
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте 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/с².

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 η 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 прямой, 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

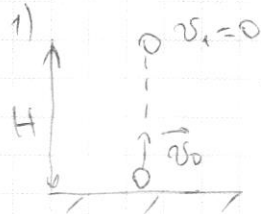
1) Дано:

$m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $\tau = 100$

1) v_0 - ?

2) K - ?

Решение:



$$1) H = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$v_1 = v_0 - gt; \quad v_1 = 0$$

$$v_0 = gt; \quad t = \frac{v_0}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{20 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \text{ м/с}$$

2) τ - промежуток между падением оск.1 и оск.2

$$\begin{cases} t_2 = \frac{2v}{g} + t_1 \\ t_2 - t_1 = \tau \end{cases} \Rightarrow \frac{2v}{g} = \tau; \quad v = \frac{g\tau}{2}$$

$$K = h \left(\frac{mv^2}{n^2} + \frac{mv^2}{n^2} + \dots \right) = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\tau^2 g^2}{8}$$

$$= \frac{100 \cdot 100}{4} = 2500 \text{ Дж}$$

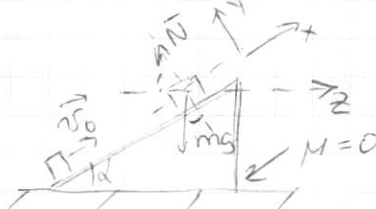
Ответ: $10\sqrt{13} \text{ м/с}$;

2) Дано:

$\alpha = 30^\circ$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $m_1 = m_2 = m$

1) H - ?

Решение:



$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: ma = mg \sin \alpha$$

a - ускорение движения груза.

$$\text{по ЗСЭ: } \frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{2mv^2}{2}$$

v - скорость клина вместе с грузом.

Труз движется равноускоренно, t - время, за которое он поднялся на H

$$v_1 = v_0 - at \quad v_0 = at = g \sin \alpha t$$

$$t = \frac{v_0}{g \sin \alpha}$$

ускорение клина a' : $2ma' = N \cdot \sin \alpha = mg \cos \alpha \cdot \sin \alpha$

$$a' = \frac{g \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{2}$$

$$v' = 0 + a't = \frac{g \cos \alpha \sin \alpha v_0}{2 g \sin \alpha} = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$$

— скорость клина вместе с трузом.

$$\frac{v_0^2}{2} = gH + v'^2 \quad H = \frac{v_0^2 - 2v'^2}{2g} = \frac{v_0^2 - 2 \cdot \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{4}}{2g} =$$

$$\left[\cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} \right] = \frac{2v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}{4g} = \frac{v_0^2 (2 - \cos^2 \alpha)}{4g} =$$

$$= \frac{4(2 - \frac{3}{4})}{40} = \frac{1}{8} \text{ м.} = 0,125 \text{ м.}$$

$$2) v'' = v' + a't = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} + \frac{g \cos \alpha \sin \alpha v_0}{2g} = v_0 \cos \alpha = \sqrt{3} \approx 1,7$$

Ответ: $0,125 \text{ м}$, $\sqrt{3} \text{ м/с}$

3) Дано:

$$R = 1,2 \text{ м}$$

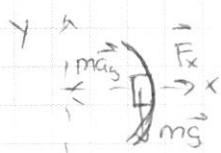
$$v_0 = 3,4 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$P = ?$



Решение:



P - реакция опоры.

$$F_x = ma_y = \frac{mv_0^2}{R}, \quad F_y = mg$$

$$P = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} =$$

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

$$= 0,4 \cdot \sqrt{\frac{(3,4)^4}{(1,2)^2} + 100} \approx 0,4 \sqrt{(11,4)^2 + 100} =$$

$$= 0,4 \sqrt{229,96} \approx \frac{4 \cdot 15^3}{2} = 6 \text{ Н}$$

но в 3Н в (1):

$$2) \quad ma_y = N + mg \sin \alpha, \quad ma_x = N \cdot \mu, \quad \text{но } a_x = 0$$

т.к. $v = \text{const}$
 $\Rightarrow N = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\angle = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$

$$m a_y = m g \sin \alpha.$$

$$\frac{v_{0 \min}^2}{R} = g \sin \alpha.$$

$$v_{0 \min} = \sqrt{R g \sin \alpha} = \sqrt{\frac{1,2 \cdot 10}{2}} = \sqrt{6} \approx 2,44 \frac{m}{c}$$

Ответ: 6 м; 2,44 м/с.

4) Дано:

$$T_1; D = 1 \text{ моль.}$$

$$1) Q_1 - ?$$

$$2) A - ?$$

$$3) \eta - ?$$

Решение:

$$\text{в } T_1: p_1 = p_1; U_1 = U_1.$$

$$\text{в } T_2: p_2 = 2p_1; U_2 = 2U_1.$$

первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A; A = p \Delta V$$

$$S_{\text{кр}} = \pi R^2 \quad R = p_1 U_1 = D R T_1$$

работа равна площади под графиком:

$$A = \frac{S}{4} = \frac{\pi D^2 R^2 T_1^2}{4}$$

газ расширяется на 1-2:

$$Q_1 = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = A_{1-2} - A_{3-2} = \frac{\pi D^2 R^2 T_1^2}{4} + (D R T_1)^2 =$$

$$= \frac{\pi D^2 R^2 T_1^2 + 4 D^2 R^2 T_1^2}{4}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} D R \Delta T_{12} \quad \text{по закону М-К:}$$

$$T_1 = \frac{p_1 U_1}{D R}; T_2 = \frac{4 p_1 U_1}{D R}$$

$$\Delta T_{12} = \frac{3 p_1 U_1}{D R}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \frac{D R \cdot 3 p_1 U_1}{D R} = \frac{9}{2} p_1 U_1 = \frac{9}{2} D R T_1$$

$$= \frac{18 p_1 U_1 + \pi D^2 R^2 T_1^2 + 4 D^2 R^2 T_1^2}{4} = \frac{9}{2} D R T_1 + \frac{\pi D^2 R^2 T_1^2 + 4 D^2 R^2 T_1^2}{4}; \text{ т.к. } D = 1, \text{ моль}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1} =$$

$$y = \frac{\pi D^2 R^2 V_1^2 \cdot 4}{D^4 (18RT_1 + 20R^2V_1^2 + 4R^3V_1^3)}$$

$$= \frac{2\pi \cdot R V_1}{18 + 20R^2V_1 + 4R^3V_1^2}$$

Ответ: $\frac{2\pi R V_1}{18 + 20R^2V_1 + 4R^3V_1^2}$; $\frac{\pi D^2 R^2 V_1^2}{4}$;

$$\frac{2\pi R V_1}{18 + 20R^2V_1 + 4R^3V_1^2}$$

5

Дано:

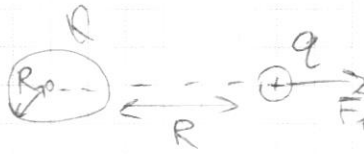
$Q, R;$
 $q > 0$

1) $F_1 - ?$

2) $F_2 - ?$

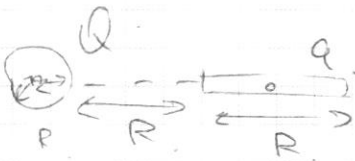
Решение:

1)



$$F_1 = \frac{k Q q}{4R^2}$$

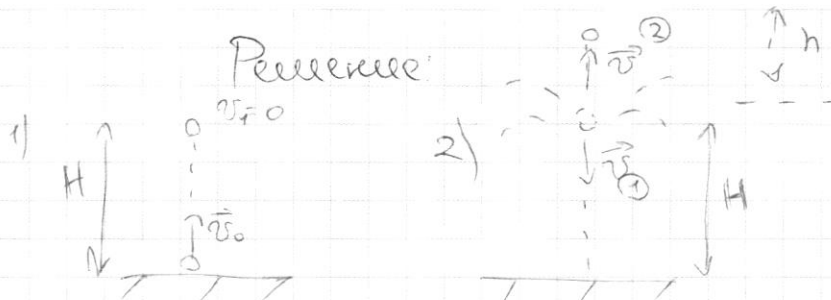
2)



$$F_2 = \frac{k Q q}{6,25 R^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:
 $m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $\tau = 10 \text{ с}$
 1) $v_0 = ?$



Решение:

$$H = \frac{gt^2}{2}$$

$$v_1 = v_0 - gt$$

$$v_0 = gt$$

$$t = \frac{v_0}{g}$$

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

τ - время прохождения между началом осей 1 и осей 2

по 3(-): $mgH = \frac{mv_0^2}{2}$?

$$\frac{65}{3.00} \times 20$$

$$\frac{k_2 \cdot c^2 \cdot m^2}{c^4} = \frac{k_2 \cdot m^2}{c^2}$$

не будем / скорость.

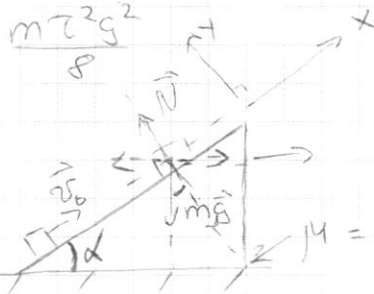
$$K = \left(\frac{mv^2}{n^2} + \dots + \frac{mv^2}{n^2} \right) = \frac{mv^2}{2}$$

$$t_2 = \frac{2v}{g} + t_1$$

$$t_2 - t_1 = \tau$$

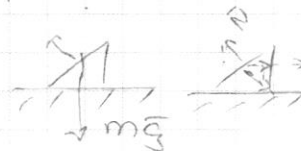
$$\frac{2v}{g} = \tau \quad v = \frac{g\tau}{2}$$

Окее: $\sqrt{2gH}$



Дано:
 $m_1 = m_2 = m$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$

1) $H = ?$



где τ - путь:

$$Oy: N = mg \cos \alpha \quad , \quad O_x: ma = mg \sin \alpha$$

~~по 3(-): $mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$~~

по 3(-): $E_1 = E_2$ $\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{mv^2}{2}$

E_k кинет

307

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

~~$v_1 = v_0 \cos \alpha$~~ — скорость
книжки ?

308

$$mv_0 \cos 30^\circ = mv$$

$$\frac{v_0^2}{2} = Hg + \frac{v_0^2 \cos^2 30^\circ}{2} \Rightarrow H$$

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

при формуле работы.

t — время, за которое он
поднялся.

$$v_f = v_0 - at \quad v_0 = at = g \sin \alpha t$$

$$t = \frac{v_0}{g \sin \alpha}$$

Ускорение книжки $ma' = N \sin \alpha = mg \cos \alpha \sin \alpha$

$$v' = 0 + a't = \frac{g \cos \alpha \sin \alpha}{2} \frac{v_0}{g \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha v_0}{2}$$

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

308 13,65 + 2

1365 | 12
12 114
— 16
— 12
48

42
3,7
x 3,7
— 259
111
— 1369

8
1369
x 13,69
— 1

3) Дано:
R = 1,2 м.
v_0 = 3,7 м/с.
m = 0,4 кг.



4) m ⊥ 3H: P = m a_{y,2}

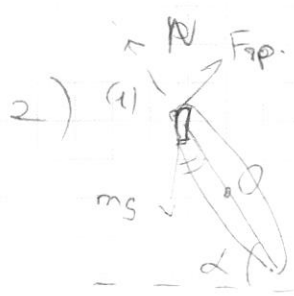
$$P = \frac{m v_0^2}{R}$$

~~$P = \sqrt{F_x^2 + m^2 g^2}$~~

$$P = \sqrt{F_x^2 + m^2 g^2} =$$

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

1
114
x 11,4
— 456



$$P = mg \sin \alpha$$

114
114
— 228,96

$$m a_y \neq mg \sin \alpha = N + mg \sin \alpha$$

но вкружились!

6) (1) $ma_t = N \sin \alpha$
 $a_t = 0 \Rightarrow N = 0$
 $\frac{v_{min}^2}{R} = g \sin \alpha$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Дано:

$$V = 1 \text{ моль}$$

$$1) Q = ?$$

$$R = R_{31}$$

Решение:

в п. 1: $P_1 = P_2$; $V_1 = V_2$

в п. 2: $P_2 = 2P_1$ $V_2 = 2V_1$
первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

$$A = p \Delta V$$

$$Q = \frac{Q_2 - Q_3}{Q_1} = \frac{A}{Q}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} OR \Delta T_{12} + \frac{3}{2} OR \Delta T_{23} + \frac{3}{2} OR \Delta T_{31}$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = OR T_1 \\ p_2 V_2 = OR T_2 \end{cases} \quad \begin{cases} p_1 V_1 = OR T_1 \\ 4p_1 V_1 = OR T_2 \end{cases}$$

$$Q_1 = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$A = \frac{\pi \cdot OR^2 V_1^2}{4}$$

$T_2 > T_1$, т.к. $p_2 > p_1, V_2 > V_1$ $T_1 = \frac{p_1 V_1}{OR}$ $T_2 = 4 \frac{p_1 V_1}{OR}$

$$\Delta T_{12} = \frac{3p_1 V_1}{OR}$$

$$Q = \frac{A}{Q_1}$$

$T_3 < T_2$, т.к.
 $v = \text{const}; p_3 < p_2$

$$\begin{cases} p_2 V_2 = OR T_2 \\ p_1 V_2 = OR T_3 \end{cases} \quad \begin{cases} T_2 = \frac{4p_1 V_1}{OR} \\ T_3 = \frac{2p_1 V_1}{OR} \end{cases}$$

$$\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = -\frac{2p_1 V_1}{OR}$$

$$\begin{cases} T_3 = \frac{2p_1 V_1}{OR} \\ T_1 = \frac{p_1 V_1}{OR} \end{cases} \quad \Delta T_{31} = -\frac{p_1 V_1}{OR}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (3p_1 V_1 - 2p_1 V_1 - p_1 V_1) = 0$$

$$Q = A$$

$$A = p \Delta V$$

$$S = \pi R^2$$

$$R = p_1 V_2 = OR T_1$$

$$A = \frac{S}{4} = \frac{\pi \cdot OR^2 V_1^2}{4}$$

Handwritten signature

5) Дано:
 Q ; R ;
 q

Решение:



$$F_1 = \frac{kQq}{(2R)^2}$$

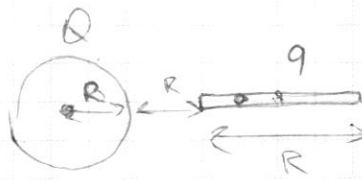
~~Сила взаимодействия~~

~~Сила взаимодействия~~

$$F = q \cdot E$$

~~$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$~~
 ~~$F = q \cdot E$~~

2)



$$F_2 = \frac{kQq}{(2,5R)^2}$$

Q : заряд