# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

## Вариант 10-02

Шифр
(заполняется секретарём)

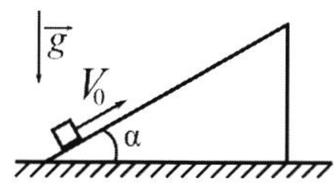
**1.** Фейерверк массой $m = 1$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3$ с разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная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




$H = 0,2$ м. Масса клина в два раз больше массы шайбы. Ускорение свободного падения $g$=10 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.

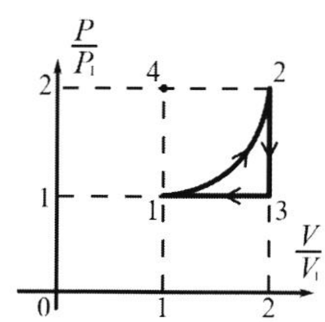
2) Вычислите минимальную допустимую скорость $V_{MIN}$ равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^0$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1$ м. Ускорение свободного падения $g$=10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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

2) Через какое время $\tau'$ первый осколок упадёт на землю?

$m = 1$ кг

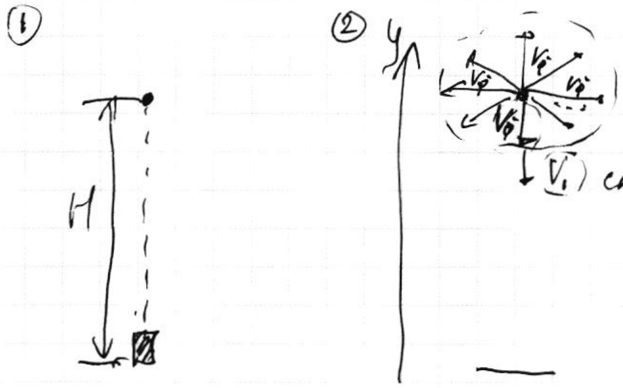
$T = 3$ с.

$K = 1{,}8$ кДж

$\tau = 10$ с

$H - ?$

$\tau' - ?$




$V_1$ скорость осколка, к-ый первый упадёт на землю

$~~|V_1| = |V_0 - V|~~$

$\vec{V_1} = \vec{V_0} - \vec{V_в}$

$V_i$ - скорость осколков сразу после взрыва

$\tau''$ - время падения „первого" осколка

начальная скорость фейерверка

$V(t) = |V_0| - gt$

$t = T$ - взрыв

$V_в = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT$

„высшей точке траектории" $\Rightarrow V_в = 0$

$$\left.\begin{array}{l} \text{„высшей точке траектории"} \Rightarrow V_в = 0 \\ K = \sum\limits_i \frac{m_i V_i^2}{2} = \frac{V_i^2}{2} m \Rightarrow V_i = \sqrt{\frac{2K}{m}} \end{array}\right\} \Rightarrow |V_1| = |V_i| = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$H = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2}$$

$$y(t) = H - V_i t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_1 = H - V_1\tau'' - \frac{g\tau''^2}{2} = 0 \Rightarrow H = V_1\tau'' + \frac{g\tau''^2}{2} \quad \Big| \cdot 2$$

$$\Rightarrow 2H = 2V_1\tau'' + g\tau''^2 \Rightarrow 2H = 2\cdot\sqrt{\frac{2K}{m}}\,\tau'' + g\tau''^2$$

$$g\tau''^2 + \sqrt{\frac{8k}{m}}\,\tau'' - 2H = 0$$

$$D = \frac{8k}{m} + 8gH = 8\left(\frac{K}{m} + gH\right) \Rightarrow \tau' = \frac{-\sqrt{\frac{8k}{m}} \pm \sqrt{8\left(\frac{K}{m} + gH\right)}}{2g}$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$$\tau' = \frac{-\sqrt{\frac{8k}{m}} + \sqrt{8\left(\frac{k}{m} + gH\right)}}{2g}$$

1) $H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 3^2}{2} = 5 \cdot 3^2 = \boxed{45\text{ м}}$

2) $$\tau'' = \frac{-\sqrt{\frac{8 \cdot 1{,}8 \cdot 10^3}{1}} + \sqrt{8\left(\frac{1{,}8 \cdot 10^3}{1} + 10 \cdot 45\right)}}{20} = \frac{-\sqrt{8 \cdot 1{,}8 \cdot 10^3} + \sqrt{8(1{,}8 \cdot 10^3 + 10 \cdot 45)}}{20} =$$

$$= \frac{-120 + 20\sqrt{45}}{20} = -6 + \sqrt{45}$$

и $\tau' = \tau'' + T$

$-\sqrt{8 \cdot 1{,}8 \cdot 10^3} = -\sqrt{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^2} = -\sqrt{4^2 \cdot 3^2 \cdot 10^2} = -4 \cdot 3 \cdot 10 = -120$

$\sqrt{8(18 \cdot 10^2 + 10 \cdot 45)} = \sqrt{8(1800 + 450)} = \sqrt{8 \cdot 2250} = \sqrt{2^3 \cdot 2 \cdot 5^3 \cdot 3^2} = 4 \cdot 5 \cdot 3 \cdot \sqrt{5}$

$$\begin{array}{r|l} 2250 & 2 \\ 1125 & 5 \\ 225 & 5 \\ 45 & 5 \\ 9 & 3 \\ 3 & 3 \\ 1 & \end{array}$$

Ответ: 1) 45 м

2) $-6 + \sqrt{45} + 3 = \boxed{-3 + \sqrt{45}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

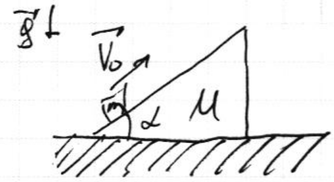
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

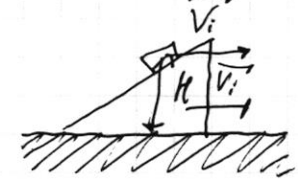
(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача ②




=>




$\vec{V_1}$ – скорость системы в момент наивысшего положения шайбы

$\cancel{\left(\frac{mV_0^2}{2}\right)_н}$

① $\begin{cases} \left(mgH + \frac{(m+M)V_1^2}{2}\right)_к = \left(\frac{mV_0^2}{2}\right)_н & \text{Закон сохранения энергии} \\ mV_0\cos\alpha = (m+M)V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{m}{m+M}V_0\cos\alpha & \text{закон сохранения импульса} \end{cases}$

$$mgH + \frac{m^2V_0^2\cos^2\alpha}{2(m+M)} = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2}\left(1 - \frac{m\cos^2\alpha}{m+M}\right) = mgH \quad (1)$$

$$V_0^2 = \frac{2gH}{1-\frac{m\cos^2\alpha}{m+M}} \Rightarrow \left(V_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1-\frac{m\cos^2\alpha}{m+M}}}\right) = \sqrt{\frac{2\cdot10\cdot0{,}2}{1-\frac{m\cdot0{,}36}{3m}}} = \sqrt{\frac{4}{1-0{,}13}} \cancel{\approx\sqrt{4{,}85}}$$

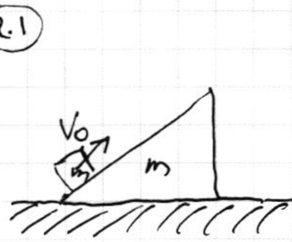
$$= \sqrt{\frac{4}{0{,}87}} = \sqrt{\frac{400}{87}} \cancel{\approx \sqrt{\frac{400}{41}}} \cancel{\approx \sqrt{4{,}85} \approx 2{,}22} \approx \sqrt{4{,}59}\ м/с$$

~~400 | 82, 328, 4,85, 720, 676, 440, 410, 30~~

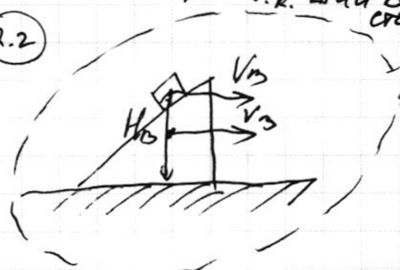
400 | 87
348 | 4,59...
520
435
850
783
67

②

2.1

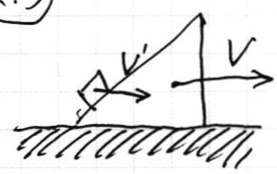



2.2




Вкл~~ё~~ст потенциальной энергии, но т.к. шайба вернётся в точку старта $\Delta E_{пот.} = 0$

2.3




$$\left(\frac{mV_0^2}{2}\right) = \frac{mV'^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

В конечный момент пересечения ~~старта~~ старта $V' = V$

$$(2)\ V_0^2 = \frac{2gH}{1-\frac{m\cos^2\alpha}{m+M}} = \frac{2gH}{1-\frac{\cos^2\alpha}{2}} = \frac{2gH}{\frac{2-\cos^2\alpha}{2}} = \frac{4gH}{2-\cos^2\alpha}$$

(из предыдущего вопроса) (1)

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

$$\cancel{m}V_0^2 = \cancel{m}V^2\ (3)$$

~~(2) в (3)~~

$$(2)\ в\ (3)\ V^2 = \frac{V_0^2}{2} = \frac{\cancel{2}4gH}{\cancel{2}(2-\cos^2\alpha)} = \frac{2gH}{2-\cos^2\alpha}$$

$\Downarrow$ ~~(1)~~

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{2-\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 0{,}2}{2-0{,}36}} = \cancel{4} \frac{2}{\sqrt{1{,}64}} = \frac{2}{\sqrt{\frac{164}{10^2}}} = \frac{2\cdot 10}{\sqrt{164}} =$$

$$= \frac{20}{2\cdot\sqrt{41}} = \frac{10}{\sqrt{41}}\ м/с$$

| | |
|---|---|
| 164 | 2 |
| 82 | 2 |
| 41 | 41 |
| 1 | |

Ответ: 1) $\sqrt{\frac{400}{87}}$ $\frac{м}{с}$

~~2) $\frac{10}{\sqrt{41}}$ $\frac{м}{с}$~~ ~~(2.2)~~ (см. страницу 11)

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

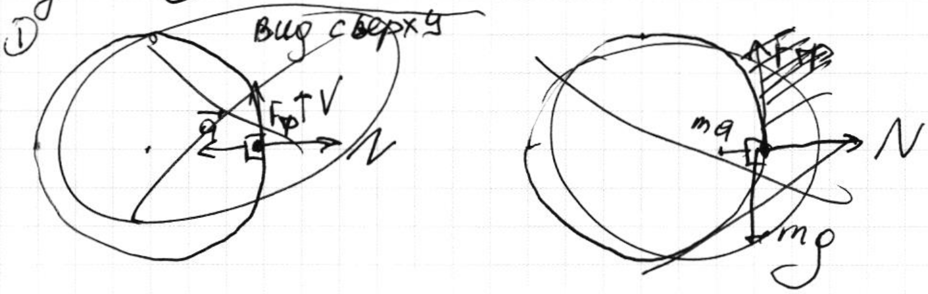
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача (3)

(1)




~~$N = 2mg$~~

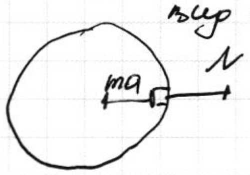
~~$ma$~~

~~$F_{тр} = mg$~~

m – масса модели

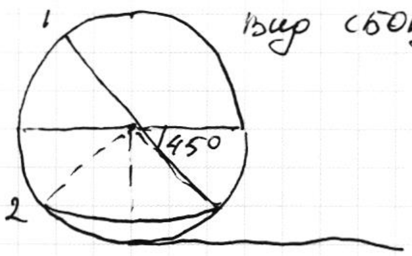
⇓

$N = 2mg$



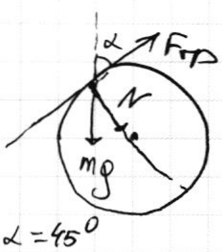

$\Rightarrow \; ma = 2mg \;\Rightarrow\; a = 2g$

(2)




вид сбоку   угол с горизонтом у всей плоскости $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ аналогично (1)




когда в верхней точке траектории почти не отрывается от ~~поверхности шара~~ сферы.

$\alpha = 45^0$

$$\begin{cases} F_{тр} = \mu N \\ mg = F_{тр}\cos\alpha \\ N = ma \\ a = \dfrac{V_{min}^2}{R} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_{тр} = \mu m \dfrac{V_{min}^2}{R} \\ mg = F_{тр}\cos\alpha \end{cases}$$

$$mg = \mu m V_{min}^2 \cos\alpha \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow V_{min}^2 = \frac{gR}{\mu\cos\alpha} \Rightarrow V_{min} = \sqrt{\frac{gR}{\mu\cos\alpha}}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$V_{min} = \sqrt{\frac{10 \cdot 1}{0{,}8 \cdot \cos 45}} = \sqrt{\frac{10}{0{,}8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}} = \sqrt{\frac{20}{0{,}8\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{200}{8\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{50}{2\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{25}{\sqrt{2}}} =$$

$$= \frac{5}{\sqrt[4]{2}} \ \frac{м}{с}$$

Ответ: 1) $a = 2g = 20 \ \frac{м}{с^2}$

2) $V_{min} = \frac{5}{\sqrt[4]{2}} \ \frac{м}{с}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

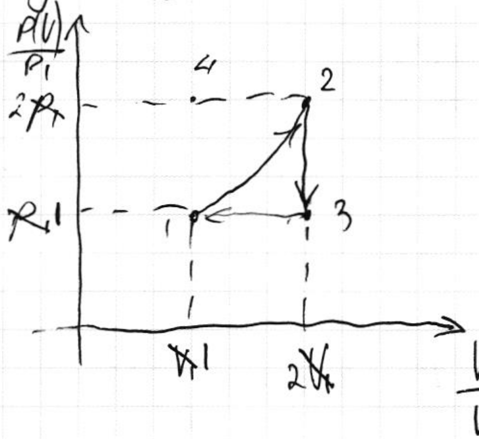
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача (4)





$\cancel{\pi 2 r^2}$

$S = \pi r^2$

$S_i = \frac{\pi r^2}{4}$

$S_i' = S_{i+i'} - S_i = 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}$

$(p_2, V_2, T_2)$ – система во второй ситуации

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

$\Delta U_{12} = \frac{i}{2}\nu R \Delta T = \cancel{\frac{i}{2} A_7}$

$\cancel{\frac{2p_1 \cdot 2V_1}{T_2}}$

$$\begin{cases} \frac{p_2V_2}{T_2} = \nu R \\ \frac{p_1V_1}{T_1} = \nu R \end{cases} \Rightarrow \Delta T = T_2 - T_1 = \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{\nu R}$$

(1) $\Delta U_{12} = \frac{i}{2}\cancel{\nu R} \cdot \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{\cancel{\nu R}} = \frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{i}{2}(4p_1V_1 - p_1V_1) = \frac{i}{2} \cdot 3p_1V_1$

$\cancel{4}$ $A_{12} = \int_{V_1}^{2V_1} p(V)\,dV \;\; = S$

площадь под графиком

$p(V) - ?$

$\frac{p(V)}{p_1}$ $\left(\frac{V}{V_1}\right)$

$\left(\frac{p}{p_1} - 2\right)^2 + \left(\frac{V}{V_1} - 1\right)^2 = 1$

$\frac{p^2}{p_1^2} - 4\frac{p}{p_1} + 4 + \frac{V^2}{V_1^2} - 2\frac{V}{V_1} + \cancel{1} = \cancel{1}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$$\cancel{\frac{p^2}{p_1^2} - 4\frac{p}{p_1} + 4 + \frac{V^2}{V_1^2} - 2\frac{V}{V_1} = 0}$$

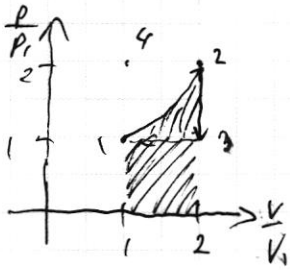
$$\cancel{\frac{p}{p_1} = a}$$

$$\cancel{\frac{V}{V_1} = b}$$

$$\cancel{a^2 - 4a + 4 + b^2 - 2b = 0}$$

$$\cancel{4 \pm \sqrt{16}}$$

$$\cancel{a_{1,2} =}$$




$$A_{123} = S_{123} \cdot p_1V_1 = \left(1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1$$

$$A_{12} = \left(1 + 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1$$

степень свободы

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{j}{2} \cdot 3p_1V_1 + \left(1 + 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1$$

$j = 3$, т.к. газ одноатомный

$$Q_{12} = \left(\frac{3 \cdot 3}{2} + 2 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1 = \left(\frac{18 + 8 - \pi}{4}\right) p_1V_1 \simeq 5{,}715\, p_1V_1$$

$\pi \simeq 3{,}14$

$$= \frac{26 - 3{,}14}{4} \simeq \frac{22{,}86}{4}$$

$22{,}86 : 4 = 5{,}715$

$4{,}86 : 22{,}86 = 0{,}217\ldots$

$$\eta = \frac{Q_{полезное}}{Q_{полное}} = \frac{A_{123}}{Q_{12}} = \frac{\left(1 + 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1}{\left(\frac{18 + 8 - \pi}{4}\right) p_1V_1} = \frac{\left(\frac{6 - \pi}{4}\right)}{\left(\frac{26 - \pi}{4}\right)} = \frac{6 - \pi}{26 - \pi} = \frac{4{,}86}{22{,}86} \simeq 0{,}22$$

$\cancel{Q_{полное} =}$

Ответ: 1) $Q_{12} \simeq 5{,}715\, p_1V_1$

2) $A_{123} = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1$

3) $\eta \simeq 0{,}22$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

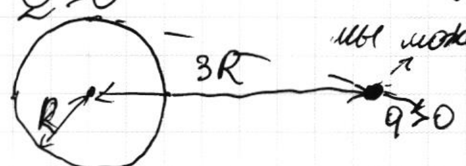
(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача ⑤

⑤ $Q>0$

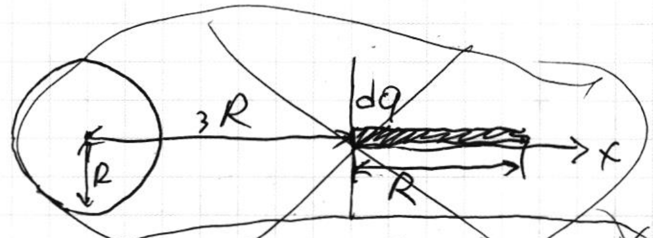
①

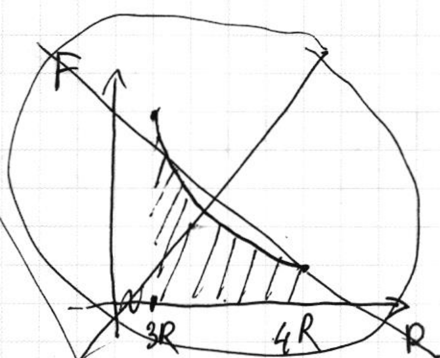



Когда другой точечный заряд находится вне сферы, то мы можем сконцентрировать заряд сферы в центре,

т.к. по ~~принципу~~ суперпозиции ~~сила~~ $\Sigma$ сил будет та же

$$F_1=\frac{kQq}{9R^2}$$



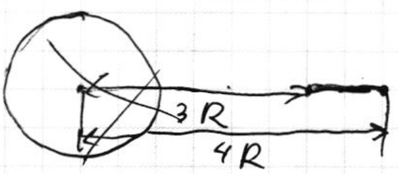




$$F_i=\frac{kQ\cdot dq}{9R^2} \Leftarrow \begin{cases} dq=dx\cdot\sigma \\ \sigma=\frac{q}{R}\end{cases}$$

$$F_i=\frac{kQ\,dx\,\sigma}{3(R+x)^2}$$

$$F=\int_0^R\frac{kQ\sigma dx}{(3R+x)^2}=\frac{kQ\sigma}{}\cdot\int_0^R\frac{dx}{(3R+x)^2}$$

$$\int_0^R\frac{dx}{(3R+x)^2}=\int_0^R\frac{1}{9R^2+6xR+x^2}\cdot dx$$




сконцентрируем заряд в середине стержня

$$\Rightarrow F_2=\frac{kQq}{3{,}5R^2}$$

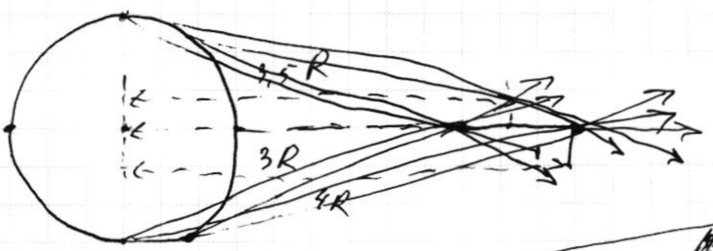
$$F_1=\frac{4kQ\cdot q_i}{R^2}+\frac{3kQ\,q_i}{12R^2}=\frac{7kQq_i}{12R^2}$$

$$\frac{kQq}{3{,}5R^2}=\frac{7kQq}{2R^2}=\frac{7kQ\sigma R}{2R^2}=\frac{kQ\sigma}{3}\left(\frac{7\cdot 3R}{2R^2}\right)$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

②

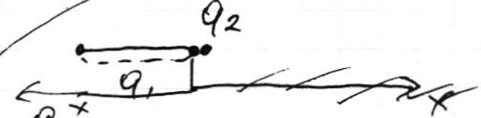



$\vec{E} = \frac{kQ}{9R^2}$

$\vec{E}$

$\int x^n = \frac{x^{n+1}}{n+1}$

$\cancel{E(x)}$




$\sigma' = \frac{q_1}{R}$

$F(R) = \int_0^R \frac{kq_2\sigma' \cdot dx}{x^2} = kq_2\sigma' \cdot \int_0^R \frac{dx}{x^2} = kq_2\sigma' \cdot \int_0^R x^{-2}\,dx = -\frac{kq_2\sigma'}{R}$

$t \to \frac{t^2}{2}$

$\int_0^R x^{-2}\,dx = \frac{R^{-1}}{-1} = -R^{-1} = -\frac{1}{R}$

$F = \sum F_i = \frac{kQ\frac{1}{3}q}{3{,}5R}\ \ kQ\frac{1}{3}q\left(\frac{1}{3{,}5^2R^2} + \frac{1}{3^2R^2} + \frac{1}{4^2R^2}\right) = \frac{kQq}{3}\cdot\left(\frac{12 + 14 + 10{,}5}{42R^2}\right) =$

$= \frac{kQq \cdot 36{,}5}{126R^2}$

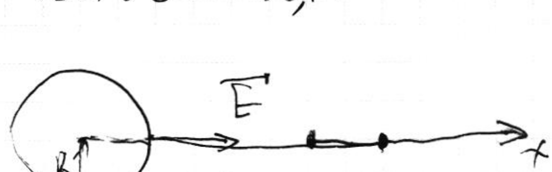
$\frac{1}{R^2}\left(\frac{1}{12{,}25R^2} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16}\right) = \frac{1}{R^2}\cdot\left(\frac{144 + 196 + 110{,}25}{1764}\right) = \frac{450{,}25}{1764R^2}$

$3{,}5 \times 3{,}5 = 175;\ 105;\ 12{,}25$   $16 \times 9 = 144$   $12{,}25 \times 16 = 7350;\ 1225;\ 196{,}00$   $12{,}25 \times 9 = 110{,}25$   $196 \times 9 = 1764$   $144 + 196 = 340;\ 340 + 110{,}25 = 450{,}25$

$450{,}25 \times 4 = 1801{,}00$   $450{,}25 \times 3 = 1350{,}75$

$\sigma = \frac{q}{R}$ — линейная плотность заряда в стержне

$\vec{E}(x) = \frac{kQ}{x^2}$




$F = \vec{E}_{(x)} \cdot q_i$

Ответ:

1) $F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$

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

$\Phi = E(x) \cdot 4\pi x^2$    $E(x) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$

$\Phi = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

$F_i = \frac{Qq_i}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = \frac{Q\cdot\sigma\cdot dx}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$

$F = \int_{3R}^{4R} \frac{Q\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{x^2}\,dx = -\frac{Q\sigma}{4\pi\varepsilon_0(4R-3R)} = -\frac{Q\sigma}{4\pi\varepsilon_0 R} \Rightarrow$

$\Rightarrow |F| = \left|\frac{-Qq}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\right| = \frac{kQq}{R^2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV'^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

т.к. $M = m$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1-\frac{m\cos^2\alpha}{m+M}}} = \sqrt{\frac{2gH}{1-\frac{\cos^2\alpha}{2}}}$$

$$\begin{cases} V_0^2 = V'^2 + V^2 \\ mV_0\cos\alpha = mV + mV' \\ V_0\cos\alpha = V + V' \end{cases}$$

$\cancel{V = V_0\cos\alpha}$

$V' = V_0\cos\alpha - V$

$$V_0^2 = V_0^2\cos^2\alpha - 2V_0V\cos\alpha + V^2 + V^2$$

$$V_0^2 = V_0^2\cos^2\alpha - 2V_0V\cos\alpha + 2V^2$$

$$2V^2 - 2V_0\cos\alpha\, V - V_0^2(1-\cos^2\alpha) = 0$$

$$D = 4V_0^2\cos^2\alpha + 2V_0^2(1-\cos^2\alpha)$$

$$V_{1,2} = \frac{2V_0\cos\alpha \pm \sqrt{4V_0^2\cos^2\alpha + 2V_0^2(1-\cos^2\alpha)}}{4} = \frac{2V_0\cos\alpha \pm V_0\sqrt{4\cos^2\alpha + 2 - 2\cos^2\alpha}}{4} =$$

$$= \frac{2V_0\cos\alpha \pm V_0\sqrt{2(\cos^2\alpha+1)}}{4} = \frac{2\cdot 0{,}6 \pm \sqrt{2\cdot 1{,}36}}{4}\cdot V_0 =$$

$= \frac{1{,}2 \pm \sqrt{2{,}72}}{4}V_0$ с „–" $V < 0 \Rightarrow$ в другую сторону скользит б

$\Rightarrow$ с „+"

$$V = \frac{1{,}2+\sqrt{2{,}72}}{4}V_0 = \frac{1{,}2+\sqrt{2{,}72}}{4}\cdot\sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 0{,}2}{1-0{,}18}} = \frac{1{,}2+\sqrt{2{,}72}}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{0{,}82}} =$$

$$= \frac{1{,}2+\sqrt{2{,}72}}{2\sqrt{0{,}82}}\ \frac{м}{с}$$

Ответ: 2) $V = \frac{1{,}2+\sqrt{2{,}72}}{2\sqrt{0{,}82}}\ \frac{м}{с}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)