Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

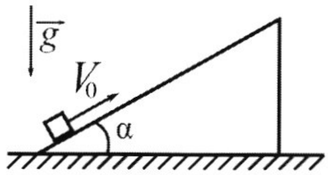
1. Фейерверк массой $m = 1$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3$ с разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая 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 τ 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 α 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 η 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.

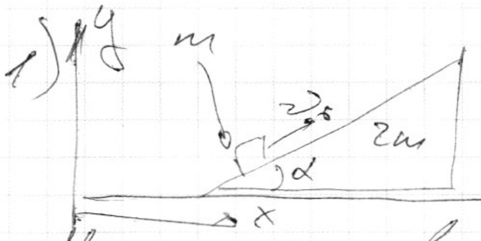
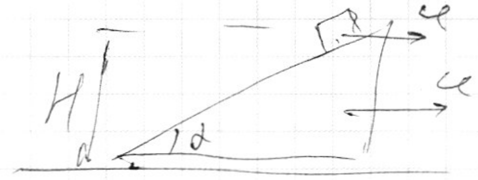
1) Найдите силу F_1, действующую на заряженный шарик.

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.

№2

1)  

Максимальная высота будет достигнута, в тот момент, когда ~~клин~~ шайба перестанет подниматься $\Rightarrow v_{ш_y}=0$

(скорость шайбы по ox) скорость клина вдоль Ox

$v_{ш_y} = (v_{ш_x} - v_{к_x})\cdot tg\alpha \Rightarrow v_{ш_x} = v_{к_x}$

З-н сохр. импульса вдоль Ox:

$$m v_0 \cdot \cos\alpha = 3mu \Rightarrow u = v_{ш_x} = v_{к_x} = \frac{v_0\cos\alpha}{3}$$

З-н. сохр. энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{ш_x}^2}{2} + \frac{2mv_{к_x}^2}{2} + mgH$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m\cdot v_0^2\cdot\cos^2\alpha}{2\cdot 9} + \frac{mv_0^2\cos^2\alpha}{9} + mgH$$

$$\cancel{v_0^2\left(\frac{1}{2} - \frac{\cos^2}{18} - \frac{1}{9}\right) = gH}$$

$$\cancel{v_0^2\cdot\frac{6}{18} = gH}$$

$$\cancel{v_0 = \sqrt{3gH} = \sqrt{3\cdot 10\cdot 0,2} = \sqrt{6}}$$

$$v_0^2\left(\frac{1}{2} - \frac{\cos^2\alpha}{18} - \frac{\cos^2\alpha}{9}\right) = gH$$

~~Ответ~~

$$v_0^2\left(\frac{1}{2} - \frac{0,36}{18} - \frac{0,36}{9}\right) = gH$$

$$v_0^2(0,5 - 0,02 - 0,04) = gH$$

$$v_0^2 = \frac{gH}{0,44} = \frac{10\cdot 0,2}{0,44} = \frac{2}{0,44} = \frac{1}{0,22} = \frac{100}{22} = \frac{50}{11}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{50}{11}}$$

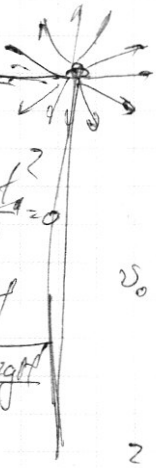
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\frac{N\frac{m}{N}v^2}{2} = K$

$\frac{\times 45 \times 20}{900}$

$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$ от пад. до пад.-посл.

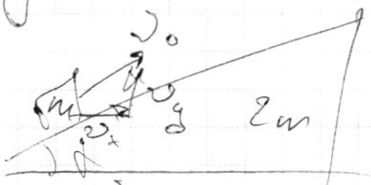
$-H + vt_1 + \frac{gt_1^2}{2} = 0$

$D = v^2 + 2gH$

$t_1 = \frac{-v \pm \sqrt{v^2+2gH}}{g}$

v_0

$H = \sqrt{2gH}\,T - \frac{gT^2}{2}$



$\tau_{вопр.} =$

$H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 9}{8} = 45м$

$\sqrt{H}^2 - \sqrt{2g}\,T \cdot \sqrt{H} + \frac{gT^2}{2} = 0$

$(v_{ш_x} - v_{к_x})\, tg\alpha$

$\frac{mv_0^2}{8} = \frac{mV^2}{8} + \frac{mv^2}{8}$

$V = (v_0 - v) \cdot \cos\alpha$

$mv_0 \cdot \cos\alpha = 3m \cdot u$

$D = 2gT^2 - 2gT^2 = 0$

$u = \frac{v_0 \cdot \cos\alpha}{3}$

$\begin{cases} v_0^2 = V^2 + v^2 \\ mv_0 \cdot \cos\alpha = mV + mv \cdot \cos\alpha \end{cases}$

$(v_0 - v)(v_0 + v) = V^2$

$\frac{v + \sqrt{v^2+2gH}}{g} - \frac{\sqrt{v^2+2gH} - v}{g}$

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2 \cdot \cos^2\alpha}{18} + \frac{2m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2\alpha}{18} + m2gH$

$V = \frac{v_0 + v}{\cos\alpha}$

$H = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$

$\sqrt{H} = \frac{\sqrt{2g}\,T}{2} = T\sqrt{\frac{g}{2}}$

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

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

$v_0\left(\frac{1}{2} - \frac{\cos^2\alpha}{18} - \frac{\cos^2\alpha}{9}\right) = gH$

$\sqrt{\frac{2\sqrt{\frac{2K}{m}}}{g}} = \tau_{вопр.}$

$v = v_0 - \frac{V}{\cos\alpha}$

$2\sqrt{\frac{\frac{3600}{1}}{10}} = \frac{2 \cdot 60}{10} = \boxed{12с}$

$v_0 = \sqrt{gH}$

$v_0 = \frac{gH}{\frac{1}{2} - \frac{0{,}36}{18} - \frac{0{,}36}{9}} = \frac{10 \cdot 0{,}2}{\frac{1}{2} - \frac{36^2}{18 \cdot 100} - \frac{36^4}{100 \cdot 9}} = \frac{2}{\frac{1}{2} - \frac{9}{4}\frac{6}{100}} = \frac{200}{54} = \frac{100}{27}$

$H = -vt_2 + \frac{gt_2^2}{2}$

$D = v^2 + 2gH$

$t_2 = \frac{v \pm \sqrt{v^2+2gH}}{g}$

☑ черновик ☐ чистовик

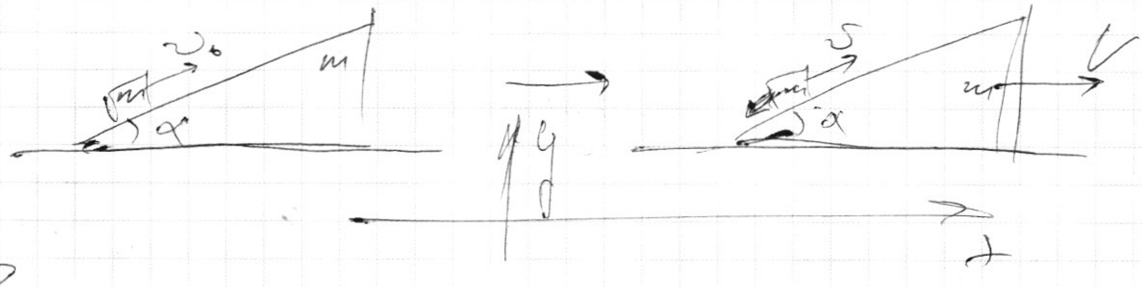
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

г) ~~З-н. сохр. импульса вдоль Ox:~~

~~$m v_0 \cdot \cos\alpha =$~~



З-н. сохр. импульса вдоль Ox:

$m v_0 \cdot \cos\alpha = m v \cdot \cos\alpha + m V$

$v_0 \cdot \cos\alpha = v \cdot \cos\alpha + V \Rightarrow V = (v_0 - v)\cos\alpha$

З-н. сохр. энергии:

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m V^2}{2}$

$v_0^2 = v^2 + V^2 \Rightarrow V^2 = v_0^2 - v^2 = (v_0 - v)(v_0 + v)$

$\Downarrow$

$V = \frac{(v_0 - v)(v_0 + v)}{(v_0 - v)\cdot\cos\alpha} = \frac{v_0 + v}{\cos\alpha}$

$v_0 \cdot \cos^2\alpha = v \cdot \cos^2\alpha + v_0 + v$

$\Downarrow$

$v = v_0 \frac{\cos^2\alpha - 1}{1 + \cos^2\alpha} \Rightarrow V = v_0 \frac{1 + \frac{\cos^2\alpha - 1}{1 + \cos^2\alpha}}{\cos\alpha} = v_0 \frac{1 + \cos^2\alpha + \cos^2\alpha - 1}{\cos\alpha + \cos^3\alpha} \Rightarrow$

$\Rightarrow V = v_0 \frac{2 \cdot \cos\alpha}{1 + \cos^2\alpha} = \sqrt{\frac{50}{11}} \cdot \frac{2 \cdot 0,6}{1 + 0,36} = \sqrt{\frac{50}{11}} \cdot \frac{120}{136} = \sqrt{\frac{50}{11}} \cdot \frac{60}{68} = \sqrt{\frac{50}{11}} \cdot \frac{15}{17}$

Ответ: $v_0 = \sqrt{\frac{50}{11}}$

$V = \sqrt{\frac{50}{11}} \cdot \frac{15}{17}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_0^2 = V^2 + v^2$

$N = mg\cdot\cos 45^\circ = m\frac{v^2}{R}$

$v_0\cos\alpha = V + v\cos\alpha$

$N = m\frac{v^2}{R} - mg\cdot\cos 45^\circ$

$V = (v_0 + v)\cos\alpha$

$V = \frac{v_0+v}{\cos\alpha} = \frac{9v_0}{17\cdot 0{,}6} = \frac{9\cdot 10\cdot v_0}{17\cdot 6} = \frac{15 v_0}{17}$

$V^2 = (v_0 - v)(v_0 + v)$

$v_0\cdot\cos^2\alpha = v_0 + v + v\cdot\cos^2\alpha$

$F_{тр} = \mu N =$

$v = v_0\frac{\cos^2\alpha - 1}{1+\cos^2\alpha} = \frac{0{,}36-1}{1+0{,}36} = \frac{-0{,}64}{1{,}36}v_0 = -v_0\frac{64}{136} = \frac{32}{68} = \frac{16}{34} = \frac{8}{17}$

$\mu m\frac{v^2}{R} - \mu mg\cdot\cos 45^\circ = mg\cdot\cos 45^\circ$

$v_0^2 = \frac{15^2 v_0^2}{17^2} + \frac{16\ v_0^2}{17^2}$

$\boxed{-\frac{8}{17}v_0}$

$\mu\frac{v^2}{R} = g\cdot\cos 45^\circ(1+\mu)$

$17^2 = 15^2 + 8^2$

$17\cdot 17 = 289$

$15\cdot 15 = 225$

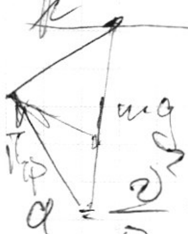
$16\cdot 16 = 256$

$\boxed{N = m\frac{v^2}{R}}$

$\mu N = mg$

$v = \sqrt{\frac{gR\cdot\cos 45^\circ(1+\mu)}{\mu}}$

$a = \frac{v^2}{R} = \frac{2mg}{m}$



☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

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

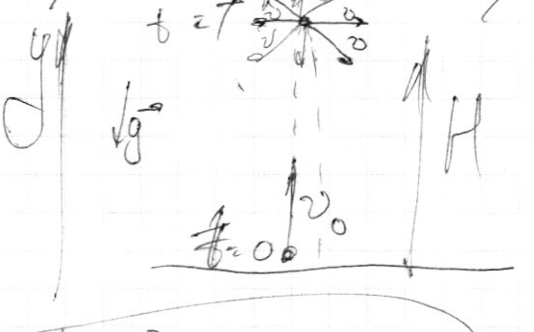
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

1) Так как все осколки летят с одинаковыми скоростями во всех направлениях => в момент взрыва скорость фейерверка была 0, что можно понять из з-на сохр. импульса: вдоль любой оси найдутся два осколка, летящих в противоположное направление с одинаковой скоростью, делая ~~скорость~~ импульсы вдоль данной оси равным 0.

Таким образом фейерверк был запущен вертикально вверх.



$$H = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

З-н. сохр. энергии:

$$mgH = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH}$$

$$H = \sqrt{2gH}\,T - \frac{gT^2}{2}$$

Решим отн. $\sqrt{H}$

$$(\sqrt{H})^2 - \sqrt{H}\cdot\sqrt{2g}\,T + \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$D = 2gT^2 - 2gT^2 = 0$$

$$\sqrt{H} = \frac{\sqrt{2g}\,T}{2} = \sqrt{\frac{g}{2}}\cdot T \Rightarrow H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10\cdot 9}{2} = 45\text{ м.}$$

г) Так как скорость разлета всех осколков одинаковая => $K = \frac{N \cdot \frac{m}{N} \cdot v^2}{2}$ скорость каждого осколка

кол-во осколков

масса каждого осколка

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

Решим в общем виде для времени падения t ур-ние:

$$\boxed{H = v_y t + \frac{gt^2}{2}} \quad D = v_y^2 + 2gH$$

$$t = \frac{-v_y \mp \sqrt{v_y^2 + 2gH}}{g} \Rightarrow t = t_{min} \text{ при } v_y = v$$

$$t = t_{max} \text{ при } v_y = -v$$

Первым осколок упадет на землю через t_{min}:

$$t_{min} = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g} = \frac{-\sqrt{\frac{2K}{m}} + \sqrt{\frac{2K}{m} + 2gH}}{g} =$$

$$= \frac{-\sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} + \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1} + 2 \cdot 10 \cdot 45}}{10} = \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10} = \frac{-60 + \sqrt{4500}}{10} = \frac{-60 + \sqrt{9 \cdot 500}}{10} =$$

$$= \frac{-60 + 30\sqrt{5}}{10} = -6 + 3\sqrt{5} = 3(\sqrt{5} - 2)\text{с}$$

$$\tau = t_{max} - t_{min} = \frac{v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g} - \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g} = \frac{2v}{g} = \frac{2\sqrt{\frac{2K}{m}}}{g} =$$

$$= \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}}}{10} = 12\text{с}$$

Ответ: $H = 45$м
$\tau = 12$с
$t_{min} = 3(\sqrt{5} - 2)$с

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Так как модель движется равномерно => в направлении движения $a_x = 0$.

Так как модель не съезжает с кольца, по которому движется => $a_y = 0$

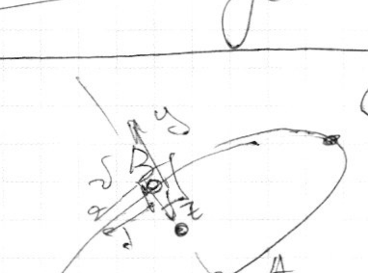
Значит ускорение присутствует только вдоль OZ

$a = a_z = \frac{N}{m} = \frac{2mg}{m} = \frac{v^2}{R} = 2g = 20\,\frac{м}{с^2}$

~~Так как сила трения действует в плоскости, перп. силе нормальной реакции опоры, а в этой плоскости ускорение модели равно 0 => $\vec{F}_{тр_y} = -m\vec{g}$~~

~~$F_{тр} = \mu N = mg$~~

2)



В течение движения угол между вектором $\vec{N}$ и $m\vec{g}$ изменяется от 90° (в т. A и B) до 45° (в т. C), а также от 90° до 135° (в т. D)

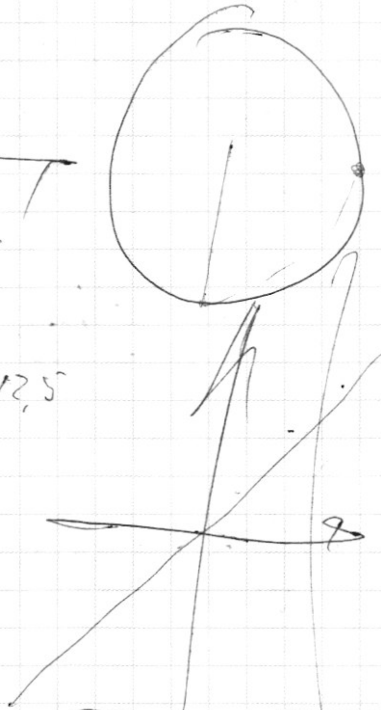
$m\frac{v^2}{R} = N + mg\cos\alpha$ угол между $\vec{n}$ и $m\vec{g}$

~~$F_{тр} = \mu N = m\frac{v^2}{R} - mg\cos\alpha$~~ $F_{тр} = mg\sin\alpha \le \mu N$

$N = \frac{mv^2}{R} - mg\cdot\cos\alpha$ $\quad tg\,45 = 1$ $\quad tg(\alpha+45) > 1$

$\mu\frac{mv^2}{R} - \mu mg\cdot\cos\alpha = mg\cdot\sin\alpha$

$\frac{\mu v^2}{R} = g(\sin\alpha + \mu\cdot\cos\alpha)$



$v = \sqrt{\frac{gR(\sin\alpha + \mu\cdot\cos\alpha)}{\mu}}$

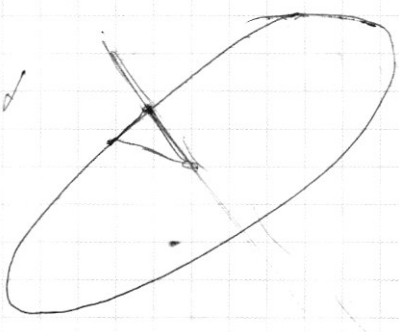
$\sqrt{1{,}64} = \frac{164}{100} = \frac{4\cdot4\cdot1}{100}$ $\quad \frac{100}{8} = 12{,}5$

$\frac{2}{10}\sqrt{41}$

$\frac{d(\sin\alpha + \mu\cdot\cos\alpha)}{d\alpha} = \cos\alpha + \mu\cdot\sin\alpha = 0$

α

$\pi + \alpha$

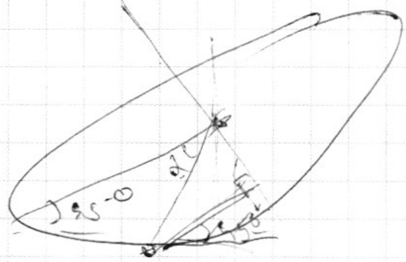


$tg\,\alpha = \frac{1}{\mu}$

$\sqrt{\frac{1}{0{,}4}\sqrt{41}} = \sqrt{\frac{10}{4}\sqrt{41}}$

$\frac{1}{\cos^2\alpha} = tg^2\alpha + 1$

$\frac{1}{\cos^2\alpha} = \frac{1}{\mu^2} + 1$



$\cos\alpha = \sqrt{\frac{\mu^2}{1+\mu^2}}$

$\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}} + \frac{\mu^2}{\sqrt{1+\mu^2}} =$

$\boxed{= \sqrt{1+\mu^2}}$

$\sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{\mu^2}{1+\mu^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$mg\cdot\sin\alpha \le \mu m\frac{v^2}{R} - \mu mg\cdot\cos\alpha$

$\frac{\mu v^2}{R} \geq g(\sin\alpha + \mu\cdot\cos\alpha)$

$v^2 \geq \frac{gR}{\mu}(\sin\alpha+\mu\cdot\cos\alpha)$ для любого α

Найдем максимум для $\sin\alpha+\mu\cdot\cos\alpha$

$f(\alpha) = \sin\alpha + \mu\cdot\cos\alpha$

$\frac{df}{d\alpha} = \cos\alpha - \mu\cdot\sin\alpha = 0 \Rightarrow tg\,\alpha = \frac{1}{\mu} = 1{,}25 \Rightarrow 90^\circ > \alpha > 45^\circ$ и такая точка существует

Докажем максимальность этой точки:

$\frac{d^2f}{d\alpha^2} = -\sin\alpha - \mu\cdot\cos\alpha$

при $90 > \alpha > 45^\circ$ $\frac{d^2f}{d\alpha^2} < 0 \Rightarrow f(\frac{1}{\mu})$ - максимум

$v^2 \geq \frac{gR}{\mu}\left(\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}} + \frac{\mu^2}{\sqrt{1+\mu^2}}\right)$

$v \geq \sqrt{\frac{gR}{\mu}\sqrt{1+\mu^2}}$

$v \geq \sqrt{\frac{10\cdot 1}{0{,}8}\sqrt{1+0{,}8^2}}$

$v \geq \frac{1}{2}\sqrt{10\sqrt{41}}$

Ответ: $a = 2g = 20\,\frac{м}{с^2}$

$v_{min} = \frac{1}{2}\sqrt{10\sqrt{41}}\,\frac{м}{с}$

$$\left(\frac{V}{V_1}-1\right)^2+\left(\frac{P}{P_1}-2\right)^2=1$$

$$Q=\frac{3}{2}\nu R\Delta T+\int p\,dV \qquad \frac{P}{P_1}$$

$$\cancel{Q=\frac{i}{2}\nu R p_2 V}$$

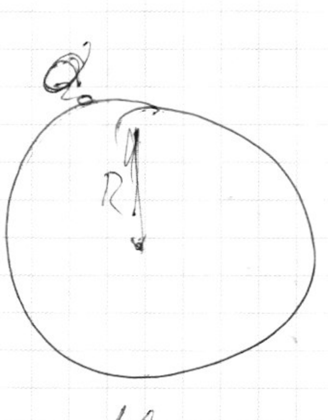
$$Q=\frac{i}{2}\left(4p_1V_1-p_1V_1\right)+$$

$$\frac{PV}{P_1V_1}^{14}+\left(\frac{PV}{P_1V_1}^{14}-\frac{\pi\frac{PV}{P_1V_1}}{4}\right)=\frac{4PV+4PV-\pi PV}{4P_1V_1}=$$

$$P_1V_1+P_1V_1-\frac{\pi P_1V_1}{4}=8$$

$$\frac{A_{газа}}{Q}$$

$$\eta=\frac{T_{нагр}-T_{хол}}{T_{нагр}}=$$



q

x^{-2}

x^{-1}

$$\frac{d\left(-\frac{1}{x}\right)}{dx}=\frac{1}{x^2} \qquad \frac{d\frac{1}{x}}{dx}=-\frac{1}{x^2}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

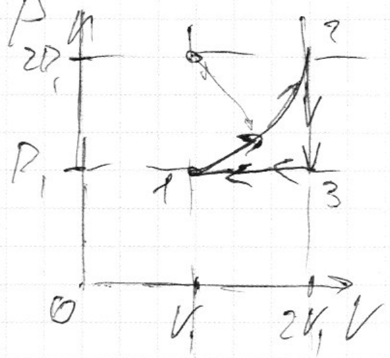
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

1) $Q = \frac{i}{2}\nu R\Delta T + \int p\,dV$

~~Нарисуем~~ Построим график $P(V)$



Найдём $\int p\,dV$ как площадь под графиком

Процесс расширения - процесс 1-2

$Q = \frac{i}{2}(4P_1V_1 - P_1V_1) + P_1V_1 + P_1V_1 - \frac{\pi P_1V_1}{4} = \frac{9}{2}P_1V_1 + 2P_1V_1 - \frac{\pi P_1V_1}{4} =$

$= \frac{26-\pi}{4}P_1V_1$

2) $A_{газа} = A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1}$ Найдем работы как площадь под графиком, с учетом знака

$A_{1-2} = 2P_1V_1 - \frac{\pi}{4}P_1V_1$

$A_{2-3} = 0$

$A_{3-1} = -P_1V_1$

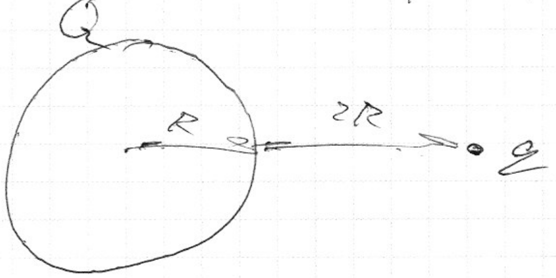
$\Rightarrow A_{газа} = P_1V_1\left(1 - \frac{\pi}{4}\right) = P_1V_1\left(\frac{4-\pi}{4}\right)$

3) $$\eta = \frac{A_{газа}}{Q_{нагр}} = \frac{P_1V_1\frac{4-\pi}{4}}{2P_1V_1 - \frac{\pi}{4}P_1V_1} = \frac{4-\pi}{8-\pi}$$

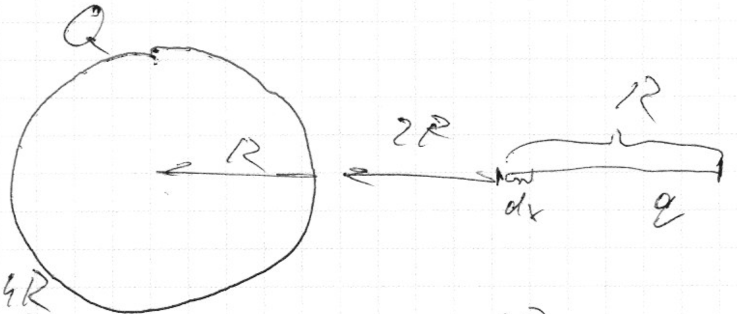
$A_{газа} > 0$

№ 5

1) Поле вне сферы идентично полю заряда помещенного в центр сферы $\Rightarrow F_1 = k\frac{Q\cdot q}{9R^2}$



2)



$$\lambda = \frac{q}{R}$$

$$F_2 = \int_{3R}^{4R} k\frac{Q\lambda dx}{x^2} = kQ\lambda\int_{3R}^{4R}\frac{dx}{x^2} = -kQ\lambda\cdot\frac{1}{x}\Big|_{3R}^{4R} = -\frac{kQ\lambda}{4R} + \frac{kQ\lambda}{3R} =$$

$$= \frac{kQ\lambda}{12R} = \frac{kQq}{12R^2}$$

Ответ: $F_1 = k\frac{Qq}{9R^2}$

$F_2 = \frac{kQq}{12R^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА