Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

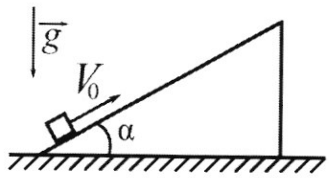
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ 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^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^0$. 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^2.



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^2.

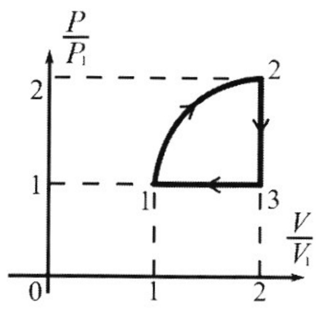
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1{,}2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3{,}7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0{,}4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления 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 $\alpha = \dfrac{\pi}{6}$. 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^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 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

Задача 1.

Дано:
$m = 2$ кг
$H = 65$ м
$\tau = 10$ с
$g = 10$ м/с^2

1) V_0 - ?
2) K - ?

Решение:

1) По закону сохранения энергии для фейерверка для моментов времени в начале полета и перед взрывом:
$\frac{mV_0^2}{2} = mgH$, откуда $V_0 = \sqrt{2gH} \approx$ ~~360 м/с~~. 504 м/с

2) Пусть после разрыва все осколки летят со скоростью V. Введём ось Oy, направленную вертикально вверх, с нулём на поверхности Земли. Тогда ~~движение~~ уравнение движения осколка, проекция скорости которого на Oy равна V_y, будет иметь следующий вид:

$y(t) = H + V_y t - \frac{gt^2}{2}$. Условие падения: $y = 0 \Rightarrow H + V_y t - \frac{gt^2}{2} = 0$

$gt^2 - 2V_y t - 2H = 0$

$t = \frac{V_y + \sqrt{V_y^2 + 2gH}}{g}$. Зависимость времени падения от V_y монотонно возрастает $\Rightarrow t$ максимально при максимальном значении V_y, которое равно $V \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$; $g\tau - V = \sqrt{V^2 + 2gH}$; $g^2\tau^2 - 2g\tau V + V^2 = V^2 + 2gH$;

$g^2\tau^2 - 2g\tau V = 2gH \Rightarrow V = \frac{g\tau^2 - 2H}{2\tau} = 43{,}5$ м/с.

3) $K = \sum \frac{1}{2} m_i V_i^2$, но $V_i^2 = V^2 \Rightarrow K = \cancel{\frac{1}{2}\sum} \frac{1}{2} V^2 \sum m_i = \frac{mV^2}{2} =$

$= \cancel{\frac{m}{2}} \cdot \frac{2 \text{ кг}}{2} \cdot (43{,}5 \text{ м/с})^2 = 1892{,}25$ Дж.

Ответ: 1) $V_0 \approx$ ~~360~~ 504 м/с; 2) $K = 1892{,}25$ Дж.

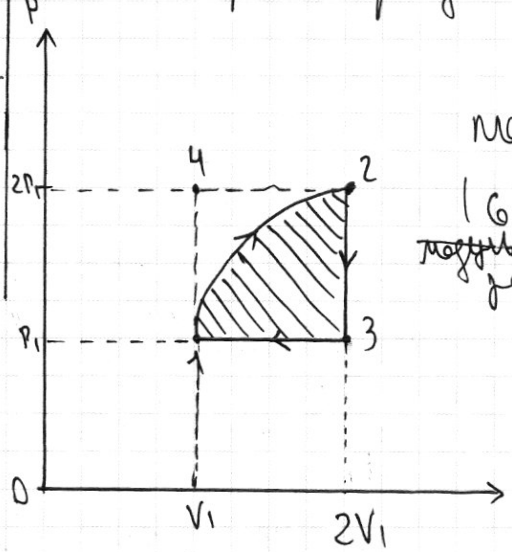
Задача 4.

Дано:
$\nu = 1$ моль
T_1

1) Q - ?
2) A - ?
3) η - ?

Решение:

Построим график в P-V координатах:



1) Работа газа за цикл равна площади заштрихованной фигуры (со знаком +, т.к. в процессе 1-2 ~~подгр~~ работа ~~а~~ больше по модулю, чем в процессе 3-1, а в процессе 2-3 работа ~~з~~ равна 0). Площадь этой фигуры относится к площади квадрата 1-4-2-3 как $\frac{\pi}{4}$ => $A = \frac{\pi}{4} \cdot P_1V_1$.

Записывая уравнение состояния 1 газа, получаем:

(1) $P_1V_1 = \nu RT_1$ => $A = \frac{\pi}{4}\nu RT_1 \approx 0{,}79\nu RT_1$

2) 1 начало термодинамики для процесса 1-2:

$Q_{12} = Q = A_{12} + \Delta U_{12}$; $A_{12} = A + P_1V_1 = \frac{\pi + 4}{\pi}\nu RT_1$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$. ($T_2$ - темп. в состоянии 2)

Уравнение состояния 2 газа: $2P_1 \cdot 2V_1 = \nu RT_2$, ~~Отк~~ с учётом формулы (1): $T_2 = 4T_1$ => $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R \cdot 3T_1 = \frac{9\nu RT_1}{2}$

$Q = \left(\frac{\pi + 4}{\pi} + \frac{9}{2}\right)\nu RT_1 = \frac{11\pi + 8}{2\pi}\nu RT_1 \approx 6{,}8\nu RT_1$

3) Уравнение состояния 3 газа: $P_1 \cdot 2V_1 = \nu RT_3$ (T_3 - темп. в этом состоянии) => $T_3 = 2T_1$ ~~=>~~.

1-й закон термодинамики для процесса 2-3: $Q_{23} = \Delta U_{23}$, но $\Delta U_{23} < 0$, т.к. $T_3 < T_2$ => $Q_{23} < 0$

Для процесса 3-1: $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$, но $\Delta U_{31} < 0$ (т.к. $T_1 < T_3$) $A_{31} < 0$ => $Q_{31} < 0$. Таким образом, только в процессе 1-2 к газу подводилось тепло => $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{2\pi}{11\pi + 8} = \frac{\pi^2}{2(11\pi + 8)} \approx 0{,}12$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

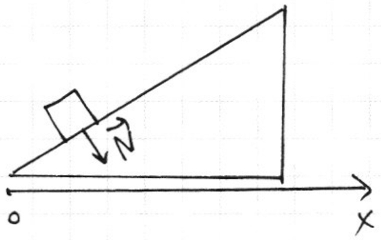
Ответ: 1) $Q \approx 6{,}8\nu RT_1$; 2) $A \approx 0{,}79\nu RT_1$; 3) $\eta \approx 0{,}12$.

Задача 2.

Дано:
$V_0 = 2$ м/с
$\alpha = 30^\circ$
$g = 10$ м/с^2

1) H-?
2) V-?

m - массы шайбы и клина



Решение:

~~1) Т.к. клин начинает движение с нулевой скоростью, а единственной силой, действующей имеющей положительную проекцию на ось X~~

1) $\vec N$ (сила давления шайбы на клин) — единственная сила из всех действующих на клин, имеющая ненулевую проекцию на ось Ox, а т.к. начальная скорость клина равна 0, и эта проекция силы положительна, то проекция скорости клина на Ox всегда положительна.

2) Пусть $\vec V_{отн}$ — скорость шайбы отн. клина, $\vec V_{кл}$ — скорость клина отн. поверхности в этот же момент времени => скорость шайбы отн. поверхности равна $\vec V_{отн} + \vec V_{кл}$. В момент максимального подъёма шайбы $\vec V_{отн} = 0$ => скорость шайбы в этот момент равна $\vec V_{кл}$. ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgH + \frac{mV_{кл}^2}{2} + \frac{mV_{кл}^2}{2}$;

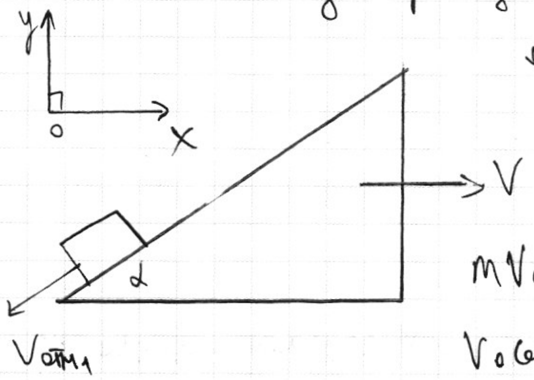
$\frac{mV_0^2}{2} = mgH + mV_{кл}^2$; $\frac{V_0^2}{2} = gH + V_{кл}^2$.

ЗСИ в проекции на ось Ox:

$mV_0\cos\alpha = mV_{кл} + mV_{кл}$; $V_к = \frac{V_0\cos\alpha}{2}$ => $\frac{V_0^2}{2} = gH + \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{4}$;

$gH = \frac{V_0^2(2 - \cos^2\alpha)}{4}$; $\cancel{g=}$ $H = \frac{V_0^2(1+\sin^2\alpha)}{4g} = 12{,}5$ см.

2) Пусть в этот момент времени скорость шайбы отн. клина равна $V_{отн1}$ (причём её проекция на ось Ox отрицательна). Тогда проекция скорости шайбы отн. земли на ось Ox равна $V - V_{отн1}\cos\alpha$, на ось Oy: $-V_{отн1}\sin\alpha$



ЗСИ в проекции на ось Ox:

$$mV_0\cos\alpha = m(V - V_{отн1}\cos\alpha) + mV$$

$$V_0\cos\alpha = 2V - V_{отн1}\cos\alpha; \quad V_{отн1} = \frac{2V - V_0\cos\alpha}{\cos\alpha}$$

Полная скорость V_1 шайбы в этот момент равна:

$$V_1 = \cancel{\sqrt{V^2 - 2V_{отн1}V + V_{отн1}^2}} \ \sqrt{V^2 - 2V_{отн1}V\cos\alpha + V_{отн1}^2}.$$

ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$; $|:\frac{m}{2}$

$$V_0^2 = V_1^2 + V^2; \quad V_0^2 = 2V^2 - 2V_{отн1}V\cos\alpha + V_{отн1}^2;$$

$$V_0^2 = 2V^2 - 2V\cos\alpha\cdot\frac{2V - V_0\cos\alpha}{\cos\alpha} + \frac{4V^2 - 4V_0V\cos\alpha + V_0^2\cos^2\alpha}{\cos^2\alpha}$$

$$V_0^2 = 2V^2 - 2V(2V - V_0\cos\alpha) + \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4V_0V}{\cos\alpha} + V_0^2$$

$$2V^2 - 4V^2 + 2V_0V\cos\alpha + \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4V_0V}{\cos\alpha} = 0$$

$$2V_0V\cos\alpha - 2V^2 + \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4V_0V}{\cos\alpha} = 0 \quad |:2V$$

$$V_0\cos\alpha - V + \frac{2V}{\cos^2\alpha} - \frac{2V_0}{\cos\alpha} = 0 \quad |\times\cos^2\alpha$$

$$V_0\cos^3\alpha - V\cos^2\alpha + 2V - 2V_0\cos\alpha = 0$$

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

Т.к. $2-\cos^2\alpha \neq 0$, то $V = V_0\cos\alpha \approx 1{,}73$ м/с.

Ответ: 1) $H = 12{,}5$ см; 2) $V \approx 1{,}73$ м/с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

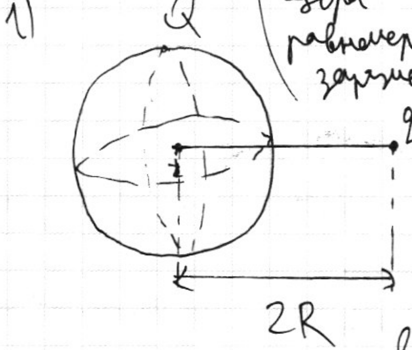
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.

Дано:
$Q>0$
R
$2R$
$q>0$
$l=R$
$d=2R$
k

1) F_1-?
2) F_2-?

1)

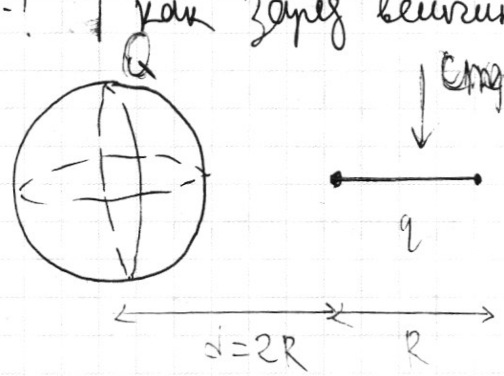


(сфера равномерно заряжена)

Решение:

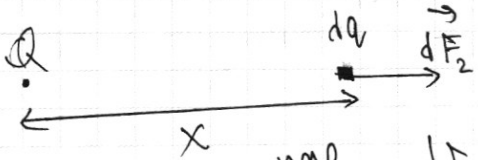
Т.к. заряд q находится вне сферы, а эффектами поляризации можно пренебречь, то сферу можно заменить на заряд величиной Q, расположенный в её центре $\Rightarrow$ сила $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$

2) В этом случае сферу опять же можно представить как заряд величиной Q, расположенный в её центре.



Пусть λ – линейная плотность распределения заряда по стержню, тогда $\lambda = \frac{q}{R}$, а т.к. поляризацией можно пренебречь, то λ одинакова на протяжении всего стержня.

Рассмотрим малый элемент стержня длиной dx, находящийся на расстоянии x от центра сферы:



его заряд dq равен: $dq = \lambda dx \Rightarrow$ сила взаимодействия этого элемента с сферой равна $dF_2 = \frac{kQdq}{x^2} = \frac{kQ\lambda dx}{x^2}$.

Т.к. x меняется от $2R$ до $3R$, то $F_2 = \int\limits_{2R}^{3R} \frac{kQ\lambda dx}{x^2} =$

$= kQ\lambda\left(-\frac{1}{x}\right)\Big|_{2R}^{3R} = kQ\lambda\left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{3R}\right) = \frac{kQ\lambda}{6R}$,

но $\lambda = \frac{q}{R} \Rightarrow F_2 = \frac{kQq}{6R^2}$.

Ответ: $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$; $F_2 = \frac{kQq}{6R^2}$

Задача 3.

Дано:
$R = 1{,}2$ м
$V_0 = 3{,}7$ м/с
$m = 0{,}4$ кг
$\alpha = \frac{\pi}{6}$
$\mu = 0{,}9$
$g = 10$ м/с^2

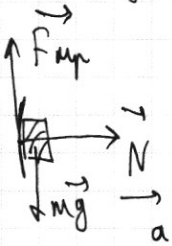
1) P – ?
2) V_{min} – ?

Решение:

1)

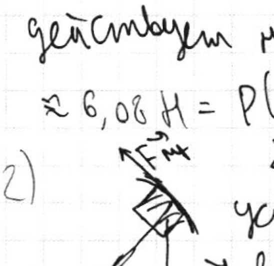
на рисунке ~~не~~ расставлены ~~вертикальные~~, только горизонтальные силы действующие на автомобиль

Пусть N – ~~сила, с которой сфера действует на авто~~ горизонтальная составляющая силы, с которой сфера действует на автомобиль. Больше никакие горизонтальные силы на автомобиль не действуют => по второму закону Ньютона: $N = \frac{mV_0^2}{R}$



По 2 з. Н в проекции на вертикальную ось: $F_{тр} = mg$ => полная сила, с которой сфера действует на автомобиль равна $F = \sqrt{F_{тр}^2 + N^2} = m\sqrt{\left(\frac{V_0^2}{R}\right)^2 + g^2} \approx$ $\approx 6{,}08$ Н $= P$ (по 3 закону Ньютона)

2)



2 закон Ньютона в проекции на ось, сонаправленную с ускорением: ~~$\frac{mV_0^2}{}$~~ $\frac{mV^2}{R} = mg\sin\alpha + N$ (V – скорость движения модели)

в проекции на ось, перп. ускорению: $F_{тр} - mg\cos\alpha = 0$; $F_{тр} = mg\cos\alpha$;

$N = \frac{mV^2}{R} - mg\sin\alpha$; но $F_{тр} \le \mu N \Rightarrow g\cos\alpha \le \frac{\mu V^2}{R} - \mu g\sin\alpha$

$V^2 \ge \frac{gR(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{\mu}$; $V \ge \sqrt{\frac{gR(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{\mu}} \Rightarrow V_{min} = \sqrt{\frac{gR(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{\mu}}$

$V_{min} \approx 4{,}19$ м/с.

Ответ: 1) $P \approx 6{,}08$ Н; 2) $V_{min} \approx 4{,}19$ м/с.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_0^2 = 2V^2 - 2(2V^2 - V_0V\cos\alpha) + \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4V_0V}{\cos\alpha} + V_0^2$$

$$2V^2 - 4V^2 + 2V_0V\cos\alpha + \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4V_0V}{\cos\alpha} = 0$$

$$-2V^2 + 2V_0V\cos\alpha + \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4V_0V}{\cos\alpha} = 0$$

$$-V + V_0\cos\alpha + \frac{2V}{\cos^2\alpha} - \frac{2V_0}{\cos\alpha} = 0$$

$$-V\cos^2\alpha + V_0\cos^3\alpha + 2V - 2V_0\cos\alpha = 0$$

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

$$V = V_0\cos\alpha$$

$1{,}72 \times 1{,}72 = 344 + 1204 + 172 = 2{,}9584$

$$2\,\frac{4\cdot(1+\frac{1}{4})}{40} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$$

$$F = \frac{kQ\lambda}{6R^2}$$

$$\int_{2R}^{3R} \frac{kQ\lambda}{x^2}\,dx = kQ\lambda\left(-\frac{1}{x}\right)\Big|_{2R}^{3R} = \frac{kQ\lambda}{6R}$$

1) $\frac{mV_0^2}{2} = mgH;\quad V_0 = \sqrt{2gH}$

$V\sin\alpha = V_y$

2) $H + V_0\sin\alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0.$

$2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$

$$gt^2 - 2V_0\sin\alpha t - 2H = 0$$

$$D = V_0^2$$

$$gt^2 - 2V_yt - 2H = 0.$$

$$D = V_y^2 + 2gH$$

$$t = \frac{V_y + \sqrt{V_y^2+2gH}}{g}$$

$\cancel{V_y}$

$$f(V_y) = V_y + \sqrt{V_y^2+2gH}$$

$$\cancel{f'(V_y) = 1 + \frac{1}{2\sqrt{V_y^2+2gH}}\cdot 2V_y}$$

$$V_y = V$$

$$T = \frac{V + \sqrt{V^2+2gH}}{g}$$

$$gT - V = \sqrt{V^2+2gH}$$

$$g^2T^2 - 2gTV + V^2 = V^2 + 2gH$$

$$g^2T^2 - 2gTV = 2gH$$

$$gT^2 - 2VT = 2H;$$

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

$$K = \frac{mV^2}{2} = \frac{m}{2}\cdot\frac{(gT^2-2H)^2}{4T^2} = \boxed{\frac{m(gT^2-2H)^2}{8T^2}}$$

$$\begin{array}{r} 3{,}4 \\ \times\, 3{,}4 \\ \hline 138 \\ +102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3{,}6 \\ \times\, 3{,}6 \\ \hline \end{array}$$

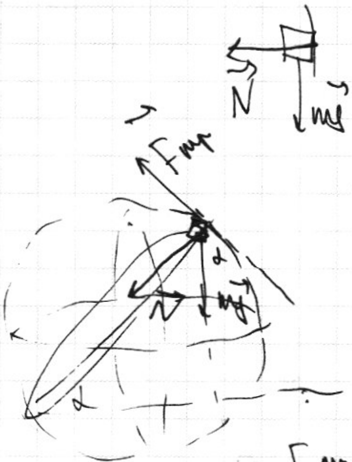
$\cancel{\frac{mv^2}{R}}$ $\boxed{\frac{mV_0^2}{R} = N = P}$

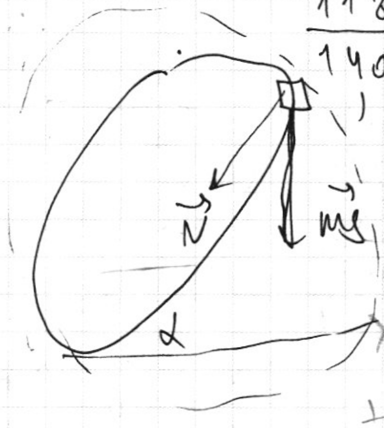
$$\begin{array}{r} 3{,}61 \\ \times\, 3{,}61 \\ \hline 361 \\ +2166 \\ +1083 \\ \hline 1403\,21 \end{array}$$

$3{,}14 \,|\, 4$; $0{,}785$
-0
31
-28
34
-32
20

$$\begin{array}{r} 87 \\ \times\, 87 \\ \hline 609 \\ +696 \\ \hline 7569 \end{array}$$

$7569 \,|\, 4$; $1392{,}25$
-4
35
-32
-36
-20
-8
-20





$13{,}1 \times 1{,}2 = 162$
$+131$

$\frac{10 \cdot (105\ 7\ 2{,}65)}{2 \cdot 10} = \frac{1000 - 130}{20}$

$\frac{100-13}{2} = \frac{87}{2} = 43{,}5$

$\sqrt{230} = \sqrt{225} + \frac{5}{2\sqrt{225}}$

$F_{тр} = mg\cos\alpha$

$N + mg\sin\alpha = \frac{mV^2}{R}$

$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0{,}86 + 0{,}45 = 1{,}31$

$13{,}1$

$\sqrt{65 \cdot 20} =$
$= \sqrt{3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 4} =$
$= 100\sqrt{13}$ $\sqrt{13} \approx 3{,}6$
$100 \cdot 3{,}6$

$15 + \frac{1}{6}$

$N = \frac{mV^2}{R} - mg\sin\alpha$

$F_{тр} = mg\cos\alpha$

$157{,}2 \,|\, 9$; $17{,}6$
-9
67
-63
62

$F_{тр} \le \mu N$

$F_{тр}$ $g\cos\alpha \le \frac{\mu V^2}{R} - \mu g\sin\alpha$

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\sin\alpha = \frac{1}{2}$

$\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{9}{20} = \frac{10\sqrt{3}+9}{20}$

$\frac{4}{3{,}14} = \frac{400}{314} = \frac{200}{157}$

$V^2 \ge \frac{gR(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{\mu}$

$\frac{10\sqrt{3}+9}{\cancel{20}_2} \cdot \cancel{10} \cdot \frac{6}{5} \cdot \frac{10}{9} =$

$9 + 10\sqrt{3} = \cancel{(\sqrt{3} + \sqrt{6})^2}$

$= \frac{10\sqrt{3}+9}{\cancel{2}} \cdot \frac{6}{\cancel{5}} \cdot \frac{\cancel{10}}{9} = (10\sqrt{3}+9) \cdot \frac{2}{3} =$

$\frac{2\sqrt{3}+18}{3}$

$200 \,|\, 157$; $1{,}2$
-157
430
-314
1160

$\frac{200}{157} \approx 1{,}3$

$\frac{4}{\pi} \approx 1{,}3$

$\frac{11}{2} = 5{,}5$

$\nu RT \ln\frac{T_2}{T_1} = Q$

$79 \,|\, 680$; $0{,}116\ldots$
-0
790
-680
1100
-680
4200
-4080

$\sqrt{17{,}5} = \sqrt{16} + \frac{1{,}5}{8}$

$4 + \frac{3}{16}$

$157{,}2 \,|\, 9$; $17{,}46$
-9
67
-63
42
-36
60

$$\begin{array}{r} 1{,}73 \\ \times\, 1{,}73 \\ \hline 519 \\ +1211 \\ +173 \\ \hline 2992\,9 \end{array}$$

$\frac{0{,}79}{6{,}8} = \frac{79}{680}$

$3\,|\,16$; $0{,}187$
-0
30
-16
140
-128
120

☑ 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)

$(y-a)\ \left(\sqrt{y}-\frac{a}{2\sqrt{y}}\right)^2 \approx y-a$

$\sqrt{\ } \quad y+a+\frac{a^2}{4y^2}$

$\left(\sqrt{y}+\frac{1}{2a}\right)^2 = y+\frac{\sqrt{y}}{a}+\frac{1}{4a^2} \quad \sqrt{y}+\frac{a}{2\sqrt{y}\,a}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{13{,}69}{1{,}2}$

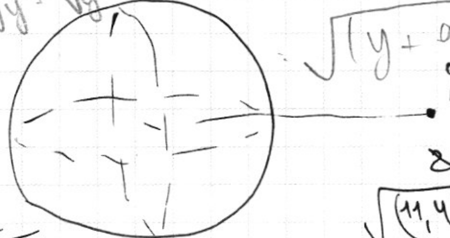
$136 \mid$

$y+a = \quad \sqrt{y}\left(\sqrt{y}+\frac{a}{\sqrt{y}}\right)$

$\sqrt{x} = \sqrt{(y+a)^2}$ ~~$y^2+2ay+a^2$~~

№5.

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



q

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

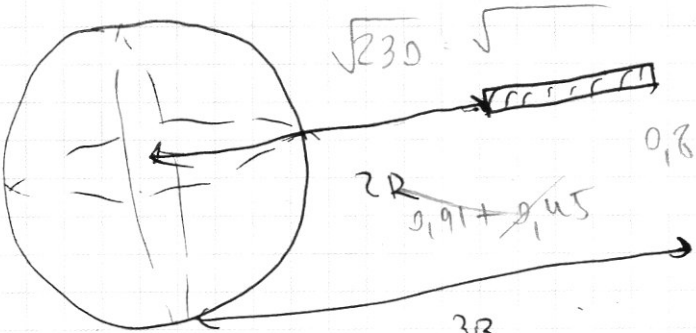
$2R$

$\sqrt{(11{,}4)^2+100} \approx \sqrt{230}$

$dF = \frac{k\,dq\,Q}{x^2}$

$\sqrt{230} = \sqrt{\ }$

$1{,}31$



$0{,}86+0{,}45 =$

$2R$ ~~$0{,}91+0{,}45$~~

$N = mg \quad \frac{mv^2}{R}$

$10 \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{10}{3} = \frac{2}{3}\cdot 20 = \frac{40}{3} =$

$F_{тр} = mg$

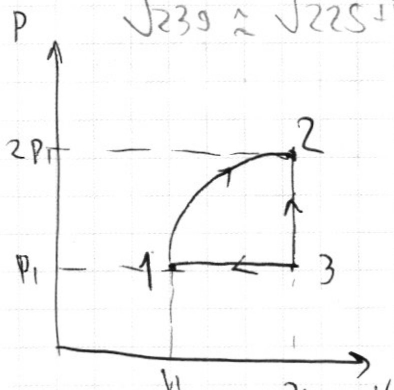
$mg \le \frac{mv^2}{R}$

$13\frac{1}{3}$

$3R$

$\sqrt{230} \approx \sqrt{225+5} \approx 15+\frac{5}{2\cdot 15} \approx 15+\frac{1}{6}$

№4.



$1{,}3$

$13 \mid 30 \quad 0{,}162$

$v^2 \ge \frac{gR}{\mu}$

1) $A = \frac{\pi}{4} P_1V_1$

$P_1V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow A = \frac{\pi}{4}\nu RT_1$

2) $P_1V_1 = \nu RT_1$

$4P_1V_1 = \nu RT_2 \Rightarrow T_2 = 4T_1 \quad \Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) = \frac{9\nu RT_1}{2}$

$\sqrt{17{,}3} = \sqrt{16+1{,}3} = \sqrt{16}+\frac{1{,}3}{2\sqrt{16}} \quad 4+\frac{1{,}3}{8}$

$A_{12} = P_1V_1+\frac{\pi}{4}P_1V_1 = \frac{\pi+4}{\pi}P_1V_1 = \frac{\pi+4}{\pi}\nu RT_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = \left(\frac{9}{2}+\frac{\pi+4}{\pi}\right)\nu RT_1 = \frac{11\pi+8}{2\pi}\nu RT_1$

$\frac{\sqrt{3}}{2}+\frac{9}{10}\cdot\frac{1}{2} =$

3) $Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2) \quad T_2 = 4T_1 \quad T_3 = 2T_1 \Rightarrow Q_{23}<0$

$Q_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1-T_3) - P_1V_1 < 0$

$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\pi}{4}\cdot\frac{2\pi}{11\pi+8} = \frac{\pi^2}{2(11\pi+8)}$

$37 \times 3{,}7$: 259, $+111$, $13{,}69$

$11{,}4 \times 11{,}4$: 456, $+114$, $+114$, $129{,}96 \approx 130$

$13{,}1\cdot 1{,}2$

$15{,}62\cdot\frac{10}{9}$

$136{,}9 \mid 12$: -12, 16, -12, 49, -48, 10; $11{,}40$

$156{,}2 \mid 9$: -9, 66, -63, 32, -27, 5; $17{,}30$

$13{,}1 \times 1{,}2$: 262, $+131$, $15{,}62$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\frac{1000-130}{20}$ $\frac{3{,}6 \times 1{,}4}{144}$ N2. $1+1-\cos^2\alpha = 1+\sin^2\alpha$

$\sqrt{130\cdot 20} = (2)\cdot 13\cdot (5)\cdot (2\cdot 2\cdot 5) = 10\sqrt{26}$

$\sqrt{3} = 3{,}6$

m - массы шайбы ~~клина~~

$\vec{v}$ - скорость шайбы отн. клина

$\vec{u}$ - скорость клина

=> Скорость шайбы отн. земли равна $\vec{u} + \vec{v}$

$43{,}5 \times 43{,}5 = 2175 + 1305 + 1740 = 1892{,}25$

$441 \mid 16$; -32; 121

В момент наибольшего подъема скорость шайбы равна $\vec{u}$ (равна скорости клина)

ЗСЭ:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + mgH$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{V_0^2}{2} = u^2 + gH$$

$\sqrt{26} = \sqrt{16} + \frac{10}{2\sqrt{16}}$

~~$mV_0 = mu + mu$~~

$1200 \mid 157$; -157; 430

~~$u = \frac{V_0}{2}$; $\frac{V_0^2}{2} = \frac{V_0^2}{4} + gH$; $\frac{V_0^2}{4} = gH$; $H = \frac{V_0^2}{4g}$~~

$\sqrt{16} + \frac{V}{2\sqrt{16}}$

$N = \sqrt{16} + \frac{5}{\sqrt{16}}$

$4 + \frac{5}{4} = \frac{21}{4}$

~~$m\vec{V_0} = m\vec{u} + m\vec{u}$~~
~~$\vec{V_0}$~~

$mV_0\cos\alpha = 2mu$

$u = \frac{V_0\cos\alpha}{2}$

$$\frac{V_0^2}{2} = \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{4} + gH$$

$$\frac{2V_0^2}{4} - \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{4} = gH$$

$$\frac{V_0^2(2-\cos^2\alpha)}{4} = gH; \quad H = \frac{V_0^2(2-\cos^2\alpha)}{4g} = \frac{V_0^2(1+\sin^2\alpha)}{4g}$$

$\Delta S = \frac{\pi R^2}{4}$

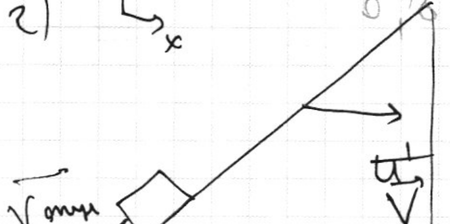
$6{,}8$; $0{,}12 \times 6{,}8 = 96 + 72 = 0{,}816$

$\sin\alpha = \frac{1}{2}$

$$= \frac{4\cdot(1+\frac{1}{4})}{40} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8} =$$

$= 0{,}125$ м $= 12{,}5$ см.

г) $\uparrow y$, $\rightarrow x$



$\vec{V}_{отн}$ - скорость шайбы отн. клина; $\vec{V}$ - скорость клина. => скорость шайбы $\vec{v}$ отн. земли равна $\vec{V} + \vec{V}_{отн}$

$v_x = V - V_{отн}\cos\alpha$ | $v^2 = V^2 - 2V_{отн}V\cos\alpha + V_{отн}^2$

$v_y = -V_{отн}\sin\alpha$

З.С.Э: $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$; $V_0^2 = 2V^2 - 2V_{отн}V\cos\alpha + V_{отн}^2$

З.С.И на ось Ox: $mV_0\cos\alpha = mV + mV - ~~2~~mV_{отн}\cos\alpha$;

$V_0\cos\alpha = 2V - V_{отн}\cos\alpha$; $V_{отн} = \frac{2V}{\cos\alpha} - V_0$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)