Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

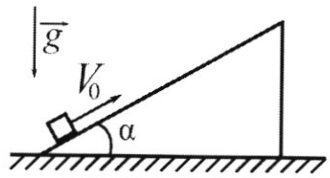
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

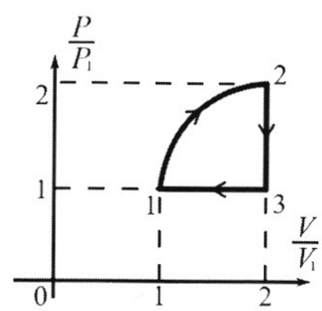
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1{,}2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3{,}7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0{,}4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления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

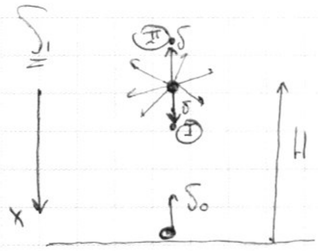
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



① Т.к. фейерверк взорвался в высшей точке траектории $\Rightarrow$ его скорость до взрыва $=0$. $\Rightarrow$ $v_0 = gt_0$, где t_0 - время полета фейерверка. $H = v_0 t_0 - \frac{gt_0^2}{2}$.

$$\begin{cases} H = v_0 t_0 - \frac{gt_0^2}{2} \\ v_0 = gt_0 \end{cases} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2\cdot 10\cdot 65} = 10\sqrt{13} \text{ м/с}.$$

⑤ τ - время между падением первого осколка и последнего осколка. Первым упадет тот осколок, ~~что~~ проекция скорости которого на Ox (рис.) максимальна, т.е. это осколок, летящих вертикально вниз. Последним упадет тот осколок, проекция скорости которого на Ox минимальна, т.е. ~~это~~ летящий вертикально вверх. Скорости осколков одинаковы и равны v.

Тогда для I: $\begin{cases} vt + \frac{gt^2}{2} = H, \text{ где } t \text{ - время его полета до падения} & (1) \\ \frac{g(t+\tau)^2}{2} - v(t+\tau) = H & (2) \end{cases}$ для II

$(1)+(2)$: $gt^2 + gt\tau + \frac{g\tau^2}{2} - v\tau = 2H$

$(1)-(2)$: $2vt + v\tau - gt\tau - \frac{g\tau^2}{2} = 0$

$$H = \frac{(g(t+\tau) - v - v)^2}{2g} = \frac{(gt + v - v)^2}{2g} \Rightarrow$$

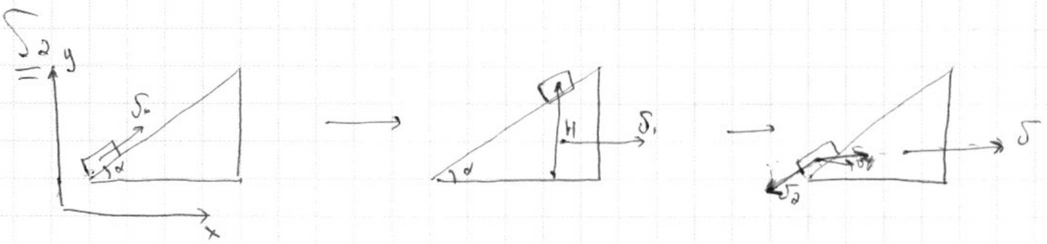
$$g(t+\tau) - 2v = gt + v - v$$

$$\Rightarrow g\tau = 2v \Rightarrow v = \frac{g\tau}{2} = 50 \text{ м/с}$$

Т.к. осколки летят с одинаковыми скоростями $\Rightarrow$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{2\cdot 2500}{2} = 2500 \text{ Дж}.$$

Ответ: $10\sqrt{13}$ м/с; $K = 2500$ Дж.



① В момент, когда шайба поднялась на max. высоту H, её скорость по $Oy = 0$, по Ox она движется вместе с клином. (скорость отн. клина $= 0$)

ЗСЭ для ~~шайбы~~ системы : $\frac{m v_0^2}{2} = mgH + \frac{2m v_1^2}{2}$, где v_1 - скорость клина и шайбы, m - масса шайбы = массе клина.

ЗСИ для системы на Ox : $m v_0 \cdot \cos\alpha = 2m v_1$
(т.к. по Ox не действуют внешние силы)

$$\begin{cases} \frac{m v_0^2}{2} = mgH + \frac{2m v_1^2}{2} \\ m v_0 \cdot \cos\alpha = 2m v_1 \end{cases} \quad \begin{cases} v_0^2 = 2gH + 2v_1^2 \\ v_1 = \frac{v_0 \cos\alpha}{2} \end{cases} \quad v_0^2 = 2gH + \frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{2} \Rightarrow$$

$$H = \frac{v_0^2\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{2}\right)}{2g} = \frac{1}{8} \text{ м}.$$

② Пусть скорость шайбы, когда она вернулась, $= v_2$. Тогда

~~ЗСЭ для системы: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{2m \cdot v^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$~~, ЗСИЭ для системы по Ox :

$$\frac{m(v_0\cos\alpha)^2}{2} = \frac{2m v^2}{2} - \frac{m(v_2\cos\alpha)^2}{2}$$

ЗСИ для системы на Ox : $m v_0 \cos\alpha = 2m v - m v_2 \cos\alpha$

~~$\begin{cases} v_2 = 2v - v_0\cos\alpha \\ v_0^2 = 2v^2 + v_2^2 \end{cases}$ $v_0^2 = 2v^2 + (2v - v_0\cos\alpha)^2$~~

~~$6v^2 - 4v \cdot v_0 \cos\alpha - v_0^2 \sin\alpha^2 = 0$~~

~~$v = \frac{4 v_0 \cos\alpha \pm \sqrt{16 v_0^2 \cos^2\alpha + 4 \cdot 6 \cdot v_0^2 \sin\alpha^2}}{12} = \frac{2 v_0 \cos\alpha \pm v_0\sqrt{4\cos\alpha^2 + 6\sin\alpha^2}}{6}$~~

~~$= \frac{2\cos\alpha \pm \sqrt{1 + 2\sin\alpha^2}}{6} v_0$~~

~~$v > 0 \Rightarrow v = \frac{2\cos\alpha + \sqrt{1 + 2\sin\alpha^2}}{6} v_0 =$~~

$$\begin{cases} v_2 \cos\alpha = 2v - v_0 \cos\alpha \\ v_0^2 \cos\alpha^2 = 2v^2 - v^2 \cos\alpha^2 \end{cases} \Rightarrow \quad v = v_0 \cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \approx \frac{1{,}7 v_0}{2} = 1{,}7 \text{ м/с}$$

~~Т.к. осколки летели с одинаковыми скор~~

Ответ: $H = \frac{1}{8}$ м ; $v = 1{,}7$ м/с.

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 2
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

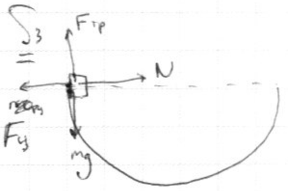
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

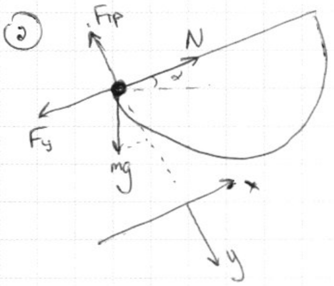


① Расставим силы, действующие на ~~кр~~ машинку:

- $F_ц = ma_ц = m\frac{\upsilon^2}{R}$ — сила инерции, ⊥ сфере в точке касания.
- N — сила реакции опоры, направлена ⊥ опоре
- mg — сила тяжести
- $F_{тр}$ — против относ. проск. => ~~вертик~~ против mg => вертикально вверх.

② Т.к. в точке касания поверхность вертикальна => машинка действует на сферы только силой $F_ц$.

$$P = F_ц = ma_ц = m\frac{\upsilon^2}{R} = 0,4\cdot\frac{3,7^2}{1,2} = \frac{3,7^2}{3} = \frac{13,69}{3} = 4\frac{169}{300} \approx 4,5\ Н.$$



③ Расставим силы на машинку:

- mg — вертикально вниз
- N — ⊥ поверхности => под углом α к горизонту
- $F_ц$ — в плоскости вращения от центра => под α к гориз.
- $F_{тр}$ — против отн. проск. => вдоль касательной к сфере, ⊥ плоскости вращения.

II закон Ньютона на ось вращения (O_x): $\begin{cases} F_ц + mg\sin\alpha = N \\ F_{тр} = mg\cos\alpha. \end{cases}$

~~$F_ц + mg\sin\alpha = N$~~ на ось ~~кас~~ ⊥ оси вр. (O_y):

Т.к. $F_ц = ma_ц = \frac{m\upsilon^2_{min}}{R}$ и $F_{тр} = \mu N$, получаем:

$$m\frac{\upsilon^2_{min}}{R} + mg\sin\alpha = \frac{mg\cos\alpha}{\mu}$$

$$\upsilon^2_{min} = gR\left(\frac{\cos\alpha}{\mu} - \sin\alpha\right)$$

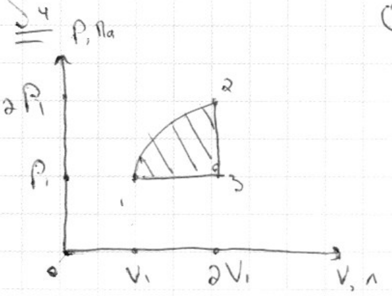
$$\upsilon_{min} = \sqrt{gR\left(\frac{\cos\alpha}{\mu} - \sin\alpha\right)} = \sqrt{10\cdot1,2\cdot\left(\frac{\sqrt3}{2\cdot0,9} - \frac12\right)} = \sqrt{6\cdot\left(\frac{\sqrt3}{0,9} - 1\right)} =$$

$$= \frac{\sqrt{6\cdot(10\sqrt3 - 9)}}{3} \approx \frac{\sqrt{6\cdot8}}{3} = \frac{4\sqrt3}{3} \approx 2,3\ м/с$$

Ответ: $P = 4,5\ Н$; $\upsilon_{min} = 2,3\ м/с$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№4



① Процесс расширения – процесс 1-2. В этом случае $Q_{12} = A_{12} + \cancel{Q}\,\Delta U_{12}$

~~$A_{12} = 2$~~ Работу газа посчитаем, как площадь под графиком 1-2:

$$A_{12} = P_1V_1 + \frac{1}{4}\pi P_1V_1 = P_1V_1\left(1+\frac{1}{4}\pi\right)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\left(2P_1\cdot 2V_1 - P_1V_1\right) = \frac{3}{2}\cdot 3P_1V_1 = \frac{9}{2}P_1V_1$$

$$\Rightarrow \quad Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = P_1V_1\left(\overset{5,5}{\cancel{4}} + \frac{1}{4}\pi\right)$$

Т.к. в точке ① температура равна T_1 => уравн. Менд.-Клайперона:

$P_1V_1 = \nu RT_1$.

Тогда $Q_{12} = \nu RT_1\left(5{,}5 + \frac{1}{4}\pi\right)$. Т.к. $\nu = 1$ моль => $Q_{12} = RT_1\left(5{,}5 + \frac{1}{4}\pi\right)$

② Работа газа за цикл => площади, заштрихованной на графике. ($т.к.\ A = A_{12} - A_{31}$). => $A = \frac{1}{4}\pi P_1V_1 = \frac{1}{4}\pi\cdot\nu RT_1 = \frac{1}{4}\pi RT_1$.

③ $\eta = \frac{A}{Q_+}$. • На участке 1-2 газ получает тепло => Q_{12} входит в Q_+.

• На участке 2-3 $A_{23} = 0$, а $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\left(2P_1V_1 - 2P_1 2V_1\right) = -3P_1V_1$ ~~<0~~

=> $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = -3P_1V_1 < 0$. => Q_{23} не входит в Q_+.

• На участке 3-1: $A_{31} = -P_1V_1$

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\left(\cancel{2}V_1P_1 - 2V_1P_1\right) = -\frac{3}{2}P_1V_1$

$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -P_1V_1 - \frac{3}{2}P_1V_1 = -\frac{5}{2}P_1V_1 < 0$ => Q_{31} не входит в Q_+.

Таким образом, $Q_+ = Q_{12}$ и $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{4}\pi RT_1}{\left(5{,}5+\frac{1}{4}\pi\right)RT_1} = \frac{\pi}{22+\pi} \approx 0{,}12$

Ответ: $Q = \left(5{,}5 + \frac{1}{4}\pi\right)RT_1 \approx 6{,}3RT_1$

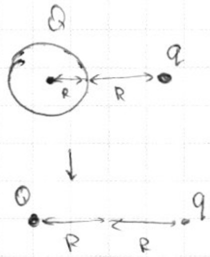
$A = \frac{1}{4}\pi RT_1 \approx 0{,}8RT_1$

$\eta = 0{,}12$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

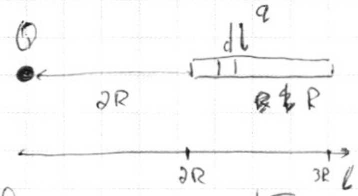
1)



Сфера заряжена симметрично => ее можно представить как точечный заряд Q, находящейся в её центре. Таким образом, сфера действует на ~~шар~~ q так же, как заряд Q на расстоянии 2R.

Закон Кулона: $F_1 = \frac{q \cdot Q}{k \cdot (2R)^2} = \frac{q \cdot Q}{4kR^2}$.

2)



Рассмотрим кусочек стержня dl. На него ~~де~~ со стороны сферы (= точечного заряда Q) действует сила dF. Тогда по з. Кулона:

$dF_2 = \frac{Q \cdot dq}{k \cdot l^2}$, где $dq = dl \cdot \frac{q}{R}$ – заряд кусочка (т.к. стержень заряжен равномерно)

l – расстояние от кусочка до заряда Q.

Тогда $dF_2 = \frac{Q \cdot dl \cdot q/R}{k \cdot l^2}$

$\int dF_2 = \int \frac{Q \cdot dl \cdot q/R}{k \cdot l^2} \Rightarrow F_2 = \int_{2R}^{3R} \frac{Q \cdot dl \cdot q/R}{k \cdot l^2} = \Big|_{2R}^{3R} - \frac{Q \cdot q/R}{k \cdot l} = \frac{Q \cdot q/R}{k \cdot 6R}$.

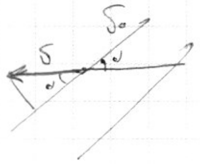
$F_2 = \frac{Q \cdot q}{6kR^2}$.

Ответ: $F_1 = \frac{q \cdot Q}{4kR^2}$; $F_2 = \frac{Q \cdot q}{6kR^2}$.

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$H = \frac{4\cdot\left(1-\cancel{3}\,13/8\right)}{20} = \frac{4\cdot 5/8}{20} = \frac{5/2}{20} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$$



$v_0 - v\cos\alpha = -v_2$

$\boxed{v_2 = v\cos\alpha - v_0}$

$2v - v_0\cos\alpha = v\cos\alpha - v_0$

$v\,(2-\cos\alpha) = v_0\,(\cos\alpha - 1)$

$\cancel{v = \frac{\cos\alpha - 1}{2-\cos\alpha}\,v_0 = \frac{\sqrt3/2 - 1}{2-\sqrt3/2}}$

$$\frac{1-\cos\alpha}{2-\cos\alpha} = \frac{1-\sqrt3/2}{2-\sqrt3/2} = \frac{\frac{2-\sqrt3}{2}}{\frac{4-\sqrt3}{2}} = \frac{2-\sqrt3}{4-\sqrt3} = \frac{(2-\sqrt3)(4+\sqrt3)}{16-3} = \frac{(2-\sqrt3)(4+\sqrt3)}{13}$$

$-\frac{mv_0^2}{2}$

$v_0\cos\alpha = \cancel{v_0}\ 2v - v_0\cos\alpha$

$\frac{m v_0\cos\alpha^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} - \frac{m(v_0\cos\alpha)^2}{2}$ $\qquad m v_0\cos\alpha = 2mv - m\cdot v_2\cos\alpha$

$v_0^2\cos\alpha^2 = 2v^2 - (2v - v_0\cos\alpha)^2$

$v_0^2\cos\alpha^2 = -2v^2 + 4v v_0\cos\alpha - v_0^2\cos\alpha^2$

$2v^2 - 2v v_0\cos\alpha + 2v_0^2\cos\alpha^2 = 0$

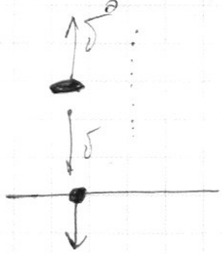
$\frac{1{,}7\cdot\frac{1{,}7}{2}}{3{,}4}$

$3{,}4\ \big|\ 1{,}7$

$\frac{3{,}4}{2} = 1{,}4$

$\boxed{v = v_0\cos\alpha}$

$t =$



$v_{k_1} = g(t+\tau) - v$

$v_{k_2} = gt + v$

$H = \frac{(g(t+\tau)-v)^2 - v^2}{2g} = gt+$

$H = \frac{v_k^2 - v_H^2}{2g}$ $\quad \left(\frac{v_k - v_H}{2}\right)t \quad t = \frac{v_k - v_H}{g}$

$g(t+\tau) - v - v = gt + v$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{K}{M^2} = \frac{H/k}{k^2/H\cdot M^2} = H\cdot M^2.$

$\frac{E}{k/4} = \boxed{2\pi\varepsilon_0\cdot E} = \frac{k^2}{H\cdot M^2}\cdot\frac{H}{k} = \frac{k}{M^2}$

$\frac{Q}{4\pi R^2} = E\cdot\frac{2\pi\varepsilon_0}{2} \quad \frac{E\cdot\varepsilon_0\cdot\pi}{2} \quad \boxed{\frac{\varepsilon_0}{2\pi}}\ E_0$

$\frac{Q}{82\varepsilon_0 R^2} = E \qquad E = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\cdot R^2$

$E = \frac{Q}{2\varepsilon_0 R^2} \quad E =$

$E = \frac{Q\cdot k\pi}{R^2}$

$dq = dR\cdot\frac{q}{R}$

$dq = dR\cdot\frac{q}{R}$

$dF =$

$dF = \frac{q\cdot dq}{4k\ R^2}$

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

$dF = \frac{q\cdot dR\cdot q/R}{4k\ R^3} = \frac{q^2\ dRl}{4k\ R^3}$

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

$\int dF = \int_{2R}^{3R}\frac{q\cdot dl\cdot q/R}{4k\cdot L^2}.$

$F = \int_{2R}^{3R} - \frac{q^2/R}{k\cdot R\cdot L}$

$= -\frac{q^2}{k\cdot R\cdot 3R} + \frac{q^2}{k\cdot R\cdot 2R}$

$= \frac{q^2}{6k\ R^2}$

(2)

$F_2\ q$

$\frac{E}{2\varepsilon_0}$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$\boxed{k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}}$

$\varphi = \frac{Q}{S} = E\cdot\boxed{\frac{\varepsilon_0}{2\pi}}$

$\frac{2\pi}{\varepsilon_0}$

$E = k\cdot\frac{q}{R^2} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R^2}$

$\varphi = \frac{q}{4\pi R^2} = E\cdot\frac{\varepsilon_0}{2}$

$E = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 R^2} \qquad \pi - 7$

$x^n \to \frac{x^2}{2} \quad \frac{x^{n+1}}{n+1}$

$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$

$\frac{q}{4\pi R^2} = E\cdot\varepsilon_0$

$E = l^{-2} = \frac{l^{-1}}{-1} = -\frac{1}{l}$

$\int\frac{1}{R}dR$

$R^{-1} = \frac{R^0}{-1+1}$

$\frac{1}{x} = \ln(x)$

$R_1 \quad R_2$

F1 $\quad F_2$

$\delta = \frac{65 - 5t^2}{t}$

$10t^3 + 150t^2 + 370t - 650 = 0$

$\delta t + 5t^2 = 65$

$5(t+10)^2 - \delta(t+10) = 65$

$\boxed{t^3 + 15t^2 + 37t - 65 = 0}$

$\delta t + 5t^2 = 65$

$5t^2 + 100t + 500 - \delta t - 10\delta = 65$

$5t^2 + 100t + 500 - 65 + 5t^2 - 10\left(\frac{65 - 5t^2}{t}\right) = 65$

$10t^3 + 100t^2 + 500t - 65t - 10\cdot 65 + 50t^2 = 65t$

-130

t^3;

$\delta = \frac{65 - 5t^2}{t}$

☑ 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

$$H = v t_0 - \frac{g t_0^2}{2}, \quad v = g t_0$$

$$t_0 = \frac{v}{g} \Rightarrow H = \frac{v^2}{g} - \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\boxed{v = \sqrt{2gH}}$$

$$t = \frac{-v_1 + \sqrt{v_1^2 - 2gH}}{2g}$$

$$v_1 t + \frac{g t^2}{2} = H$$

$$v_1 t = H - \frac{g(t+\tau)^2}{2}$$

$$\frac{g(t+\tau)^2}{2} - v_1(t+\tau) = H$$

$$\boxed{2 v_1 t = g t \tau + \frac{g\tau^2}{2} - v_1 \tau}$$

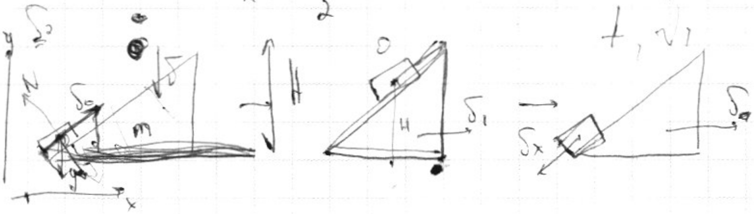
$$2 v_1 \left(\frac{g\tau^2}{2} - v_1 \tau\right)(2v_1 - g\tau) + g\left(\frac{g\tau^2}{2} - v_1\tau\right)^2 = H(2v_1 - g\tau)^2$$

$$v_1 t + \frac{g t^2}{2} = \frac{g(t+\tau)^2}{2} - v_1(t+\tau)$$

$$\boxed{t = \frac{\frac{g\tau^2}{2} - v_1 \tau}{2v_1 - g\tau}}$$

$$k = \frac{m v_1^2}{2}$$

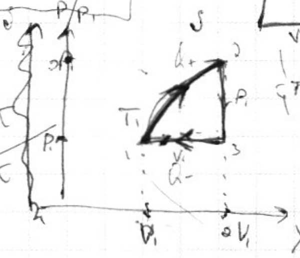
$$\frac{-v_1 + \sqrt{v_1^2 - 2gH}}{g} = \frac{\frac{g\tau^2}{2} - v_1\tau}{2v_1 - g\tau}$$



$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$m v_0 \cos\alpha = m v_1, \quad v_1 = v_0 \cos\alpha$$

$$v_0^2 - v_1^2 = 2gH$$



$$Q = A + \Delta U = P_1 V_1 + \frac{1}{4}\pi V_1 P_1$$

$$= (1 + \tfrac{1}{4}\pi)\nu R T_1$$

$$\boxed{P_1 V_1 = \nu R T_1}$$

$$A = \frac{1}{4}\pi V_1 P_1 = \frac{1}{4}\pi \nu R T_1$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1, \quad 2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2, \quad T_2 = 4T_1$$

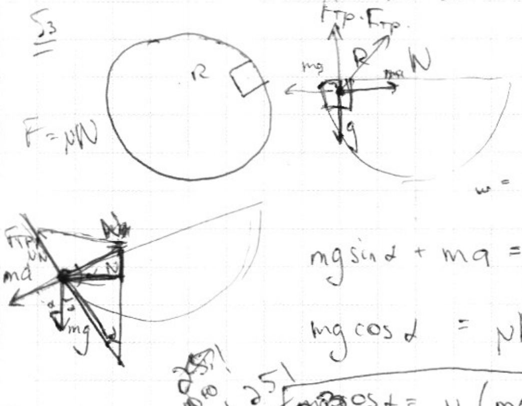
$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

$$Q = (1 + \tfrac{1}{4}\pi) 4\nu R T_1 + \frac{9}{2}\nu R T_1 = \frac{11}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{4}\pi \nu R T_1$$

$$A = \frac{1}{4}\pi \nu R T_1$$

$$\frac{\frac{11}{2}\nu R T_1 + \frac{1}{4}\pi \nu R T_1}{\frac{1}{4}\pi \nu R T_1} = \frac{22 + \pi}{\pi}$$

№3



$F = \mu N$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$mg\sin\alpha + ma = N$$

$$mg\cos\alpha = \mu N$$

$$\boxed{mg\cos\alpha = \mu(mg\sin\alpha + ma)}$$

№5

$\boxed{1{,}75}$

$$\frac{1369}{300}$$

$$\frac{10\sqrt{3}}{9} - 1 = \frac{10\sqrt{3} - 9}{9}$$

$gt + \frac{gt^2}{2} = 2vt + vt$

$\boxed{m v_0 \cos\alpha = 2mv - m v_2 \cos\alpha}$

$v_2 = 2v - v_0\cos\alpha$

$m v_0^2 = \frac{m v_2^2}{2} + m v^2$

$\begin{cases} v_0\cos\alpha = v - v_2\cos\alpha \\ v_0^2 = v_2^2 + v^2 \end{cases}$

$v_2 = v - v_0\cos\alpha$

$v_0^2 = (v - v_0\cos\alpha)^2 + v^2$

$2v^2 - 2v v_0\cos\alpha - v_0^2 = 0$

$\frac{m(v_0\cos\alpha)^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{m(v_2\cos)^2}{2}$

$v_0\cos\alpha = 2v - v_2\cos\alpha$

$(v_0\cos\alpha)^2 = 2v^2 + (v_2\cos\alpha)^2$

$(v_0\cos\alpha)^2 = 2v^2 + (2v - v_0\cos\alpha)^2$

$(v_0\cos\alpha)^2 = 4v^2 - 4v v_0\cos\alpha + (v_0\cos\alpha)^2$

$(v_0\cos\alpha)^2 = -2v^2 + 4v v_0\cos\alpha - (v_0\cos\alpha)^2$

$\frac{m v_0^2}{2} = m v^2 + \frac{m v_2^2}{2}$

$m v_0 = 2mv^2 + m v_2^2$

$v_0^2 = 2v^2 + (2v - v_0\cos\alpha)^2$

$3v^2 = 2v v_0\cos\alpha$

$\boxed{v = \frac{2}{3} v_0\cos\alpha}$

$2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{4}}$

$\frac{\sqrt{3} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}}{6}$

$\frac{m(v_0\cos\alpha)^2}{2} = \frac{2m v_1^2}{2} + mgH$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \quad 2mgH$

$4\pi R^2$

$\frac{4}{3}\pi R^3$

$\boxed{\frac{4}{3}\pi R^3}$

$\frac{4\pi D}{3 \cdot 8} \quad \frac{\pi D^3}{62}$

$4\pi R^2$

$k \cdot \frac{E}{2\pi\varepsilon_0}$

$2\pi R \quad 2\pi R +$

$k = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \quad \pi R$

$\frac{4}{3}\pi R^2$

$\varphi = \frac{Q}{S} = \frac{E}{2\pi\varepsilon_0}$

$\frac{E}{2\pi k\varepsilon_0}$

$2\pi(R + R + dR)R - 2dRR - 3dR$

$\frac{R}{dR}$

$R \cdot \frac{R}{dR} - \frac{(R/dR)^2}{} \cdot dR$

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$\frac{Q}{\frac{4 \cdot \pi D^3}{3 \cdot 8}} = D$

$\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 = \boxed{\frac{\pi R^2}{4}}$

$4\pi R^2$

$dS = 2\pi R$

$S = \int 2\pi R = 2\pi \cdot \frac{R^2}{2} = \pi \boxed{R^2}$

$\frac{Q}{4\pi R^2} = \frac{E}{2\pi\varepsilon_0}$

$\frac{Q}{2} = \frac{E}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\varepsilon_0}{2} \cdot Q = \frac{K^2}{H \cdot M^2} \cdot K = \frac{K^3}{H \cdot M^2 4\pi R^2}$

$dS = 2\pi R \cdot dh$

$E = F/q$

$dS = \int_0^R 2\pi R \cdot dR = \pi R^2$

$\varepsilon_0 = \frac{K \cdot K}{M^2}$

$\frac{H \cdot M^2}{K^2}$

$E = \frac{H}{KM^2}$

$E = \frac{H}{K}$

$F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$

$F = H = \frac{1}{\varepsilon_0} \cdot \frac{K^2}{M^2}$

$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2}$

$\varepsilon_0 = \frac{K^2}{H \cdot M^2}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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