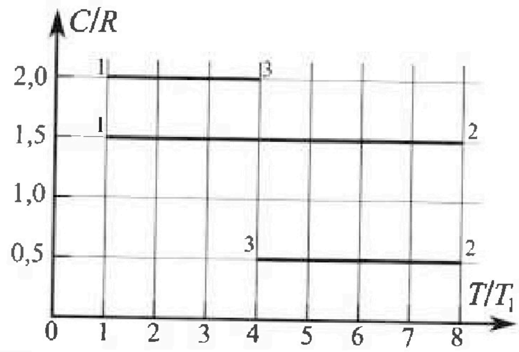
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

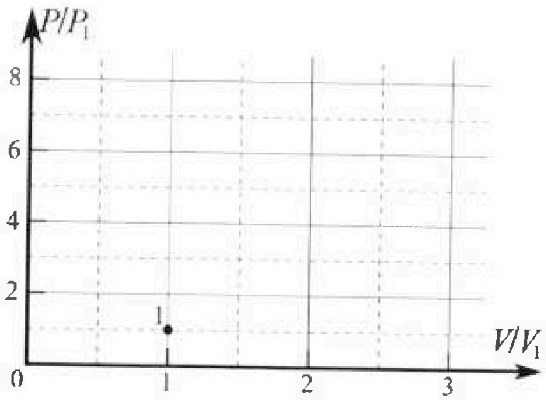
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К.
универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).



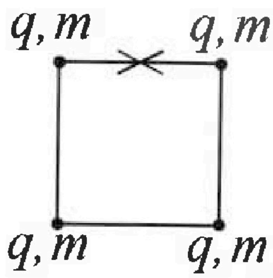
1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T.



1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На како м расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ε_0. Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^0$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

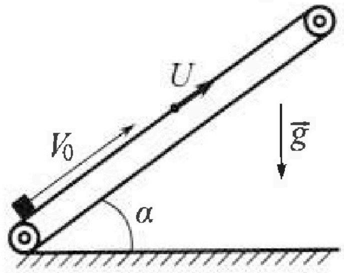
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3{,}6$ м.

2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения g =10 м/с^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin\alpha = 0{,}6$ (см. рис.).
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0{,}5$.
Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через ка кое время T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль *во втором опыте*? Ускорение свободного падения g =10 м/с^2. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g.

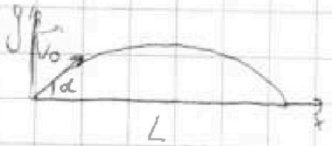
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 [X] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Запишем закон кинематики в проекции на оси координат.

OX: $x = V_0 \cos\alpha\, \tau$

OY: $y = V_0 \sin\alpha\, \tau - \frac{g\tau^2}{2}$

В конце полёта:

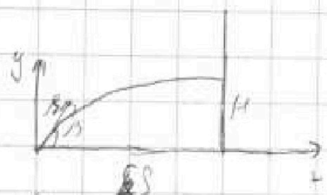
$x = L$; $y = 0$; $\begin{cases} L = V_0 \cos\alpha\, t_1 & (1) \\ 0 = V_0 \sin\alpha\, t_1 - \frac{g t_1^2}{2} & (2) \end{cases}$, где t_1 - всё время полёта в первом случае

~~(1) => $t_1 = \frac{L}{V_0 \cos\alpha}$ → в (2), получим~~

(2) => $V_0 \sin\alpha = \frac{g t_1}{2}$; $t_1 = \frac{2 V_0 \sin\alpha}{g}$ → в (1), получим

$L = \frac{2V_0^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{1}} = 10\sqrt{2}$ м/с

2 случай. Мяч сталкивается со стенкой на максимальной высоте H.



Футболист при этом запускает мяч под углом β с горизонтом. Стенку можно убрать, сказав, что мяч сталкивается с ней в наивысшей точке траектории мяча, если бы стены не было.

В наивысшей точке траектории: $\tau = \frac{t_2}{2}$, где t_2 - всё время полёта во 2 случае.

$S = \frac{l}{2}$, где l - вся длина полёта мяча. $H_{max} = H$. Запишем закон кинематики в проекции на оси:

OX: $\begin{cases} l = V_0 \cos\beta\, \tau \\ y = V_0 \sin\beta\, \tau - \frac{g\tau^2}{2} \end{cases}$ (OY)

В конце полёта: $\begin{cases} l = V_0 \cos\beta\, t_2 \\ 0 = V_0 \sin\beta\, t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow t_2 = \frac{l}{V_0 \cos\beta}$ (3) $\Rightarrow V_0 \sin\beta = \frac{g t_2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow t_2 = \frac{2 V_0 \sin\beta}{g}$ (4)

На высоте в наивысшей точке траектории: $\begin{cases} H = V_0 \sin\beta \cdot \frac{t_2}{2} - \frac{g\left(\frac{t_2}{2}\right)^2}{2} & (5) \\ S = \frac{V_0 \cos\beta\, t_2}{2} \end{cases}$

подставим (4) в (5), получим: $H = \frac{V_0^2 \sin\beta^2}{g} - \frac{V_0^2 \sin\beta^2}{2g} = \frac{V_0^2 \sin\beta^2}{2g} \Rightarrow \sin\beta = \sqrt{\frac{2gH}{V_0^2}}$

$\sin\beta = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 3{,}6}{200}} = 0{,}6$; $\cos\beta = \sqrt{1 - \sin\beta^2} = 0{,}8$

$S = \frac{V_0 \cos\beta\, t_2}{2} = \frac{V_0^2 \cos\beta \sin\beta}{g} = \frac{200 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}6}{10} = 9{,}6$ м. Ответ: $V_0 = 10\sqrt{2}$ м/с, $S = 9{,}6$ м.

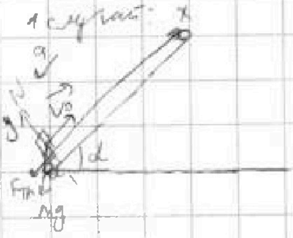
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

1 случай:



По II закону Ньютона в проекции на оси координат:

$$ox: \begin{cases} -ma = -F_{тр} - mg\sin\alpha \\ oy: \ 0 = N - mg\cos\alpha \\ F_{тр} = \mu \cdot N \end{cases} \Rightarrow N = mg\cos\alpha$$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = 0{,}8$

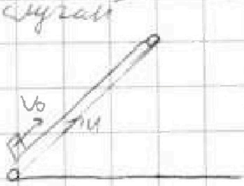
$ma = F_{тр} + mg\sin\alpha = \mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha$

$a = \mu g\cos\alpha + g\sin\alpha = g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$

По законам кинематики: $S = \frac{V_k^2 - V_0^2}{-2a}$, где $V_k = 0$ - конечная скорость

$$S = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{V_0^2}{2g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} = \frac{36}{20\cdot(0{,}5\cdot 0{,}8 + 0{,}6)} = 1{,}8\ м.$$

2 случай



Нам нужно найти время T_1, через которое скорость коробки будет равна U, т.е. скорости транспортёра. Примем за:

НСО: транспортёр

ПСО: Землю

Тело - коробку $V_x = V_0 - U = 5\ м/с$

Вся сила в этом случае расписаны также, как и в первом. Относительно этой системы отсчёта нас интересует случай, когда $V_k = 0$. Ускорение осталось то же, что и в первом случае.

$\overset{0}{V_{k}} = V_x - aT_1$

$aT_1 = V_x$

$$T_1 = \frac{V_x}{a} = \frac{V_x}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} = \frac{5}{10(0{,}5\cdot 0{,}8 + 0{,}6)} = 0{,}5\ с.$$

$S_1 = \frac{V_0 + U}{2}\cdot t = 3{,}5\cdot 0{,}5\ м$

3 случай

После точки в 1 пункте ~~на каждой коробке~~

Проверим, $mg\sin\alpha > \mu N$, если нет, то тело перестанет двигаться относительно транспортёра. А если верно, то начнёт набирать скорость вниз.

$mg\sin\alpha = 0{,}6mg$ По II з-ну Ньютона $N = mg\cos\alpha$

$\mu N = \mu mg\cos\alpha = mg\cdot 0{,}5\cdot 0{,}8 = 0{,}4mg < mg\sin\alpha$, следовательно груз начнёт опускаться.

Нам нужен момент, когда скорость относительно земли равна 0, значит относительно транспортёра должна быть $V_3 = 1\ м/с$ по направлению к ox (на нашем рисунке)

По II з-ну Ньютона: $ma = mg\sin\alpha - F_{тр} = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$; $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 2\ м/с$

$V = aT \Rightarrow T = \frac{V}{a} = 0{,}5\ с$ $\quad S_2 = \frac{0+1}{2}\cdot t = 0{,}5\cdot 0{,}5\ м$

$L = S_1 + S_2 = 3{,}5\cdot 0{,}5 + 0{,}5\cdot 0{,}5 = 4\cdot 0{,}5 = 2\ м.$

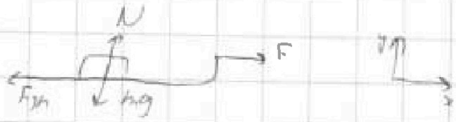
Ответ: $S = 1{,}8\ м$; $T_1 = 0{,}5\ с$; $L = 2\ м$.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



По II з-ну Ньютона в проекции на оси:

$ox: R_1 = F\cos\alpha - F_{тр}$

$oy: 0 = N - mg + F\sin\alpha \Rightarrow N = mg - F\sin\alpha$

$F_{тр} = \mu N$

$ox: R_2 = F - F_{тр}$, где R_1, R_2 – результирующие

$oy: 0 = N - mg \Rightarrow N = mg$ сил

$F_{тр} = \mu N$

$R_1 = F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha$

$R_2 = F - \mu mg$

По закону сохранения энергии

$R_1 \cdot S = k$; $R_2 S = k \Rightarrow R_1 = R_2$

$F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha = F - \mu mg$

$F\cos\alpha + \mu F\sin\alpha = F$

$\cos\alpha + \mu\sin\alpha = 1$

$\mu = \dfrac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$

После того как перестали воздействовать на санки силой F:

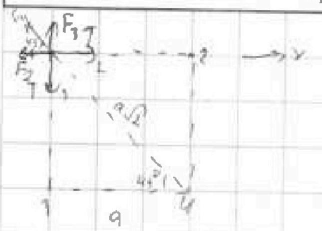
По закону сохранения энергии: $k = F_{тр} \cdot S$

$k = \mu mg S \Rightarrow S = \dfrac{k}{\mu mg}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Рассмотрим заряд 1. На него действуют силы: T_2, T_3;

F_2, F_3, F_4 ; $T_2 = T_3 = T$

$$F_2 = F_3 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \cdot a^2} \qquad F_4 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (\sqrt{2}a)^2} = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 a^2}$$

Запишем II з-н Ньютона в проекции на ось Ox:

$T_2 \cos 0$: $0 = T_2 - F_2 - F_4 \cos 45$

$$T = F_2 + F_4 \cos 45 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{2a^2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left(\frac{4+\sqrt{2}}{4a^2}\right) \Rightarrow q = \sqrt{\frac{16\pi\varepsilon_0 a^2 T}{4+\sqrt{2}}} =$$

$$= 4a\sqrt{\frac{\pi\varepsilon_0 T}{4+\sqrt{2}}}$$

По закону сохранения энергии для первого шара.

$$\Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 = k + \Pi_2' + \Pi_3' + \Pi_4', \text{ где } \Pi_2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{a}$$

$$\Pi_3 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{a}$$

$$\Pi_4 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}a}$$

$$\Pi_2' = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{3a}$$

$$\Pi_3' = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{a}$$

$$\Pi_4' = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{2a}$$

$$k = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} - \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{3a}\right) =$$

$$k = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{6\sqrt{2}+6+3\sqrt{2}+2\sqrt{2}}{6\sqrt{2}a} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{3\sqrt{2}+11}{6a}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{16\pi\varepsilon_0 a^2\cdot T}{4+\sqrt{2}}\cdot\frac{3\sqrt{2}+11}{6a} =$$

$$k = \frac{2aT(3\sqrt{2}+11)}{3(4+\sqrt{2})} = \frac{aT(6+11\sqrt{2})}{6\sqrt{2}+3}$$

Ответ: $q = 4a\sqrt{\frac{\pi\varepsilon_0 T}{4+\sqrt{2}}}$; $k = \frac{6+11\sqrt{2}}{6\sqrt{2}+3}\cdot a\cdot T$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

Заметим, что $\frac{C}{R}_{12} = 1{,}5 \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2}\nu R$, следовательно 1-2 изохорный процесс

$A_{12} = 0$ $\quad Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = 1{,}5\cdot 8{,}31\cdot 7\cdot 200 = 831\cdot 21$ Дж

Найдём работу внешних сил $A_{вн\,31} = -A_{31}$, где A_{31} — работа газа.

Из законов термодинамики следует, что $Q = A + \Delta U$, где Q — полученное кол-во теплоты телу

A — его работа; ΔU — изменение внутренней энергии тела

$A = Q - \Delta U$; $\quad A_{вн} = \Delta U - Q$; $\quad A_{вн\,31} = \Delta U_{31} - Q_{31}$

$Q = C\Delta T = \left(\frac{C}{R}\right) R\Delta T$ $\qquad \Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$A_{вн\,31} = \frac{3}{2}\cdot 1\cdot 8{,}31\cdot(1-3)\cdot T_1 - 2\cdot 1\cdot 8{,}31\cdot(1-3)\cdot T_1 =$

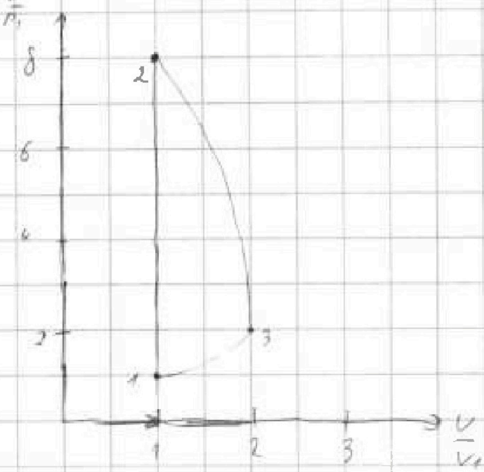
$= 8{,}31\cdot 200\cdot(1-3)\left(\frac{3}{2} - 2\right) = 8{,}31\cdot 200\cdot 1{,}5 = 831\cdot 3 = 2493$ Дж

$A_{31} = -2493$ Дж $= -831\cdot 3$ Дж

Найдём КПД: $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}$

$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = 0{,}5\cdot 8{,}31\cdot(1-4)\cdot 200 + 1{,}5\cdot 8{,}31\cdot(1-4)\cdot 200 = 1\cdot 8{,}31\cdot 4\cdot 200 =$
$= 8{,}31\cdot 8$ Дж

$\eta = \frac{831\cdot 8 - 831\cdot 3}{831\cdot 21} = \frac{5}{21}$



1-2 изохорный, тогда

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$; $\quad P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = 8P_1$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$, $\quad T_3 = 4T_1$

$P_3 V_3 = 4P_1 V_1$

Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$; $A_{вн\,31} = 2493$ Дж

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

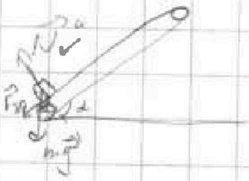
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

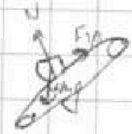
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ





При $mg\sin\alpha > F_{тр}\mu N$

$mg\cos\alpha = N$

$N = mg\cos\alpha$

$F_{тр} + mg\sin\alpha = ma$

$\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha = ma$

$mg\sin\alpha$

$a = \cancel{\mu} g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$

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

$S = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{36}{10\cdot(0{,}5\cdot 0{,}8 + 0{,}6)} = 3{,}6$ м.

✓3

$F\cos\alpha - F_{тр} = ma$

$N = mg - F\sin\alpha$

$F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha = ma$

$R = F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha$

$F - F_{тр} = R$

$k = R\cdot S = F\cos\alpha S - \mu mg S + \mu F\sin\alpha S$

$F - \mu mg = R$

$k = R\cdot S = SF - \mu mg\cdot S$

$k = S_1(F - \mu mg)$

$S_1 = \frac{k}{F - \mu mg}$

$SF\cos\alpha - \cancel{\mu mgS} + \mu FS\sin\alpha = SF - \cancel{\mu mgS}$

$F\cos\alpha + \mu F\sin\alpha = F$

$k = \mu mg S$

$S_2 = \frac{k}{\mu mg} =$

$V_0 = \mu g t$

$V_0^2 = \mu^2 g^2 t^2$

$2k = m\mu^2 g^2 t^2$

$\cos\alpha + \mu\sin\alpha = 1$

$\mu = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha}$

$S = \frac{V_0}{2}t = \frac{\mu g t^2}{2} = \frac{V_0^2}{2\mu g} =$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$L = V_0 \cos\alpha \cdot t$ $\qquad 0 = V_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}$

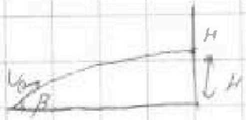
$t = \frac{2 V_0 \sin\alpha}{g}$

$L = \frac{2V_0^2 \sin\alpha\cos\alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{gL} = \sqrt{20\cdot 10} = 10\sqrt{2}$

$H_{max} = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g} - \frac{V_0^2\sin^2\alpha}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} =$

$= \frac{200\cdot\frac{1}{2}}{2\cdot 10} = 5$ м

$\frac{8\cdot 12}{10}$



$H = H_{max}$ $\qquad t_{max} = \frac{\tau}{2}$ $\qquad L_x\ S = \frac{L}{2}$

$L = V_0 \cos\beta\, \tau$ $\qquad 0 = V_0 \sin\beta\, \tau - \frac{g\tau^2}{2}$

$\tau = \frac{2 V_0 \sin\beta}{g}$

$L = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g}$

$H_{max} = \frac{V_0 \sin\beta\, \tau}{2} - \frac{g\tau^2}{8} = \frac{2 V_0^2 \sin^2\beta}{g} - \frac{V_0^2\sin^2\beta}{2g} = \frac{V_0^2\sin^2\beta}{g}$

$\sin\beta = \sqrt{\frac{g H_{max}}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{10\cdot 36}{200}} = \frac{6}{10\sqrt{2}} = \frac{3}{5\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}}{10}$

$S = \frac{L}{2} = \frac{2V_0^2 \sin\beta\cos\beta}{2g} = \frac{200\cdot 3\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}\cdot\sqrt{41}}{10\cdot 10\cdot 10} =$ $\qquad \cos\beta = \sqrt{1 - \frac{18}{100}} = \frac{\sqrt{82}}{10}$

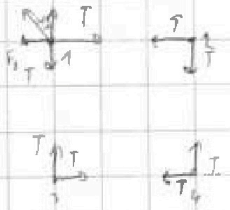
$= \frac{12\sqrt{41}}{10} = \frac{6\sqrt{41}}{5}$ м

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



1° $\quad$ ox: $T = F_2 + F_4 \cos 45$ $\qquad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$$T = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{2a^2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{(4+\sqrt{2})q^2}{16\pi\varepsilon_0 a^2}$$

$$\frac{1}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4a^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{16\pi T\varepsilon_0 a^2}{4+\sqrt{2}}} = 4a\sqrt{\frac{\pi T\varepsilon_0}{4+\sqrt{2}}}$$

$\Gamma_1 = k_2 + \Gamma_2$

$$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{4a^2} + \frac{1}{2a^2}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{2a^2} + \frac{1}{9a^2}\right) + k$$

$$k = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\cancel{\frac{1}{a^2}} + \frac{1}{a^2} + \frac{1}{2a^2} - \cancel{\frac{1}{a^2}} - \frac{1}{4a^2} - \frac{1}{9a^2}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{41}{36a^2} = \frac{\overset{4}{\cancel{16}}\pi T\varepsilon_0 a^2}{4\pi\varepsilon_0(4+\sqrt{2})}$$

$$\frac{36}{36a^2} + \frac{18}{36a^2} - \frac{9}{36a^2} - \frac{4}{36a^2} = \frac{41}{36a^2}$$

$$\frac{41}{36a^2} = \frac{41}{9}\cdot\frac{T}{4+\sqrt{2}}$$

$$k = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\cancel{\frac{1}{a}} + \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} - \cancel{\frac{1}{a}} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{3a}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{6+11\sqrt{2}}{6\sqrt{2}a} = \frac{3\sqrt{2}+11}{6a}$$

$6\sqrt{2} + 6 + 3\sqrt{2} + 2\sqrt{2}$ $\qquad 3$

$$\frac{\overset{4}{\cancel{16}}\pi T\varepsilon_0 a^2}{4\pi\varepsilon_0\cdot(4+\sqrt{2})} = \frac{(3\sqrt{2}+11)\cdot 2\cdot T a}{3\cdot(4+\sqrt{2})} = \frac{(6+11\sqrt{2})}{6\sqrt{2}+3}\cdot T a$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

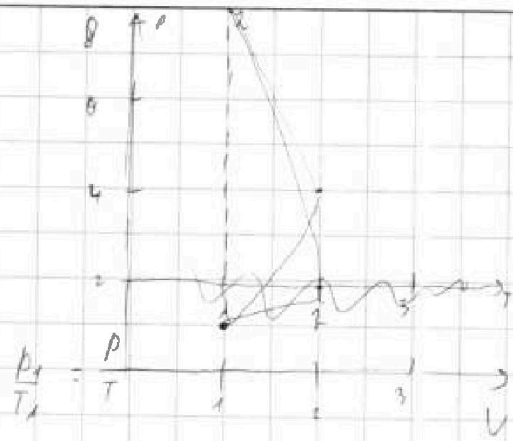
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

$C_V = \frac{3}{2}\nu R$

1-2 изохорный процесс



$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p}{T}$

$C \Delta T$

$Q = C \cdot \Delta T = \left(\frac{C}{R}\right) R \cdot \Delta T$ $\quad A_{31} = -24{,}93$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

$A_{12} = Q - \Delta U = R\Delta T_1 \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\nu\right) = 8{,}31 \cdot 7 \cdot 200 \cdot 0$

$Q = A_г + \Delta U$

$A_{23} = Q - \Delta U = R\Delta T\left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\nu\right) = 8{,}31 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 1 =$

$831 \cdot 8 = 6648$ $\quad = 6648 = 831 \cdot 8$

$A_г = Q - \Delta U$

$A_{31} = -A_г = \Delta U - Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T - \frac{C}{R} \cdot R\Delta T = R\Delta T\left(\frac{3}{2}\nu - \frac{C}{R}\right) = -95$

$= -0{,}5 \cdot 1 - 3T_1 \cdot R = 1{,}5 \cdot 200 \cdot 8{,}31 = 24{,}93$ Дж $= 831 \cdot 3$

$831 \cdot 3 = 2493$

$p_3 V_3 = \frac{p_2 V_2}{2}$

$\eta = \frac{6648 - 2493}{Q_{12}} = \frac{831 \cdot 8 - 831 \cdot 3}{831 \cdot 21} = \boxed{\frac{5}{21}}$

~~$p_2 V_2 = 4$~~

$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$ $\quad p_3 V_3 = \frac{p_2 V_2}{2}$

$\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$ $\quad Q_{12} = 1{,}5 \cdot 8{,}31 \cdot 7 \cdot 200$

$831 \cdot 21$