



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 $\alpha = 45^\circ$ 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.

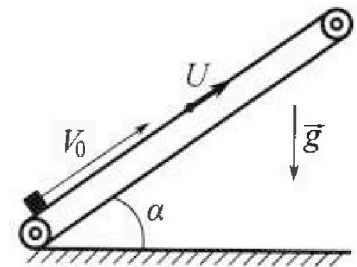
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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.).

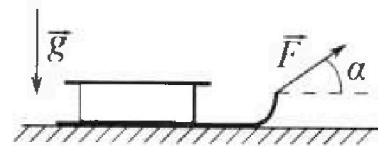
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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 .

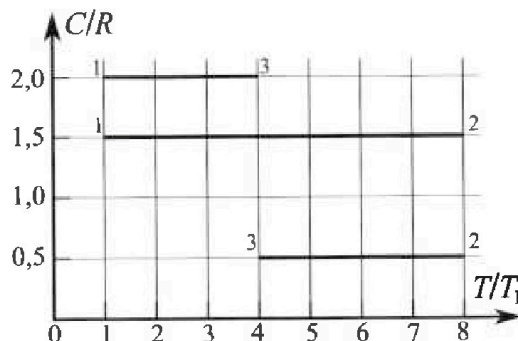
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

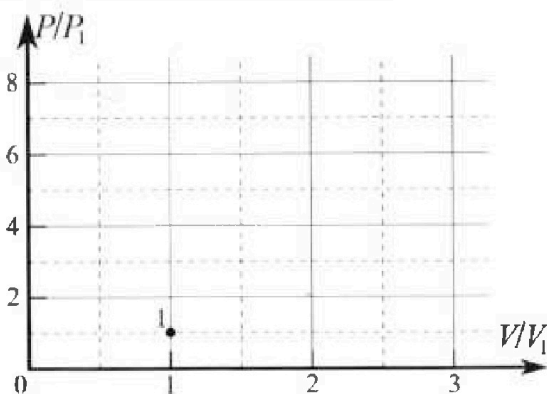
Вариант 10-02

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).

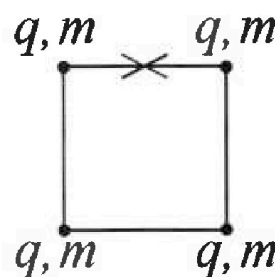


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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 каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



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!



7) 1)



Данного полета L определить угол выстрела:
 найдем: $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

Из проекции на Oy :

$$-v_0 \sin \alpha = v_0 \sin \alpha - g t_{\text{пол}} \text{, где } t_{\text{пол}} \text{ - время полета}$$

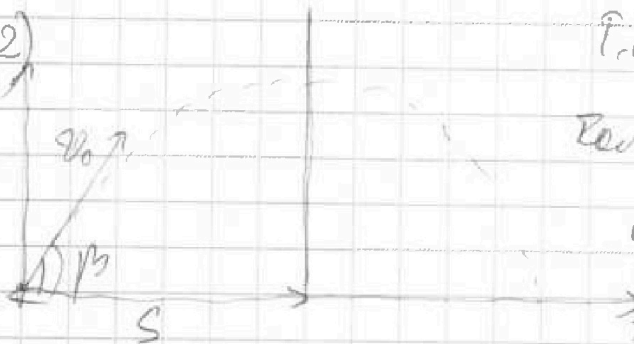
$$\Rightarrow t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \text{, а дальность полета } L$$

$$\text{выра равна: } L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{g L} = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м}} = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)



Г.к. на мяч действует только консервативная сила тяжести то справедливо мв ЗСЭ, до момента, когда мяч упадет в сетку (в этот момент мяч достигнет максимальной высоты полета и его скорость будет равна $v_0 \cos \beta$,

где β - угол под которым упадет мяч во 2 сетку): $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2 \cos^2 \beta}{2} \Rightarrow$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2 \cos^2 \beta}{2} \Rightarrow$$

↓

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

$$\Rightarrow v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \beta = 2gH$$

$$v_0^2 \sin^2 \beta = 2gH \Rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

Подставляем v_0 из пункта 1):

$$H = \frac{g \Delta}{2g} \cdot \sin^2 \beta \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2H}{\Delta}, \sin \beta = \sqrt{\frac{2H}{\Delta}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \text{ м}}{20 \text{ м}}} = \sqrt{0,36} = 0,6, \text{ тогда из ОТТ:}$$

$$\cos \beta = 0,8$$

Пусть T - время полета до максимальной

высоты H , когда:

$$T = \frac{v_0 \sin \beta}{g}, \text{ а тогда } S = \frac{v_0 \sin \beta}{g} \cdot v_0 \cos \beta =$$

$$= \frac{v_0^2 \sin \beta \cdot \cos \beta}{g} = \frac{g \Delta}{g} \sin \beta \cdot \cos \beta = \Delta \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= \frac{12}{25} \Delta = \frac{12}{25} \cdot 20 \text{ м} = \frac{48}{5} \text{ м} = \boxed{9,6 \text{ м}}$$

$$\text{Отв: } v_0 = \sqrt{g \Delta} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}, S = \frac{12}{25} \Delta = 9,6 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

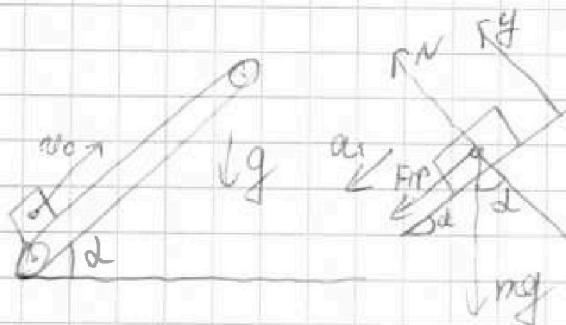
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



II) 1) В первом опыте коробка будет замедляться



над действующим на нее и компоненту P пер. к о. наугад а-ускорение коробки.

2 ВН на Ox и Oy :

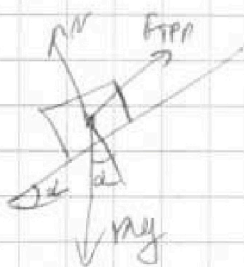
$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$Ox: F_{тр} + mg \sin \alpha = ma$, где $F_{тр}$ — сила трения действующая на коробку со стороны канавки. По 3-ому закону Ньютона $F_{тр} \leq \mu N$, т.е. коробка движется то $F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$, тогда

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

$$a_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Когда коробка остановится отн земли, то, проверим на счет ли $F_{тр}$ коробки есть вниз:



$F_{тр}$ — сила трения которая возникает если коробка будет касаться канавки.

2 ВН и 3-й закон Ньютона даёт:

$$mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha - \text{условие покоя.}$$



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!



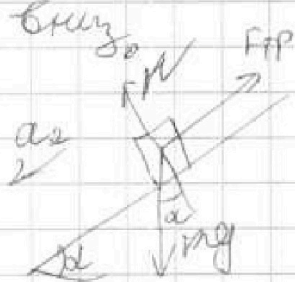
1) $g \sin \alpha \leq \mu \cos \alpha$

$$\frac{3}{5} \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5}$$

$$\frac{3}{5} \leq \frac{2}{5} \text{ - видно, что условие не выполнено}$$

Значит, каретка скользит вниз по наклонной.

Для движения вниз даём:



$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = m a_2$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Подставим численные значения

a_1 и a_2 :

$$a_1 = g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = g$$

$$a_2 = g \left(\frac{3}{5} - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} \right) = \frac{1}{5} g$$

Вычислим время подъёма каретки до момента $v=0$.
 $v_0 = g t_{\text{под}} \Rightarrow t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g} = 0,6 \text{ с} < T$

При подъёме каретка пройдёт путь L_1 :

$$L_1 = \frac{g}{2} t_{\text{под}}^2 = \frac{g}{2} \frac{v_0^2}{g^2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

При спуске каретка она пройдёт путь L_2 за

время $T - t_{\text{под}}$:

$$L_2 = \frac{g}{2} (T - t_{\text{под}})^2 = \frac{g}{2} \left(T - \frac{v_0}{g} \right)^2 = \frac{g T^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$S = L_1 + L_2 = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{g T^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{g} + \frac{g T^2}{2} - v_0 T =$$

$$= 3,6 \text{ м} + 5 \text{ м} - 6 \text{ м} = 2,6 \text{ м}$$

2) →

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. Печать QR-кода недопустима!

2) → Скорость коробки будет равна V , когда относительно конвейера она остановится. Её начальная скорость в ИСО контейнера $V_0 - u$. Ускорение при падении в ИСО не меняется и значит равно $a, = g$, тогда:

$$V^0 = V_0 - u - gT, \Rightarrow T_1 = \frac{V_0 - u}{g} = \frac{5 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,5 c$$

3) В 0 скорость коробки обратится тогда, когда её скорость отн ^{конвейера} ~~земли~~ будет равна V , и направлено против скорости конвейера.

Пусть это произойдет через время T_2 :

~~V_0 ; $T_2 = T_1 + \frac{5u}{g}$ - время через которое скорость коробки отн. земле равна 0.~~

~~Высоту падения, которое пройдет коробка отн конвейера при падении: $h_{отн} = \frac{g}{2} T_1^2 = 5 \cdot (\frac{1}{2})^2 m = \frac{5}{4} m$~~

~~Высоту - расстояние которое пройдет коробка в 0 время падения:~~

~~$$h_{отн} = \frac{g}{2} (T_2 - T_1)^2 = \frac{g}{2} (\frac{5u}{g})^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{25u^2}{g} = \frac{25}{20} \frac{m^2}{c^2} =$$~~

~~$$h_{отн} = \frac{g}{5} \cdot \frac{1}{2} (T_2 - T_1)^2 = \frac{g}{10} \cdot \frac{25u^2}{g^2} = \frac{5}{20} \frac{u^2}{g} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4} = 0,25 m$$~~

Δ_0 - суммарное перемещение коробки по конвейеру ↓

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

$$\textcircled{II} \textcircled{3} \Rightarrow L_0 = L_{0m_1} - L_{0m_2} = 1,25 \text{ м} - 0,25 \text{ м} = 1 \text{ м}$$

Сам конвейер движется по некоторому расстоянию, тогда суммарное расстояние L от точки старта до коробки будет равно:

$$L = L_0 + v(T_1 + \frac{5 \text{ м}}{g}) = 1 \text{ м} + 0,5 \text{ м} + 0,5 \text{ м} = 2 \text{ м}$$

$\textcircled{II} \textcircled{3} \Rightarrow$ Отн. земли: L_1 - путь который пройдет коробка до остановки конвейера:

$$L_1 = v_0 T_1 - \frac{g}{2} T_1^2 = 3 \text{ м} - \frac{5}{4} \text{ м} = 1,75 \text{ м}$$

L_2 - путь который коробка пройдет после остановки от конвейера:

$$L_2 = u T_2 - \frac{g}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot T_2^2, \text{ где } T_2 \text{ - время за которое ко-}$$

робка пройдет L_2 вниз по конвейеру, за это вре-

$$\text{мя: } u = \frac{g}{5} T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{5u}{g}, \text{ тогда:}$$

$$L_2 = u \cdot \frac{5u}{g} - \frac{g}{10} \cdot \frac{25u^2}{g^2} = 0,5 \text{ м} - \frac{1}{4} \text{ м} = 0,25 \text{ м}$$

$$\text{Суммарное } L = L_1 - L_2 = 1,75 \text{ м} - 0,25 \text{ м} = 1,5 \text{ м}$$

$$\text{Отв: } S = 2,6 \text{ м; } T_1 = 0,5 \text{ с; } L = 1,5 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

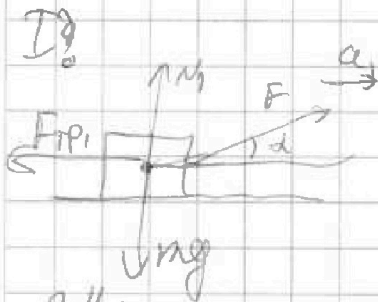
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

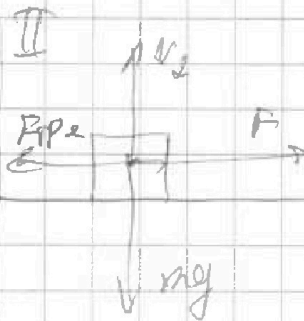
III) Рассмотрим два случая:



ЗЗК:

$$mg = F \sin \alpha + N_1 \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$F_{тр1}$ как препятствует дви-
жению: $F_{тр1} = \mu(mg - F \sin \alpha)$



ЗЗК: $N_2 = mg$

$F_{тр2}$ т.к. препятствует
движению:
 $F_{тр2} = \mu mg$

N_1 и N_2 всегда \perp v значит v_z пополам
равны 0, и они не совершают работ.

Сами же взмещают высоту, а значит ра-
бота сил тяжести = 0. В результате можно

записать ЗСЭ для двух случаев, учитывая, что
пусть необходимый для разгона одинаков
и равен Δ :

$$\begin{aligned} \text{I)} F \cos \alpha \Delta - \mu(mg - F \sin \alpha) \Delta &= k \\ \text{II)} F \Delta - \mu mg \Delta &= k \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{I)} \\ \text{II)} \end{aligned}} \right\} \text{приравняем}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

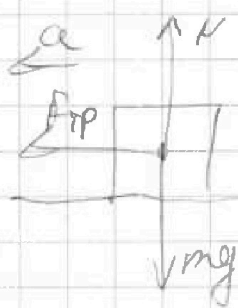
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\textcircled{III} 1) \rightarrow F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = F \mu \sin \alpha \quad | : F$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F \mu \sin \alpha \quad | : F$$

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

2) →



В случае не действующей силы F :

$$\text{збл: } F \sin \alpha = \mu$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

Когда N и mg обе совершают

работы, з(т):

$$\mu mg S = 0 - K \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{Отв: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

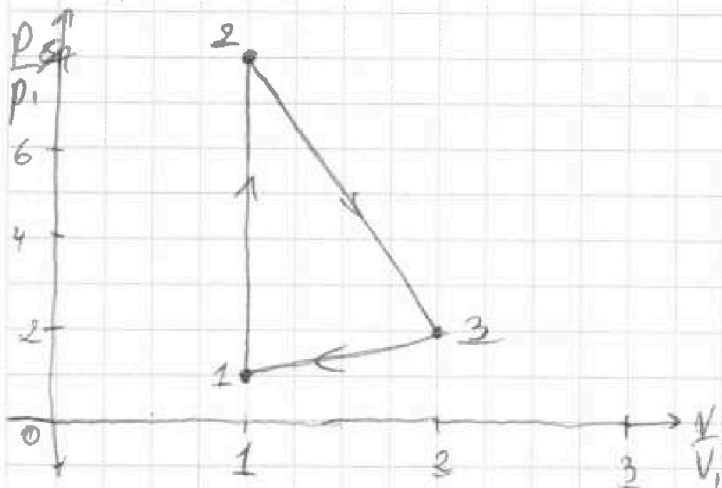
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

В илоте графика будет выглядеть примерно

Базис:



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. Печать QR-кода недопустима!

$$\textcircled{3} \rightarrow (1) \text{ и } (2) \Rightarrow p_2 = 8p_1$$

Пусть в т. 3. $p_3 = x p_1$; а $V_3 = y V_1$, тогда

$$A_{33} = nRT_3 = 4p_1 V_1$$

$$x p_1 \cdot y V_1 = 4 n R T_1 \Rightarrow x y = 4$$

$$p_3 V_1 = 2 n R T_1$$

Выражая работу можно получить:

$$\begin{cases} x y = 4 \Rightarrow y = \frac{4}{x} \\ (\frac{x}{2} + 4)(y - 1) = 4 \end{cases}$$

$$\frac{4x}{2x} - \frac{x}{2} + \frac{16}{x} - 4 = 4$$

$$\frac{16}{x} - \frac{x}{2} = 6 \quad | \cdot x$$

$$-x^2 - 6x + 16 = 0 \quad | \cdot (-1)$$

$$x^2 + 6x - 16 = 0$$

$$D = 36 + 64 = 100$$

$$x_{1,2} = \frac{-6 \pm \sqrt{100}}{2} \Rightarrow x = -6 + \sqrt{64} = 2$$

$y = \frac{4}{2} = 2$, когда точка 2 примерно находится
сд как определяется p_3 ; V_3 .

(Точкой три одна формула 3 считается пря-
мая, которая совпадает с работой газа A_{31} .)

↓

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



1) Для каждого участка запишем уравнение энергодинамики, зная $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R T$, так как газ одноатомный.

$$1-2: \frac{3}{2} R = \frac{A_{12} + \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1}{7T_1} \Rightarrow 10,5 \nu R T_1 = A_{12} + 10,5 \nu R T_1,$$

$$\text{т.к. } \nu = 1 \text{ моль, } R \Rightarrow A_{12} = 10,5 \nu R T_1 = 10,5 R T_1 \Rightarrow A_{12} = 0,$$

$$\text{а } Q_{12} = 10,5 \nu R T_1,$$

$$2-3: \frac{1}{2} R = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \nu R (-4T_1)}{-4T_1} \Rightarrow -2 \nu R T_1 = A_{23} - 6 \nu R T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \nu R T_1 = A_{23}, \text{ а } Q_{23} = 4 \nu R T_1 - 6 \nu R T_1 = -2 \nu R T_1,$$

$$3-1: 2R = \frac{A_{31} + \frac{3}{2} \nu R (-3T_1)}{-3T_1} \Rightarrow -6 \nu R T_1 = A_{31} - 4,5 \nu R T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{31} = -1,5 \nu R T_1, \text{ а } Q_{31} = -6 \nu R T_1,$$

$$\text{В итоге } -A_{31} - \text{ работа газа, а } A_{31} = 1,5 \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 100 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A_0}{Q_{in}}, \text{ где } A_0 - \text{ полезная работа цикла и } Q_{in} -$$

кол-во энергии переданное нагревателем.

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{4 \nu R T_1 - A_{31}}{10,5 \nu R T_1} = \frac{4 \nu R T_1 - 1,5 \nu R T_1}{10,5 \nu R T_1} =$$

$$= \frac{\frac{5}{2} R T_1}{21 R T_1} = \frac{5}{21} \approx 0,24$$

3) В т.1: $p_1 V_1 = \nu R T_1$, (1) Процесс 1-2 изотермический т.к. $A_{12} = 0$,

$$\text{тогда } V = \text{const, } p_2 V = 8 \nu R T_1, (2)$$



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!

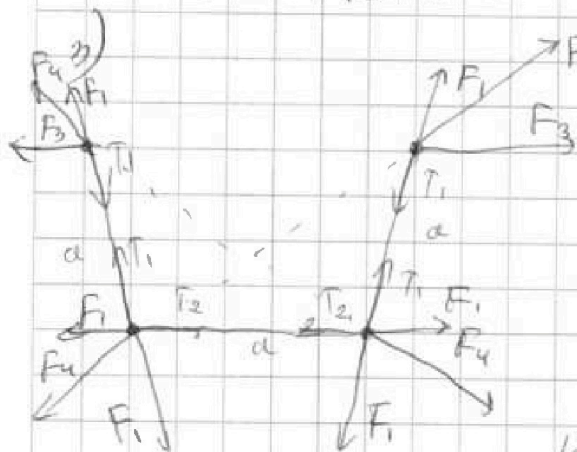
1) 2) ВСР:

$$\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = K + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a}$$

$$\frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = K + \frac{kq^2}{2a}$$

$$K = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right) = \frac{q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}{4\pi\epsilon_0 a}$$

Отв: $|q| = \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2}+4}} \cdot 4a = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2}+4}}$; $K = \frac{q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}{4\pi\epsilon_0 a}$



для верхних шаров
 всегда \perp T знаки 234
 на ось 1 а будет равн,
 что T₁ "убавляет" F₁ и F₄ вы-
 ступающие на нижней
 шар, это значит что нижние

шары неподвижны а их свое расстояние равно $\sqrt{2}a = r$

Отв: $|q| = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2}+4}}$; $K = \frac{q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}{4\pi\epsilon_0 a}$; $r = \sqrt{2}a$

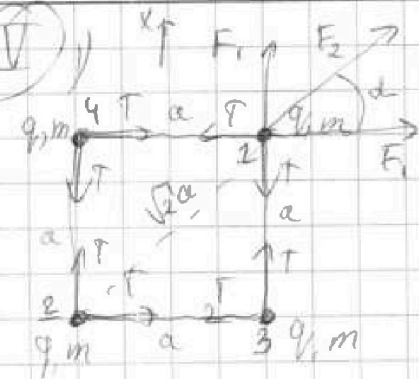
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



F_2 - сила действующая на 1

со стороны 2 шара, коэф

$$\text{фициента: } F_2 = \frac{k q^2}{2a^2}$$

F_1 - сила действующая на

1 шар со стороны 4 (со стороны 3 такая же сила), $F_1 = \frac{k q^2}{a^2}$. Разложим их по осям.

Т.к. шары в виде квадрата, то $\alpha = 45^\circ$

2 Ш даёт:

$$F_2 \sin \alpha + F_1 = T$$

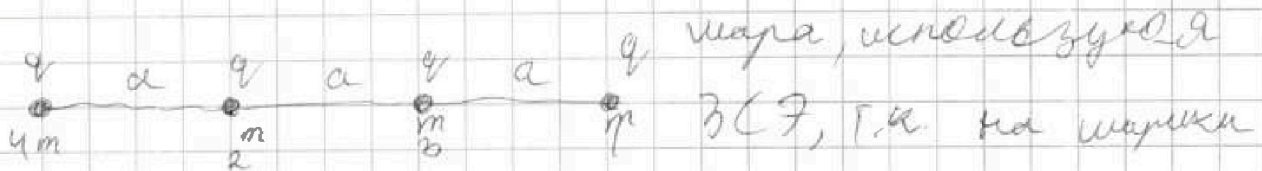
$$\frac{k q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{k q^2}{a^2} = T$$

$$\frac{k q^2}{a^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right) = T \Rightarrow q^2 = \frac{4 T a^2}{k(\sqrt{2} + 4)} = \frac{16 \pi \epsilon_0 T a^2}{\sqrt{2} + 4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{16 \pi \epsilon_0 T a^2}{\sqrt{2} + 4}} = 4 a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0 T}{\sqrt{2} + 4}}$$

2)

Найдём к стороне



шара, используя

ЗСЭ, т.к. на шарики

действуют только консервативные кулонов-

ские силы, и силы натяжения, которые не

совершают работы: ↓

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!



$\alpha = 45^\circ$

$$F_1 = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{2a^2}$$

$$W = k \frac{q^2}{r} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{m\omega^2 r^2}{2}$$

$$+ \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$F_1 + F_2 \cos \alpha = T$$

$$\frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = T$$

$$P \frac{kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{m\omega^2 r^2}{2} + \frac{3kq^2}{6a} + \frac{2kq^2}{6a}$$

$$\frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) = T$$

$$q^2 = \frac{T a^2}{k \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)}$$

$$1,5R = \frac{A_{12} + \frac{3}{2}RRT_1}{7T_1}$$

$$q^2 = \frac{45\pi \epsilon_0 T a^2}{1 + \frac{\sqrt{2}}{4}} = \frac{16\pi \epsilon_0 T a^2}{4 + \sqrt{2}}$$

$$\frac{2kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{m\omega^2 r^2}{2} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{2a}$$

$$10,5RRT_1 = A_{12} + 10,5RRT_1$$

$A_{12} = 0$

$$T = 3 \cdot 2R = \frac{Q_{12}}{aT_1} \Rightarrow Q_{12} = 4RT_1$$

$$1-2: 1,5R = \frac{Q_{12}}{7T_1} \Rightarrow |Q_{12}| = 10,5RT_1$$

$$2-3: \frac{1}{2}R = \frac{-Q_{23}}{4T_1} \Rightarrow |Q_{23}| = 2RT_1$$

$$3-1: 2R = \frac{A_{31} + \frac{3}{2}R(3T_1)}{-3T_1}$$

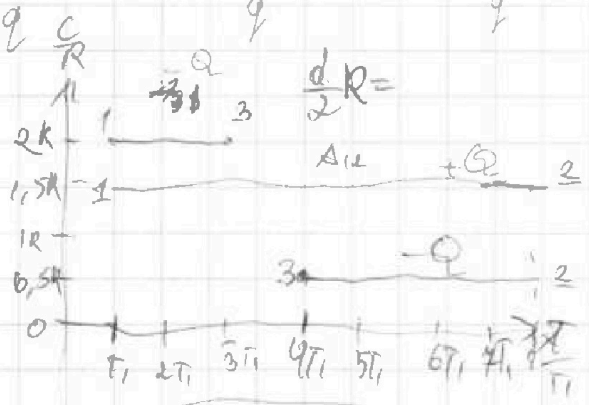
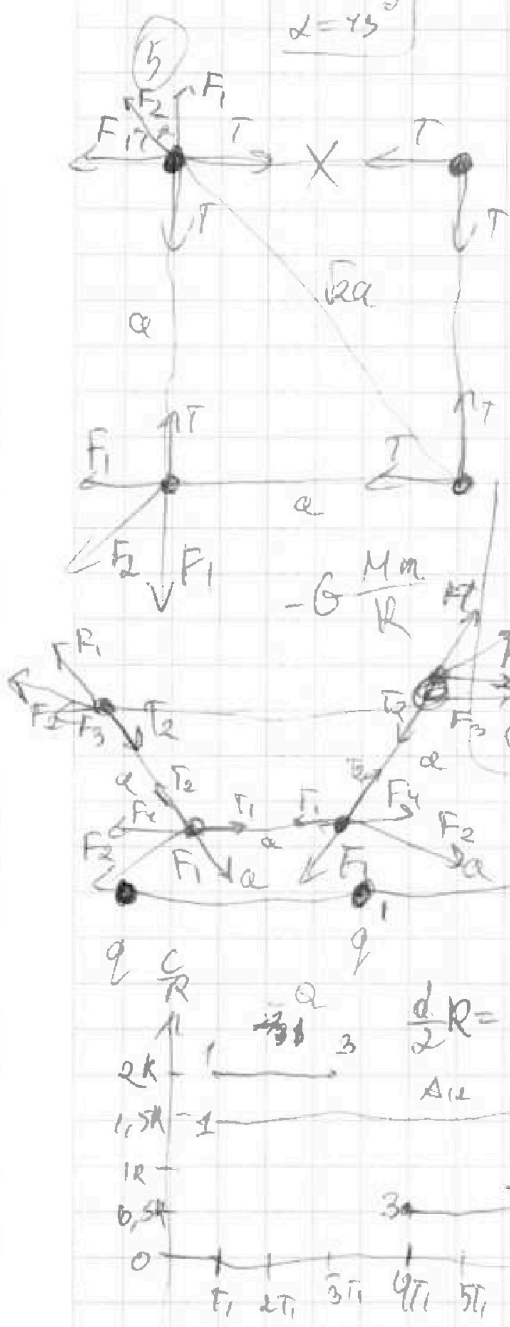
$$-6TR = A_{31} - \frac{9}{2}VRT_1$$

$$-1,5VRT_1 = A_{31}$$

$$A_{31} = 1,5VRT_1$$

$$|Q_2| = |Q_1| + |A_{12}|$$

$$10,5RRT_1 = 10,5RRT_1 + A_{12}$$



$$10,5RRT_1 = \frac{3}{2}RRT_1 + A_{12}$$

$$1,5RRT_1 = A_{12}$$

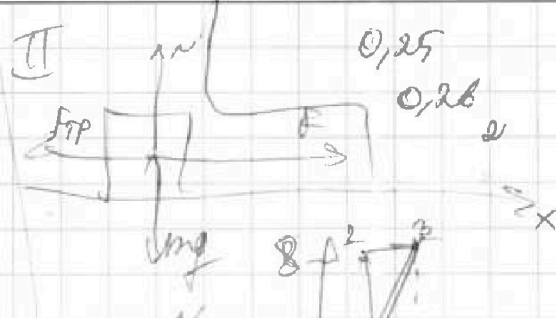
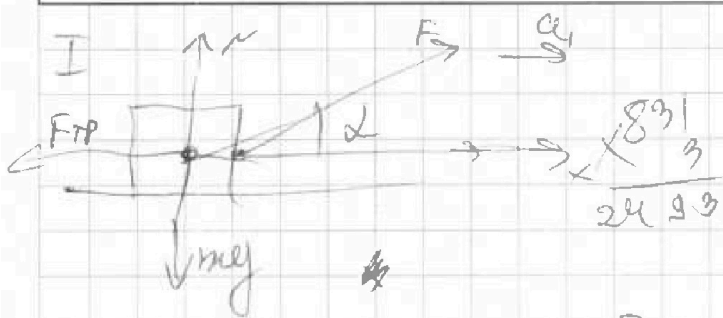
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$mg = N - F \sin \alpha \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{тр} = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$m a_1 = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$m a_1 = F \cos \alpha - mg \mu + F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = k$$

$$F \Delta_2 - \mu mg \Delta_2 = k$$

$$\Delta_1 = \Delta_2; F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = F \Delta - \mu mg \Delta$$

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

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

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



$$\mu mg S = k$$

$$\mu mg S = k$$

$$S = \frac{k}{\mu mg} = \frac{k \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

$$y = 4 + \frac{y}{2}$$

$$y = 8 \quad y - (4 + \frac{y}{2}) = 8$$

$$4 p_{11} = \frac{(p_1 + p_2 y p_1)}{2} x y$$

$$x = \frac{y}{4}$$

$$2R = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \nu R (+3T_1)}{-3T_1}$$

$$-6 \nu R T_1 = A_{31} - \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$-1.5 \nu R T_1 = A_{31}$$

$$2.5 \nu R T_1 = A_{30}$$

$$y p_1 x v_1 = 4 \nu R T_1$$

$$8 p_1 v_1 = 8 \nu R T_1$$

$$\frac{y x}{8} = \frac{4}{8}$$

$$y x = 4$$

$$4 \nu R T_1$$

$$4 p_1 v_1 = A_{23}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

ЛМОТИ

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



$$y_{01} \quad \begin{array}{r} 0,6 \\ \times 1,5 \\ \hline 0,9 \\ 0,0 \\ \hline 0,90 \end{array}$$

$$2v_0 \sin \alpha = gT$$

$$v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha}$$



$$x_2 = \frac{-12 \pm \sqrt{144 - 272}}{2} = -6 \pm \sqrt{68} \approx 2$$

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 1,5 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 0,6 \\ \hline 0,0 \\ 3,0 \\ \hline 1,80 \\ 0,36 \end{array}$$

$$x^2 + 12x - 32 = 0$$

$$D = 144 + 128 = 272$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{10 \cdot 20} = \sqrt{200} \frac{m}{c} = 10\sqrt{2} \frac{m}{c}$$

$$214 \frac{m}{c}$$

$$2gh + \frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{x p_1 + z p_1}{2} \cdot (y v_1 - v_1) = 4v_1 R_1$$

$$p v_1 = 2v_1 R_1$$

$$x p_1 y v_1 = 4v_1 R_1$$



$$2gh = v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$4h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{g} = \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \alpha$$

$$\frac{x}{2} \cdot \frac{4}{x} - \frac{x}{2} + \frac{16}{x} - 4 = 4 \quad 2x = 32 - x^2$$

$$2h = L \sin^2 \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{\frac{2h}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6}{10}} = \sqrt{\frac{3,6}{10}}$$

$$6 = \frac{16}{x} - \frac{x}{2} = \sqrt{0,36} = \pm 0,6 \Rightarrow \sin \alpha = 0,6$$

$$\frac{g}{10} \cdot \frac{1}{4} = 0,25 \mu$$

$$6x = 16 - \frac{x^2}{2} \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

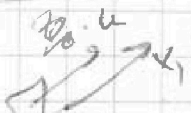
$$\left(\frac{x}{2} + 4\right)(y - 1) \quad y = \frac{4}{x}$$

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_{\text{прог}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$S = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \cdot v_0 \cos \alpha =$$

$$0 = u - \frac{g}{5} t_2$$



$$t_2 = \frac{gu}{g} = 0,5 \text{ с}$$

$$0 = u - \frac{g}{5} t_2$$

$$\begin{array}{r} 480 \\ \times 0,5 \\ \hline 240 \\ 480 \\ \hline 960 \end{array}$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha =$$

$$= \frac{g}{g} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{25} L =$$

$$= \frac{12}{25} \cdot 20^2 \mu = \frac{48}{5} = 9,6$$

$$u = v_0 - gT$$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g} \quad L_1 = 3u - 5 \frac{1}{4} = 1,75 \mu$$

$$y = 2$$

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!



① $\sin \alpha = 0,8$
 $\cos \alpha = 0,6$



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

$N = mg \cos \alpha$
 $F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

$v_t = v_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)T$

$v_t = 6 \frac{m}{c} - 10 \cdot 10 = -4 \frac{m}{c}$

② $\frac{4}{10} - \frac{6}{10} \sqrt{mg}$

$a = g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{6}{10} \right) = g$

$\Delta s_{max} = \frac{v_0^2}{2g} = 0 = v_0 - gt_{max}$
 $= \frac{v_0^2}{2g} = 1,8m$ $t_{max} = \frac{v_0}{g} = 0,6c$

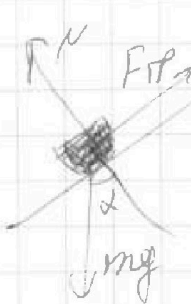
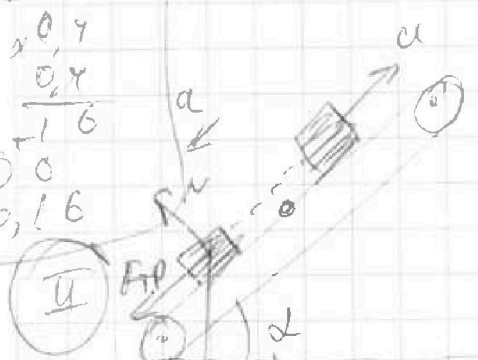
$v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{g}{2} \frac{v_0^2}{g^2}$

$s_{max} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{g}{2} \cdot 0,4^2 = \frac{0,16}{2} = 0,08m$

$t_{max} = T - t_{max} = 0,4c$

$s_0 = s_{max} + s_{max} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{gT^2}{2} + \frac{v_0^2}{g} - v_0 T$

$\begin{matrix} \times 0,7 \\ 0,7 \\ \hline 0,16 \\ 0,0 \\ \hline 0,16 \end{matrix}$

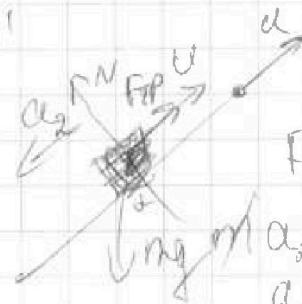


$mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha$
 $g \sin \alpha \leq \mu$

$\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{5} \leq \frac{1}{2}$
 $\frac{3}{4} \leq \frac{1}{2}$

$0,75 \leq 0,5$ ✗

С.О. координата и все!
 $0 = (v_0 - u) - gT$
 $T_1 = \frac{v_0 + u}{g}$



$U = \frac{1}{5} g T_0$
 $\frac{9U}{8} = T_0$ $T_2 = T_0 + T_1$

$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$
 $ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$
 $a_2 = g \left(\sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} \right) = \frac{1}{5} g$

$\frac{1}{10} - \frac{1}{10} = \frac{1}{5}$