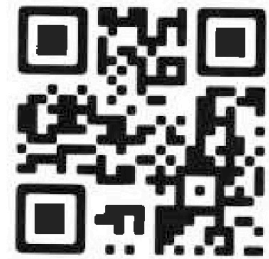




Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.

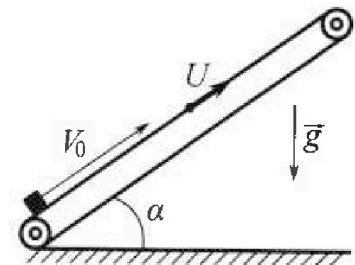
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

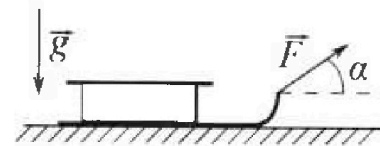
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.



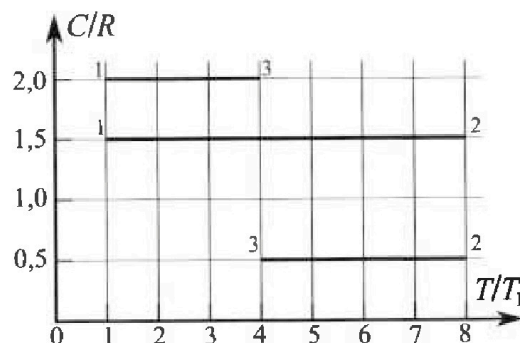
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

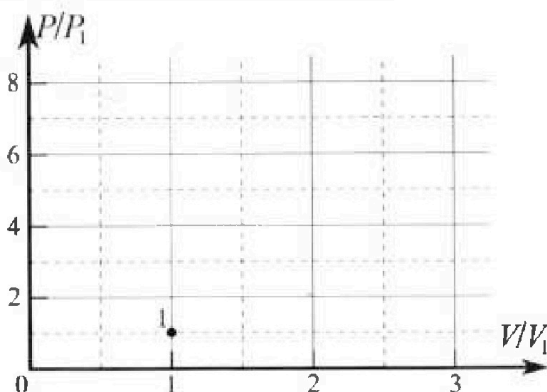
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

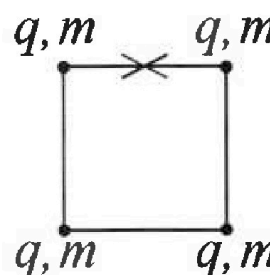


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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 проекта L определяет высота падения: $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

Из проекции на Oy :

$-v_0 \sin \alpha = v_0 \sin \alpha - g t_{\text{пад}}$, где $t_{\text{пад}}$ - время падения

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

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

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

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

2)



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

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

↓

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

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

Подставляя v_0^2 из пункта 1):

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

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

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

Пусть T — время полета до максимальной
высоты H , тогда:

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

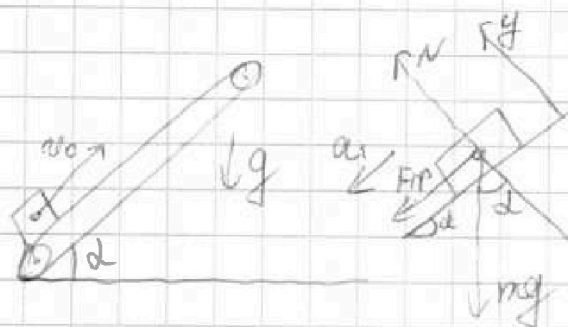
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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



под действием сил тяжести и реакции. В 1-м опыте найдём ускорение коробки.

23Н на Ox и Oy :

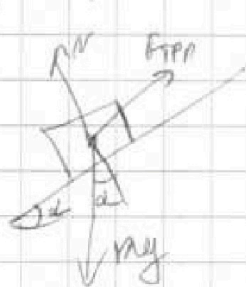
$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$Ox: F_{тр} + mg \sin \alpha = ma$, где $F_{тр}$ — сила трения действующая на коробку со стороны поверхности. По 3-ему закону Ньютона $F_{тр} \leq \mu N$, т.е. коробка движется то $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$, 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, т.е., проверим начнёт ли ~~из~~ коробка ехать вниз:



$F_{тр}^{сила}$ — трения которая возникает если коробка будет покоиться на поверхности.

23Н и 3-й закон Ньютона даёт:
 $mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha$ — 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!



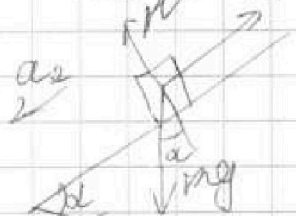
11) $\rightarrow 1) \sin \alpha \leq \mu \cos \alpha$

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

$$\frac{3}{5} \leq \frac{2}{5} \text{ — неверно, что условие не выполнено}$$

Значит, шарик будет скользить вниз.

Для движения вниз даём:



$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2$$

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

Подставляем численные значения

a_1 и a_2 :

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

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

Рассчитаем $t_{\text{подъём}}$ — время подъёма шарика до момента $v=0$.

$$v_0 = gt_{\text{подъём}} \Rightarrow t_{\text{подъём}} = \frac{v_0}{g} = 0,6 \text{ с} < T$$

При подъёме шарик проходит путь L_1 :

$$L_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g}$$

При спуске шарик снова проходит путь L_2 за время $T - t_{\text{подъём}}$:

$$L_2 = \frac{v_0^2}{2a_2} = \frac{v_0^2}{2 \cdot \frac{1}{5}g} = \frac{5v_0^2}{2g}$$

$$S = L_1 + L_2 = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{5v_0^2}{2g} = \frac{6v_0^2}{2g} = \frac{6 \cdot 36}{2 \cdot 10} = 10,8 \text{ м}$$

$$= 3,6 \text{ м} + 7,2 \text{ м} = 10,8 \text{ м}$$

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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

2) → Скорость коробки будет равна V , когда относительно конвеера она остановится. Её начальная скорость в ИСО контейнера $V_0 - u$. Ускорение при падении в ИСО не меняется и значит равно $a_1 = g$, тогда:

$$V^0 = V_0 - u - gT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{V_0 - u}{g} = \frac{5 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,5 c$$

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

Пусть это произойдет через время T_2 :

Уб: $T_2 = T_1 + \frac{5u}{g}$ - время через которое скорость коробки отн. земл. равна 0.

Был расхождение, которое пройдет коробка отн. конвеера при падении: $L_{отн1} = \frac{g}{2} T_1^2 = 5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 m = \frac{5}{4} m$

$L_{отн2}$ - расстояние которое пройдет коробка во время спуска:

$$L_{отн2} = \frac{g}{2} (T_2 - T_1)^2 = \frac{g}{2} \left(\frac{5u}{g}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{25u^2}{g} = \frac{25}{20} \frac{m^2}{c^2} = \frac{25}{20} \frac{m}{c} =$$

$$L_{отн2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{1}{g} (T_2 - T_1)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{25u^2}{g^2} = \frac{5}{20} \cdot \frac{u^2}{g} = \frac{5}{20} \cdot \frac{1}{4} = 0,25 m$$

L_0 - суммарное перемещение коробки по конвею ↓

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!

II) 3) $L_0 = L_{\text{отн.}} - L_{\text{хиз}} = 1,25 \text{ м} - 0,25 \text{ м} = 1 \text{ м}$

Сам конвейер пройдет какое расстояние, тогда суммарное расстояние L от точки старта до коробки будет равно:

$$L = L_0 + v(T_2) = L_0 + v\left(T_1 + \frac{5 \text{ м}}{g}\right) = 1 \text{ м} + 0,5 \text{ м} + 0,5 \text{ м} = 2 \text{ м}$$

II) 3) 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-

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

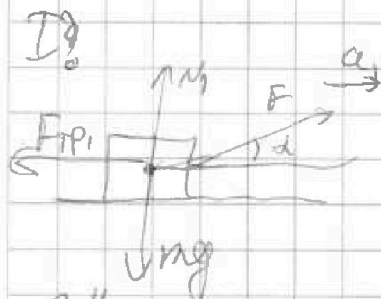
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



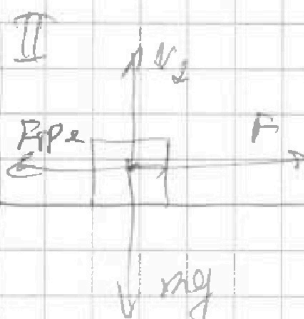
III) Рассмотрим два случая:



УЗК:

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

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



УЗК: $N_2 = mg$

$F_{тр2}$ т.к. препятствует
движению:

$$F_{тр2} = \mu mg$$

N_1 и N_2 всегда $\perp v$ значит из мощности
равны 0, и они не совершают работ.

Сами не изменяют высоты, а значит ра-
боты сил тяжести = 0. В результате можно
записать ЗСЭ для двух случаев, учитывая, что
необходимый для разгона одинаков
и равен L :

$$\begin{cases} I) F \cos \alpha L - \mu(mg - F \sin \alpha)L = K \\ II) FL - \mu mg L = K \end{cases} \text{ приравняем}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

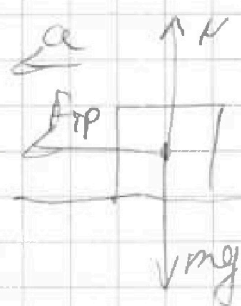
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

2) $\rightarrow$



В тупое по действии силы F :

ЗЗМ: $F \sin \alpha = \mu$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

Тогда $m g \sin \alpha$ μ $m g \cos \alpha$ обе совершают

работы. ЗСЭ:

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

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



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

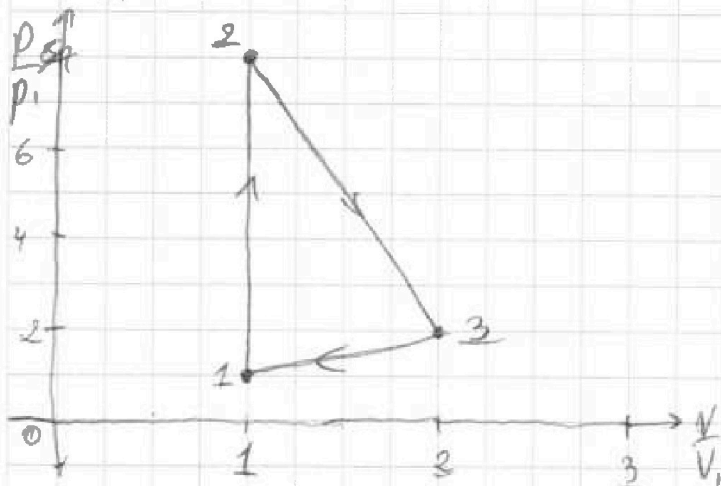
7
☐

МФТИ

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

В искомом графике будет выглядеть примерно

Без:



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

Мысли в т. 3. $p_2 = x p_1$; а $V_2 = y V_1$, тогда

$$A_{22} = nRT_2 = 4p_1 V_1$$

$$x p_1 \cdot y V_1 = 4 p_1 V_1 \Rightarrow xy = 4$$

$$p_1 V_1 = 2kT_1$$

Выражая работу можно получить:

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

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

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

$$-\frac{x^2}{2} - 6x + 16 = 0 \quad | \cdot 2$$

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

$$D = 144 + 128 = 272$$

$$x_{1,2} = \frac{-12 \pm \sqrt{272}}{2} \Rightarrow x = -6 + \sqrt{68} \approx 2$$

$y = \frac{4}{2} = 2$, когда точка 2 примерно находится на координатах p_2 ; V_2 .

(Точкой три один т. 3 считается прямая, которая совпадает с работой $p_2 V_2 + A_{22}$.)

↓

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) Для каждого участка запишем уравнение теплового баланса, зная $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$, т.к.

газ одноатомный.

$$1-2: \frac{3}{2} R = \frac{A_{12} + \frac{3}{2} \nu R \cdot 4T_1}{4T_1} \Rightarrow 10,5 \nu R T_1 = A_{12} + 10,5 \nu R T_1,$$

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

$$\text{а } Q_{12} = 10,5 \nu R T_1$$

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

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

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

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

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

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

$$2) \eta = \frac{A_0}{Q_{12}}, \text{ где } A_0 - \text{общая работа внешних сил и } Q_{12} -$$

кол-во теплоты переданное нагревателем.

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

$$= \frac{\frac{5}{2} \nu R T_1}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{5}{21} \approx 0,25$$

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

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



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!

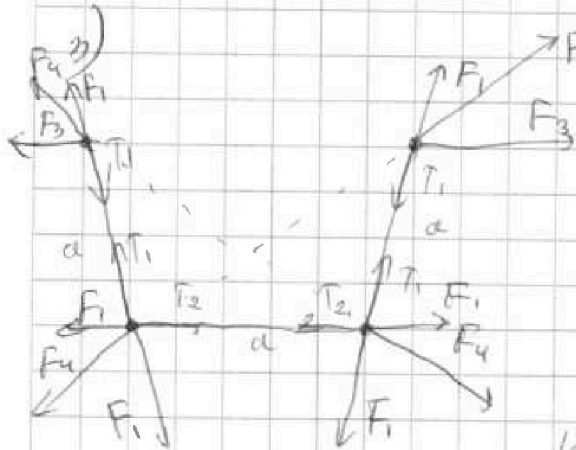
1) 2) 3) 4)

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

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

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

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



для верхних шаров
Всегда $\perp T$ значит 2 шар
на ось 1 а будет равн,
что T_1 "убавляет" F_1 и F_4 дей-
ствующие на нижний
шар, это значит что нижние

шары неподвижны а их новое расстояние
равно $\sqrt{2}a = j$

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

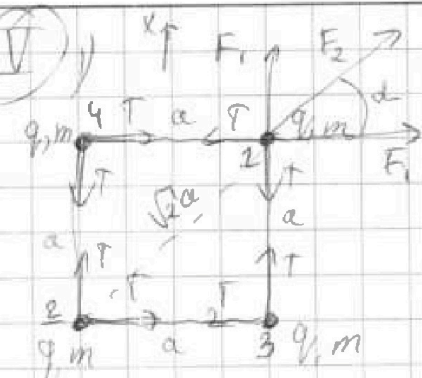
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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-
циента: $F_2 = \frac{k q^2}{2a^2}$

F_1 — сила действующая на

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

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

2 Ш. даёт:

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

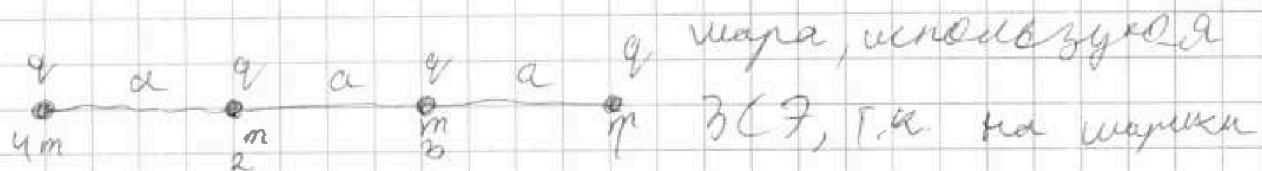
$$\frac{k q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{k q^2}{a^2} = T$$

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

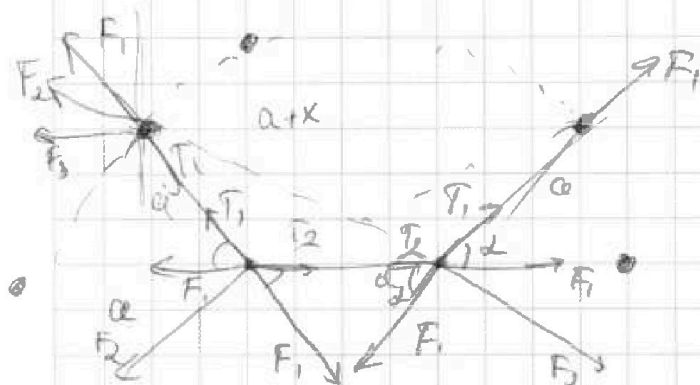
$$\Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{16\pi \epsilon_0 T a^2}{\sqrt{2} + 4}} = 4a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0 T}{\sqrt{2} + 4}}$$

2)

Найдём К. В. шаров



шары, взаимодей-
ствуют только консервативные кулонов-
ские силы, а сила натяжения, которая не
совершает работы: $\downarrow$



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



$\alpha = 45^\circ$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$10,5RT_1 = A_{12} + 10,5RT_1, \quad A_{12} = 0$$

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

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

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

$$3-1: 5 + \frac{A_{31} + \frac{3}{2}R(3T_1)}{-3T_1}$$

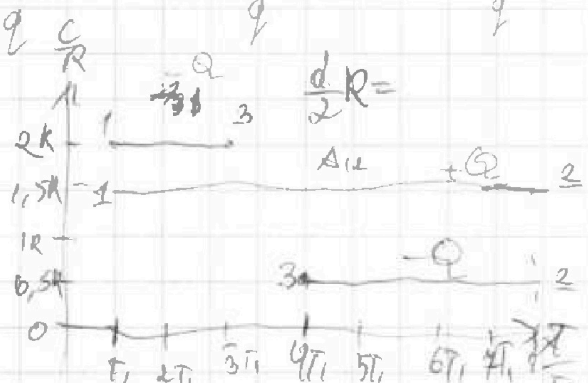
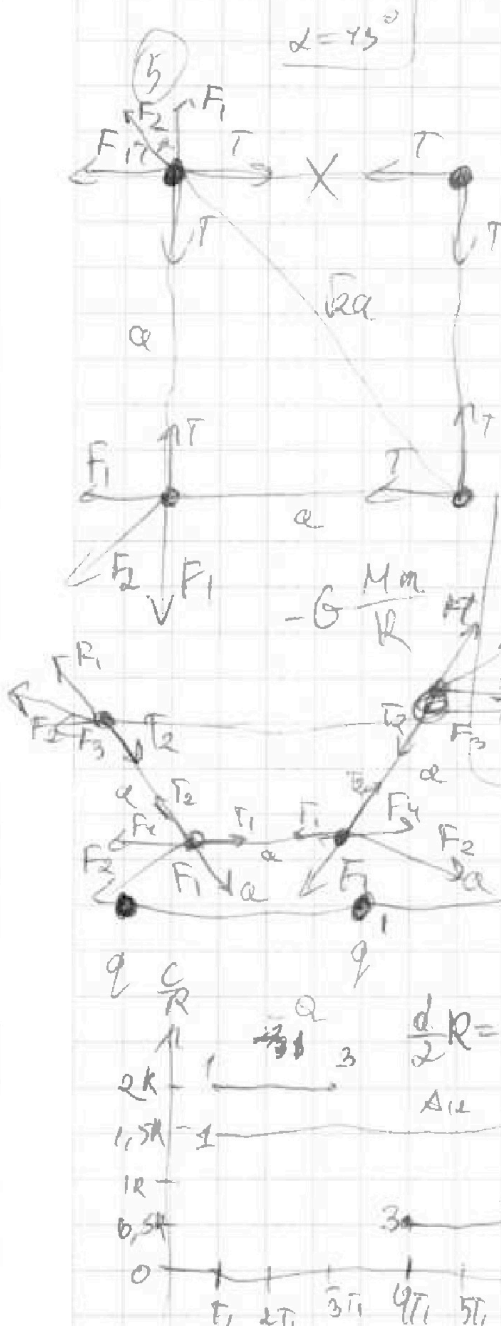
$$-6TR = A_{31} - \frac{9}{2}VRT_1$$

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

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

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

$$10,5RT_1 = 10,5RT_1 + A_{12}$$



$$10,5RT_1 = \frac{3}{2}R(7T_1) + A_{12}$$

$$1,5RT_1 = A_{12}$$

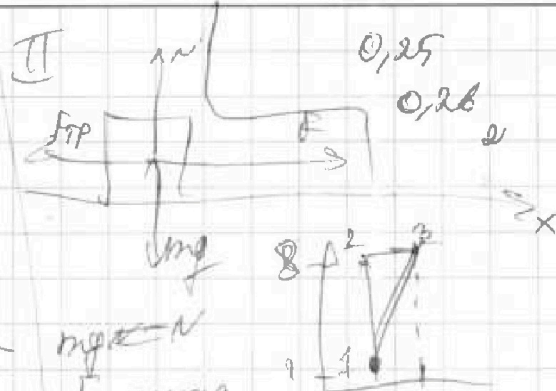
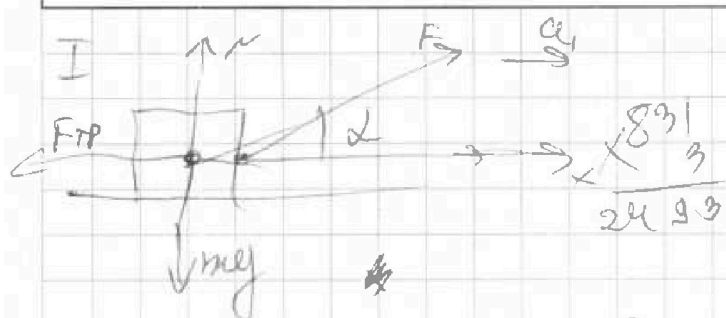
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

$$F_{тр} = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - mg \mu + F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) L_1 = K$$

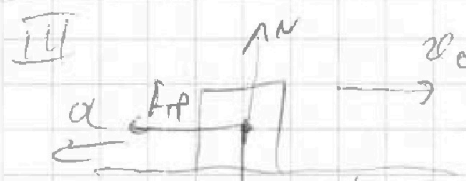
$$F L_2 - \mu mg L_2 = K$$

$$L_1 = L_2; F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) L_1 = F L_2 - \mu mg L_2$$

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

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

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



$$\mu mg S = K$$

$$\mu mg S = K$$

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

$$4 p v_1 = \left(\frac{p_1 + p_2}{2} y p_1 \right) x v_1$$

$$x = \frac{4}{9}$$

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

$$y = 8$$

$$y = 8$$

$$2,5 \nu R T_1 = A_{23}$$

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

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

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

$$4x = 4$$

$$4 \nu R T_1$$

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

$$\frac{1}{2} R T_1 = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \nu R - 4 T_1}{-4 T_1}$$

$$-2 \nu R T_1 = A_{23} + 6 \nu R T_1$$

$$A_{23} = 4 \nu R T_1$$

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

$$-6 \nu R T_1 = A_{23} - \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$-1,5 \nu R T_1 = A_{23}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

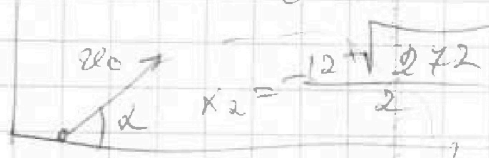
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Поря QR-кода недопустима!



$$\begin{array}{r} 96 \\ \times 50 \\ \hline 00 \end{array}$$

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

$$v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha_0}$$



$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 1.1 \text{ sec}$$

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 1.1 \text{ sec}$$

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

$$D = 144 + 128 = 272$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha_0}}$$

$$= \sqrt{10 \cdot 20}$$

$$= \sqrt{200} \frac{m}{c} = 10\sqrt{2} \frac{m}{c}$$

$$= 14 \frac{m}{c}$$

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

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

$$p v_1 = 2 v_1 R_1$$

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

$$x y = y$$



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

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

$$= \frac{gL}{\sin 2\alpha_0} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{2} = \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \alpha$$

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

$$2H = L \sin^2 \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{\frac{2H}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.6}{10}} = \sqrt{\frac{3.6}{5}} = 0.8$$

$$6 = \frac{16}{x} - \frac{x}{2}$$

$$= \sqrt{0.36} = 0.6 \Rightarrow \sin \alpha = 0.6$$

$$\frac{9}{10} \cdot \frac{1}{4} = 0.25 \mu$$

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{9}{8} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{25} L =$$

$$= \frac{12}{25} \cdot 20 \mu = \frac{48}{5} = 9.6$$

$$y = 2$$

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

$$v_0 \cdot u$$

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

$$L_2 =$$

$$u = v_0 - gT$$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g}$$

$$L_1 = 3u - 5 \cdot \frac{1}{4} = 1.75 \mu$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

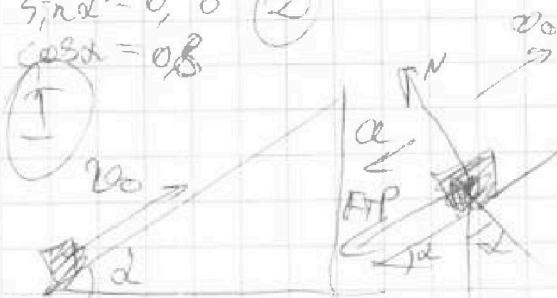
МФТИ

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



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

(I)



$N = mg \cos \alpha$

$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

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

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

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

$v_T = 0 = v_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)T$

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

$\Delta_{max} = \frac{v_0^2}{2g} = 1,8 \text{ м}$

$\frac{v_0^2}{2g} = 0 = v_0 - g t_{max}$

$t_{max} = \frac{v_0}{g} = 0,6 \text{ с}$

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

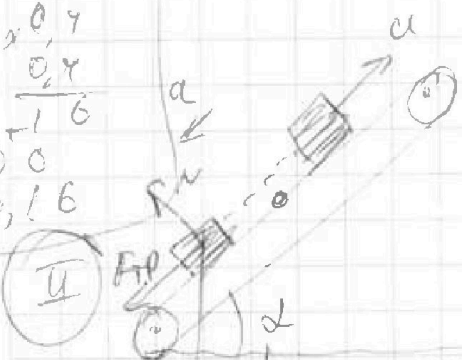
$\Delta_{max} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{g}{2} \cdot 0,6^2 - 10 \cdot 0,6 + \frac{10^2}{2 \cdot 10} = 0,9 \text{ м}$

$t_{max} = T - t_{max} = 0,6 \text{ с}$

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

$\Delta_0 = \Delta_{max} + \Delta_{max} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{gT^2}{2} + \frac{v_0^2}{g} - v_0 T$

$0,9$
 $0,9$
 $-1,6$
 $0,0$
 $0,16$



$a = g$

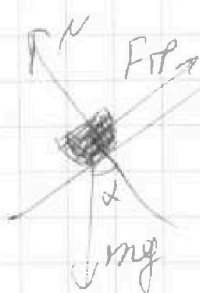
С.О. находится в с.с.!

$0 = (v_0 - u) - gT$

$T_1 = \frac{v_0 - u}{g}$

$U = \frac{1}{5} g T_0$

$\frac{gU}{g} = T_0 \quad T_2 = T_0 + T_1$



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

$tg \alpha \leq \mu$

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

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

$0,75 \leq 0,5$

$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

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

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

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