

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.

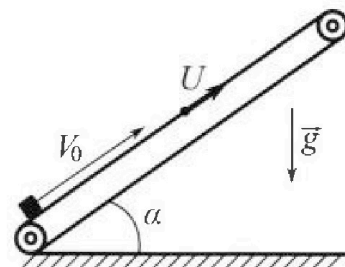
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

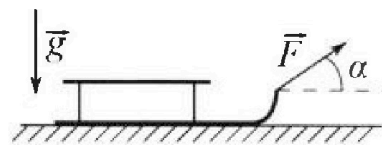
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.



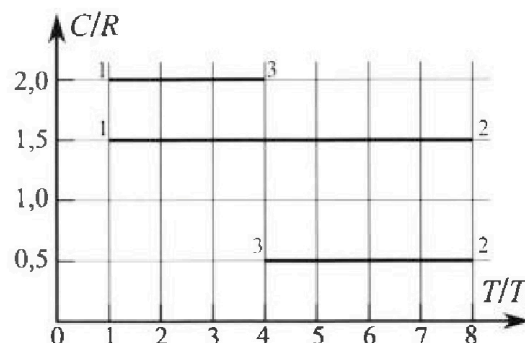
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

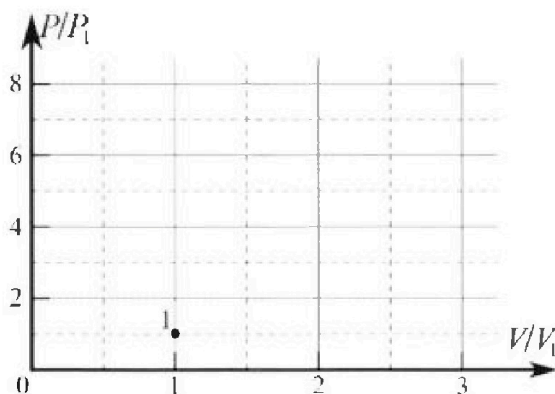
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

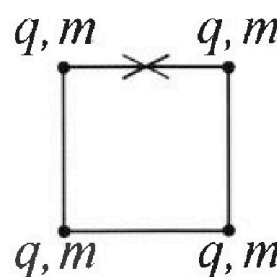


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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.



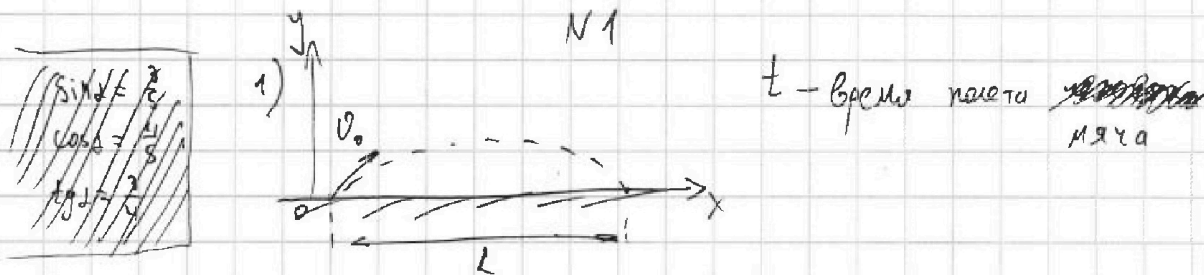
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

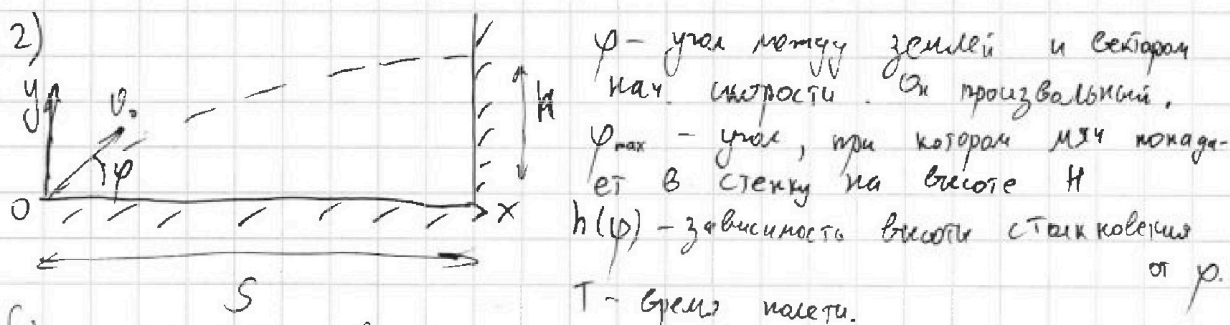
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порука QR-кода недопустима!



$$\begin{cases} L = v_0 \cos \alpha t & \text{— перемещение вдоль } OX \\ 2v_0 \sin \alpha = gt & \text{— изменение вертикальной составляющей скорости за } t \end{cases}$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{200} \text{ м/с} = 10\sqrt{2} \text{ м/с} \approx 14,1 \text{ м/с}$$



$$\begin{cases} h = v_0 \sin \varphi T - \frac{gT^2}{2} & \text{— перемещение вдоль } OY \\ S = v_0 \cos \varphi T & \text{— перемещение вдоль } OX \end{cases}$$

$$T = \frac{S}{v_0 \cos \varphi} \Rightarrow h = S \operatorname{tg} \varphi - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \varphi} = S \operatorname{tg} \varphi - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)$$

$$h = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \varphi + S \operatorname{tg} \varphi - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

В максимальной функции $h=H$, а $\varphi = \varphi_{\max}$. $\operatorname{tg} \varphi_{\max} = -\frac{8 \cdot 20^2}{-2 \cdot 9,8^2} = \frac{v_0^2}{gS}$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} + S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S^2 = \frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right) = 256 \text{ м}^2$$

$$S = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$; 2) $S = 16 \text{ м}$

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!

$\sin \alpha = \frac{3}{5}$
 $\cos \alpha = \frac{4}{5}$
 $\tan \alpha = \frac{3}{4}$

N - модуль силы реакции опоры

~~$N = mg \cos \alpha$~~

2-й з. Ньютона в проекции на Oy :

$0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

F_{tr} - модуль силы трения. $F_{tr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

2-й з. Ньютона в проекции на Ox :

$$-ma = -F_{tr} - mg \sin \alpha \Rightarrow ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

где a - ускорение груза ~~вперед~~

$x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ - зависимости коор. от времени. Т.к. ~~начальное~~

выбрана с.о. выбора так, чтобы нач. координата $= 0$, а движение происходило по направлению оси, то $x = \text{перемещение} = \text{пути}$.

выберем $S = v_0 T - \frac{aT^2}{2} = v_0 T - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2}$

$S = 1 \text{ м}$

2) Перейдем в с.о. движущейся ленты. Эта с.о. инерциальна, т.к. лента движется с постоянной скоростью u .

В тот момент, когда в ЛСО коробка движется со скоростью u в с.о. ленты ее скорость $= 0$. В начальный момент скорость коробки $\vec{w} = \vec{v} - \vec{u}$ и $|\vec{w}| = w = v - u$



При переходе в инерциальную с.о. ускорение не меняется

$w = at \Rightarrow t_1 = \frac{w}{a}$

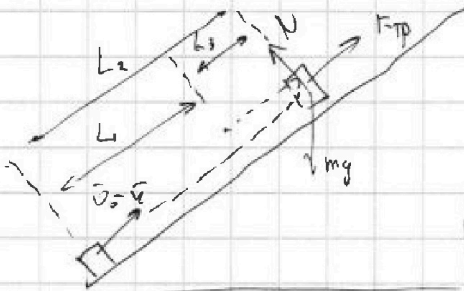
$t_1 = \frac{v_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,5 \text{ с}$

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!

3) Когда в ЛСО коробка останавливается, в с.о. ленты ее скорость = u и направлена вниз.

Найдем, какое расстояние L_1 пройдет ~~на~~ коробка до этой точки относительно ленты.



Найдем, за какое время t_1 коробка пройдет расстояние L_1 (это тоже найдем) ~~затем найдем, когда ее~~ до этой точки.

$$L_1 = L_2 - L_3$$

$$t_1 = t_2 + t_3$$

$$L_2 = \frac{(v_0 - u)^2}{2a} = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

Когда коробка остановится, она поедет обратно с ускорением, ~~равным~~ по модулю a .

масса 2-й з. Ньютона в проекции на ось:

$$ma = mg\sin\alpha - F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha \Rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

$$L_3 = \frac{u^2}{2a_1} = \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$t_2 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{v_0 - u}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

$$t_3 = \frac{u}{a_1} = \frac{u}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$t_1 = \frac{u}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{v_0 - u}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

$$L_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

Т.к. лента тоже движется, то $L = L_1 + ut_1$

$$L = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{u}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{u(v_0 - u)}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$



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!

$$L = \frac{(v_0 - u)^2}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 - u)}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \left(\frac{v_0 - u}{2} + u \right) + \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 - u)(v_0 + u)}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = 4 \text{ м}$$

- Ответ: 1) $S = 1 \text{ м}$
2) $T_1 \approx 0,5 \text{ с}$
3) $L = 4 \text{ м}$

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!

№3

~~Вариант 1~~

1) запишем ЗСЭ для каждого случая:

~~Вариант 2~~

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) FL \cos \alpha - \mu N_1 L = K \\ 2) FL - \mu N_2 L = K \end{array} \right.$$

2-й закон Ньютона в проекции на ось oy для каждого случая:

$$3) 0 = N_1 + F \sin \alpha - mg$$

$$4) 0 = N_2 - mg$$

$\Rightarrow$

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

$$N_2 = mg$$

$$\left\{ \begin{array}{l} FL \cos \alpha - \mu mg + \mu FL \sin \alpha = K \\ FL - \mu mg L = K \end{array} \right. \Rightarrow \mu mg L = FL - K$$

$$FL \cos \alpha - FL + K + \mu FL \sin \alpha = K$$

$$\cos \alpha - 1 + \mu \sin \alpha = 0$$

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

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

2) ~~масса~~ m — масса санок

~~ЗСЭ~~ $K - \mu N_2 S = 0$ — ЗСЭ для останавливающихся санок

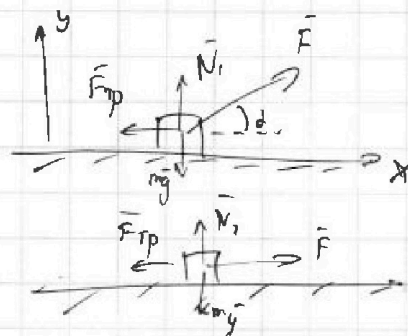
$$N_2 = mg$$

$$K = \mu mg S \Rightarrow$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

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

$$2) S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$



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!

N 4

1) I начало Термод. для процесса 31:

$$\Delta U_{31} = Q_{31} + A_{31}$$

~~Газ одноатомный~~ Газ одноатомный $\Rightarrow i=3$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{1}{2} R$$

$$C_{31} = 2R$$

— теплоемкости в каждом процессе

$$\Delta U_{31} = \nu C_v (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (-3T_1) = -\frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{31} = \nu C_{31} (T_1 - T_3) = 2 \nu R (-3T_1) = -6 \nu R T_1$$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \underline{2493 \text{ Дж}}$$

$$2) \eta = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_{in}}$$

Найдем Q в каждом процессе.

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (2T_1) = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{23} = \frac{1}{2} \nu R (-4T_1) = -2 \nu R T_1$$

$$Q_{31} = -6 \nu R T_1$$

$$Q_{in} = Q_{12} = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

$$\Rightarrow Q_{out} = -8 \nu R T_1$$

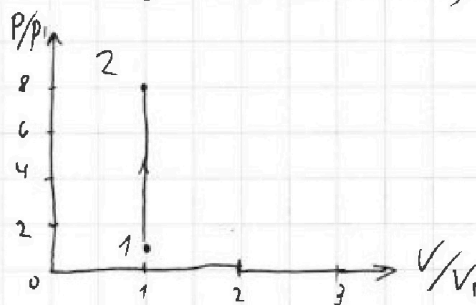
(т.к. $Q_{out} < 0$, а $Q_{in} > 0$)

$$\eta = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$

3) Процесс 12 — изохорный, т.к.

$$C_{12} = C_v = \frac{3}{2} R \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$\frac{T_1}{p_1} = \frac{T_2}{p_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 8$$



Ответ: 1) $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

$$2) \eta = \frac{5}{21}$$

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!

N5

1) Рассмотрим 1 из шариков системы симметрична, поэтому достаточно какой-то одной действующей силы.

То, что все силы натяжения равны значит, что на все шары действуют одинаковые силы. ~~отсюда~~
 $\Rightarrow$ все заряды ^{и массы} одинаковы, и система симметрична.

Рассмотрим 1 из шариков

$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = \frac{kq^2}{a^2}$
 $|\vec{F}_3| = \frac{kq^2}{2a^2}$

2-й з. Ньютона в проекции на X: $T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cos 45^\circ$

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

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

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

$\Rightarrow |q| = 2a \sqrt{\frac{T}{k} (4 + \sqrt{2})^{-1}}$

- 2) E_1 - потенц. энергия системы изначально
 E_2 - потенц. энергия сист., когда шары лежат по 1-ой прямой.

$E_1 = 4 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{a} \left(\frac{2\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}} \right)$

$E_2 = 2 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{2a} \right) + 2 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} \right)$

$E_2 = \frac{2kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) + \frac{2kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{2} \right) = \frac{2kq^2}{a} \left(\frac{11}{6} + \frac{5}{2} \right)$

$E_2 = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{26}{3}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

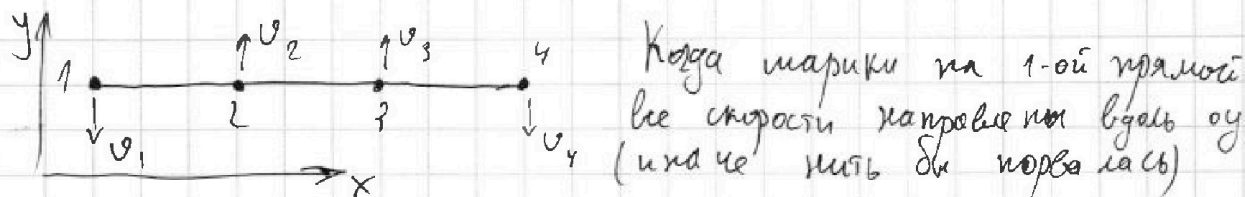
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



Когда шарик на 1-ой прямой
все скорости направлены вдоль oy
(иначе шарики бы порвали ось)

В силу симметрии шарик 1 и 4; 2 и 3 движутся с
одинак. скоростями $\Rightarrow v_1 = v_4 \quad v_2 = v_3$

ЗСМ по oy : $2mv_1 = 2mv_2 \Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow$ все скорости равны по
модулю.

Т.е. у любого шарика кин. энергия равна K .

ЗСД: $E_1 = E_2 + 4K$

$$\frac{4kq^2}{a} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right) = 4K + \frac{26 \cdot kq^2}{3 \cdot a}$$

$$4K = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{8\sqrt{2}+4}{\sqrt{2}} - \frac{26}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{24\sqrt{2}+12-26\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)$$

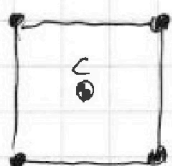
$$4K = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{12-2\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)$$

$$K = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{12-2\sqrt{2}}{12\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{6-\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right)$$

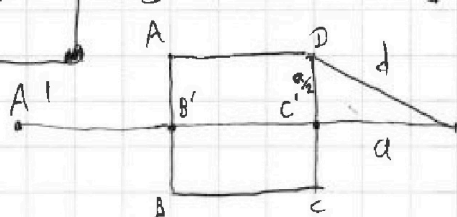
$$K = \frac{K}{a} \cdot \frac{6-\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \cdot \frac{24a^2T}{K(4+\sqrt{2})} = aT \cdot \frac{6-\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{4+\sqrt{2}}$$

$$K = aT \frac{12-2\sqrt{2}}{12\sqrt{2}+6} = aT \frac{6-\sqrt{2}}{6\sqrt{2}+6} = aT \frac{6-\sqrt{2}}{6(\sqrt{2}+1)}$$

3) На шст. не действ. внешние силы $\Rightarrow$ центр масс не по-
двигает. Изначальн. он расположен в центре квадрата.
Т.е. тангенциальная прямая проходит через центр квадрата.



$\Rightarrow$



По т. Пифагора

$$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = a \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$



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!

Ответ: 1) $|q| = 2a \sqrt{\frac{T}{k}} (4 + \sqrt{2})^{-1}$

2) $K = aT \frac{6 - \sqrt{2}}{6\sqrt{2} + 6}$

3) $d = a \frac{\sqrt{5}}{2}$



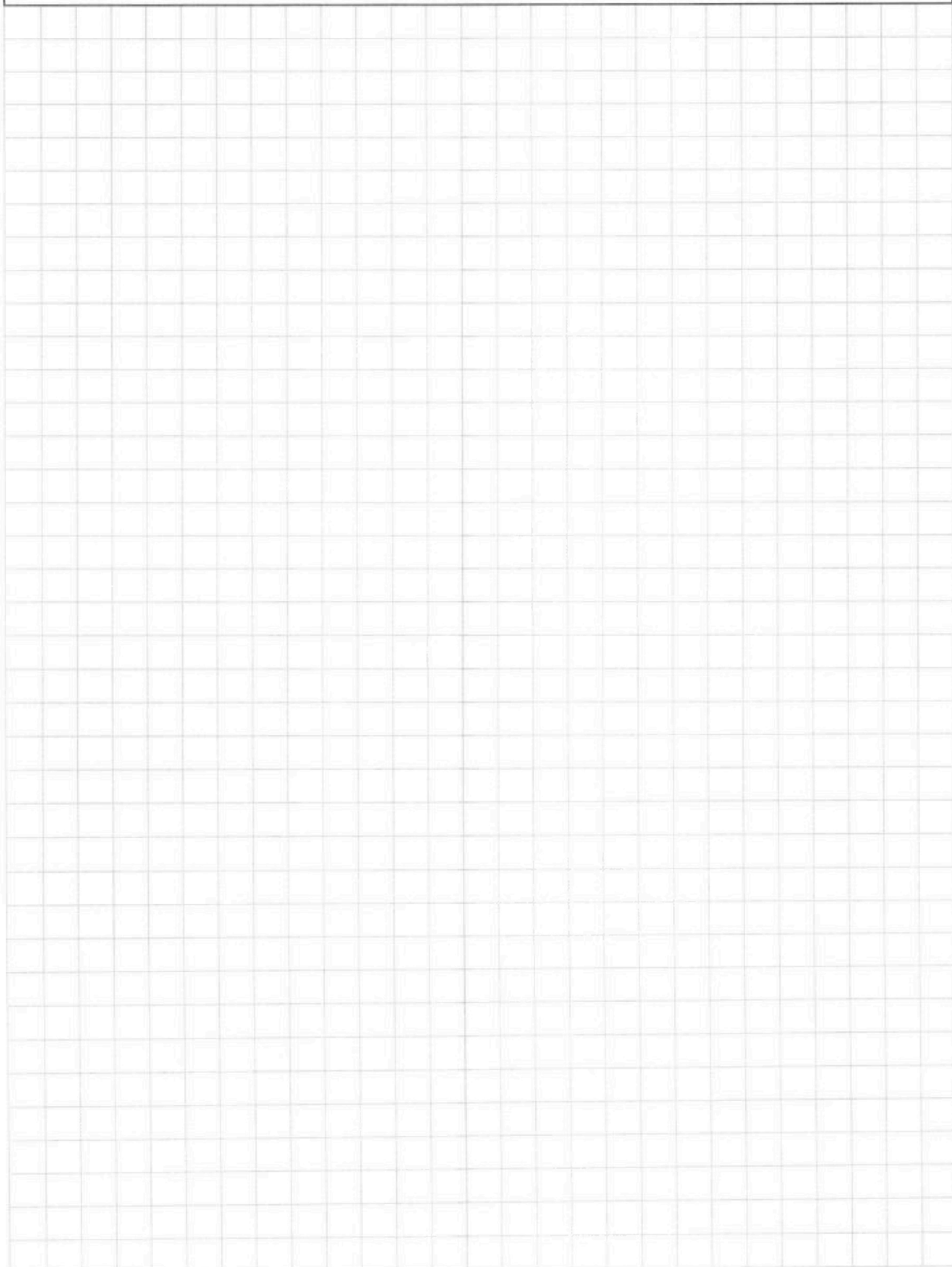
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!



Черновик

$$0 + A_F + A_{TP} = K$$

$$1) FS \cos \alpha - \mu mgS = K$$

$$2) FS -$$

$$\begin{cases} FS \cos \alpha - \mu NS = K \\ 2) FS - \mu mgS = K \\ 3) N = mg - F \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} FS \cos \alpha - \mu mgS + \mu F \sin \alpha = K \\ FS - \mu mgS = K \\ \mu mgS = FS - K \end{cases}$$

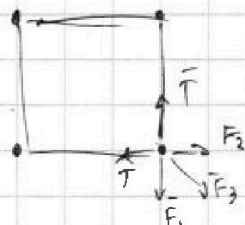
$$FS \cos \alpha - FS + K + \mu F \sin \alpha = K$$

$$\mu mgS = FS - K$$

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

$$FS \cos \alpha - \mu mgS + \mu FS \sin \alpha = K$$

$$FS \cos \alpha - FS + K + \mu FS \sin \alpha = K$$



$$F_1 = F_2 = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$F_3 = \frac{kq^2}{2a^2}$$

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

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



$$\frac{4kq^2}{a^2}$$

$$E_1 = 4 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$E_2 = 2 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \right) + 2 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} \right)$$

$$E_1 = E_2 + m\alpha^2 + m\alpha^2 = 2m\alpha^2 = 4K$$



$$\frac{mv^2}{2} - \mu mgS = 0$$

$$A_F + A_{TP} = K$$

$$FL \cos \alpha - \mu NL = K$$

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

$$FL - \mu mgL = K$$

↓

$$FL \cos \alpha - \mu mgL + \mu FL \sin \alpha = K$$

$$\mu mgL = FL - K$$

$$FL \cos \alpha - FL + K + \mu FL \sin \alpha = K$$

$$\cos \alpha - 1 + \mu \sin \alpha = 0$$

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

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

$$\frac{3}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{6} + \frac{9}{6} = \frac{11}{6}$$

$$\frac{11}{6} + \frac{19}{6} = \frac{30}{6} = 5$$



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. Порочо QR-кода недопустима!

$$i=3 \quad C_v = \frac{3}{2}R \quad C_p = \frac{5}{2}R = 2,5R$$

$$C_{23} = 2R$$

$$Q_{\text{получ}} = A + Q_{\text{отг}}$$

$$\Delta U = Q + A_{\text{внеш}}$$

$$\Delta U = \int C_v dT$$

$$Q = \int C_p dT$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T = 2 \nu R \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1$$

$$\frac{9}{2} \nu R T_1 = 6 \nu R T_1 + A_{31}$$

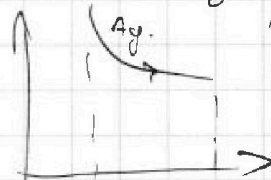
$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = -\frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{31} = \int C_{31} (T_1 - T_3) = -6 \nu R T_1$$

$$\Delta U_{31} = Q_{31} + A_{31}$$

$$A_{31} = 6 \nu R T_1 - 4,5 \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

1-2 — изохорический



$$A_{31} > 0 \Rightarrow A_{\text{внеш}} < 0$$

$$\Delta U < 0$$

$$\eta = \frac{A_{31}}{Q_{\text{получ}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{отг}}|}{Q_{\text{получ}}}$$

$$Q_{\text{получ}} = A_{31} + Q_{\text{отг}}$$

$$A_{31} = Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отг}}$$

$$Q_{\text{отг}} = Q_{23} + Q_{31}$$

$$Q_{\text{получ}} = Q_{12}$$

$$Q_{12} = \frac{1}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) = \nu R T_1$$

$$Q_{31} = -6 \nu R T_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (7T_1) = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

$$\eta = 1 - \frac{2,8 \nu R T_1}{21 \nu R T_1} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{p}$$

$$1-2): \frac{T_1}{p_1} = \frac{T_2}{p_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 8p_1$$

$$2-3): p_2 V_2 = \nu R T_2 = 8 \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 = 4 \nu R T_1$$

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

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 300 \\ \hline 2493,00 \end{array}$$

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!



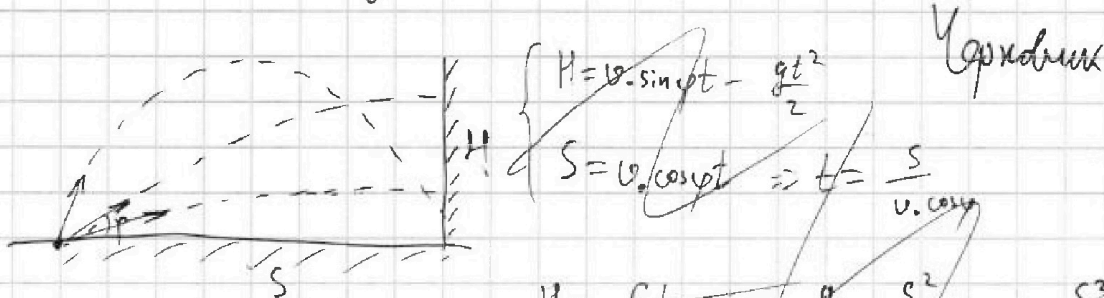
$$L = v \omega \sin \alpha t$$

$$gt = 2v \sin \alpha \Rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$200 = v^2$$

$$v = 10\sqrt{2} \text{ м/с} = 14,1 \text{ м/с}$$



$$H = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$S = v \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v \cos \alpha}$$

$$H = S \tan \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v^2 \cos^2 \alpha} = -\frac{g S^2}{2v^2} (\tan^2 \alpha + 1) + S \tan \alpha$$

$$H = -\frac{g S^2}{2v^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$\tan \alpha_{\max} = \frac{S \cdot 2v^2}{g S^2} = \frac{2v^2}{g S}$$

$$\tan \alpha_{\max} = \frac{2v^2}{g S}$$

$$H = -\frac{g S^2}{2v^2} \cdot \frac{2v^2}{g S^2} + S \cdot \frac{2v^2}{g S} - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$H_{\max} = -\frac{g S^2}{2v^2} \cdot \frac{(2v^2)^2}{g^2 S^2} + \frac{2v^2}{g} - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$H = -\frac{2v^2}{g} + \frac{2v^2}{g} - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$\begin{cases} S = v \cos \alpha \cdot t \\ H = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$t = \frac{S}{v \cos \alpha}$$

$$H = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$H = -\frac{g S^2}{2v^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$H = -\frac{g S^2}{2v^2} x^2 + S x - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$x_0 = \frac{+S \pm \sqrt{S^2 - 4 \cdot (-\frac{g S^2}{2v^2})}}{2 \cdot (-\frac{g S^2}{2v^2})} = \frac{v^2}{g S}$$

$$\frac{v^2}{g} - \frac{g S^2}{2v^2} = -\frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{g} - \frac{g S^2}{2v^2}$$

$$H = -\frac{g S^2}{2v^2} \cdot \frac{v^2}{g^2 S^2} + \frac{v^2}{g} - \frac{g S^2}{2v^2}$$

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

$$\begin{aligned} & \frac{2 \cdot 200}{10} \cdot \left(\frac{200}{20} - 3,6 \right) = \\ & = 40(10 - 3,6) = \\ & = 40 \cdot 6,4 = 256 \end{aligned}$$

$$\frac{256}{256,0}$$



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!

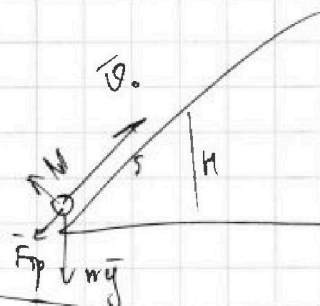
Черновик

1)

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$



$$N = mg \cos \alpha$$

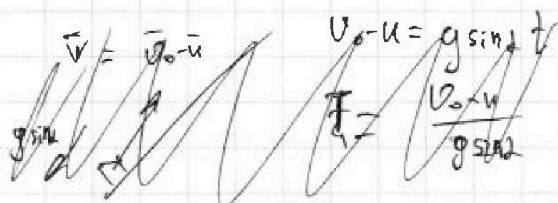
$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \mu mg s \cos \alpha$$

$$\frac{v_0^2}{2} = g s (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$s = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

2) В с.о. левтн



$$v_0 - u = at$$

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

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

3)



$$L_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L_2 = \frac{u^2}{2a_2}$$

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

$$L_2 = \frac{u^2}{2g(\sin \beta - \mu \cos \beta)}$$

$$\frac{g(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$T_2 = \frac{u}{g(\sin \beta - \mu \cos \beta)}$$

$$L_3 = L_1 - L_2$$

$$L_3 = \frac{v_0^2 - 2v_0u + u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin \beta - \mu \cos \beta)}$$

$$s = 6 - \frac{10 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5} + \frac{3}{6} \right)}{5}$$

$$L_4 = L_3 + u(T_1 + T_2)$$

$$L_4 = L_3 + \frac{u(v_0 - u)}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{u^2}{g(\sin \beta - \mu \cos \beta)}$$

$$\frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \left(\frac{v_0 - u}{2} + u \right) + \frac{u^2}{2g(\sin \beta - \mu \cos \beta)} = 3.5 + \frac{1}{2} = 4$$