



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.

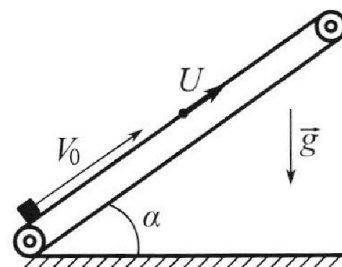
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свobodного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

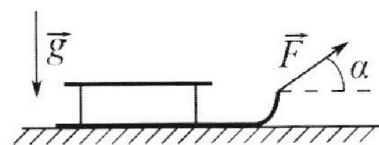
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.



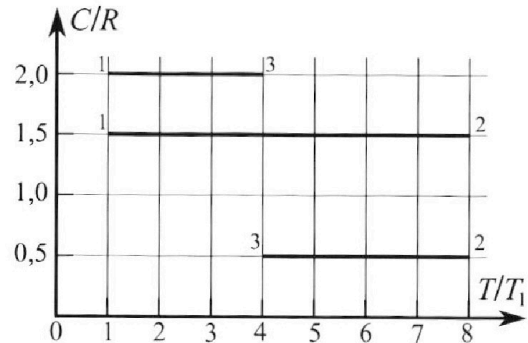
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

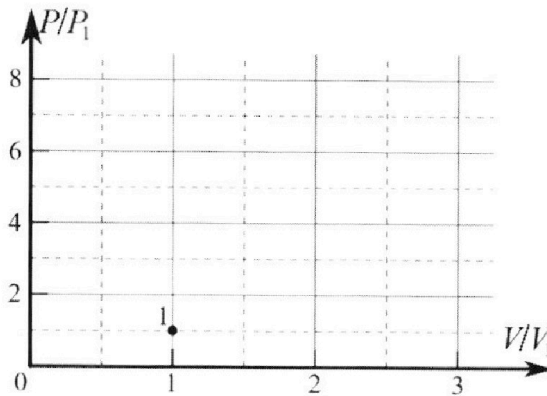
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 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  $\eta$  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  $T$ .

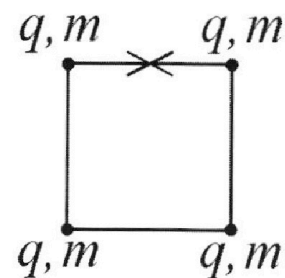
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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  $\epsilon_0$ . 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!

№1.

1) для I случая (без стенки)

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

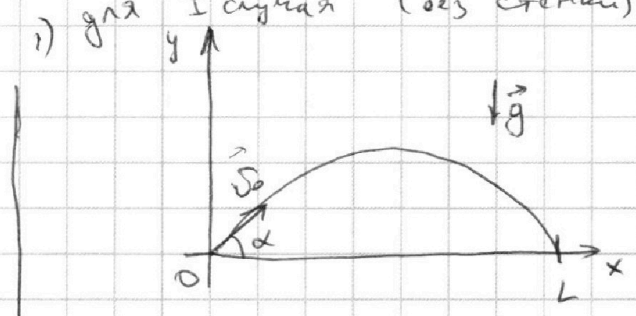
$L = 20 \text{ м}$

$H = 3,6 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_0 = ?$

$S = ?$



$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$

$y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

Пусть  $T_n$  - время, за которое тело ~~приземлится~~ окажется на земле ( $T_n \neq 0$ )

$$y(T_n) = 0 \Rightarrow v_0 \cdot \sin \alpha \cdot T_n - \frac{g T_n^2}{2} = 0$$

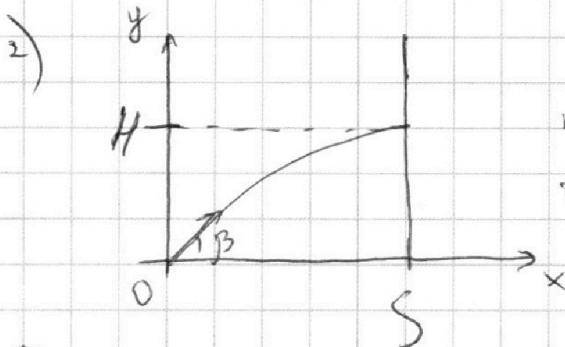
$$T_n \neq 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_n = \frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$x(T_n) = L = \frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha \cdot v_0 \cdot \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ (м/с)}$$

Ответ:  $v_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$



Т.к. футболист направляет мяч под разными углами и макс  $H = 3,6 \text{ м}$ , то ~~след~~ рассмотрим случай, где  $H = 3,6 \text{ м}$  - макс высота подъема мяча.

Значит  $v_y(T_e) = 0$ , где  $T_e$  - время, за кот. мяч поднимется на макс высоту.

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!

$$v_y(\tau_e) = v_0 \cdot \sin \beta - g \cdot \tau_e \Rightarrow \tau_e = \frac{v_0 \cdot \sin \beta}{g}$$
$$H = y(\tau_e) = \cancel{v_0 \cdot \sin \beta} \cdot \tau_e - \frac{g \cdot v_0^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \beta}{g} - \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g}$$
$$= \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g} \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0}$$
$$\cos^2 \beta = 1 - \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0}$$
$$S = x(\tau_e) = v_0 \cdot \cos \beta \cdot \tau_e = \frac{v_0 \cdot \sqrt{2gH}}{v_0 \cdot g} \cdot v_0 \cdot \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0}$$
$$= \sqrt{\frac{2H}{g}} \cdot \sqrt{v_0^2 - 2gH} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \cdot \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin \alpha} - 2gH}$$
$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6}{10} (200 - 72)} = \sqrt{2 \cdot 0,6^2 \cdot 2^7} = 16 \cdot 0,6 = 9,6 \text{ (м)}$$

Ответ:  $S = \sqrt{\frac{2H}{g} \left( \frac{L \cdot g}{\sin \alpha} - 2gH \right)} = 9,6 \text{ (м)}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

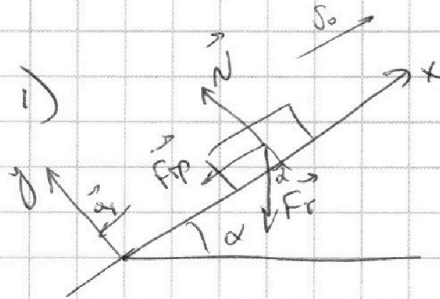


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N2.

Дано:  
 $\sin \alpha = 0,6$   
 $v_0 = 6 \text{ м/с}$   
 $\mu = 0,5$   
 $T = 1 \text{ с}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $U = 1 \text{ м/с}$



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

$0x: -ma_1 - F_{тр} - F_{rp} \cdot \sin \alpha - F_{rp}$

$0y: 0 = N - F_{rp} \cdot \cos \alpha$

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

$ma_1 = \sin \alpha \cdot mg + \mu mg \cdot \cos \alpha$

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

Проверим через какой время тело остановится:

$v_{x1}(t) = v_0 - at$

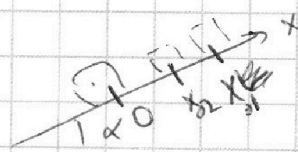
$t_{ост.}$  - время, когда тело останов.

$v_{x1}(t_{ост.}) = 0 = v_0 - a_1 t_{ост.}$

$t_{ост.} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6}{10 \cdot (0,6 + 0,5 \cdot 0,8)}$

$= 0,6 \text{ (с)}$

Т.к.  $t_{ост.} < T$ , то значит тело развернется и поедет вниз.



Пусть 0 - там где тело начнет браться,

$x_{01}$  - коор., где тело останов.

$x_{02}$  - коор., при  $T = 1 \text{ с}$ . Тогда

$S = x_{01} + x_{01} - x_{02} = 2x_{01} - x_{02}$

$x_{01} = x_1(t_{ост.}) = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$x_{02} = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

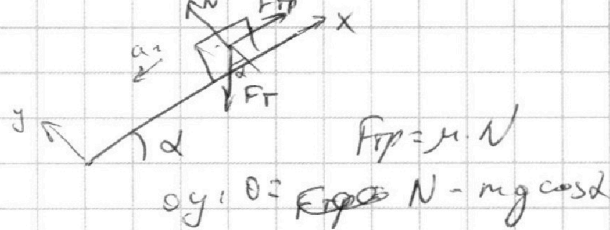
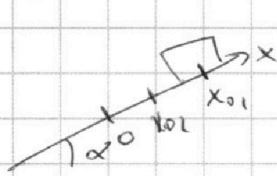
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Найти  $x_{02}$ . Рассмотрим движение после остановки:



$$0x: -ma_2 = F_{tr} - mg \sin \alpha$$

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

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

$$x_1(t) = x_{01} - \frac{a_2 \cdot t^2}{2} \Rightarrow x_{02} = x_1(T - t_{oc}) =$$

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

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

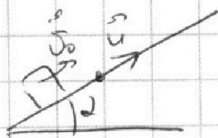
$$+ \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)(T - t_{oc})^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} +$$

$$+ \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)(T - t_{oc})^2}{2} = \frac{36}{20} + \frac{10(0,6 - 0,4) \cdot 0,4^2}{2}$$

$$= 1,8 + 0,16 = 1,96 \text{ (м)}$$

Ответ:  $S = 1,96 \text{ (м)}$

2)



Пересежем в СО ленты транспортера

Значит скорость коробки  $v_1 = v_0 - u$

$$v_1(t) = (v_0 - u) - a_1 \cdot t \quad v_1(t_1) = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - u}{a_1} = 0,5 \text{ (с)}$$

( $a_1$  - из п. 1.)

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:  $T_1 = \frac{v_0 - u}{a_1} = \frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)} = 0,5 \text{ (с)}$

3) Остаемся в СО ленты транспортера

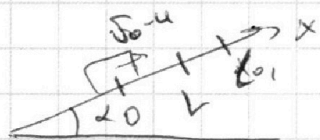
Если скорость в лабораторной СО  $> 0$ , то

в СО ленты она  $= -u$

Но т.к. в момент  $T_1$  в СО ленты  $v_{коробки} = 0$ ,

то ~~здесь~~ составим новый закон движения:

$v_2(t) = -a_2 \cdot t$  ( $a_2$  - из пункта 1)



$x_{01}$  - коор., когда тело остановится (относ. ленты)

Искомое  $L$  будет координатой,

где  $v_2 = -u$  (относ. ленты)

$u = a_2 \cdot T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{u}{a_2}$

$L = x_2(T_2) = x_{01} - \frac{a_2 \cdot T_2^2}{2} = x_{01} - \frac{u^2}{2a_2}$

$x_{01} = x_1(T_1) = (u + v_0)T_1 - \frac{a_1 \cdot T_1^2}{2}$

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

$= \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)} = \frac{6,25 \cdot 25}{2 \cdot 10 \cdot (0,6 + 0,4)} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot (0,6 - 0,4)} = \frac{25}{20} - \frac{1}{4} =$

$= \frac{25 - 5}{20} = 1 \text{ (м)}$

Ответ: 1 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**

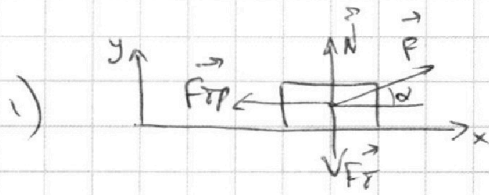
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№3.

Дано:  
 $K, \alpha, g$

Реш

- 1)  $\mu$  - ?
- 2)  $S$  - ?



1)  $Oy$ :

$$N + F \cdot \sin \alpha - mg$$

$$F_{тр} = \mu \cdot N = \mu mg - \mu \cdot F \cdot \sin \alpha$$

$$Ox: ma = F \cdot \cos \alpha - \mu mg + \mu \cdot F \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

3)  $Ox$ :

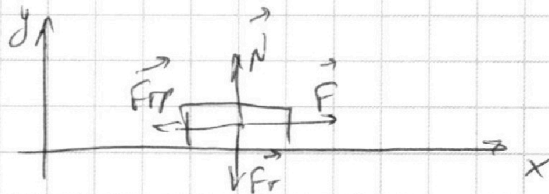
$$F \cdot \cos \alpha \cdot S_1 = K + \mu (mg - F \cdot \sin \alpha) \cdot S_1$$

$$S_1 = \frac{S^2}{2a} = \frac{K}{ma} = \frac{K}{F(\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg}$$

$$\frac{F \cdot \cos \alpha \cdot K}{F(\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg} = K + \frac{(\mu mg - \mu \cdot F \cdot \sin \alpha) \cdot K}{F(\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg}$$

~~$F \cos \alpha - \mu mg$~~

2)  $Ox$ :



$$Oy: N = mg$$

$$Ox: F - F_{тр} = \mu mg$$

$$ma = F - F_{тр} \quad (2)$$

$$ma \quad (1) - (2)$$

$$0 = F \cdot \cos \alpha - \mu mg + \mu \cdot F \cdot \sin \alpha - F + \mu mg$$

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

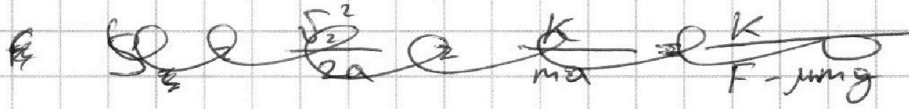
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

2) 307 гла второго случая:



$$K = \mu mg \cdot S$$

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

$$\text{Ответ: } S = \frac{K \cdot \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$



На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДНУ** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

ИЧ.  
Дано:  
 $T_1 = 200\text{K}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$   
 $\nu = 1 \text{ моль}$

Из данного графика:  $T_2 = 8T_1$ ;  $T_3 = 4T_1$   
 $C_{31} = 2R$   
 $C_{23} = \frac{1}{2}R$   
 $C_{12} = \frac{3}{2}R \Rightarrow$  В процессе 1-2,  $V = \text{const}$

$$A_{12} = 0$$

Т.к.  $\nu = 1 \text{ моль}$ , то его сразу везде по герману:

- 1)  $A_{31}$  - ?
- 2)  $\eta$  - ?
- 3) график

$$1) \quad Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$$

$A_{31}$  - работа соверш.

внешними силами, то.

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

$$\Delta U_{31} = -\frac{3}{2}R(T_3 - T_1) = -\frac{3}{2}R \cdot 3T_1 = -\frac{9}{2}RT_1$$

$$Q_{31} = -C_{31} \cdot \Delta T_{31} = -2R \cdot 3T_1 = -6T_1 \cdot R$$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = -\frac{9}{2}RT_1 + 6T_1 \cdot R = \frac{3}{2}RT_1 = 3831 \approx 2493 \text{ Дж} \quad (2\text{н})$$

Ответ:  $A_{31} = \frac{3}{2}\nu RT_1 = 2493 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \frac{A_{1231}}{Q^+}$ ,  $Q^+$  - кол-во теплоты, получ. во всем цикле

$Q_{31} < 0$  (т.к.  $T_1 < T_3$ ),  $Q_{23} < 0$  (т.к.  $T_3 < T_2$ )

$$Q^+ = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{21}{2}R$$

$$A_{1231} = A_{23} - A_{31} = Q_{23} - \Delta U_{23} - A_{31} = -C_{23} \cdot (T_2 - T_3) + \frac{3}{2}R(T_2 - T_3) - \frac{3}{2}RT_1 = R(T_2 - T_3) - \frac{3}{2}RT_1 = 4RT_1 - \frac{3}{2}RT_1 = \frac{5}{2}RT_1$$

~~$A_{1231} = \frac{2RT_1}{4RT_1} = \frac{5}{2}RT_1$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

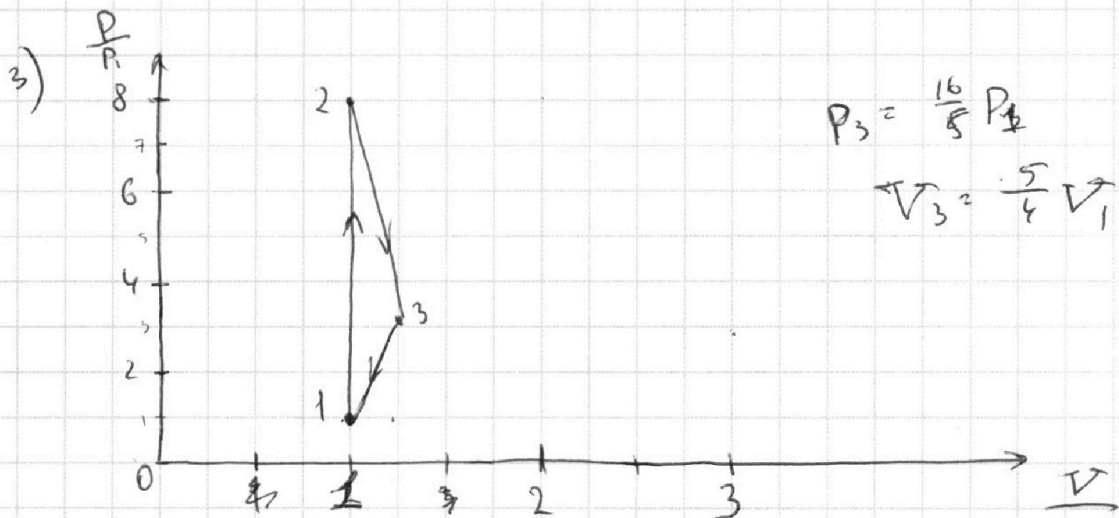
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

$$\eta = \frac{A_{1231}}{Q^+} = \frac{\frac{5}{2}RT_1}{\frac{21}{2}RT_1} = \frac{5}{21}$$

Ответ:  $\eta = \frac{5}{21}$



Т.к.  $c_{12} = \frac{3}{2}R$ , то  $\frac{1-2}{V} = \text{const} \Rightarrow V_2 = V_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{P}{T} = \text{const} \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$

В 2-3:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{const}$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} \quad \frac{8P_1 V_1}{8T_1} = \frac{P_3 V_3}{4T_1}$$

$P_3 \cdot V_3 = 4P_1 \cdot V_1$   
 ~~$P_3 \cdot V_3$~~

$A_{23} = 4P_1 V_1$

$|A_{31}| = \frac{3}{2}RT_1 = \frac{3}{2}P_1 V_1$

Т.к.  $A_{31} = \frac{3}{2}P_1 V_1$  — площадь под графиком, то  $A_{23}$  — площадь под графиком, то  $V \neq \text{const}, P \neq \text{const}$   
затем 3-1 — наклонная прямая  $\Rightarrow |A_{31}| = \frac{1}{2} \cdot (P_3 + P_1) \cdot (V_3 - V_1)$

$$A_{23} = \frac{1}{2} \cdot (P_3 + P_2) \cdot (V_3 - V_2) = \frac{1}{2} \cdot (P_3 + 8P_1) \cdot (V_3 - V_1)$$

~~$P_3 + 8P_1$~~   
 $\frac{P_3 + 8P_1}{P_3 + P_1} = \frac{8}{3} \Rightarrow 3P_3 + 8P_1 = 3P_3 + 24P_1$   
 $32P_1 = 16P_3 \Rightarrow P_3 = \frac{16}{5}P_1 = 3.2P_1$

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!

Р5.

Дано:

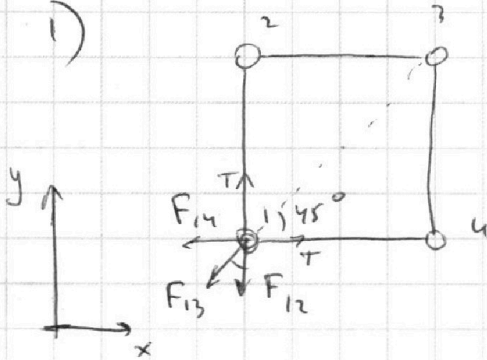
$a, T,$

$\epsilon_0$

1)  $|q|$ ?

2)  $K$ ?

3)  $d$ ?



$$Oy: 0 = T - F_{12} - F_{13} \cdot \cos 45^\circ$$

$$Ox: 0 = T - F_{14} - F_{13} \cdot \sin 45^\circ$$

$F_{12}$  - сила взаим. 1 и 2 шариков

$F_{13}$  - сила взаим. 1 и 3 шар.

$F_{14}$  - сила взаим. 1 и 4 шариков

$$T = F_{12} + F_{13} \cdot \cos 45^\circ = k \cdot \frac{q^2}{a^2} + k \cdot \frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

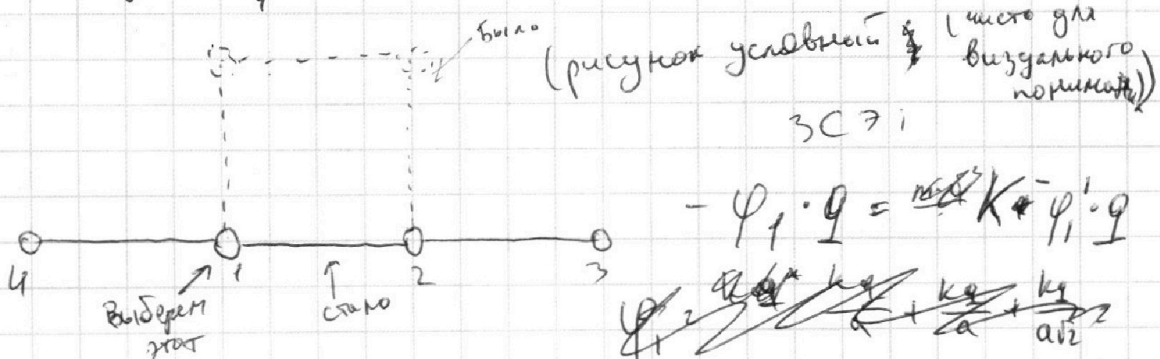
$$= k \cdot \frac{q^2}{a^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

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

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

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

2)



$$-\varphi_1 \cdot q = K \cdot \varphi_1' \cdot q$$

$$\varphi_1' = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}}$$

$$\varphi_1' = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} = \frac{5}{2} \frac{kq}{a} = \frac{5kq}{a}$$



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!



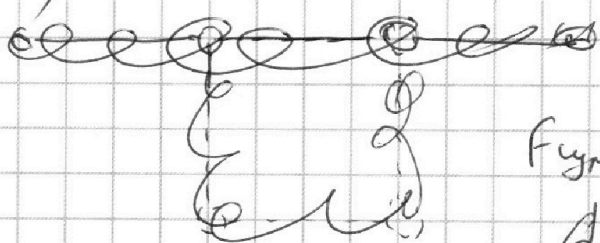
$$\varphi_1 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} = \frac{2kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} = \frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2})$$

$$-\frac{kq^2}{2a} (4 + \sqrt{2}) = K - \frac{5kq^2}{a}$$

$$\begin{aligned} K &= -\frac{kq^2}{2a} (4 + \sqrt{2} - 10) = -\frac{kq^2}{2a} (\sqrt{2} - 6) = \\ &= \frac{(6 - \sqrt{2})q^2}{8\pi\epsilon_0 \cdot a} = \frac{(6 - \sqrt{2}) \cdot a^2 \cdot \tau \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{(1 + \frac{\sqrt{2}}{q}) \cdot 8\pi\epsilon_0 \cdot a} = \\ &= \frac{(6 - \sqrt{2}) \cdot a \cdot \tau}{(2 + \frac{\sqrt{2}}{q})} = \frac{(12 - 2\sqrt{2}) \cdot \tau \cdot a}{4 + \sqrt{2}} \end{aligned}$$

Ответ:  $\frac{(12 - 2\sqrt{2}) \cdot \tau \cdot a}{4 + \sqrt{2}}$

3)



$$K = F_{\text{сумм}} \cdot 8d$$

$$F_{\text{сумм}} = F_{13} + F_{12} \cdot \sqrt{2} = \frac{k \cdot q^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} \cdot \sqrt{2}$$

$$d = \frac{K}{\frac{q^2}{a \cdot 4\pi\epsilon_0} (1 + \sqrt{2})} = \frac{8a \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot K}{q^2 (1 + 2\sqrt{2})}$$

Ответ:  $d = \frac{8a \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot K}{q^2 (1 + 2\sqrt{2})}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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!

Черновики:

N2

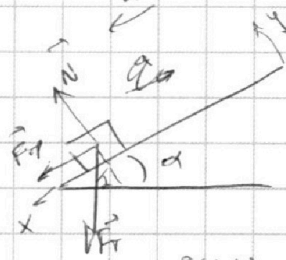
Дано:

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

$$\mu = 0,5$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$r = 1 \text{ м}$$



$$A_{12} = 0$$

$$A_{13} = 2 \cdot (T_1 - 4T_2) R = 0,4$$

$$K_n = 2 - 6T_1 + \frac{3}{2}T_2$$

$$0x: \dots = m \cdot \sqrt{\frac{K_n^2}{m^2}} = K_n = 2 - 6T_1 + \frac{3}{2}T_2$$

$$0y: N - mg \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha = \frac{12}{5}$$

$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10$$

8,6  
172  
172  
-60  
112  
112  
2  
172  
86  
43  
1

$$L = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{36}{2 \cdot 10} = 1,8$$

$$v = v_0 + at = 6 + 10t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2atL \Rightarrow 36 + 120t = 36 + 20L \Rightarrow L = 6t$$

$$6t = 1,8 \Rightarrow t = 0,3$$

$$v = 6 + 10 \cdot 0,3 = 9 \text{ м/с}$$

$$\frac{3 + 5\sqrt{2}}{5} \cdot \sqrt{4}$$

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**

$$\frac{1}{2} \Delta V = \frac{3}{2} V \quad | \cdot 2$$

$$-2I \cdot V_3 + 2IV_1 = 3V_1$$



Черновик:

№1.

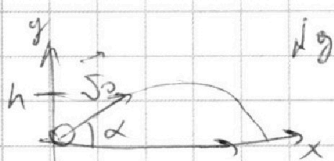
Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$v_0 = ?$



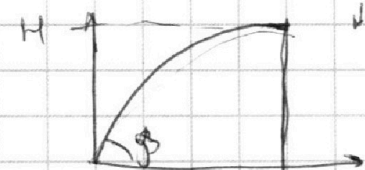
$$x(t_n) = v_0 \cos \alpha \cdot t_n = L$$

$$y(t_n) = 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{g t_n^2}{2}$$

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

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin 2\alpha}}$$



$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{m v_0^2 \cos^2 \beta}{2} = 2493 \text{ Дж}$$

$$v_0^2 (1 - \cos^2 \beta) = 279h$$

$$\frac{16V_1}{5} = 4V_1$$

$$V_3 = \frac{5}{4} V_1 \sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}}$$

$$v_0 \sin \beta = \frac{g t_n}{2} \Rightarrow t_n = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$$

$$S = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g}$$

$$\frac{\sqrt{2gH}}{g} \cdot v_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}} = \frac{\sqrt{2gH}}{g} \cdot \sqrt{v_0^2 - 2gH}$$

$$= \sqrt{\frac{2H}{g}} \cdot \sqrt{\frac{2g}{\sin^2 \alpha} - 2gH} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6}{10}} \left( \frac{20 \cdot 10}{1} - 20 \cdot 3,6 \right) = 5 P_3 = 10 P_1$$

$$= 24 \cdot 0,6 = 16 \cdot 0,6 = 9,6$$

$$P_3 = \frac{16}{5} P_1$$

$$C_{13} = 2 R \frac{831}{2493}$$

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

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

$$T_2 = 8T_1$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$C_{13} \Delta T_{13} = A_{13} + U_{13}$$

$$A_{31} = \Delta U_{13} - C_{13} \Delta T_{13} = 2 \cdot \frac{3}{2} R \cdot 3T_1 + 2R \cdot 5T_1 = 20R \cdot 10 = 2000 \text{ (м/с)}$$

$$2R(6 - \frac{3}{2}) = \frac{3}{2} R T_1 = 2493 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 0$$

$$A_{23} = Q_{23} - U_{23} = -\frac{1}{2} R \cdot 4T_1 + \frac{3}{2} R \cdot 4T_1 = 4RT_1 = 666$$

$$\frac{3}{2} R T_1 = \frac{E}{2} = \frac{16}{5} P_1$$

$$P_3 = 24P_1 = 48P_1 = 48P_1$$

$$P_3 = 3P_1$$

$$P_3 = 16P_1$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

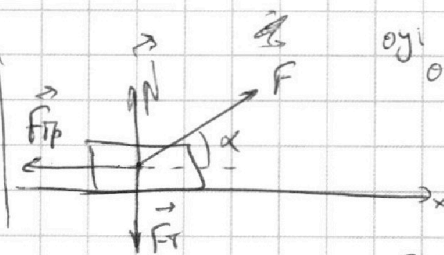
- 1     2     3     4     5     6     7

**МФТИ**

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



Черновик; y  
p3



оу:  $F \cdot \sin \alpha + N - P \cos \alpha = mg$

оx:  $F \cdot \cos \alpha - F_{тр}$

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

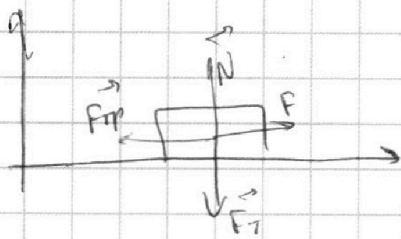
$F \cdot \cos \alpha - \mu (mg - F \cdot \sin \alpha)$

$\mu = \frac{F \cdot \cos \alpha}{mg - F \cdot \sin \alpha}$

$S_1 = \frac{a \cdot t^2}{2}$   
 $F \cdot S_1 = K + \mu mg \cdot S_1$   
 $F \cdot a = m a^2 + \mu mg \cdot a$   
 $F = m a + \mu mg$   
 $\frac{v^2}{2} = \frac{m a^2}{F}$

1)  $F_{тр} = \mu (mg - F \cdot \sin \alpha)$

$F \cdot \cos \alpha \cdot S_2 = K + \mu (mg - F \cdot \sin \alpha) \cdot S_2$   
 $F_{тр} = \mu mg$



$F_{тр} = \mu mg$

$F \cdot S = K + \mu mg \cdot S$

$F \cdot \cos \alpha \cdot S = F \cdot S - F \cdot \sin \alpha \cdot S$

$F = K + \mu mg \cdot S$

$\frac{F - \mu mg}{F(\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg} = 1$

$F = \frac{K}{S_1} + \mu mg$

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

$F = F(\cos \alpha + \sin \alpha)$

$F \cos \alpha = F - F \cdot \sin \alpha$

$\cos \alpha + \sin \alpha = 1 \Rightarrow d = 0$

$\frac{K \cdot \cos \alpha}{S_1} \cdot S_2 + \mu mg \cdot \cos \alpha \cdot S_2 =$   
 $= K + \mu mg \cdot S_2 - \mu mg \cdot \sin \alpha \cdot S_2$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

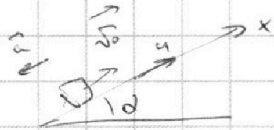


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



дано:  $v_0 = 6$  (2)

2)



Пересечем в СО кресты  $\Rightarrow$   
 $v_0 = 6$   
 $\Rightarrow v_k = v_0 - u$

Значит, нужно найти через какое время  $T_1$

дано  $v_k(T_1) = 0$

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

$v_k(t) = v_k - at$

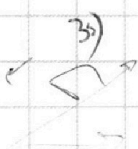
$v_k = a \cdot T_1$

$T_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{6}{10} = 0,6$  (с)

$\frac{m v_k^2}{2} = mgh + \mu mgh \cdot \sin \alpha$

$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha = 2 \text{ м (с)}$

$P = mg \sin \alpha = 6 \text{ м (с)}$



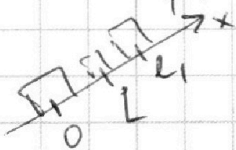
3)  $v_k(T_1) = 0$

$v_k(T_1) = 0$

~~$v_k(T_2) = 0$~~  ок разберется

$v_{k1}(t) = -a \cdot t$

$T_2 = \frac{u}{a} = \frac{u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{1}{10}$



$x_{k1}(t) = v_0 \cdot t - \frac{at^2}{2}$

$x_{k1}(t) = \left( v_0 - \frac{at}{2} \right) = x_{k1}(T_1) - \frac{at^2}{2}$

$\Rightarrow L = x_{k1}(T_2) = v_0 \cdot T_2 - \frac{a \cdot T_2^2}{2} = \frac{a \cdot T_1^2}{2}$

$= v_0 \cdot T_1 - \frac{a}{2} (T_1^2 + T_2^2) = 6 \cdot 0,6 - \frac{10}{2} \cdot (0,36) =$

$= 3,6 - 1,8 = 1,8 - 0,25 = 0,95$

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 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!



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!

Черновики (20)

$$-6 \cdot \frac{6}{10} + \frac{10 \cdot 36}{200} = \frac{10 \cdot 16}{200} - 24 = -\frac{3 \cdot 10}{100}$$

(22)

разворот в т.  $T = \frac{6}{10} \Rightarrow x_u(t) = \frac{at^2}{2} - \frac{36}{200} x_{\text{нп}}(T) = \frac{at^2}{2} - \frac{36}{200} \cdot \frac{10 \cdot 16}{200} = \frac{at^2}{2} - \frac{36}{200} \cdot \frac{16}{10}$

$$x(t) = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad g(\cos \alpha + \sin \alpha) \cdot t^2 = \int_0^T v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} dt = \left[ \frac{v_0 t^2}{2} + \frac{at^3}{6} \right]_0^T = \frac{v_0 T^2}{2} + \frac{a T^3}{6}$$

$$2 \cdot \frac{10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6) \cdot 1}{2} \quad a - 6 = 5 - 6 = -1$$

$$x(T) - x\left(\frac{T}{2}\right) = -6 \cdot \frac{6}{10} + \frac{10 \cdot 36}{200} + 6 \cdot \frac{4}{10} - \frac{10 \cdot 16}{200} = -6 \cdot \frac{6}{10} + 1 = -1,2 + 1 = -0,2$$

$$v_x(T) = v_0 + a \cdot T = -6 + 10 = 4$$

$$v_x(T_{\text{нп}}) =$$



$$S = \sin \alpha (H - h)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = mgh + \mu mg \cos \alpha \cdot S$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = mgh + \mu mg \cos \alpha \cdot S$$

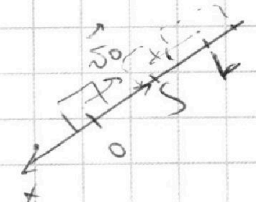
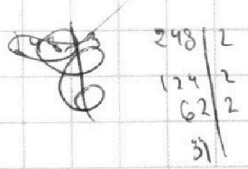
Кры

$$\frac{x \cdot M \cdot c^2}{c^2} = \frac{c^2}{K \cdot c^2} \quad \frac{v_0^2}{2} = (H - h) g + \mu mg \cos \alpha \cdot S$$

$$\frac{v_0^2}{2} = S \cdot \frac{g}{\sin \alpha} + \mu mg \cos \alpha \cdot S$$

$$S = \frac{v_0^2}{2 \left( \frac{g}{\sin \alpha} + \mu g \cos \alpha \right)} = \frac{6^2}{2 \left( \frac{10}{0,6} + 0,5 \cdot 0,8 \cdot 10 \right)}$$

$$= \frac{6^2 \cdot 0,6}{2 \cdot 44} = \frac{6^3}{2 \cdot 124} = \frac{6^3}{248} = \frac{216}{248} = \frac{27}{31} = \frac{10 + 4 \cdot 0,6}{31} = \frac{12,4}{31} = \frac{12,4}{31}$$



$$v_x(T) = v_0 + a \cdot T = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{10}$$

$$L = -6 \cdot \frac{6}{10} + \frac{10 \cdot 36}{200} = \frac{36}{20} - \frac{36}{10} = \frac{36}{20} = 1,8$$

$$S = x_u(T - t) = L - \frac{a(T - t)^2}{2} = 1,8 - \frac{10 \cdot 16}{200} = 1,8 - 0,8 = 1,0$$