



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01



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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

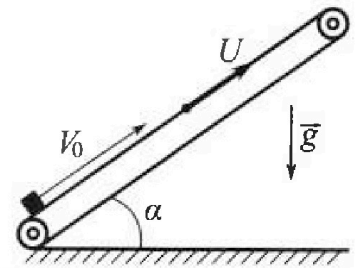
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивлени е воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

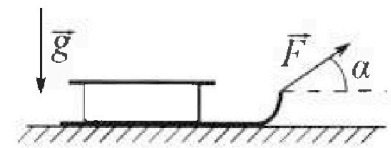
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости V_0 за одинаковое время.

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 скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

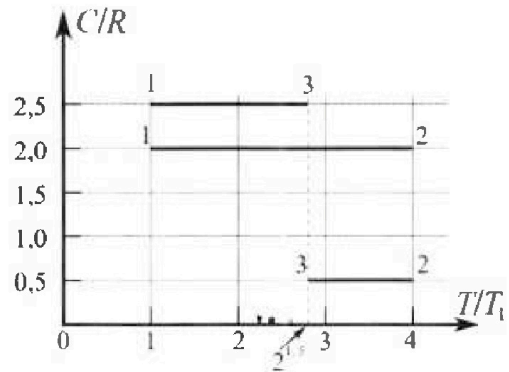
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



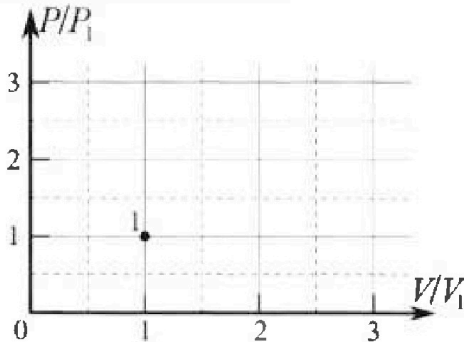
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



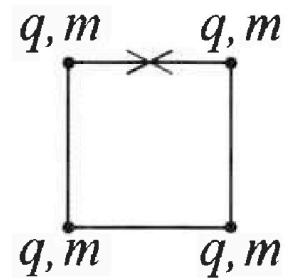
1) Найдите работу A_2 газа в процессе 1-2.

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 b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .



1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . 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 первичком и не проверяется. Поиск QR-кода недоступен!



н1

1)

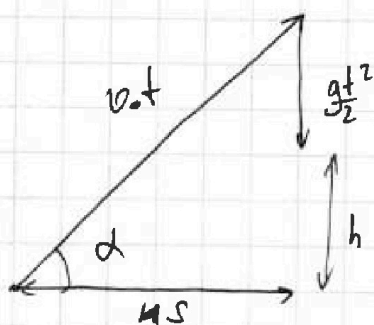
Макс высота - когда останавливается

v_k - конечная = 0

$$v_k = g t = \boxed{20 \text{ м/с}}$$

v_0

2)



Нарисуем вектор
переменения
Пусть h - высь
Выразим через угол:

$$v_0 t \cos \alpha = S \quad (1)$$

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

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

Подставим в (2)

$$\frac{v_0 \cdot S}{v_0 \cos \alpha} \cdot \sin \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = h \quad \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

$$= \tan^2 \alpha + 1$$

$$S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = h$$

$$S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot (1 + \tan^2 \alpha) = h$$

$h(\tan \alpha)$ - парабола ветвями вниз

Знаем максимум в вершине.

Найдем ее взяв производную
и приравняв к 0: $h' = \frac{2g S^2 \tan \alpha}{v_0^2} - S = 0$

$$\frac{2g S^2 \tan \alpha}{v_0^2} = S \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{2g S}$$

Подставим:

$$h = S \left(\frac{v_0^2}{2g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \left(1 + \frac{v_0^4}{g^2 S^2} \right) \right) = S \left(\frac{v_0^2}{2g S} - \frac{v_0^2}{2g S} \right) =$$

$$= S \left(\frac{v_0^2}{2g S} - \frac{g S}{2 v_0^2} \right) = 20 \left(\frac{400}{2 \cdot 200} - \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 400} \right) = \frac{3}{4} \cdot 20 \text{ м} = \boxed{15 \text{ м}}$$

Ответ: 1) 20 м/с 2) 15 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!

№2 пробашае №1

1) Если $\sin \alpha = 0,8$, то $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$



Выразим

N' - реакцию опоры

2) Скорости u коробка достигнет

когда остановится отки ленты

Знаем

$$\frac{v_0^2 - u^2}{2a} = L, \text{ заменим, что } v_0$$

конца пружины заменим $a = g$

как v

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2g} = \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} \text{ м} = \boxed{0,6 \text{ м}}$$

Существует еще одна точка v

которой скорости равна u .

Найдем ее по 2-е решение п. 3

3) После конца пружины движения коробка будет подниматься, но сила пружины будет направлена в др. сторону т.к. отки ленты она будет скользить в др. сторону.

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha = 0,2 mg$$

$$\text{Знаем } F_{\text{н}} = ma = (0,8 - 0,2) mg = ma$$

⇓

(ускорение) a после достижения скорости $u = 2 \text{ м/с}$ будет равно $0,6 g$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

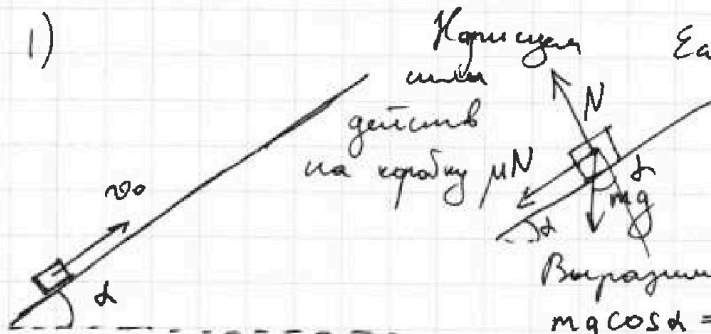
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

1)



Косинус угла

действ. на крайку μN

Если $\sin \alpha = 0,8$, то

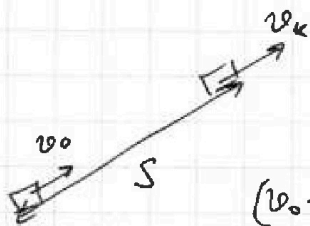
$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{1 - 0,64} =$$

$$= \sqrt{0,36} = 0,6$$

Выразим:

$$mg \cos \alpha = N \text{ - реакция опоры } \boxed{\cos \alpha = 0,6}$$



Общая сила действ. вниз

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

$$F_H = \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8\right) \cdot mg = mg$$

$$(v_0 - v_k) = gT$$

$$a_{\text{вниз}} = g = \frac{F_H}{m} = g$$

Законим что коробка не успеет погнаться

$$S = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\text{погнаемся на } 1 \text{ м: } 1 = 4x - 5x^2$$

$$\frac{v_0^2 - v_k^2}{2g} = S$$

$$v_0^2 - v_k^2 = 2gS$$

$$v_k^2 = v_0^2 - 2gS$$

$$5x^2 - 4x + 1 = 0$$

$$D = 16 - 20 < 0$$

$$T = \frac{v_0 - v_k}{g} =$$

$$v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gS} = gT$$

Итого найдём время погони:

$$\frac{v_0^2 - v_k^2}{2g} = S$$

$$\frac{16 \text{ м}^2}{20 \text{ м/с}^2} = S = 0,8 \text{ м} \Rightarrow T_1 = \frac{v_0}{g} = 0,4 \text{ с}$$

$S_0 = 0,2 \text{ м}$ - это нужно проделать

$$S_0 = \frac{g T_2^2}{2}$$

$S_0 \downarrow g \downarrow t = 0$
Второе время

$$T_2^2 = \frac{2S_0}{g}$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{2S_0}{g}} = 0,2 \text{ с}$$

$$T_0 = \frac{v_0}{g} + \frac{S_0}{g} =$$

$$= 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{0,1}{50}} \approx 0,4 \text{ с}$$

$$0,2 \text{ с} + \sqrt{\frac{0,2}{50}} = \sqrt{\frac{1}{50}} = \frac{1}{5 \sqrt{2}} = \frac{1}{7,07} = 0,14 \text{ с}$$

$$\boxed{= 0,6 \text{ с}}$$

$$T_{\text{общее}} = 0,2 \text{ с} + 0,4 \text{ с} =$$

$$\boxed{= 0,6 \text{ с}}$$

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!

№ 2 продолжение № 2

Тогда S которая коробка еще
пройдет по ленте

$$\frac{u^2 - 0^2}{2 \cdot 0,6g} = \frac{4}{1,2 \cdot g} \text{ м} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

Тогда высота подъема:

$$H = (L + S) \sin \alpha = \left(\frac{3}{5} + \frac{1}{3} \right) \cdot \frac{4}{5} = \\ = \left(\frac{9}{15} + \frac{5}{15} \right) \cdot \frac{4}{5} = \boxed{\frac{56}{75} \text{ м}}$$

Найдём теперь расстояние
для п. 2:

(коробка) Она достигла разогн до 2 м/с ,
ускорение все еще $0,6g$.

$\frac{u^2}{2 \cdot 0,6g} = L_2 \Rightarrow L_2 = \frac{1}{3} \text{ м} = S \Rightarrow$ скорость u
опять достигнет в той же
самой точке.

Ответ: 1) $0,6 \text{ с}$ 2) $0,6 \text{ м}$ 3) $\frac{56}{75} \text{ м}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

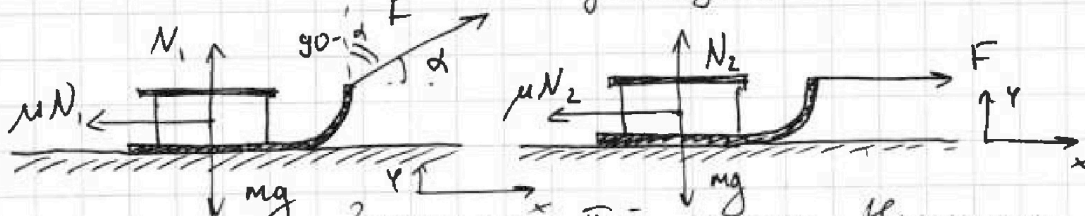
МФТИ

- 1 2 3 4 5 6 7

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

№3

На рисунке отметили все силы действующие на санки.



Занесли в проекции на ось Ox и Oy закон Ньютона для каждой ситуации:

$$1) \begin{cases} O_x: \\ m a_1 = F \cos \alpha - \mu N_1 \\ O_y: \\ m g = N_1 + F \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} O_x: \\ m a_2 = F - \mu N_2 \\ O_y: \\ m g = N_2 \end{cases}$$

$$N_1 = m g - F \sin \alpha$$

$$m a_1 = F \cos \alpha - \mu (m g - F \sin \alpha) \quad m a_2 = F - \mu m g$$

Поскольку в обоих случаях $a = \text{const}$,
то $v_0 = a t$, t , v_0 - известны \Rightarrow

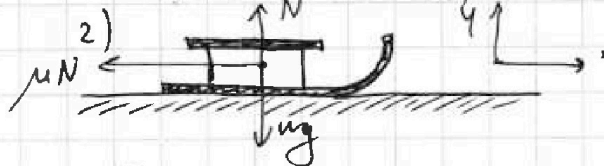
$$m a_1 = m a_2 \Rightarrow a_1 = a_2$$

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

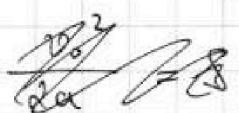
$$F \cos \alpha - \mu m g + \mu F \sin \alpha = F - \mu m g$$

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

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



при $\alpha \geq 90^\circ$ один санки поедут в пр. сторону или при $\alpha = 90^\circ$ вообще не поедут
зак Ньютона:
 $\begin{cases} O_x: m a = \mu N \\ O_y: N = m g \end{cases}$



в конце скорости = 0.
 $a = \mu g$

$$v_0 = a r = \mu g r =$$

$$= \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g r \Rightarrow r = \frac{v_0}{g} \cdot \left(\frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \right)$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ 2) $r = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \right)$

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!

~4 упрощение и 2

Распишем (1); (2) для участка 1-2:

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$2 \gamma R dT = \frac{3}{2} \gamma R dT + P dV \Rightarrow \frac{1}{2} (P dV + V dP) = P dV \Rightarrow V dP = P dV$$

Можно записать в виде: $\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P}$

$$\int_{V_0}^{V_k} \frac{dV}{V} = \int_{P_0}^{P_k} \frac{dP}{P} \Rightarrow \ln \frac{V_k}{V_0} = \ln \frac{P_k}{P_0} \Rightarrow \frac{V_k}{V_0} = \frac{P_k}{P_0}, \text{ где}$$

$V_k; P_k$ - P, V в некоторый мом. времени

Значит функция $P_k(V) = \frac{P_0}{V_0} V_k$

Распишем то же самое, для второго участка (2-3)

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$\frac{1}{2} \gamma R dT = \frac{3}{2} \gamma R dT + P dV$$

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) (P dV + V dP) = P dV \text{ отсюда:}$$

$$2P dV = -V dP \Rightarrow \int_{2V_0}^{V_k} -2 \frac{dV}{V} = \int_{2P_0}^{P_k} \frac{dP}{P}$$

$$e^{-2x} = (e^{-x})^2 = \left(\frac{1}{e^x}\right)^2; e^{-2 \ln x} = (e^{-\ln x})^2 = \left(\frac{1}{e^{\ln x}}\right)^2 = \frac{1}{x^2}$$

Принимая во внимание и получаем:

$$\frac{(2V_0)^2}{V_k^2} = 2P_0 \frac{P_k}{2P_0}$$

$$\frac{4V_0^2 \cdot 2P_0}{V_k^2} = P_k$$

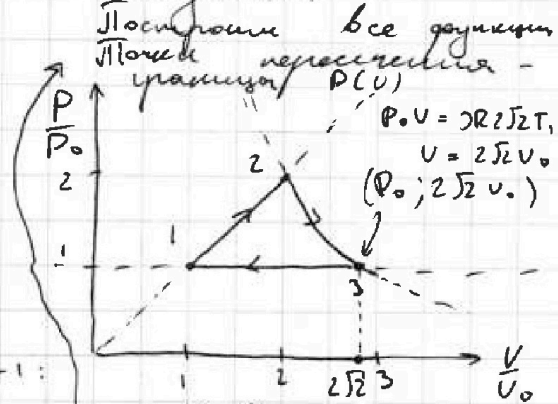
$$\frac{8V_0^2 P_0}{V_k^2} = P_k$$

Рассмотрим то же для 3-1:

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$\frac{3}{2} \gamma R dT = \frac{3}{2} \gamma R dT + P dV \quad dP = 0$$

$$\gamma R dT = P dV \Rightarrow P dV + V dP = P dV \quad \downarrow \quad P = \text{const} = P_0$$



Ответ: 1) 4986 Ах

$$2) \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

н 4

1) Запишите \dot{Q} начало термодинамики для газа:

$\dot{Q}_{газ}$ отрицательный \Rightarrow
 $\Rightarrow i = 3$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

Значит

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 8,31 \\ 6 \\ \hline 49,86 \end{array}$$

$$\nu C_{R} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + A_{12}$$

$$2R(4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) + A_{12}$$

$$\frac{1}{2} \nu R 3T_1 = A_{12}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} = 600 \cdot 8,31 \text{ Дж} =$$

$$= 4986 \text{ Дж}$$

2) Найдите работу газа A_{12} ; A_{23} ; A_{31}

$$A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 \Rightarrow \text{из п. 1}$$

A_{23} :

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \quad - \text{аналогично п. 1}$$

$$\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + A_{23}$$

$$- \nu R \Delta T_{23} = A_{23}$$

$$- \nu R (-4T_1 + 2\sqrt{8}T_1) = -\nu R T_1 (4 + \sqrt{8}) =$$

$$= \nu R T_1 (-\sqrt{8} + 4) = 2\nu R T_1 (\sqrt{2} + 2) = 2\nu R T_1 (2 - \sqrt{2})$$

A_{31} :

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \Rightarrow \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + A_{31}$$

$$A_{31} = +\nu R T_{31} = \nu R (T_1 - 2\sqrt{2}T_1) = \nu R T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

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 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. Поря QR-кода недопустима!

№4 продолжение №1

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_n}, \text{ где } Q_n - \text{полученная теплота}$$

для этого цикла Q_n - теплота на участке 1-2 т.к. на остальных T уменьшается, а $C > 0 \Rightarrow dQ < 0$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} \nu R T_1 + 2 \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) + \nu R T_1 (1 - 2\sqrt{2})}{\frac{3}{2} \nu R T_{12} + A_{12}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \nu R T_1 + 4 \nu R T_1 - 2\sqrt{2} \nu R T_1 + \nu R T_1 - 2\sqrt{2} \nu R T_1}{\frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_1} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} + 4 - 4\sqrt{2} + 1}{6} = \frac{\frac{13}{2} - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

3) Запишем малые приращения для идеального газа:
Пусть dP ; dV ; dT - малые изменения P, V, T .

$$\text{Итого: } PV = \nu RT$$

$$(P + dP)(V + dV) = \nu R(T + dT)$$

$$dV + VdP + PdV + dVdP = \nu R dT + \nu R dT$$

Отсюда: \downarrow очень малое

$$VdP + PdV = \nu R dT \quad (1)$$

Итак же запишем, что

$$C \nu dT = \frac{3}{2} \nu R dT + PdV \quad (2) \leftarrow \text{начало термодинамики в дифференциальной форме.}$$

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!



$$1) Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$c \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T + A_{12}$$

$$c \Delta T (c - \frac{3}{2} R) = A_{12}$$

$$c (2R - \frac{3}{2} R) \cdot (4T_1 - T_1) = A_{12}$$

$$c (\frac{1}{2} R) (3T_1) = A_{12}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} c R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 \cdot 400 = 3 \cdot 8,31 \cdot 200 = 600 \cdot 8,31 = \boxed{4986 \text{ Дж}}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 8,31 \\ \hline \end{array}$$

$$4986$$

$$2) \eta = \frac{A_{13} + A_{12} + A_{32}}{Q_n} = \frac{\frac{3}{2} c R T_1 + 2 c R T_1 (\sqrt{2} - 2) + 2 c R T_1 (\frac{1}{2} - \sqrt{2})}{2 c R (4T_1 - T_1)}$$

$$A_{23}:$$

$$= \frac{\frac{3}{2} + 2\sqrt{2} - 4 + 1 - 2\sqrt{2}}{6} = \frac{-\frac{3}{2}}{6} = \boxed{-\frac{1}{4}}$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$+ c \frac{1}{2} R (2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) = + \frac{3}{2} c R (2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) + A_{23}$$

$$(\frac{3}{2} - \frac{1}{2}) c R T_1 (2\sqrt{2} - 4) = A_{23} = 2 c R T_1 (\sqrt{2} - 2)$$

$$A_{31}:$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\frac{5}{2} c R \Delta T_3 = \frac{3}{2} c R \Delta T_3 + A_{31}$$

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

$$A_{31} = 2 c R T_1 (\frac{1}{2} - \sqrt{2})$$

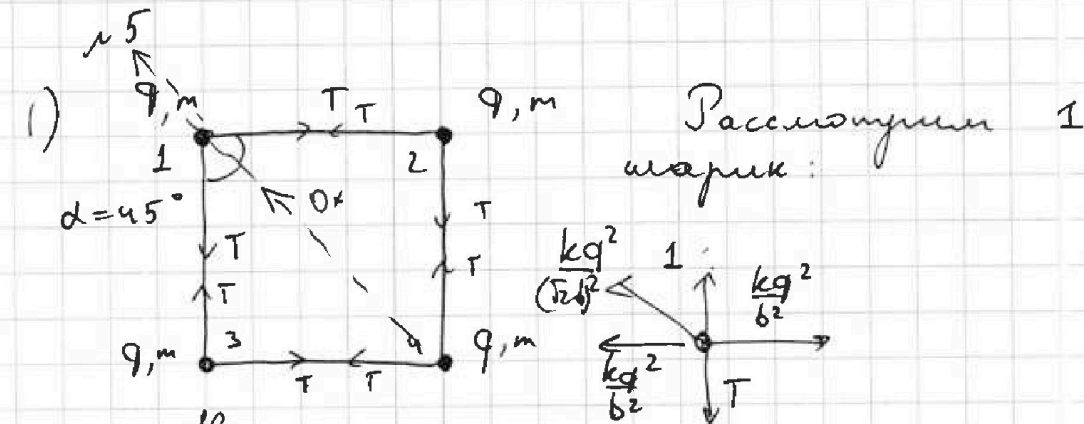
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



На него действуют силы со стороны 3-х других шариков

и 2 силы натяжения на шарик (шарик еще в равновесии)

$$2T \cos 45 = \frac{2kq^2}{b} \cdot \cos 45 + \frac{kq^2}{(\sqrt{2}a)^2}$$

$$\frac{2T\sqrt{2}}{2} = \frac{2\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{1}{2}$$

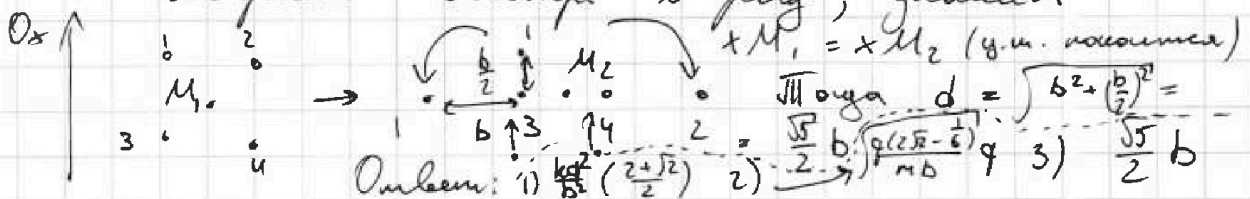
$$\sqrt{2}T = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{kq^2}{b^2} \Rightarrow T = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{(\sqrt{2} + \frac{1}{2})}{\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{kq^2}{b^2} \cdot \left(\frac{2 + \sqrt{2}}{2}\right)$$

3) пункт 2) решен по формуле Бланше
 Центр масс такой квадрата и покоится (центр внешних сил)

В п. 2 я показал, что

Шарик висит в рав, значит $xM_1 = xM_2$ (у.м. покоится)



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

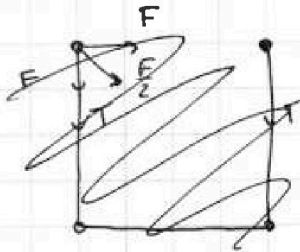
МФТИ



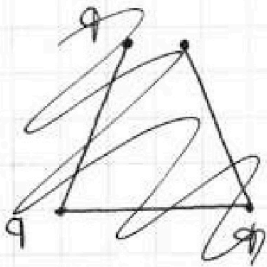
1 2 3 4 5 6 7

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

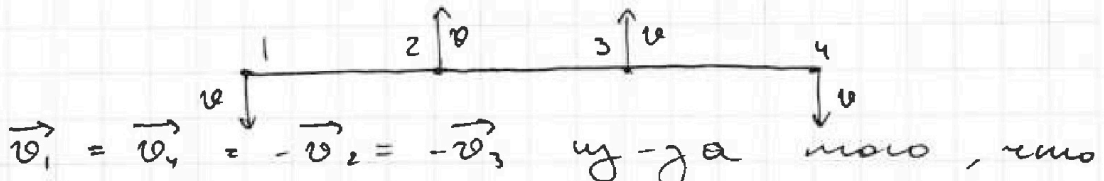
№ 5 продолжение



Заметим, что изначально шарик ~~кавержу~~ ~~будут~~ ~~сближаться~~ ~~удаления~~ ~~твоей~~



т.к. из оптимального ~~каком~~ ~~в~~ ~~разных~~ ~~сторонах~~ ~~силы~~ ~~взаимодействия~~ и ~~имеют~~ ~~много~~ ~~не~~ ~~правиль-~~ ~~нет~~ ~~(силы~~ ~~ведут~~ ~~оптималь-~~ ~~нают~~ ~~их~~ ~~в~~ ~~разн~~ ~~сторонах)~~



$v_1 = v_4 = -v_2 = -v_3$ из-за того, что центр масс ~~не~~ покоится

Итого ~~затрачено~~ энергии

$$\Delta E_{кин} = \Delta E_{пот}; \text{ где } E_n = \frac{kq^2}{b}$$

$$\frac{4mv^2}{2} = \left(\frac{2kq^2}{b} + \frac{kq^2\sqrt{2}}{2b} \right) 4 - 2 \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} \right) -$$

$$- 2 \left(2\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} \right)$$

$$2mv^2 = \left((8 + 4\sqrt{2}) - 2 - 4 - 2 - 1 - \frac{2}{3} \right) \frac{kq^2}{b} =$$

$$= \left(8 - 7 + 4\sqrt{2} - \frac{2}{3} \right) \frac{kq^2}{b} = \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) \frac{kq^2}{b}$$

$$v^2 = \left(2\sqrt{2} - \frac{1}{6} \right) \frac{kq^2}{mb}$$

$$v = q \sqrt{\frac{k(2\sqrt{2} - \frac{1}{6})}{mb}}$$

Ответ: 1) $\frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{2+\sqrt{2}}{2} \right)$, 2) $q \sqrt{\frac{4(2\sqrt{2} - \frac{1}{6})}{mb}}$, 3) $\frac{\sqrt{5}}{2} b$

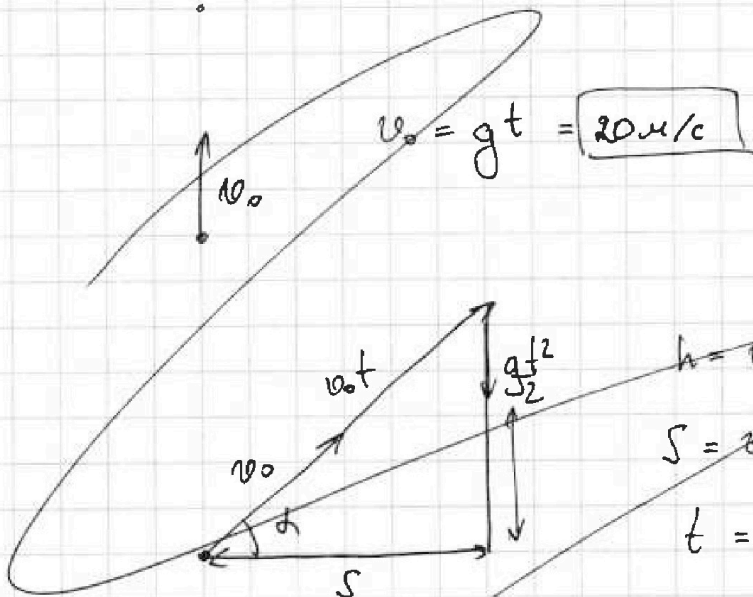
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$v_0 = gt = 20 \text{ м/с}$$

$$h = v_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2}$$

$$S = v_0 t \cos \alpha$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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

$$h = S \left(\frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S}{2 v_0^2 (g^2 S^2 + 1)} \right) \quad h = S \left(\tan \alpha - \frac{g S}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)$$

$$= S \left(\frac{v_0^2}{g S} - \frac{v_0^2}{2 g S} - \frac{g S}{2 v_0^2} \right) = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1 = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{S}{2} \left(\frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S}{v_0^2} \right) = h = S \left(\tan \alpha - \frac{g S}{2 v_0^2} \cdot (\tan^2 \alpha + 1) \right)$$

$$= \frac{20}{2} \left(\frac{400}{10 \cdot 20} - \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 400} \right) = h' = 0 \quad 8 - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot 2 \tan \alpha = 0$$

$$= 10 \left(2 - \frac{1}{2} \right) = 7.5 \text{ м}$$

$$1 = \frac{g S}{v_0^2} \cdot \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$= 15 \text{ м}$$

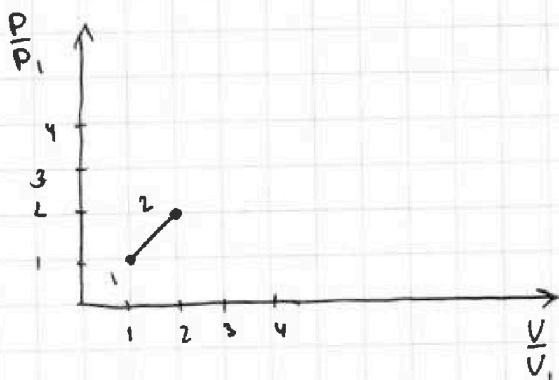
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$p^2 \frac{V_0}{p_0} = 4 \nu R T_0 = 4 p_0 V_0$$

$$p^2 = 4 \frac{p_0^2}{V_0}$$

$$p = 2 p_0$$

23: $p dV + V dp = \nu R dT$

$$\frac{1}{2} \nu R dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{dD}{V} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$p dV = -\nu R dT$$

$$p dV = -p dV - V dp$$

$$2p dV = -V dp$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{2dV}{V}$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P}$$

$$\ln \frac{V_k}{V_0} = \ln \frac{P_k}{P_0}$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dP}{2P}$$

12:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

через...

$$2 \nu R (T - T_0) = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0) +$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$2 \nu R dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{1}{2} \nu R dT = p dV$$

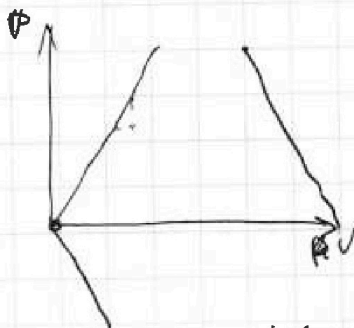
$$\nu R dT = 2 p dV$$

$$V dp = p dV$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{dV}{V}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{V}{V_0}$$

$$P \cdot \frac{V_0}{P_0} = V$$



$$dQ = dU + dA$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$2 \nu R dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{1}{2} \nu R dT = p dV$$

$$\frac{1}{2} p dV + \frac{1}{2} V dp = p dV$$

$$V dp = p dV$$

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!



$$2 \frac{dV}{V} = - \frac{dP}{P}$$

$$\int \frac{2dV}{V} = \int \frac{dP}{P}$$

$$2 \cdot \int \frac{dV}{V} = \int \frac{dP}{P}$$

$$d \ln \frac{V_k}{V_0} = \ln \frac{P_k}{P_0}$$

$$\frac{V_k^2}{V_0^2} = \frac{P_k}{P_0}$$

$$V^2 = \frac{V_0^2}{P_0} \cdot P$$

$$P = \frac{P_0 V^2}{V_0^2}$$

$$\frac{V_0^2}{V_k^2} = \frac{P_k}{P_0}$$

$$2P_0 2V_0 = 3R \cdot 4T_0$$

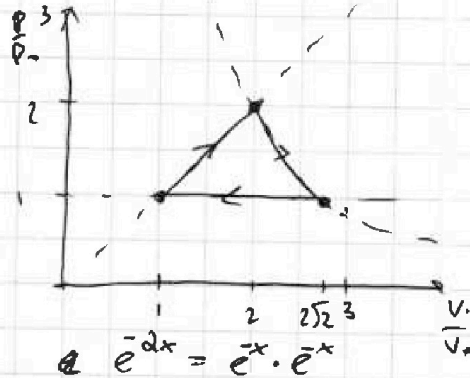
$$\frac{8P_0 V_0^2}{V^2} \cdot V = 3RT$$

$$\frac{8P_0 V_0^2}{V} = 3R \cdot 2\sqrt{2} T_0$$

$$\frac{8P_0 V_0^2}{V} = 2\sqrt{2} P_0 V_0$$

$$8V_0 = 2\sqrt{2} V$$

$$2\sqrt{2} V_0 = V$$



$$e^{-dx} = e^{-x} \cdot e^x$$

$$e^{\ln x} = (e^{\ln x})^2 = x^2$$

$$\frac{1}{e^x \cdot e^x} = \frac{1}{(e^x)^2} = \frac{1}{x^2}$$

$$P = P_0 V_0'^2 \cdot \frac{1}{V^2}$$

$$P_0' = 2P_0 \quad V_0' = 2V_0$$

$$P = \frac{8P_0 V_0^2}{V^2}$$

$$P = \frac{8P_0 V_0^2}{9V_0^2} = \frac{8}{9} P_0$$

$$P = \frac{8P_0 V_0^2}{4 \cdot 2V_0^2} = P_0$$

$$2,5JR dT = 1,5JR dT + PdV$$

$$JR dT = PdV$$

$$PdV + VdP = PdV$$

$$dP = 0; P = \text{const}$$

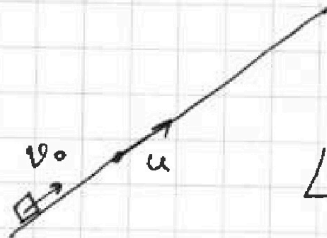
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

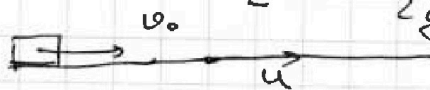
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$v_0 \rightarrow u$$

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2g} = \frac{16^2 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ м}$$

$$L = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} + u\tau$$

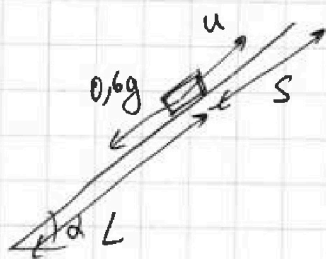


$$\frac{(v_0 - u)}{g} \quad L = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} + \frac{u(v_0 - u)}{g} =$$

$$= \frac{(v_0 - u)(v_0 + u + 2u)}{2g} = \frac{v_0^2 - u^2}{2g}$$

$$mg \sin \alpha > \mu mg \cos \alpha$$

$$0,8 > 0,2$$



$$\frac{u^2 - 0^2}{2g} = S$$

$$\frac{4 \cdot 10}{12 \cdot 10} = S = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$(L + S) \sin \alpha = 4$$

$$(0,6 + \frac{1}{3}) / 0,8$$

~~$$\frac{m v_0^2}{2} = F_{sp}(L - S) + m g H$$~~

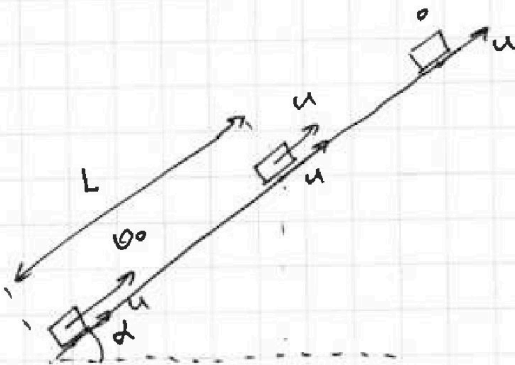
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a}$$

$$a = \frac{mgs \sin \alpha + \frac{1}{3} mg \cos \alpha}{m}$$

$$= g$$

$$L = \frac{16 - 4}{2 \cdot g} = 0,6 \text{ м}$$



$$a = 0,6g \quad \frac{u^2}{2 \cdot 0,6g} = S = \frac{4}{12} \text{ м} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$u = (L + S) \sin \alpha = \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) 0,8 =$$

$$= \left(\frac{9}{15} + \frac{5}{15}\right) 0,8 = \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} = \boxed{\frac{56}{75} \text{ м}}$$

$$\frac{0,6gt^2}{2} = S_2$$

$$v_1 = gt = u$$

$$t = \frac{u}{g}$$

$$S_2 = \frac{0,6 u^2}{2g} = \frac{0,3 \cdot 4}{10} = 0,12 \text{ м}$$

$$L_2 = \left(0,6 + 0,12 + \frac{1}{3}\right) = 0,48 + \frac{1}{3} =$$

$$= \frac{12}{25} + \frac{1}{3} = \frac{36}{75} + \frac{25}{75} = \boxed{\frac{61}{75} \text{ м}}$$

$$\frac{6 \text{ мм}}{r^2} E = mgh$$

$$g = \frac{GM_2}{r^2}$$

$$\frac{kg}{b^2} \cdot g \cdot b = \frac{kg^2}{b}$$