



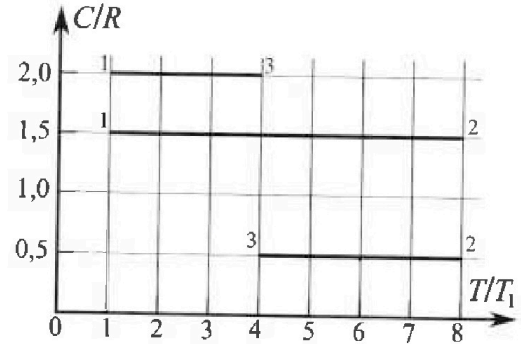
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

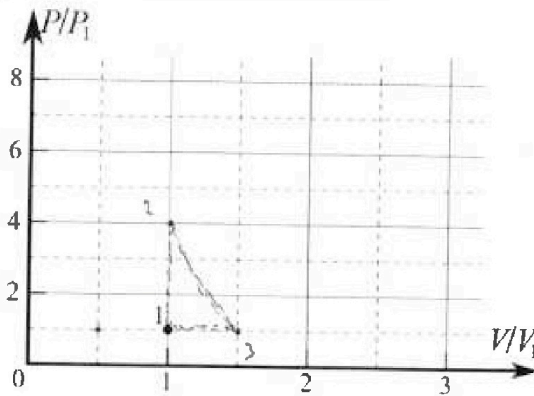


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

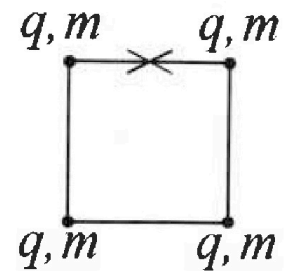


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 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 вверху (на рисунке)?
- Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





# 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.

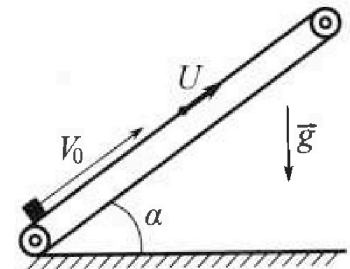
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

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

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

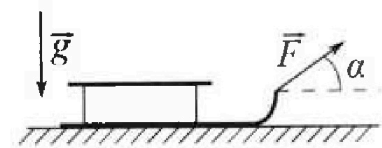
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

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!



$h_{\max}$  - максимальная высота подъёма

$g$  ↓ Футбольный мяч, при начальной

скорости  $V_0$  и начальном угле  $\alpha$ .

$t_{\text{под}}$  - время подъёма мяча до

высоты  $h_{\max}$ .  $t_{\text{полн}}$  - полное время полёта мяча.

Строим  $V_0$  на оси  $x$  и  $y$ : Так  $g \perp OX \Rightarrow g$  не будет

влиять на скорость по оси  $x \Rightarrow V_x = \text{const}$ ;  $V_x = V_0 \cdot \cos \alpha$ .

Так как высота  $h_{\max}$  - максимальная  $\Rightarrow$  на ней  $y$  мяча

не будет вертикальной составляющей скорости

(она равна 0)  $\Rightarrow 0 = V_0 \sin \alpha - g t_{\text{под}} \Rightarrow t_{\text{под}} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$

Так траектория полёта - парабола  $\Rightarrow$  она симметрична

относительно вершины параболы  $\Rightarrow t_{\text{под}} = t_{\text{полн}} - t_{\text{под}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow t_{\text{полн}} = 2 t_{\text{под}} \quad \left\{ \begin{array}{l} L = t_{\text{полн}} \cdot V_x = t_{\text{полн}} \cdot V_0 \cdot \cos \alpha \\ t_{\text{полн}} = 2 t_{\text{под}} = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \cdot V_0 \cos \alpha = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ (м/с)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

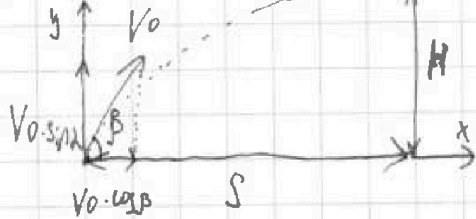
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

продолжение

Пункт 2:



$\beta$  - угол, образованный

между вектором начальной

скорости и горизонтальной

плоскостью.

$t_{\text{полёта}}$  - общее время полёта

$$v_0 \cos \beta = v_x$$

(из пункта 1).

$$v_x = \cos \beta$$

$$t_{\text{полёта}} \cdot v_x = S \Rightarrow S = t_{\text{полёта}} \cdot v_0 \cos \beta \Rightarrow t_{\text{полёта}} = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

$$\begin{cases} H = v_0 \sin \beta \cdot t_{\text{полёта}} - \frac{g t_{\text{полёта}}^2}{2} \\ t_{\text{полёта}} = \frac{S}{v_0 \cos \beta} \end{cases} \Rightarrow H = \frac{v_0 \sin \beta \cdot S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

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

$$- \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \tan^2 \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \text{тк } S = \cos \beta t \text{ и } \frac{g S^2}{2 v_0^2} = \cos \beta t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = f(\tan \beta) = - \tan^2 \beta \cdot \frac{g S^2}{2 v_0^2} + S \cdot \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \Rightarrow \text{это}$$

парабола, ветви которой направлены вниз  $\Rightarrow f(\tan \beta)_{\text{max}}$  будет

в вершине параболы, тк  $H$  - максимум  $\Rightarrow f(\tan \beta)_{\text{max}} = H \Rightarrow$

$$\Rightarrow \tan \beta = \frac{-S \cdot 2 v_0^2}{-2 g S^2} = \frac{v_0^2}{g S}$$

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!

конеч

$$\begin{cases} \rho \cdot \tau g \beta = \frac{V_0^2}{g s} \\ H = - \tau g^2 \beta \cdot \frac{g s^2}{2 V_0^2} + s \cdot \tau g \beta - \frac{g s^2}{2 V_0^2} \end{cases} \Rightarrow H = \frac{V_0^2 \cdot s}{g \cdot s} - \left( \frac{g s^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{V_0^4}{g \cdot s^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{g s^2}{2 V_0^2} \right) = \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^4}{2 V_0^2 \cdot g} - \frac{g s^2}{2 V_0^2} \Rightarrow H = \frac{2 V_0^4}{2 g V_0^2} - \frac{V_0^4}{2 g V_0^2} - \frac{g \cdot s^2}{2 V_0^2 g} =$$

$$= \frac{V_0^4 - g \cdot s^2}{2 V_0^2 g} \Rightarrow s^2 g^2 = V_0^4 - 2 V_0^2 g H = V_0^2 (V_0^2 - 2 g H) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s^2 = \frac{V_0^2}{g^2} (V_0^2 - 2 g H) \Rightarrow s = \frac{V_0}{g} \sqrt{V_0^2 - 2 g H} \Rightarrow$$
$$V_0 = \sqrt{\frac{4 g}{\sin^2 \alpha}} \quad (\text{из пункта 1})$$

$$\Rightarrow s = \sqrt{\frac{4 g}{g^2 \cdot \sin^2 \alpha}} \cdot \sqrt{\frac{4 g}{\sin^2 \alpha} - 2 g H} = \sqrt{\frac{4}{\sin^2 \alpha} - 2 H} \cdot \sqrt{\frac{4 g^2}{g^2 \cdot \sin^2 \alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4}{\sin^2 \alpha} - 2 H} \cdot \sqrt{\frac{4}{\sin^2 \alpha}} \quad \text{и } s = \sqrt{\frac{20}{1}} \cdot \sqrt{\frac{20}{1} - 3,6 \cdot 2} =$$

$$= \sqrt{20(20 - 7,2)} = \sqrt{20 \cdot 12,8} = \sqrt{256} = 16 \text{ (метров)}$$

Ответ:  $V_0 = 10\sqrt{2} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right); s = 16 \text{ (м)}$

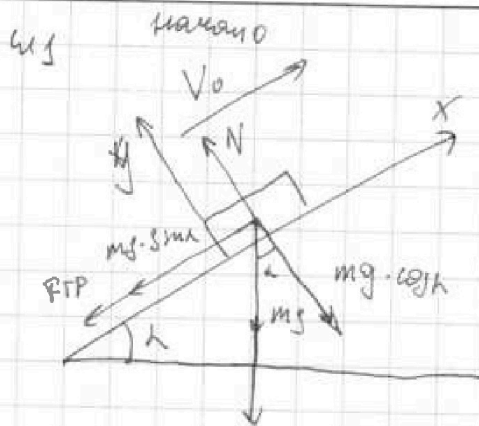
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$N$  - сила реакции опоры.

$m$  - масса груза

Тк груз - мат. точка, а

С О, связанной с землей -

- ИСО  $\Rightarrow$  запишем II З-он

Ньютона  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$\begin{cases} OX: -F_{тр} - mg \cdot \sin \alpha = -ma_1 \\ OY: N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} ma_1 = F_{тр} + mg \cdot \sin \alpha & \text{т.к. } a_1 \text{ - ускорение груза в } x \\ N = mg \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

по  $z$ -осям Кулонов - Амперона!

$$\begin{cases} F_{тр} = N \cdot \mu \\ N = mg \cdot \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow F_{тр} = mg \cos \alpha \cdot \mu$$

$$ma_1 = mg (\cos \alpha \cdot \mu + \sin \alpha) \Rightarrow a_1 = g (\cos \alpha \cdot \mu + \sin \alpha)$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8 \text{ (т.к. } \alpha < 90^\circ \text{)}. \text{ Пусть скорость не меняет напр.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 - a_1 t = V_k = 6 - 10 (0,8 \cdot 0,5 + 0,6) = 6 - 10 = -4 \Rightarrow \text{ скорость}$$

направлена противоположно. Найдем время, когда тело

остановилось  $V_0 - a_1 t_s = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{a_1} = \frac{V_0}{g (\cos \alpha \cdot \mu + \sin \alpha)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

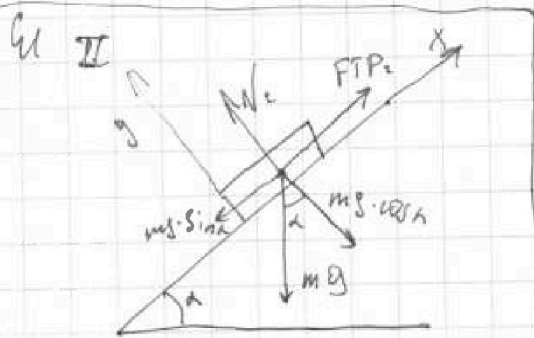
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Найдём путь, который пройдёт груз, по тому как скорости направлены в свои направления:  $l = v_0 \cdot t_1 = \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2}$

$$= \frac{v_0^2}{a_1} = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g(\cos\alpha \cdot \mu + \sin\alpha)}$$



3) Применим II закон Ньютона для

СИ II:

$$\begin{cases} \text{по } x: -m a_2 = -m g \cdot \sin\alpha + F_{\text{тр}2} \\ \text{по } y: N_2 - m g \cdot \cos\alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} N_2 = m g \cdot \cos\alpha \\ m a_2 = m g \cdot \sin\alpha - F_{\text{тр}2} \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{где } N_2 - \text{сила реакции опоры} \\ \text{в СИ СИ, а } a_2 - \text{ускорение} \end{matrix}$$

груза в СИ СИ.  $F_{\text{тр}2} = N_2 \cdot \mu = m g \cdot \cos\alpha \cdot \mu$  (по закону

Кулона - Ампера)  $\Rightarrow m a_2 = m g \cdot \sin\alpha - m g \cdot \cos\alpha \cdot \mu \Rightarrow$

$\Rightarrow a_2 = g(\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \mu)$ . Найдём оставшийся путь:

$$S + l = \frac{a_2 \cdot (T - t_1)^2}{2} = \frac{a_2 \cdot \left(T - \frac{v_0}{g(\cos\alpha \cdot \mu + \sin\alpha)}\right)^2}{2}$$

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

$$S = (S + l) + l = \frac{g(\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \mu) \cdot \left(T - \frac{v_0}{g(\cos\alpha \cdot \mu + \sin\alpha)}\right)^2}{2} + \frac{v_0^2}{2g(\cos\alpha \cdot \mu + \sin\alpha)} \Rightarrow$$

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

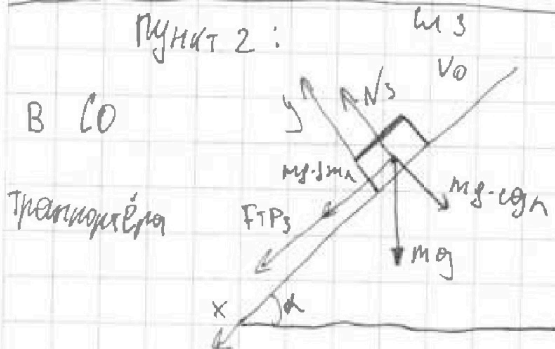
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Продолжение 2

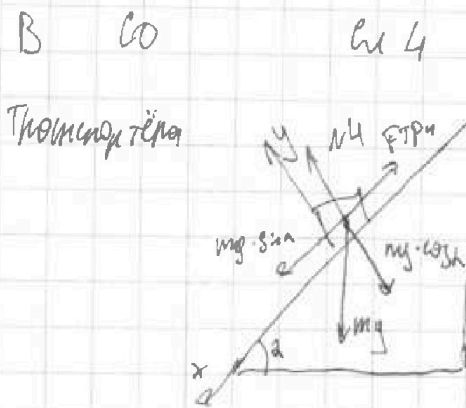
$$\Rightarrow \int = \frac{10 \cdot (0,6 - 0,8 \cdot 0,5) \cdot \left(1 - \frac{6}{10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)}\right)^2}{2} + \frac{36}{2 \cdot 10 \cdot (0,6 + 0,8 \cdot 0,5)}$$

$$= \frac{10 \cdot 0,2 \cdot \left(1 - \frac{6}{10}\right)^2}{2} + \frac{36}{2 \cdot 10} = \frac{2 \cdot (1 - 0,6)^2}{2} + 1,8$$

$$+ 1,8 = 0,4^2 + 1,8 = 0,16 + 1,8 = 1,96 \text{ (м)}$$



Перейдем в СО транспорта  
 для того, чтобы груз обогнал  
 скоростью  $V$  необходимо, чтобы  
 (м А)  
 груз обогнал скоростью 0, либо  
 (м Б)  
 скоростью равной  $2V$  и напу.  
 Криволинейно скорость  
 транспорта направление  
 нулевой для скорости транспорта  
 в лабораторной СО).



Случай А: Сумма II 3-ей координаты для груза

для м 3:  $N_3 - mg \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow N_3 = mg \cdot \cos \alpha$

$FTP_3 + mg \cdot \sin \alpha = ma_g \Rightarrow FTP_3 \pm N_3 \cdot \mu = mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu$

(по 3-ей координате - Аксиомой)



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!

Пункт 3

$$m a_3 = m g (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu) = 7 \text{ кг} \Rightarrow g (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 - g_3 T_1 = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{V_0}{g_3} = \frac{V_0}{g (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu)} = \frac{6}{10} = t_1 = 0,6 \text{ (с)}$$

Сл 5: Запишем II закон Ньютона для груза для сл 4:

$$\begin{cases} N_4 - m g \cdot \cos \alpha = 0 \\ m g \cdot \sin \alpha - F_{тр4} = m a_4 \end{cases} \begin{cases} N_4 = m g \cdot \cos \alpha \Rightarrow F_{тр4} = m g \cos \alpha \cdot \mu \Rightarrow \\ F_{тр4} = N_4 \cdot \mu \text{ по 3-му закону Ньютона (Маятника)} \end{cases}$$

$$m a_4 = m g (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu) \Rightarrow a_4 = g \cdot \cos \alpha (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)$$

$T_1 = t_1$  - время достижения скорости  $V_0$  на  $g_3$

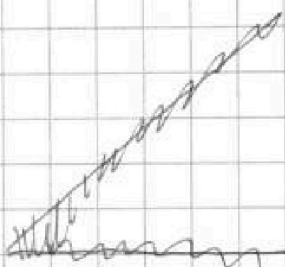
$$\text{Останемся. } 2U = a_4 (T_1 - t_1) = 0 \Rightarrow T_1 - t_1 = \frac{2U}{a_4} = \frac{2U}{g (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{2U}{g (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)} + \frac{V_0}{g (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu)}$$

$$T_1 = \frac{2}{10 \cdot (0,6 - 0,8 \cdot 0,5)} + \frac{6}{10 \cdot (0,6 + 0,8 \cdot 0,5)} = \frac{2}{2} + \frac{6}{10} = 1,6 \text{ (с)}$$

Пункт 3:

Всё  
Транспортер



Перейдем в со

транспортера. Для

того, чтобы скорость

тела в лаборатории

CO была равна 0 необходимо, чтобы скорость

груза в со транспортера была равна  $U$  и времени



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!

Быть <sup>формальное</sup> <sup>протоколом</sup> <sup>по</sup> коэффициенту скорости

транспортера (направление скорости транспортера в  
с 0 лабораторной).

~~Время~~  $l_1$  - путь, который прошёл груз, поднимаясь,  
 $l_2$  - путь, который прошёл груз, опускаясь,  $l_3$  - путь,  
который прошёл транспортёр.

$$\begin{cases} l_1 = v_0 t_1 - \frac{a_3 t_1^2}{2} \\ a_3 t_1 = v_0 \end{cases} \Rightarrow l_1 = \frac{v_0 t_1}{2}$$

$$\begin{cases} l_2 = \frac{a_4 t_2^2}{2} \\ t_2 a_4 = v \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} l_2 = \frac{a_4 t_2^2}{2} \\ t_2 = \frac{v}{a_4} \\ a_4 = g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow l_2 = \frac{v^2}{2 a_4} = \frac{v^2}{2 g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)} \quad l_3 = v(t_1 + t_2) =$$

$$= v \cdot \left( \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu)} + \frac{v}{g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)} \right)$$

$$L = |l_3 + l_1 - l_2| = \frac{M \cdot v_0}{g(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu)} + \frac{M^2}{g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)} - \frac{M^2}{2g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)}$$

$$+ \frac{v_0 \cdot t_1}{2} = \frac{M \cdot v_0}{g(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu)} + \frac{M^2}{2g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \mu)} + \frac{v_0 \cdot t_1}{2}$$

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!

конеч.

$$L = \frac{6}{10 \cdot 3} + \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 0,2} + \frac{6 \cdot 0,6}{2} = 0,6 + 0,25 + 1,8 = 2,4 + 0,25 =$$

$$= 2,65 \text{ (м)}$$

$$\text{Даны: } S = 1,96 \text{ м} ; \begin{cases} T_1 = 0,6 \text{ (с)} \\ T_2 = 1,6 \text{ (с)} \end{cases} ; L = 2,65 \text{ м}$$

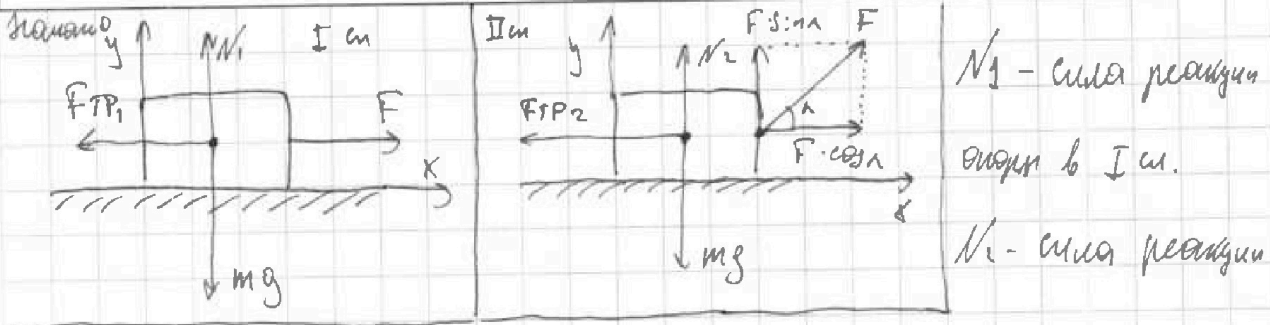
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$N_1$  - сила реакции опоры в I сл.  
 $N_2$  - сила реакции опоры в II сл.

$F_{тр1}$  - сила трения в I сл.  $F_{тр2}$  - сила трения в II сл.  $a_1$  - ускорение бруска в I сл.,  $a_2$  - ускорение бруска в II сл.,  $t_1$  - время достижения кинетической энергии  $K$  в I сл. ( $t_2$  - во II сл.)

$K = m v^2$ , где  $v$  - скорость бруска, когда он достигает кин. энергии  $K$ .

$$\begin{cases} L = \frac{a_1 t_1^2}{2} \\ L = \frac{a_2 t_2^2}{2} \\ v = a_1 t_1 \\ v = a_2 t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 t_1 = v \\ a_2 t_2 = v \\ \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow \frac{v t_1}{2} = \frac{v t_2}{2} \Rightarrow t_1 = t_2 \\ a_1 t_1 = v \\ a_2 t_2 = v \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = t_2 \\ a_1 t_1 = a_2 t_2 \end{cases} \Rightarrow a_1 = a_2$$

$\Rightarrow a_1 = a_2$ . Так брусок можно считать мост. точкой, а

с 0, скользящую с горизонтальной поверхностью - ИСО  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  запишем II закон Ньютона для бруска:  $\sum \vec{F} = m \vec{a}$

сл. I: 
$$\begin{cases} OX: F - F_{тр1} = m a_1 \\ OY: N_1 - m g = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F - F_{тр1} = m a_1, \text{ по } 3\text{-осям} \\ N_1 = m g \end{cases}$$

Кинематика - Амонтон: 
$$\begin{cases} F_{тр1} = N_1 \cdot \mu = g \cdot m \cdot \mu \\ F - F_{тр1} = m a_1 \end{cases} \Rightarrow F - g \cdot m \cdot \mu = m a_1$$

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!

Исходные

Запишем II 3-и для II 4:

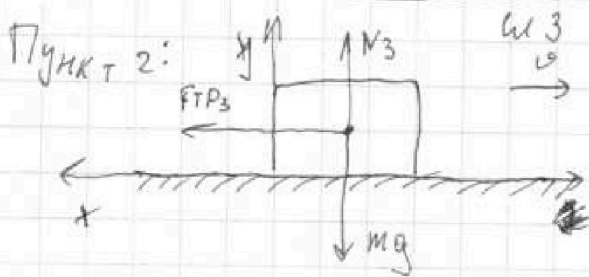
$$\begin{cases} OX: F \cdot \cos \alpha - F_{TP2} = m a_2 \\ OY: N_2 + F \cdot \sin \alpha - m g = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m a_2 = F \cdot \cos \alpha - F_{TP2} \\ N_2 = m g - F \cdot \sin \alpha \end{cases}, \text{ из 3-ого}$$

Кинематика - Аммонтона:  $F_{TP2} = N_2 \cdot \mu = (m g - F \cdot \sin \alpha) \mu \Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} m a_2 = F \cdot \cos \alpha - (m g - F \sin \alpha) \mu \\ m a_1 = F - g m \mu \\ m a_1 = m a_2 \end{cases} \Rightarrow F - g m \mu = F \cdot \cos \alpha - m g \mu +$$

$$+ F \cdot \sin \alpha \cdot \mu \Rightarrow F = F (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \mu) \Rightarrow 1 - \cos \alpha = \sin \alpha \cdot \mu \Rightarrow$$

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



Запишем II 3-ю для Пункта 2

для Пункта 2 ~~или~~ для II 3:

$$\begin{cases} OY: N_3 - m g = 0 \\ OX: F_{TP3} = m a_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_{TP3} = \mu N_3 \\ N_3 = m g \end{cases}$$

$F_{TP3} = N_3 \cdot \mu$  (из 3-ей кинематической

Аммонтона)  $\Rightarrow \begin{cases} F_{TP3} = \mu m g \\ F_{TP3} = m a_3 \end{cases} \Rightarrow$

$a_3$  - ускорение в II 3

$F_{TP3}$  - сила трения в II 3

$$\Rightarrow m a_3 = \mu m g \Rightarrow a_3 = g \mu$$

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!



Конец

~~$$m g \mu$$~~  
~~$$K = m g \mu$$~~

~~Конец~~ ~~решение~~ ~~задачи~~

~~$$\Rightarrow \dots$$~~  
~~$$a_3 = \dots$$~~  
~~$$\dots$$~~

~~$$\Rightarrow \dots$$~~  
~~$$a_3 = \dots$$~~

~~$$\dots$$~~  
~~$$a_3 = g \mu$$~~  
~~$$\dots$$~~

Заменим  $3 \text{ СЭ}$ :

~~$$K = |A_{\text{тр}}|$$~~ где  $A_{\text{тр}}$  - работа силы трения  
$$|A_{\text{тр}}| = F_{\text{тр}} \cdot S \Rightarrow K = m g \mu \cdot S \Rightarrow$$
  
$$F_{\text{тр}} = m g \mu$$

$$\Rightarrow \begin{cases} S = \frac{K}{m g \mu} \\ \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \end{cases} \Rightarrow S = \frac{K \sin \alpha}{m g (1 - \cos \alpha)}$$
  
(из 1 пункта)

Ответ:  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ ;  $S = \frac{K \cdot \sin \alpha}{m g (1 - \cos \alpha)}$



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!

Начало

$$C_{31} = 2R$$

$C_k$  - максимальная теплоемкость в процессе  $k$ .

$$C_{31} = \frac{Q_{31}}{\Delta T_{31}}$$

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

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

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}$$

$$\Rightarrow A_{31} = -C_{31} \cdot \Delta T_{31} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} \Rightarrow A_{12} = 2R \cdot 600 - \frac{3}{2} \cdot R \cdot 600 = 0,5 \cdot R \cdot 600 = 300R = 300 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж.}$$

$\Delta T_k$  - изменение температуры в процессе  $k$ .

$Q_{31}$  - количество теплоты, переданное газу в процессе  $k$ .

$A_{31}$  - работа, совершаемая газом в процессе  $k$  в направлении  $A \rightarrow B$ .

$\Delta U_k$  - изменение внутренней энергии в процессе  $k$ .

Пункт 2:  $T_k$  нагрев газа в процессе 1-2.

$$A_{нагр} = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$Q_{нагр} = Q_{12}$$

$$\eta = \frac{A_{нагр}}{Q_{нагр}}$$

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

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}}$$

$$C_{12} = 1,5 R$$

$$\Rightarrow A_{12} = \Delta T_{12} (C_{12} - \frac{3}{2} \nu R) = 0 \Rightarrow 1-2 \text{ - изохора.}$$

$$A_{31} = -2493 \text{ Дж}$$

$$A_{23} + \Delta U_{23} = Q_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}}$$

$$C_{23} = 0,5 R$$

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!

конку.

$$A_{23} + \Delta_{423} = Q_{23}$$
$$M_{23} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{23} \Rightarrow A_{23} + \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{23} = 0,5 R \cdot \Delta T_{23} \Rightarrow$$
$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}}$$
$$C_{23} = 0,5 R$$

$$\Rightarrow A_{23} = \Delta T_{23} (0,5 R - \frac{3}{2} \gamma R) = -\Delta T_{23} \cdot P = R \cdot 800 = 8,31 \cdot 800 =$$
$$= 6648 \text{ Рнк}$$

$$A_{\text{нагр.н}} = \cancel{6648} - 2493 = 4155 \text{ Рнк}$$

$$Q_{\text{нгр.н}} = Q_{32} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} = 4 \cdot 200 \cdot 1,5 = 4 \cdot 300 \text{ Р} = 2100 \text{ Р}$$

$$A_{\text{нагр.н}} = 800 \text{ Р} - 300 \text{ Р} = 500 \text{ Р}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{нагр.н}}}{Q_{\text{нагр.н}}} = \frac{500 \text{ Р}}{2100 \text{ Р}} = \frac{500}{21} \%$$

$$C_{12} = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

$$C_{23} = P_3 V_3 - P_2 V_2$$

$$C_{31} = P_1 V_1 - P_3 V_3$$

Отв:  $A_{31} = 2493 \text{ Рнк}$  ;  $\eta = \frac{500}{21} \%$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1     2     3     4     5     6     7

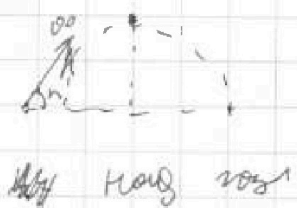
**МОТИ**

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



$\alpha = 45^\circ$

$L = 20 \text{ m}$



$v \cdot \sin \alpha - g t = 0$

$20 - 7,4 t = 12,8$

$t \sin \alpha = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$

$21,54$

$t_{\text{max}} = 2 t \sin \alpha \Rightarrow$

$L = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{max}} = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha \cdot 2 \cdot v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \Rightarrow$

$R = 8,31$

$g$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 6648 \\ -2493 \\ \hline 4155 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4155 \\ + 2493 \\ \hline 6648 \end{array}$$

$\Rightarrow H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin \alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = 10 \text{ m/s}$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$



$256$

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

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

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

$+ S \tan \alpha + \frac{g S^2}{2 v_0^2} \Rightarrow \text{TKH-max} \Rightarrow \frac{-S \cdot v_0^2}{-2 \cdot g S^2} = \frac{v_0^2}{2 g S}$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 8 \\ \hline 6648 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,51 \\ \times 8 \\ \hline 6648 \end{array}$$

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

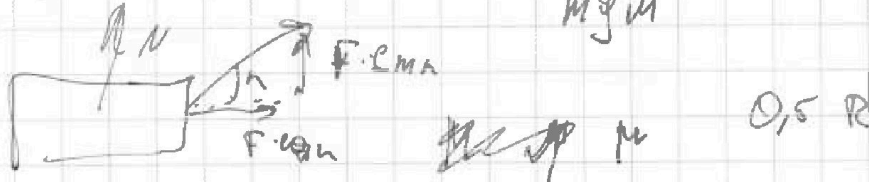
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



K

$$K = \frac{dW}{dt} = F \cdot v$$

$$Q = \cos \alpha \cdot z$$



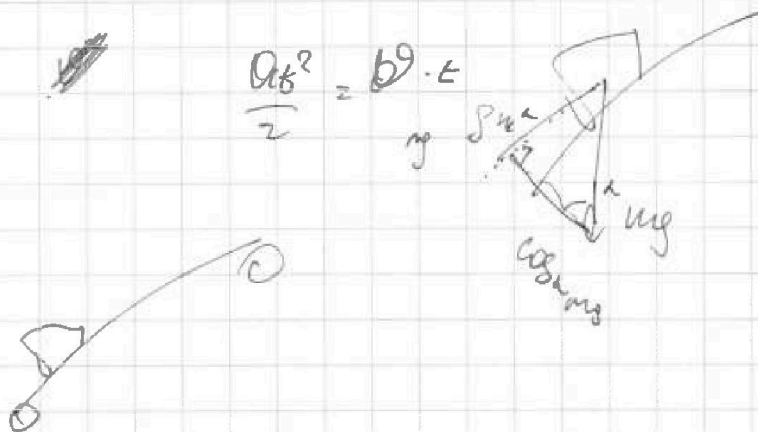
$$mg \sin \alpha$$

$$0,5 R$$

$$(mg \sin \alpha - F \cos \alpha) \cdot m = \frac{1}{2} R \cdot \Delta t$$

$$\frac{F - mg \sin \alpha}{m} = a \quad g (\cos \alpha \cdot m + \sin \alpha)$$

$$\frac{F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) \cdot m}{m} = a$$



$$\frac{mv^2}{r} = mg \cdot \epsilon$$

$$mg (\cos \alpha \cdot m + \sin \alpha)$$