



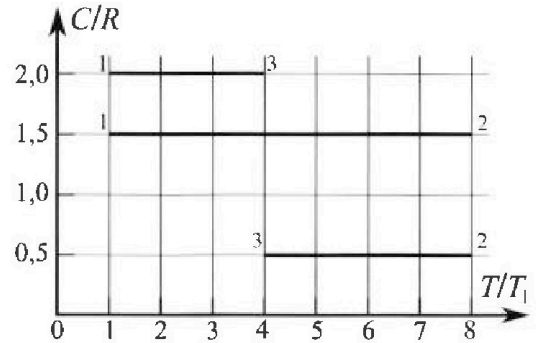
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



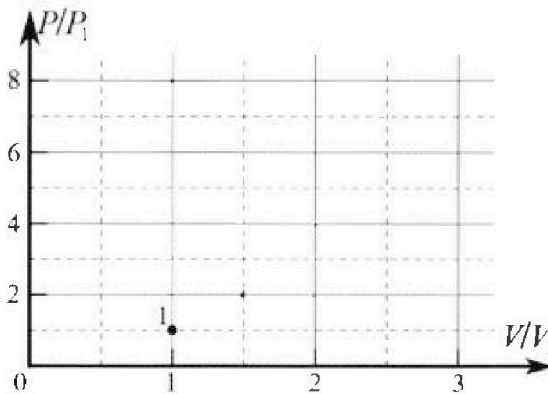
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

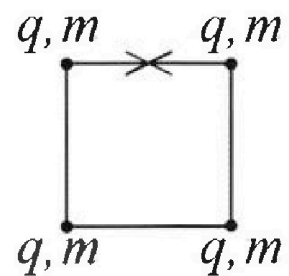
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

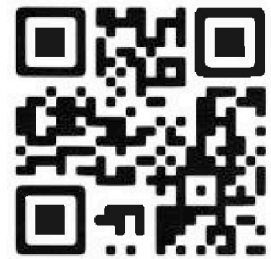




Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

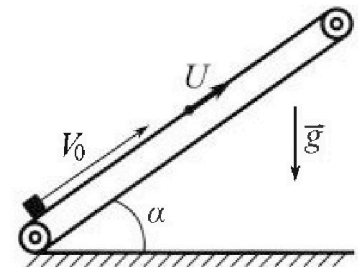
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

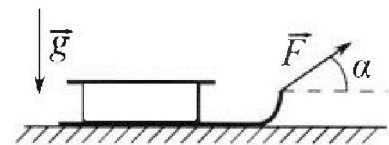
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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!

№1.

Дано:

$$\alpha = 45^\circ;$$

$$L = 20 \text{ м};$$

$$H = 3,6 \text{ м};$$

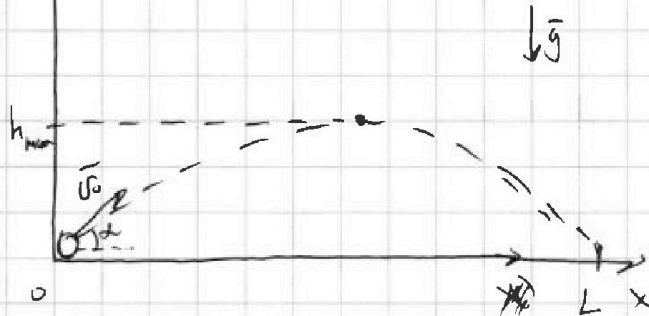
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1) $v_0 = ?$

2) $S = ?$

Решим:

1) y



Рассмотрим движение шарика по осям Ox и Oy :

по оси Ox : $L = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ - уравнение равноускоренного движения.
 $\perp Ox$) $\Rightarrow L = v_0 \cos \alpha t$, где t - время влета шарика.
где $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$, $a_x = 0$ (так как $\vec{g} \perp Ox$)

За это время t шарик успеет подняться на высоту h_{max} и спуститься с нее. Время подъема и спуска одинаково в силу симметрии траектории (веревочки)

$\Rightarrow t = 2t_{\text{подъема}}$, где $t_{\text{подъема}}$ - время подъема;

из уравнения движения в направлении Oy : y_0

$$y_0 = v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}, \text{ где } v_{0y} \text{ - начальная проекция скорости}$$

на Oy в конечный момент времени равно нулю, $v_y = 0$; $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$;

$$a_y = -g \Rightarrow 0 = v_{0y} - g t_{\text{подъема}}; = v_0 \sin \alpha - g t_{\text{подъема}}$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

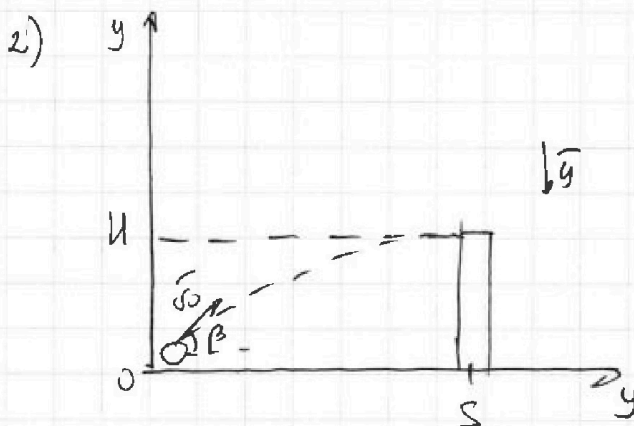
МФТИ

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



$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{22m \cdot 10^3 \cdot 9.8}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 10^3}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



Рассмотрим движение, где высота будет равна высоте H , угол β ,

тогда в гравитации по y :

$$S = v_0 \cdot \cos \beta \cdot t_2, \text{ где } t_2 - \text{ время полета по } x;$$

$$\text{по } y: H = v_0 \sin \beta t_2 - \frac{g t_2^2}{2};$$

$$\text{где } t_2 = \frac{S}{v_0 \cos \beta} \Rightarrow H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta};$$

$$H = \tan \beta S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = \frac{2 S v_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

H макс \rightarrow β наибольший угол \rightarrow по $Oy: H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$

$$\Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} \text{ и } t_{\text{полета}} = \frac{v_0 \sin \beta}{g} = t_1$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}} = \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0}$$

$$\Rightarrow S = \frac{v_0 \cdot \sqrt{2gH}}{g \cdot \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0}} = \frac{\sqrt{2gH} (v_0^2 - 2gH)}{g v_0} \neq \phi$$

Подставим значения скорости

$$S = \frac{32 \cdot 3}{10 \cdot \sqrt{2}} \text{ м}$$

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!

№2.

Дано:

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

$$v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\mu = 0,5;$$

$$T = 1 \text{ с};$$

$$U = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

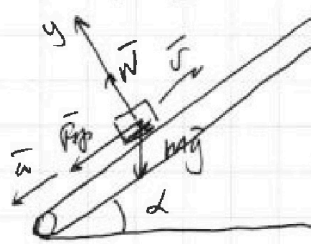
1) $S = ?$

2) $T_1 = ?$

3) $L = ?$

Решение:

1) Вращательный момент:



(где $T = 1 \text{ с}$), где \vec{v} — скорость центра масс; $\vec{\omega}$ — угловая скорость вращения

или равен $m\vec{g}$, или нормаль-

ной реакции опоры \vec{N} и или

трение скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (ок оси

гравитации ускорения)

По II закону Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}, \text{ т.к. } m\vec{g}, \vec{N} \text{ и } \vec{F}_{\text{тр}} \text{ в гравитационной плоскости, } \vec{a} - \text{полное ускорение}$$

или $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$, т.к. $m\vec{g}, \vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$ в гравитационной плоскости, \vec{a} — полное ускорение

Реш.; запишем II закон Ньютона в проекциях на Ox и Oy :

на Oy : $N_y + mgy + F_{\text{тр}y} = may$

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

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

на Ox : $N_x + mgx + F_{\text{тр}x} = max$

$$-mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = -ma \quad | \cdot (-1)$$

по закону Ампера - Кулона: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma; \quad | : m$$

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

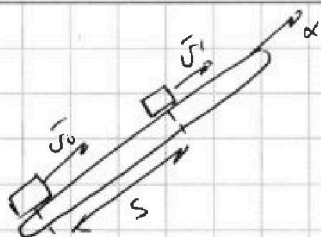
\Rightarrow Запишем уравнение кинематического равноускоренного движения на Ox :

$$S_x = v_{0x}T + \frac{a_x T^2}{2} \quad (\text{за время } T), \text{ где}$$



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!



$$S_x = S, \quad v_{0x} = v_0, \quad a_x = -a = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

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

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

$$\begin{aligned} \cos\alpha &= \sqrt{1 - \sin^2\alpha} \text{ (по основным тригоном. соотношениям)} \\ &= \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8 \end{aligned}$$

2) Рассмотрим второй опыт в СО земли, тогда

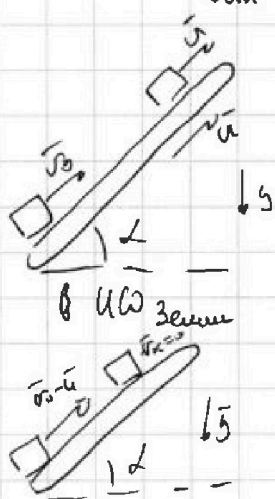
$v_{0x} = v_0 - u$, где v_{0x} — скорость коробки относительно земли;

т.к. лента движется равномерно, система отсчета ленты инерциальна;

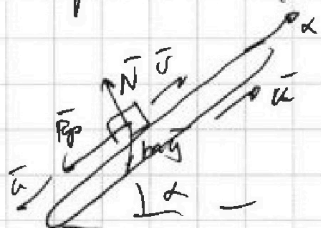
тогда если в лабораторной системе отсчета через время T_1 скорость коробки достигнет $v_{0x} = u$, то относ. ленте

$v_{0x} = u - u = 0$, где v_{0x} — скорость коробки относ.

ленте через T_1 , т.е. коробка остановится относ. ленте



в СО земли. Рассмотрим систему, движущуюся со скоростью u вправо отсчета. (в инерциальной системе).



т.к. лента покоится, нет в системе 1, а у ленты нет ускорения,

$\Rightarrow a = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$ — ускорение (мгновенно);

тогда в инерциальной системе уравнением движения в СО лабораторной СО на ось x : (где коробка)

$$v_x = v_{0x} + a_x T_1 \text{ (обязательно при } t = T_1), \text{ где}$$

$$v_x = u; \quad v_{0x} = v_0; \quad a_x = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

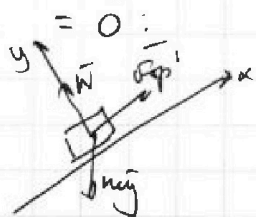


реже $u = v_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$T_1 = \frac{0 \frac{m}{s} - 1 \frac{m}{s}}{0,6 \frac{m}{s^2} (0,6 + 0,5 \cdot 0,8)} = 0,5 c$

3) Рассмотрим увеличение скорости во втором опыте:

из пункта 2 знаем, что до момента T_1 коробка движется относительно ленты, в T_1 останавливается относительно нее. Чтобы движение "закрепить" на ленте, ее и ленту ускорим и делаем равномерным, делаем все так, действующее на коробку, делаем



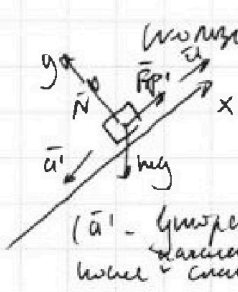
реже $F_{тр}'$ - так же как и раньше, делаем ускорением соответствующим mg по Ox ; заметим, что $F_{тр}' \leq \mu N \Rightarrow \mu g \cos \alpha = 0,5 mg \cdot 0,8 =$

$= 0,4 mg$

$\Rightarrow F_{тр}' \leq 0,4 mg$; во время нам $mg \sin \alpha = mg \cdot 0,6 =$

$= 0,6 mg \Rightarrow F' - mg \sin \alpha = 0,4 mg - 0,6 mg \neq 0$ (Поэтому

Нельзя в процессе на Ox) : режа коробка имеет ускорение вниз, а $F_{тр}' = \mu N = 0,4 mg$ так же как раньше



(a' - ускорение ленте - соответствующим)

По Oy закону Ньютона:

на Oy : $N - mg \cos \alpha = 0$

$N = mg \cos \alpha \Rightarrow$ По закону действия и противодействия

на Ox : $-mg \sin \alpha + F_{тр}' = -ma'$

$\Rightarrow ma' = 0,6 mg - 0,4 mg = 0,2 mg$

$\Rightarrow a' = 0,2 g$

реже мы видим что ускорение увеличивается скорость по Ox :



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!

$$L_x = \frac{v_{x1}^2 - v_{x2}^2}{2a_x}, \text{ где } L_x = L; v_{x1} = u; v_{x2} = 0; a_x = -0,2g$$

$$\Rightarrow L_1 = \frac{0 - u^2}{-2 \cdot 0,2g} = \frac{u^2}{0,4g}$$

L_1 - расстояние которое она пройдет ускоренно

$$L_2 = \frac{\left(\frac{1 \text{ м}}{2}\right)^2}{0,4 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,15 \text{ м}$$

$$\Rightarrow L = L_1 + \frac{v_{x1}^2 + v_{x2}^2}{2} \cdot T_1$$

Ответ: $S = 1 \text{ м}; T_1 = 0,5 \text{ с}; L = 2 \text{ м}$; $1^{\text{го}}$ ускоренно $2^{\text{го}}$ равнос. движение

$$\frac{u + v_0}{2} T_1 = \frac{1 \frac{\text{ м}}{\text{ с}} + 0 \frac{\text{ м}}{\text{ с}}}{2} \cdot 0,5 \text{ с} = 0,15 \text{ м}$$

$$\Rightarrow L = 0,15 \text{ м} + 1,85 \text{ м} = 2 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

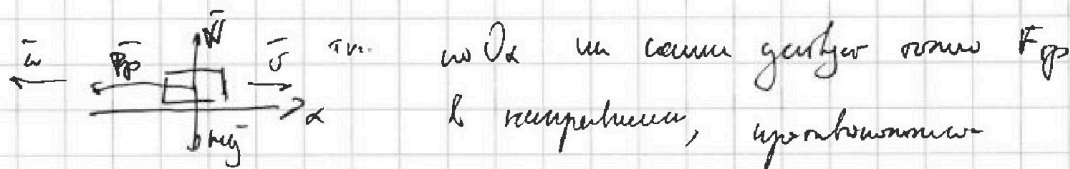
решение которой представлено на странице:

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!

На шпильке, к которой сила F приложена горизонтально и сверху, она движется горизонтально:



и не вращается, т.е. $\omega = 0$ и $\dot{\omega} = 0$. В центре тяжести равнодействующая сил F и F_f направлена вертикально вверх, уравновешивает вес mg .

В момент начала горизонтального движения кинетическая энергия $K = \frac{mv^2}{2}$, где v — скорость.

Из закона сохранения энергии при начале движения:

$$F_f \cdot s + N \cdot \Delta y = mgh, \text{ где } F_f, N, \Delta y - \text{ величина, или работа}$$

решим систему уравнений относительно s и v при начале движения:

$$\text{По } OY: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg;$$

$$\text{По } OX: -F_f = -ma, \text{ по закону Ньютона - Кюна}$$

$$F_f = \mu N = \mu mg = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \mu g$$

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

Из кинематических уравнений движения (равноускоренного движения) находим S :

$$\text{по } OX: S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}, \text{ где } S_x = S; v_{0x} = 0 \text{ (исходно)}$$

$$v_{0x} = 0; a_x = -\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$$

$$\Rightarrow S = \frac{-v^2}{2 \cdot \left(-\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g\right)} = \frac{K}{(1 - \cos \alpha) \mu g}$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; 2) $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \mu g}$

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. Печата QR-кода недопустима!



№3.

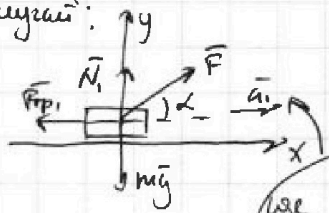
Дано:
 $g; K; L; \alpha$ - углы
 $F_1 = F_2 = AF$

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

Решение:

1) для удобства обозначим кинематическое состояние F
 в обоих случаях (т.е. сам элемент не смещается)

1 случай:



По закону сохранения кинематическое состояние

$\Delta E_k = \sum A_{F_{внеш}}$
 A_1 - работа сил тяжести
 F_{fr} - сила трения
 N_1 - сила реакции опоры
 F - сила приложенная

т.е. вычислим кинематическое состояние
 работ всех сил; т.к. N_1 и $mg \perp$ направлению
 движения, их работа = 0, $\Rightarrow \Delta E_k = AF + AF_{fr}$

$$\Delta E_k = E_{k_{конца}} - E_{k_{начала}}, \text{ в начале } E_{k_{нач}} = 0$$

$$\Rightarrow \text{т.к. } E_{k_{конца}} = K$$

$$\Delta E_k = K - 0 = K$$

$$\Rightarrow K = AF + AF_{fr}$$

$AF = F \cdot L \cdot \cos \alpha$, (т.к. F - косинус), где L - путь, пройденный
 при скольжении элемента F по поверхности;

$$AF_{fr} = F_{fr} \cdot L \cdot \cos 180^\circ = -F_{fr} L, \text{ где } F_{fr} \text{ - сила трения, которая}$$

во время движения:

т.к. F кинематическое состояние тела увеличивается,
 у него будет ускорение при действии F :

По II закону Ньютона $\sum F_x = ma$; т.е. Oy :

$$N_1 - mg + F \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

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!



по Ох: $F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma_1$

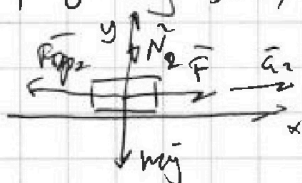
По закону Ампера - Вульфови $F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu (mg - F \sin \alpha)$

$\Rightarrow F_{\text{тр}1}$ - неизвестно

$\Rightarrow A_{\text{тр}1} = -\mu (mg - F \sin \alpha) L_1$

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

по 2-му закону:



где $F_{\text{тр}2}$ - сила трения

в 2-ом случае;

N_2 - сила реакции опоры

в 2-ом случае

a_2 - ускорение в 2-ом случае;

По II закону Ньютона:

$\vec{F}_{\text{тр}2} + \vec{N}_2 + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}_2$

На Oy: $N_2 - mg = 0$

$\Rightarrow N_2 = mg$

по Ох: $F - F_{\text{тр}2} = ma_2$; по закону Ампера - Вульфови $F_{\text{тр}2} = \mu N_2 =$

$= \mu mg$ - известная величина

\Rightarrow известна 1-ый закон $K = A_{\text{тр}1} + A_{\text{тр}2}$

$A_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}2} \cdot L_2 \cdot \cos \alpha$, где L_2 - высота призмы (или L_2 - 2-ой закон); $= F \cdot L_2$

$A_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}2} \cdot L_2 \cdot \cos \alpha = -\mu mg L_2$

$\Rightarrow K = F L_2 - \mu mg L_2$, где L_2 - высота призмы

ограничена, $L_1 = L_2$

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

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

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

1 2 3 4 5 6 7

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

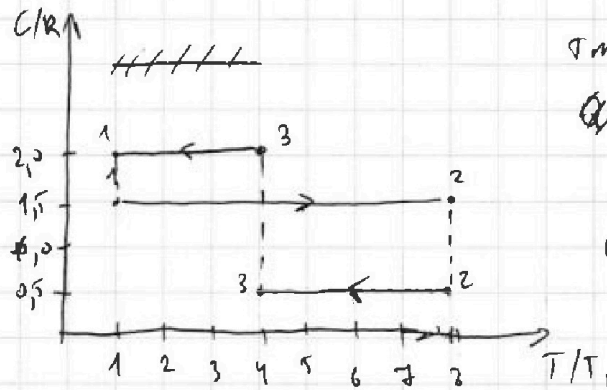


№ 4.

Дано: $v = 1 \text{ м/с}$
 $i = 3$
 $T_1 = 200 \text{ К}$
 $R = 3,31 \frac{\text{Дж}}{\text{мм} \cdot \text{К}}$

- 1) A_{31} - ?
- 2) η - ?
- 3) $P/P_1 (V/V_1)$

Решение:



Тк. в процессе

1, 2, 2, 3, 3, 1

C - постоянна,

используем Q и U

используем уравнения:

$$Q_{12} = \nu C_{12} (T_2 - T_1), \text{ где } C_{12} = 1,5R \text{ (из уравнения)}, \text{ так как } T_2 = 8T_1$$

$$\Rightarrow Q_{12} = \nu \cdot 1,5R \cdot (8T_1 - T_1) = 1,5\nu R \cdot 7T_1 = 10,5 \nu R T_1, \text{ - тепло передано}$$

$$Q_{23} = \nu C_{23} (T_3 - T_2), \text{ где } C_{23} = 0,5R, T_{32} = 4T_1 \text{ (из уравнения)}$$

$$\Rightarrow Q_{23} = \nu \cdot 0,5R (4T_1 - 8T_1) = -4 \cdot 0,5 \nu R T_1 = -2 \nu R T_1, \text{ - тепло}$$

отводится;

$$Q_{31} = \nu C_{31} (T_1 - T_3) \text{ где } C_{31} = 2R, \text{ так как (из уравнения)}$$

$$Q_{31} = \nu \cdot 2R (T_1 - 4T_1) = -3 \cdot 2 \nu R T_1 = -6 \nu R T_1, \text{ - отводится}$$

теплота;

Рассмотрим ΔU газа между процессами:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 = 10,5 \nu R T_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 8T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot (-4T_1) =$$

$$= -6 \nu R T_1$$

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

$$= -4,5 \nu R T_1$$

Пока по первой формуле определим работу

$$\text{процесса } 3-1: \quad Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \Rightarrow A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -6 \nu R T_1 + 4,5 \nu R T_1 = -1,5 \nu R T_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$\Rightarrow A_{31, \text{расч}} = -A_{31} = 1,5 \sqrt{RT_1}$$

$$A) A_{31, \text{расч}} = 1,5 \cdot 1 \text{ мм} \cdot 3,31 \frac{\text{Па}}{\text{км}} \cdot 200 \text{ К} = 2493 \text{ Па}$$

$$\eta_{\text{группы}} = \frac{\Sigma A}{Q_{\text{н}}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}} = 1 - \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}}$$

$$-Q_{\text{к}} = Q_{23} + Q_{31} \quad (\text{уже считали отбрасываем})$$

$$Q_{\text{н}} = Q_{12}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{группы}} = \eta = 1 - \frac{-(Q_{23} + Q_{31})}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{(-2\sqrt{RT_1} - 6\sqrt{RT_1})}{10,5\sqrt{RT_1}}$$

$$= 1 - \frac{8\sqrt{RT_1}}{10,5\sqrt{RT_1}} = \frac{10,5 - 8}{10,5} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$

Найдем работу A_{12} , A_{23} из первого нашего термодинамического уравнения:

уравн 1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$
 $10,5\sqrt{RT_1} = 19,5\sqrt{RT_1} + A_{12} \Rightarrow A_{12} = 0$

\Rightarrow процесс изохорный / изобарный / изотермический
по закону Менделеева - Клапейрона газ при 1-2

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 = 8\sqrt{RT_1}, \quad \text{закон 2-3 при } T_1$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow P_2 V_2 = 8 P_1 V_1; \quad \text{так } V_1 - \text{const при процессе 1-2} \Rightarrow P_2 = 8 P_1 \quad (\text{так } V_2 = V_1)$$

уравн 2-3: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

$$\Rightarrow -2\sqrt{RT_1} = -6\sqrt{RT_1} + A_{23}$$

$$\Rightarrow A_{23} = 4\sqrt{RT_1} \quad - \text{процесс изохорный, так } A_{23} > 0;$$

по закону Менделеева - Клапейрона газ при 1-3:

$$P_3 V_3 = \nu R T_3 = 4\sqrt{RT_1} = 4 P_1 V_1$$

Все изохорные изотермические процессы формируют цикл

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0 + 4\sqrt{RT_1} + 1,5\sqrt{RT_1} = 5,5\sqrt{RT_1} = 2,5 P_1 V_1$$



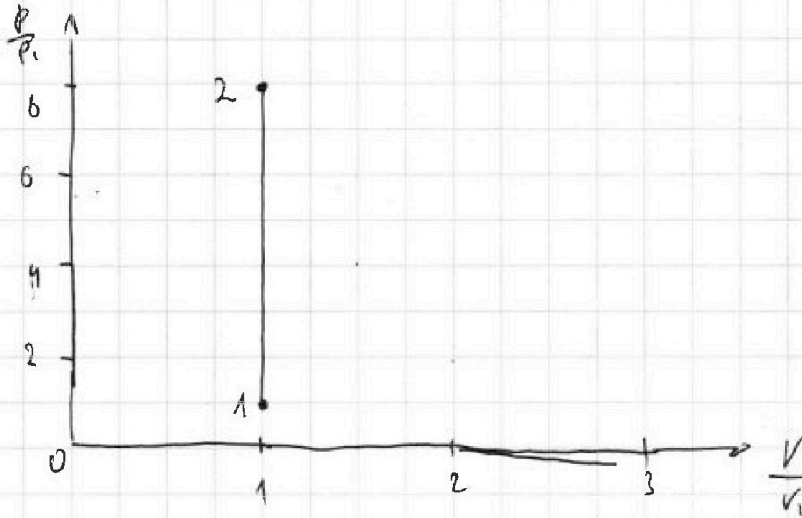
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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 checked="" 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!



№5.

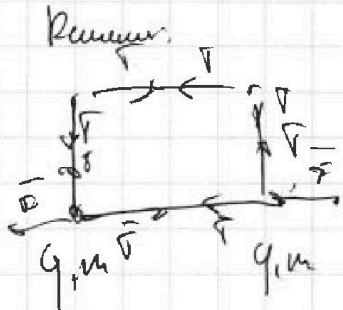
Дано:

$$\Gamma, \mu, \epsilon_0$$

$$|q| = ?$$

$$k = ?$$

$$d = ?$$



$$F = F$$

$$F = \frac{k|q|^2}{\epsilon_0 d^2} = \Gamma$$

$$\Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{\epsilon_0 d^2 \Gamma}{k}}$$

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!

Handwritten physics solution on grid paper. The text includes:

- Initial velocity: $u_0 = \frac{46 \text{ м/с}}{10 \sqrt{2}}$
- Force analysis: $F_{\text{сн}} = \mu F_{\text{сн2}} = \mu mg \cos \alpha$
- Equation of motion: $u^2 = 2g(L - \mu L) \Rightarrow L = \frac{u^2}{2g(1 - \mu)}$
- Diagram of a block on an inclined plane with forces mg , N , and $F_{\text{сн}}$.
- Energy conservation: $\frac{1}{2} m u^2 = m g L \sin \alpha - \mu m g L \cos \alpha$
- Final velocity calculation: $u = \frac{1}{2} R \omega$
- Power calculation: $P = F v = 6 \text{ Вт}$
- Angular velocity: $\omega = \frac{u}{R}$
- Diagram of a wheel on an inclined plane.
- Final velocity: $u = 2,8 \text{ м/с}$
- Power: $P = 3,4 \text{ Вт}$
- Force: $F = 2,5 \text{ Н}$
- Diagram of a wheel with forces mg , N , and F .
- Equation: $(F - mg) L = K = \frac{mv^2}{2}$
- Diagram of a wheel with forces mg , N , and F .
- Equation: $\frac{u^2 \sin^2 \alpha}{2g} = H$
- Equation: $u \sin \alpha = \sqrt{\frac{2gH}{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin \alpha}$
- Equation: $\sqrt{\frac{2gH}{1 - \cos^2 \alpha}} \cdot \sqrt{1 - \frac{2gH}{u^2}} = \frac{2gH}{u^2}$
- Equation: $\frac{u^2 \sin^2 \alpha - g^2}{2g \cos^2 \alpha} = H$
- Equation: $u \sin \alpha + \frac{g}{2} = H_{\text{max}}$
- Equation: $\frac{u^2 \sin^2 \alpha - g^2}{2g \cos^2 \alpha} = H$
- Equation: $\cos^2 \alpha = \frac{S}{u^2}$
- Equation: $\sqrt{1 - \frac{g^2}{u^2}} \cdot \frac{S}{u} = \frac{S}{u}$
- Equation: $\frac{S}{u} \cdot \frac{g}{u} = \frac{S}{u^2} \cdot g$
- Equation: $\frac{200^2 S \sin^2 \alpha - g^2}{200^2 \cos^2 \alpha} = H$
- Diagram of a wheel with forces mg , N , and F .
- Equation: $\sqrt{\frac{S}{g}} \cdot \left(\dots + \frac{g}{2} \right) = 1,5 \text{ м/с}$