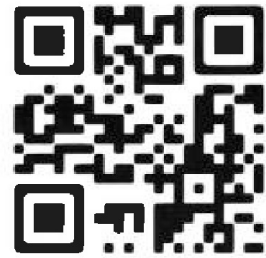


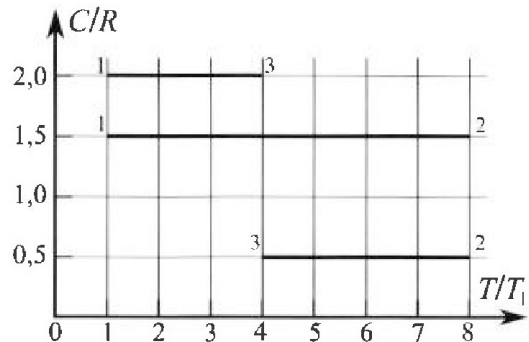
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

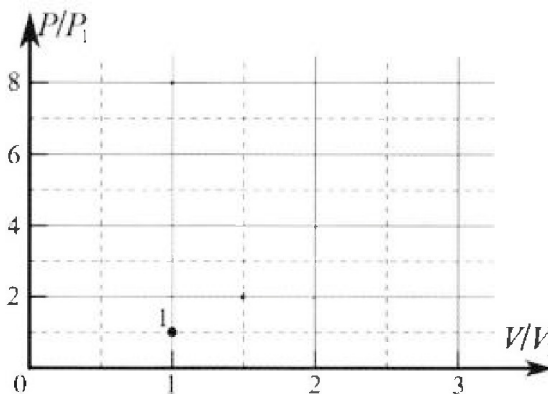
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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 $T_1 = 200$ K, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).

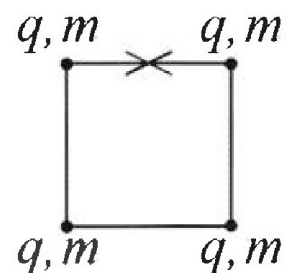


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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)? Электростатическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

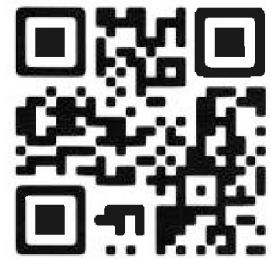




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.

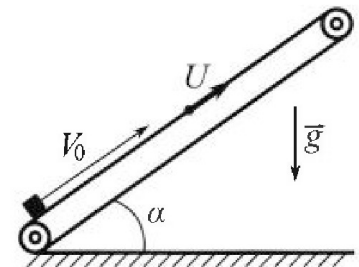
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

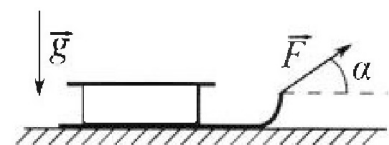
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

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!

№1.

Дано:

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

$$L = 20 \text{ м};$$

$$H = 3,6 \text{ м};$$

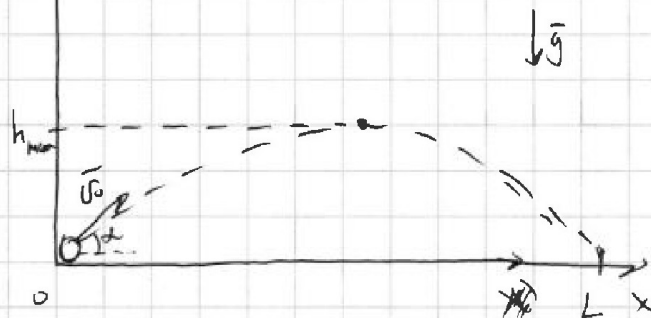
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$1) v_0 = ?$$

$$2) S = ?$$

Решение:

1) y



Рассмотрим движение камня по осям Ox и Oy :

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

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

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

из уравнения движения в направлении Oy :

$$v_y = v_{0y} + a_y t_{\text{подъема}}, \text{ где } v_y - \text{вертикальная скорость}$$

на Oy в верней точке движения, $v_y = 0$; $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$;

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

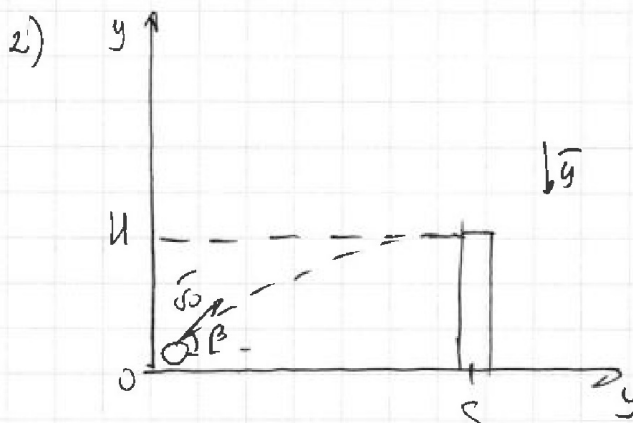
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{22m \cdot 10^3 \frac{m}{s^2}}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = \sqrt{\frac{200 \frac{m^2}{s^2}}{1}} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$



Рассмотрим движение,
где углубится бросается
или координат β ,

Пока в движении по x :

$S = v_0 \cos \beta \cdot t_2$, где t_2 -
время пока до земли;

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

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow S = \frac{v_0 \cdot \sqrt{2gH}}{g \cdot \frac{1}{v_0}} \cdot \sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}} = \frac{\sqrt{2gH(v_0^2 - 2gH)}}{g} \neq 0$$

Подставим значения

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

№2.

Дано:

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

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

$$\mu = 0,5;$$

$$T = 1 \text{ с};$$

$$U = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

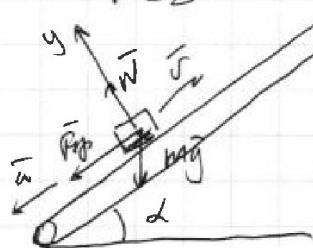
1) $S = ?$

2) $T_1 = ?$

3) $L = ?$

Решение:

1) Вращательный момент:



(где $T = 1 \text{ с}$), где $\vec{\sigma} = \vec{r} \times \vec{F}$ — вектор момента; $\vec{\sigma}$ — вектор момента силы $\vec{F}$ относительно центра масс

или равен mgl , или нормаль-
ной реакции опоры N и или
трение $F_{\text{тр}}$ (ок оси

вращения)

По II закону Ньютона:

$$mgl + N + F_{\text{тр}} = ma, \text{ т.к. } mgl, N \text{ и } F_{\text{тр}} \text{ в горизонт}$$

направление, a — полное ускорение

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

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

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

$$\Rightarrow N = mgl \cos \alpha$$

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

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

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

$$\Rightarrow mgl \sin \alpha + \mu mgl \cos \alpha = ma; \quad | : m$$

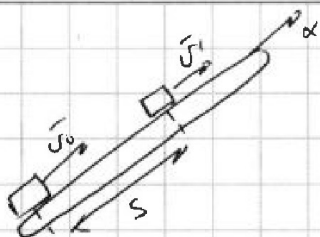
$$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = a;$$

$\Rightarrow$ Запишем уравнение кинематического равноускоренного

движения на Ox : $S_x = v_{0x}T + \frac{a_x T^2}{2}$ (за время T), 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!



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

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

$$S = \frac{6\sqrt{2}}{2} \cdot 10 - \frac{10^{\frac{m}{s^2}} (0,6 + 0,5 \cdot 0,6) (10)^2}{2} = (6 - 5)m = 1m$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \text{ (по известным значениям синуса угла)} \\ &= \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{0,64} = 0,8 \end{aligned}$$

2) Рассмотрим второй опыт в СО земли, когда

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

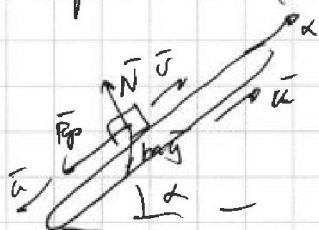
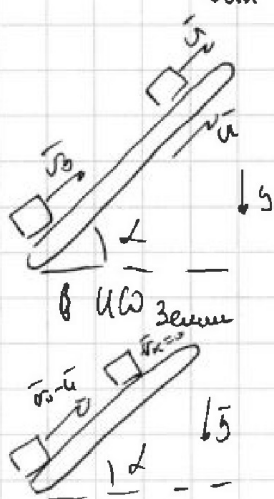
т.к. лента движется равномерно, системы отсчета ленты инерциальны;

поэтому если в лабораторной системе отсчета через время T_1 скорость коробки достигнет 0 м/с, то относ. земле

$v_k = u - u = 0$, где v_k — скорость коробки относ.

земли через T_1 , т.е. коробка достигнет относ. земли

в СО земли. Рассмотрим силы, действующие на коробку в этот момент. (в произвольный момент).



т.к. лента также не, как в пункте 1, а у ленты нет ускорения,

$\Rightarrow a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ — акселерация троса;

поэтому в кинематическом уравнении коробки 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

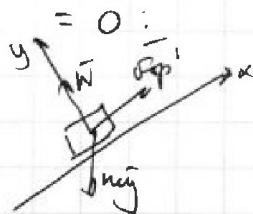
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

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

3) Рассмотрим увеличение скорости во втором отрезке:

из пункта 2 знаем, что до момента T_1 коробка движется относительно лент, в T_1 останавливается относительно нее. Чтобы данное "зеркало" не мешало, мы можем ускорение и движение равноускоренно, увеличивая или, действуя на коробку, уменьшая



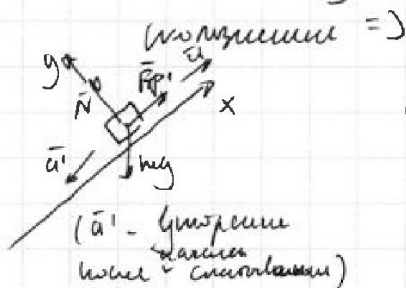
поэтому $F_{тр}'$ - или трение покоя, которое уравновешивает составляющую mg по Ox ; заметим, что $F_{тр}' \leq \mu N \Rightarrow \sin \alpha \cos \alpha = 0,5 \cdot \cos \alpha \Rightarrow$

$$= 0,4 \sin \alpha$$

$$\Rightarrow F_{тр}' \leq 0,4 \sin \alpha; \text{ во время нам } \sin \alpha = \sin 36,8^\circ =$$

$$= 0,6 \sin \alpha \Rightarrow F' - \sin \alpha = 0,4 \sin \alpha - 0,6 \sin \alpha \neq 0 \quad (\text{Позитив}$$

Минимум в проекции на Ox) : тогда коробка начнет двигаться вниз, а $F_{тр}' = \mu N = 0,4 \sin \alpha$ или сила трения



(a' - ускорение коробки относительно ленты)

По II закону Ньютона:

на Oy : $N - mg \cos \alpha = 0$

$$N = mg \cos \alpha \Rightarrow \text{По закону сохранения энергии}$$

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

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

$$\Rightarrow a' = 0,2 g$$

поэтому мы имеем равноускоренное движение коробки 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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$L_x = \frac{v_{x1}^2 - v_{x2}^2}{2ax}, \text{ где } L_x = 4; v_{x1} = u; v_{x2} = 0; ax = -0,2g$$

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

L_1 — расстояние от точки
до начала движения

$$L_2 = \frac{\left(\frac{1u}{2}\right)^2}{0,4 \cdot \omega^2} = 0,15u$$

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

Ответ: $S = 1m; T_1 = 0,5s; L = 2m$; $\omega = 0,25/s$

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

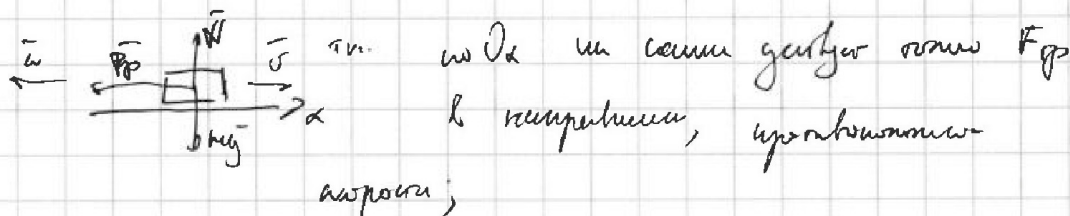
$$\Rightarrow L = 0,15u + 1,575u = 2m$$



1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

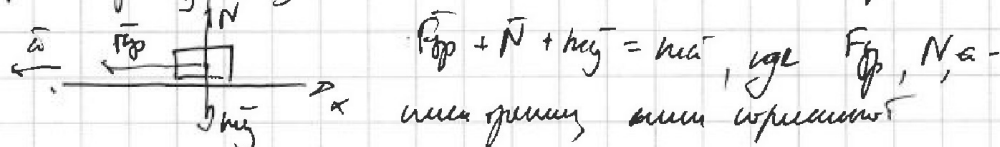
На момент, когда сила F перестает действовать на камень, он находится в покое:



В момент, когда камень начинает двигаться, сила трения становится кинематической $F_{kp} = \mu N$, где μ - коэффициент трения.

Камень находится в покое $\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$

Рассмотрим закон Ньютона после того, как камень начал двигаться:



Решим систему уравнений для камня:

По Oy: $N - mg = 0$
 $\Rightarrow N = mg$

По Ox: $-F_{fr} = -ma$, по закону Ньютона - Кулона

$F_{fr} = \mu N = \mu mg = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} mg$

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

Из кинематических уравнений движения (равноускоренное движение) найдем S :

по Ox: $S_x = \frac{v_x^2 - v_0^2}{2a_x}$, где $S_x = S$; $v_x = 0$ (остановился)

$v_0 = v$; $a_x = -\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$

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

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

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.

Дано:

$g; K; L; \alpha$ - углы

$$F_1 = F_2 \cdot \cos \alpha$$

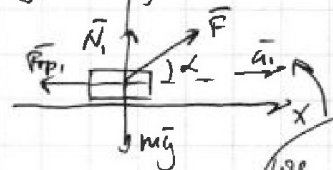
1) $m = ?$

2) $S = ?$

Решение:

1) для удобства обозначим кинематическое уравнение F
вдоль оси x (т.е. ось x направлена по условию)

1 случай:



По закону сохранения
кинетической энергии

$$\Delta E_k = \sum A_{F_{\text{полезн}}}$$

$A_{\text{полезн}}$ - работа сил F и $F_{\text{тр}}$ (т.е. $F_{\text{тр}}$ - сила трения, N - сила реакции опоры, mg - сила тяжести)

т.е. внешними кинематическими силами
работ всех сил; т.е. N и mg $\perp$ направлению
движения, их работа = 0, $\Rightarrow \Delta E_k = A_F + A_{F_{\text{тр}}}$

$$\Delta E_k = E_{k_{\text{конечн}}} - E_{k_{\text{начальн}}}, \text{ где } E_{k_{\text{начальн}}} = 0$$

$$\Rightarrow \text{т.е. } E_{k_{\text{конечн}}} = K$$

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

$$\Rightarrow K = A_F + A_{F_{\text{тр}}}$$

$A_F = F \cdot L \cdot \cos \alpha$ (т.е. F - сила, L - путь, пройденный
при действии силы F на объект)

$$A_{F_{\text{тр}}} = F_{\text{тр}} \cdot L \cdot \cos 180^\circ = -F_{\text{тр}} \cdot L, \text{ где } F_{\text{тр}} - \text{сила трения}$$

тогда F - сила, действующая

по закону сохранения энергии

у нас есть уравнение при действии F :

$$N + mg + F + F_{\text{тр}} = mg$$

По II закону Ньютона $\sum F_x = 0$

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

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!

по Ох: $F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = m a_1$

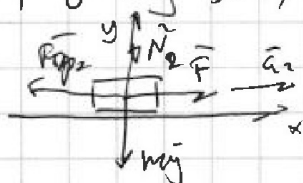
По закону Ампера - Вульфа $F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu (m g - F \sin \alpha)$

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

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

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

по 2-му закону:



где $F_{\text{тр}2}$ - сила трения
в этом направлении;
 N_2 - сила реакции опоры
в этом направлении;
 F - горизонтальная сила в этом
направлении;

По II закону Ньютона:

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

На Oy: $N_2 - m g = 0$

$\Rightarrow N_2 = m g$

по Ох: $F - F_{\text{тр}2} = m a_2$; по закону Ампера - Вульфа $F_{\text{тр}2} = \mu N_2 =$

$= \mu m g$ - постоянным значением

$\Rightarrow$ для второго закона Ньютона $K = A_1 + A_{\text{тр}2}$

$A_F = F \cdot L_2 \cdot \cos \alpha$, где L_2 - длина пути, пройденного телом в этом направлении; $= F \cdot L_2$

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

$\Rightarrow K = F L_2 - \mu m g L_2$, где $L_1 = L_2$ (по условию)

$K = L_2 (F \cos \alpha - \mu m g + \mu F \sin \alpha) = L_2 (F - \mu m g)$

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

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

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: $\nu = 1 \text{ моль}$

$T_1 = 200 \text{ К}$

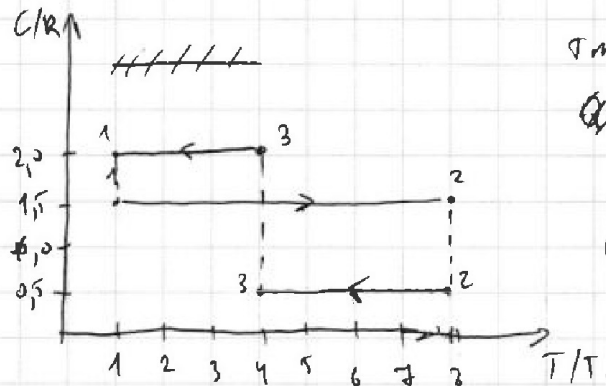
$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

1) $A_{31} - ?$

2) $\eta = ?$

3) $P/P_1 (V/V_1)$

Решение:



Т.к. в процессе

1-2, 2-3, 3-1

C - постоянна,

используем Q_{12} и Q_{23}

используем уравнения:

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

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

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

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

отбрана;

$$Q_{31} = \nu C_{31} (T_1 - T_3) \text{ где } C_{31} = 2R, T_3 = 4T_1 \text{ (из уравнения)}$$

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

теплота;

Рассмотрим ΔU для каждого процесса:

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

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

$$= -6 \nu R T_1$$

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

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

Пока по первой формуле вычисляем A_{31}

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

$$A) A_{31\text{мгн}} = 1,5 \cdot 1 \text{ мм} \cdot 3,31 \frac{\text{Ан}}{\text{Клм}} \cdot 200 \text{ К} = 2493 \text{ Дж}$$

$$\eta_{\text{гн}} = \frac{\Sigma A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_k}{Q_n} = 1 - \frac{Q_k}{Q_n}$$

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

$$Q_n = Q_{12}$$

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

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

Найдём работу A_{12} , A_{23} из первого нашего термодинамического цикла проходим процесс 1-2:

$$\text{гн 1-2: } Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$10,5\sqrt{RT_1} = 19,5\sqrt{RT_1} + A_{12} \Rightarrow A_{12} = 0$$

$\Rightarrow$ процесс изохорный / изобарный / изотермический / адиабатный

по закону Менделеева - Клапейрона гн при 1-2

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

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow P_2 V_2 = 8 P_1 V_1; \text{ так } V_1 - \text{const гн}$$

процесс 1-2 $\Rightarrow P_2 = 8 P_1$ (так $V_2 = V_1$)

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

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

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

по закону Менделеева - Клапейрона гн при 2-3:

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

Все изохорные изотермические процессы гн имеют для себя

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

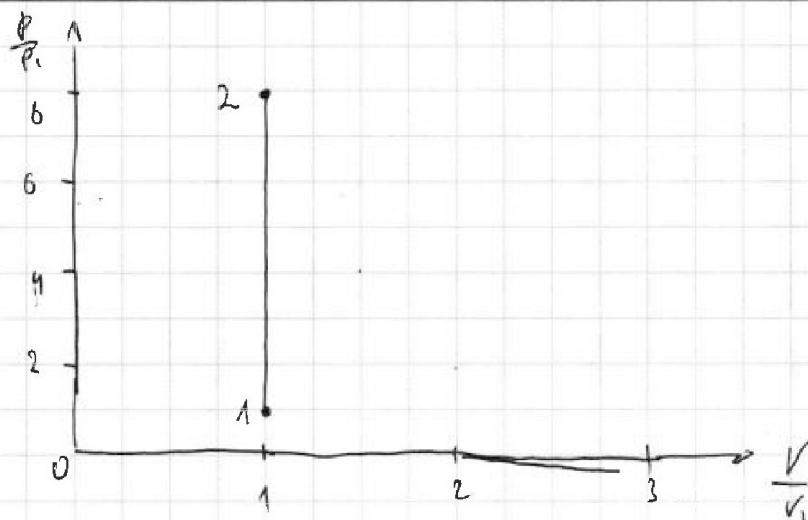
5
☐

6
☐

7
☐

 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

№5.

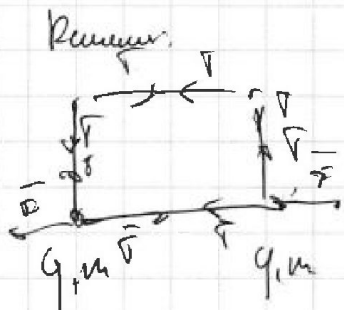
Дано:

Γ, μ, ϵ_0

$|q|$?

k ?

d ?



$$F = \Gamma$$

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

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

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 solution for a physics problem involving a particle on a curved surface and a spring.

Diagram 1: A particle of mass m is shown at the top of a curved surface of height L . The particle is released from rest. The surface is frictionless. The particle moves down the curve and then horizontally to the right, where it encounters a spring with spring constant k .

Diagram 2: A particle of mass m is shown at the top of a curved surface of height L . The particle is released from rest. The surface is frictionless. The particle moves down the curve and then horizontally to the right, where it encounters a spring with spring constant k .

Calculations:

Using conservation of energy, the speed of the particle at the bottom of the curve is found to be $v = \sqrt{2gL}$.

The particle then moves horizontally to the right, where it encounters a spring. The spring is compressed by a distance x . The work done by the spring is $\frac{1}{2}kx^2$.

The kinetic energy of the particle at the bottom of the curve is $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2gL) = mgL$.

Setting the kinetic energy equal to the work done by the spring, we get:

$$mgL = \frac{1}{2}kx^2$$

Solving for x , we get:

$$x = \sqrt{\frac{2mgL}{k}}$$

The maximum force exerted by the spring is $F_{\text{max}} = kx = \sqrt{2mgkL}$.

The maximum acceleration of the particle is $a_{\text{max}} = \frac{F_{\text{max}}}{m} = \sqrt{\frac{2gkL}{m}}$.

The time taken for the particle to reach the spring is $t = \frac{L}{v} = \frac{L}{\sqrt{2gL}} = \sqrt{\frac{L}{2g}}$.

The time taken for the spring to compress by a distance x is $t = \frac{x}{v} = \frac{\sqrt{\frac{2mgL}{k}}}{\sqrt{2gL}} = \sqrt{\frac{m}{k}}$.

The total time taken for the particle to reach the spring and compress it by a distance x is $t_{\text{total}} = \sqrt{\frac{L}{2g}} + \sqrt{\frac{m}{k}}$.

The maximum speed of the particle is $v_{\text{max}} = \sqrt{2gL}$.

The maximum acceleration of the particle is $a_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2gkL}{m}}$.

The maximum force exerted by the spring is $F_{\text{max}} = \sqrt{2mgkL}$.

The maximum work done by the spring is $W_{\text{max}} = \frac{1}{2}kx^2 = mgL$.

The maximum kinetic energy of the particle is $K_{\text{max}} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 = mgL$.

The maximum potential energy of the spring is $U_{\text{max}} = \frac{1}{2}kx^2 = mgL$.

The maximum total mechanical energy of the system is $E_{\text{max}} = K_{\text{max}} + U_{\text{max}} = 2mgL$.

The maximum speed of the particle is $v_{\text{max}} = \sqrt{2gL}$.

The maximum acceleration of the particle is $a_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2gkL}{m}}$.

The maximum force exerted by the spring is $F_{\text{max}} = \sqrt{2mgkL}$.

The maximum work done by the spring is $W_{\text{max}} = \frac{1}{2}kx^2 = mgL$.

The maximum kinetic energy of the particle is $K_{\text{max}} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 = mgL$.

The maximum potential energy of the spring is $U_{\text{max}} = \frac{1}{2}kx^2 = mgL$.

The maximum total mechanical energy of the system is $E_{\text{max}} = K_{\text{max}} + U_{\text{max}} = 2mgL$.