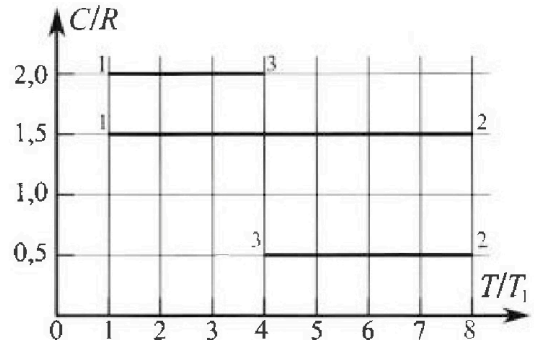


Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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

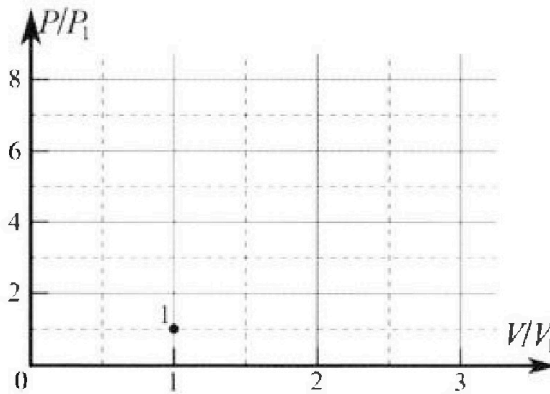
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

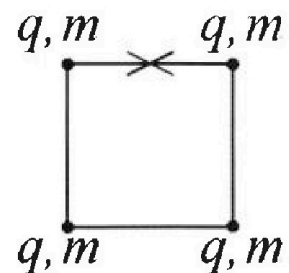
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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.

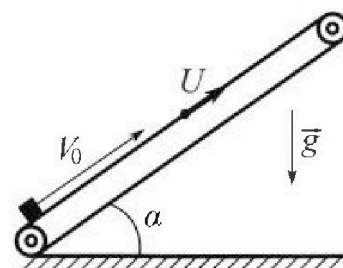
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

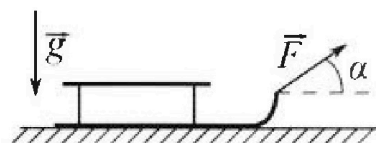
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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 ☐

МФТИ

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

$$t_2 = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

$$v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

Найдем такой β , при котором $S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$ максимален

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

$$= \frac{S}{\cos^2 \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{2 \sin \beta}{\cos^3 \beta} = 0$$

$$= -2 \cdot \cos^2 \beta \cdot (-\sin \beta) = \frac{2 \sin \beta}{\cos^3 \beta}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{g S}{v_0^2} \cdot \frac{\tan \beta}{\cos^2 \beta} = 0$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} \left(1 - \frac{g S}{v_0^2} \cdot \tan \beta \right) = 0$$

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \quad | : \cos^2 \beta$$

$$\tan^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{\cos^2 \beta} = 0 \\ \frac{g S}{v_0^2} \tan \beta = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \tan^2 \beta + 1 = 0 \\ \tan \beta = \frac{v_0^2}{g S} \end{cases}$$

$$\tan^2 \beta = -1 \rightarrow \beta \in \emptyset$$

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

$$\begin{aligned} 125 &= \\ 25.5 &= \\ 2925 &= \end{aligned}$$

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

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \left(\frac{v_0^4}{g^2 S^2} + 1 \right) \quad H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2 v_0^4}{2 v_0^2 g^2 S^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \quad \times \frac{225}{1575}$$

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

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

$$\begin{aligned} 19,6 - 7,2 &= \\ &= 12,4 \end{aligned}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} - H = \frac{g S^2}{2 v_0^2} \quad S = \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right) \cdot \frac{2 v_0^2}{g}} = v_0 \sqrt{\frac{\frac{v_0^2}{2g} - 2H}{g}}$$

$$S = 14 \cdot \sqrt{\frac{19,6}{10} - 2 \cdot 3,6} = 14 \cdot \sqrt{\frac{72,4}{10}} = 14 \sqrt{7,24} \approx$$

$$\begin{aligned} 14 \sqrt{7,25} &= 14 \cdot \sqrt{9,25 \cdot 5} = \\ &= 14 \cdot 9,5 \sqrt{5} \approx 7 \cdot 2,25 = \\ &= 15,75 \text{ м} \end{aligned}$$

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.

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $v_0 = ?$

Решение:



$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t \\ y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент падения мяча
на ~~горизонтальную~~ горизонтальную
поверхность t_1 :

$$\begin{cases} x(t_1) = L \\ y(t_1) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha t_1 = L \\ v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{L}{v_0 \cos \alpha} \\ v_0 \sin \alpha \cdot \frac{L}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{L^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = 0 \end{cases}$$

$$L \tan \alpha = \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

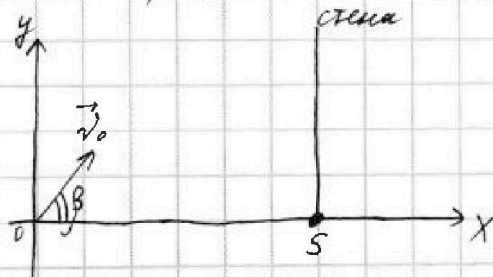
$$\frac{gL}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = \tan \alpha$$

$$2v_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{gL}{\tan \alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\tan \alpha \cdot 2 \cdot \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{2 \sin \alpha \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{gL}$$

$$v_0 = \sqrt{10 \cdot 20} = \sqrt{5 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 5} = 5 \cdot 2\sqrt{2} = 10\sqrt{2} \approx 10 \cdot 1.41 = 14.1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2). $H = 3.6 \text{ м}$; $S = ?$



$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \beta t \\ y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент времени t_2 , когда
мяч бьет в стену:

$$\begin{cases} x(t_2) = S \\ y(t_2) = H, y(t_2) \rightarrow \max \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 \cos \beta t_2 = S \\ v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = H, v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \rightarrow \max \end{cases}$$

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!

31. В С.О. "лента транспортера".

Когда скорость коробки обратится в ноль во втором опыте, $v_{к,л} = -u$

В момент времени T_1 $F_{тр}$ меняет своё направление.

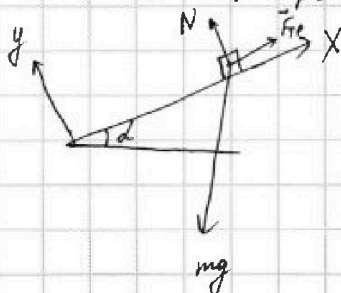
Посмотрим, какой путь d
проехала коробка к T_1 :

$$d = v_0 T_1 + \frac{a_2 T_1^2}{2} = 3,75 \text{ м}$$

~~$E = 10 \cdot 10^3$~~

$$d = 16 \cdot 0,3 - 8 \cdot 0,3^2 = 3,75 \text{ м}$$

Новый отсчёт времени:
в момент времени T_1 $t = 0$.



$$-mg \sin \alpha + F_{тр} = m a_3$$

$$-mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = m a_3$$

$$a_3 = -g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

$$a_3 = -2 \frac{g}{c^2}$$

$$v_{к,л}(t) = a_3 t$$

В момент времени t_4 , когда
скорость коробки в С.О. "лаборатория" обратится в ноль,

$$v_{к,л}(t_4) = -u$$

$$a_3 t_4 = -u$$

$$t_4 = -\frac{u}{a_3} = \frac{16}{2} = 8 \text{ с}$$

$$t_4 = \frac{-7}{-2} = \frac{7}{2} \text{ с}$$

(1000 м/с)

В С.О. "Земля"

$$d_2 = u t_4 + a_3 t_4^2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$d_2 = 1 \cdot \frac{7}{2} + (-2) \cdot \frac{7}{4} \cdot \frac{7}{2} = \frac{7}{2} - \frac{7}{2} = 0 \text{ м}$$

$$L = d + d_2 = 3,75 + 0 = 3,75 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

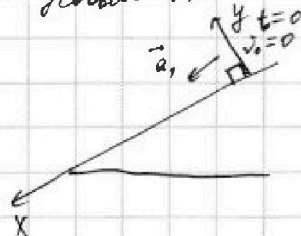
МФТИ

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



Т.к. $a_1 > 0$, то коробка поедет вниз.

Новый отсчет времени:



$$x(t) = \frac{a_1 t^2}{2}$$

к моменту $T - t_1$:

$$x(T - t_1) = l_2$$

$$l_2 = \frac{a_1 (T - t_1)^2}{2}$$

$$l_2 = \frac{2 \cdot 9.4^2}{2} = 9.16 \text{ м}$$

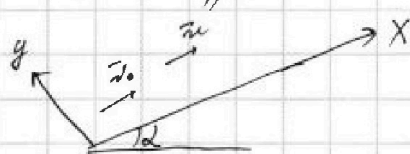
$$S = l + l_2$$

$$S = 9.16 + 9.8 = 18.96 \text{ м}$$

$$l = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{36}{2 \cdot 10 \cdot (0.95 \cdot 0.98 + 0.6)} = \frac{36}{2 \cdot 10} = \frac{36}{20} = 1.8 \text{ м}$$

2). $u = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}; T_1 = ?$

В С.О. "лента транспортера" — это инерциал. С.О.

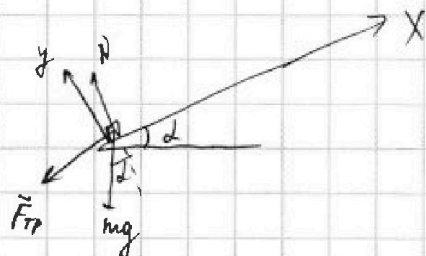


тогда $\vec{v}_{K12} = \vec{v}_{K11} + \vec{v}_{112}$
коробка движется, т.е. лабораторн. С.О.

$$\vec{v}_{K11} = \vec{v}_{K12} - \vec{v}_{112}$$

$$\vec{v}_{K11} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

ОХ: $v_{K11} = v_0 - u = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



ОХ: $-mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_2$

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

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

$$a_2 = -g$$

В момент времени T_1 $v_{K12} = u \Rightarrow v_{K11}(T_1) = 0$.

$$v_{K11} + a_2 T_1 = 0$$

$$v_{K11} - g T_1 = 0$$

$$T_1 = \frac{v_{K11}}{g}$$

$$T_1 = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

Дано:

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

$$v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

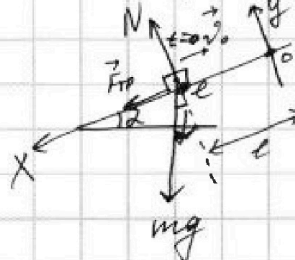
$$S = ?$$

N2.

Решение:



Рассчитаю, сколько времени потребуется,
чтобы коробка достигла до выс-
шей точки своей траектории:



$$\begin{cases} \text{OY: } N - mg \cos \alpha = 0 \\ \text{OX: } F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = m a \\ F_{\text{тр}} = \mu N \end{cases}$$

$$x(t) = l - v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v_x(t) = -v_0 + a t$$

Пуск от ~~нижней~~ точки
спуска коробки до высшей
точки расстояние l .

$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = m a$$

$$x(t) = l - v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v_x(t) = -v_0 + a t$$

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

В момент времени t_1 :

$$\begin{cases} v_x(t_1) = 0 \\ x(t_1) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -v_0 + a t_1 = 0 \\ l - v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{v_0}{a} \\ l - v_0 \frac{v_0}{a} + \frac{a}{2} \cdot \frac{v_0^2}{a^2} = 0 \end{cases}$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$l - \frac{v_0^2}{a} + \frac{v_0^2}{2a} = 0$$

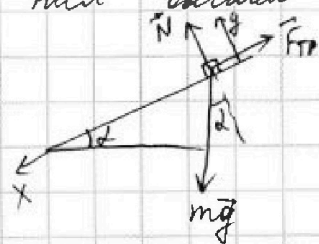
$$l = \frac{v_0^2}{2a}$$

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

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \\ &= \sqrt{1 - 0,36} = \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$t_1 = \frac{6}{10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = \frac{6}{10(0,4 + 0,6)} = 0,6 \text{ с}$$

$\Rightarrow$ к моменту времени $T = 1 \text{ с}$ коробка уже успеет ~~добречь~~
высш. Проверим, поедет ли коробка вниз после достиже-
ния высшей точки:



$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ \text{OX: } mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = m a, \\ F_{\text{тр}} = \mu N \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \\ mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = m a, \end{cases}$$

$$a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 = \\ &= 6 - 5 \cdot 0,8 = 6 - 4 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \end{aligned}$$

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!

$$\frac{v^2 \cdot m}{2(F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha))} = \frac{m v^2}{2(F - \mu mg)}$$

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

$$\begin{aligned} F \cos \alpha - \mu mg &= F - \mu mg \\ F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha &= F - \mu mg \\ F(\mu \sin \alpha + \cos \alpha) &= F \end{aligned}$$

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

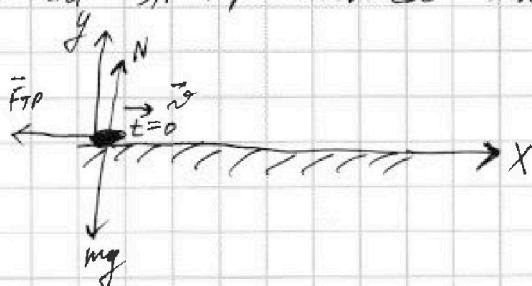
$$\mu \sin \alpha = -\cos \alpha$$

$$\boxed{\mu = -\cot \alpha}$$

если не учитывать трения, то

$$\mu = \cot \alpha.$$

Задача 3). Торможение санок:



$$\begin{cases} \text{по } y: N - mg = 0 \\ F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \\ \text{по } x: -F_{\text{тр}} = ma \end{cases}$$

$$-\mu mg = ma$$

$$\begin{cases} a = -\mu g \\ x(t) = vt + \frac{a t^2}{2} \\ v_x(t) = v + at \end{cases}$$

В момент остановки t_2 санок:

$$\begin{cases} x(t_2) = S \\ v_x(t_2) = 0 \end{cases}$$

$$v + at_2 = 0$$

$$t_2 = -\frac{v}{a}$$

$$vt_2 + \frac{a t_2^2}{2} = S$$

$$\begin{aligned} S &= v \cdot \left(-\frac{v}{a}\right) + \frac{a}{2} \frac{v^2}{a^2} \\ S &= -\frac{v^2}{a} + \frac{v^2}{2a} = -\frac{v^2}{2a} = \\ &= -\frac{v^2}{2 \cdot (-\mu g)} = \frac{v^2}{2\mu g}; \quad \frac{m v^2}{2} = K \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} \Rightarrow \boxed{S = \frac{2K}{m \cdot 2\mu g} = \frac{K}{\mu mg}} \end{aligned}$$

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!

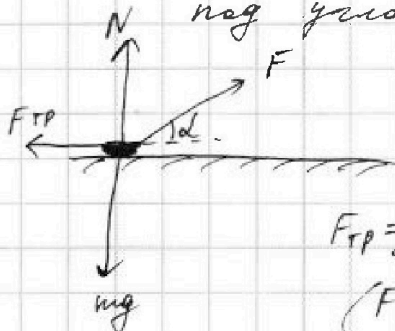


N 3.

Дано:
 K, d
 μ ?

Решение:

1). На санки действуют с силой, направленной под углом α к горизонту:



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

$$\begin{cases} F \cos \alpha - F_{тр} = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = m a_1 \\ a_1 t_1^2 = S_1 \end{cases} \quad \text{ускоряются, так как сила разгоняет санки.}$$

$$a_1 t_1 = v \quad \left(v = \sqrt{\frac{K \cdot 2}{m}} \right)$$

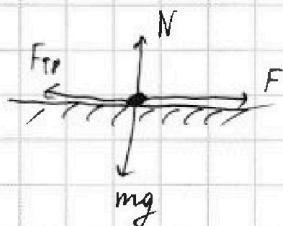
$$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m}$$

$$S_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m \cdot 2} t_1^2$$

$$v = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m} t_1$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{v}{a_1} = \frac{\sqrt{\frac{K \cdot 2}{m}}}{\frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m}} \\ S_1 &= \frac{v^2}{2 a_1} = \frac{\frac{K \cdot 2}{m}}{2 \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m}} \end{aligned}$$

2). На санки действ. с горизонт. направл. силой:



$$F_{тр} = \mu mg$$

$$F - F_{тр} = F - \mu mg = m a_2$$

$$\frac{a_2 t_2^2}{2} = S_1$$

$$a_2 t_2 = v$$

$$\begin{cases} a_2 = \frac{F - \mu mg}{m} \\ S_1 = \frac{F - \mu mg}{m \cdot 2} t_2^2 \\ v = \frac{F - \mu mg}{m} t_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_2 = \frac{m v}{F - \mu mg} \\ S_1 = \frac{F - \mu mg}{2 m} \cdot \frac{m^2 v^2}{(F - \mu mg)^2} \end{cases}$$

$$S_1 = \frac{m v^2}{2 (F - \mu mg)}$$

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!



$$S_3 = \frac{A_{3,2}}{P_1 V_1} = \frac{|-1,5 \text{ OPT}_2|}{P_1 V_1} = |-1,5| = 1,5$$

↓
показано
пог. укл. 3-1.

$$S_2 = \frac{x+y}{2} \cdot h; x = \frac{P_2}{P_1} = 8$$

$$S_3 = h \cdot \frac{1+y}{2}$$

$$\begin{cases} h = \frac{8+y}{2} \\ 1,5 = \frac{1+y}{2} h \end{cases}$$

$$\begin{cases} h = \frac{8}{8+y} \\ 1,5 = \frac{1+y}{2} \cdot \frac{8}{8+y} \end{cases}$$

$$3 = \frac{8+y}{8+y}$$

$$24+3y = 8+y$$

$$5y = 16$$

$$y = \frac{16}{5} = 3,2$$

$$h = \frac{8}{8+3,2} = \frac{8}{11,2} = \frac{80}{112} = \frac{10}{14} = \frac{5}{7}$$

$$\begin{cases} \frac{8+y}{2} \cdot h = 4 \\ \frac{h}{2} (1+x-y) = 1,5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} h = \frac{8}{8+y} \\ \frac{4}{8+y} (1+8-y) = 1,5 \end{cases}$$

$$\frac{4}{8+y} (9-y) = 1,5$$

$$36-4y = 12+15y$$

$$24 = 5,5y$$

$$y = \frac{24}{5,5} = \frac{240}{55} = \frac{48}{11}$$

$$\approx 4,4$$

$$h = \frac{8}{8+y} = \frac{8}{12,4} = \frac{80}{124} = \frac{40}{62} = \frac{20}{31} \approx \frac{2}{3}$$

$$\begin{array}{r} 240 \overline{) 55} \\ 240 \overline{) 55} \\ \hline 15 \\ 150 \overline{) 15} \\ \hline 150 \\ \hline 0 \end{array}$$

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!

$$\eta = \frac{A_{1,2} + A_{2,3} + A_{3,1}}{Q_{1,2}}$$

$$7C_{V,T_1} = \frac{27}{2} \nu R T_1 + A_{1,2}$$

$$-4C_{V,T_1} = -\frac{3}{2} \nu R T_1 + A_{2,3}$$

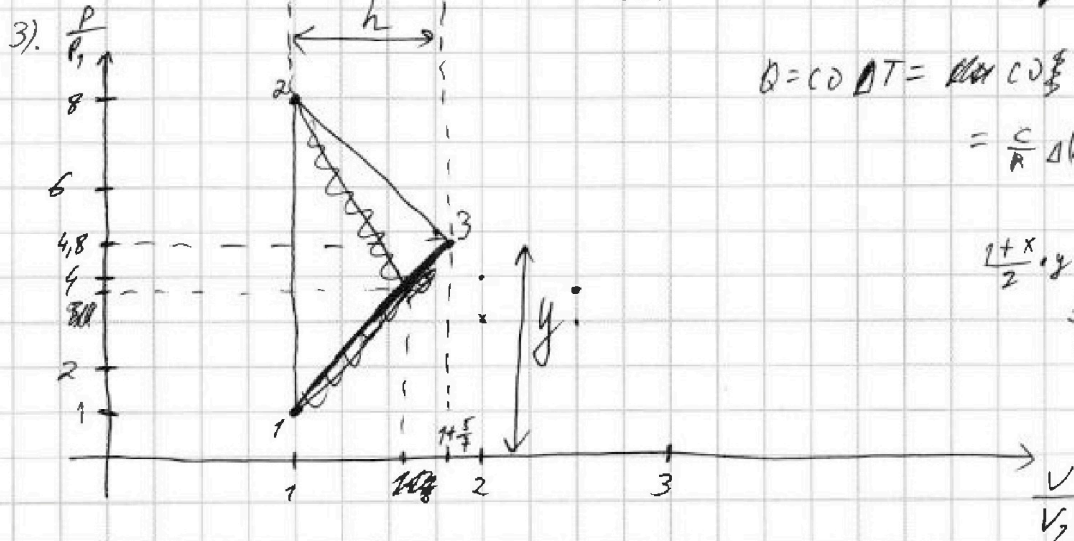
$$A_{3,1} = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{1,2} = 7C_{V,T_1} = 7 \cdot \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{27}{2} \nu R T_1$$

$$\begin{aligned} A_{1,2} &= \frac{14}{2} \nu R T_1 - \frac{27}{2} \nu R T_1 = \\ &= \frac{3}{2} \nu R \cdot 7 \nu R T_1 - \frac{27}{2} \nu R T_1 = \\ &= \frac{27}{2} \nu R T_1 - \frac{27}{2} \nu R T_1 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{2,3} &= -4C_{V,T_1} + \frac{3 \cdot 4}{2} \nu R T_1 = \\ &= -4 \cdot \frac{3}{2} \nu R T_1 + 6 \nu R T_1 = \\ &= -2 \nu R T_1 + 6 \nu R T_1 = 4 \nu R T_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{(4 \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_1) \cdot 2}{\frac{27}{2} \nu R T_1 \cdot 27} = \\ &= \frac{(4 - \frac{3}{2}) \cdot 2}{27} = \frac{8 - 3}{27} = \frac{5}{27} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Q = C_{V,T} \Delta T &= \frac{5}{2} \nu R \frac{\Delta(PV)}{\nu R} = \\ &= \frac{5}{2} \Delta(PV) \end{aligned}$$

$$\frac{1+x}{2} \cdot 8$$

5 1
1 1.6

$$P_1 V_1 = \nu R T_1, \text{ т.к. } A_{1,2} = 0, \text{ то } V_2 = V_1$$

$$\text{т.к. } T_2 = 8 T_1, \text{ то } P_2 V_2 = \nu R \cdot 8 \cdot T_1$$

$$\downarrow$$

$$P_2 = 8 P_1$$

$$\Delta U_{3,1} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - 4 T_1) = -\frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$\begin{aligned} Q &= C_{V,T} \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \frac{\Delta(PV)}{\nu R} = \frac{5}{2} \Delta(PV) \\ Q_{2,3} &= \frac{5}{2} \nu R (P_3 V_3 - P_2 V_2) = \frac{5}{2} \nu R (4 - 8) \nu R T_1 \end{aligned}$$

$$S_2 = \frac{A_{2,3}}{P_1 V_1} = \frac{4 \nu R T_1}{P_1 V_1} = 4$$

кванта по графику
с осей $\frac{P}{P_1}$ и $\frac{V}{V_1}$ во время цикла 2-3.

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!

$$Q = C_V \cdot \Delta T$$

ИМ.

Дано:

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

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

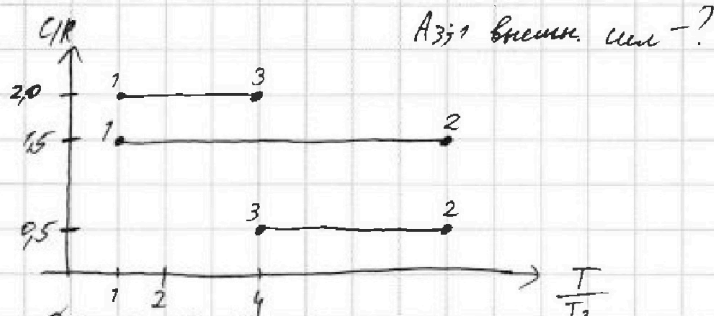
$$\nu = 1 \text{ моль}$$

Азот

$\eta = ?$

Азот, внешний цикл

Решение:



$$Q_{1,2} = Q_{1,2} + A_{1,2}$$

$$Q_{1,2} = 1,5 R \nu \cdot (T_2 - T_1)$$

$$\Delta u_{1,2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{3,1} = \Delta u_{3,1} + A_{3,1}$$

$$Q_{3,1} = 2 R \nu \cdot (T_1 - T_3)$$

$$\Delta u_{3,1} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$Q_{1,2} = Q_{3,1}$$

$$Q_{1,2} = Q_{3,1}$$

$$2 R \nu (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_3 + A_{3,1}$$

$$\frac{1}{2} \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_3 = A_{3,1}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 4$$

$$T_3 = 4 T_1$$

$$A_{3,1} = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - 4 T_1) =$$

$$= -\frac{1}{2} \nu R \cdot 3 T_1 = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{3,1} \text{ внешних сил} = -A_{3,1} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

$$= 300 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж}$$

$$\eta = \frac{A_{1,2} + A_{2,3} + A_{3,1}}{Q_{1,2}}$$

$$Q_{1,2} = \Delta u_{1,2} + A_{1,2}$$

$$Q_{1,2} = \Delta u_{1,2} + A_{1,2}$$

$$Q_{1,2} = C_V (T_2 - T_1) = 7 C_V T_1$$

$$\Delta u_{1,2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 7 T_1$$

$$Q_{2,3} = \Delta u_{2,3} + A_{2,3}$$

$$Q_{2,3} = C_V (T_3 - T_2) = C_V (4 T_1 - 8 T_1)$$

$$\Delta u_{2,3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (4 T_1 - 8 T_1) = -6 \nu R T_1$$

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



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!

3/. $\alpha = a \frac{\sqrt{2}}{2}$

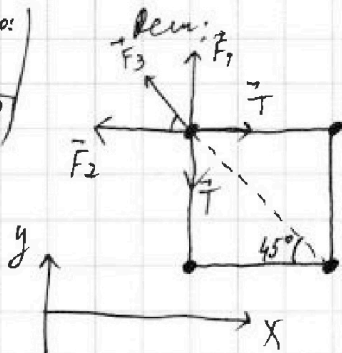
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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



N5.

Дано:
 $a; T$
 $q = |q| = ?$



$$\begin{cases} F_1 = k \frac{q^2}{a^2} \\ F_2 = k \frac{q^2}{a^2} \\ F_3 = k \frac{q^2}{2a^2} \end{cases}$$

$$\text{ОХ: } T - F_3 \cdot \cos 45^\circ - F_2 = 0$$

$$\text{ОУ: } F_1 - T + F_3 \sin 45^\circ = 0$$

$$T = F_3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + F_2$$

$$F_1 - F_3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - F_2 + F_3 \frac{\sqrt{2}}{2} = 0$$

$$k \frac{q^2}{a^2} - k \frac{q^2}{2a^2 \cdot \sqrt{2}} - k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{2a^2 \sqrt{2}} = 0$$

$$F_2 = F_3 \cos 45^\circ = F_3 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$F_1 - T + T - F_2 = 0$$

$$F_3 \frac{\sqrt{2}}{2} + F_2 = T$$

$$k \frac{q^2}{2a^2 \sqrt{2}} + k \frac{q^2}{a^2} = T$$

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

$$k \frac{q^2}{a^2} \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} = T$$

$$q = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} T a^2}{k (2\sqrt{2} + 1)}}$$

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

$$= a \sqrt{\frac{25,12 \cdot \sqrt{2} \cdot \epsilon_0 T}{2\sqrt{2} + 1}}$$

$$4,314 =$$

$$= 12,56 \cdot 2 =$$

$$= 25,12 =$$

2). $W_k = \left(k \frac{q}{2a} + 2k \frac{q}{a} \right) q$

$W_k = \left(k \frac{q}{3a} + k \frac{q}{2a} + k \frac{q}{a} \right) q$

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$W_k = W_k$

(работа Т равна нулю, т.к. заряд неподвижен).

$$A + qk \left(\frac{2q + 3q + 6q}{2a} \right) =$$

$$= kq \frac{q + 1q}{2a}$$

$$K + q \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{11q}{6a} = q \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{5q}{2a}$$

$$K = \frac{5q^2}{8\pi\epsilon_0 a} - \frac{11q^2}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{4q^2}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{2\sqrt{2} T a \cdot 4\pi\epsilon_0 (2\sqrt{2} + 1)}{6\pi\epsilon_0 a}$$

$$= \frac{4\sqrt{2} T a (2\sqrt{2} + 1)}{3\pi\epsilon_0}$$