

**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.

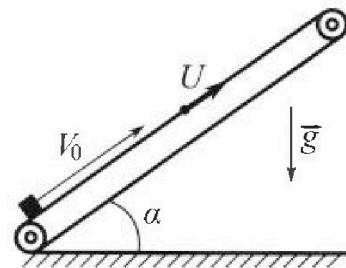
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 $V_0 = 6 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



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

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

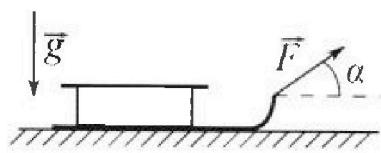
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна $U = 1 \text{ м/с}$?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль *во втором опыте*? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 .

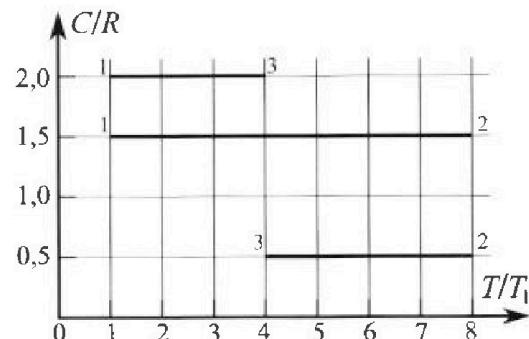
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

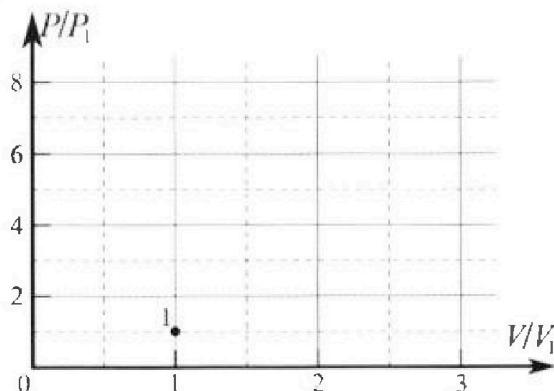
Вариант 10-02

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).

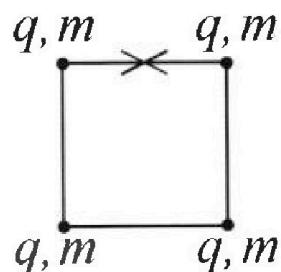


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" 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!

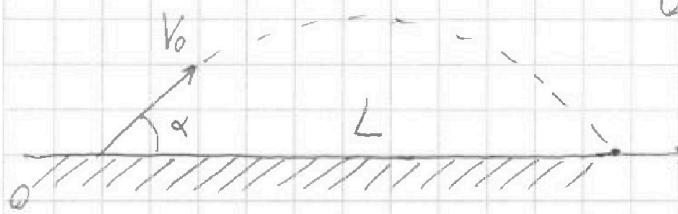
1)

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

1,41

$\frac{10}{74,1}$

$$Ox: S_x = V_0 \cos \alpha t$$



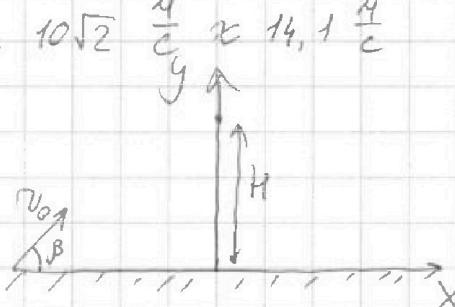
$$Oy: S_y = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$1 \Rightarrow V_0 \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$S_x = L = V_0 \cos \alpha t = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} =$$

$$= 10\sqrt{2} \frac{4}{c} \approx 14,1 \frac{4}{c}$$

2)



$$H_{\max}, \quad \vec{S}_y = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$Oy: S_y = H = V_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$Ox: S_x = S = V_0 \cos \beta t$$

$$V_0 \sin \beta = gt \text{ m.k. ходящий баллон}$$

Баллон падает на ось Ox = 0. $\Rightarrow t = \frac{V_0 \sin \beta}{g}$

$$H = S_y = \frac{(V_0 \sin \beta)^2}{g} - \frac{(V_0 \sin \beta)^2}{2g} = \frac{(V_0 \sin \beta)^2}{2g} \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2gH}{V_0^2} =$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 3,6}{200}} = \sqrt{0,36} = 0,6 \Rightarrow \cos \beta = 0,8.$$

$$S = V_0 \cos \beta t = V_0 \cos \beta \cdot \frac{V_0 \sin \beta}{g} = \frac{V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{200 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{10} = 9,6 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $14,1 \frac{4}{c}$ 2) 9,6 м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

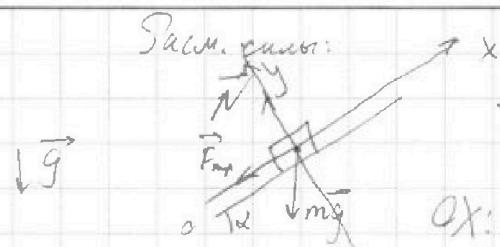
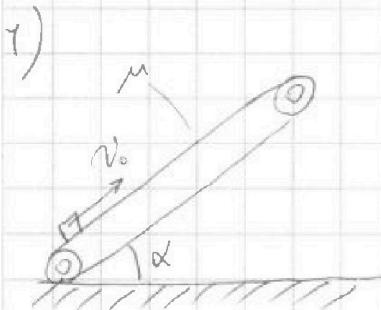
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



$$\vec{a}_{\text{am}} = \vec{N} + \vec{m\bar{g}} + \vec{F}_{\text{mg}}$$

$$Ox: -a_x = -F_{\text{mp}} + (mg) \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = -mg \cos \alpha + N$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{mp}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a_x = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a_x = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$OX: S_x = V_0 t - a_x t^2 = V_0 t - (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \frac{gt^2}{2}$$

$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

$$(S_x = V_0 T - (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g T^2 = 6 \cdot 1 - (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) 10 \cdot 1^2 =)$$

$$= 6 - (0,4 + 0,6) \cdot 10 = -4$$

$$S_x = \cancel{\text{правильное}} \Rightarrow S = 4 \text{ m.}$$

\Rightarrow В правильное движение коробка
выходит со стороны

$$S_{x_1} = V_0 t - a_x t^2 = V_0 t - (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g t^2$$

В момент времени t^* скрещие коробки станет равна нулю:

$$(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^* g = V_0 \quad (t^* = \frac{6}{10 \cdot 0,6} = 1,0 \text{ s.})$$

$$\text{До этого момента проходит время } t^* \text{ и } S_x = V_0 t^* - (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \frac{gt^*}{2} = 6 \cdot 1,0 - \frac{1 \cdot 10 \cdot 0,6}{2} = 1,8 \text{ m.}$$

F_{mp} искажен направлением $\Rightarrow a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

$$t_{\text{am}} = T - t^* = 0,4 \text{ s.}$$

$$\text{Но } S_{x_2} = \frac{a t_{\text{am}}^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{2} \Rightarrow t_{\text{am}}^2 = \frac{10}{2} \cdot (0,6 - 0,4) \cdot 0,6^2$$

$$\Rightarrow 5 \cdot 0,2 \cdot 0,16 = 0,16 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow l = S_1 + S_2 = 0,16 \text{ m} + 1,8 \text{ m} = 1,96 \text{ m.}$$

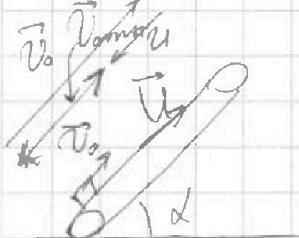
2)

- | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | <input type="checkbox"/> | 3 | <input type="checkbox"/> | 4 | <input type="checkbox"/> | 5 | <input type="checkbox"/> | 6 | <input type="checkbox"/> | 7 |
|--------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|



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

2)



Трение препятствует действованию на мяч когда его склонность равно 0 (т.е. синус угла трения равен нулю).
 $V_{x_1} = V_0 - a_t t$, $a_x = g(\cos\alpha + \sin\alpha)$ т.к. синус угла
 направлена против движения.

$V_{x_1} = 1 \frac{m}{s}$ - склонность при которой $F_{тр} = 0$.

$$\Rightarrow \frac{V_{x_1} - V_0}{a_x} = -F_1 / 2 F_2 = \frac{V_0 - V_{x_1}}{a_x} \frac{6}{g(\cos\alpha + \sin\alpha)}$$

$$= \frac{5 - 1}{10} = 0,5 \text{ c}; T_1 = 0,5 \text{ c}$$

3) В машине бревно с Т. $F_{тр}$ начинает действовать в против. сп. с V_0 из 2(1), $a = g \sin\alpha - \mu g \cos\alpha$.

к моменту T_1 мяч проходит едино-расстояние S_{x_3}

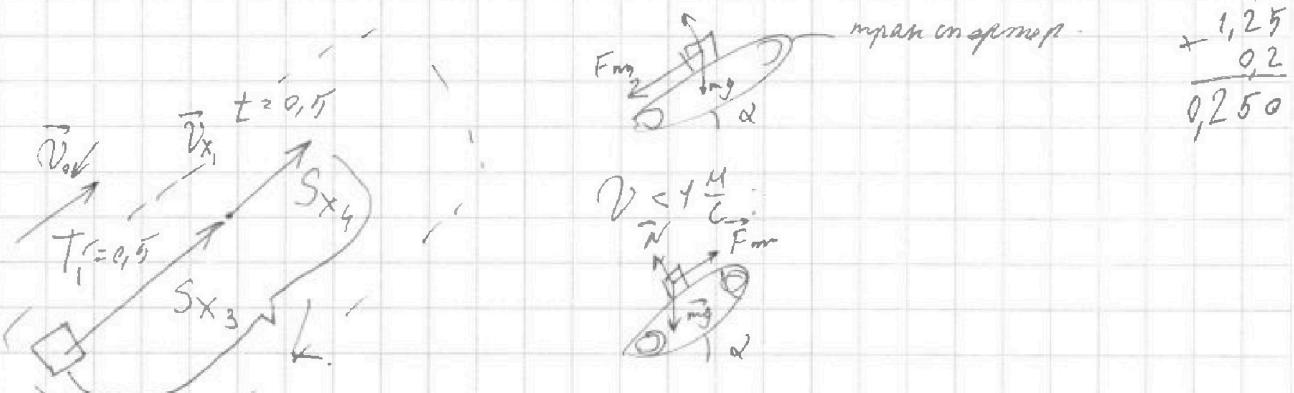
$$S_{x_3} = V_0 \cdot T_1 - \frac{1}{2} g(\cos\alpha + \sin\alpha) T_1^2 = 6 \cdot 0,5 - 5(0,5)^2 = 3 - 1,25 = 1,75 \text{ м.}$$

$$V_{x_2} = V_{x_1} - a_t t \Rightarrow t = \frac{V_{x_1} - V_{x_2}}{a} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ c.} \left(\frac{1 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{g(\cos\alpha + \sin\alpha)} \right)^2 = \frac{1}{10 \cdot 0,2} = \frac{1}{2}$$

$$S_{x_4} = V_{x_1} t - \frac{1}{2} g(\cos\alpha + \sin\alpha) t^2 = 1 \cdot 0,5 - 5 \cdot (0,5)^2 \cdot 0,2 = 0,5 - 1,25 = 0,25 \text{ м.}$$

$$\Rightarrow L = S_{x_3} + S_{x_4} = 1,75 + 0,25 = 2 \text{ м.}$$

S_{x_4} - расстояние бревна от ОХ на конец предыдущего тела после изменения α : направление силы тяжести.



Ответ: 1) 1,96 м 2) 0,5 с 3) 2 м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

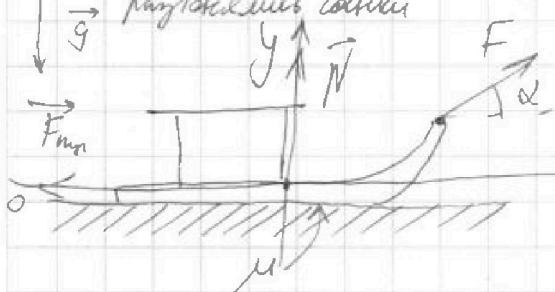


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <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!

Обозначим за S_1 -путь, на который движется
нагруженный санки



$$\vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{mp} = \vec{a}_1 m.$$

$$E_k = 0 \quad Oy: 0 = N - mg = 0 \quad | \Rightarrow N = mg - F_{mp}$$

$$\Rightarrow A_1 + A_2 + \dots + A_n = E_k + E_n$$

$$| \Rightarrow A_1 + A_2 = E_k = k.$$

$$A_1 = \vec{F} \cdot \vec{S}_1 = FS_1 \cos \alpha.$$

$$A_2 = \vec{S}_1 \vec{F}_{mp} = \cos(180^\circ) \cdot S_1 \cdot \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$| \Rightarrow S_1(F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)) = k.$$

Во 2м случае санки:

$$\vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{mp2} = \vec{a}_2 m$$

$$Oy: 0 = N - mg \Rightarrow N = mg. | \Rightarrow F_{mp2} = \mu mg$$

$$A_1 + A_2 = k$$

$$| \Rightarrow FS_1 - \mu mg S_2 = k.$$

$$A_1 = \vec{F} \cdot \vec{S}_1 = FS_1$$

$$A_2 = \vec{F}_{mp2} \vec{S}_2 = -\mu mg S_2$$

$$\text{То получим } S_1 = S_2 | \Rightarrow k = S_1(F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)) \\ k = S_2(F - \mu mg)$$

$$| \Rightarrow F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)$$

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

(2)

В процессе движения на санки действует только
сила тяжести $F_{mp} = \mu mg$.

Из закона сохр. энергии:

$$\mu mg S = k | \Rightarrow S = \frac{k}{\mu mg} = \frac{\sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \mu mg}$$

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

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

также: $S = V_0 t - \frac{at^2}{2}$, где V_0 - скорость при которой движутся санки
го торможение



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

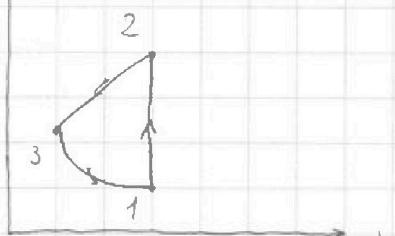
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) Из первого начала термодинамики:

$$\Delta U = Q + A, \text{ где } A - \text{работка внешних сил.}$$

Рассмотрим 2 прибы возможных графика:

1) p_1



На графике 1-2 процесс изохорический
м.к. $\frac{3}{2}R$ -мал. теплоемкость при изохорическом
процессе.

Таким 2-3, 3-1 - изодиабаты. Если на гт. 2-3 из совершает отрицательную работу, то кПВ малого цикла был бы отрицательным.

Будем рассматривать цикл 2.

на 3-1 $A > 0$, т.е. работа внешних сил

2) T_3 . термодинамики:

$$\Delta U = Q + A \Rightarrow A = \Delta U - Q. T_1 \quad A = \frac{3}{2} \nu R T_1 + 6 \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$(Q = C \cdot \nu \cdot \Delta T = 2 \cdot R \cdot 1 \cdot (-3) \cdot \frac{-9}{200} = -10092 \text{ дж.})$$

$$(\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot (-3) \cdot 200 = -44930 - 44930)$$

$$1 \Rightarrow A = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = 3 \cdot 331 = 2493 \text{ дж.}$$

$$1 \Rightarrow A = \frac{-10092 - 44930}{2493} = -5613 \text{ дж.} \quad A = 2493 \text{ дж.}$$

$$2) \eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2}, \text{ где } Q_2 - \text{ подведенное тепло}$$

1-2 тепло подведенное тепло на 1-2:

$$Q_2 = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \cdot 7 \cdot T_1 = \frac{21}{2} \nu R T_1,$$

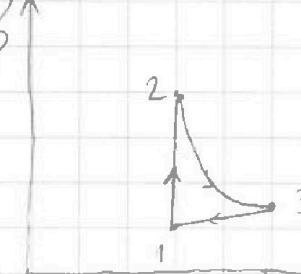
подведенное на 2-3; 3-1

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_2 (\text{на 2-3}) =$$

$$Q_3 (\text{на 3-1})$$

$$\begin{array}{r} 3,31 \\ + 1,6 \\ \hline 50,96 \\ + 200 \\ \hline 10092 \end{array}$$



1-2 - изохоры

2-3 - участок проходящий под углом

3-1 - участок изодиабаты.

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ + 3 \\ \hline 24,93 \\ + 12,465 \\ \hline 20,2 \end{array}$$

$$24830$$

$$12465$$

$$20,2$$

$$1493,0$$

$$12$$

$$1493$$

$$3$$

$$4479$$

$$10092$$

$$4479$$

$$5613$$

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!

$$\eta = \frac{A_n}{A_3} = \frac{A_1 + A_2}{A_3}$$

$$A_3 = Q_2 = \frac{3}{2} \Delta R T_1 = 17451 \text{ дм.}$$

$A_n = A_1 + A_2$, где A_1 - радиометра гранке 2-3; A_2 - на гранке 3,

* У 3. термоэлектрическая гранка 2-3:

$$Q = \alpha U + A$$

$$Q = \alpha U + A - \alpha U = Q = A, \text{ т.е. } A = Q = \Delta U + Q = \Delta U + Q = 4 \Delta U T_1 =$$

$$Q = C \Delta T = 0,57 R \cdot (-4) T_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta R (-4) T_1 = 6648 \text{ дм.}$$

У 3. термоэлектрическая гранка 3-4:

+ 174,51

на гранке 3-4:

A - радиометра вспомогательной сини $\eta = A_2 = -A$.

$$\eta = \frac{\Delta U + A_1}{Q_2} = \frac{6648 - 5613 \text{ дм}}{17451 \text{ дм}} = \frac{1035}{17451}$$

$$A = \frac{3}{2} \Delta R T_1 + \frac{1}{4} \Delta R \Delta T_1$$

$$\eta = \frac{-\frac{3}{2} \Delta R T_1 + 4 \Delta R T_1}{\frac{21}{2} \Delta R T_1} = \frac{-3 + 8}{21} = \frac{5}{21}$$

$$\eta = \frac{A_2 + A_1}{Q}$$

$$A_2 = -A = -\frac{3}{2} \Delta R T_1$$

$$A_1 = 4 \Delta R T_1$$

$$Q_2 = \frac{3}{2} \Delta R T_1$$

$$\text{Ответ: 1) } 2493 \text{ дм} \quad 2) \eta = \frac{5}{21}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 8,31 \\ \hline 664800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 21 \\ \hline 1839 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1662 \\ \hline 14451 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6648 \\ 5613 \\ \hline 1035 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

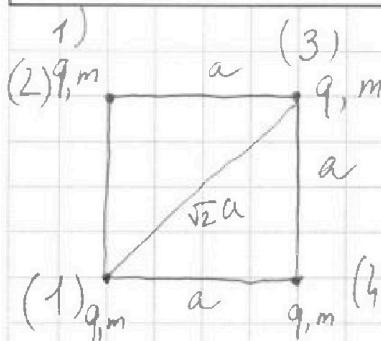
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



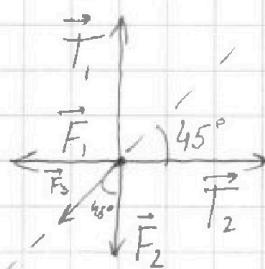
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <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!



II закон. Количества заряда шарика (1):



$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

закон Кулона:

$$F_1 = k \frac{q \cdot q}{a^2}$$

$$F_2 = k \frac{q \cdot q}{a^2}, k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$F_3 = k \frac{q^2}{2a^2}$$

$$T_1 = T_2 = T \text{ (по условию)}$$

$$2T \cos 45^\circ - k \frac{q^2}{2a^2} - 2k \frac{q^2}{a^2} \cos 45^\circ = 0$$

$$-kq^2 \left(\frac{1}{2a^2} + 2 \frac{1}{a^2} \cdot \cos 45^\circ \right) + 2T \cos 45^\circ = 0$$

$$kq^2 \left(\frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2} \right) = T\sqrt{2} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{\sqrt{2}T}{k \left(\frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2} \right)}} = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2}T}{\frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2}}}$$

2) Расстояние between шарика (2) 6 mm
самой малой, когда шарик перемещают.

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n; \text{ в нашем случае: } \Phi_n = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$$

$$\Phi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} \Rightarrow \Phi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2}a} = \frac{2\sqrt{2} + 1}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a} q$$

$$\Phi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2}a}$$

$$\Phi_3 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 2a}$$

В момент, когда шарик в одну секунду:

$$\Phi_k = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 \quad \Phi_k = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{8\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{12\pi\epsilon_0 a} = \frac{6q + 4q + 2q}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{12q}{24\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$\Phi_1' = \Phi_1$$

$$\Phi_3' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 2a}$$

$$\Phi_2' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 3a}$$

$$\Phi_k' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{12\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{9}{24\pi\epsilon_0 a}$$

II закона сохранения энергии:

$$P = k + P', \text{ где } P, P' - пот. Э. шарика в начальном и конечном положении.$$

$$P - P' = k$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$P - P' = q / (\varphi_4 - \varphi_K) = q \left(\left(\frac{9}{2\pi\epsilon_0 a} + \frac{9}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a} \right) - \frac{9}{2\pi\epsilon_0 a} \right) =$$

$$= \frac{q^2}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$$

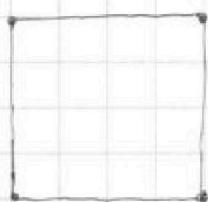
$$\Rightarrow k = \frac{q^2}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$$

$$q^2 \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2}}{2a^2} T^2}$$

$$\Rightarrow t = \frac{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2} T^2}{\left(\frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2} \right)^2 \cdot a} \quad k = \frac{T}{\frac{1}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{a}} =$$

$$= \frac{2Ta}{1+2\sqrt{2}}$$

(2)



помечены: φ_1 относительно марки (1)

φ_2 относительно марки (3)

φ_3 относительно марки (4)

$\varphi'_1, \varphi'_2, \varphi'_3$ соответствуют относительно марок 1, 3, 4;

$$(2) \quad a (1) \quad a (4) \quad a (3)$$

3)

$$(2) \quad V \quad (1) \quad (3) \quad (4) \quad V$$

Пусть к машинке бросили, когда марка на одной машине скорость 2 раза марка равна V . $V_4 = V$ из условия.

Система замкнута.

из закона сохр. импульса:

$$M_{13} = 2m \quad (\text{система из марок 1 и 3})$$

$$P_{\text{Н-импульс}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{J} = m\vec{V} + m\vec{V} + 2m\vec{U}, \quad \text{где } U-\text{скорость марки 1 или 3}$$

$$\Rightarrow \vec{U} = -\vec{V}; \quad U = V.$$

Ответ: 1) $q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2} T}{2a^2 + \frac{\sqrt{2}}{a^2}}}$ 2) $k = \frac{2 \cdot T \cdot a}{1+2\sqrt{2}}$. 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. Порча QR-кода недопустима!



Q₂₃

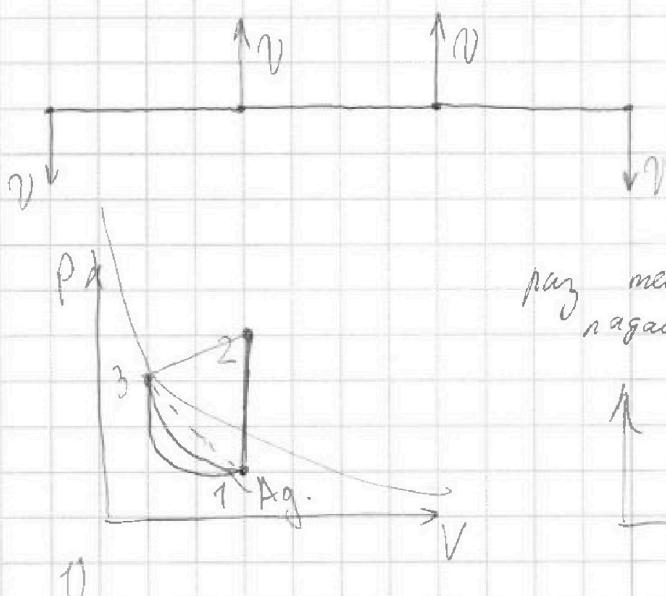
$$Q = \Delta U + A.$$

$$C \cdot \Delta V \cdot \Delta T = Q$$

$$\frac{1}{2} \Delta V \cdot \Delta T = \Delta U.$$

$$\Delta U = Q$$

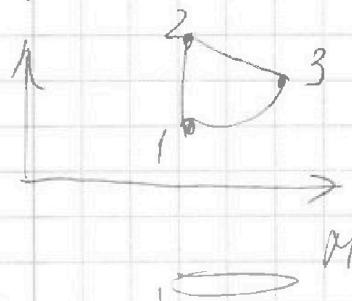
$$\Delta U = Q + A.$$



$$PV = \Delta RT.$$

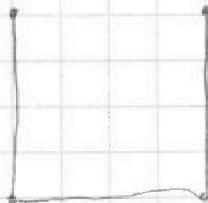
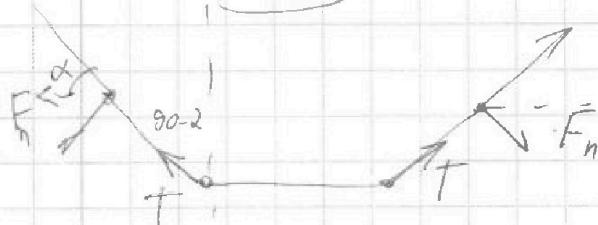
$$P = \frac{\Delta R}{V}$$

раз теплопередача подает, то и в.тоже
нагрев



$$2) 2 \Rightarrow 3: Q = C \Delta V \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta V \cdot \Delta T$$



$$2F_h \cos \alpha \sin \alpha = F_n \sin 2\alpha.$$

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!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



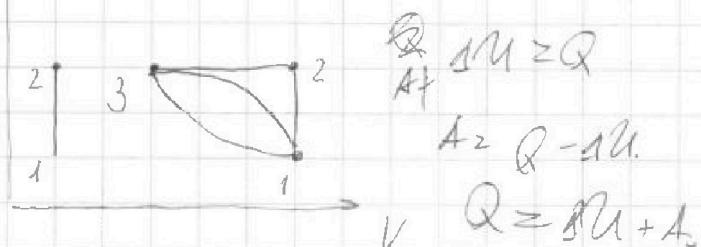
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$F S_2 - \mu m g S_1 = k P$$

$$S =$$

$$k =$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T \cdot V}$$



При изobarиках:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} = \frac{\Delta R \Delta T + \frac{3}{2} \Delta R \Delta T}{\Delta T} = \Delta R + \frac{3}{2} \Delta T.$$

$$P_1 V_1 = \Delta R \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T$$

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

$Q \text{ neg.}$

При изокориках

$$\frac{Q}{\Delta T \cdot V} = \frac{\frac{3}{2} \Delta R \Delta T}{\Delta T \cdot V} = \frac{3}{2} R.$$

$$Q = A + \Delta U$$

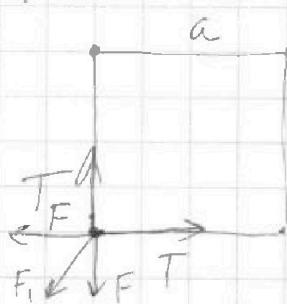
$$\Delta U + A = Q$$

$$\text{ans 1). } \frac{Q}{\Delta T \cdot V} = C \cdot 4 T.$$

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

$$Q =$$

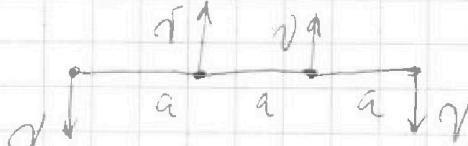
№5.



$$P_1 V_1 = 2 \frac{9}{4 \pi E_0 a^2} + \frac{9}{4 \pi E_0 \sqrt{2} a}$$

$$P_2 V_2 = \frac{9}{4 \pi E_0 a} + \frac{9}{4 \pi E_0 2a} + \frac{9}{4 \pi E_0 3a} = \frac{69 + 39 + 9}{14 \pi E_0 a}$$

$$P_1 V_1 = \Delta R T_1 \quad V_2 - V_1 \ll 0.$$



$$P_1 = k P_2$$

$$P_2 V_2 = \Delta R T_2 \quad V_2 < V_1.$$

$$(P_2 V_2 - P_1 V_1) = \Delta R \Delta T$$

$$P_2 (V_2 - V_1) = \Delta R \Delta T.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

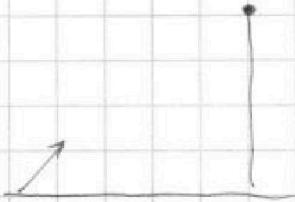
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$H = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad g \sin \alpha t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$g \sin \alpha V_0 = \frac{V_0 \sin \alpha}{2} \quad \Rightarrow t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$H = \frac{2V_0 \sin \alpha t^2}{2} = g$$

$$H = \frac{(2V_0 \sin \alpha)^2}{2g} - \frac{g (2V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2Hg}{V_0^2} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10}{200} = \frac{3,6}{10} = 0,36$$

$$\therefore V_x = V_0 - gt \quad \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

$$t = 0,6 \text{ s}$$

$$FS_2 - \mu mg S_2 = k$$

$$V_0 t$$

$$V_x = V_0 - gt$$

$$V_0 = gt \Rightarrow t = \frac{V_0}{g}$$

$$m = -\frac{k + FS_2}{\mu g S_2}$$

$$S = V_0 t -$$

$$1) F \cos \alpha S - \mu (mg - F \sin \alpha) S$$

$$2) FS - \mu mg S$$

$$k = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$S = V_0 t - \frac{\alpha t^2}{2}$$

$$t \alpha = V_0 \Rightarrow t = \frac{V_0}{\alpha} = \frac{V_0}{\mu g}$$

$$\alpha = \mu g$$

$$S_2 = \frac{V_0^2}{\mu g} - \frac{\mu g V_0^2}{2(\mu g)^2} =$$

$$S_2 = \frac{V_0^2}{2\mu g}$$

$$k = \mu mg S_2$$
$$\Rightarrow S_2 = \frac{k}{\mu mg}$$