



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.

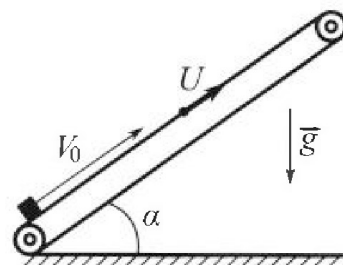
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.

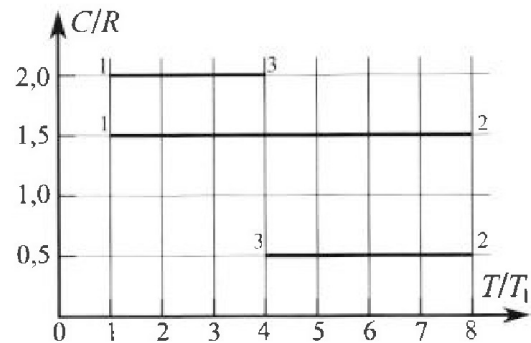
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

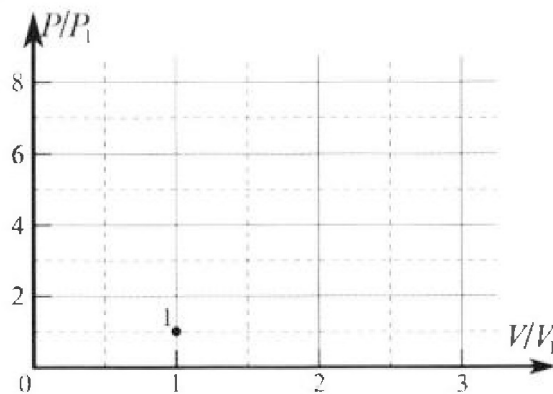
Вариант 10-02

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).

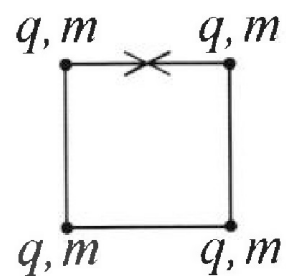


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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)

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

$$\times \frac{1,41}{\frac{10}{14,1}}$$

$$OX: S_x = v_0 \cos \alpha t$$

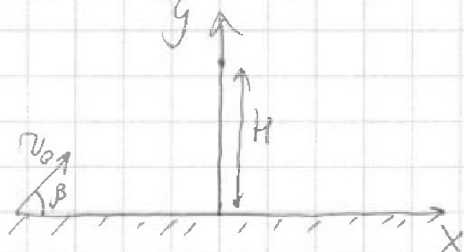
$$OY: S_y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = 0$$

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

$$S_x = L = v_0 \cos \alpha t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{L g}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} =$$

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

2)



$$H = \max, \vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$Oy: S_y = H = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$$

$$Ox: S_x = S = v_0 \cos \beta t$$

$$v_0 \sin \beta = g t \text{ т.к. максимальная высота}$$

$$\text{высоте проекция на ось } OX = 0. \Rightarrow t = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$$

$$H = S_y = \frac{(v_0 \sin \beta)^2}{2g} - \frac{(v_0 \sin \beta)^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin \beta)^2}{2g} \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2} \Rightarrow$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 3,6}{200}} = \sqrt{0,36} = 0,6 \Rightarrow \cos \beta = 0,8$$

$$S = v_0 \cos \beta t = v_0 \cos \beta \cdot \frac{v_0 \sin \beta}{g} = \frac{v_0^2 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10} = \frac{200 \cdot 0,48}{10} = 9,6 \text{ м.}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

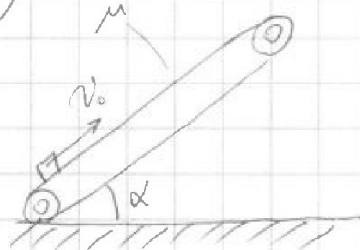
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

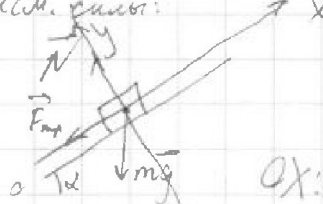
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1)



Сам. рашет:



$$\vec{a}_m = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr}$$

$$OX: -a_x = -F_{fr} + (mg) \sin \alpha$$

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

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{fr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

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

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

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

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

$$S_x - \text{расстояние} \Rightarrow S = 4 \text{ м.}$$

$\Rightarrow$ В процессе движения коробка
изменит своё направление

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

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

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

$$\text{До этого момента пройденный путь равен } S_x = V_0 t^* - (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g \frac{t^{*2}}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{1 \cdot 10 (0,6)^2}{2} = 1,8 \text{ м.}$$

$$F_{fr} \text{ метаем в обратном направлении } \Rightarrow a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

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

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

$$\Rightarrow l = S_{x_1} + S_{x_2} = 1,8 \text{ м} + 0,16 \text{ м} = 1,96 \text{ м.}$$

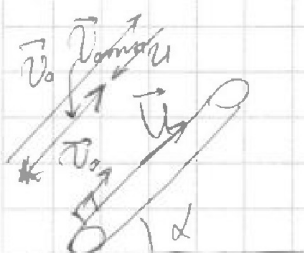
2)

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!



2)



Трение прекратит действовать на тело когда его скорость равно 0 относительно траектории.
 $v_{x1} = v_0 - a_x t$; $a_x = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$ т.к. отн. скол.
 направлена против движения.

$v_{x1} = 1 \frac{m}{s}$ - скорость, при которой $F_{тр} = 0$.

$$1 \Rightarrow \frac{v_{x1} - v_0}{a_x} = -T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - v_{x1}}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

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

3) В момент времени T_1 $F_{тр}$ на нём действует в против. сторону

из 2(1), $a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

к моменту T_1 тело пройдет какое-то расстояние S_{x3}

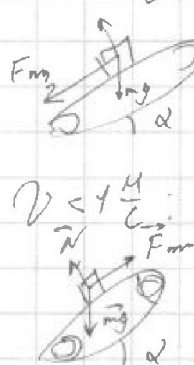
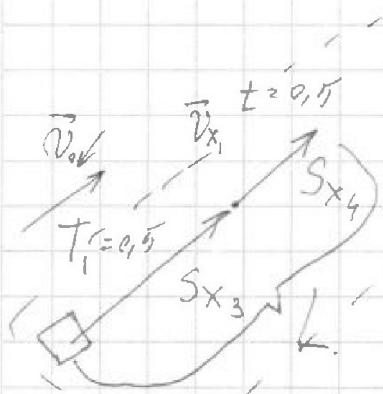
$$S_{x3} = v_0 \cdot T_1 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T_1^2 = 5 \cdot 0,5 - 5 \cdot (0,5)^2 = 3 - 1,25 = 1,75 \text{ м.}$$

$$v_{x2} = v_{x1} - a t \Rightarrow t = \frac{v_{x1} - v_{x2}}{a} = \frac{1 - 0}{5} = 0,2 \text{ с.}$$

$$S_{x4} = v_{x1} t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{2} t^2 = 1 \cdot 0,2 - 5 \cdot (0,2)^2 \cdot 0,2 = 0,2 - 0,2 = 0,25 \text{ м.}$$

$$1 \Rightarrow L = S_{x3} + S_{x4} = 1,75 + 0,25 = 2 \text{ м.}$$

S_{x4} - расстояние в обрат. сторону на которое переместится тело после смены $F_{тр}$
 $v \geq 1 \frac{m}{s}$: направление шипов переключ. 1



траектория

$$\begin{array}{r} + 1,25 \\ 0,2 \\ \hline 0,250 \end{array}$$

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:

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!



Обозначим за S_1 - путь, на котором

В первом случае:

(1)



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

$$E_k = 0 \text{ ОУ: } 0 = N - mg = 0 \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$A_1 + A_2 + A_3 = E_k + E_n$$

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

$$A_1 = \vec{F} \cdot \vec{S}_1 = F S_1 \cos \alpha.$$

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

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

Во втором случае:

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

$$\text{ОУ: } 0 = N - mg \Rightarrow N = mg. \Rightarrow F_{fr} = \mu mg$$

$$A_1 + A_2 = k$$

$$\Rightarrow F S_2 - \mu mg S_2 = k.$$

$$A_1 = \vec{F} \cdot \vec{S}_2 = F S_2$$

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

$$\text{По условию } S_1 = S_2 \Rightarrow k = S_1 (F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha)$$

$$k = S_2 (F - \mu mg)$$

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

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

(2)

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

Из закона сохр. энергии:

$$\mu mg S = k$$

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

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

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

$$\text{также: } S = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$

где v_0 - скорость при которой движется санки до трения

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

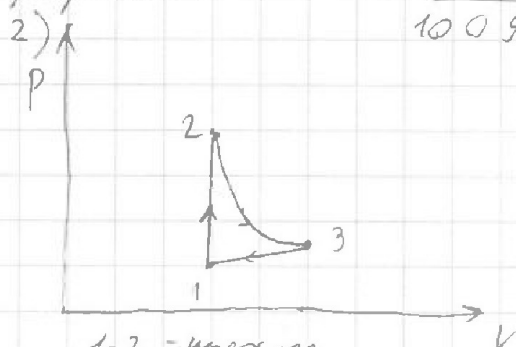
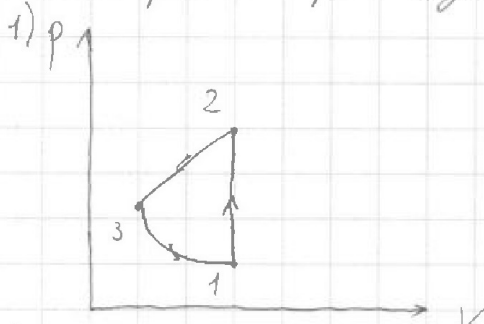
МФТИ



1) Из первого начала термодинамики:

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

Рассмотрим 2 вида возможных графика:



На участке 1-2 процесс изохорный
т.к. $\frac{3}{2}R$ -моль, температура при изохорном
процессе.

Ватки 2-3; 3-1 - изобарный изохорный.
Если на ут. 2-3 газ совершает тризатис-
ную работу, то КПД такого цикла не
был бы отрицательным.

Будем рассматривать цикл 2.
на 3-1 $A > 0$, А работа внешних сил

из 1. термодинамики:

$$\Delta U = Q + A \Rightarrow A = \Delta U - Q. T_1 \left(A = \frac{-9}{2} VRT_1 + 6 VRT_1 = \frac{3}{2} VRT_1 \right)$$

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

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot (-3) \cdot 200 = -4430 - 4435$$

$$\frac{3}{2} V R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = 3 \cdot 831 = 2493 \text{ Дж}$$

$$\Rightarrow A = 40092 - 4435 = 5613 \text{ Дж.} \quad A = 2493 \text{ Дж.}$$

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

1-2 Тепло подведенное тепло на 1-2:

$$Q_2 = \Delta U = \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} V R \cdot 4 \cdot T_1 = \frac{21}{2} V R T_1$$

отведенное на 2-3; 3-1

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_2 (\text{на } 2-3) =$$

$$Q_3 (\text{на } 3-1)$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 2,31 \\ \hline 16 \\ \times 50,96 \\ \hline 200 \\ \hline 10092 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 3 \\ \hline 24,93 \\ \times 11 \\ \hline 12,465 \\ \times 200 \\ \hline 24830 \\ \times 11 \\ \hline 12465 \\ \times 2 \\ \hline 14930 \\ \times 1493 \\ \hline 3 \\ \hline 4479 \\ \times 10092 \\ \hline 4479 \\ \hline 5613 \end{array}$$

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!



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

$$A_3 = Q_2 = \frac{21}{2} \text{DRT}_1 = 17451 \text{ Дж}.$$

$$A_n = A_1 + A_2, \text{ где } A_1 - \text{ работа на участке 2-3; } A_2 - \text{ на участке 3-1}$$

Уг ТЗ. термодинамика для участка 2-3:

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \Delta U + A \quad \Delta U = Q - A, \quad \Rightarrow A = 2 - \Delta U + Q = 4 \text{DRT}_1 =$$

$$Q = C \Delta T = 9,57 R \cdot (-4) T_1,$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \text{DRT}_1 = \frac{3}{2} \text{DRT}_1 (-4) T_1, \quad = 6648 \text{ Дж}.$$

Уг ТЗ. термодинамика для участка 3-1:

$$\times 174,51$$

На участке 3-1:

$$A - \text{ работа внешних сил } \Rightarrow A_2 = -A.$$

$$\eta = \frac{A_2 + A_1}{Q_2} = \frac{6648 - 5613 \text{ Дж}}{17451 \text{ Дж}} = \frac{1035}{17451}$$

$$\eta = \frac{21 \text{DRT}_1 + 4 \text{DRT}_1}{21 \text{DRT}_1 + 4 \text{DRT}_1}$$

$$\eta = \frac{-\frac{3}{2} \text{DRT}_1 + 4 \text{DRT}_1}{\frac{21}{2} \text{DRT}_1} = \frac{-3 + 8}{21} = \frac{5}{21}.$$

$$\eta = \frac{A_2 + A_1}{Q_2}$$

$$A_2 = -A = -\frac{3}{2} \text{DRT}_1$$

$$A_1 = 4 \text{DRT}_1$$

$$Q_2 = \frac{21}{2} \text{DRT}_1$$

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 8,31 \\ 4 \\ \hline + 33,24 \\ 200 \\ \hline 6648,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 21 \\ \hline 1831 \\ 1662 \\ \hline 14451 \end{array}$$

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

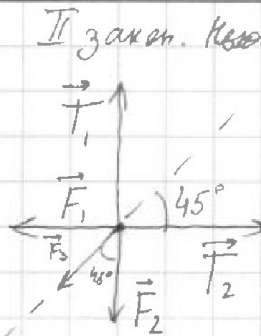
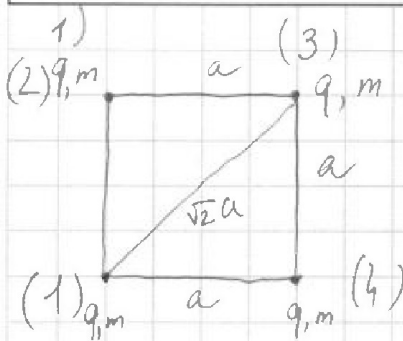
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!



И закон Кюмбса для шарика (1):

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

Закон Кюмбса:

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

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

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

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

F_1, F_2, F_3 - силы действующие на шарик от других зарядов.
Вправо. на ОХ. В.к.:

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

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

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

2) Рассмотрим потенциал шарика (2) в тот самый момент, когда нить перемигивает.

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n; \text{ в нашем случае: } \varphi_n = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$$

$$\varphi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}$$

$$\varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}$$

$$\varphi_3 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2} a}$$

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

В момент, когда шарик в одну нить:

$$\varphi_k = \varphi_1' + \varphi_2' + \varphi_3'$$

$$\varphi_k = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{8\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{12\pi\epsilon_0 a} = \frac{6q + 4q + 2q}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{12q}{24\pi\epsilon_0 a}$$

$$\varphi_1' = \varphi_1$$

$$\varphi_2' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 2a}$$

$$\varphi_3' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 3a}$$

$$\Rightarrow = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 a}$$

Из закона сохранения энергии:

$$P = k + P', \text{ где } P, P' - \text{пот эн. шарика в начальный и конечный моменты.}$$

$$P - P' = k$$

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

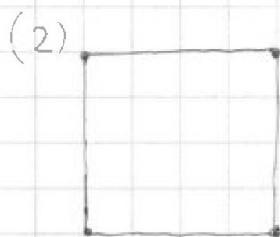
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

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

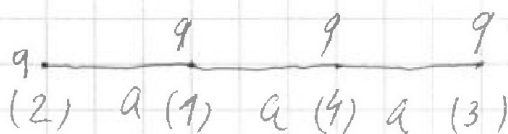
$$|z\rangle k = \frac{q^2}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a} \quad |z\rangle k = \frac{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2} T^2}{\left(\frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2} \right) \cdot a} \quad k = \frac{T}{\frac{1}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{a}} =$$

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



потенциалы: φ_1 относительно шарика (1)
 φ_2 относительно шарика (3)
 φ_3 относительно шарика (4)

$\varphi_1', \varphi_2', \varphi_3'$ соответственно относительно шариков 1, 3, 4;



3) Пусть к моменту времени, когда шарик на одной линии скорости 2-го шарика равна V . $V_4 = V$ из симметрии.

система замкнута.

из закона сохр. импульса:

$M_{13} = 2m$ (система из шариков 1 и 3)

Рн системы $= 0 \quad |z\rangle \vec{0} = m\vec{V} + m\vec{V} + 2m\vec{U}$, где U - скорость шарика 1 или 3

$|z\rangle \vec{U} = -\vec{V}; \quad U = V.$

Ответ: 1) $q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2} T}{\frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2}}}$ 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!



~~Q =~~

$$Q = \Delta U + A$$

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

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

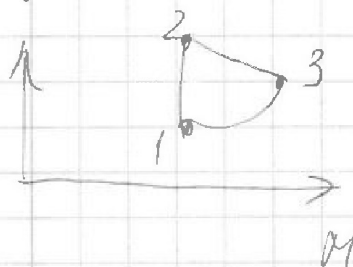
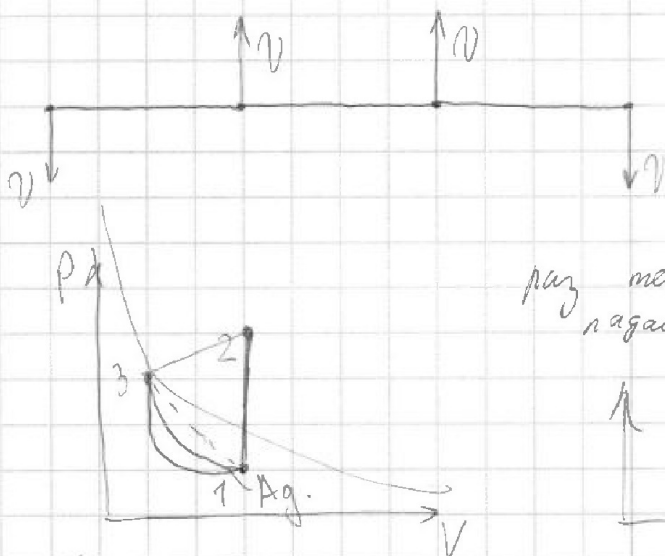
$$\Delta U = Q$$

$$\Delta U = Q + A$$

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu R}{V}$$

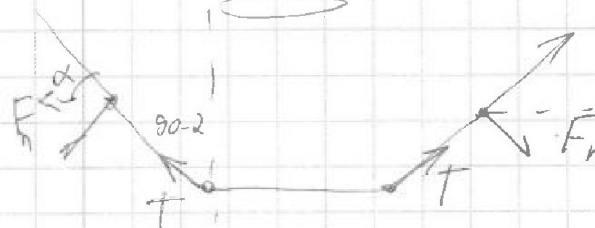
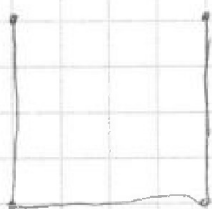
раз температура падает, то и ν ~~падает~~ ~~падает~~



1)

$$2) 2 \rightarrow 3: Q = C \nu \Delta T$$

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



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



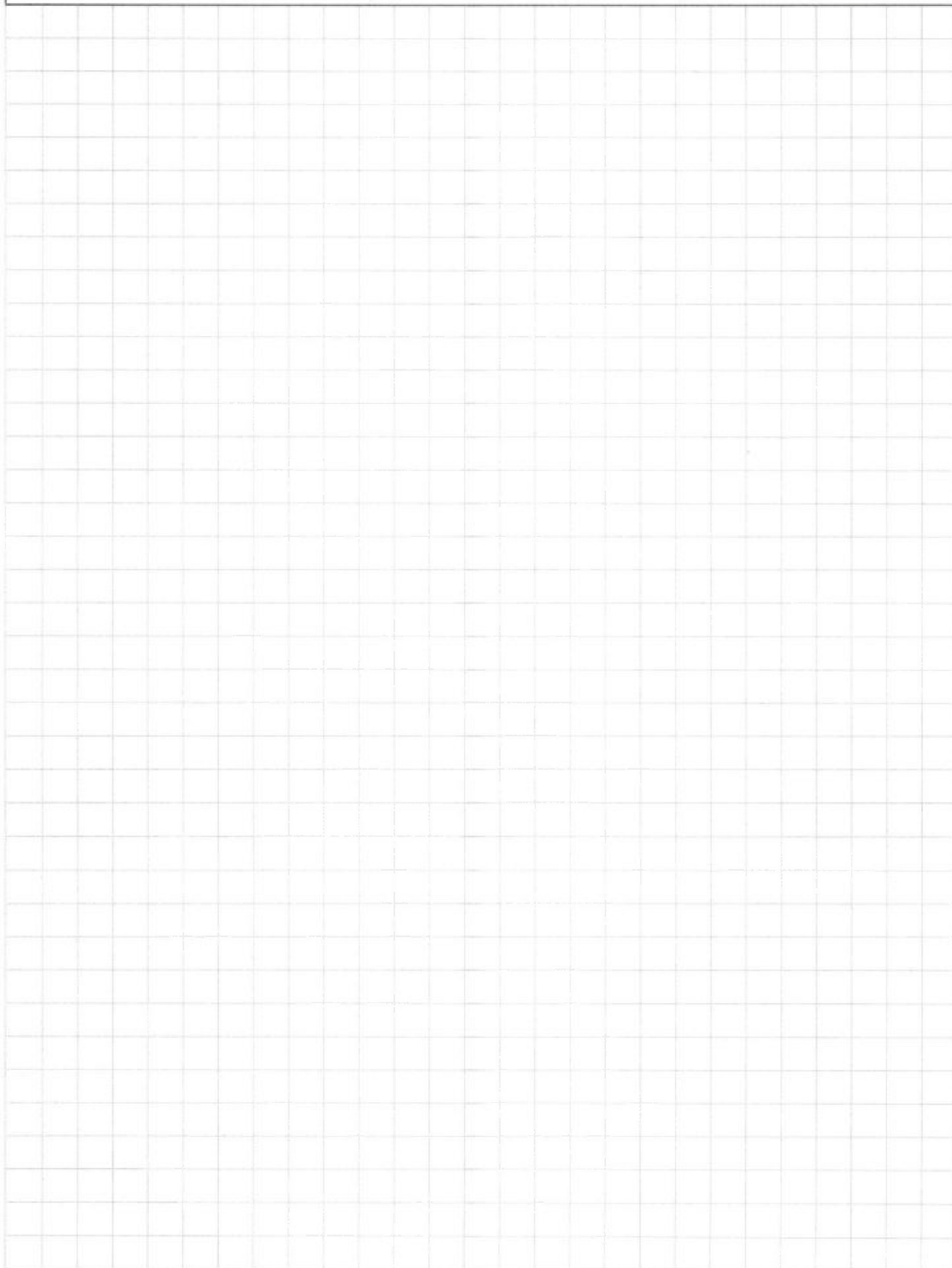
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Лорча 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!

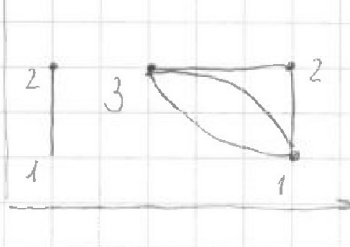
$$F S_2 - \mu m g S_1 = k P$$

$$S =$$

$$k =$$

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

$$Q = \Delta U - A$$



$$\Delta U = Q$$

$$A = Q - \Delta U$$

$$Q = \Delta U + A$$

При изобарном:

$$\frac{Q}{\Delta T V} = \frac{P \Delta V + \Delta U}{\Delta T V} = \frac{2 R \Delta T + \frac{3}{2} R \Delta T}{\Delta T V} = 2 + R + \frac{3}{2} R$$

$$P \Delta V = 2 R \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$Q + A = \Delta U$$

Q neg.

При изохорном:

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

$$\Delta U = A + Q$$

$$\Delta U + A = Q$$

$$\text{или } 1) \frac{Q}{\Delta T V}$$

$$C \cdot \Delta T$$

$$Q = \Delta U + A$$

№5.

$$Q =$$

№5.

$$P_2 = 2 \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 a} = \frac{q}{2 \pi \epsilon_0 a} + \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 \sqrt{2} a}$$

$$P_2' = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 a} + \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 2a} + \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 \sqrt{2} a} = \frac{6q + 3q + q}{24 \pi \epsilon_0 a}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$V_2 - k V_1 < 0$$

$$P_1 = k P_2$$

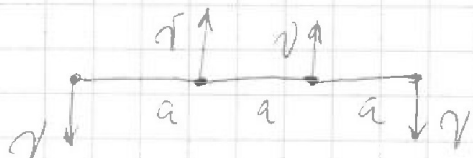
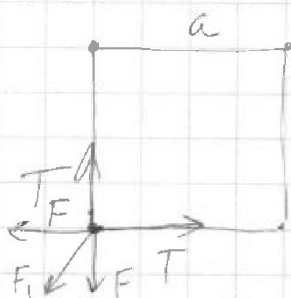
$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$V_2 < k V_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

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

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





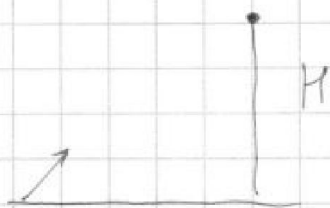
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{2H}{g \sin \alpha} \quad v_0 \sin \alpha = \frac{2H}{t} \quad 1 \Rightarrow t = \frac{2H}{v_0 \sin \alpha}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$H = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2Hg}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot 10}{200} = \frac{3,6}{10} = 0,36$$

$$v_x = v_0 - gt \Rightarrow$$

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

~~v_0~~

$$v_x = v_0 - gt$$

$$v_0 = gt \Rightarrow t = \frac{v_0}{g}$$

$$S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

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

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

$$k = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$ta = v_0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$a = \mu g$$

$$S = \frac{v_0^2}{\mu g} - \frac{\mu g v_0^2}{2(\mu g)^2} =$$

$$S = \frac{v_0^2}{2\mu g}$$

$$k = \mu mg S$$

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

