



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

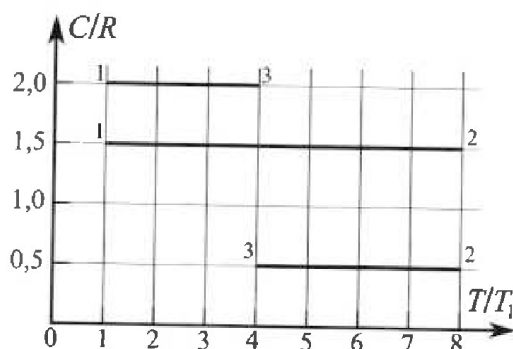
Вариант 10-02

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

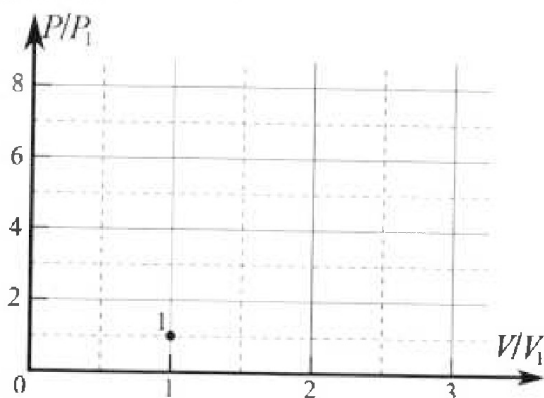


4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

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

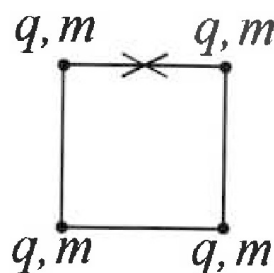


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
 - 2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
 - 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?
- Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



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

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

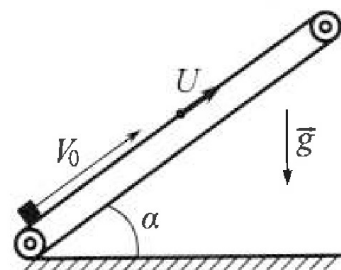
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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

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

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

Движение коробки прямолинейное.



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

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

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

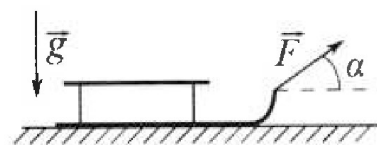
$U = 1$ м/с?

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

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

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

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



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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Запишем закон кинематики в проекциях на оси координат.

$$OX: x = V_0 \cos \alpha \tau$$

$$OY: y = V_0 \sin \alpha \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$



В конце полета:

$$x=L; y=0; \begin{cases} L = V_0 \cos \alpha t_1 & (1) \\ 0 = V_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} & (2) \end{cases} \text{ где } t_1 - \text{время полета в первом случае}$$

$$(1) \Rightarrow t_1 = \frac{L}{V_0 \cos \alpha} \rightarrow (2), \text{ получаем}$$

$$(2) \Rightarrow V_0 \sin \alpha \frac{L}{V_0 \cos \alpha} = \frac{g L^2}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow (1), \text{ получаем}$$

$$L = \frac{2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{2 V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2 g L}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{1}} = 10 \sqrt{2} \text{ м/с}$$

2 случай. Мал становится с горизонтом на максимальной высоте H.

Выбором при этом запускает мал под углом β к горизонту. Станцу можно убраться, следовательно, мал становится с ней в наклонном положении траектории мал, если бы стена не была.



В наклонном положении траектории: $\tau = \frac{t_2}{2}$, где t_2 - все время полета во 2 случае.

$S = \frac{1}{2} g t_2^2$, где $\frac{1}{2} g t_2^2$ - вся длина полета мал. Запишем закон кинематики в проекциях на оси:

$$OX: x = V_0 \cos \beta \tau$$

$$OY: y = V_0 \sin \beta \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

В конце полета: $\begin{cases} H = V_0 \cos \beta t_2 & (1) \\ 0 = V_0 \sin \beta t_2 - \frac{g t_2^2}{2} & (2) \end{cases} \Rightarrow t_2 = \frac{2 V_0 \sin \beta}{g} \Rightarrow V_0 \sin \beta = \frac{g t_2}{2} \Rightarrow$

На все в наклонном положении траектории: $\begin{cases} H = V_0 \sin \beta \cdot \frac{t_2}{2} - \frac{g (\frac{t_2}{2})^2}{2} & (3) \\ S = V_0 \cos \beta t_2 & (4) \end{cases}$

получаем (3) и (4), получаем: $H = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g} - \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{2g} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2 g H}{V_0^2}}$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 9.6}{200}} = 0.6, \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = 0.8$$

$$S = \frac{V_0 \cos \beta t_2}{1} = \frac{V_0^2 \cos^2 \beta \sin \beta}{g} = \frac{200 \cdot 0.8 \cdot 0.6}{10} = 9.6 \text{ м. Ответ: } V_0 = 10 \sqrt{2} \text{ м/с, } S = 9.6 \text{ м.}$$

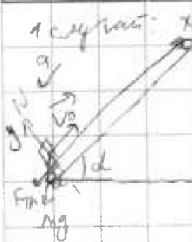
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



По II закону Ньютона в направлении по оси координат

$$Ox: F - mg \sin \alpha = -F_T - mg \sin \alpha$$

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

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

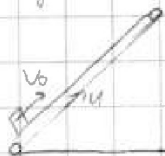
$$mg = F_T + mg \sin \alpha = mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$\alpha = mg \cos \alpha + g \sin \alpha = g (M \cos \alpha + \sin \alpha) / 2$$

По закону сохранения энергии: $S = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2a}$, где $V_1 = 0$ - конечная скорость

$$S = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{V_0^2}{2g(M \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{36}{2 \cdot 10 \cdot (0,8 + 0,6)} = 1,8 \text{ м.}$$

2 случай



Нам требуется найти время T_1 , при котором скорость направлена

горизонтально и, т.е. скорость перпендикулярна направлению гравитации.

НСО: транспортёр

НСО: земля

$$V_k = V_0 - U = 5 \text{ м/с}$$

Определим этот момент времени на интересующей скорости

когда $V_k = 0$. Завершим остальное то же, что и в первом случае.

$$V_k = V_0 - a T_1$$

$$a T_1 = V_k \Rightarrow T_1 = \frac{V_k}{a} = \frac{V_k}{g(M \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{5}{10 \cdot (0,8 + 0,6)} = 0,5 \text{ с.}$$

$$T_2 = \frac{V_0 + V_k}{a} = \frac{10 + 0}{10} = 1 \text{ с.}$$

после точки в 2 пункта от начала движения

проверим, $mg \sin \alpha > MN$, если нет, то тело перестанет

двигаться относительно транспортера. А если да, то начнётся

$$mg \sin \alpha = 0,6 mg \quad \text{По II закону Ньютона: } N = mg \cos \alpha$$

$$MN = mg \cos \alpha = mg \cdot 0,8 = 0,4 mg < mg \sin \alpha, \text{ следовательно}$$

дальше движение происходит.

Нам нужен момент, когда скорость относительно земли будет 0, значит отсюда

по II закону Ньютона: $ma = mg \sin \alpha - F_T = mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \Rightarrow a = g(\sin \alpha - \cos \alpha) =$

$$= 2 \text{ м/с}^2 \quad V = 0 \Rightarrow T = \frac{V}{a} = 0,5 \text{ с.} \quad T_2 = \frac{0 + 1}{2} = 0,5 \text{ с.}$$

$$L = T_1 + T_2 = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с.}$$

$$\text{Осталось: } T_1 = 1,8 \text{ м; } T_2 = 0,5 \text{ с; } L = 2 \text{ м.}$$



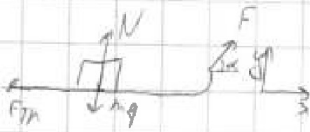
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



По II закону Ньютона в проекции на ось:

$$Ox: R_1 = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$Ox: R_2 = F - F_{\text{тр}}, \text{ где } R_1, R_2 - \text{реакции}$$

$$Oy: 0 = N - mg \pm F_{\text{тр}} \sin \alpha \quad N = mg - F \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N - mg \Rightarrow N = mg \quad \text{нужно знать}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$R_1 = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$R_2 = F - \mu mg$$

$$R_1 = F = k; \quad R_2 = F = k \Rightarrow R_1 = R_2$$

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

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

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

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

Потом это нам понадобится возвести в квадрат на обеих частях F:

$$\text{По закону сохранения энергии: } k = F_{\text{тр}} \cdot S$$

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

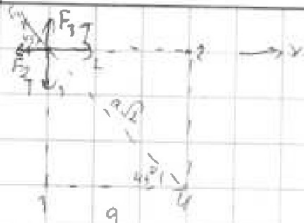
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Рассмотрим заряд 1. На него действуют силы: T_2, T_3 ;

$$F_2, F_3, F_4; T_2 = T_3 = T$$

$$F_2 = F_3 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}; F_4 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (\sqrt{2}a)^2} = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2}$$

Заложим II закон Ньютона в проекции на ось OX:

$$T_{\text{рез}} = 0 = T_2 - F_2 - F_4 \cos 45^\circ$$

$$T = F_2 + F_4 \cos 45^\circ = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{2a^2} \right) \Rightarrow q = \sqrt{\frac{10\pi\epsilon_0 a^2 T}{4 + \sqrt{2}}} = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{4 + \sqrt{2}}}$$

По закону сохранения энергии 2-го порядка тела.

$$P_2 + P_3 + P_4 = k + P_2' + P_3' + P_4', \text{ где } P_2 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{a}$$

$$P_3 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{a}$$

$$P_4 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}a}$$

$$P_2' = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2a}$$

$$P_3' = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2a}$$

$$P_4' = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2a}$$

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

$$k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6\sqrt{2} + 6 + 3\sqrt{2} + 1\sqrt{2} - 3\sqrt{2} - 1\sqrt{2}}{6a} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6\sqrt{2} + 4}{6a}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{10\pi\epsilon_0 q^2 T}{4 + \sqrt{2}} \cdot \frac{3\sqrt{2} + 11}{6a}$$

$$k = \frac{2aT(3\sqrt{2} + 11)}{3(4 + \sqrt{2})} = \frac{aT(6 + 11\sqrt{2})}{6\sqrt{2} + 3}$$

Отсюда: для $q = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{4 + \sqrt{2}}}$; $k = \frac{6 + 11\sqrt{2}}{6\sqrt{2} + 3} \cdot a \cdot T$

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!

Известно, что $\frac{C_{p1}}{R} = 1,5$, $\Rightarrow C_{p1} = \frac{5}{2} R$, следовательно 1-2 - изохорный процесс

$$A_{12} = 0 \quad Q_{12} = \frac{5}{2} \cdot 7 \cdot R \cdot \Delta T = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot 200 = 831,21 \text{ Дж}$$

Найдем работу внешних сил $A_{\text{вн}31} = -A_{31}$, где A_{31} - работа газа.

Из законов термодинамики следует, что $Q = A + \Delta U$, где Q - подведенное тепло

A - это работа; ΔU - изменение внутренней энергии тела

$$A = Q - \Delta U; \quad A_{\text{вн}31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$$

$$Q = C \cdot \Delta T = \left(\frac{5}{2} R\right) \cdot \Delta T \quad \Delta U = \frac{5}{2} R \Delta T = \frac{5}{2} R \Delta T$$

$$A_{\text{вн}31} = \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot (1-2) - \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot (1-2) = 8,31 \cdot 200 \cdot (1-2) = 8,31 \cdot 200 \cdot (-1) = -1662 \text{ Дж}$$

$$A_{31} = -2493 \text{ Дж} = -831,3 \text{ Дж}$$

Найдем КПД: $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot (4-1) \cdot 200 - 1,5 \cdot 8,31 \cdot (1-4) \cdot 200 = 1831,4 \cdot 200 = 366280 \text{ Дж}$$

$$\eta = \frac{831,21 - 831,3}{831,21} = \frac{5}{21}$$

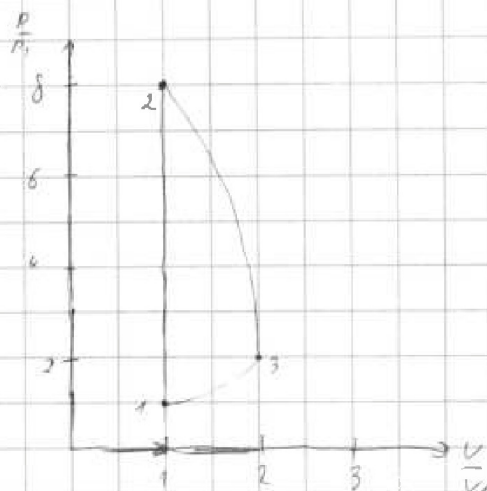
1-2 - изохорный, тогда p

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \quad p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = 8 p_1$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; \quad T_2 = 4 T_1$$

$$p_1 V_1 = 4 p_1 V_2$$

$$\text{Остаток: } \eta = \frac{5}{21}, \quad A_{\text{вн}31} = 2493 \text{ Дж}$$





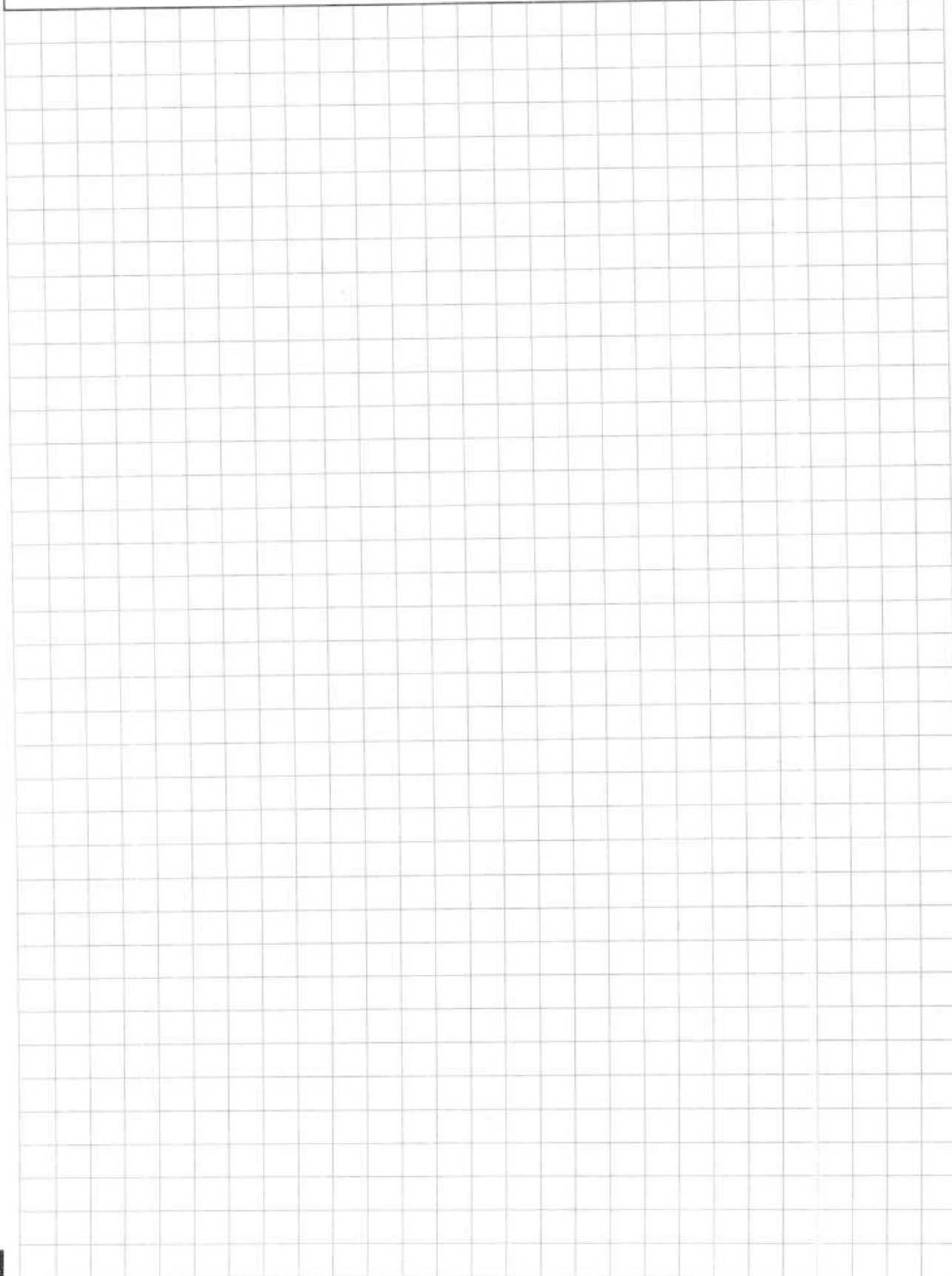
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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!



$$mg \cos \alpha = N$$

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma$$

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

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

$$s = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{35}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-5} \cdot 9.8 (1 + 0.6)} = 30 \text{ м.}$$



$$\text{При } mg \sin \alpha > F_{\text{тр}} \text{ и } N$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha$$

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



$$F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$$

$$N = mg - F \sin \alpha$$

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

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

$$F - F_{\text{тр}} = R$$

$$k = R \cdot S = F \cos \alpha S - \mu mg S + \mu F \sin \alpha S$$

$$F - \mu mg = R$$

$$k = R \cdot S = S(F - \mu mg)$$

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

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

$$F_1 = \frac{k}{F - \mu mg}$$

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

$$k = \mu mg S$$

$$V_0 = \mu g t$$

$$V_0^2 = \mu^2 g^2 t^2$$

$$2k = m \mu^2 g^2 t^2$$

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

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

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

$$s = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{\mu g k^2}{2} = \frac{V_0^2}{2\mu g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

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

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

$$H_{\max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \frac{\pi}{4}}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \frac{\pi}{4}}{2g} = \frac{200 \cdot \frac{1}{2}}{2 \cdot 10} = 5 \text{ м}$$



$$H = H_{\max}$$

$$t_{\max} = \frac{\pi}{2}$$

$$L = \frac{L}{2}$$

$$L = V_0 \cos \beta \cdot t$$

$$0 = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$L = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

$$H_{\max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{g t^2}{2} = \frac{2 V_0^2 \sin^2 \beta}{g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g}$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2 H_{\max}}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 9.8}{200}} = \frac{10 \sqrt{2}}{200} = 5 \sqrt{2} = \frac{3}{10}$$

$$\beta = \frac{L}{2} = \frac{2 V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{200 \cdot 9.8 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{41}}{10 \cdot 10 \cdot 10} = \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{18}{100}} = \frac{\sqrt{82}}{10}$$

$$= \frac{12 \sqrt{41}}{10} = \frac{6 \sqrt{41}}{5} \text{ м}$$

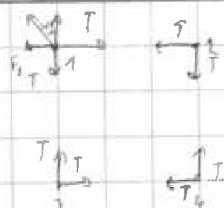
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1. $\cos: T = F_2 + F_4 \cos 45^\circ$ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{(4+\sqrt{2})q^2}{16\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{16\pi T \epsilon_0 a^2}{4+\sqrt{2}}} = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{4+\sqrt{2}}}$$

$$\Gamma_1 = k_1 + \Gamma_2$$

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

$$k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{4a^2} + \frac{1}{2a^2} - \frac{1}{a^2} - \frac{1}{4a^2} - \frac{1}{2a^2} \right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{41}{16a^2} = \frac{36\pi T \epsilon_0 q^2}{4\pi\epsilon_0 (4+\sqrt{2})}$$

$$\frac{36}{16a^2} + \frac{18}{16a^2} - \frac{9}{16a^2} - \frac{4}{16a^2} = \frac{41}{16a^2}$$

$$\frac{41}{16a^2} = \frac{41}{a} \cdot \frac{T}{4+\sqrt{2}}$$

$$4 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} - \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} \right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6+11\sqrt{2}}{6\sqrt{2}a} = \frac{3\sqrt{2}+11}{6\sqrt{2}}$$

$$\frac{36\pi T \epsilon_0 a^2}{4\pi\epsilon_0 (4+\sqrt{2})} = \frac{(3\sqrt{2}+11) \cdot 2 \cdot T \cdot a}{3 \cdot (4+\sqrt{2})} = \frac{9\sqrt{2}(3+11\sqrt{2})}{5\sqrt{2}+3} \cdot T \cdot a$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

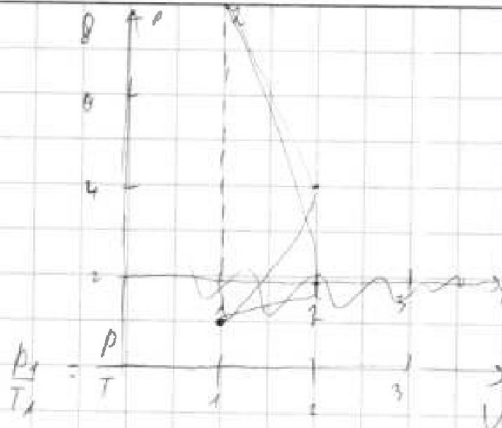
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$C = \frac{3}{2} R$$

1-2 изохорный процесс



ΔT

$$Q = C \cdot \Delta T = \left(\frac{C}{R}\right) R \cdot \Delta T \quad A_{12} = 24,93$$

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

$$A_{12} = Q = \Delta U = R \Delta T \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2} \nu\right) = 8,31 \cdot 200$$

$$Q = A_T + \Delta U$$

$$A_{13} = Q - \Delta U = R \Delta T \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2} \nu\right) = 8,31 \cdot 4 \cdot 200 = 6648$$

$$A_T = Q - \Delta U$$

$$A_{31} = -A_T = \Delta U - Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T - \frac{C}{R} R \Delta T = R \Delta T \left(\frac{3}{2} \nu - \frac{C}{R}\right) = -95$$

$$= -0,5 \cdot 1 - 3 \cdot 1 \cdot R = 1,5 \cdot 200 \cdot 8,31 = 2493 \quad D_{12} = 831,3 \quad \frac{6648 - 2493}{831,3}$$

$$\frac{831,3}{2493}$$

$$P_1 V_1 = \frac{P_2 V_2}{2}$$

$$\eta = \frac{Q_{12}}{Q_{13}} = \frac{831,3 \cdot 8 - 831,3 \cdot 3}{831,3 \cdot 21} = \frac{5}{21}$$

$$P_1 V_1 = \frac{P_2 V_2}{2}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$P_1 V_1 = \frac{P_2 V_2}{2}$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4}$$

$$Q_{12} = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200$$

$$+ 831,3$$