



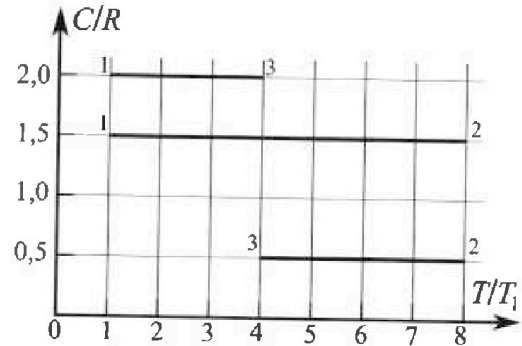
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

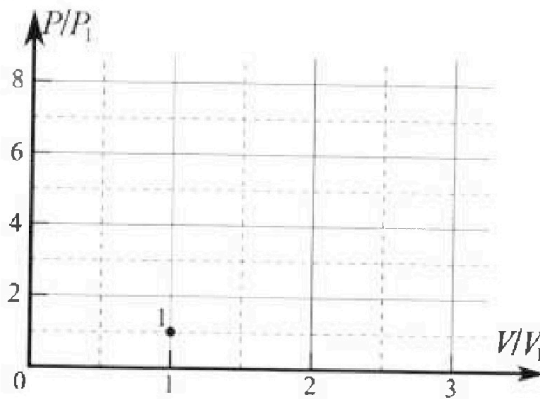
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

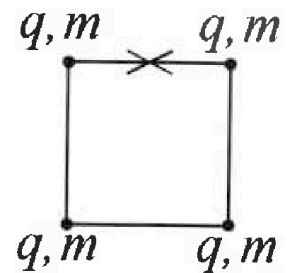


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 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  $\epsilon_0$ . 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.

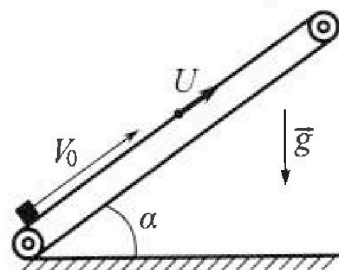
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

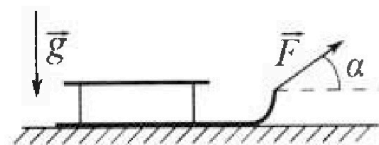
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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!



Записываем закон движения в проекциях на оси координат

$$\begin{aligned} \text{OX: } x &= v_0 \cos \alpha \tau \\ \text{OY: } y &= v_0 \sin \alpha \tau - g \frac{\tau^2}{2} \end{aligned}$$



В конце полета:

$$x=L; y=0; \begin{cases} L = v_0 \cos \alpha t_1 & \text{①} \\ 0 = v_0 \sin \alpha t_1 - g \frac{t_1^2}{2} & \text{②} \end{cases}$$

где  $t_1$  - время полета в первом случае

①  $\Rightarrow t_1 = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$  → ~~получаем~~

②  $\Rightarrow v_0 \sin \alpha \frac{L}{v_0 \cos \alpha} = g \frac{L^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow t_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$  → ~~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 стальной шарик со стенкой на максимальной высоте H.

Выбравшись при этом запущенный шарик под углом  $\beta$  к горизонту. Стенку можно убрать, следовательно мал стальной шарик в какой-то момент времени рухнет на пол, если бы стена не было.



В какой-то момент траектории:  $\tau = \frac{t_2}{2}$ , где  $t_2$  - всё время полета во 2 случае.

$\tau = \frac{t_2}{2}$ , где  $t_2$  - всё время полета во 2 случае. Записываем закон движения в проекциях на оси:

$$\begin{aligned} \text{OX: } \tau &= v_0 \cos \beta \tau \\ \text{OY: } y &= v_0 \sin \beta \tau - g \frac{\tau^2}{2} \end{aligned}$$

В конце полета:  $\begin{cases} H = v_0 \cos \beta t_2 \\ 0 = v_0 \sin \beta t_2 - g \frac{t_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow v_0 \sin \beta = \frac{g t_2}{2} \Rightarrow t_2 = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$

На высоте H какой-то момент траектории:  $\begin{cases} H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{t_2}{2} - g \frac{(\frac{t_2}{2})^2}{2} \\ S = v_0 \cos \beta t_2 \end{cases}$

получаем ④ и ⑤, получаем:  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2 g H}{v_0^2}}$

$\sin \beta = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 9.8}{200}} = 0.6$ ,  $\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = 0.8$

$S = \frac{v_0 \cos \beta t_2}{2} = \frac{v_0^2 \cos^2 \beta \sin \beta}{g} = \frac{200 \cdot 0.8 \cdot 0.6}{10} = 9.6 \text{ м}$  Ответ:  $v_0 = 10 \sqrt{2} \text{ м/с}$ ,  $S = 9.6 \text{ м}$ .

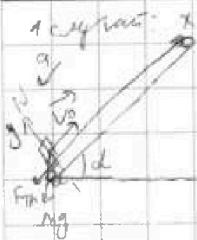
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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 на ось координат

$$Ox: F - ma = -F_{тр} - mg \sin \alpha$$

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

$$F_{тр} = \mu N$$

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

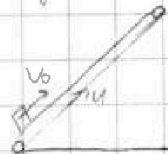
$$ma = F_{тр} + mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 20 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6$$

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

$$S = \frac{V_k^2}{2a} = \frac{V_k^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{36}{20 \cdot 10,5 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6} = 1,8 \text{ м.}$$

2 ситуация



Нам требуется найти то время  $T_1$ , при котором скорость направлена вверх, т.е. скорость положительна. Проверка: НСО: транспортёр

НСО: земля

Результат в этом случае

НСО: земля

представляет собой, как и

$$T_2 = \text{время } V_k = V_0 - U = 5 \text{ м/с}$$

в первом

Определяется этот критический момент на переходе скорости

когда  $V_k = 0$ . Записываем остальные 70 м, что и в первом случае.

$$V_k = V_0 - a T_1$$

$$a T_1 = V_0 \Rightarrow T_1 = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{5}{20 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6} = 0,5 \text{ с.}$$

$$T_2 = \frac{V_0 + V_k}{a} = \frac{V_0 + 0}{a} = 3,5 \cdot 0,5 = 1,75 \text{ с}$$

после этого в 2 ситуации блок будет двигаться

вверх, так как  $mg \sin \alpha > \mu N$ , если нет, то тело перестанет

двигаться относительно транспортёра. А если да, то начнёт падать

на скорость вниз

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

$$\mu N = \mu mg \cos \alpha = mg \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 mg < mg \sin \alpha$$

Следовательно, блок будет двигаться

вниз, так как  $mg \sin \alpha > \mu N$ .

Нам нужен момент, когда скорость относительно земли будет 0, т.е. когда блок остановится

на скорости  $V_0 = 9 \text{ м/с}$  по направлению к оси  $Ox$  блок будет двигаться

По II закону Ньютона:  $ma = mg \sin \alpha - F_{тр} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$ ;  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 2 \text{ м/с}^2$

$$V = 0 \Rightarrow T = \frac{V}{a} = 0,5 \text{ с} \quad T_2 = \frac{0 + 9}{2} = 4,5 \text{ с}$$

$$L = S_1 + S_2 = 9 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 9 = 4,5 + 2,25 = 6,75 \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } S = 1,8 \text{ м; } T_1 = 0,5 \text{ с; } L = 6,75 \text{ м.}$$

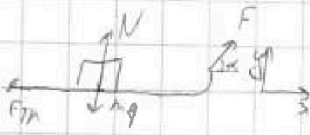
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



По II з-ну Ньютона в проекции на оси:

$$Ox: R_1 = F \cos \alpha - F_{тр}$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$
$$F_{тр} = \mu N$$

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

$$Oy: 0 = N - mg \Rightarrow N = mg \text{ (горизонтальная)}$$
$$F_{тр} = \mu N$$

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

По закону сохранения энергии

$$R_2 = F - \mu mg$$

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

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

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

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

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

Поскольку нам неизвестно коэффициент трения на поверхности F:

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

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



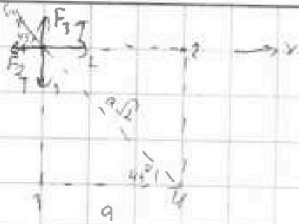
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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:  $T_2, T_3$ ;

$$F_2; F_3; F_4; \quad T_2 = T_3 = T$$

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

Заряды 2, 3 и 4 действуют в направлении оси Ox:

$$T_{\text{равн}} = 0 = T_2 - F_2 - F_4 \text{ согласно}$$

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

По закону сохранения энергии для равновесия тела.

$$\Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 = k + \Pi_2' + \Pi_3' + \Pi_4', \text{ где } \Pi_2 = \frac{q^2}{a} \cdot \frac{1}{a}$$

$$\Pi_3 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{a}$$

$$\Pi_4 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}a}$$

$$\Pi_2' = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2a}$$

$$\Pi_3' = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2a}$$

$$\Pi_4' = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2a}$$

$$k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} \right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{6\sqrt{2} + 6 + 3\sqrt{2} + 1}{6a} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{10\sqrt{2} + 7}{6a}$$

Ответ: 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!

Значит, что  $\frac{C_{12}}{R} = 1,5$ ,  $\Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} \text{ Дж}$ , следовательно 1-2 - изохорный процесс

$$A_{12} = 0 \quad Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot R \cdot \Delta T = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot 200 = 891,21 \text{ Дж}$$

Найдём работу внешнего сил  $A_{\text{вн}31} = -A_{23}$ , где  $A_{23}$  - работа газа.

Пусть газовый термодинамический цикл, то  $Q = A + \Delta U$ , где  $Q$  - подведённая теплота,  $A$  - работа,  $\Delta U$  - изменение внутренней энергии газа.

$A$  - это работа;  $\Delta U$  - изменение внутренней энергии газа

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

$$Q = C \cdot \Delta T = \left(\frac{C}{R}\right) R \cdot \Delta T \quad \Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$A_{\text{вн}31} = \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot 8,31 \cdot (1-2) - \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot 8,31 \cdot (1-2) = 8,31 \cdot 200 \cdot (1-2) = 8,31 \cdot 200 \cdot (-1) = -1662 \text{ Дж}$$

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

$$A_{23} = -2493 \text{ Дж} = -891,3 \text{ Дж}$$

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

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot (4-1) \cdot 200 - 1,5 \cdot 8,31 \cdot (4-1) \cdot 200 = 1,831 \cdot 4 \cdot 200 = 8,31 \cdot 8 \text{ Дж}$$

$$\eta = \frac{8,31 \cdot 8 - 8,31 \cdot 3}{891,21} = \frac{5}{21}$$

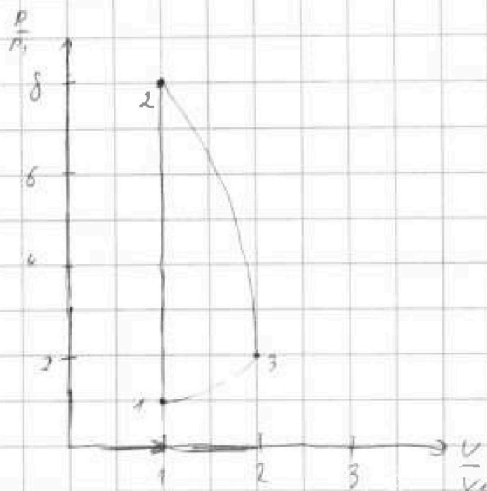
1-2 - изохорный, то есть  $p = \text{const}$

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

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

$$p_1 V_1 = 4 p_2 V_2$$

$$Q_{12} = 891,21 \text{ Дж}, \quad A_{\text{вн}31} = 2493 \text{ Дж}$$





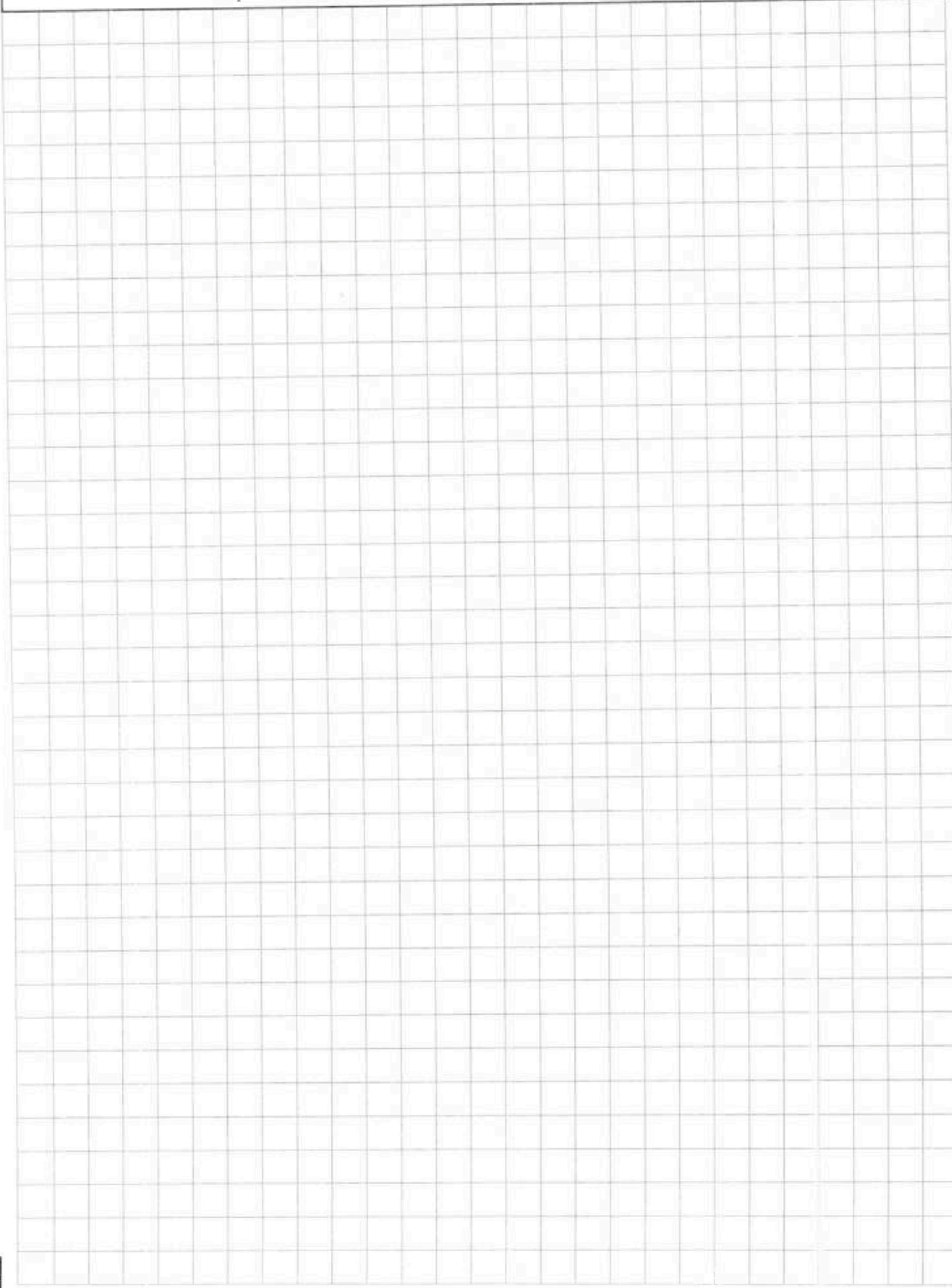
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!







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!



$$mg \cos \alpha = N$$

$$F_{тр} + mg \sin \alpha = ma$$

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

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

$$s = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{36}{2 \cdot 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = 3,6 \text{ м.}$$

→



$$F \cos \alpha - F_{тр} = ma$$

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

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

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

$$F - F_{тр} = R$$

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

$$F - \mu mg = R$$

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

$$k = \int_0^s (F - \mu mg) ds$$

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

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

$$\int (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha) ds = \int F ds$$

$$k = \mu mg s$$

$$v_0 = \mu g t$$

$$v_0^2 = \mu^2 g^2 t^2$$

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

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

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

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

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

$$s = \frac{k}{2} \cdot \frac{2}{\mu mg} = \frac{\mu g t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2 \mu g}$$

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!



$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

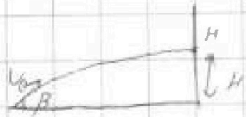
$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

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

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

$$= \frac{200 \cdot \frac{1}{2}}{2 \cdot 10} = 5 \text{ м}$$

$$\frac{g \cdot L}{10}$$



$$H = H_{\max}$$

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

$$\cos \beta = \frac{L}{L}$$

$$L = v_0 \cos \beta \cdot t$$

$$0 = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

$$H_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{g t^2}{8} = \frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta}{8g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{4g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{4g}$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{g H_{\max}}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 5}{200}} = \frac{1}{2} = 0.5 \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

$$\beta = \frac{L}{L} = \frac{2 v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{2g} = \frac{200 \cdot 9.8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \cdot 10 \cdot 10} = \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{18}{100}} = \frac{\sqrt{82}}{10}$$

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

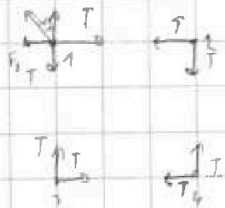
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. ох:  $T = F_2 + F_0 \cos 45^\circ$   $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

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

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

$\Gamma_1 = k_1 + \Gamma_2$

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

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

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

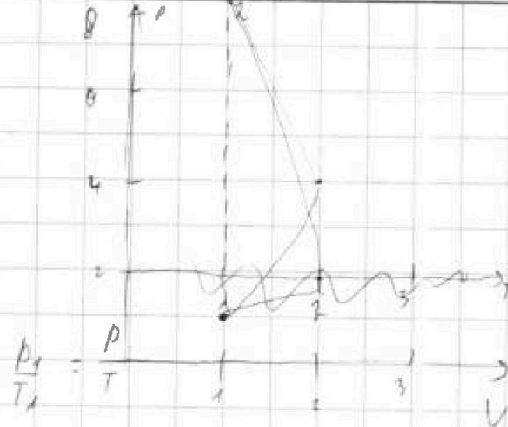
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

$$C \cdot \frac{3}{2} \sqrt{2}$$

1-2 изохорный процесс



$C \Delta T$

$$Q = C \cdot \Delta T = \left(\frac{C}{R}\right) \cdot R \cdot \Delta T \quad A_{1,2} = 24,93$$

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

$$A_{1,2} = Q \cdot \Delta U = R \Delta T \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2} \sqrt{2}\right) = 8,31 \cdot 7 \cdot 200$$

$$Q = A_T + \Delta U$$

$$A_{1,3} = Q \cdot \Delta U = R \Delta T \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2} \sqrt{2}\right) = 8,31 \cdot 4 \cdot 200 = 6648$$

$$A_T = Q \cdot \Delta U$$

$$A_{3,4} = -A_T = \Delta U \cdot Q = \frac{3}{2} \sqrt{2} R \Delta T - \frac{C}{R} \cdot R \Delta T = R \Delta T \left(\frac{3}{2} \sqrt{2} - \frac{C}{R}\right) = -9,5$$

$$= -0,5 \cdot 1 - 3 \cdot 1 \cdot R = 1,5 \cdot 200 \cdot 8,31 = 2493 \quad A_{3,4} = 831,3 \quad 6648 - 2493$$

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

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\eta = \frac{Q_{1,2}}{Q_{1,3}} = \frac{831,3 - 831,3}{6648 - 2493} = \frac{5}{27}$$

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

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

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

$$Q_{1,2} = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot 200$$

$$+ \frac{831}{27}$$