



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.

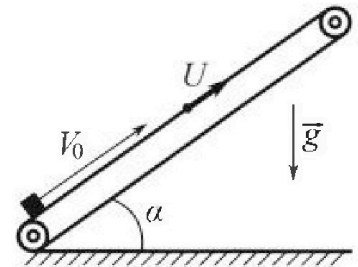
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.).

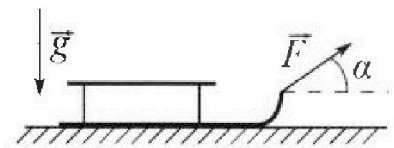
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.



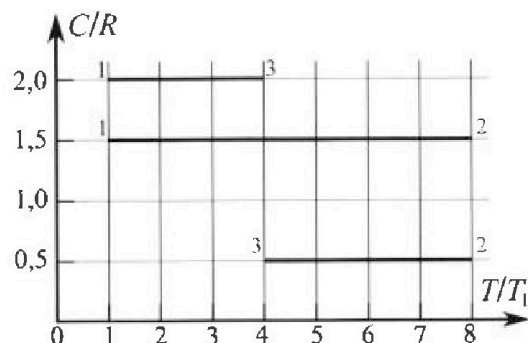
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

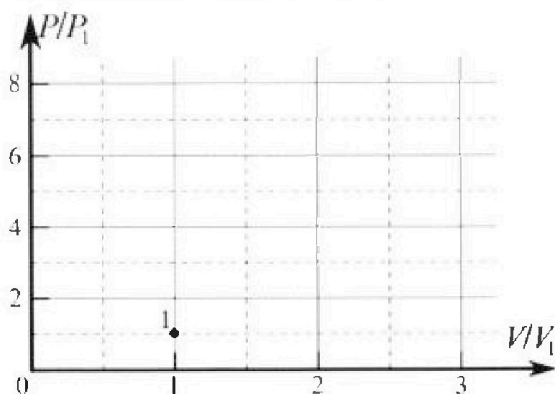
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

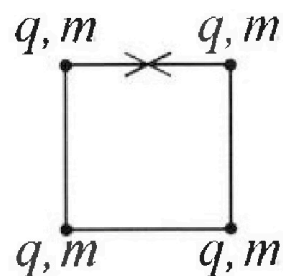
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На как ом расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

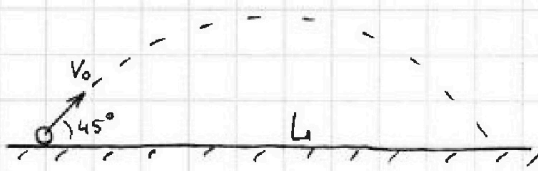
1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

## Задача №1

1)



Пусть время полёта мяча равно  $t$ . Тогда горизонтальное перемещение мяча:

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t$$

Вертикальное перемещение мяча за всё время полёта:

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

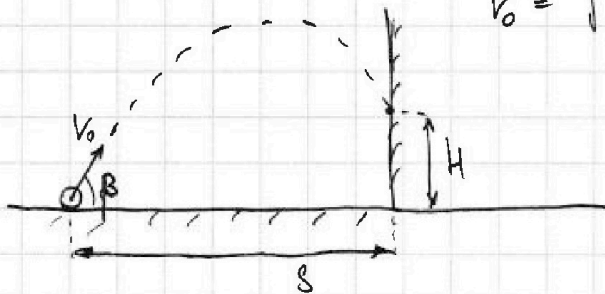
$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{2} v_0}{g}$$

Тогда скорость:

$$v_0 = \frac{L}{\frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t} \Rightarrow L = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 \cdot \frac{\sqrt{2} v_0}{g} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{Lg} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)



Пусть теперь время полёта мяча под углом  $\beta$  до стены равно  $T$ .  
Горизонтальное перемеще-

ние:

$$S = v_0 \cos \beta \cdot T \Rightarrow T = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

Вертикальное перемещение:

$$H = v_0 \sin \beta T - \frac{g T^2}{2} = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} =$$

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

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!

Мы знаем, что функция  $H(\operatorname{tg}\beta)$  принимает максимальное значение при некотором  $\operatorname{tg}\beta_0$ . Найдём его, ~~то~~ продифференцировав его по  $\operatorname{tg}\beta$  и приравняв к 0:

$$0 = g - \frac{g^2}{v_0^2} \operatorname{tg}\beta_0$$

$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{v_0^2}{gS}$  - при такой  $\beta_0$  будет максимальная высота, на которой происходит соударение

Подставим обратно в ур-е:

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2S^2} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} - H\right) \frac{2v_0^2}{g}} = \sqrt{\left(\frac{200}{20} - 3,6\right) \frac{2 \cdot 200}{10}} \text{ м} =$$

$$= \sqrt{6,4 \cdot 40} \text{ м} = \sqrt{64 \cdot 4} \text{ м} = 16 \text{ м}$$

Ответ:  $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $S = 16 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

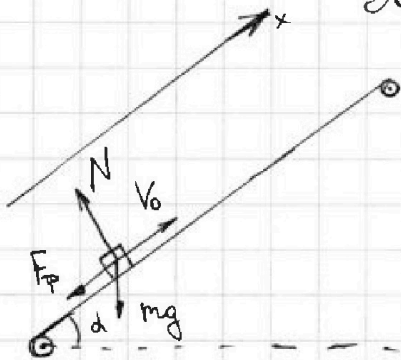
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

## Задача №2.

1)



Рассмотрим силы действующие на груз в первом опыте. 2-й закон Ньютона на ось  $x$  где груз (ось  $x$  сонаправлена с вектором  $v_0$ )

$$m a_x = - m g \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

Т.к. груз движется  $F_{\text{тр}} = \mu N$

2-й закон Ньютона <sup>где груза</sup> на ось перпендикулярную оси  $x$ :

$$0 = N - m g \cos \alpha \Rightarrow N = m g \cos \alpha$$

$a_x$  - ускорение груза в проекции на ось  $x$  (~~это же~~  
~~и то же~~ - ускорение)

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

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

$$a_x = - g (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = - g$$

Перемещение груза:

$$s = v_0 T - g \frac{T^2}{2} = 6 \text{ м} - 10 \cdot \frac{1}{2} \text{ м} = 1 \text{ м}$$

2) ~~Скорость коробки~~ Когда скорость коробки станет равна  $u = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , то она сравняется со скоростью транспорта и относительно транспорта коробка остановится. Относно транспорта начальная скорость коробки:

$$u_0 = v_0 - u = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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



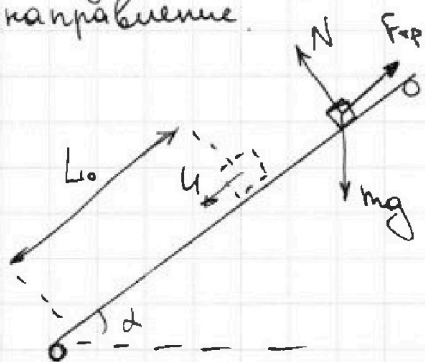
Перейдём в СО транспорта. Силы действуют всё те же, а значит ускорение коробки  $a_x$  сохранится.  $T_1$  - время от начала до остановки коробки в СО транспорта:

$$T_1 = \frac{0 - u_0}{-a_x} = \frac{0 - u_0}{a_x} = \frac{u_0}{g} = 0,5 \text{ с}$$

3) Как только скорость коробки обратится в ноль тогда, когда в СО транспорта коробка будет ехать вниз со скоростью  $u$ . Пусть это произойдёт через время  $T_2$ :

$$T_3 = T_1 + T_2$$

Где  $T_2$  - время 'спуска' коробки (до скорости  $u$ ). Когда это время. Заметим, что если трение изменит направление.



Новое ускорение:

$$m a'_x = -mg \sin \alpha + F_{TP}$$

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

$$= -0,2g$$

Время  $T_2$ :

$$T_2 = \frac{0 - u}{a'_x} = \frac{u}{0,2g} = 0,5 \text{ с}$$

$$T_3 = T_1 + T_2 = 1 \text{ с}$$

В этой СО коробка через время  $T_3$  будет находиться на расстоянии  $L_0$  от точки старта:

$$L_0 = \frac{a T_1^2}{2} - \frac{0,2g T_2^2}{2} = 0,4g T_1^2 = 0,1 \text{ м}$$

Но в лабораторной СО путь проехал:

$$L_1 = L_0 + u \cdot T_3 = 1,1 \text{ м}$$

Ответ:  $S = 1 \text{ м}$ ;  $T_1 = 0,5 \text{ с}$ ;  $L_1 = 1,1 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

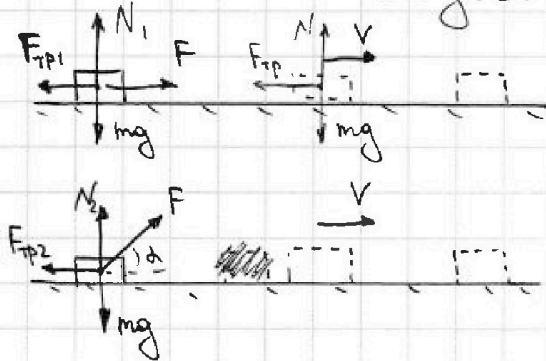
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

### Задача 13



- 1) Пусть санки разогнают до скорости  $V$ , масса санок  $m$ .  
Тогда:

$$K = \frac{mV^2}{2}$$

- 2) Рассмотрим 1-й случай <sup>движения</sup> с

горизонтальной силой  $F$ . Разставим силы. 2-й закон Ньютона на вертикальную ось:

$$N_1 = mg$$

на горизонтальную (т.к. санки движутся:  $F_{тр1} = \mu N_1$ ):

$$ma_1 = F - F_{тр1} = F - \mu N_1 = F - \mu mg$$

$$a_1 = \frac{F}{m} - \mu g \quad - \text{ускорение санок во время } 1\text{-го разгона}$$

- 3) Рассмотрим 2-й случай <sup>движения</sup> с силой  $F$ , направленной под углом. Разставим силы. 2-й закон Ньютона на вертикальную ось:

$$N_2 + F \sin \alpha = mg \Rightarrow N_2 = mg - F \sin \alpha$$

на горизонтальную (т.к. санки движутся:  $F_{тр2} = \mu N_2$ ):

$$ma_2 = F \cos \alpha - F_{тр2} = F \cos \alpha - \mu N_2 = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$a_2 = \frac{F \cos \alpha}{m} - \mu g + \frac{\mu F \sin \alpha}{m} \quad - \text{ускорение санок во время } 2\text{-го разгона}$$

- 4) Т.к. санки разгоняют на одинаковых участках пути до одинаковой скорости, то ускорение санок во время разгона



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!

в 1-м и во 2-м ~~случаях~~ случаях равны:

$$a_1 = a_2$$

$$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$$

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

5) После разгона санок запишем 2-й 3-й Ньютона  
к  $m$   $m$   $m$  оси:

$$N = mg$$

$$ma = -F_{\text{тр}} = -\mu N = -\mu mg$$

$a = -\mu g$  - ускорение санок после разгона.

Расстояние, которое проедут санки в процессе торможения:

$$S = \frac{0 - v^2}{2a} = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{K}{m\mu g} = \frac{K \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$$

Ответ:  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ ;  $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$ .



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

## Задача №4.

1) Как видно, процессы 1-2, 2-3, 3-1 - политропические процессы. Теплоёмкость любого процесса:

$$C = \frac{\nu C_v dT + PdV}{\nu dT} = C_v + \frac{PdV}{\frac{1}{R}(PdV + VdP)} = C_v + \frac{R}{1 + \frac{VdP}{PdV}}$$

Отсюда ур-е политропического процесса ( $C = \text{const}$ )  
 $\frac{VdP}{PdV} = k$  ( $k$  - некая постоянная для процесса)

$$\frac{dP}{P} = k \frac{dV}{V}$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = \ln \left( \frac{V}{V_0} \right)^k$$

$$\frac{P_0}{V_0^k} = \frac{P}{V^k} \quad \text{- ур-е политропы}$$

Рассчитаем  $k$  для ~~всех процессов~~  $k_{12}$  процесса 3-1:

~~к~~ всех процессов:  $k_{12} = \infty$  (идеальный изохорный процесс);

$$k_{23} = -2; \quad k_{31} = 1.$$

$$\text{В процессе 3-1: } \frac{P}{V} = \text{const} = \frac{P_1}{V_1} = \frac{RT_1}{V_1^2}$$

Работа Внешних сил  $A_{31}$  (знак минус, т.к. работа внешних сил)

$$A_{31} = - \int_3^1 P dV = - \int_{V_3}^{V_1} \frac{RT_1}{V^2} V dV = - \frac{RT_1}{2V_1^2} (V_1^2 - V_3^2) =$$
$$= - \left( \frac{RT_1}{2} - \frac{RT_1}{2} \cdot \frac{V_3^2}{V_1^2} \right).$$

Процесс 1-2 изохорный:  $V_1 = V_2$

Процесс 2-3:  $k_{23} = -2$

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!

$$pV^2 = RTV = \text{const} \quad \text{Значит:}$$

$$RT_2 V_2 = RT_3 V_3$$

$$V_3 = \frac{T_2}{T_3} V_2 = \frac{T_2}{T_3} V_1 = 2V_1$$

$$A_{31} = \frac{RT_1}{2} (4-1) = \frac{3}{2} RT_1 \approx 25 \cdot 100 \text{ Дж} = 2500 \text{ Дж}$$

2) Все тепло, которое сообщим газу:

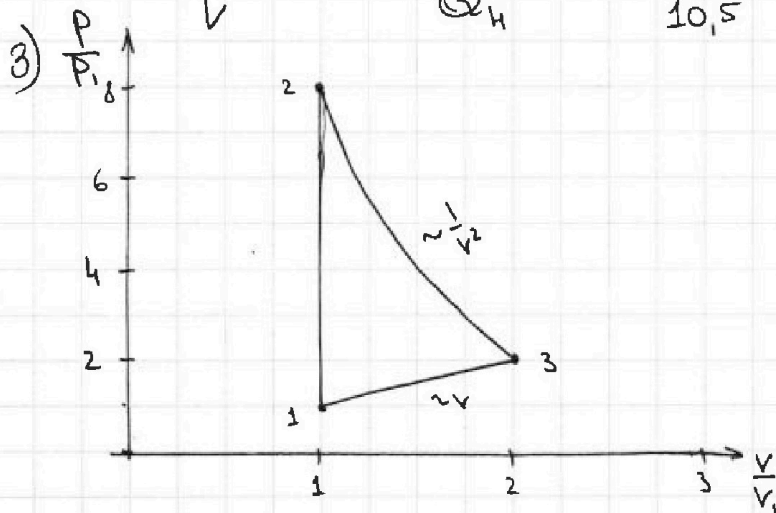
$$Q_H = C_{12} \cdot (T_2 - T_1) = 1,5 R \cdot 7 T_1 = 10,5 RT_1$$

Тепло, которое "забрали" у газа (по модулю):

$$Q_x = C_{23} (T_2 - T_3) + C_{13} (T_3 - T_1) = 2 RT_1 + 6 RT_1 = 8 RT_1$$

КПД цикла:

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$



$$1-2: \text{Изохора: } \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$2-3: V_3 = 2V_2$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{V_2^2}{V_3^2} = \frac{1}{4}$$

$$P_3 = \frac{1}{4} P_2$$

$$P \sim \frac{1}{V^2} \text{ - гиперболы}$$

$$3-1: P \sim V \text{ - прямая}$$

$$\text{Ответ: } A_{31} = 2500 \text{ Дж}; \eta = \frac{5}{21}$$

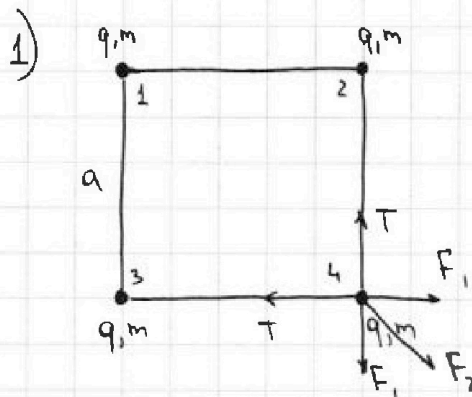
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 закону Кулона сила  $F_1$ , с которой действуют 2 соседних шарика на уголковой:

$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$$

Сила  $F_2$ , с которой шарик по диагонали действует на уголковой:

$$F_2 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

Запишем 2-й закон Ньютона на ось, направленную в сторону  $F_2$ :

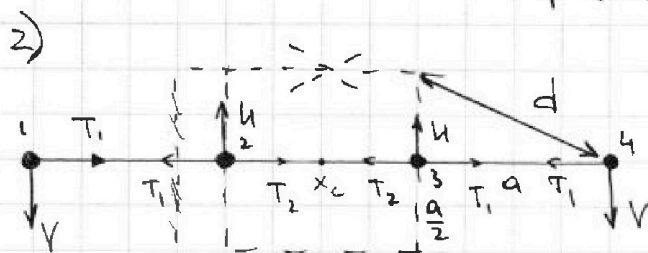
$$F_2 + 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} F_1 = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} T$$

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

$$= \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \frac{kq^2}{a^2}$$

$$q^2 = \frac{T a^2}{k} \frac{4}{4 + \sqrt{2}} = \frac{46 \pi \epsilon_0 T a^2}{4 + \sqrt{2}}$$

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



Центр масс квадрата находится в его центре. А значит, как только шарики встроены в одну прямую, то эта прямая будет перпендикулярна боковым сторонам квадрата и

проходить через его центр. Значит, (из симметрии задачи) и проходить через его центр. Тогда, расстояние  $d$ :

$$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

МФТИ

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!



Пусть  $1^{\circ}$  и  $4^{\circ}$  шарик движатся со скоростью  $V$ , а  $2^{\circ}$  и  $3^{\circ}$  со скоростью  $U$ . Из симметрии задачи известно, что  $2^{\circ}$  и  $3^{\circ}$  шарик будут двигаться по бывшим сторонам кв. та, т.к. их толкнут с двух сторон  $1^{\circ}$  и  $4^{\circ}$  соответственно. Центр масс и скорость системы не изменилась, т.к. внешние сил нет. Тогда:

$$0 = 2mU - 2mV \\ 2mU = 2mV \\ U = V.$$

Изменение потенциала всей системы (сумма потенциалов каждого шарика) равна изменению всей кинетической энергии:

$$4 \cdot \frac{mV^2}{2} = 4 \left( \cancel{\varphi_1} - \cancel{\varphi_2} \right) \sum_i \varphi_i - \sum_i \varphi'_i \\ \sum_i \varphi_i = 4 \left( 2 \frac{kq}{a} + \frac{kq}{\sqrt{2}a} + \frac{kq}{a} \left( 2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \right) \cdot 4 = \frac{kq}{a} (8 + 2\sqrt{2}) \\ \sum_i \varphi'_i = 2 \left( \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a} \right) + 2 \left( 2 \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} \right) = \\ = \frac{22}{6} \frac{kq}{a} + 5 \frac{kq}{a} = \frac{kq}{a} \cdot \frac{52}{6}$$

$$\frac{4mV^2}{2} = \frac{kq}{a} \left( 8 + 2\sqrt{2} - 8 - \frac{26}{3} \right) = \frac{kq}{a} \left( 2\sqrt{2} - \frac{26}{3} \right)$$

$$\frac{mV^2}{2} = K = \frac{kq}{2a} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) = 2 \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}} \cdot \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$\text{Ответ: } q = 4a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}; K = \frac{1}{2\pi \epsilon_0} \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right);$$

$$d = \frac{\sqrt{5}}{2} a.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

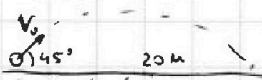
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Зерновик



$$20m = v_0 \frac{\sqrt{2}}{2} t = \frac{v_0^2}{g}$$

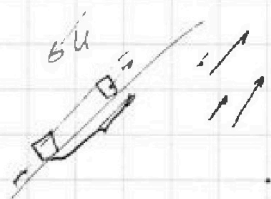
$$t = \frac{2 \frac{\sqrt{2}}{2} v_0}{g} = \frac{\sqrt{2} v_0}{g}$$

$$v_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

$$\sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t - g \frac{t^2}{2} = \frac{1}{2} g t^2 - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{1}{2} g t^2 - \frac{g S^2}{2 v_0^2 (\sin^2 \alpha + 1)}$$



$$PV = RT$$

$$C = C_v + \frac{R}{1 + \frac{P dv}{V dP}}$$

$$P_3 = P_2$$

$\frac{1}{2} R$

$$C = \frac{dU + dA}{V dT} = \frac{C_v RT \cdot V + P dV}{V dT} = C_v + \frac{R P dV}{P dV + V dP}$$

$$= C_v + \frac{R}{1 + \frac{V dP}{P dV}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\alpha}}$$

$$\frac{V dP}{P dV} = \text{const} = k \quad k_{12} = 1$$

$$\frac{dV}{V} k = \frac{dP}{P}$$

$$PV = \text{const}$$

$$\ln \left( \frac{V}{V_0} \right)^k = \ln \frac{P}{P_0}$$

$$A = P dV = \int \frac{RT}{V} dV$$

$$P_0 V_0^k = P V^k = \text{const}$$

$$P V^k = P_0 V_0^k = RT_1 V_0^{k-1}$$

$$P = \frac{RT}{V}$$

$$\frac{P_0}{V_0^k} = \frac{P}{V^k}$$

$$\frac{P_0}{V_0} = \text{const}$$



$$\frac{b}{kg} \frac{g}{11} = \frac{b g}{kg} + \frac{b}{b k}$$

$$\frac{b g}{kg} \left( \frac{2}{g} + \frac{g}{g} \right) = \frac{b g}{kg} + \frac{b}{b k}$$

$$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2$$

$$T_1 V_1 = T_2 V_3$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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

