



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. $10\sqrt{2}$ м/с

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.

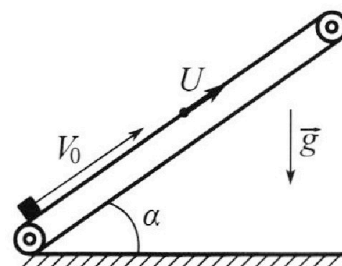
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка? 16 м

Ус корение 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.).

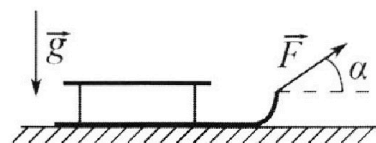
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с? $0,5$ с; $1,5$ с

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.



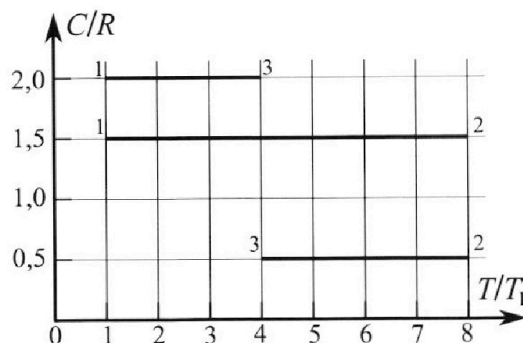
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

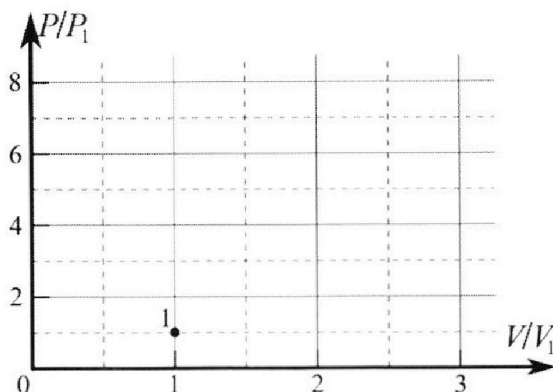
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и
радикалы.



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).

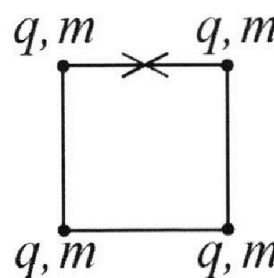


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

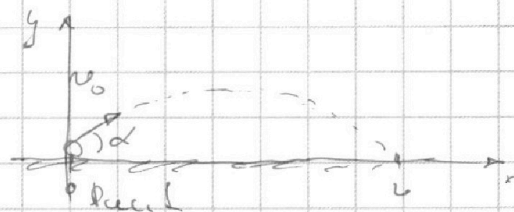
МФТИ

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



1) На рисунке 1 представлено
траектории движения мяча.

То 2-ую 2-ую высоту.



ОУ: $-v_x a_y = v_x a_y \Rightarrow a_y = -g$. То есть мяч движется
под ускорением g , направленным вниз.

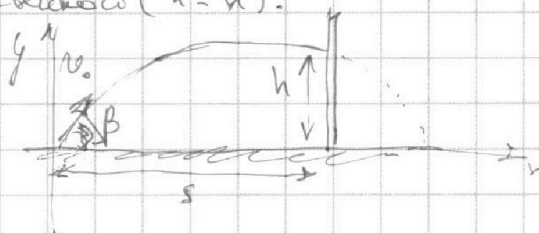
ОУ: $v_0 \sin \alpha = g \frac{t}{2} \Rightarrow t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$, где t - время полета.

ОХ: $L = v_0 \cos \alpha \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = \sqrt{200} \text{ м/с} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}.$

2) h - высота соударения со стеной ($h \leq H$).

ОХ: (t - время до столкновения
со стеной)
 $s = v_0 \cos \beta \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v_0 \cos \beta}$



ОУ: $h = v_0 \sin \beta \cdot t - g \frac{t^2}{2}$

$h = v_0 \sin \beta \cdot \frac{s}{v_0 \cos \beta} - g \frac{s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$

$h = s \cdot \tan \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$

$h = s \cdot \tan \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \cdot \tan^2 \beta$

~~Рассмотрим случай $h = H$.~~

$\frac{g s^2}{2 v_0^2} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \cdot \tan^2 \beta - \tan \beta \cdot s + H + \frac{g s^2}{2 v_0^2} = 0.$

Так как нам нужно наибольшее значение H , $\frac{\partial}{\partial \beta} = 0$ (относительно $\tan \beta$)

$0 = s^2 - \frac{4(H + \frac{g s^2}{2 v_0^2}) g s^2}{2 v_0^2} = 0$



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!

$$s^2 - 4 \frac{(1 + \gamma s^2)}{2v_0^2} \frac{g s^2}{2v_0^2} = 0$$

$$s^2 - \frac{4\kappa g s^2}{2v_0^2} - \frac{4g^2 s^4}{4v_0^4} = 0 \quad | : 2v_0^2$$

$$s^2 - 2\kappa g \frac{s^2}{v_0^2} - \frac{g^2 s^4}{v_0^4} = 0 \quad | : s^2$$

~~начнем более абстрактно, заменим s^2 на x :~~

$$x - 2\kappa g \frac{x}{v_0^2} - \frac{g^2 x^2}{v_0^4} = 0$$

$$x \left(1 - 2\kappa g \frac{1}{v_0^2} - \frac{g^2 x}{v_0^4} \right) = 0$$

$$x = \frac{v_0^4}{g^2} \left(1 - 2\kappa g \frac{1}{v_0^2} \right) = \frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2\kappa v_0^2}{g}$$

$$s = \sqrt{\frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2\kappa v_0^2}{g}} = \sqrt{\frac{(10\sqrt{2} \text{ м/с})^4}{(10 \text{ м/с}^2)^2} - \frac{2 \cdot 3,6 \text{ м} \cdot (10\sqrt{2} \text{ м/с})^2}{10 \text{ м/с}^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{40000}{100} - \frac{2 \cdot 3,6 \cdot 200}{10}} \text{ м} = \sqrt{400 - 144} \text{ м} = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $10\sqrt{2}$ м/с; 2) 16 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!

МФТИ

1) Рассмотрим первый объект (рис.1).

Второй закон Ньютона:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a},$$

ок: $N - mg \cdot \cos \alpha = 0$

$$N = mg \cos \alpha$$

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

ок: $-F_{\text{тр}} - mg \cdot \sin \alpha = -ma,$

$$\cancel{a} = \cancel{\mu mg \cos \alpha} + \cancel{mg \sin \alpha} = ma,$$

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10 \text{ м/с}^2$$

найдём, через какое время пройдет ось координат:

ок: $l_0 - a \cdot t_{\text{ост}} = 0$

$$t_{\text{ост}} = \frac{l_0}{a} = \frac{l_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$t_{\text{ост}} = \frac{6 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = \frac{6 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 1} = 0,6 \text{ с}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$t_{\text{ост}} < T \Rightarrow$ остановившись, тело начнёт двигаться вниз.

Тогда $S = S_1 + S_2$, где S_1 - путь до остановки,

S_2 - путь после остановки.

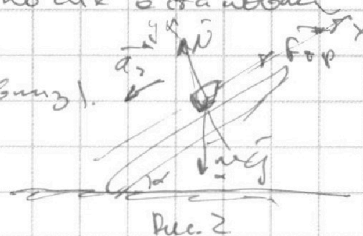
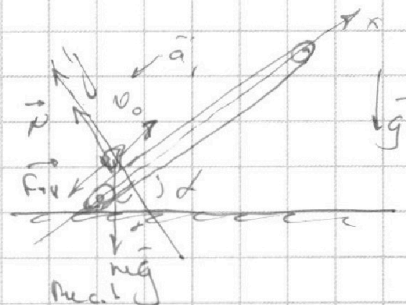
При скольжении вниз (рис.2).

(предполагая, что тело пойдёт вниз).

Второй закон Ньютона:

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$$

т: $N = mg \cos \alpha$, во время движения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$



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. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



$$\textcircled{X}: F_{\text{оп}} - mg \cdot \sin \alpha = -ma_2$$

$$mg \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha = -ma_2$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) = 2 \text{ м/с}^2 > 0 = \rightarrow$$

наше предположение
верно и тело движется
вниз.

$$\text{ок: } S_2 = \frac{a_2 (T - t_{\text{ост}})^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) (T - t_{\text{ост}})^2}{2}$$

~~Итого путь:~~ Полное пройденное расстояние

$$\cancel{S_1 + S_2} = \frac{v_0^2}{2a_1} + \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$S = S_1 + S_2 = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) (T - t_{\text{ост}})^2}{2}$$

$$S = \frac{36 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} + \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,6)^2}{2} =$$

$$S \approx 1,6 \text{ м} + 0,16 \text{ м} \approx 1,76 \text{ м}$$

2) Рассмотрим второй случай.

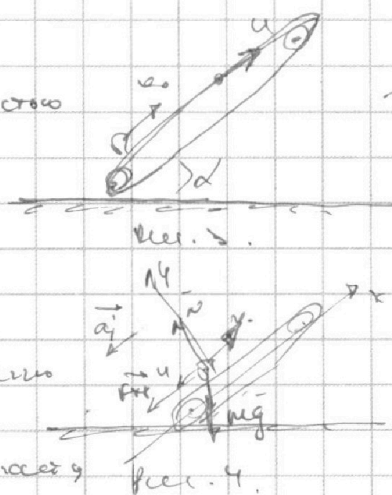
Турбоход в СО , движущийся со скоростью

u вверх под углом α к горизонту (СО

повернулся левым транспортом (рис. 4)

Тогда наше задание сводится аналогично
первому. $v'_x = u_x - u$.

Скорость корабля $v = 1 \text{ м/с}$ ~~и~~ достигается
в 2-х случаях — поперёк и снизу.



В нашей СО и в проекции на ось x это соответствует
скоростям $v'_{1x} = v_x - u = 0 \text{ м/с}$ и $v'_{2x} = v_x - u = -2 \text{ м/с}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



даны g и U известны:

Ох: $N - mg \cos \alpha = 0$

Оу: $-F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = -ma_1$

Для $mg \cos \alpha + \mu mg \sin \alpha = ma_1$

$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,3 \cdot 0,6 + 0,6) = 10 \text{ м/с}^2 = a_1$

Ох: ~~$\frac{U_0 - U}{a_1} = T_{1,1}$~~ $(U_0 - U) - a_1 T_{1,1} = U_{1,1}$

$T_{1,1} = \frac{U_0 - U_{1,1}}{a_1} = \frac{U_0 - U_{1,1}}{a_1} = \frac{6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$

Это же и является временем остановки.

Фактически тело будет останавливаться под углом α_2 к горизонту.

Ох: $-a_2 \cdot (T_{1,2} - T_{1,1}) = U_{1,1}$

$T_{1,2} = \frac{U_{1,1}}{-a_2} + T_{1,1} = \frac{-1 \text{ м/с}}{-2 \text{ м/с}^2} + 0,5 \text{ с} = 1,5 \text{ с}$

Если в ЛСО скорость машины $-$ U_0 , то U найдет СО:

$U_2 = -U_0$ это происходит после остановки.

Тогда $L = S'_1 + S'_2$. Здесь S'_1 - расстояние до места остановки,
 S'_2 - расстояние до места остановки до неподвижной точки машины.

$S'_1 = \frac{(U_0 - U)^2}{2a_1}$ $S'_2 = \frac{U^2}{2a_2}$

$L = S'_1 + S'_2 = \frac{(U_0 - U)^2}{2a_1} + \frac{U^2}{2a_2} = \frac{(6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} + \frac{(1 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = 1,25 \text{ м} + 0,25 \text{ м} = 1,5 \text{ м}$

Ответ: 1) $1,5 \text{ м}$; 2) $T_1 = 0,5 \text{ с}$ или $T_1 = 1,5 \text{ с}$; 3) $L = 1,5 \text{ м}$.

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

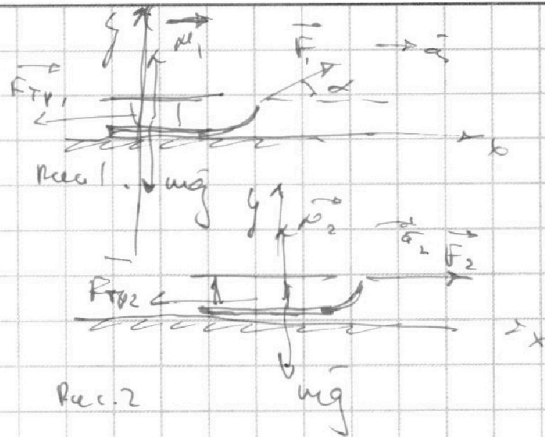
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Запишем 3-й и 4-й законы
в первом случае (рис. 1)

$$\vec{F}_1 + \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_{тр1} = m\vec{a}_1$$

Во втором случае (рис. 2)

$$\vec{F}_2 + \vec{N}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_{тр2} = m\vec{a}_2$$



Для 1-го случая:

$$\text{ОУ: } N_1 + F \cdot \sin \alpha - mg = 0$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

В движении $F_{тр1} = \mu N_1 = \mu(mg - F \sin \alpha)$

$A_{тр1}$ - работа силы трения. Пусть L - путь, пройденный

Во время движения (по условию равнодействующая!)

$$A_{тр1} = -\mu(mg - F \sin \alpha)L$$

Запишем закон сохр. энергии:

$$F \cdot \cos \alpha \cdot L + \mu(mg - F \sin \alpha)L = K \quad (1)$$

Для второго случая:

$$\text{ОУ: } N_2 - mg = 0 \Rightarrow N_2 = mg$$

Во время движения $F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$

$$A_{тр2} = -\mu mgh$$

ЗСЭ:

$$F \cdot L - \mu mgh = K \quad (2)$$

$$\text{из (1): } F \cdot L (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mgh = K \quad (1')$$

$$(1) - (1'): \cancel{F \cdot L} = \cancel{F \cdot L} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \Rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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!



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

Дан формулировки:

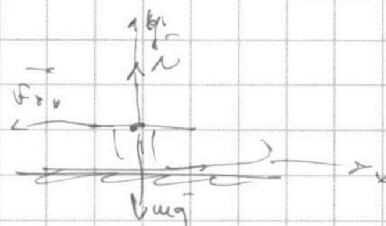
Законы сохранения энергии:

$$k - \mu mg s = 0$$

($-\mu mg s$ - работа силы трения).

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

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; 2) $s = \frac{k \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$



$$\text{or: } k - mg = 0 \Rightarrow k = mg$$
$$F_{\text{тр}} = \mu k = \mu mg$$

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!



из графика: $C_{12} = 1,5 \cdot R = \frac{3}{2} R$ $T_1 = 200 K$ (дано)
 $C_{23} = 0,5 \cdot R = \frac{1}{2} R$ $T_2 = 8T_1$
 $T_3 = 4T_1$
 $C_{13} = 2 \cdot R$

$C = \frac{AQ}{J\Delta T}$, где J - кон-ва теплопередачи, Q - площадь, через которую тепло.

$AQ = \Delta U + A_{внеш}$

Для однородного изохорного газа:

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

$C = \frac{Q}{J\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} J R \Delta T + A_{внеш}}{J\Delta T} = \frac{3}{2} R + \frac{A_{внеш}}{J\Delta T}$

Для процесса 3-1:

$C_{13} = \frac{3}{2} R + \frac{A_{внеш 31}}{J(T_1 - T_3)}$

$A_{внеш 31} = (C_{13} - \frac{3}{2} R) \cdot J(T_1 - T_3) = (\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R) \cdot J(T_1 - 4T_1) = -JR \cdot \frac{3}{2} T_1$

$A_{внеш 31} = -0,31 \frac{J R}{K} \cdot 5 \cdot 200 K = -249 J R$

Для процесса 2-3:

$C_{23} = \frac{3}{2} R + \frac{A_{внеш 23}}{J(T_3 - T_2)}$

$A_{внеш 23} = (C_{23} - \frac{3}{2} R) \cdot J(T_3 - T_2) = (\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R) \cdot J(4T_1 - 8T_1) = JR \cdot 4T_1$

на процесс 1-2 работа не совершается, ($C_{12} = \frac{3}{2} R$)

~~Калориметр~~ = наименьшие затраты тепла для цикла координаты на графике 1-2)

$Q = C_{12} \cdot J(T_2 - T_1) + C_{23} \cdot J(T_3 - T_2) + C_{31} \cdot J(T_1 - T_3) =$

$= \frac{3}{2} JR \cdot 8T_1 + \frac{1}{2} JR \cdot 4T_1 - JR \cdot \frac{3}{2} T_1 = \frac{8}{2} JR T_1$

$Q = C_{12} J(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} JR \cdot 4T_1 = 6 JR T_1$

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!



$$\eta = \frac{A_{\text{внеш},1} + A_{\text{внеш},2}}{Q} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot T_1 + 0,5 \cdot T_1}{2 \cdot 0,5 \cdot T_1} \cdot 100\% = \frac{5}{2} \cdot 100\%$$

3) Поскольку газ не совершает работу на процессе 1-2, $V_2 = V_1 = V_0$,

$$p_1 V_{1,2} = \nu R T_1 \quad (1)$$

$$p_2 V_{1,2} = \nu R T_2 \quad (2)$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow p_2 = 8 p_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 \quad (3)$$

(3):(1):

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_{1,2}} = \frac{T_3}{T_1} = 4$$

$$p_3 V_3 = 4 p_1 V_{1,2}$$

По графику: $p_1 V_{1,2} = p_1 V_1$
(V_1 - площадь от начала координат до точки 1).

$$p_3 V_3 = 4 p_1 V_1 = 4 p_1 V_0$$

$$p_3 = \frac{4 p_1 V_0}{V_3} \quad \text{на графике } p_3(V_3) \text{ - изотерма.}$$

Площадь фигуры должна быть равна $A_{\text{внеш}} = A_{\text{внеш},1} + A_{\text{внеш},2} = \sum \nu R T_i = \frac{5}{2} p_1 V_0$

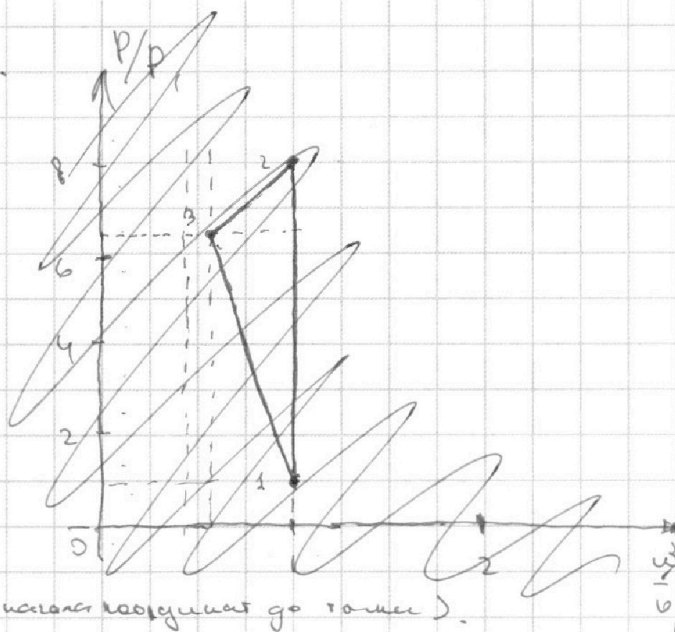
Площадь фигуры из 2-х треугольников (для упрощения

лучше считать из треугольников): $A_{\text{внеш}} = p_1 \left(\frac{V_{1,2} - V_3}{2} \right)$

$$\frac{5}{2} p_1 V_0 = \frac{5}{2} p_1 V_0 \rightarrow \frac{5}{2} p_1 V_0 = \frac{5}{2} p_1 V_0 \rightarrow \frac{5}{2} p_1 V_0 = \frac{5}{2} p_1 V_0$$

$$p_3 = \frac{4 p_1 V_0}{V_3} = 4 p_1 \cdot \frac{V_0}{\frac{5}{4} V_0} = \frac{32}{5} p_1 = 6,4 p_1$$

Сравниваем точку на графике.





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!

$$A_{\text{вент}} = \frac{7}{2} p_1 u_1 - \frac{7}{2} p_1 u_3 = \frac{5}{2} p_1 u_1$$

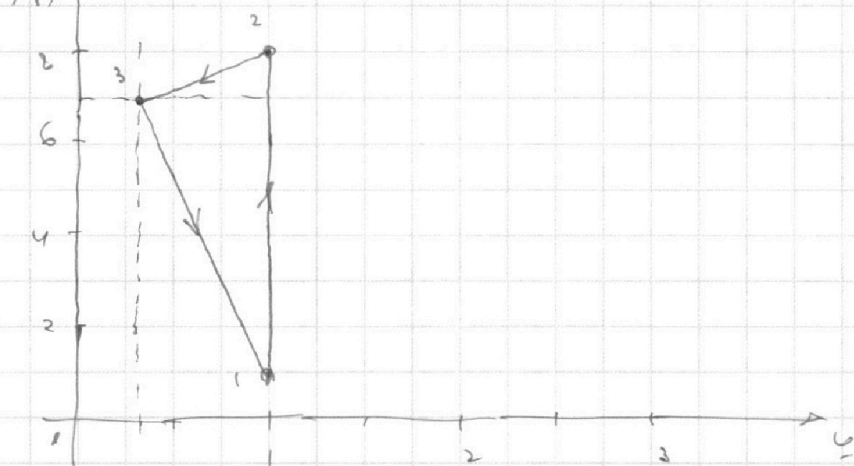
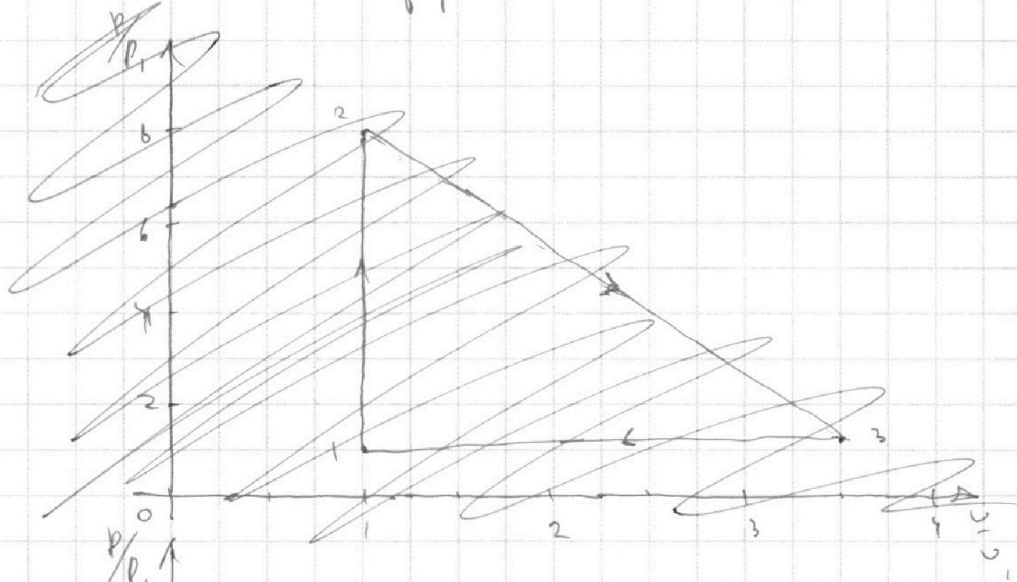
$$\frac{7}{2} p_1 u_1 = \frac{7}{2} p_1 u_3$$
$$u_3 = u_1$$

$$p_3 = 4 p_1 u_1 = 4 p_1 \cdot \frac{1}{3} \cdot 8 = \frac{32}{3} p_1$$
$$u_3 = \frac{1}{3} \cdot 8 = \frac{8}{3}$$

$$\frac{7}{2} u_3 = 0 \rightarrow u_3 = 0, 290$$

$$p_3 = 4 p_1 u_1 = \frac{14}{2} p_1 = 7 p_1$$

Составим точки на график.



ответ: 1) $A_{\text{вент}} = -24939 \text{ м}$, 2) $\eta = \frac{5}{2} (100\%)$ 3) см. график.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

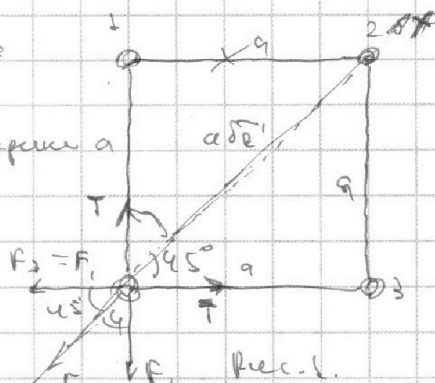
МФТИ

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



1) Рассмотрим силы, действующие на шарик 4 (рис. 1). Так как все шары одинаково, все шары имеют одинаковый заряд.

Для определенности будем считать, что $|q| = q$.



$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} \quad (F_1, F_2, F_3 - \text{силы, действующие на шарик 4 соответственно от 1-го, 2-го и 3-го шарика})$$

$$F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} \quad (F_1 = F_3)$$

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

В проекции на ось Ox:

$$2T \cdot \cos 45^\circ - F_2 - 2F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$T\sqrt{2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2a^2} - \sqrt{2} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} = 0$$

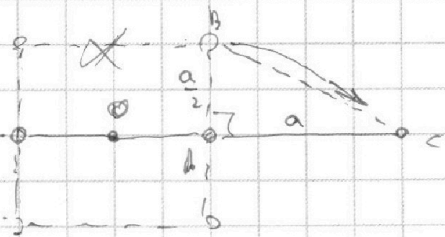
$$T\sqrt{2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$$

$$|q| = \frac{T \cdot \sqrt{2} \cdot 4\pi\epsilon_0 a^2}{\frac{1}{2} + \sqrt{2}} = \frac{8\sqrt{2} T \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot a^2}{1 + 2\sqrt{2}} = \frac{32 - 8\sqrt{2}}{7} \cdot T \cdot 4\pi\epsilon_0 a^2$$

2) Поскольку механика ~~внешних~~ сил на систему не действуют, центр масс системы останется на месте.

Поскольку квадрат симметричен, его центр масс находится в центре квадрата.

Прямая линия, образованная шариками тоже симметрична $\Rightarrow$ ее центр масс находится посередине.





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!

из решения задачи для $\triangle ABC$:

$$d = BC = \sqrt{a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = a \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

2). Найдем k для шарика 1.

Запишем Закон сохранения энергии:

$$\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a} = k + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \quad (k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0})$$

$$k = \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{3} \right)$$

$$k = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

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

ответ: 1) $|q| = \frac{1}{\sqrt{4\pi\epsilon_0}} \cdot \frac{32 - 8\sqrt{2}}{7} \cdot a$

2) $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$, где $|q| = \frac{32 - 8\sqrt{2}}{7} \cdot \frac{1}{\sqrt{4\pi\epsilon_0}} \cdot a$

3) $d = \frac{a\sqrt{5}}{2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

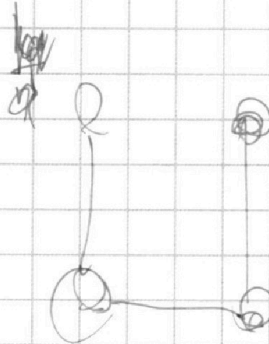
6
☐

7
☐

 **МФТИ**

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

Углы и кривые



k_1 k_2
 $\angle \alpha$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Тина Черновская

$$\frac{b\delta_1}{1+\delta_1} =$$

$$\begin{array}{r} 144,0 \\ + 20 \\ \hline 164,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 160 \\ + 96 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\frac{b\delta_1 \cdot (1-2\delta_1)}{1+\delta_1} = \frac{b\delta_1 - 2\delta_1 \cdot b\delta_1}{1-\delta_1} = \frac{32 - b\delta_1}{1}$$

$$\frac{b\delta_1}{1+\delta_1} = \frac{1-2\delta_1}{1-\delta_1} = \frac{b\delta_1 - 32}{-1} = \frac{32 - b\delta_1}{1}$$

$$2(4-12) = 5$$

$$\begin{array}{r} 50 \\ + 46 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ + 17 \\ \hline 37 \end{array}$$

$$\frac{36}{240} = 1,5$$

$$k + \frac{bq^2}{a} + \frac{bq^2}{a} + \frac{bq^2}{2a} = k$$

$$k = \frac{bq^2}{2} \left(\frac{1}{\delta_1} - \frac{1}{2} \right)$$

$$\frac{bq^2}{a} + \frac{bq^2}{a} + \frac{bq^2}{2a}$$

