



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.

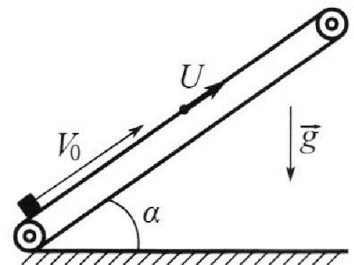
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка? 16 м

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.).

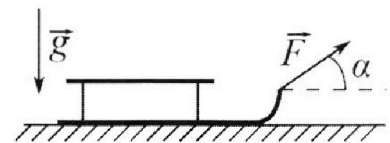
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с? $0,5$ с; $1,5$ с

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.



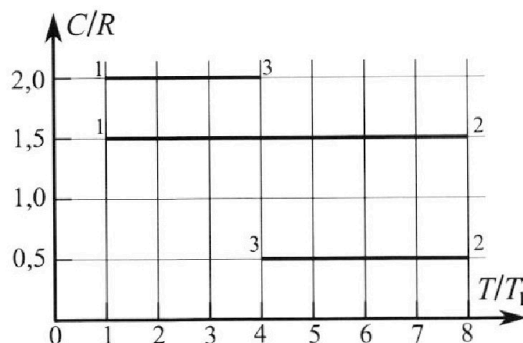
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

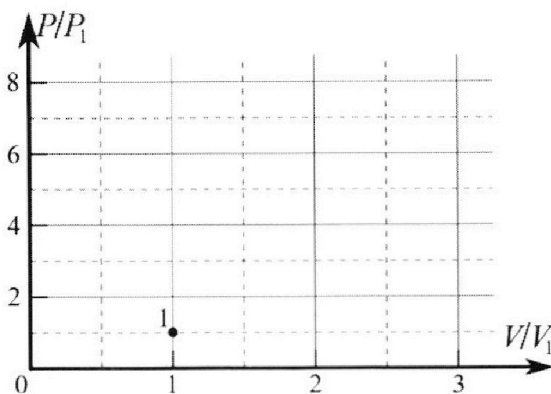
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

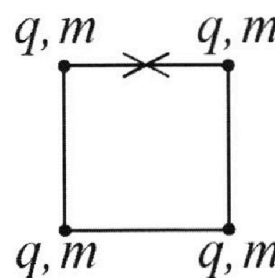
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

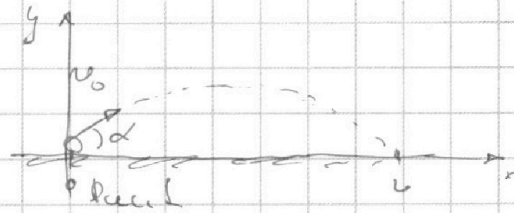
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



д) На рисунке 1 представлено траектории движения мяча.



то 2-ую 2-ую высоту.

0Y: $-v_0 a_y = v_0 a_x \Rightarrow a_y = -g$. То есть мяч формируется под действием g , направленного вниз.

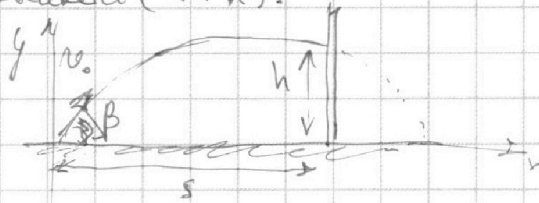
0Y: $v_0 \sin \alpha = g \frac{t}{2} \Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$, где t - время полета.

0X: $L = v_0 \cos \alpha \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = 5200 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1052 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

0X: (t - время до столкновения со стеной)
 $s = v_0 \cos \beta \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v_0 \cos \beta}$



0Y: $h = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

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

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

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

~~$h = s \cdot \tan \beta - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta}$~~ ($1 + \tan^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta}$)

~~Рассмотрим случай $h = H$.~~

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

Так как наше уравнение имеет наибольшее значение H , $\beta = 0$ (относительно $\tan \beta$)

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

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!



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

$$s^2 - \frac{4\kappa \gamma s^2}{2v_0^2} - \frac{4\gamma^2 s^4}{4v_0^4} = 0$$

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

~~запишем более абстрактно уравнение относительно s^2 :~~

$$s - \frac{2\kappa \gamma}{v_0^2} - \frac{\gamma^2 s^2}{v_0^4} = 0$$

$$s^2 \pm \left(s - \frac{2\kappa \gamma}{v_0^2} \right) \cdot \frac{v_0^4}{\gamma^2} = \frac{v_0^4}{\gamma^2} - \frac{2\kappa v_0^2}{\gamma}$$

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

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

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!

1) Рассмотрим первый объект (рис.1).

Второй закон Ньютона:

$$\vec{n} + \vec{F}_{TP} + m\vec{g} = m\vec{a},$$

OX: $n - mg \cdot \cos \alpha = 0$

$$n = mg \cos \alpha$$

Во время движения $F_{TP} = \mu n = \mu mg \cos \alpha$

OY: $-F_{TP} - mg \cdot \sin \alpha = -ma,$

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

$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \frac{m}{c^2} \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10 \frac{m}{c^2}$$

находим, через какое время пройдет ось абсцисс:

Ox: $l_0 - a_1 t_{ост} = 0$

$$t_{ост} = \frac{l_0}{a_1} = \frac{l_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$t_{ост} = \frac{6 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2} \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = \frac{6 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2} \cdot 1} = 0,6$$

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

$t_{ост} < T \Rightarrow$ остановились, тело начнет двигаться вниз.

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

S_2 - путь после остановки.

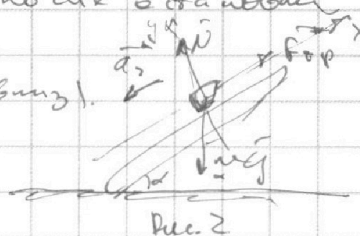
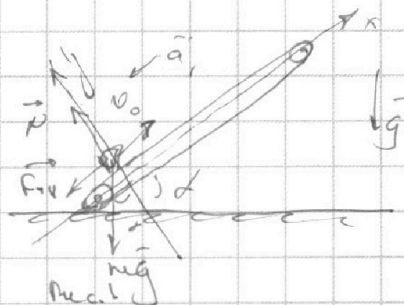
При скатывании вниз (рис. 2),

(предполагаем, что тело начнет двигаться вниз).

Второй закон Ньютона:

$$\vec{n} + m\vec{g} + \vec{F}_{TP} = m\vec{a}$$

OY: $n = mg \cos \alpha$, во время движения $F_{TP} = \mu n = \mu mg \cos \alpha$



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!



0X: $F_{\text{сп}} - mg \cdot \sin \alpha = -ma_2$

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

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

наше и равнозначное
верно и оно фиксирует
визу-

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: две функции длины

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

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

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

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

2) Рассмотрим второй случай.

Предполагаем в ω , движущуюся со скоростью

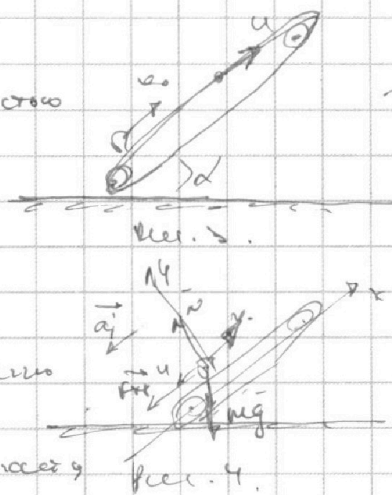
u вверх под углом α к горизонту (ω

повернется левый транспортер (рис. 4)

Тогда наше задание сводится аналогично
первому. $v_0 = u - u$.

Скорость корабля $v = 1 \text{ м/с}$ ~~и~~ достигается

в 2-х случаях - попутно и встречно.



В нашей ω и в проекции на ось x это соответственно
скорости $v_{1x} = v - u = 0 \text{ м/с}$ и $v_{2x} = v - u = -2 \text{ м/с}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



даны z и U и U_0 и U_1 :

ок: $N - mg \cos \alpha = 0$

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

для $mg \cos \alpha + N = mg = ma_1$

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

ок: ~~$v_0 = a_1 t_{1,2}$~~ $(v_0 - U) - a_1 t_{1,2} = U_{1x}$

$t_{1,2} = \frac{v_0 - U - U_{1x}}{a_1} = \frac{6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с} - 0 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$

это же и является временем остановки.

Фактически тело будет останавливаться под углом α_2 и ускорением a_2 .

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

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

Если в ЛСО скорость корабля $-v_{\text{кор}}$, то U нашей СО:

$U_2 = -U$ это происходит после остановки.

$L_{\text{агр}} = S_1' \neq S_2'$. Здесь S_1' - расстояние до места остановки

$S_1' = \frac{(v_0 - U)^2}{2a_1}$ $S_2' = \frac{U^2}{2a_2}$ S_2' - расстояние в системе отсчета до неподвижного или движущегося

$L = S_1' - S_2' = \frac{(v_0 - U)^2}{2a_1} - \frac{U^2}{2a_2} = \frac{(6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} - \frac{(1 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = 1,25 \text{ м} - 0,25 \text{ м} = 1 \text{ м}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



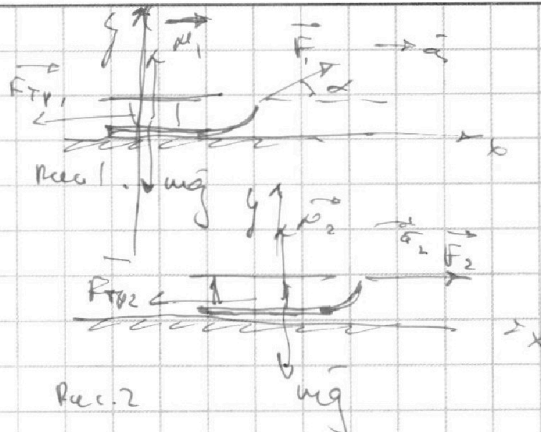
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Запишем 3-й закон Ньютона 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:

$$\begin{aligned} \text{OY: } N_1 + F \cdot \sin \alpha - mg &= 0 \\ N_1 &= mg - F \sin \alpha \end{aligned}$$

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

$A_{тр1}$ - работа силы трения. Пусть L - путь, пройденный блоком за время t (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:

$$\text{OY: } N_2 - mg = 0 \rightarrow N_2 = mg$$

В дальнейшем $F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$

$$A_{тр2} = -\mu mgh$$

ЗСЭ:

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

$$L_2(1): F \cdot L (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mgh = K \quad (1')$$

$$(1) - (1'): F \cdot L = F \cdot L (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

Для формирования:

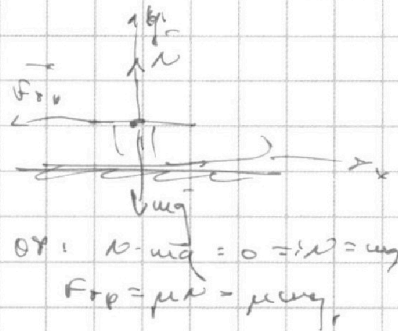
Закон сохранения энергии:

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

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



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!



из графика: $C_{12} = 1,5 \cdot R = \frac{3}{2} R$ $T_1 = 200k$ (Фаш)

$C_{23} = 0,5 \cdot R = \frac{1}{2} R$ $T_2 = 8T_1$
 $T_3 = 4T_1$

$C_{13} = 2 \cdot R$

$C = \frac{kQ}{J\Delta T}$, где J - кон. в единицах, Q - скачок, переключившись позу.

$kQ = \Delta U + A_{внеш}$

Для уравновешенного 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:

$C_{13} = \frac{3}{2} R + \frac{A_{внеш31}}{J(T_1 - T_3)}$

$A_{внеш31} = (C_{13} - \frac{3}{2} R) \cdot J(T_1 - T_3) = (\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R) \cdot J(T_1 - 4T_1) = -JR \cdot \frac{3}{2} T_1$

$A_{внеш31} = \frac{0,31}{2} \cdot \frac{100}{\text{мин}} \cdot k \cdot \text{число} \cdot 3 \cdot 200k \approx -249500 \text{ Дж}$

Для процесса 2-3:

$C_{23} = \frac{1}{2} R + \frac{A_{внеш23}}{J(T_3 - T_2)}$

$A_{внеш23} = (C_{23} - \frac{1}{2} R) \cdot J(T_3 - T_2) = (\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R) \cdot J(4T_1 - 8T_1) = JR \cdot 4T_1$

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

~~Калибруем~~ = калибруем одинаке затраты скачка фазового перехода на графике 1-2)

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

~~$= \frac{3}{2} R \cdot J \cdot 4T_1 + \frac{1}{2} R \cdot J \cdot 4T_1 + \frac{3}{2} R \cdot J \cdot 3T_1 = 8JR$~~

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

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!



$$\eta = \frac{A_{\text{внеш}} + A_{\text{внеш}2}}{Q} \cdot 100\% = \frac{\nu R \cdot \frac{3}{2} T_1 + \nu R \cdot \frac{1}{2} T_1}{2 \nu R T_1} \cdot 100\% = \frac{5}{2} \cdot 100\%$$

3) Поскольку газ не совершил работу на участке 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: $p_1 V_{1,2} = p_2 V_1$ (pV - площадь от начала координат до точки).

$$p_3 V_3 = 4 p_2 V_1 = 4 p_1 V_1$$

$$p_3 = \frac{4 p_1 V_1}{V_3} \text{ - на графике } (p_3(V_3) \text{ - черная точка)}$$

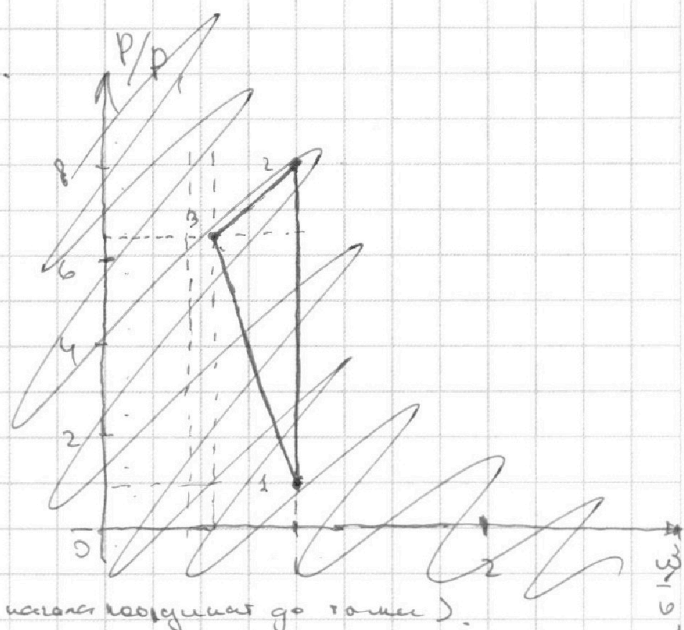
Площадь фигуры должна быть равна работе: $A_{\text{внеш}} = A_{\text{внеш}1} + A_{\text{внеш}2} = \sum \nu R T_i = \frac{5}{2} \nu R V_1$

Площадь фигуры из 2-х треугольников (дан упрощенный вариант)

лучше считать по треугольникам): $A_{\text{внеш}} = \nu R \left(\frac{V_{1,2} - V_3}{2} \right)$

~~$\frac{5}{2} \nu R V_1 = \nu R \frac{V_1 - V_3}{2} \rightarrow V_3 = 3 V_1 = 3 \cdot 25 V = 75 V$~~
 ~~$p_3 = \frac{4 p_1 V_1}{V_3} = \frac{4 p_1 \cdot \frac{V_1}{8}}{3 V_1} = \frac{32}{8} p_1 = 4 p_1$~~

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



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



$$A_{31} = \frac{1}{2} p_1 u_1 - \frac{1}{2} p_1 u_3 = \frac{5}{2} p_1 u_1$$

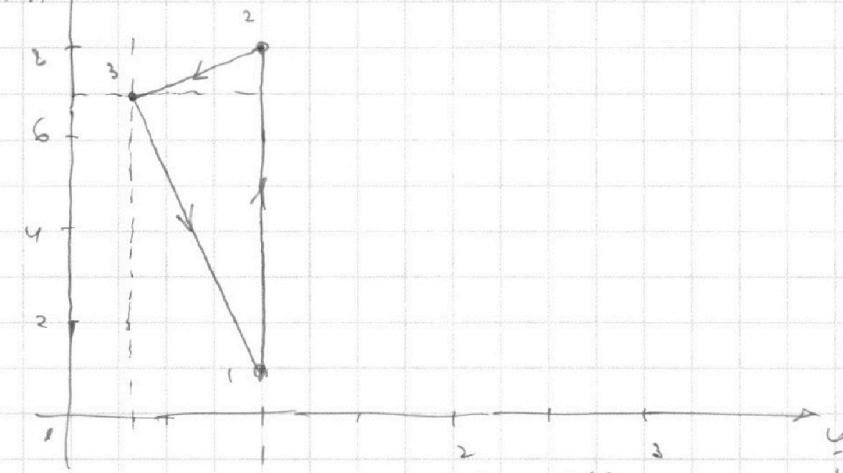
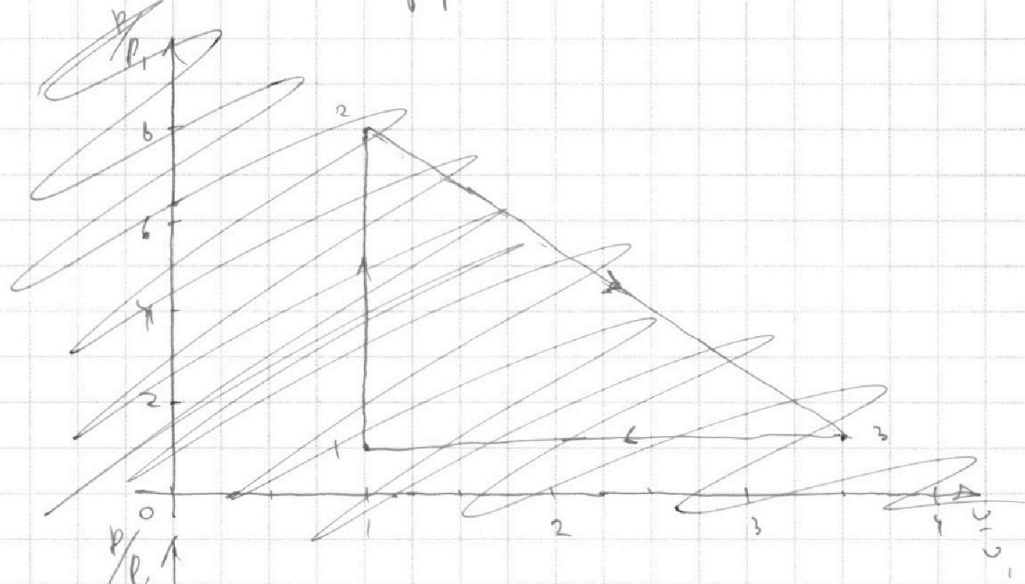
~~$$u_3 = \frac{3}{8} u_1$$

$$p_3 = 4 p_1 u_1 = 4 p_1 \cdot \frac{3}{8} u_1 = \frac{3}{2} p_1 u_1$$~~

$$\frac{7}{2} u_3 = 0 \rightarrow u_3 = 0 \text{ или } \frac{2}{7} u_1 \approx 0,29 u_1$$

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

Составим точки на графике.



ответ: 1) $A_{31} = -24939 \text{ м}$, 2) $u = \frac{5}{2} \cdot (100\%) \cdot 3$ м. 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

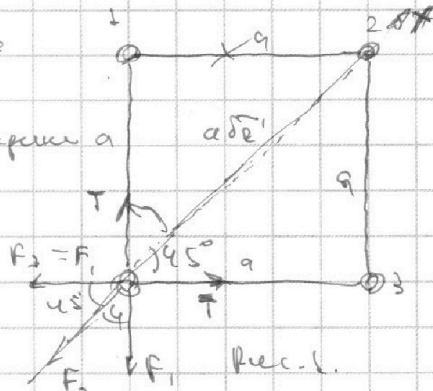


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

Для определения силы 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 :

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

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

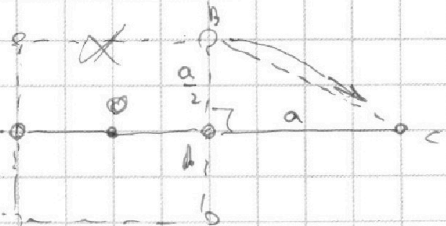
$$T\sqrt{2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$$

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

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

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

Поскольку линии, образованные шариками тоже симметричны \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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!



н₃ решить треугольник 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) $|q| = \frac{T \cdot 4\pi\epsilon_0 a^2 \cdot 32 - 8\sqrt{2}}{7}$

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

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



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

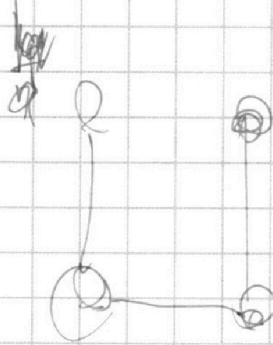
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

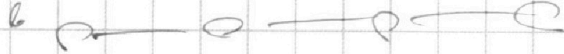


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Вопре исчислен



k_1 k_2
 $\frac{1}{a}$



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!



Тина Черновская

~~$\frac{b\sqrt{2}}{1+\sqrt{2}}$~~

$$\begin{array}{r} 0,2 \\ 20 \\ \hline 144,0 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 16 \\ 600 \\ \hline 144 \\ \hline 256 \end{array}$$

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

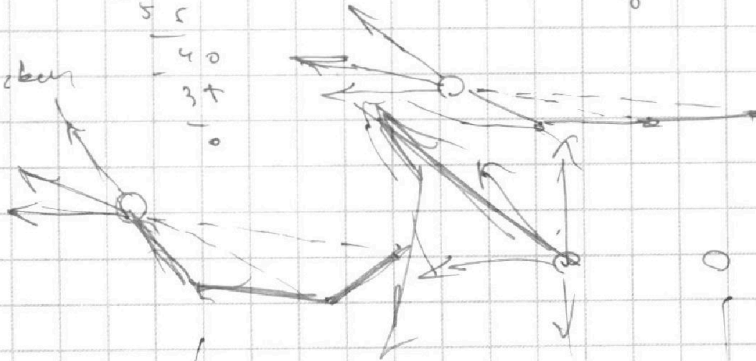
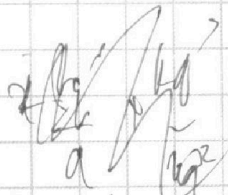
$$\frac{b\sqrt{2}}{1+\sqrt{2}} \cdot \frac{(1-\sqrt{2})}{(1-\sqrt{2})} = \frac{b\sqrt{2} - 32}{-1} = \frac{32 - b\sqrt{2}}{1}$$

$$2(4-1) = \frac{5}{1}$$

$$\begin{array}{r} 50 \\ 46 \\ \hline 20 \\ 28 \\ 48 \\ \hline 0 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 16 \\ 0,085 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ 17 \\ \hline 60 \\ -55 \\ \hline 40 \\ 37 \\ \hline 0 \end{array}$$

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



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

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

