



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

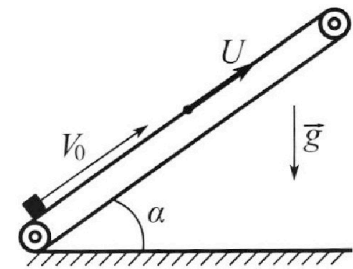
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости V_0 за одинаковое время.

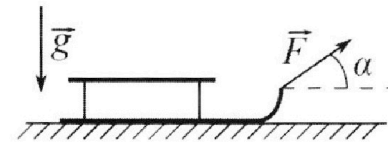
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.





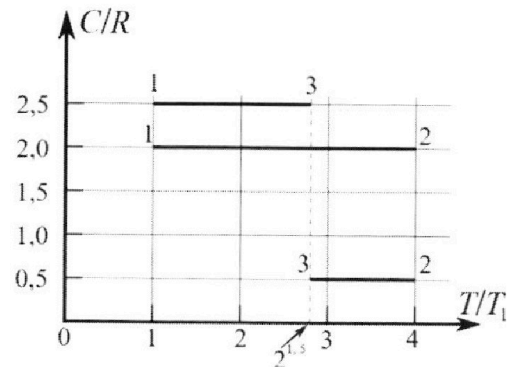
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



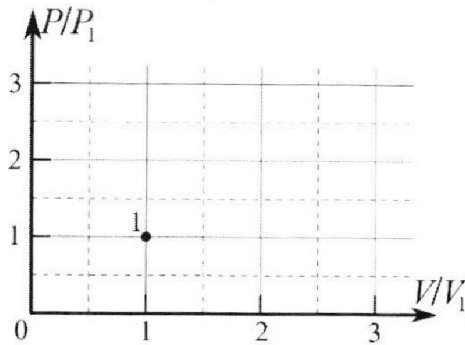
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



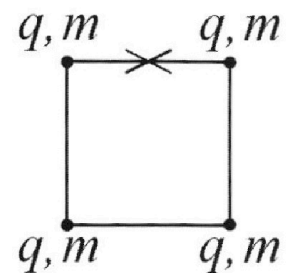
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .



1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . 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

Дано:

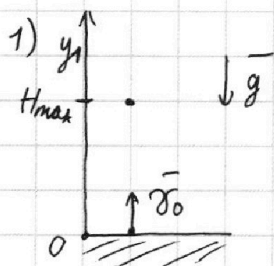
$T = 2c$

$S = 20 \text{ м}$

$v_0 = ?$

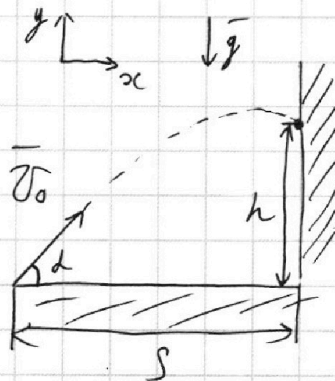
$h_{\text{max}} = ?$

Решение:



В верхней точке выстрела
 $(y = H_{\text{max}}) \quad v_{y1} = 0$
 $v_{y1} = v_0 - gt$
 $\Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$

2)



Пусть угол броски под углом α

$x = v_0 \cos \alpha t \quad y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad (1)$

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \quad (2)$

(2) в (1)

$y = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = x \cdot \text{tg} \alpha - \frac{x^2 \cdot g}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$

В момент удара о стену $x = S; y = h$

$h = S \cdot \text{tg} \alpha - \frac{S^2 \cdot g}{2v_0^2} (1 + \text{tg}^2 \alpha) = -\frac{S^2 g}{2v_0^2} \cdot \text{tg}^2 \alpha + S \text{tg} \alpha - \frac{S^2 g}{2v_0^2}$

Получим зависимость $h(\text{tg} \alpha)$ - квадратичная, $-\frac{S^2 g}{2v_0^2} < 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow h(\text{tg} \alpha) \uparrow \uparrow (-\infty; x_0]$ и $\downarrow \downarrow [x_0; +\infty) \Rightarrow h_{\text{max}} = h(x_0)$

$x_0 = \frac{-S \cdot \text{tg} \alpha}{-S^2 g} = \frac{\text{tg} \alpha}{gS}$

$h_{\text{max}} = -\frac{S^2 g}{2v_0^2} \cdot \frac{\text{tg}^2 \alpha}{g^2 S^2} + \frac{S \cdot \text{tg} \alpha}{gS} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} = -\frac{\text{tg}^2 \alpha}{2g} + \frac{\text{tg} \alpha}{g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} =$
 $= \frac{\text{tg}^2 \alpha}{2g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{20 \cdot 20^2}{2 \cdot 10} - \frac{20^2 \cdot 10}{2 \cdot 20^2} = 15 \text{ м}$

Ответ: $v_0 = 20 \text{ м/с}, h_{\text{max}} = 15 \text{ м}$

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!

Дано:

$\sin \alpha = 0,8$

$v_0 = 4 \text{ м/с}$

$\mu = \frac{1}{3}$

$S = 1 \text{ м}$

$u = 2 \text{ м/с}$

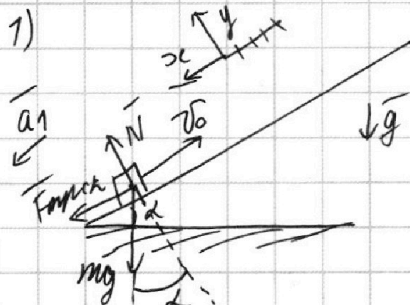
T-?

L-?

H-?

Решение:

№2



ИСО связан с землей

Поло жд-ия растут и его разницы $\Delta <$ пройог. пути \Rightarrow

\Rightarrow макс. путь. \Rightarrow II з.н.

* $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$

По 2 з.н.: $O_y: N = mg \cos \alpha$

$O_x: ma_1 = F_{трск} + mg \sin \alpha$

По 3-ю закон - Кулона: $F_{трск} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$\Rightarrow ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \Rightarrow a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

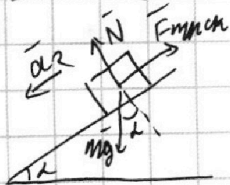
Заметим, что $S_{до шмы} < S$. При этом $\mu < \tan \alpha = \frac{4}{3} \Rightarrow$ чиз подем в низ

Пусть $S_{до ш. н. г} = S_1 \Rightarrow S_1 = \frac{v_0^2 - v^2}{2a_1} \Rightarrow S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1}$

И тогда $v_x(t_{пог}) = 0 = -v_0 + a_1 t_{пог} \Rightarrow t_{пог} = \frac{v_0}{a_1} < 1$

$\Rightarrow t_{пог} = \frac{v_0}{a_1}$

$S = S_1 + S_2 \Rightarrow S_2 = S - S_1$ - жд-ия в направ-ии O_x



$N = mg \cos \alpha$

$ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

$S_2 = \frac{a_2 t_{пог}^2}{2} \Rightarrow t_{пог} = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

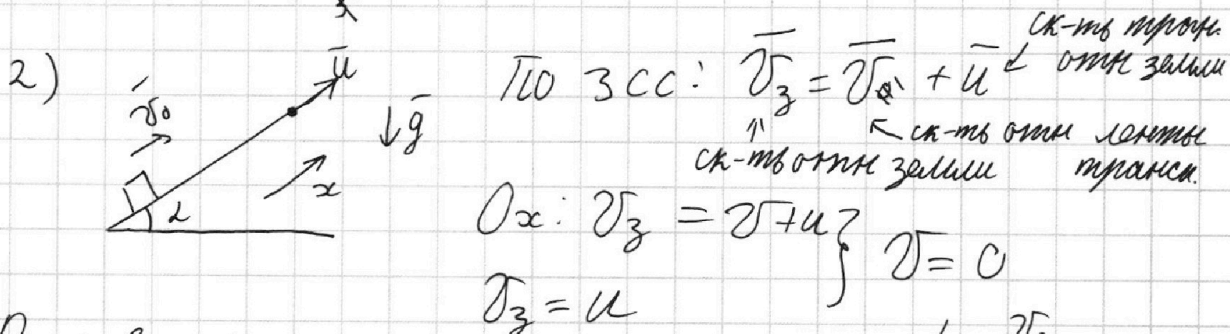
МФТИ

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

$$T = t_{\text{пог}} + t_{\text{см}} = \frac{v_0}{a_1} + \sqrt{\frac{2(S - S_1)}{a_2}} = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} +$$

$$+ \sqrt{\frac{2(S - \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)})}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} = \frac{4}{10 \cdot (\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5})} + \sqrt{\frac{2(1 - \frac{4^2}{2 \cdot 10(\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5})})}{10(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5})}}$$

$$= 0,4 + \sqrt{\frac{(1 - \frac{4^2}{2 \cdot 10})}{5 \cdot \frac{3}{5}}} = \sqrt{\frac{1}{15}} + 0,4 \text{ с}$$



В первом пункте мы нашли, что $t_1 = \frac{v_0}{a_1} = 0,4 \text{ с}$

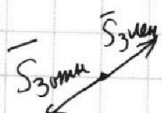
$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = 0,8 \text{ м} - \text{отнм земли}$$

$$\vec{S}_{\text{отнм з}} = \vec{S}_{\text{отнм зем}} + \vec{S}_{\text{зем}} \Rightarrow L = S_1 + u t_1 = 0,8 + 2 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ м}$$

3) СК-ть отнм земли = 0, когда после разворота

$$\vec{v}_{\text{отнм земли}} = u \Rightarrow \frac{u}{a_2} = t_2 \Rightarrow S_{3 \text{ зем}} = \frac{u^2}{a_2}$$

$$S_{3 \text{ отнм земли}} = \frac{u^2}{2a_2}$$



$$S_{3 \text{ з зем}} = S_{3 \text{ зем}} - S_{3 \text{ отнм з}} = \frac{u^2}{a_2} - \frac{u^2}{2a_2} = \frac{u^2}{2a_2}$$

$$\Rightarrow L_{\text{общ}} = L + S_{3 \text{ з зем}} = L + \frac{u^2}{2a_2} = 1,6 + 0,4 = 2,0 \text{ м}$$

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!

$$H = L \cos \alpha \sin \alpha = \left(L + \frac{u^2}{2 \cdot a_2} \right) g \sin \alpha \quad \Rightarrow$$

$$a_2 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \left(\frac{4}{5} - \frac{1 \cdot 3}{3 \cdot 5} \right) = 6$$

$$\Rightarrow H = \left(1,6 + \frac{2^2}{2 \cdot 6} \right) \cdot \frac{4}{5} = \left(\frac{8}{5} + \frac{1}{3} \right) \cdot \frac{4}{5} = \frac{29}{15} \cdot \frac{4}{5} = \frac{116}{75} \text{ м}$$

Ответ: $T = 0,41 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$ $L = 1,6 \text{ м}$ $H = \frac{116}{75} \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

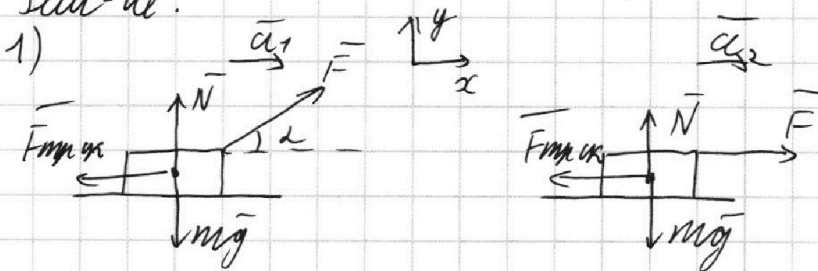
МФТИ

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

Дано: v_0, α
 $\mu = ?$
 $T = ?$

Решение:

№3



I По 23.Н:

П.к. $t_1 = t_2, v_{01} = v_{02} = v_0, m_1 a_1 = m_2 a_2 = a$
($a = \frac{v_0}{t}$)

II По 23.Н:

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

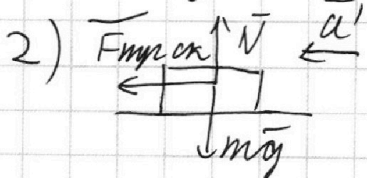
$$O_y: N = mg$$

$$O_x: ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$O_x: ma = F - \mu mg$$

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

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



По 23.Н: $O_y: N = mg$

$$O_x: F_{\text{тр}} = \mu mg = ma'$$

$$a' = \frac{v_0 - v_k}{T} = 0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Дано:

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

$\Delta T_2 = ?$

$\eta = ?$

Решение: № 41

1) По I закону термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

$$\nu C_{12} \Delta T_{12} = \Delta U_{12} + \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \nu C_{12} (T_2 - T_1) + \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

По уравнению $\frac{C_{12}}{R} = 2 \Rightarrow C_{12} = 2R$

$$\frac{T_2}{T_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4T_1$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \nu \cdot 2R \cdot 3T_1 + \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = (6 + \frac{9}{2}) \nu R T_1 =$$

* $i = 3$, м.к. газ одноатомный

4986
~~288~~

$$= \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = \frac{600}{2} \cdot 8,31 = 2496 \text{ Дж}$$

2) $\eta = \frac{A}{Q_+}$

$Q = \nu C \Delta T > 0$, когда $\Delta T > 0$, $C > 0$

$\Rightarrow Q_+ = Q_{12}$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R T_1}{6 \nu R T_1} =$$

$$= \frac{3}{2 \cdot 6} = 0,25$$

3) Участки на p - V или $\frac{C}{R} (\frac{T}{T_1})$ горизонтальны \Rightarrow

$\Rightarrow C = \text{const}$ в каждом p - V процессе \Rightarrow политропный p - V процесс \Rightarrow

$$\Rightarrow pV^n = \text{const}, \text{ где } n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{2C - 5R}{2C - 3R}$$

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$$

$$\left. \begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} \\ p_2 &= \frac{\nu R T_2}{V_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}$$

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!



$$R_{12} = \frac{2C_{12} - 5R}{2C_{12} - 3R} = \frac{4R - 5R}{4R - 3R} = -1$$

$$T_1 V_1^{-2} = T_2 V_2^{-2} \Leftrightarrow \frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2$$

По уравнению $\frac{T_2}{T_1} = 4$

$$V_2 = 2V_1$$

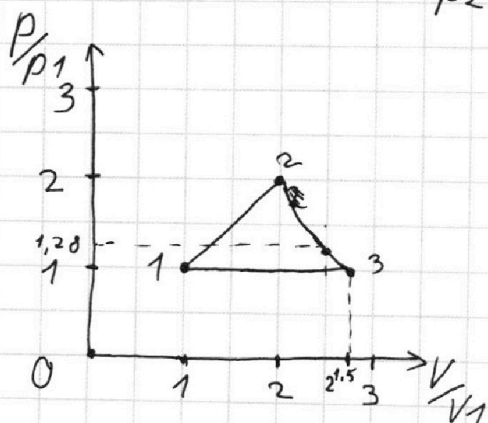
$$p_1 V_1^{-1} = p_2 V_2^{-1} \Leftrightarrow \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Leftrightarrow p_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot p_1 = 2p_1$$

Аналогично для уравнения 23: $K_{23} = \frac{2 \cdot 0,5 - 5}{2 \cdot 0,5 - 3} = \frac{1 - 5}{1 - 3} = \frac{-4}{-2} = 2$

$$T_2 V_2^{-2} = T_3 V_3^{-2} \Leftrightarrow \frac{V_2}{V_3} = \sqrt{\frac{T_2}{T_3}} = \frac{2}{2^{1,5}} = 2^{0,5} = \sqrt{2}$$

$$V_3 = V_2 \sqrt{2} \Rightarrow V_3 = V_1 2\sqrt{2} = V_1 \cdot 2^{1,5}$$

$$p_2 V_2^{-2} = p_3 V_3^{-2} \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2^2}{V_3^2} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} \Rightarrow p_3 = \frac{1}{2} p_2 = p_1$$



С помощью полученных соотношений расставили точки на графике.

Теперь найдём энтальпию зав-ти $p_{p1} \left(\frac{V}{V_1}\right)$

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!

Пр-сс 12: $\frac{p_1}{v_1} = \frac{p_2}{v_2} = \text{const} = d \Rightarrow p = dV$ - прямая
пр-мо

Пр-сс 23: $p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2 = \beta \Rightarrow$ пр-к - прямая

$\Rightarrow p = \frac{\beta}{v^2} = p v^{-2}$ - степен. ф-ция
 $p_2 v_2^2 = \beta = 2 p_1 \cdot 4 v_1^2 = 8 p_1 v_1^2 \Rightarrow p = \frac{8 p_1 v_1^2}{v^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{8 p_1 v_1^2}{(v/v_1)^2} \Rightarrow p_2 = \frac{8}{(v/v_1)^2} p_1 = \frac{8 p_1 v_1^2}{v^2}$

~~$\frac{p_2}{p_1} = \frac{8}{(v/v_1)^2}$~~ $\Rightarrow \frac{p}{p_1} = \frac{8}{(v/v_1)^2}$ Док. м.к. $\frac{p}{p_1}(2,5) = \frac{8}{2,5^2} = \frac{2^3 \cdot 2^2}{25} =$
 $= \frac{2^7}{25} = 1,28$

Пр-сс 31: $p_{31} = \frac{2 \cdot 2,5 R - 5 R}{2(3 - 5) R} = 0 \Rightarrow p_1 = p_2$ - изобара

Ответ:

1) $d_{12} = 4986$ Дж

2) $\eta = 0,25$

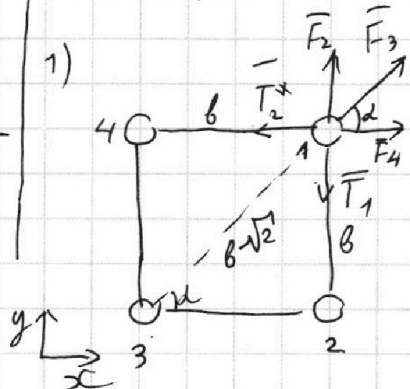
3) см. пр.

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!

Дано: | Реш-ие: №5

q, m, b
 $T=?$
 $V=?$
 $d=?$



В силу симметрии $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T$

то 2, 3. Н. для 1 шарика:

$$O_y: F_2 + F_{3y} = T$$

$$\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} \cdot \sin 45^\circ = T$$

$$\alpha = 45^\circ, \text{ т.к. квад-т}$$

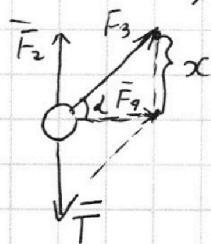
$$\Rightarrow T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{b^2 \cdot 2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

3) В момент времени сразу после перерезания

нити $a_{цс} = 0 \text{ м/с}^2$, т.к. b_0 слишком маленькая \Rightarrow

$$\Rightarrow \vec{v}_0 \uparrow \vec{a}_{цс} \text{ в } t=0$$

Рассм. шарик №1. За промежуток времени



dt Т не успеет измен-ся $\Rightarrow T = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$

$$\left. \begin{aligned} \text{Суммарное } F_{3x} &= F_2 \sqrt{2} + F_3 \sin 45^\circ \\ \text{Пусть } \frac{kq^2}{b^2} &= F \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{3x} = F(\sqrt{2} + \frac{1}{2})$$

Построим для $n/2$, чтобы найти направ-ие

$$\vec{a}_{цс}: \alpha = F_{3x} \sin 45^\circ = F(\sqrt{2} + \frac{1}{2}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = F(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}) = T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{a}_{цс} \text{ гориз} \Rightarrow \vec{v}_0 \text{ гориз}$$

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

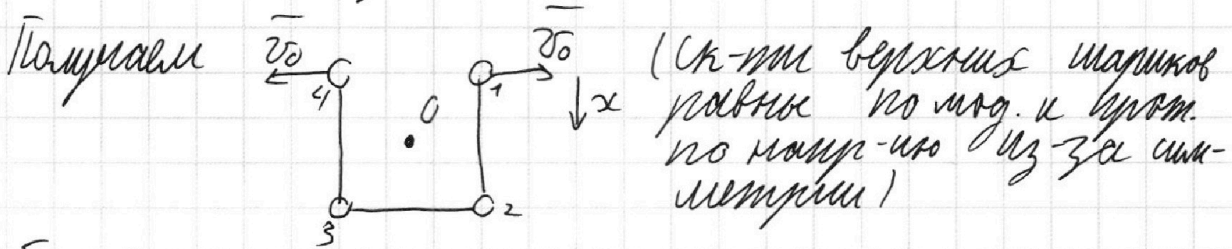
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

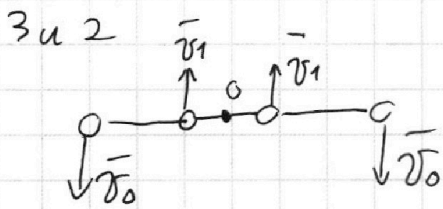
Аналогично рассуждая для нижних шариков,
 $\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \vec{a}_0$. Но расстановка сил в ш.вр. $t=0$ не показана.
 $\text{колсы} \Rightarrow \vec{F}_{\text{пр}} = 0 \Rightarrow \vec{v}_0 = 0$
 (равнодейств.)



Перейдем в сист. отсч., связан. с центром масс системы (СЦМ)

$$v_{\text{СЦМ}} = \frac{m \vec{v}_0 - m \vec{v}_0}{4m} = 0 = \text{const (т.к. система замкнута)}$$

В СЦМ верхние шарики дв-ся по окр-ям в м-а. с полат. ск-тью



В СЦ, св. с землей

$$v = v_0, \text{ т.к. } v_{\text{СЦМ}} = 0$$

$$\text{Пкм по ЗСЦ: } \vec{v}_0 = -\vec{v}_1 \Rightarrow \Rightarrow v_0 = v_1$$

* \vec{v}_1 всегда направ. вверх, чтобы нить всегда оставалась натянутой. *

На протяжении всего дв-ия: ЗСЦ на $Ox \neq v_{1x} = -v_{2x} \Rightarrow$

\Rightarrow В момент, когда они окажутся на одной прямой, т.к. $O \in$ этой прямой

$\Rightarrow S = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + b^2} = \sqrt{\frac{b^2}{4} + b^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} b$

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!

В момент ~~вращения~~ перерез-ия нити
энергия эл-кого вл-ия $= \frac{kq}{b}$ перейдет в кине-
тическую (T не успеет совершить работу $+T \cdot \vec{v} \Rightarrow A_T = 0$)

$$\frac{kq}{b} = \frac{m\sigma_0^2}{2} \Rightarrow \sigma_0 = \sqrt{\frac{2kq}{mb}} \quad \text{уже доказана, что равна к-ти, когда шар на одн. прямой}$$

Ответ:

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

$$2) v = \sqrt{\frac{2kq}{mb}}$$

$$3) S = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$



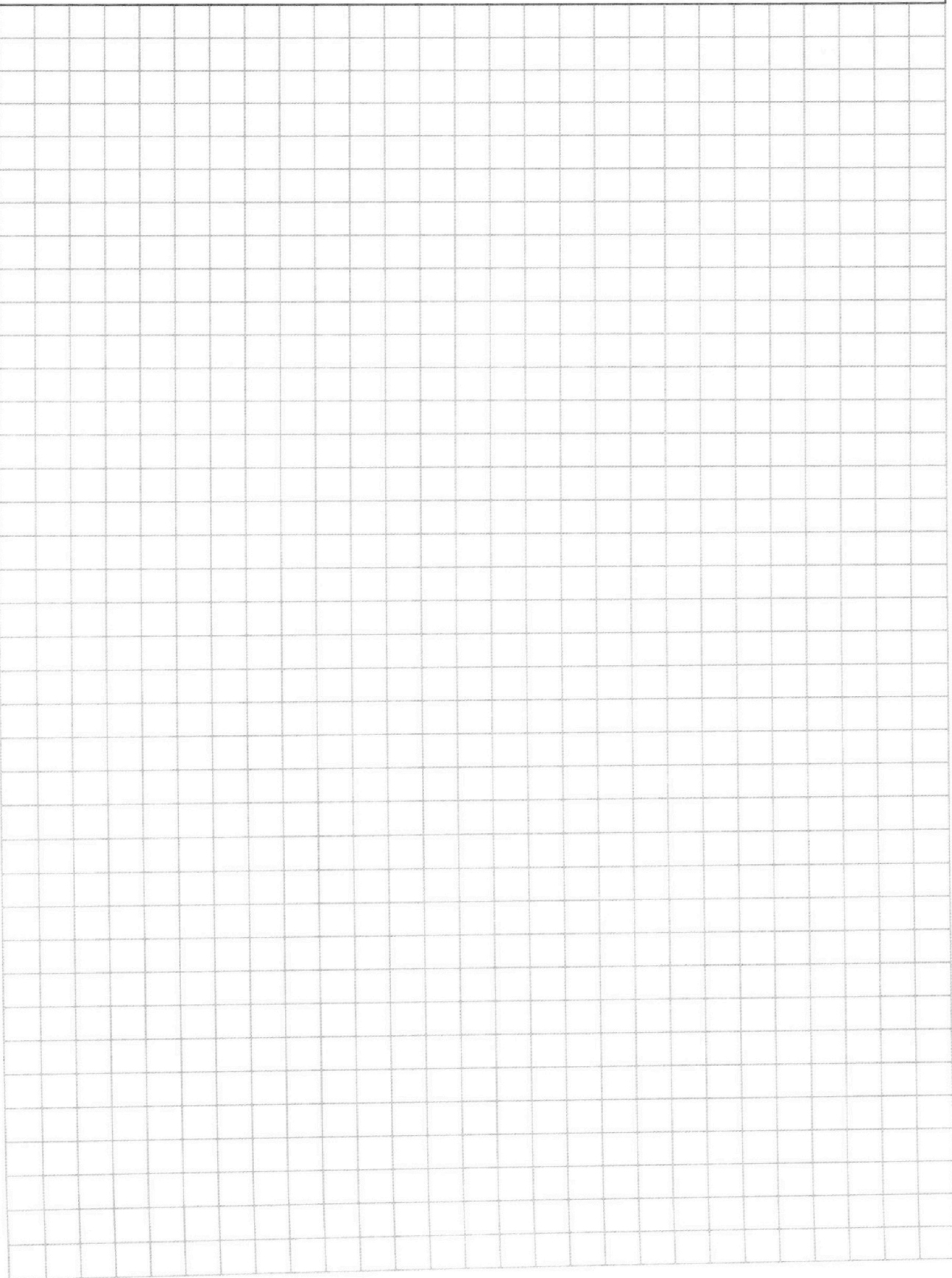
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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

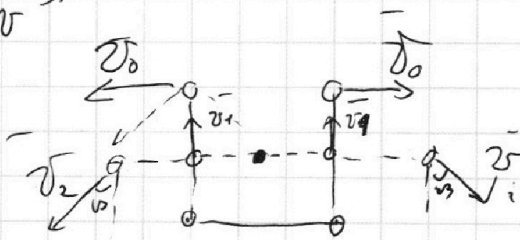
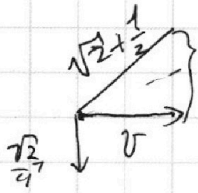


$$\sqrt{2} + \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 1 :$$

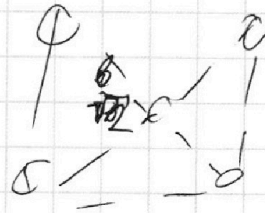
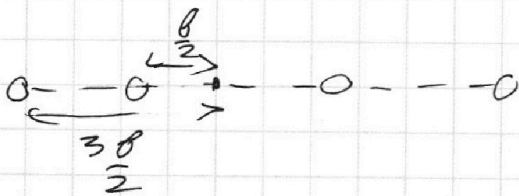
$$\frac{3\sqrt{2}}{2} \vee \frac{1}{2}$$

$$3\sqrt{2} \vee 2$$

$$1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} i + \pi$$



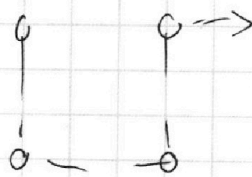
$$v_1 = v_2 \cos \beta$$



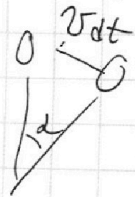
$$m v_0^2 + \frac{\sqrt{2} k q}{b} \cdot 4 = 4 m v_0^2 + 2 \cdot \frac{2 k q}{b} + 2 \cdot \frac{2 k q}{b}$$

$$4 \sqrt{2} \frac{k q}{b} - \frac{16}{3} =$$

$$\frac{k q}{b} = \frac{m v_0^2}{2}$$



$$\frac{\sqrt{2}}{2} + 1 = m a$$



W

$$\frac{4}{3} \frac{4}{3} = \frac{16}{3}$$

$$2 \cdot \frac{2 k q}{b} = \frac{4 k q}{b}$$

$$2 \cdot \frac{2 k q}{b} = \frac{4 k q}{b}$$



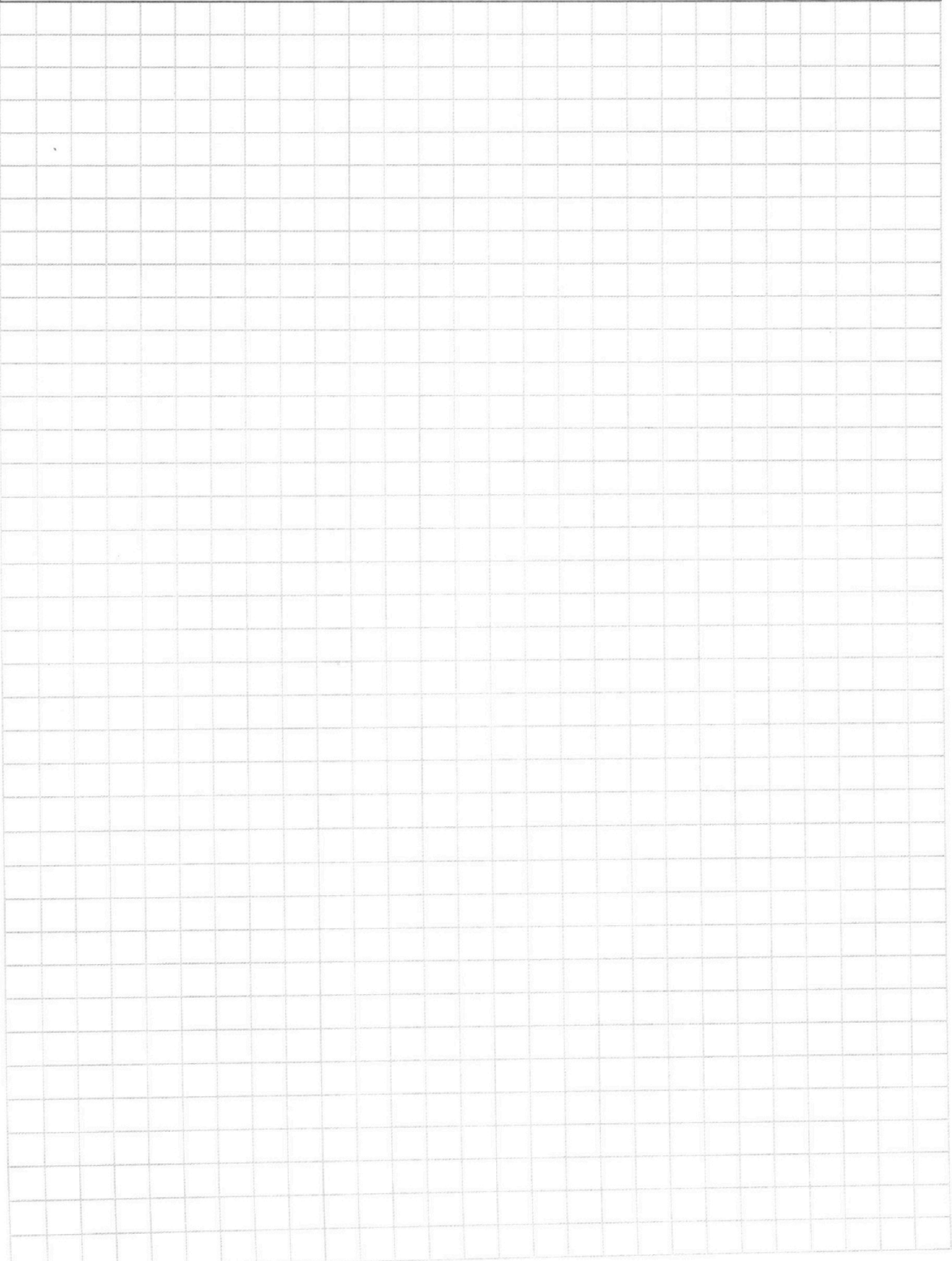
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!

2,5.2 - $\rho_1 = 10$

$\frac{kq^2}{8^2 \cdot 2}$
 $T\sqrt{2} = F \cdot \sqrt{2} + \frac{1}{2} F$
 $T = F \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$
 $T = \frac{\sqrt{2}}{2} F_4 + F_1$
 $T' = \frac{\sqrt{2}}{2} F_3 + \frac{\sqrt{2}}{2} F_4$
 $T = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{8^2} \cdot \frac{kq^2}{(8\sqrt{2})^2} + \frac{kq^2}{8^2}$
 $= \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{8^2} + \frac{kq^2}{8^2}$
 $E = \frac{kq}{\mu}$

$m_4 = \frac{m_1 + m_2}{\sqrt{2}}$
 $\frac{1}{\sqrt{2}} + 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $U_n = \sigma_0 - \sigma_n \downarrow \sigma_0$
 $2m\sigma_0^2 =$
 $U_n = \frac{\sigma_0}{2}$
 $2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right)^2 F^2 - 4 \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 2 + \frac{1}{2} + 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} + (\sqrt{2} + 1) \frac{\sqrt{2}}{2} = 2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right) F$
 $F - F \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right) = -1 - 1 -$
 $\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{8^2} + \frac{kq^2}{8^2}$
 $\frac{kq^2}{8^2} + \frac{kq^2}{8^2}$
 $\frac{kq^2}{8^2} (\frac{\sqrt{2}}{2} + 1)$
 $\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{2} + 1}$
 $\frac{3}{2} \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{2} + 1}$
 $\frac{3}{2} \sqrt{2} \sqrt{4}$
 $9 \cdot 2 \sqrt{18}$
 $T = \frac{2\sqrt{6}}{20}$
 $a = \frac{\sigma^2}{R}$
 $\sigma = 8\sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{4\sigma}{20}$

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!



$$U_{12} = \frac{1}{2} \sqrt{R_1 T_1} - \sqrt{C_{12} T_1} = \frac{3}{2} \sqrt{R_1} \left(\frac{4T_1}{\sqrt{4}} - \frac{T_1}{\sqrt{4}} \right) - \sqrt{2R_1} \frac{3T_1}{\sqrt{4}}$$

$$= \frac{3}{2} \sqrt{R_1} \frac{3T_1}{\sqrt{4}} - \sqrt{R_1} \frac{6T_1}{T_1} = \left(\frac{9}{2} - 6 \right) \sqrt{R_1 T_1} = \frac{12}{2} - \frac{3}{2} \sqrt{R_1 T_1} =$$

$$= -\frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 100 = -600 \cdot 8,31 = -258 \text{ Дж}$$

$$q = \frac{Q}{Q_+} = \frac{|U_{12}|}{2580} = \frac{258 \text{ Дж}}{2580} = \frac{\sqrt{R_1} 6T_1 - \frac{3}{2} \sqrt{R_1 T_1}}{2580}$$

$$Q_{23} = \frac{8p_1 V_1^2}{v} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10^3}{10} = 64000$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R_1 T_1} = \frac{3}{2} \sqrt{0,25} = 0,75 = \frac{831}{6} = 138,5$$

$$R_{12} = \frac{2C - 5R}{2C - 3R} = \frac{4R - 5R}{4R - 3R} = -1 \quad \frac{p}{p_1} = \frac{8}{(V/V_1)^2}$$

$$\sqrt{R_1} T_1 \cdot V_1^{-2} = T_2 V_2^{-2}$$

$$\sqrt{2} V_2 = \frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2} \quad V_2 = \sqrt{\frac{T_2}{T_1} V_1^2} = \sqrt{2} V_1$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{R_1 T_1}$$

$$p_2 V_2 = \sqrt{R_2 T_2}$$

$$\beta = p_2 V_2^2 = p_1 \cdot 84 V_1 = 8 p_1 V_1 \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2^6 = 6$$

$$\frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad 8 \quad p = \frac{8}{V^2} = \frac{2^3}{(2,5)^2} = \frac{23,2}{25} = \frac{25}{100} = 0,25$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{2} \quad | \quad p_2 = 2 p_1$$

$$R_{23} = \frac{2 \cdot 0,15 - 5}{2 \cdot 0,5 - 3} = \frac{1 - 5}{1 - 3} = \frac{-4}{-2} = 2$$

$$\frac{2 - \frac{5}{2} R}{C - \frac{3}{2} R} = \frac{\frac{1}{2} R - \frac{5}{2} R}{\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R} = \frac{-4}{-2} = 2$$

$$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{R_1 T_1} \quad p_2 V_2 = \sqrt{R_2 T_2}$$

$$T_2 V_2 = T_3 V_3$$

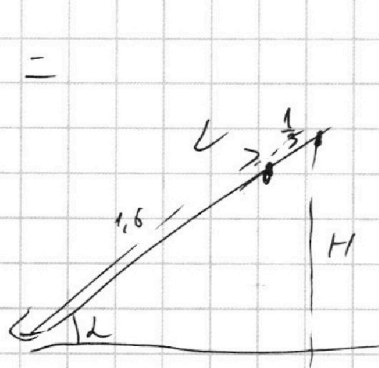
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$L = S_1 + S_2 \quad n = \frac{2C - 5R}{2C + 3R} = n = \frac{C - \frac{5}{2}R}{C - \frac{3}{2}R}$$

$$L = 0.8 + 0.4 \cdot 2 = 1.6 \text{ м} \quad T_1 \cdot V_1^{n-1} = T_2 \cdot V_2^{n-1}$$

$$R \cdot 2 = 6 \cdot t$$

$$t = \frac{1}{3}$$

$$S_1 = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{4^2}{2 \cdot 6_3} = \frac{1}{3} = \sqrt{R T_1} \cdot V_1^{n-1} = \sqrt{R T_2} \cdot V_2^{n-1}$$

$$S_2 = \frac{1}{3} \cdot 2 = \frac{2}{3}$$

$$C = \frac{1}{3}$$

$$H = \frac{L \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1.6 + \frac{1}{3}}{0.8} = \frac{\frac{8}{5} + \frac{1}{3}}{\frac{4}{5}} = \frac{28}{12} = \frac{7}{3}$$

$$\frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

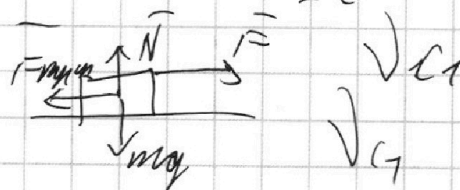
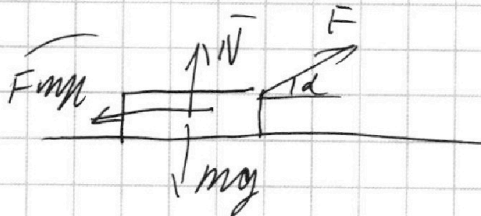
$$\frac{28}{12} = \frac{7}{3}$$

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{R T_1} \quad p_2 V_2 = \sqrt{R T_2}$$

$$\sqrt{C \cdot T} = v_{12} + \frac{i}{2} \sqrt{R \cdot T}$$

$$v_{12} = \sqrt{C \cdot T} - \frac{i}{2} \sqrt{R \cdot T}$$



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

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

$$ma = F - \mu mg$$

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

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

$$12 - 9 = 3$$

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

$$\begin{array}{r} 8 \quad 31 \\ \times 42 \\ \hline 16 \quad 62 \\ 252 \quad 4 \\ \hline 26902 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

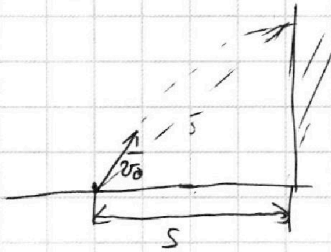
МФТИ

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



$$x_0 = v_0 t$$

$$v_0 = g t \quad 20 \text{ м/с}$$



$$y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad x = v_0 \cos \alpha t$$

$$S = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{S}{v_0} = t + \frac{g t^2}{2 v_0}$$

$$y = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$y = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$x_0 = \frac{-S \cdot v_0^2}{-2 v_0^2} = \frac{S v_0^2}{2 v_0^2}$$

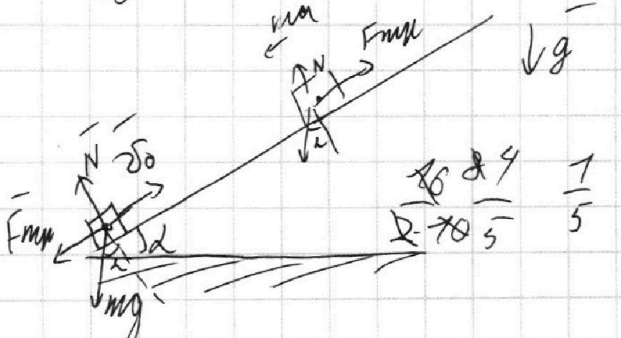
$$y = \frac{-S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{4 v_0^2 \cos^2 \alpha} + \frac{S v_0^2}{2 v_0^2} - \frac{S^2}{2 v_0^2}$$

$$y = -\frac{S^2}{2 v_0^2} - \frac{S^2}{2 v_0^2} + \frac{S v_0^2}{2 v_0^2} =$$

$$= \frac{-3 S^2}{4 v_0^2} - \frac{20^2}{20^2} + \frac{20^2}{2} =$$

$$= -\frac{1}{4} - 1 + 200 = 200 - 1,25 =$$

200
298,75



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

$$S = v_0 t - \frac{a t^2}{2} \quad a = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$a = 10 \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{5} \right) = 10$$

$$\frac{a t^2}{2} - v_0 t + S = 0$$

$$5 t^2 - 4 t + 1 = 0$$

$$S_1 = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ м}$$

$$v = v_0 - a t \quad t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4$$

$$\mu \geq \tan \alpha \quad \frac{4}{3}$$

$$m a = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2(S - S_1)}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{10}} = \sqrt{\frac{1}{5}}$$

$$a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} \right) = 6 \text{ м/с}^2$$

$$S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{a t_2^2}{2} \quad t_2 = \sqrt{\frac{2 S_2}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$$