



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.

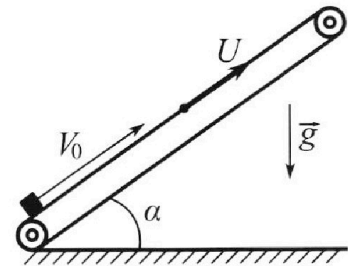
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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 .

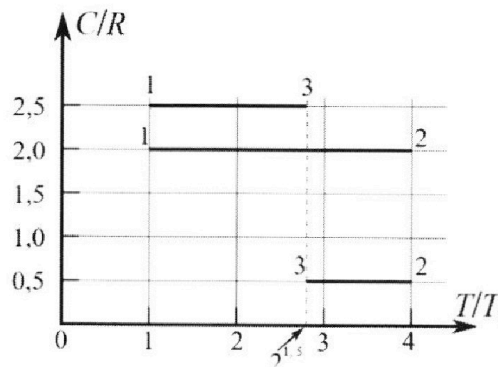
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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

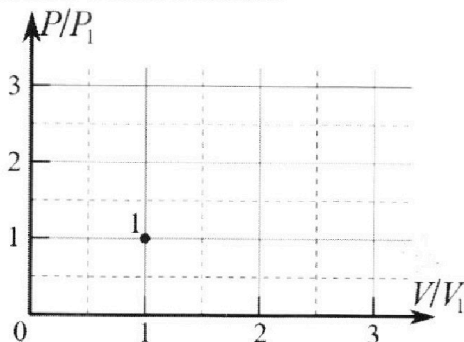
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



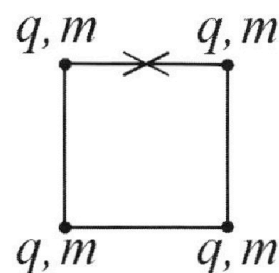
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

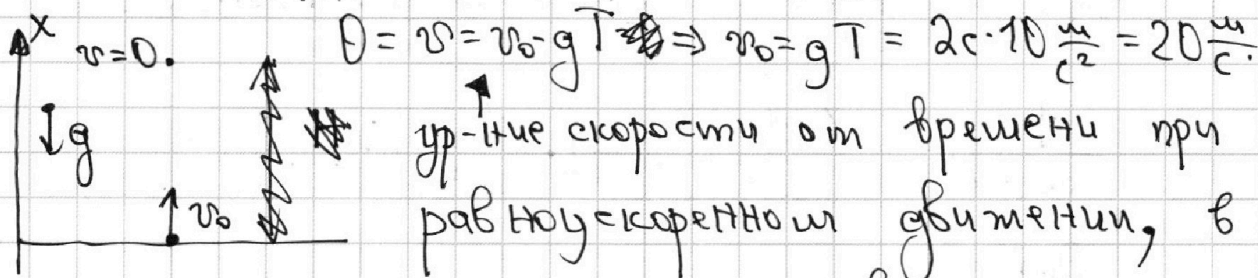
- 1 2 3 4 5 6 7

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



Задача 1.

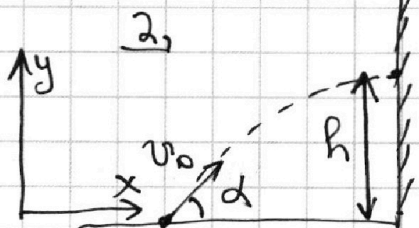
1. В момент, когда мяч на макс высоте его скорость 0 т.к. $v = \frac{dx}{dt} = x'_t = 0$.



$$0 = v = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT = 20 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

нашем случае ускорение равно $-g$.

Ответ: $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Ур-ние $x(t)$:

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t. \text{ В момент}$$

удара $x = S \Rightarrow t_x = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

Теперь запишем ур-ние $y(t)$:

$$y = v_0 \sin \alpha t_x - \frac{gt_x^2}{2}. \text{ В момент}$$

удара со стенкой $t_x = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow h =$

$$= v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Т.к. мяч летит в сторону стенки

$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$. Найдём максимальный h , приравняв производную y^h по α к 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!

Задача 1 (продолжение):

$$\frac{dh}{d\alpha} = S \cdot (\operatorname{tg} \alpha)' - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' \quad \text{①}$$

$$(\operatorname{tg} \alpha)' = \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right)' = \frac{2 \cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{1}{\cos^2 \alpha} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = -2 \cdot \frac{1}{\cos^3 \alpha} \cdot (-\sin \alpha) =$$

$$= \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}$$

$$\text{①} \quad \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0.$$

~~$\cos \alpha \neq 0 \Rightarrow \cos \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \text{DH не выполняется}$~~

~~метки \Rightarrow~~ $S - \frac{gS^2}{v_0^2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$h_{\max} = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \text{②}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \operatorname{tg}^2 \alpha + 1$$

$$\text{②} \quad S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) = S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} -$$

$$- \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} =$$

$$= 20 \text{ м} - 5 \text{ м} = 15 \text{ м}.$$

Ответ: 15 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!

Задача 2:

1. Нарисуем силы, действующие на груз при движении вверх:

Т.к. груз не движется

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

Вдоль оси y то $mg \cos \alpha = N$ (по 2 закону Ньютона)

Тогда $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$. Ускорение равно

$$a_1 = \frac{-mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m} = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -g$$

Аналогично получим, что ускорение при движении вниз относительно лентки равно $a_2 = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -0,6g$

t_1 - время движения вверх. ~~Затем~~ Найдем его:

$$v_0 + a_1 t_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,4 \text{ с}$$

Путь, пройденный за это время равен

$$S_1 = v_0 t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{v_0 t_1}{2} = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$= \frac{16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3})} = \frac{16}{20} \text{ м} = 0,8 \text{ м}$$

Теперь найдем время t_2 , требуемое для прохождения $S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$:

$$\frac{a_2 t_2^2}{2} = -S_2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{-2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 - 0,6 \cdot \frac{1}{3})}} = \sqrt{\frac{2}{30}} \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Задача 2 (продолжение):

пункт 1 (продолжение):

$$T = t_1 + t_2 = \left(0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}\right) c = \left(0,4 + \sqrt{\frac{15}{15}}\right) c =$$
$$= \left(\frac{6}{15} + \frac{\sqrt{15}}{15}\right) c = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$$

Ответ: $\frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$

2, Может быть скорость

и вверх и вниз. Если вверх то скорость относительно ленты $v_1 = U - U = 0$. Если вниз то

скорость относительно ленты $v_2 = -U - U = -2U$. Рассмотрим

первый случай: перейдем в инерциальную систему отсчета, связанную с лентой: в ней

ускорение $a_1 = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = -g$. Время движения t_1 :

$$a_1 t_1 + (v_0 - u) = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{-a_1}$$

$$= \frac{2 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,2 c.$$

За это время в системе отсчета мы передвигаемся на

$$\Delta x_1 = (v_0 - u) t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{(v_0 - u) t_1}{2} = 0,2 m.$$

Сам же

система отсчета передвигается на $u t_1 = 0,4 m$.

Искомое расстояние $u t_1 + \Delta x_1 = 0,6 m$. Теперь рассмотрим второй случай:

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!

Задача 2 (продолжение):

~~Итого на 2~~

Пункт 2 (продолжение):

$$a_2 = \pm g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -0,6g.$$

Он должен разогнаться до скорости $-2u$:

$$a_2 t_2 = -2u \Rightarrow t_2 = \frac{-2u}{a_2} = \frac{-2 \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{-6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{2}{3} \text{ с.} \text{ За это}$$

$$\text{время он пройдёт } L_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{6 \cdot \frac{4}{9}}{2} \text{ м} =$$

$$= \frac{4}{3} \text{ м} \text{ Система отсчёта за}$$

это время пройдёт расстояние $ut_2 = \frac{4}{3} \text{ м.}$

Получается, что $L_2 + ut_2 = 0 \Rightarrow$ расстояние от начала такое же, как и в первом случае, а именно $0,6 \text{ м.}$

Пункт 3: Если скорость

Ответ: $0,6 \text{ м}$

коробочки 0 то отн-но ленты она равна

$-u$. Найдём t_2' после ~~те~~ того, как отн-ная скорость равна 0 до этого момента:

$$a_2 t_2' = -u \Rightarrow t_2' = \frac{1}{3} \text{ с. } L_2' = \frac{a_2 t_2'^2}{2} =$$

$$= \frac{-6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{9} \text{ с}^2}{2} = -\frac{1}{3} \text{ м.} \text{ За это же время сама}$$

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!



лента проедет $ut_2^1 = \frac{1}{3}c \cdot 2\frac{m}{c} = \frac{2}{3}m$. Полагая,

это пройденное расстояние от точки старта

равно $\frac{L}{2} = ut_2^1 + L_2^1 + L_1 + ut_1 = \frac{1}{3}m + \frac{3}{5}m = \frac{14}{15}m$.

$$H = L \sin \alpha = \frac{8}{10} \cdot \frac{14}{15} = \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{15} = \frac{56}{75} m$$

Ответ: $\frac{56}{75}m$

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!

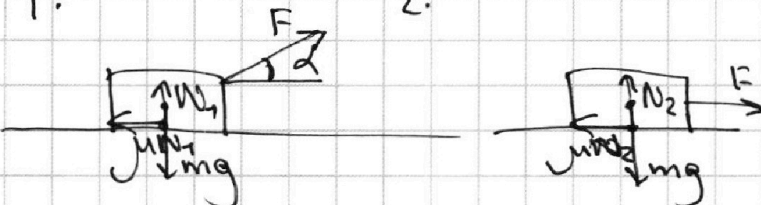
Задача 3:

1, m - масса санок F - модуль силы.

Время разгона a_1, a_2 - ускорения в 1 и в 2 случаях.

1:

2:



$$N_1 + F \sin \alpha = mg \Rightarrow$$

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

$$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m}$$

По 2 закону Ньютона на вертикальную ось

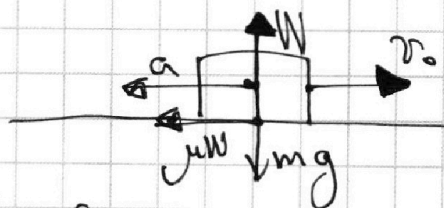
$$N_2 = mg \Rightarrow a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

Т.к. времена разгона до равных v_0 равны $a_1 = a_2$:

$$a_1 = a_2 \Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$$

$$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha) \Rightarrow \boxed{\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}} \rightarrow \text{Ответ}$$

2, После отпущения:



$$a = \frac{\mu N}{m} = \mu g$$

$$v_0 - \mu g T = 0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$v(t)$ для равноускоренного движения, ускорение равно $-a = -\mu g$

t - время с прекращения

действия силы F

$$\boxed{\frac{v_0}{g} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}}$$

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!



Задача 4

1 Т.к. газ одноатомный то молярная теплоемкость при $U = \text{const}$ равна $c_v = \frac{3}{2} R$. При $P = \text{const}$ $c_p = \frac{5}{2} R$. По 1 началу Термодинамики

$Q = A + \Delta U$. Q_{12} - площадь под графиком от 1 до 2. $\Delta Q = c \cdot dT$ по определению c
 $Q_{12} = 3T_1 \cdot 2R = 6RT_1$

ΔU_{12} - площадь под прямой $c = c_v$ от T_1 до T_2 :

$$\Delta U_{12} = 3T_1 \cdot \frac{3}{2} R = \frac{9}{2} RT_1. \quad A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = RT_1 \left(\frac{12-9}{2} \right) =$$

$$= \frac{3}{2} RT_1 = \frac{3}{2} \cdot 400 \text{К} \cdot \frac{831}{100} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = \frac{12}{2} \cdot 831 \text{ Дж} =$$

$$= 6 \cdot 831 \text{ Дж} = 4,99 \text{ кДж} \approx 5 \text{ кДж}$$

Ответ: $\approx 5 \text{ кДж}$

2 КПД равно $\eta = \frac{A}{Q^+} =$

$$A = Q^+ - Q^- \Rightarrow \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+} = 1 - \frac{Q^-}{Q^+}, \text{ где } Q^- \text{ - модуль}$$

теплоты, отведенной от газа, а Q^+ - теплота, подводимая к газу.

$$Q^+ = Q_{12} = 2R \cdot 3T_1 = 6RT_1$$

$$Q^- = -(Q_{23} + Q_{31}) = \frac{R}{2} \cdot (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) + (2\sqrt{2}-1)T_1 \cdot \frac{3R}{2} =$$

$$= 2RT_1 - \frac{35}{2} RT_1 + 3\sqrt{2}RT_1 - \sqrt{2}RT_1 =$$

$$= RT_1 \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \approx \frac{8\sqrt{2}-1}{12} \cdot Q^+$$

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!



Задача 4 (продолжение):

2 (продолжение):

$$\eta = 1 - \frac{Q^-}{Q^+} = \frac{12 - 8\sqrt{2} + 1}{12} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

Ответ: $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

3.

В процессе 31 $c = 2, R \Rightarrow p = \text{const}$.

Найдем показатели политропы для процессов 12

и 23: $n_{12} = \frac{c_{12} - c_p}{c_{12} - c_v} = -1 \Rightarrow pV = \text{const}$.

$$n_{23} = \frac{c_{23} - c_p}{c_{23} - c_v} = 2 \Rightarrow pV^2 = \text{const}$$

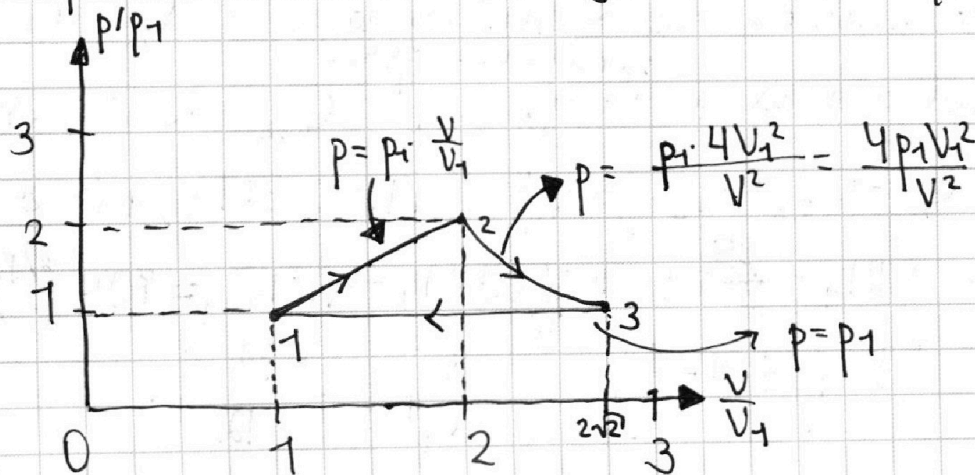
В процессе 12 температура увеличивается в

4 раза, а т.к. $\frac{pV}{T} = \text{const}$ и $pV = \text{const}$

p и V увеличиваются в 2 раза. В процес-

се 31 $p = \text{const} \Rightarrow T \sim V \Rightarrow V_3 = 2^{1,5} V_1$. Нарисуем

узки:



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

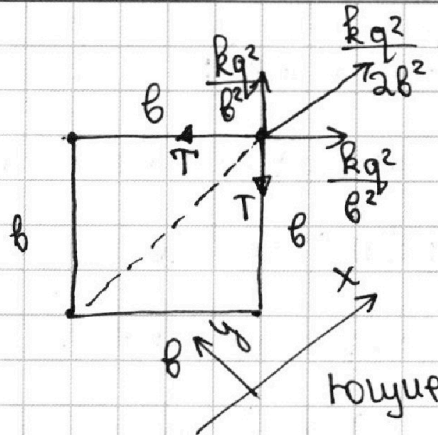
МФТИ

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



Задача 5, 3

1



Т.к. система статична то все силы, действующие на шарик

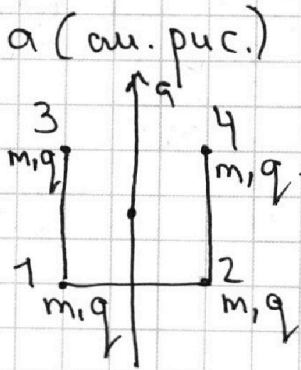
вдоль оси x , перпендикулярной параллельной диагонали квадрата (см. рис.), равны 0. Тогда

$$2 \cdot \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{2a^2} = 2T \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}T \quad (\text{силы } T \text{ равны})$$

Т.к. сумма сил на ось y тоже равна 0).

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

2. Из симметрии относительно осей x и y следует, что модули скорости зарядов 3. и 4. равны, а также скорости 1 и 2.



Также по т. о движении центра масс суммарный импульс в проекции на ось x равен 0 \Rightarrow проекции всех скоростей на ось x по модулю одинаковы.

Рассмотрим нужный нам момент:

Рассмотрим нужный нам момент:

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

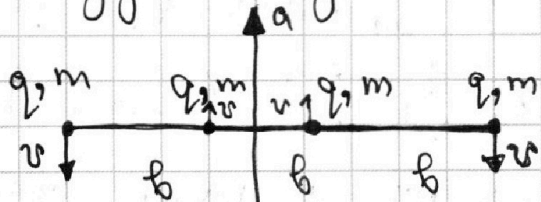
МФТИ

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



Задача 5 (продолжение):

В этот момент все нити натянуты т.к. все заряды равны и по правую папку у всех зарядов скорости вдоль оси, перпендикулярной a равны 0 (из симметрии и т.к. центр масс нигде не движется):



Посчитаем начальную потенциальную энергию взаимодействия:

ствия:

~~$$W_0 = q \cdot 4 \cdot \left(\frac{kq}{2b} + \frac{kq}{2b} + \frac{kq}{2\sqrt{2}b} \right) = \frac{2kq^2(2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}b}$$~~

Посчитаем конечную потенциальную энергию взаимодействия:

~~$$W' = 2q \left(\frac{2kq}{2b} + \frac{kq}{4b} \right) + 2q \left(\frac{kq}{2b} + \frac{kq}{2b} + \frac{kq}{4b} \right)$$

$$= \frac{2kq^2}{2b} \left(2 + 1 + 2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = \frac{2kq^2}{b} \cdot \frac{22}{3} = \frac{22 \cdot 4kq^2}{3b}$$~~

Кинетическая энергия в начале равна 0, а

в конце она равна

$$W_0 = 4 \cdot \frac{kq^2}{d} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}d} = \frac{kq^2}{d} (4 + \sqrt{2}).$$

Посчитаем потенциальную энергию взаимодействия в искомый момент:

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!



Задача 5 (продолжение):

$$W' = 3 \frac{kq^2}{b} + 2 \cdot \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{15+1}{3} \right) =$$

$= \frac{16kq^2}{3b}$. Кинетическая энергия в начале

равна 0, а в конце равна $\frac{4mv^2}{2} = 2mv^2$.

Запишем закон сохранения энергии:

$$W_0 = W' + 2mv^2 \Leftrightarrow 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \sqrt{2} - \frac{16}{3} \right) =$$

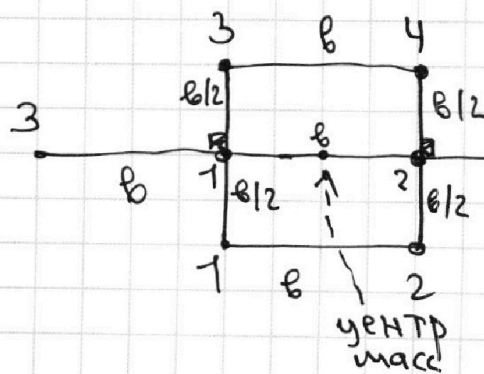
$$= \frac{kq^2}{b} \left(\frac{3\sqrt{2}-4}{3} \right)$$

$$v^2 = \frac{kq^2}{mb} \left(\frac{3\sqrt{2}-4}{6} \right)$$

Ответ: $v = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-4)}{6mb}}$

3.

Изначально центр масс в центре квадрата, в конце на середине отрезка. Он не сдвинулся и отрезок остался перпендикулярным одной из сторон квадрата (из симметрии). Нарисуем это:



По теореме Пифагора искомое расстояние равно

$$s = \sqrt{\frac{b^2}{4} + b^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$

Ответ: $\frac{\sqrt{5}}{2} b$



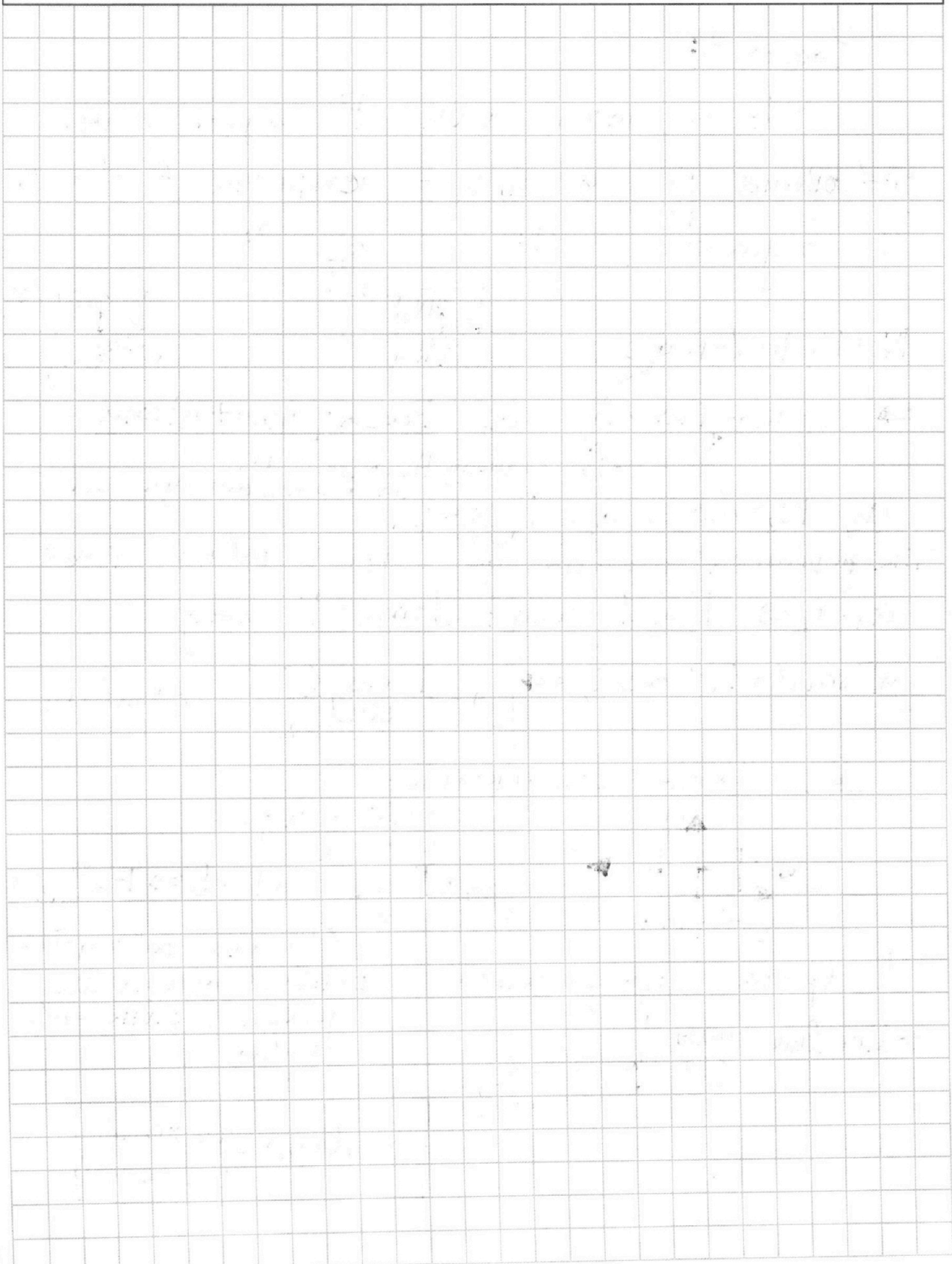
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





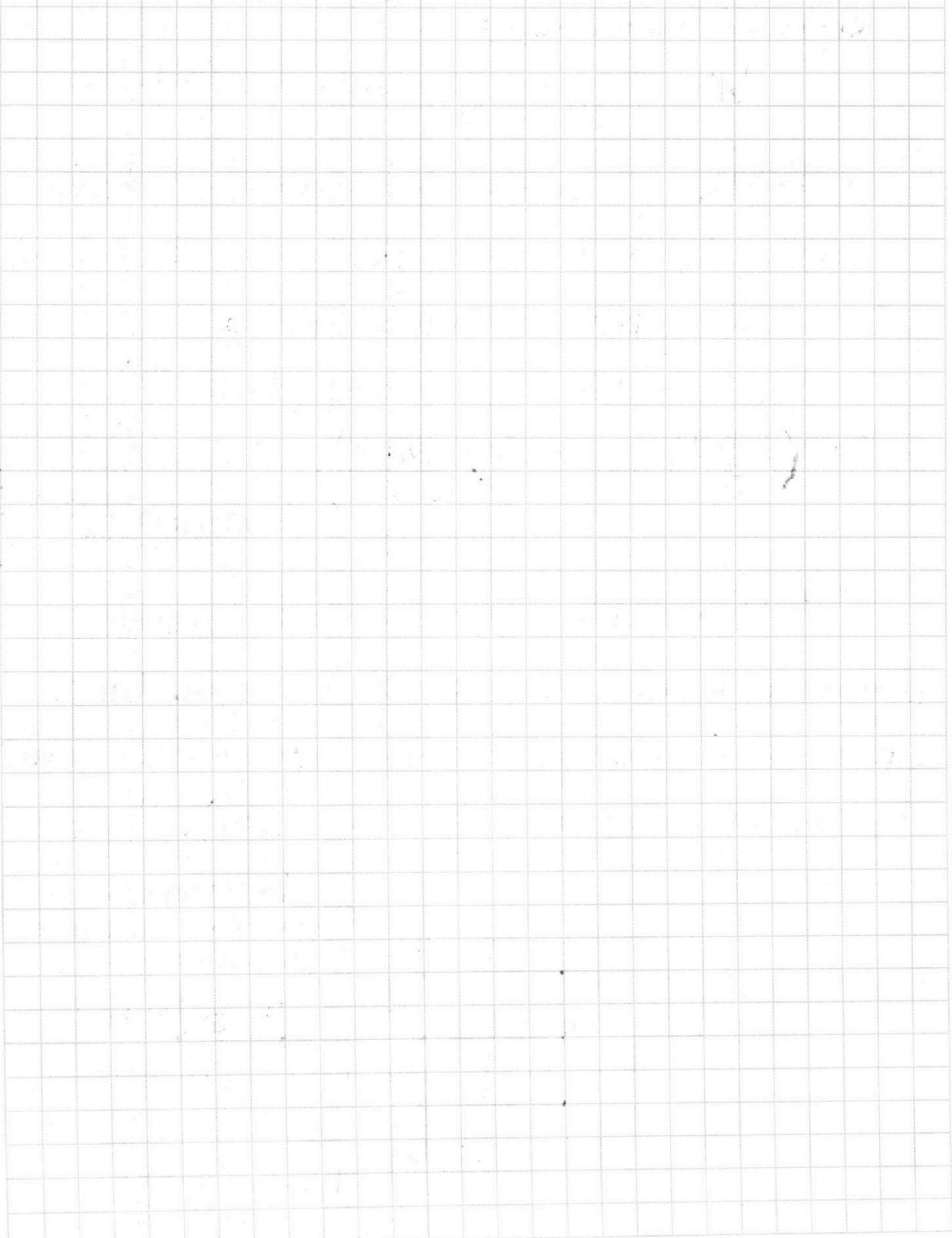
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

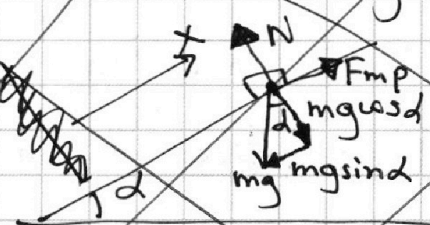


- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

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

~~Задача 2,~~

~~1. Нарисуем силы, действующие на коробку:~~



~~Т.к. коробка не движется перпендикулярно~~

~~по 2-му Закону Ньютона $N = mg \cos \alpha$. Также потому, что коробка не движется $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ и всегда направлена против движения. Рассмотрим путь вверх x и запишем $x(t)$:~~

~~Изначально $x=0 \Rightarrow x = v_0 t - \frac{g \sin^2 \alpha}{2} t^2$. При $x = \max$ $x' = 0 \Rightarrow v_0 - g \sin \alpha t = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{g \sin \alpha} \Rightarrow x_{\max} = \frac{v_0^2}{g \sin \alpha} - \frac{v_0^2}{2g \sin^2 \alpha} = \frac{v_0^2}{2g \sin^2 \alpha} = \frac{10 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{8}{10}} = 1 \text{ м.}$~~

~~Получается, что путь при движении наверх равен $\approx 1 \text{ м}$, но это не равно S . Тогда~~

~~$T = \frac{v_0}{g \sin \alpha} = \frac{4 \frac{m}{c}}{10 \cdot \frac{8}{10} \frac{m}{c^2}} = 0,5 \text{ с.}$~~

Ответ: 0,5 с

~~2. $mg \sin \alpha > mg \cos \alpha \mu \Rightarrow$ он будет ехать вниз после остановки. Если скорость равна U она может быть направлена~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

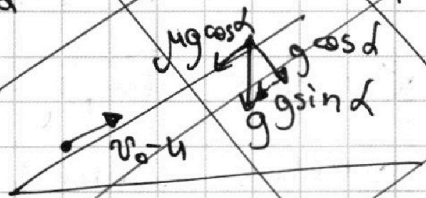
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Задача 2 (продолжение)

Вверх и вниз. Если вверх то скорость
относительно ленты $v_1 = U - U = 0$. Если вниз то $v_2 =$
 $= -U - U = -2U$. Перейдём в инерциальную
систему отсчёта транспортёра:
Система



t_1 - время достижения v_1 .

t_2 - время достижения v_2 .

Т.к. $v_1 = 0$ и нет сил инерции. Посчитаем

время t_1 : $v_0 - U - g \sin \alpha t_1 = 0 \Rightarrow -mg \cos \alpha t_1 = 0$

$\Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - U}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$ ~~...~~ Теперь посчитаем

время t_2 t_1 движения вниз после достижения
max высоты в этой системе отсчёта:

Изначально $x = 0 \Rightarrow$



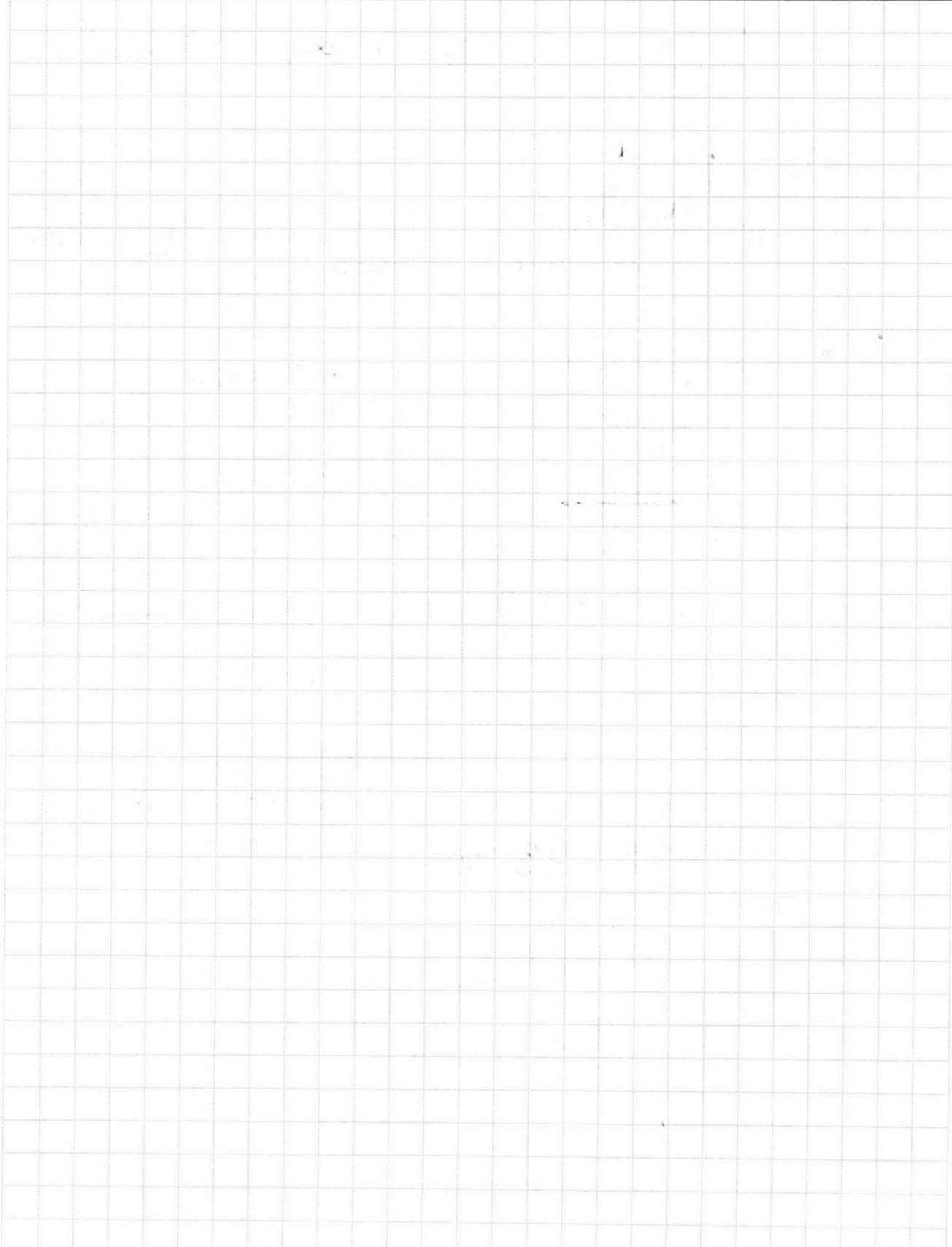
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v} \quad \Rightarrow \quad C_v \Rightarrow n = \infty, \Rightarrow V^\infty = \text{const} \quad \checkmark$$

13 $p = \text{const.}$

12: $n = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{0,5R}{-0,5R} = -1.$ $\left(\frac{p}{V} = \text{const.}\right)$

23: $n = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = 2. \rightarrow pV^2 = \text{const.}$

$$p = \frac{\text{const}}{V^2}$$

~~ЧЕРНОВИК~~

$$\frac{4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2} \cdot 1} =$$

$$\frac{4}{10} = 0,4 \text{ c.}$$

$$\frac{16}{3} < 4 + \sqrt{2} \quad \checkmark$$

$$16 \checkmark 12 + 3\sqrt{2}$$

$$4 \checkmark 3\sqrt{2}$$

$$\frac{4}{3} \checkmark \sqrt{2} \quad \frac{16}{9} \checkmark 2$$