



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.

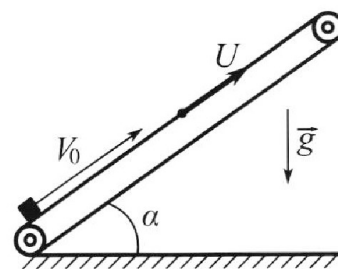
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

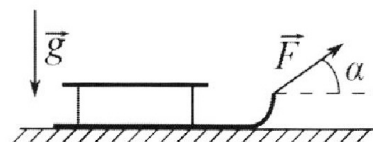
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

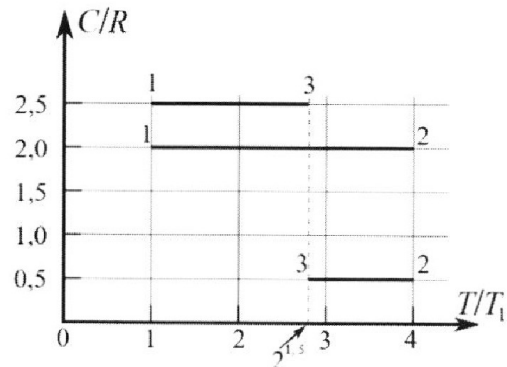


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

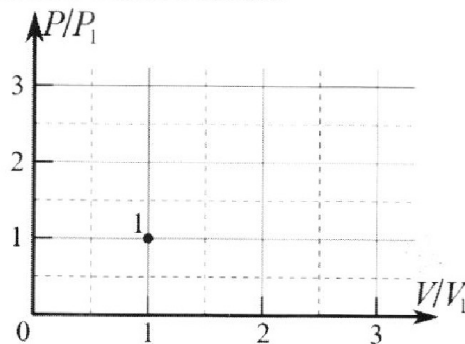
Вариант 10-01

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

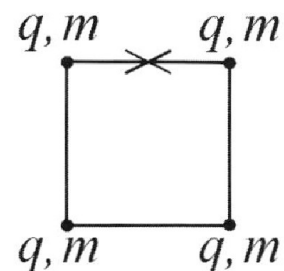
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

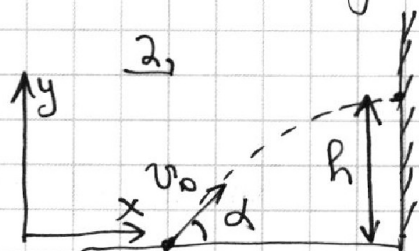
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 1.

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

$0 = v = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT = 20 \cdot 10 \frac{m}{c^2} = 20 \frac{m}{c}$.
Ур-ние скорости от времени при равноускоренном движении, в нашем случае ускорение равно $-g$.



Ур-ние $x(t)$:

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t.$$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{m}{c}$

t - время с момента сброса

$t_x - t$ в момент удара со стенкой

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

Теперь запишем ур-ние $y(t)$:

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

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):

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

$$(\operatorname{tg} \alpha)' = \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{1 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$. 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 ленты равно $a_2 = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -0,6g$

t_1 - время движение вверх. 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

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

$$= \frac{16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (0,8 + 0,6 \cdot \frac{4}{3})} = \frac{16}{20} \text{ м} = 0,8 \text{ м}.$$

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

$$\frac{a_2 t_2^2}{2} = -S_2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 - 0,6 \cdot \frac{4}{3})}} = \sqrt{\frac{2}{30}} \text{ с}$$

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 (продолжение):

пункт 1 (продолжение):

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

$$= \left(\frac{6}{15} + \frac{\sqrt{15}}{15}\right) = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$$

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 $\Delta x = U t_1 + \Delta x_1 = 0,6 m$. Теперь рассмотрим второй случай:



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 (продолжение):

~~Нужно найти~~

Пункт 2 (продолжение):

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

Он должен разогнаться до скорости $-2u$:

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

$$\text{время он пройдёт } L_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{-0,6 \cdot \frac{4}{9}}{2} \text{ м} =$$

$$= -\frac{4}{30} \text{ м} = -\frac{2}{15} \text{ м}$$

Система отстает 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 относительно ленты она равна

$-u$. Найдём t_2' после того, как относительная скорость равна 0 до этого момента:

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

лента проедет $ut_2' = \frac{1}{3} c \cdot 2 \frac{m}{c} = \frac{2}{3} m$. Поищу так,

это пройденное расстояние от точки старта
равно $\frac{L}{2} = ut_2' + L_2' + L_1 + ut_1 = \frac{1}{3} m + \frac{3}{5} m = \frac{14}{15} m$.

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

Ответ: $\frac{56}{75} m$

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

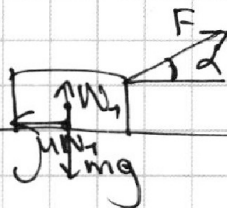
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 3:

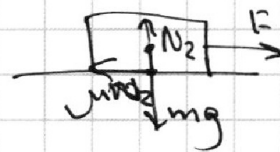
1, m - масса санок F - модуль силы.

Время разгона a_1, a_2 - ускорения в 1 и во 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

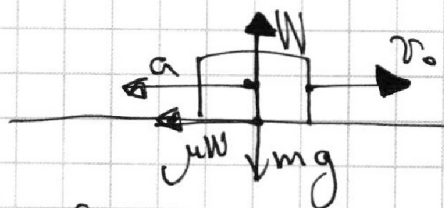
$$N_2 = mg \Rightarrow a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

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 $V = \text{const}$ равна $c_v = \frac{3}{2} R$. При $P = \text{const}$ $c_p = \frac{5}{2} R$. По 1 началу Термодинамики

$Q = \Delta U$. 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 $\eta = \frac{A}{Q^+} =$

$A = Q^+ - Q^-$, где Q^- - модуль теплоты, отведенной от газа, а Q^+ - теплота, подводимая к газу.
 $Q^+ = Q_{12} = 2R \cdot 3T_1 = 6RT_1$

$$Q^- = -(Q_{23} + Q_{31}) = \frac{R}{2} \cdot (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) + (2\sqrt{2}-1)T_1 \cdot \frac{5}{2} R = 2RT_1 - \frac{25}{2} RT_1 + 3\sqrt{2}RT_1 - \sqrt{2}RT_1 = RT_1 \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \approx \frac{8\sqrt{2}-1}{12} Q^+.$$

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 $c = 2R \Rightarrow p = \text{const}$.

Найдём показатели политропы для процессов 12

и 23: $n_{12} = \frac{C_{12} - C_p}{C_{12} - C_v} = -1 \Rightarrow \frac{p}{V} = \text{const}$.

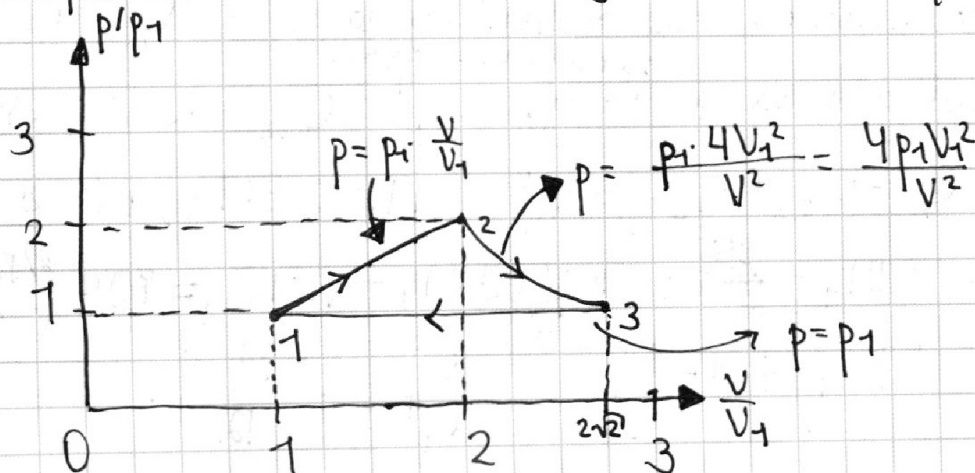
$$n_{23} = \frac{C_{23} - C_p}{C_{23} - C_v} = 2 \Rightarrow pV^2 = \text{const}.$$

В процессе 12 температура увеличивается в

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

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

уик:



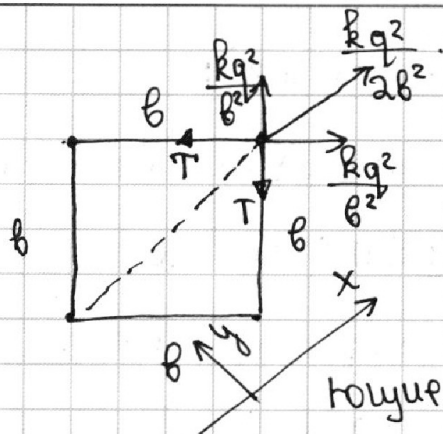
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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



Задача 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

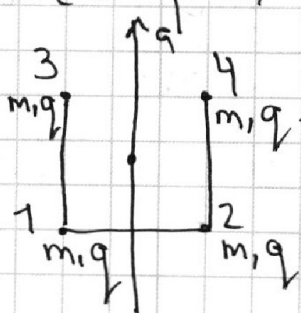
$$2 \cdot \frac{kq^2}{v^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{2v^2} = 2T \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}T \quad (\text{силы } T \text{ равны})$$

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

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

2. Из симметрии отн-но оси a ответ

а (см. рис.) 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 a равен 0 $\Rightarrow$ проекции всех скоростей

на ось a по модулю одинаковы.

Рассмотрим нулевой наш момент:

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

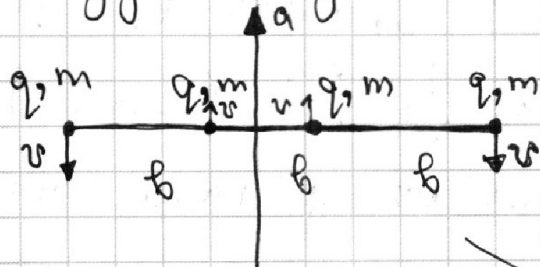
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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 правилу палки 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:

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

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:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐



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 $\frac{4mv^2}{2} = 2mv^2$.

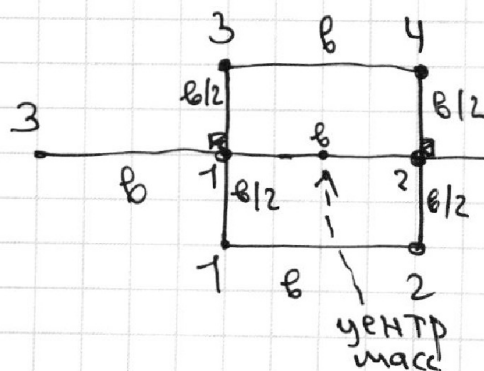
Запишем закон сохранения энергии:

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

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

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

3. Изначально центр масс в центре квадрата, в конце на середине отрезка. Он не сдвинулся и отрезок остался параллельным 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
☐

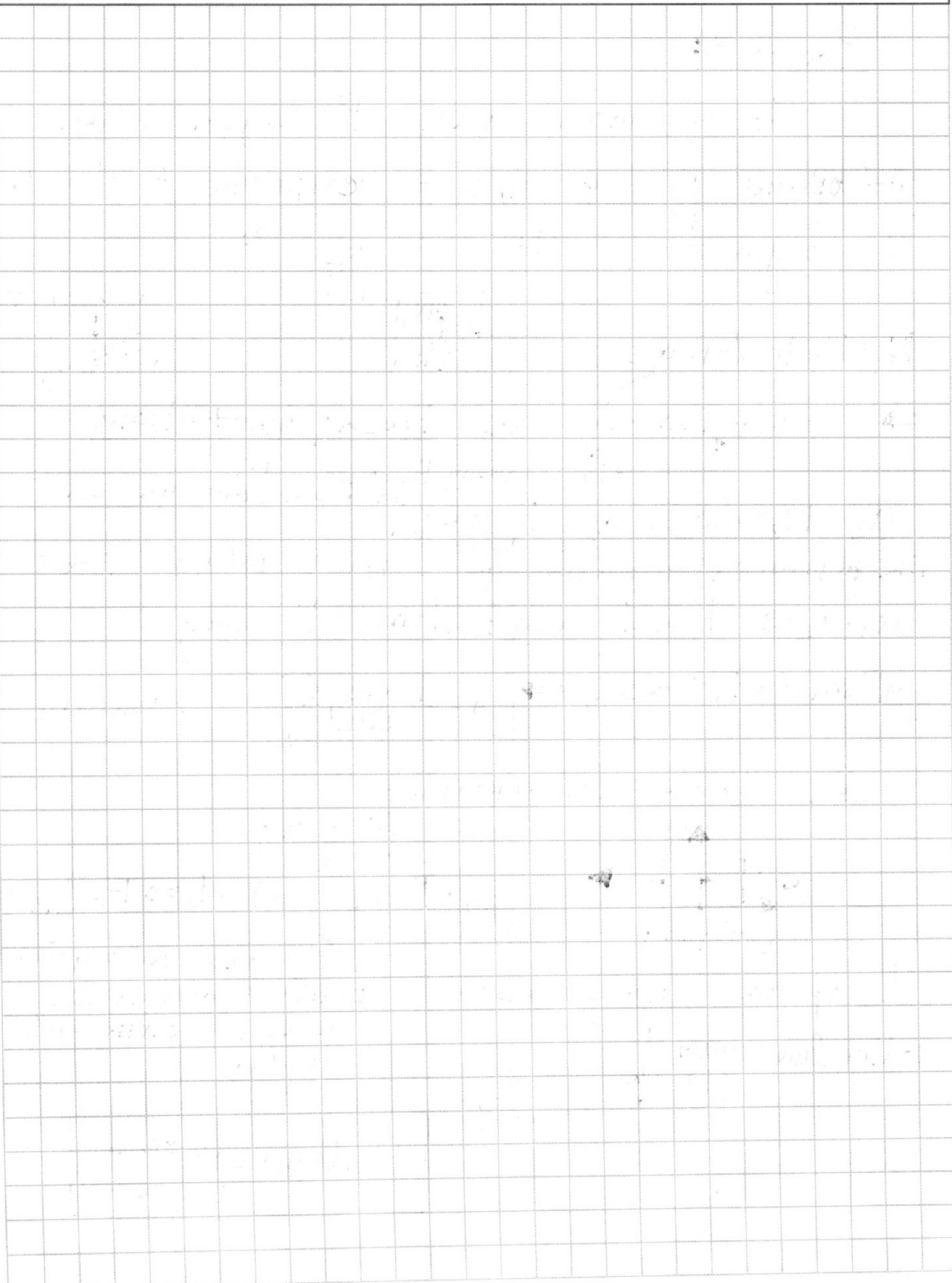
5
☐

6
☐

7
☐

 **МФТИ**

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





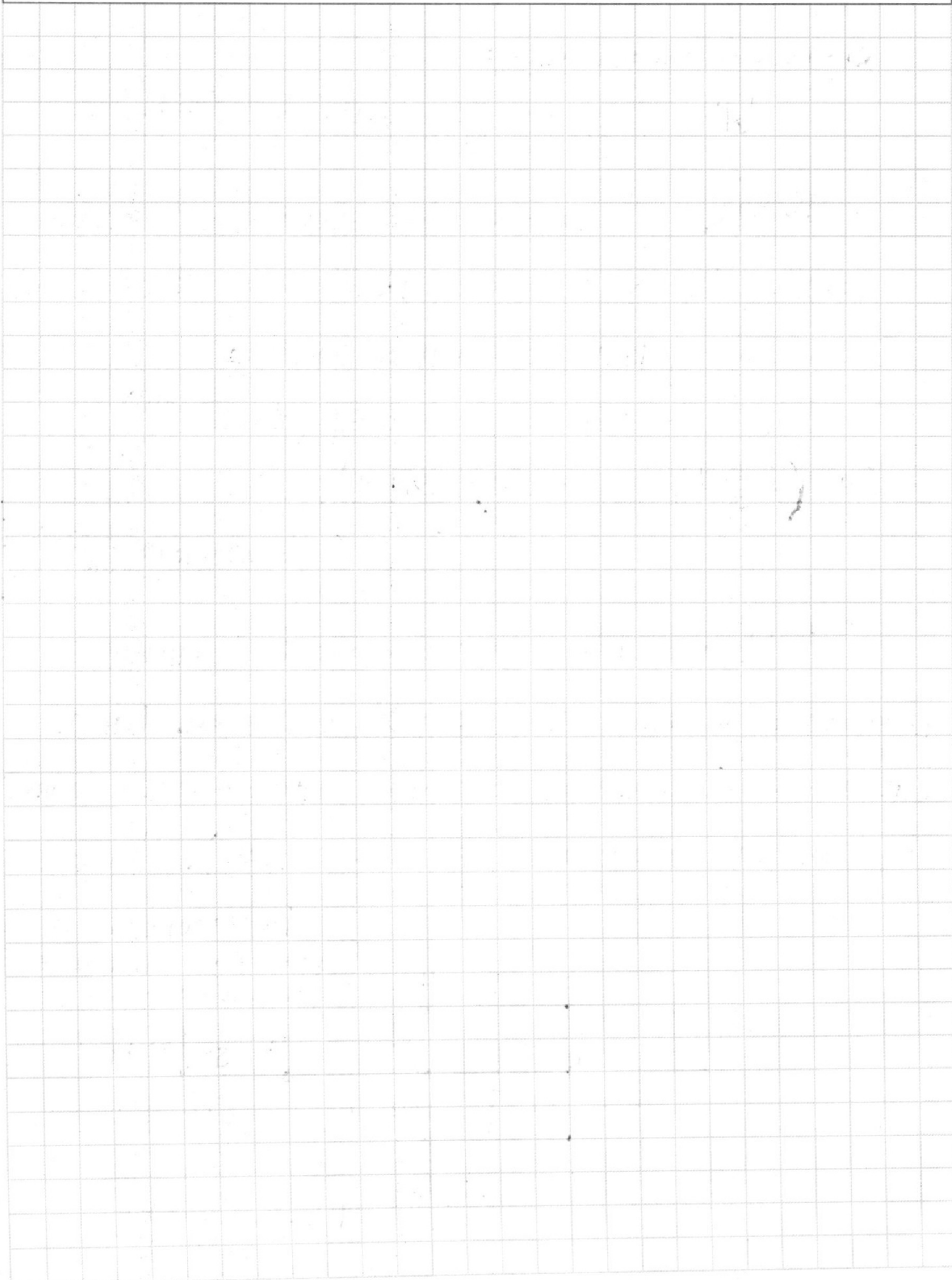
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

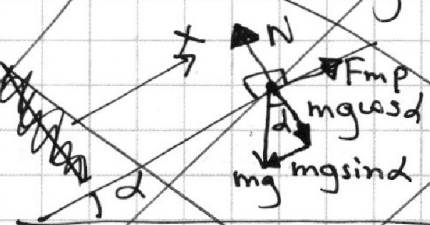


1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

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 и запишем $x(t)$:~~

~~Известно, что $x=0 \Rightarrow x = v_0 t - \frac{g \sin^2 \alpha}{2} t^2$. При $x=0$ $t = \frac{2v_0}{g \sin \alpha}$. Тогда $x_{\max} = \frac{v_0^2}{g \sin \alpha} - \frac{v_0^2}{2g \sin \alpha} = \frac{v_0^2}{2g \sin \alpha} = \frac{10 \cdot \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \cdot \frac{m}{c^2} \cdot \frac{8}{10}} = 1 \text{ м.}$~~

~~Получается, что путь при движении вверх равен 1 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 0 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!

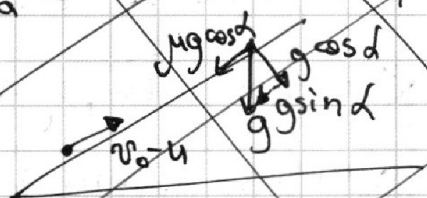
Задача 2 (продолжение)

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.е. $v_1 = 0$ и нет сил инерции. Посчитаем

время t_1 : $v_0 - U - g \sin \alpha t_1 = 0$ и $\mu g \cos \alpha t_1 = 0$

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



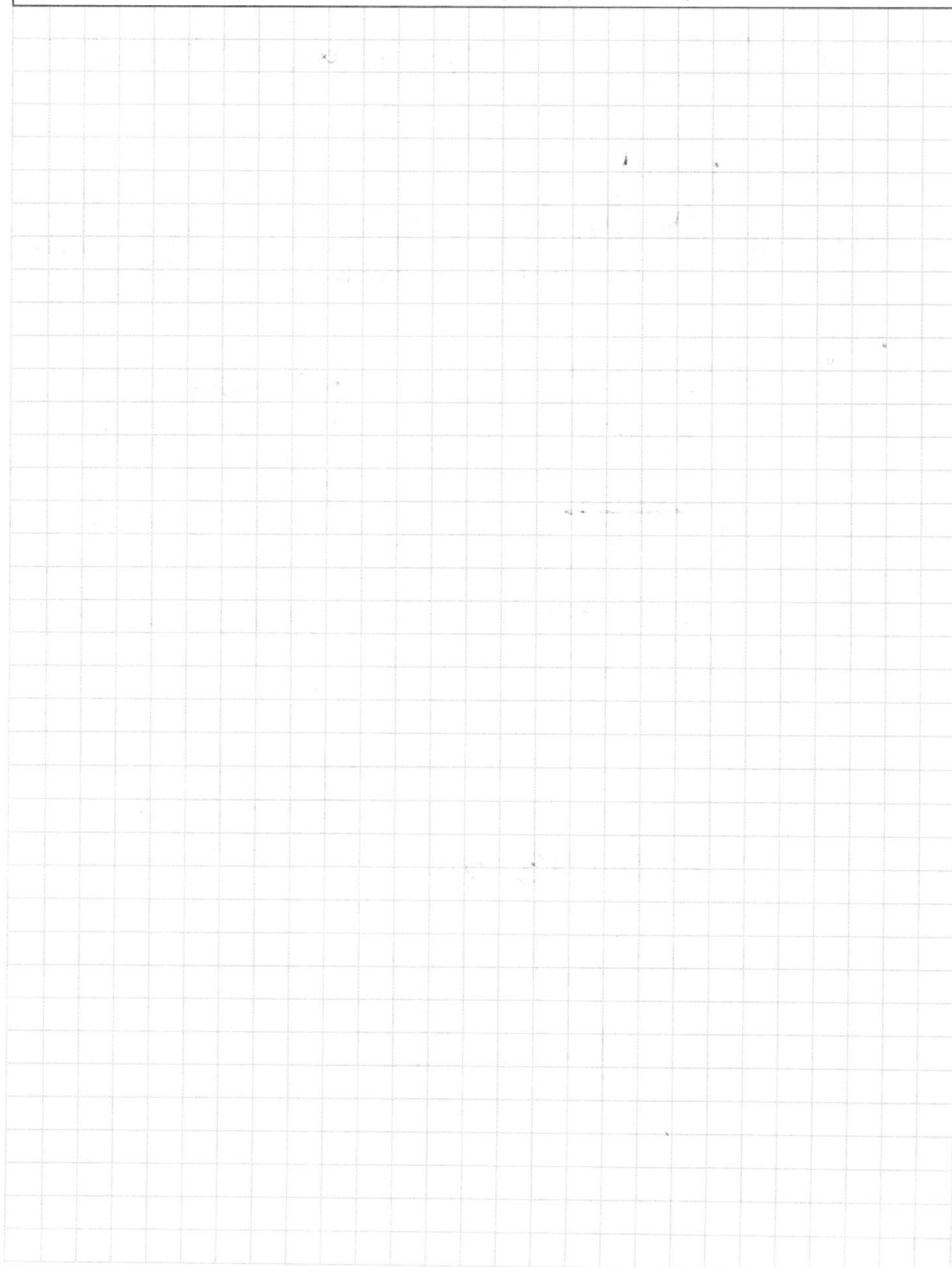
6



7



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!

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$$

$$\Rightarrow C_v \Rightarrow n = \infty, \Rightarrow V^\infty = \text{const} \checkmark$$

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:

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

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

~~УЧЕБНИК~~

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

$$\frac{4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,4 c.$$

$\left(\frac{16}{3} < 4 + \sqrt{2}\right) \checkmark$

$$16 \leq 12 + 3\sqrt{2}.$$

$$4 \leq 3\sqrt{2}.$$

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