



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.

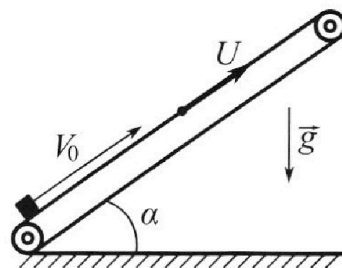
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

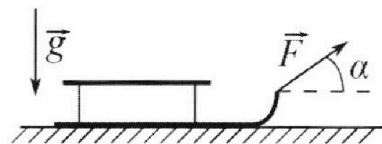
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

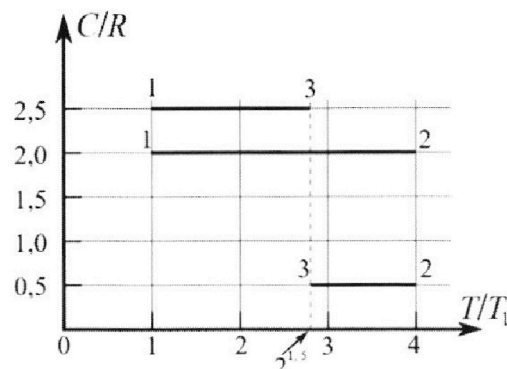


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

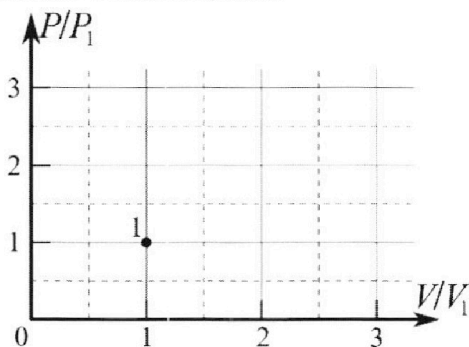
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



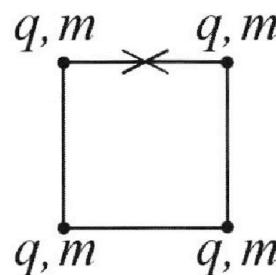
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

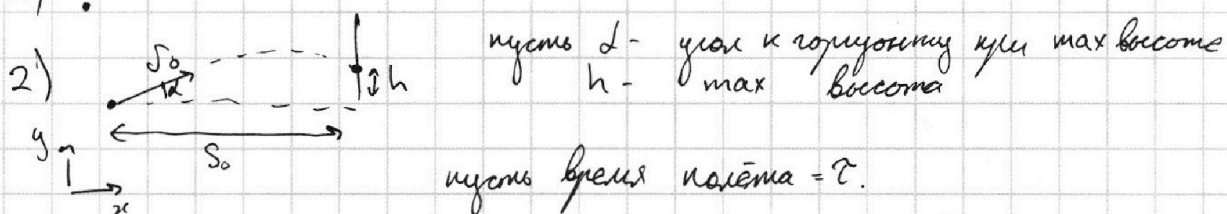
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Чистовик

1) $\uparrow v_0$ max высота за $T=2c \Rightarrow v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT = \boxed{20 \text{ м/с}}$



ось x: $v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T = S$
ось y: $v_0 \cdot \sin \alpha \cdot T - \frac{gT^2}{2} = h$

$\Rightarrow T = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

$h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \frac{1}{\cos^2 \alpha}$

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot (\tan^2 \alpha + 1)$

$h = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \tan^2 \alpha + S \cdot \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \leftarrow h(\alpha)$

h - max, $\Rightarrow$ производная $h(\alpha)$ должна быть равна нулю

$0 = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot (2 \cdot \tan \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}) + S \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$

производная $\tan \alpha$

$\Rightarrow 1 = \frac{gS^2}{v_0^2} \tan \alpha \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS} = \frac{gT^2}{gS} = \frac{gT^2}{S}$

$h = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \left(\frac{gT^2}{S}\right) + S \cdot \left(\frac{gT^2}{S}\right) - \frac{gS^2}{2v_0^2}$

$\Rightarrow h = -\frac{gS^2}{2(g^2T^2)} \cdot \left(\frac{gT^2}{S}\right) + S \cdot \frac{gT^2}{S} - \frac{gS^2}{2(g^2T^2)} = -\frac{S}{2} + gT^2 - \frac{S^2}{2gT^2}$

$= -\frac{20 \text{ м}}{2} + (10 \cdot 2^2) \text{ м} - \left(\frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4}\right) \text{ м} = (-10 + 40 - 5) \text{ м} = \boxed{35 \text{ м}}$

Ответ:

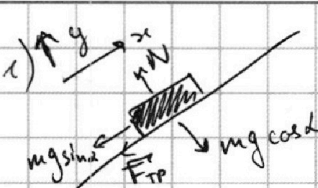
1) $v_0 = 20 \text{ м/с}$

2) $h = 35 \text{ м}$

Страница 1/7

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!



Чистовик

$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{mg \sin \alpha}{m} + \frac{F_{\text{тр}}}{m} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

~~Угловое ускорение~~

линейное ускорение (направлено "вниз" по оси x)

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g.$$

x ↑
h

рассмотрим до максимальной координате по x (h)

в м.с. $v_0 = gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} \text{ c}$

$$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} \text{ м} < S = 1 \text{ м}$$

$\Rightarrow$ Надо рассмотреть и последующее "надевание".
 $F_{\text{тр}}$ меняет сторону (т.е. направлена против движения)

$$\Rightarrow a_2 = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)g = g\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) = \frac{3}{5}g = 6 \text{ м/с}^2$$

Остаток проехать $(S-h)$, скорость $= 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{a_2 t_2^2}{2} = (S-h) \Leftrightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S-h)}{a_2}} = \sqrt{\frac{2(1 - \frac{16}{20})}{6}} \text{ c}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ c}$$

$$\Rightarrow t = t_1 + t_2 = \frac{4}{10} \text{ c} + \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ c} = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ c}$$

2) $U = \text{const}$, поэтому будем считать, что лента - ИСО

скорость груза
в ИСО ленты

$$v_{\text{л}} + U = v_0$$

$$\Rightarrow v_{\text{л}} = v_0 - U = 2 \text{ м/с}. \text{ Силы не изменились, } \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ до верхней точки a_1 всё ещё $= g$. Тогда $v_{\text{л}}(t) = v_{\text{л}} - gt$

в СО ленты

$$v_{\text{л}} + U = v_3$$

$$\Rightarrow v_3 = U \text{ при } v_{\text{л}} = 0 \Rightarrow v_{\text{л}} - gt = 0$$

$$\Rightarrow t = 0,2 \text{ c}$$

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!

3) (продолжение)

(Чистовик)

мкк из пункта 1 всё ещё не изменился

в ОЗемли $v_3 = 0$ при $v_n = -u$ (м.к. $v_n + u = v_3$)

до тех пор груз движется в прошлом пункте за τ , при этом

~~$$h = \frac{g\tau^2}{2} + \frac{v_n^2}{2g} + u\tau = \frac{4}{20} + \frac{2 \cdot 2}{10} = 0,6 \text{ м} = h$$~~

$$(v_n + u)\tau - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{v_n^2}{2g} + u\tau = \frac{4}{20} + \frac{2 \cdot 2}{10} = 0,6 \text{ м} = h$$

макс длина
вдоль ленты

после тупение меняет направление и

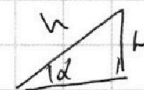
~~$$-a_2 T = -u \quad (\text{м.к. } v_3 = 0) \Rightarrow T = \frac{u}{a_2}; \quad a_2 = \frac{3}{5}g$$~~
 (из пункта 1)

$$T = \frac{3}{5} \frac{u}{g} \quad \Delta h = -\frac{a_2 T^2}{2} + uT = -\frac{3}{5}g \cdot \left(\frac{5}{3}\right)^2 \cdot \frac{u^2}{g^2} + u \cdot \frac{5}{3} \frac{u}{g} =$$

лента всё ещё пошла груз вверх

~~$$= -\frac{5}{3} \frac{u^2}{g} + \frac{5}{3} \frac{u^2}{g} = 0$$~~

$$\Rightarrow h + \Delta h = h = 0,6 \text{ м}$$



$$H = h \cdot \sin \alpha = \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} = \frac{12}{25} \text{ м}$$

$$H = 0,48 \text{ м}$$

~~Ответ:~~

Ответ:

1) $\frac{6\sqrt{15}}{15} \text{ с}$

2) $\tau = 0,20$

3) $H = 0,48 \text{ м}$

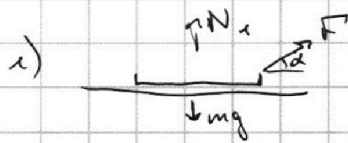
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

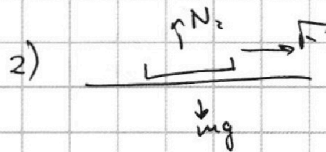
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Чистовик



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

$$N_2 = mg$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu N_1$$

$$ma_2 = F - \mu N_2$$

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

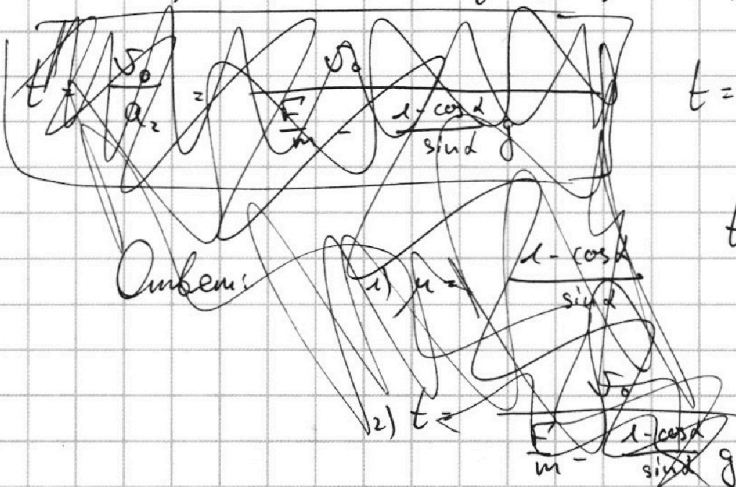
$$a_2 = \frac{F}{m} - \mu g$$

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

по условию $a_1 t = a_2 t \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$

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

Посчитаем время остановки для второго случая (в первом оно тоже самое, но считается сложнее)



$$t = \frac{v_0 \cdot m}{F_{\text{тр}2}} = \frac{v_0 \cdot m}{\mu mg} = \frac{v_0}{\mu g}$$

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

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

2) $t = \frac{v_0}{g} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$

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!



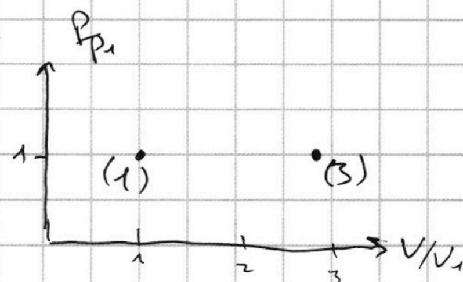
Чистовик

3) $3 \rightarrow 1$ - изобарный процесс ($p = \text{const}$)

$$\Rightarrow p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad \leftarrow \quad p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = 2^{1.5}$$

$\Rightarrow$



$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_2 V_2 &= \nu R \cdot 4 T_1 \\ p_3 V_3 &= p_1 V_3 = \nu R \cdot 2^{1.5} T_1 \end{aligned}$$

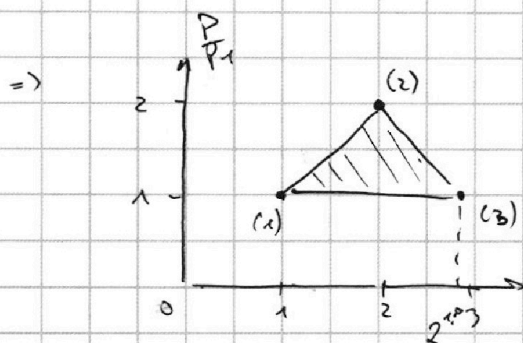
$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4 \Rightarrow \text{точка (2) отсекает площадь}$$

в 4 квадрата 1 на 1 на графике

$$\frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{2^{1.5}}{4} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Заметим, что все условия

исполнит м. (2) в м. 2 по $\frac{V}{V_1}$ и 2 по $\frac{P}{P_1}$



Ответ:

1) $A_{12} = 498,6 \text{ кДж}$

2) $\eta = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{7 + 10\sqrt{2}}$

3) см. рисунок выше

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

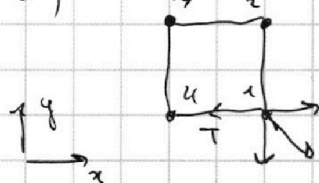
МФТИ

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

1)

Чистовик!

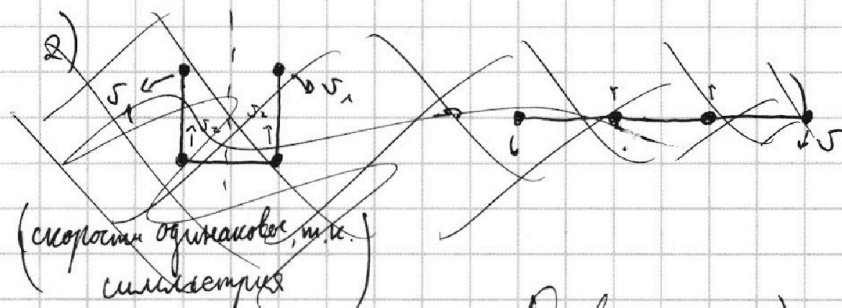
на ось x для первого:



$$F_{14} + F_{13} \cos 45^\circ + F_{12} \cos 90^\circ = T$$

$$F_{14} = \frac{kq^2}{a^2}; \quad F_{13} = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}a)^2}$$

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



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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



4) Черновик

1) $\frac{i}{2}R$ $\frac{i+2}{2}R$

$pV = \nu RT$

$Q = A + \Delta U$

1) $T = \text{const} \Rightarrow C = \infty$

2) $p = \text{const} \Rightarrow A + \Delta U$

$p \Delta V = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow C_p = \frac{i+2}{2} R$

3) $V = \text{const} \Rightarrow \Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow C_v = \frac{i}{2} R$
 $i = 3$ молекул.

$\Rightarrow 3 \rightarrow 1$ $p = \text{const}$

1 $\rightarrow$ 2 $C_{12} = \gamma R \Rightarrow Q_{12} = \nu \gamma R \Delta T_{12} = \gamma_{12} \cdot \nu R \Delta T_{12} = \frac{i}{2} \cdot \nu R \Delta T_{12} = \frac{i}{2} \cdot A_{12}$

$\Rightarrow A_{12} = \frac{2\gamma_{12}}{i} \nu R \Delta T_{12} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}$

$\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot (400-3)$
 $600 \cdot 8,31 \text{ Дж}$

2) $2^{1,5} = 2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2^3} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$

$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H}$

$Q_H = Q_{12} + Q_{31}; Q_C = Q_{23}$

$Q_{12} = \nu \cdot \gamma_{12} \cdot R \cdot \Delta T_{12} = 2 \cdot R \cdot (4-1)T_1$

$Q_{23} = \nu \cdot \gamma_{23} \cdot R \cdot \Delta T_{23} = 0,5 \cdot R \cdot (4-2^{1,5})T_1$

$Q_{31} = \nu \cdot \gamma_{31} \cdot R \cdot \Delta T_{31} = 2,5 \cdot R \cdot (2^{1,5}-1)T_1$

$\eta = \frac{2(4-1) + 2,5(2^{1,5}-1) - 0,5(4-2^{1,5})}{2(4-1) + 2,5(2^{1,5}-1)} = \frac{1,5 + 3 \cdot 2^{1,5}}{2,5 \cdot 2^{1,5} + 3,5}$
 $\frac{4,5 + 6 \cdot 2^{1,5}}{5 \cdot 2^{1,5} + 7} = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{14 + 10\sqrt{2}} = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{14 + 10\sqrt{2}}$

3) $3 \rightarrow 1: p = \text{const}$

$\Rightarrow$

$p_1 V_1 = \nu R T_1 \leftarrow p_1 V_3 = \nu R T_3$

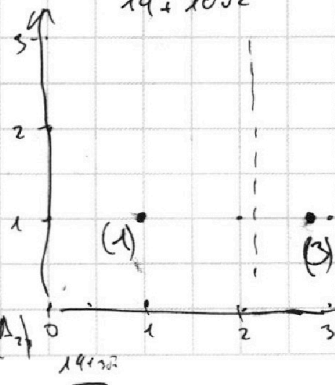
$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_3}{T_1} = 2^{1,5}$

$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \nu \gamma_{12} R \Delta T_{12} - \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12} = \nu R \Delta T_{12} (\gamma_{12} - \frac{i}{2}) = \nu R \Delta T_{12} \cdot \frac{1}{2}$

$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \nu \gamma_{23} R \Delta T_{23} - \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23} = \nu R \Delta T_{23} (\gamma_{23} - \frac{i}{2}) = -\nu R \Delta T_{23}$

$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{\frac{1}{2} T_1}{(4-2^{1,5})T_1} = \frac{3}{2^3 - 2^{1,5}} = \frac{3}{4(2-\sqrt{2})} = \frac{3(2+\sqrt{2})}{8}$

$A_{12} = \frac{3(2+\sqrt{2})}{8} A_{23}$
 $\frac{14+10\sqrt{2}}{8}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

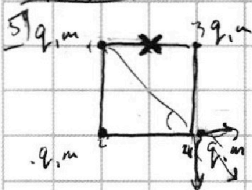
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

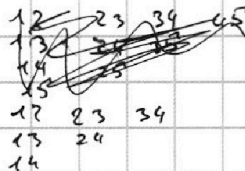
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик



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

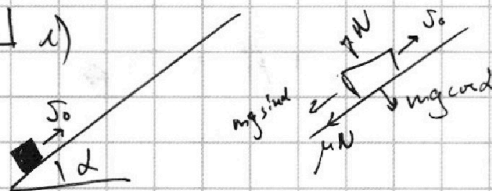


$$V_2 = V_4?$$

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

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

2) 1)



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

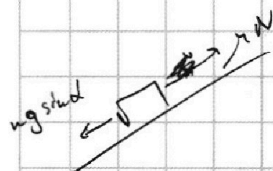
$$\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} = \frac{5}{5}$$

$$h = v_0 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{h}{v_0} = \frac{4}{10} c$$

$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} m$$

$$(s-h) = \frac{g t_2^2}{2} \Rightarrow t_2^2 = \frac{2(s-h)}{g} = \frac{2 \cdot \frac{1}{10}}{10} = \frac{2}{50} c^2$$

$$t_1 + t_2 = \frac{4}{10} c + \frac{\sqrt{2}}{10} c = \frac{4}{10} c + \frac{8}{10\sqrt{2}} c = \frac{4}{10} c + \frac{2}{10} c = 0.6 c$$



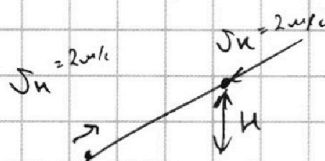
$$a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \frac{4}{5} g - \frac{1}{5} g = \frac{3}{5} g$$

$$\frac{a_2 t_2^2}{2} = (s-h) \Rightarrow t_2^2 = \frac{2(s-h)}{a_2} = \frac{10 \cdot (1 - \frac{4}{5})}{3g} = \frac{10 \cdot \frac{1}{5}}{3 \cdot 10} = \frac{1}{15}$$

$$t = t_1 + t_2 = \left(\frac{4}{10} + \frac{1}{\sqrt{15}}\right) c = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$$

$$2) (v_0 + u) = v_0 \Rightarrow v_u = v_0 - u$$

$$v_u = g t \Rightarrow t = \frac{v_u}{g} = \frac{v_0 - u}{g} = 0.2 c$$



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!

Черновик

1.



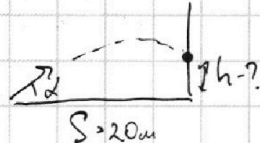
$$t = 2c$$

$$v = gt$$

$$\tau = \frac{S}{v \cos \alpha}$$

$$\frac{20}{2} + 10 \cdot 4 = \frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4}$$

$$\frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4}$$



$$v \cos \alpha \tau = S \Rightarrow \cos \alpha = \frac{S}{v \tau}$$

$$v \sin \alpha \tau - \frac{g \tau^2}{2} = h$$

$$S \tan \alpha - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v^2 \cos^2 \alpha} = h$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1$$

$$S \tan \alpha - \frac{S^2 g}{2 v^2} (\tan^2 \alpha + 1) = h \quad \text{where } v = 10$$

$$h = S^2 \frac{g}{2 v^2} \tan \alpha + S \tan \alpha - \frac{S^2 g}{2 v^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \sin \alpha \cdot \cos^{-1} \alpha$$

$$(\tan \alpha)' = (\sin \alpha)' \cdot \cos^{-1} \alpha + (\cos^{-1} \alpha)' \cdot \sin \alpha$$

$$\cos \alpha \cdot \cos^{-2} \alpha + (-\frac{1}{\sin^2 \alpha}) \cdot \sin \alpha$$

$$1 + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^3 \alpha}$$

$$y = a \cdot x + b \cdot x^2$$

$$y' = a + 2bx$$

$$a \cdot b \cdot x + b \cdot a \cdot x = 2abx$$

$$(ax)^2 = a^2 x^2$$

$$\downarrow$$

$$2a^2 x$$

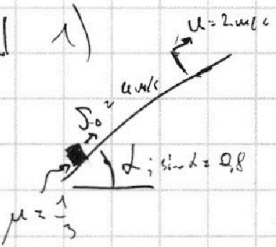
$$2 \cdot a \cdot x \cdot a$$

$$0 = -S^2 \frac{g}{2 v^2} \cdot (2 \cdot \tan \alpha \cdot \tan' \alpha) + \frac{S^2 g}{2 v^2} \cdot \tan' \alpha$$

$$S \frac{g}{2 v^2} \cdot 2 \tan \alpha = 1$$

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{g S}$$

2) 1)



1) $S = ?$, $t = ?$

$$N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_{\text{тр}} = \mu g \cos \alpha$$

$$S = v_0 t - \frac{a_{\text{тр}} t^2}{2} \Leftrightarrow \frac{a_{\text{тр}}}{2} t^2 - v_0 t + S = 0$$

$$D = v_0^2 - 2 a_{\text{тр}} S$$

$$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2 a_{\text{тр}} S}}{a_{\text{тр}}}$$

$$v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2 \mu g \cos \alpha \cdot S}$$

$$4 \leq \sqrt{16 - 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} \cdot x}$$

$$\frac{u \pm 2 S}{2} = 2 \pm \sqrt{3}$$

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!



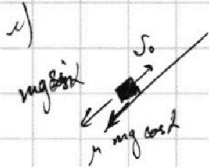
Черновик

2) 2)



$$S = l \mu - ?$$

$$v_0 - u = g \cos \alpha t \Leftrightarrow t = \frac{(v_0 - u)}{g \cos \alpha}$$

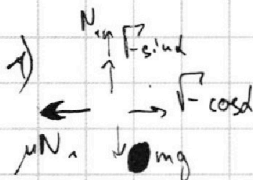
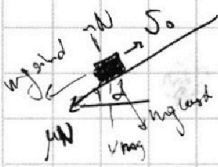


$$a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = g \left(\sin \alpha + \mu \cos \alpha \right) = g$$

$\frac{4}{5} + \frac{1}{5} \cdot \frac{2}{5}$

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

$$D = v_0^2 - 2 g S \Rightarrow t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2 g S}}{g} = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 1}}{g}$$



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

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

$$2) \quad \begin{aligned} \uparrow N_1, a_1 &= \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g \\ N_1 &= mg \\ \mu N_1, \downarrow mg \\ \rightarrow F \end{aligned}$$

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

$$\Rightarrow a_1 = a_2 \Leftrightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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

$$\cos^2 \alpha + \mu^2 \sin^2 \alpha + 2 \mu \sin \alpha \cos \alpha = 1$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

$$\sin^2 \alpha (\mu^2 - 1) + 2 \mu \sin \alpha \cos \alpha = 0$$

$$\sin^2 \alpha \mu^2 + \mu \sin 2\alpha - \sin^2 \alpha = 0$$

$$D = \sin^2 2\alpha - 4 \sin^2 \alpha = (\sin 2\alpha - 2 \sin^2 \alpha)(\sin 2\alpha + 2 \sin^2 \alpha)$$

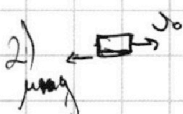
$$\mu = \frac{-\sin 2\alpha \pm \sqrt{\sin^2 2\alpha - 4 \sin^2 \alpha}}{2 \sin^2 \alpha} = \frac{-\sin 2\alpha \pm \sqrt{4 \sin^2 \alpha (\sin^2 \alpha \cos^2 \alpha)}}{2 \sin^2 \alpha}$$

$$\mu = \frac{-\sin 2\alpha \pm 2 \sin \alpha \cos \alpha}{2 \sin^2 \alpha} = \frac{-\sin 2\alpha \pm \sin 2\alpha}{2 \sin^2 \alpha}$$

$$v_0 - \mu g t = 0$$

$$t = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$= \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

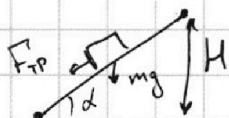
МФТИ

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

3)

~~Черновик~~

~~до верхней точки ехать время $t = \frac{H}{g}$~~
 ~~$\Rightarrow$ её высота =~~



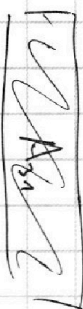
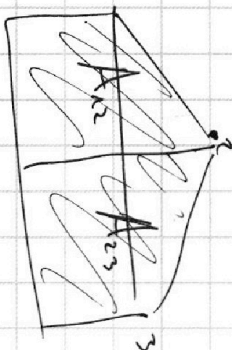
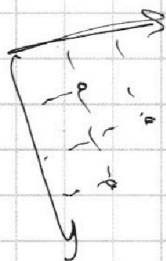
$$\begin{aligned} v_n &= v_0 - u = 2 \text{ м/с} \\ \text{в начале в 100 лентки} \\ v_n &= 0 - u = -2 \text{ м/с} \\ \text{в конце в 100 лентки} \end{aligned} \quad \Rightarrow v_n^2 = u^2$$

ЗСЭ:

$$\frac{mv_n^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgH - F_{\text{тр}} \cdot L, \text{ где } L - \text{пути перемещение груза}$$

$L = \sin \alpha \cdot H \Rightarrow L = \frac{H}{\sin \alpha}$

$$\begin{aligned} F_{\text{тр}} \cdot L &= mgH \\ \mu N &= \mu \cdot mg \cos \alpha \end{aligned} \quad \Leftrightarrow \mu \cos \alpha \cdot \frac{H}{\sin \alpha}$$



$$A_{12} = C_{12} \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \Delta T_{12} - \frac{1}{2} \Delta R \Delta T_{12} = \Delta T_{12} (C_{12} - \frac{1}{2} R)$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = C_{23} \Delta T_{23} - \frac{1}{2} \Delta R \Delta T_{23} = \Delta T_{23} (C_{23} - \frac{1}{2} R)$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = C_{31} \Delta T_{31} - \frac{1}{2} \Delta R \Delta T_{31} = \Delta T_{31} (C_{31} - \frac{1}{2} R)$$

$$\Delta R = \frac{pV}{n}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \Delta R \cdot 3T_1 = \frac{3}{2} \Delta R T_1$$

$$|A_{23}| = \frac{1}{2} \Delta R (4 - 2^{1/5}) T_1 = \frac{1}{2} (4 - 2^{1/5}) \Delta R T_1$$

$$A_{31} = \Delta R (2^{1/5} - 1) T_1 = (2^{1/5} - 1) \Delta R T_1$$

$$p_1 V_1 = \Delta R T_1$$

$$p_2 V_2 = \Delta R \cdot 4T_1$$

$$p_1 V_3 = \Delta R \cdot 2^{1/5} T_1$$

$$p_{12} = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{p_1 V_3}{V_2} = \frac{2^{1/5} \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{2^{1/5}}{4}$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = 4$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p_1 V_3}{p_2 V_2} = \frac{2^{1/5} \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{2^{1/5}}{4}$$

$$\frac{2 \cdot 2^{1/5} \cdot \Delta R \cdot 2^{1/5}}{2 \cdot 2^{1/5} \cdot \Delta R \cdot 2^{1/5}} = 4$$