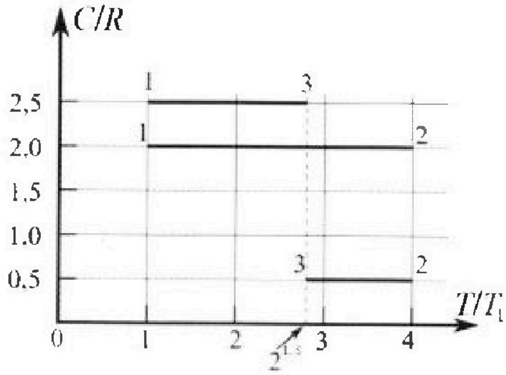
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

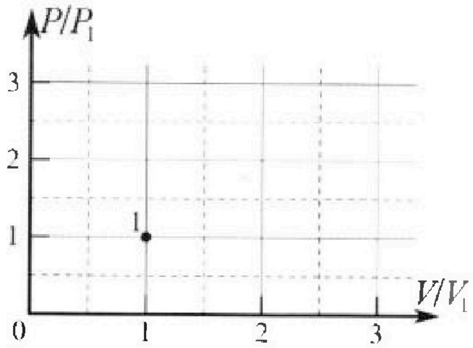
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



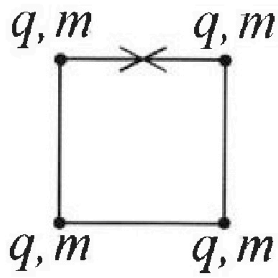
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 как ом 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.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

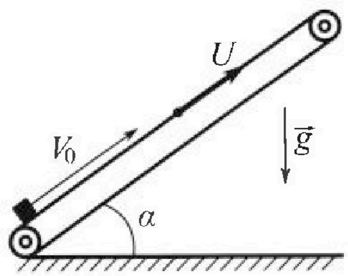
Вариант 10-01

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/с^2. 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.).

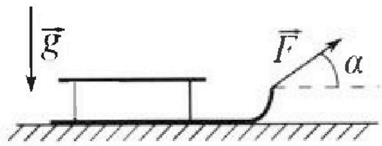
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

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 како м 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/с^2. 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.

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!

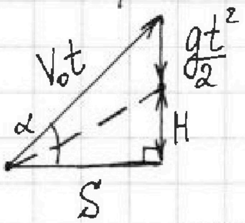
Задача 1.

Решение:

1) На максимальной высоте скорость мяча равна нулю, $\Rightarrow 0 = V_0 - gT$, откуда $V_0 = gT = 10\,\frac{м}{с^2}\cdot 2с = 20\,\frac{м}{с}$.

2) Пусть мяч был выпущен под некоторым углом α к горизонту, время полёта мяча до удара об стенку равно t.

Построим „треугольник перемещений":



Из него видно, что независимо от угла α величины V_0, t, g, H и S связаны следующим образом:

$$(V_0 t)^2 = \left(\frac{gt^2}{2} + H\right)^2 + S^2 \quad (\text{т. Пифагора}),$$

откуда $H(t) = \sqrt{V_0^2 t^2 - S^2} - \frac{gt^2}{2}$.

$H(t) = H_{max}$ при $H'_t = 0$:

$$0 = \frac{1}{2\sqrt{V_0^2 t^2 - S^2}}\cdot 2V_0^2 t - gt$$

Мы ищем высоту для $t \neq 0$, $\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{V_0^2t^2 - S^2}}\cdot V_0^2 = g, \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{V_0^4}{g^2} = V_0^2 t^2 - S^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{V_0^2}{g^2} + \frac{S^2}{V_0^2}} = t_0$$

$$H_{max} = H(t_0) = \sqrt{V_0^2\cdot\frac{V_0^2}{g^2} + V_0^2\cdot\frac{S^2}{V_0^2} - S^2} - \frac{g}{2}\cdot\frac{V_0^2}{g^2} - \frac{g}{2}\cdot\frac{S^2}{V_0^2} =$$

$$= \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2}$$

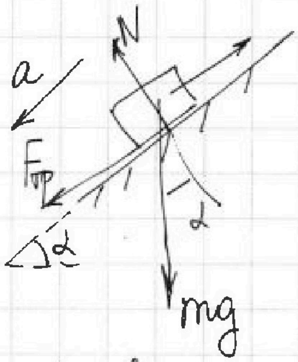
$$H_{max} = \frac{20^2\,\frac{м^2}{с^2}}{2\cdot 10\,\frac{м}{с^2}} - \frac{10\,\frac{м}{с^2}\cdot 20^2\,м^2}{2\cdot 20^2\,\frac{м^2}{с^2}} = \frac{400}{20}\,м - \frac{10}{2}\,м = 15\,м.$$

У функции $H(t)$ существует только максимум (минимума нет), поэтому $H(t_0)$ - именно искомая максимальная высота.

<u>Ответ</u>: $V_0 = 20\,\frac{м}{с}$; $H_{max} = 15\,м$.

Задача 2.

Решение:



В первом опыте коробка будет двигаться с ускорением $a = g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha$, направленным против скорости коробки.

($F_{тр} = \mu N = \mu m g\cos\alpha$, m - масса коробки)

Уравнение кинематики:

$$S = V_0 T - \frac{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)T^2}{2}$$

$$\left(\sin\alpha = 0{,}8 = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}; \Rightarrow \cos\alpha = \frac{3}{5} = 0{,}6\right)$$

$$\sin\alpha + \mu\cos\alpha = 0{,}8 + \frac{1}{3}\cdot 0{,}6 = 0{,}8 + 0{,}2 = 1, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = V_0 T - \frac{gT^2}{2};$$

$$-\frac{g}{2}\cdot T^2 + V_0\cdot T - S = 0;$$

$$g\cdot T^2 - 2V_0\cdot T + 2S = 0;$$

$$T = \frac{2V_0 \pm \sqrt{4V_0^2 - 4g\cdot 2S}}{2g} = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS}}{g}$$

Получаем два значения времени: $T_1 = \frac{V_0}{g} - \sqrt{\left(\frac{V_0}{g}\right)^2 - 2\frac{S}{g}}$ и $T_2 = \frac{V_0}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_0}{g}\right)^2 - 2\frac{S}{g}}$. Однако правильное значение — T_1, т.к. $T_1 < T_2$, $\Rightarrow$ T_2 - соответствует моменту движения коробки вниз, однако там будет уже другое ускорение (сила трения поменяет направле-

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!

МФТИ

ние), что не соответствует действительности

Путь до полной остановки „наверху" равен

$$S_{ост} = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{16\ м^2/с^2}{2\cdot 10\ м/с^2} = \frac{16}{20}\ м < 1\ м = S, \Rightarrow$$

~~⇒ T_1 – верное искомое время.~~ ⇒ T_1 – неверно.

$$\cancel{T = T_1 = \frac{V_0}{g} - \sqrt{\left(\frac{V_0}{g}\right)^2 - 2\frac{S}{g}} = \frac{4\ м/с}{10\ м/с^2} - \sqrt{\left(\frac{4}{10}с\right)^2 - 2\cdot\frac{1\ м}{10\ м/с^2}}}$$

Т.е. коробка пройдёт $\frac{16}{20}\ м = 0{,}8\ м$ до полной остановки „наверху" и ещё 0,2 м пройдёт, съезжая вниз. ($g\sin\alpha > \mu g\cos\alpha$, ⇒ коробка поедет вниз с ускорением $a' = g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha = g\left(0{,}8 - \frac{1}{3}\cdot 0{,}6\right) = g\cdot(0{,}8 - 0{,}2) = 0{,}6g$)

Время, за которое коробка опустится на 0,2 м равно t;

$$S - S_{ост} = \frac{0{,}6g\cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2(S - S_{ост})}{0{,}6g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 0{,}2\ м}{0{,}6\cdot 10\ м/с^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}4}{6}}\ с = \sqrt{\frac{2}{30}}\ с = \sqrt{\frac{1}{15}}\ с$$

Время, за которое коробка поднимется до полной остановки: $t_{ост} = \frac{V_0}{g} = \frac{4\ м/с}{10\ м/с^2} = 0{,}4\ с$

Общее время: $T = t_{ост} + t = \left(0{,}4 + \sqrt{\frac{1}{15}}\right) с.$

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!

2) Т.к. $V_0 > u$, то ускорение коробки будет направлено против её движения и равно $g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha = g$.

~~По ЗСЭ:~~

~~В системе отсчёта транспортёра~~

Перемещение коробки будет складываться из перемещения ~~ту~~ ленты транспортёра l_1 и перемещения коробки относительно транспортёра l_2;

$$l_1 = ut; \quad l_2 = \cancel{V_0 t - \frac{gt^2}{2}} = (V_0 - u)t - \frac{gt^2}{2};$$

~~Vo1~~ $u = V_0 - gt \Rightarrow t = \frac{V_0 - u}{g} \Rightarrow l_2 = \frac{(V_0-u)^2}{2g}$,

$$l_1 = \frac{u(V_0-u)}{g}, \Rightarrow L = \frac{u(V_0-u)}{g} + \frac{(V_0-u)^2}{2g} = \frac{V_0-u}{g}\left(u + \frac{V_0-u}{2}\right) =$$

$$= \frac{V_0-u}{g} \cdot \frac{u+V_0}{2} = \frac{V_0^2 - u^2}{2g} = \frac{(16-4)\,м^2/с^2}{2\cdot 10\,м/с^2} = \frac{12}{20}\,м = 0{,}6\ м.$$

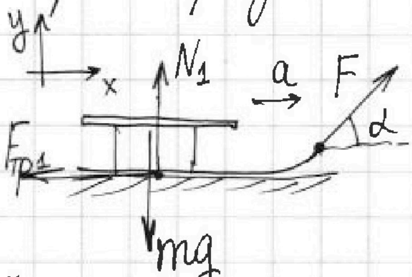
3) По ЗСЭ:

$\frac{mV_0^2}{2} = mgH + \mu mg\cos\alpha \cdot l$, где l – ~~расстояние~~ путь смещения коробки относительно ленты транспортёра за время движения

Задача 3.

Решение:

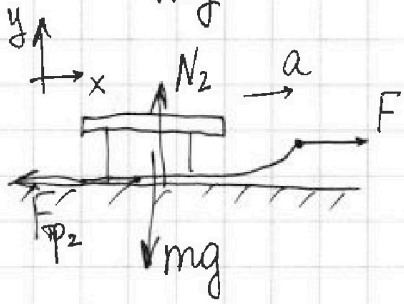
1) В обоих случаях санки движутся с ~~одн~~ одинаковым постоянным ускорением $a = \frac{V_0}{\tau}$, где τ – время разгона санок до V_0.



В первом случае II з-н Ньютона по осям даёт:

по x: $F\cos\alpha - F_{тр1} = ma$;

по y: $F\sin\alpha + N_1 - mg = 0$;



Во втором случае II з-н Ньютона по осям даёт:

по x: $F - F_{тр2} = ma$;

по y: $N_2 - mg = 0$;

В обоих случаях m – масса санок; а силы трения равны силам трения скольжения, т.е. $F_{тр1} = \mu N_1$, $F_{тр2} = \mu N_2$. Отсюда:

$$F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha) = F - \mu mg;$$

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

$$\cos\alpha + \mu\sin\alpha = 1, \Rightarrow \mu = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}.$$

2) После прекращения действия силы санки будут тормозиться с постоянным ускорением $-\mu g$. Из кинематики $0 = V_0 - \mu g \cdot T \Rightarrow T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}$.

Ответ: $\mu = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$; $T = \frac{V_0\sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}$.

Задача 4.

Решение:

Сначала поймём, как давление зависит от ~~объёма в~~ объёма в процессах 1→2, 2→3, 3→1.

В процессе 1→2: $C = 2R = const$, ⇒ это политропа ($pV^n = const$) с $n = \frac{C - C_p}{C - C_V} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \cancel{\frac{-\frac{1}{2}R}{-\frac{3}{2}R}} = \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = -1$, ⇒

⇒ $pV^{-1} = const$, т.е. $p = \alpha V$, где α - некоторый коэффициент.

В процессе 2→3: $C = \frac{1}{2}R = const$, ⇒ это политропа с $n = \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2 \cdot R}{-1 \cdot R} = 2$, ⇒ $pV^2 = const$.

В процессе 3→1: $C = \frac{5}{2}R = C_p$, ⇒ $p = const$.

1) Работа A_{12} газа в процессе 1→2 есть $A_{12} = \int\limits_{1\to 2} p(V)dV$ = Для любого состояния газа верно $pV = \nu RT$, где $\nu = 1$ моль, т.е. $\alpha V^2 = \nu RT$, ⇒ $2\alpha V dV = \nu R dT$, т.е. $2p(V)dV = \nu R dT$, ⇒ $p(V)dV = \frac{1}{2}\nu R dT$, ⇒ $A_{12} = \int\limits_{T_1}^{T_2} \frac{1}{2}\nu R dT =$

$= \frac{1}{2}\nu R \cdot \int\limits_{T_1}^{T_2} dT = \frac{1}{2}\nu R \cdot (T_2 - T_1)$, где T_2 - температура в состоянии 2, $T_2 = 4T_1$ (из графика), ⇒ $A_{12} = \frac{1}{2}\nu R \cdot 3T_1 =$

$= \frac{3}{2}\nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1\text{ моль} \cdot 8{,}31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot 400\text{ К} = 8{,}31 \cdot 600\text{ Дж} = 4986\text{ Дж}$.

$T_2 = 4T_1$, ⇒ $V_2 = 2V_1$; $p_2 = 2p_1$ – объём и давление газа в состоянии 2.

Т.к. в 1→3 $p = const$, то $p_3 = p_1$, $T_3 = 2^{1,5}T_1 = \sqrt{8}T_1$, ⇒

⇒ $V_3 = \sqrt{8}V_1$

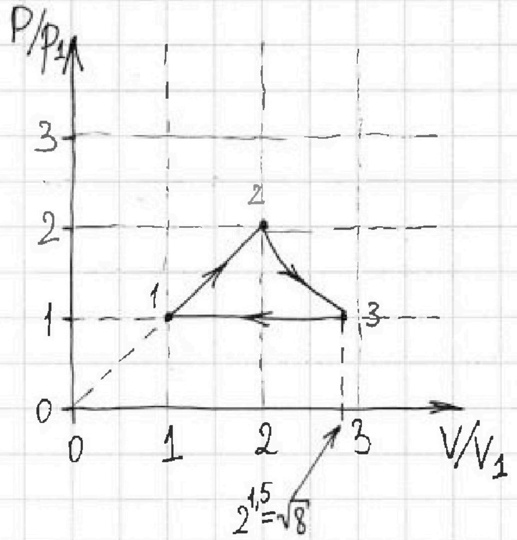
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

3) Имея данные о состоянии газа в 1, 2 и 3, построим график $P/P_1\,(V/V_1)$:



~~2) Из графика становится видно, что газ получает тепло на участках 1→2 и 2→3.~~

Найдём работу газа A_{23} на участке $2\to3$:

$$Q_{23}=\Delta U_{23}+A_{23};$$

$$A_{23}=Q_{23}-\Delta U_{23}=$$

$$=\frac{1}{2}R\cdot\nu(T_3-T_2)-\frac{3}{2}R\cdot\nu(T_3-T_2)=$$

$$=-R\nu(T_3-T_2)=\nu R(T_2-T_3)=\nu R(4T_1-\sqrt{8}T_1)=(4-\sqrt{8})\nu RT_1=$$

$$=2(2-\sqrt{2})\nu RT_1.$$

Видно, что $Q_{23}=\frac{1}{2}R\nu(T_3-T_2)<0$, $\Rightarrow$ можно сделать вывод, что газ получает тепло только на участке $1\to2$, $Q_{12}=2\nu R(T_2-T_1)=6\nu RT_1$

Найдём работу над газом A_{31} в процессе $3\to1$:

$$A_{31}=P_1\cdot(V_3-V_1)=P_1\cdot(\sqrt{8}-1)V_1=(\sqrt{8}-1)\nu RT_1$$

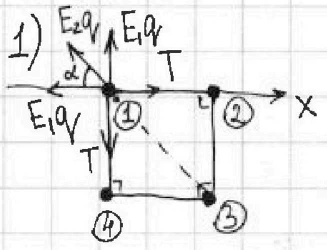
~~КПД~~ КПД цикла равен $\eta=\dfrac{\frac{1}{2}\nu R\cdot3T_1+2(2-\sqrt{2})\nu RT_1-(\sqrt{8}-1)\nu RT_1}{2\nu RT_1}=$

$$=\frac{\frac{3}{2}+2(2-\sqrt{2})-\sqrt{8}+1}{2}=\frac{3+4(2-\sqrt{2})-2\sqrt{8}+2}{4}=\frac{3+8-4\sqrt{2}-4\sqrt{2}+2}{4}=\frac{13-8\sqrt{2}}{4}$$

\# <u>Ответ</u>: $A_{12}=4986$ Дж; $\eta=\frac{13-8\sqrt{2}}{4}$; см. график.

Задача 5.

Решение:

1) 

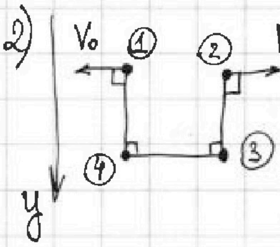
Пронумеруем шарики, как показано на рисунке.

В силу ~~с~~ симметрии все силы натяжения всех нитей будут равны T.

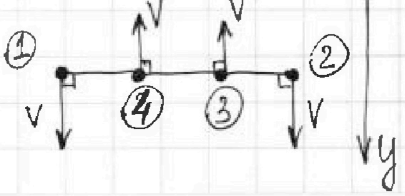
II з-н Ньютона для шарика 1 по оси x: $0 = T - E_1q - E_2q\cos\alpha$, где E_1 и E_2 — напряжённости полей, создаваемых ~~за~~ шариками 2 и 4 и 3 соответственно. Угол $\alpha = 45^\circ$, т.к. фигура — квадрат.

Отсюда $T = E_1q + E_2q\cos\alpha = k\frac{q}{b^2}q + k\frac{q}{(\sqrt{2}b)^2}\cdot q\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} =$

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

2) 

В момент перерезания нити сила натяжения мгновенно обращается в ноль, при этом по оси y ~~сил~~ (см. рис.) в начальный момент силы остаются скомпенсированными, а по оси x например, на шарик 1 начинают действовать нескомпенсированные силы, поэтому шарики 1 и 2 начнут движение по оси x. Отсюда можно заключить, что общий начальный импульс системы будет равен 0 (по оси y). Все силы между зарядами в процессе их движения являются внутренними, поэтому по оси y импульс всей системы шариков сохраняется.



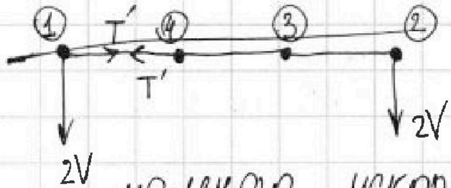
В силу симметрии движения в момент, когда шарики выстроятся в прямую, скорости шариков 1 и 2, 3 и 4 (попарно) должны быть одинаковыми.

В силу нерастяжимости нитей скорости каждого шарика в этот момент должны быть направлены перпендикулярно нитям.

Из закона сохранения импульса по оси y и из всего вышесказанного можно заключить, что скорости всех шариков равны между собой и направлены так, как показано на рисунке выше.

~~В силу закона сохране~~ ~~Перейдём в систему отсчёта, связанную с шариками 3 и 4, тогда в этой С.О. шарики 1 и 2 двигутся по окружностям радиуса в вокруг шариков 3 и 4 соответственно. В момент, когда шарики будут на одной прямой, скорость шарика 1, например, будет равна 2V,~~

~~тогда:~~



Скорости шариков v_0 до перерезания нити ~~должн~~ равны нулю, т.к. силы по y скомпенсированы и нет нормального ускорения.

В силу ЗСЭ: $W_{вз\,до} = W_{вз\,после} + 4\frac{mV^2}{2}$

$W_{вз\,до} = 4\cdot k\frac{q^2}{b} + 2\cdot k\frac{q^2}{\sqrt{2}b} = (4+\sqrt{2})k\frac{q^2}{b}$

$W_{вз\,после} = k\frac{q^2}{b} + k\frac{q^2}{2b} + k\frac{q^2}{3b} + k\frac{q^2}{b} + k\frac{q^2}{b} + \cancel{k\frac{q^2}{}} + k\frac{q^2}{2b} =$

$= k\frac{q^2}{b}\cdot\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+1+1+\frac{1}{2}\right) = k\frac{q^2}{b}\cdot\frac{13}{3} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{W_{вз\,до}-W_{вз\,после}}{2m}} =$

$= \sqrt{\frac{\left((4+\sqrt{2})-13/3\right)k\frac{q^2}{b}}{2m}}$.

<u>Ответ</u>: $T = \left(1+\frac{\sqrt{2}}{4}\right)k\frac{q^2}{b^2}$; $V = \sqrt{\frac{(4+\sqrt{2}-13/3)k\,q^2/b}{2m}}$.

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

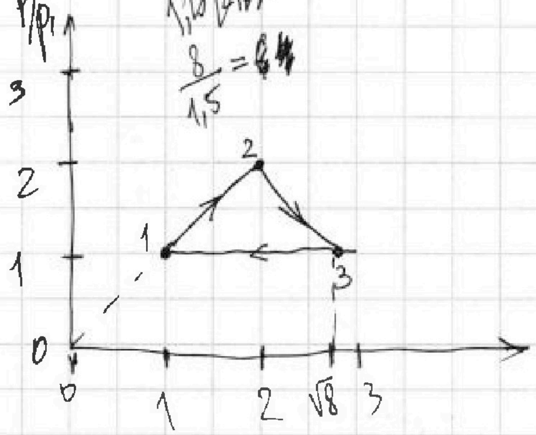
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

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

$\frac{8}{1{,}5}=$



$$Q=A+\Delta U = 2\nu R(T_2-T_1)=$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)=$$

$$\frac{1}{2}\nu R(T_2-T_1)$$

$$\frac{mv_0^2}{2}=\frac{m\cdot 0^2}{2}+mgH+A_{F_{тр}}$$

$$A_{F_{тр}}=\mu mg\cos\alpha\cdot \ell$$

2) $N=mg$

$(F - \mu N)t = mv_0$

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

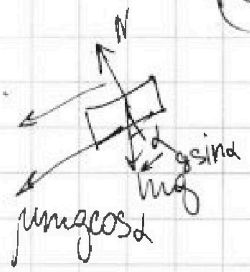
$(F\cos\alpha-\mu N)t=mv_0$

$$F-\mu mg = F\cos\alpha-\mu(mg-F\sin\alpha)$$

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

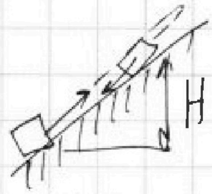
$$\mu=\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

$$S=v_0t+\frac{at^2}{2}$$



$N=mg\cos\alpha$

$$-\frac{(\mu g\cos\alpha+g\sin\alpha)T^2}{2}+V_0T$$



$g\sin\alpha \quad \mu g\cos\alpha$

$$L_{собств}=V_0\cdot\frac{V_0-u}{a}-\frac{1}{2}\cdot$$

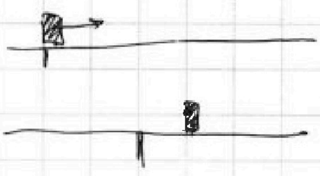
$$\frac{mv_0^2}{2}=mgH+\frac{mv^2}{2}+A_{F_{тр}}$$

$$L=\frac{v_0^2-v^2}{2a}$$

$$\vec{L}=\vec{L}_{транспл}+\vec{L}_{собств}$$

$$\vec{L}_{собств}=\vec{V}_0t+\frac{\vec{a}t^2}{2} \qquad \vec{u}=\vec{V}_0+\vec{a}t$$

$$\vec{L}_{транспл}=\vec{u}t$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

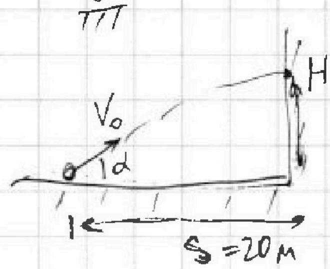
1 2 3 4 5 6 7

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

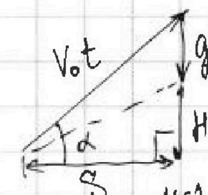
МФТИ

N1. $T = 2c$

$0 = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT$



$S = v_0 \cos\alpha\, t$



$V_0^2 t^2 = \left(\frac{gt^2}{2} + H\right)^2 + S^2;$

$V_0^2 t^2 = g$

$H = \sqrt{V_0^2 t^2 - S^2} - \frac{gt^2}{2}$

$(\sqrt{x})'_x = \frac{1}{2} x^{1/2 - 1} = \frac{1}{2\sqrt{x}}$ $H'_t = 0:\ \frac{1}{2\sqrt{V_0^2 t^2 - S^2}} \cdot 2V_0^2 t - gt$

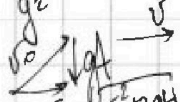
$H_{max} = \sqrt{V_0^2 \frac{V_0^4/g^2 + S^2}{V_0^2} - S^2} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^4/g^2 + S^2}{V_0^2} =$

$\frac{V_0^2}{g}$

$= \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2}$

$\frac{V_0^2}{2\sqrt{\dots}} = g$

$\frac{V_0^4}{g^2} = V_0^2 t^2 - S^2 \Rightarrow t = \frac{\sqrt{\frac{V_0^4}{g^2} + S^2}}{V_0}$



$v = \sqrt{V_0^2 + 2gH}$

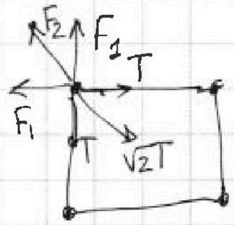
$mV_0 = F\cos\alpha - \mu mg$

$\vec{r} = \vec{V_0} t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$

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

$\sqrt{4} < \sqrt{8} < \sqrt{9}$

N5.



$\sqrt{2} F_1 + F_2 = \sqrt{2} T$

$T = F_1 + \frac{F_2}{\sqrt{2}}$

$W_{вз1} + 4\frac{m \cdot 0^2}{2} = W_{вз2} + 4\frac{mV^2}{2} \Rightarrow V$

$C = \frac{i}{2} R + \frac{pdV}{pdV + Vdp}$

$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$

$C = C_V + \frac{R}{1 + \underbrace{\frac{V}{p} \frac{dp}{dV}}_{= -1}} = const$, $C_V = \frac{3}{2}R$

$\Rightarrow P(V) = \alpha V$

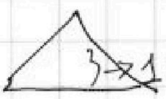
$1 \to 2$: $C = 2R$ $(p = \alpha V)$

$2 \to 3$: $C = 0{,}5R = \frac{1}{2}R$ $(PV^n = const)$

$n = \frac{C - C_p}{C - C_V} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = \frac{-2}{-1} = 2$

$1 + \frac{Vdp}{pdV} = -1$

$\frac{V}{p} \frac{dp}{dV} = -2$



$3 \to 1$: $C = 2{,}5R = \frac{5}{2}R \Rightarrow p = const$, $= C_p$

$T_3 = \sqrt{8} T_1$

$V_3 = \sqrt{8} V_1$

$Vdp = -2pdV$

$\frac{dp}{p} = -2\frac{dV}{V}$

$PV = \nu RT$

$\alpha V^2 = \nu RT$

$2\alpha V dV = \nu R dT$

$pdV = \frac{1}{2}\nu R dT$

$\alpha V_2^2 = \nu R T_1 4$

$\ln\frac{p_2}{p_1} = \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{-2}$

$p_2 V_2^2 = const$

$A_{1\to2} =$

$831 \times 6 = 4986$

$Q = \Delta U + A$

$\boxed{V_2 = 2V_1}$

$\boxed{p_2 = 2p_1}$

$8pV_1^2$ $p_3 = p_1$

$p_3 \cdot 8V_1^2$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$ $\alpha V_1^2 = \nu R T_1$