Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

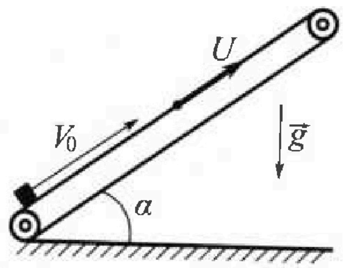
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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. Соп ротивление 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.).



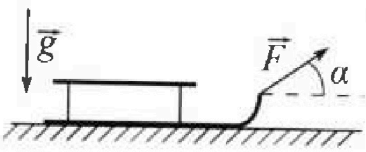
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

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/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.

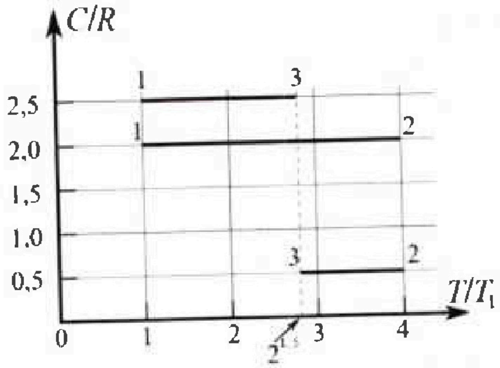
1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g.

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

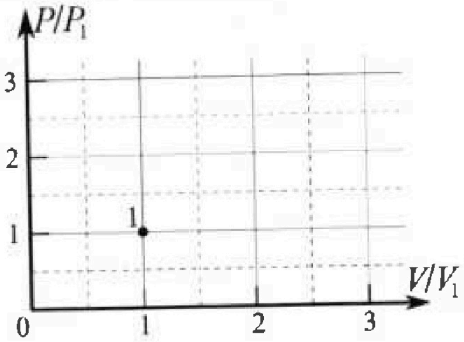


4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

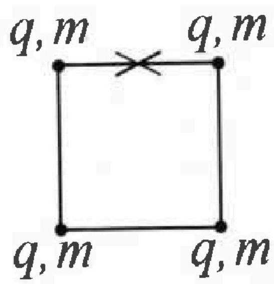
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 расс тоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

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

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

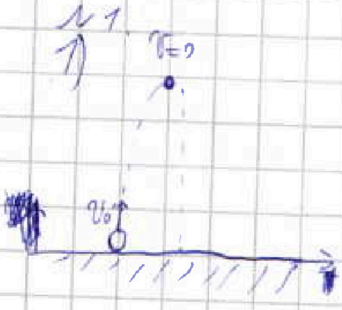
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

№1

1)



Минимальная высота будет достигнута в момент, когда скорость мяча станет нулевой (т.е. уже начнет падать)

След: По формуле: $V_k = V_0 - at$

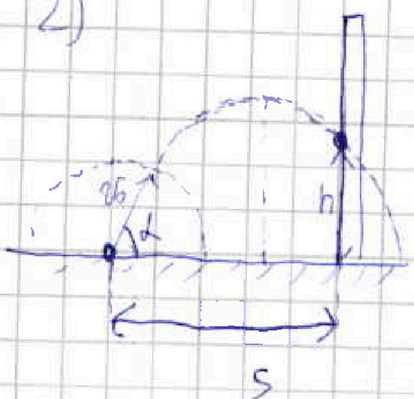
$0 = V_0 - g\cdot T$

время, которое дано в условии

$V_0 = g\cdot T = 10\frac{м}{с^2}\cdot 2с = 20\frac{м}{с}$

Ответ: $V_0 = 20\frac{м}{с}$

2)



h – высота, на которой мяч ударяется об стенку.

α – угол между V_0 и горизонтом

Тогда решим простую систему

$$\begin{cases} (1)\ S = V_0\cdot\cos\alpha\cdot t_n, \text{ где } t_n \text{ – время полета} \\ (2)\ h = V_0\sin\alpha\, t_n - \frac{g t_n^2}{2} \end{cases}$$

из (1)

$$t_n = \frac{S}{V_0\cos\alpha} \Rightarrow \text{в } (2):\ h = V_0\cdot\sin\alpha\cdot\frac{S}{V_0\cos\alpha} - \frac{g\frac{S^2}{V_0^2\cos^2\alpha}}{2}$$

$$= S\cdot tg\alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2\cdot\cos^2\alpha}$$

$\frac{h}{S} = tg\alpha - \frac{g t_n}{2V_0\cos\alpha}$

Тогда $h(\alpha) = S\left(tg\alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2\cos^2\alpha}\right)$ – запомним эту функцию. Однако сейчас необходимо найти макс высоту

H_{max} – наибольшая высота: $H_{max} = V_0\cdot\sin\alpha\cdot t_{n_2} - \frac{g t_{n_2}^2}{2}$, где t_{n_2} – время полета до наивысшей точки

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

№1 (продолжение №1)

$0 = V_0 \sin\alpha - g t_{n_2} \Rightarrow t_{n_2} = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$

$H_{max} = \frac{V_0^2 \sin\alpha^2}{g} - \frac{g \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g^2}}{2} = \frac{V_0^2 \sin\alpha^2}{2g}$

L_{cp} – путь по горизонтали к моменту наивысшей высоты

$L_{cp} = V_0 \cos\alpha \cdot \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$

След: $h - H_{max} = \frac{g t_u^2}{2}$

$S - L_{cp} = V_0 \cos\alpha\, t_u$

$\Rightarrow h = \frac{g\left(\frac{S - L_{cp}}{V_0 \cos\alpha}\right)^2}{2} + \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

$= \frac{g\left(\frac{\frac{gS}{g} - \frac{V_0^2 \cos\alpha \sin\alpha}{g}}{V_0 \cos\alpha}\right)^2}{2} + \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{(gS - V_0^2 \cos\alpha \sin\alpha)^2}{2g V_0^2 \cos^2\alpha} + \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

$= \frac{\left(\frac{gS}{V_0 \cos\alpha} - V_0 \sin\alpha\right)^2}{2g} + \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{1}{2g}\left(\frac{g^2 S^2}{V_0^2 \cos^2\alpha} - 2gS \operatorname{tg}\alpha + V_0^2 \sin^2\alpha + V_0^2 \sin^2\alpha\right)$

Ладно. Вспомним ту формулу:

$h = S\left(\operatorname{tg}\alpha - \frac{g S^2}{2V_0^2 \cos^2\alpha}\right) = S\left(\operatorname{tg}\alpha - \frac{10 \cdot 25^2}{2 \cdot 25^2 \cos^2\alpha}\right) = S\left(\operatorname{tg}\alpha - \frac{5}{\cos^2\alpha}\right)$

$\alpha = 30$ $h = S\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{5}{\frac{3}{4}}\right) = S\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{20}{3}\right) < 0$

$\alpha = 60$ $h = S\left(\sqrt{3} - \frac{5}{\frac{1}{4}}\right) = S\left(\sqrt{3} - 20\right) < 0$

h будет максимально при максим знач $\operatorname{tg}\alpha - \frac{S}{\cos^2\alpha}$

Предп, что мячик будет ударяться о стену в наивысшей точке траектории, т.е.

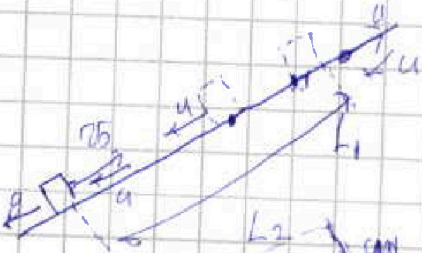
$t_n = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$

$V_0 \cos\alpha \cdot t_n = S \Rightarrow \sin 2\alpha = \frac{2gS}{V_0^2} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{2gS}{V_0^2}\right) \cdot \frac{1}{2}$

$h = \frac{(V_0 \sin\alpha)^2}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow$ Ответ: $h = \frac{V_0^2}{2g} \sin^2\left(\arcsin\left(\frac{2gS}{V_0^2}\right)\frac{1}{2}\right)$

№3 3)

Когда тело едет в вер $a = g$, когда вниз $a = \frac{6}{10}g$



$$L_1 = \frac{(v_0-u)^2}{2g} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

$$t_1 = \frac{v_0-u}{g} = \frac{1}{5}$$

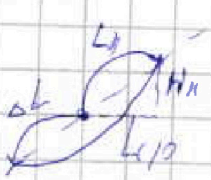
$$L_2 = \frac{a t_2^2}{2} \quad ; \quad t_u \cdot a = u \Rightarrow t_u = \frac{u}{a} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

$$L_2 = \frac{u^2}{2a} = \frac{2^2}{2\cdot 6} = \frac{1}{3} \text{ м.}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \frac{3}{15} - \frac{5}{15} = -\frac{2}{15} \text{ м}$$

При этом $L_{c/o} = (t_1 + t_2)\cdot u = \frac{16}{15}$ м

След в с/о Земли тело проедет



$$L_H = L_{c/o} + \Delta L = \frac{14}{15} \text{ м}$$

Тогда $H_H = L_H \cdot \sin\alpha = \frac{14}{15}\cdot\frac{8}{10} =$

$$= \frac{14\cdot 8}{150} \text{ м} = \frac{112}{150} \text{ м} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

Ответ: $H = \frac{56}{75}$ м

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

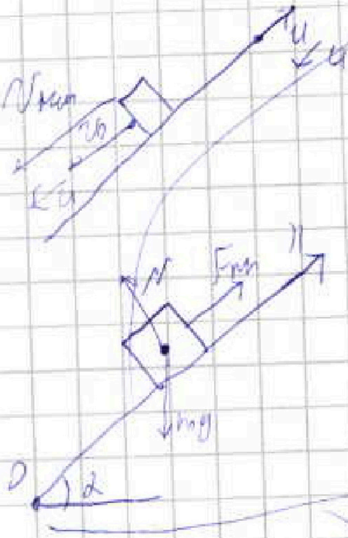
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

№2 ~~Ⅱ~~ продолжение (№ 2)

$V_{max} = V_0 + U$

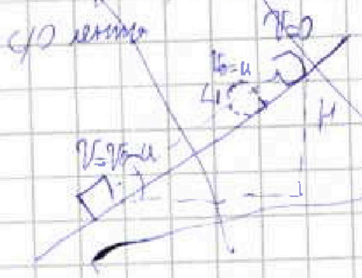


$N = mg\cos\alpha$

OX: $ma = \mu mg\cos\alpha - mg\sin\alpha$

Лента сначала поднимется, после чего начнет использовать время

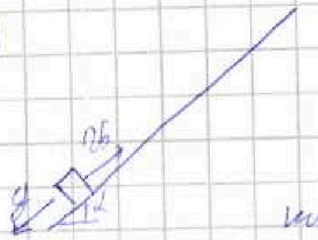
Видно, $V_{отн}$ вверх!



Воспользуемся 2-м пунктом и скажем что тело эти клины не ~~...~~ реши. $L = \frac{?}{2}$ м

Найдем макс высоту подъема

1)



$H_{max} = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5}$ м.

След, после ~~подъема~~ проезда $\frac{4}{5}$ метров, нам и ещё спуститься $\frac{1}{5}$ м (до достижения пути 5 S)

Тогда: $t_1 = \frac{V_0}{g} = \frac{4}{10} = 0,4$ сек

$\frac{1}{5}$ м $= \frac{a_{при\ спуске}\, t_2^2}{2} = \frac{6}{2} t_2^2$

$\frac{1}{5} = 3 \cdot t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}}$

$T = t_1 + t_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}}$ сек   Ответ: $T = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}}$ сек

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

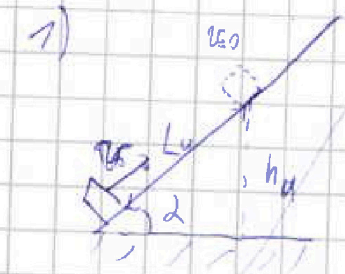
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

№2.

1)

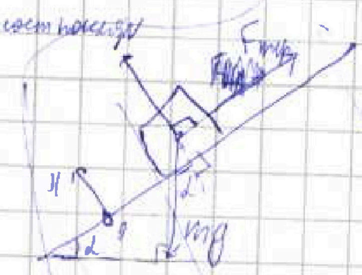


Пусть тело поднялось на высоту $h_и$ и прошло при этом путь $L_и$.

Тогда по З(С):

$$\frac{m v_0^2}{2} - A_{Fтр} = mgh_и$$

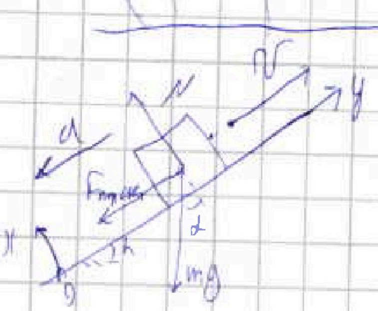
очев., что $\frac{h_и}{L_и} = \sin\alpha$



2ЗН в пр. на ОХ:

$0 = N - mg\cos\alpha \Rightarrow N = mg\cos\alpha$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \mu mg\cos\alpha L_и = mgh_и$$



$F_{тр\,ск}$ – сила трения скольжения

2ЗН: ОХ: $0 = N - mg\cos\alpha$

$N = mg\cos\alpha$ a – ускор. по ОY.

$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

ОY: $-ma = -F_{тр\,ск} - mg\sin\alpha$

$a = \mu \cancel{m}g\cos\alpha + g\sin\alpha$

$$a = g\left(\frac{1}{3}\sqrt{1-\left(\frac{8}{10}\right)^2} + 0{,}8\right) = g\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{6}{10} + \frac{8}{10}\right)$$

$= g$ ускорение a $\Rightarrow$ при спуске $a = g\left(-\frac{2}{10} + \frac{8}{10}\right) = \frac{6}{10}g$

$S = 1м = V_0 t_и - \frac{g t_и^2}{2} \Rightarrow 5t_и^2 - 4t_и - 1 = 0$

$t_и = \frac{2 \pm \sqrt{2^2 + 5}}{5} = \frac{2 \pm 3}{5} = 1 сек$ Ответ: 1 сек

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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

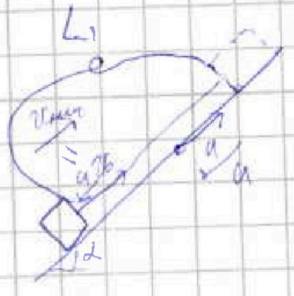
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№2 продолжение

2) скорость коробки станет равна U, только когда коробка перестанет двигаться отн ленты

Значит переходим в СО ленты:



Тогда $V_{нач} = V_0 - U$ – V относительно

L_1 – расст, требуемое коробке отн ленты

$V_к = V_{нач} - \underset{g}{a}t$

$$t = \frac{V_{нач} - 0}{g} \text{ – время движения}$$

$$L_1 = V_{нач}t - \frac{g t_{нач}^2}{2} = \frac{V_{нач}^2}{2g} = \frac{(V_0 - U)^2}{2g} = \frac{(4-2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{1}{5} \text{ м.}$$

Тогда, за время t лента сдвинется на $L_2 = U \cdot t$

$= 2 \cdot \frac{(4-2)}{10} = \frac{4}{10}$

Тогда $L = \overset{\frac{2}{10}}{L_1} + \overset{\frac{4}{10}}{L_2} = \frac{6}{10}$ м – искомое расстояние

Ответ: $L = \frac{6}{10}$ м $= \frac{3}{5}$ м (ответ на 2-й пункт)

3) Очевидно, что если V_0 направлена вверх, то скорость коробки никогда не станет нулевой

Тогда перейдём в СО ленты и найдём момент, когда V коробки станет равна 2 м/с (чтобы в СО Земли скорость была нулевая

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

10 № 3

1)

2ЗН: Oy: $0 = N_1 + F\sin\alpha - Mg$

$N_1 = Mg - F\sin\alpha$

OX: $ma_x = F\cos\alpha - \mu N_1$

(1) $ma_x = F\cos\alpha - \mu(Mg - F\sin\alpha)$

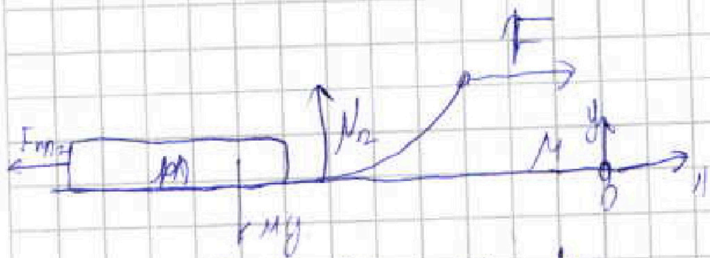
N_1 – сила реакции опоры в 1-м случ.

N_2 – во 2-м случае

$F_{тр1}$ – сила тр. в 1-м случ.

$F_{тр2}$ – во 2-м

a_x – ускорение по OX, конц. движения в обоих случаях.



2 случ: 2ЗН: OY: $N_2 = Mg$

(2) OX: $ma_x = F - \mu N_2 = F - \mu Mg$

Приравниваем (1) и (2)

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

$\mu = \dfrac{F - F\cos\alpha}{F\sin\alpha} = \dfrac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$ Ответ: $\mu = \dfrac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$

2) считаем μ – известным По ЗСЭ:

$\dfrac{Mv_0^2}{2} - A_{F_{тр}} = 0$

$\dfrac{Mv_0^2}{2} = \mu Mg \cdot L_{пройденное}$

$L_{пройдет} = \dfrac{v_0^2}{2\mu g} = v_0 \cdot T_u - \dfrac{aT_u^2}{2}$

$0 = v_0 - aT_u$; $ma = \mu Mg$ – 2ЗН: OX

$v_{конечная} = 0$, $v_{нач} = v_0$, $a = \mu g$ $\Rightarrow T_u = \dfrac{v_{кон} - v_{нач}}{a} = \dfrac{v_0}{\mu g} = \dfrac{v_0}{g\left(\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}\right)}$

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

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!

№4 продолжение.

$$\eta = \frac{A_{12}+A_{23}+A_{31}}{q_{n12}+q_{n23}+q_{n31}} = \frac{\frac{3}{2}RT_1 + 2RT_1(2-\sqrt{2}) + RT_1(1-2^{1.5})}{6RT_1 + RT(\sqrt{2}-2) + \frac{3}{2}RT_1(1-2^{1.5})} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2}+4-2\sqrt{2}+1-2\sqrt{2}}{6+\sqrt{2}-2+\frac{3}{2}-3\sqrt{2}} = \frac{3+8-4\sqrt{2}+2-4\sqrt{2}}{12+2\sqrt{2}-4+3-6\sqrt{2}} = \frac{13-8\sqrt{2}}{11-4\sqrt{2}}$$

Ответ: $\eta = \frac{13-8\sqrt{2}}{11-4\sqrt{2}}$

3) Процессы 1-2 и 3-2 – политропные, а процесс 1-3 – изобарический

$$Q_p = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P\Delta V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

$$C_p = \frac{q_p}{\Delta T} = \boxed{\frac{5}{2}R} \approx \cancel{3\text{-}4}$$

Тогда из закона Менделеева-Клапейрона найдём (·) 3

$$\left.\begin{aligned} P_1V_1 &= \nu RT_1 \\ P_1V_3 &= \nu R\,2^{1.5}T_1 \end{aligned}\right| \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2}V_1 \Rightarrow 2{,}5V_1 < V_3 < 3V_1$$

Значит, надо вывести политропный процесс. $PV^n = \text{const}$

$C = \text{const} =$ ~~[illegible]~~ $\frac{\Delta Q}{\Delta T}$ $n = \frac{C_V + C_R}{2}$

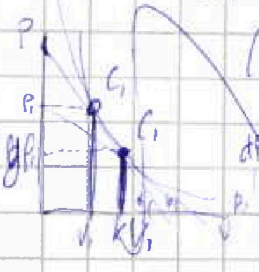
$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ $\Delta Q = \frac{i}{2}\nu R + (P_k \ldots)$

$C = \frac{i}{2}\cdot\nu R\cdot\frac{dT}{dT} + S$

$\frac{1}{2}\left((P-dP)(V-dV) - PV\right)$

$-dPdV - dPV - PdV$

$\frac{-dPV - PdV}{dT}\cdot\nu R$



$\frac{i}{2}\nu RT - A$

$P_1 dV - \frac{1}{2}dP\cdot dV$

$nP_1V_1^{n-1} = \frac{dP}{dV}$

$S = \frac{P_1 + P_1 - dP}{2}(dV) = \frac{2P_1dV - dPdV}{2} = P_1dV$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

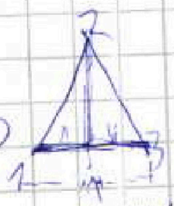
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№4 Продолжение №2

Найдем пл. ~~фигур~~ треуг.

$A_{12}>0$, $A_{23}>0$ ⇒ проц идут с увел V. ⇒



примерный вид графика

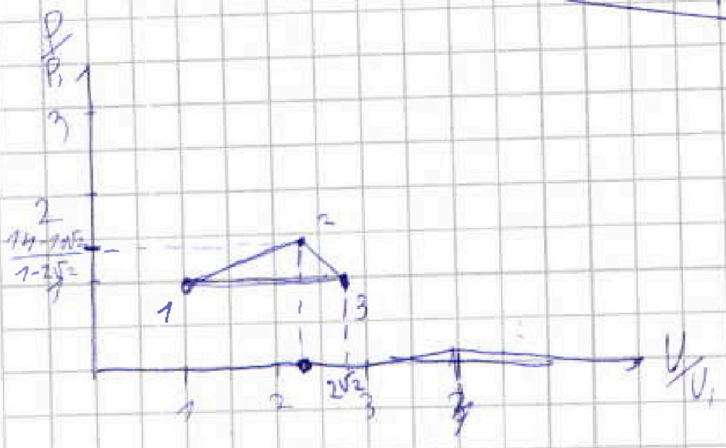
$A_{12} = h \cdot x \cdot \frac{1}{2}$, $A_{23} = h \cdot y \cdot \frac{1}{2}$ ⇒ $\frac{x}{y} = \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2}RT_1}{2RT_1(2-\sqrt{2})} = \frac{3}{4}\cdot\frac{1}{(2-\sqrt{2})}$

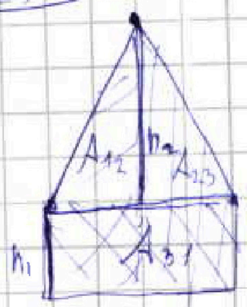
⇒ $V_2 = \left(1+\frac{3}{4(2-\sqrt{2})}\right)V_1 \approx 2{,}25V_1$ (очень примерно)

$\frac{3}{2}RT_1 = (V_2-V_1)\cdot\frac{P_1+P_2}{2} = 1{,}25V_1\cdot P_1 + P_2\cdot 1{,}25V_1$

$3RT_1 - 1{,}25V_1P_1 = 1{,}25V_1P_2 = 1{,}75V_1P_1 = 1{,}25V_1P_2$

$P_2 = \frac{1{,}75}{1{,}25} = \frac{7}{5}P_1$





$\frac{A_{12}+A_{23}-A_{31}}{A_{31}} = \frac{\frac{1}{2}h_2 H}{h_1 H}$

$\frac{h_2}{h_1} = 2\frac{A_{12}+A_{23}-A_{31}}{A_{31}} = \frac{(13-8\sqrt{2})RT_1}{(1-2\sqrt{2})RT_1} = \frac{13-8\sqrt{2}}{1-2\sqrt{2}} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{\frac{P_2-P_1}{P_1}}{\frac{P_1}{P_1}} = \frac{P_2-P_1}{P_1}$

$P_2 = \left(\frac{13-8\sqrt{2}+1-2\sqrt{2}}{1-2\sqrt{2}}\right)P_1 = \left(\frac{14-10\sqrt{2}}{1-2\sqrt{2}}\right)P_1$

$A_{12} = \frac{3}{2}RT_1 = (V_2-V_1)\frac{P_1+P_2}{2}$ ⇒ $V_2 = \frac{3RT_1}{P_1+P_2} + V_1$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

№4.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3}{2}\nu R + \frac{A}{\Delta T} = \frac{3}{2}R + \frac{A}{\Delta T}$$

$$\Delta Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A_{\Gamma}$$

1-2: $C = 2R$

$$\Delta T = (4T_1 - T_1) = 3T_1$$

$$\Delta Q = \Delta T \cdot C = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A_{\Gamma 1-2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3T_1 \cdot 2R - \frac{3}{2}R \cdot 3T_1 = A_{\Gamma 1-2} = 3RT_1\left(2 - \frac{3}{2}\right) = \frac{3}{2}RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \cancel{400}\,200 = 600 \cdot 8{,}31 = 4986 \text{ Дж}.$$

$8{,}31 \times 6 = 49{,}86$

$$\boxed{\text{Ответ: } A_{12} = 4986 \text{ Дж}}$$

$$Q_{\text{полученное } 1-2} = C\,3T_1 = 6RT_1$$

Аналогично:

2-3: $C = 0{,}5R$ $\Delta T = (2^{1,5}T_1 - 4T_1) < 0$

$$\Delta Q_{\text{полученное } 2-3} = C\Delta T = 0{,}5R \cdot 2T_1(\sqrt{2} - 2)$$

$$\Delta Q = RT_1(\sqrt{2}-2) = \frac{3}{2}\nu RT_1(\sqrt{2}-2) + A_{\Gamma 2-3}$$

$$A_{\Gamma 2-3} = RT_1(\sqrt{2}-2) - 3RT_1(\sqrt{2}-2) = -2RT_1(\sqrt{2}-2) = 2RT_1(2-\sqrt{2})$$

3-1: $C = 2{,}5R$ $\Delta T = (T_1 - 2^{1,5}T_1)$

$$\Delta Q_{\text{получен}} = C\Delta T = 2{,}5RT_1(1-2^{1,5}) = \frac{3}{2}RT_1(1-2^{1,5}) + A_{\Gamma 3-1}$$

$$A_{\Gamma 3-1} = (2{,}5-1{,}5)RT_1(1-2^{1,5}) = RT_1(1-2^{1,5}) < 0$$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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

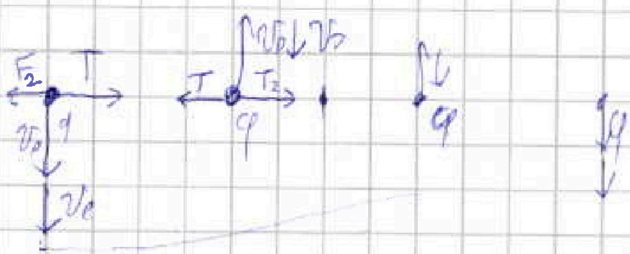
№5. Продолжение

Пусть $v_0 = v_1 = v_2 < v_3 = v_4$

Заметим, что в с/о 1ш 2ш движется по окружн с центром в (·) 1 со скоростью $2v_0$

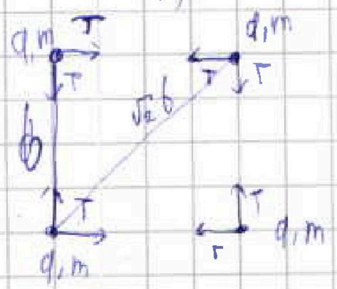
в с/о 1ш.

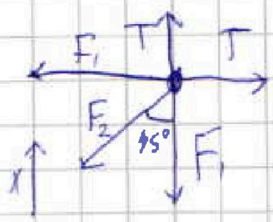
Также: $\frac{(2v_0)^2}{b} = a = \frac{T - F_2}{m}$



№5

1) Рассмотрим один из шариков





F_1 – сила вз. с соседними

F_2 – сила вз. с дальним

$F_1 = k\dfrac{q^2}{b^2}$

$F_2 = k\dfrac{q^2}{2b^2}$

2 ЗН: Ox: $T = F_1 + F_2 \cdot \cos 45°$

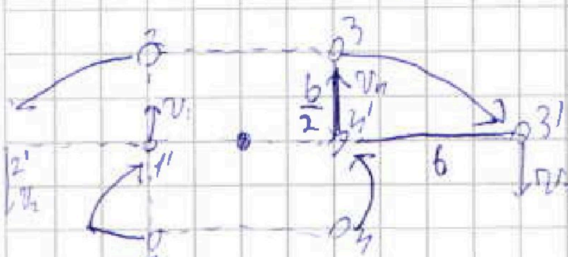
$= k\dfrac{q^2}{b^2} + k\dfrac{q^2}{2b^2}\cdot\dfrac{1}{\sqrt2} = k\dfrac{q^2}{b^2}\left(1 + \dfrac{1}{2\sqrt2}\right) = \dfrac{kq^2}{b^2}\left(\dfrac{4+\sqrt2}{4}\right)$

Ответ $T = \dfrac{kq^2}{b^2}\left(\dfrac{4+\sqrt2}{4}\right)$

2) Рассмотрим движения центра масс:
т.к. система замкнута, скорость ц.м. равна 0.

Т.е. в начале центр тяжести в центре квадрата, следовательно и в конце ц.м. будет там же.

А т.к. в задаче присутствует симметрия, можно сказать, что в момент, когда все будут лежать на одной прямой, эта прямая будет параллельна линии, проходящей через 2 нижних шарика вначале



Тогда очевидно, что d в 3-м пункте: $d = \sqrt{b^2 + \dfrac{b^2}{4}} = \dfrac{b\sqrt5}{2}$

Ответ к 3-му п.: $d = \dfrac{b\sqrt5}{2}$

При этом из ЗСИ и того, что система замкнута и обладает симметрией следует, что $v_1 = v_4$, $v_2 = v_3$; $\underset{\text{импульс}}{\sum P = 0} \Rightarrow m(v_1 + v_4) = m(v_2 + v_3)$ т.е. $v_1 = v_2 = v_3 = v_4$