Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

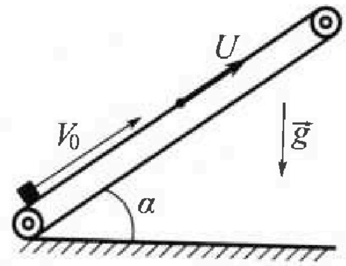
1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

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.



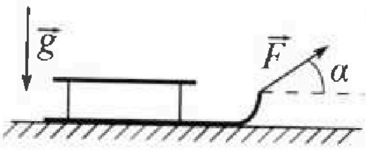
1) За какое время T после старта коробка пройдет *в первом опыте* путь $S = 1$ м?

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.

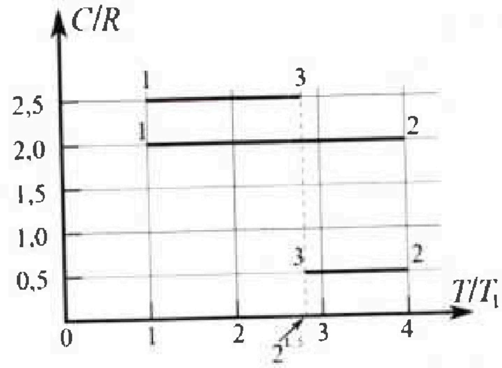
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

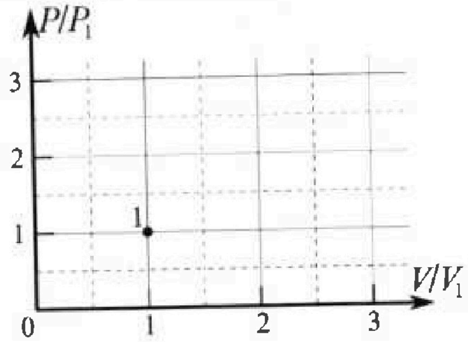
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



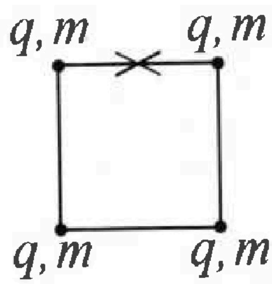
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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:

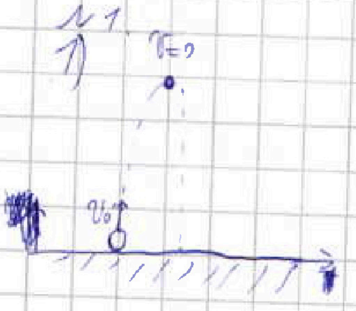
1 [x] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

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 отпустит падать)

След: по формуле: $V_k = V_0 - at$

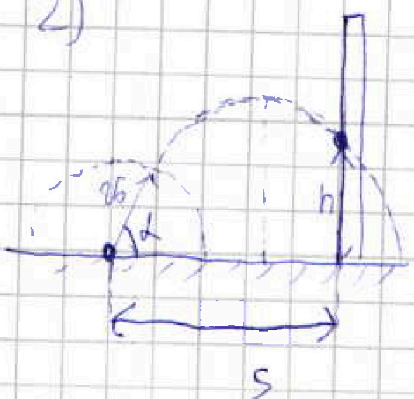
$0 = V_0 - g \cdot T$

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 ударил об стенку.

α – угол между V_0 и горизонтом

Тогда решим краткую систему

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

из (1)

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

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

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

Тогда $h(\alpha) = S\left(tg\alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2\alpha}\right)$ – запомним эту функцию

однако сейчас необходимо найти макс высоту

H_{max} – наибольшая высота: $H_{max} = V_0 \cdot \sin\alpha \cdot t_{п_2} - \frac{g t_{п_2}^2}{2}$, где $t_{п_2}$ – 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 наибольшей высоты

$L_{cp} = v_0 \cos\alpha \cdot \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$

След: $h - H_{max} = \frac{g t_u^2}{2}$, $S - L_{cp} = v_0 \cos\alpha\, t_u$ $\Rightarrow h = \frac{g\left(\frac{S-L_{cp}}{v_0\cos\alpha}\right)^2}{2} + \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

$= \frac{g\left(\frac{\frac{gS}{g} - \frac{v_0^2 \cos\alpha \sin\alpha}{g}}{v_0 \cos\alpha}\right)^2}{2} + \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{(gS - v_0^2 \cos\alpha \sin\alpha)^2}{2g\, v_0^2 \cos^2\alpha} + \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

$= \frac{\left(\frac{gS}{v_0\cos\alpha} - v_0 \sin\alpha\right)^2}{2g} + \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{1}{2g}\left(\frac{g^2 S^2}{v_0^2 \cos^2\alpha} - 2gS\,tg\alpha + v_0^2 \sin^2\alpha + v_0^2 \sin^2\alpha\right)$

Ладно. Вспомним про формулу:

$h = S\left(tg\alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2\alpha}\right) = S\left(tg\alpha - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2 \cos^2\alpha}\right) = S\left(tg\alpha - \frac{5}{\cos^2\alpha}\right)$

$\alpha = 30$ $h = S\left(\frac{1}{\sqrt3} - \frac{5}{\frac{3}{4}}\right) = S\left(\frac{1}{\sqrt3} - \frac{20}{3}\right) < 0$

$\alpha = 60$ $h = S\left(\sqrt3 - \frac{5}{\frac{1}{4}}\right) = S\left(\sqrt3 - 20\right) < 0$

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

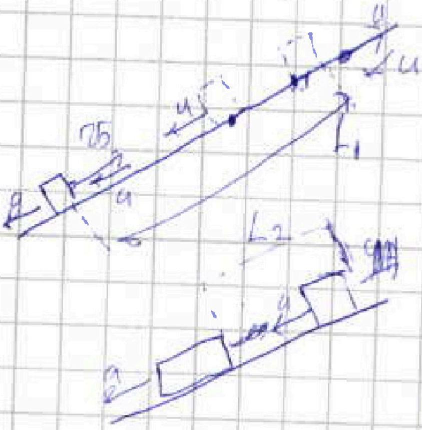
Предп, что мячик будет удар в точку в наивысшей точке траектории, т.е.

$t_n = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$ $\quad h = \frac{(v_0 \sin\alpha)^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow$ Ответ: $h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2\left(\arcsin\left(\frac{2gS}{v_0^2}\right)\frac{1}{2}\right)$

$v_0 \cos\alpha \cdot t_n = S \Rightarrow \sin 2\alpha = \frac{2gS}{v_0^2} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{2gS}{v_0^2}\right) \cdot \frac{1}{2}$

№3 3)

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



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

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

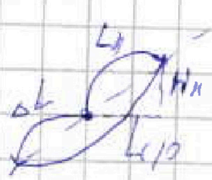
$L_2 = \frac{a t_u^2}{2}$; $t_u \cdot a = u \Rightarrow t_u = \frac{u}{a} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}c$

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

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

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

След. в с/о Земли тело проедет



$L_н = L_{co} + \Delta L = \frac{14}{15}$ м

Тогда $H_н = L_н \cdot \sin\alpha = \frac{14}{15}\cdot\frac{8}{10} =$

8
16
112

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

Ответ: $H = \frac{56}{75}$ м

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

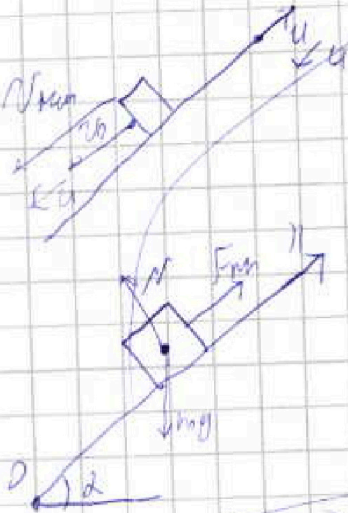
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

№2 В продолжении (№7)

$V_{max} = v_0 + u$

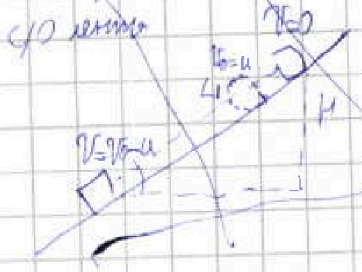


$N = mg\cos\alpha$

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

Лента сначала подкинет, после чего кинет [illegible]

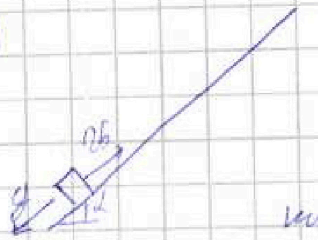
Видно, V вниз вверх!



Воспользуемся 2-м пунктом и скажем что тело эти клины не ~~[illegible]~~ [illegible] $L = \frac{8}{2}$ м

Найдем max 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 ему спуститься вн $\frac{1}{5}$ м (до достижения пути 8.5)

Тогда: ~~$\frac{4}{5} = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$~~ $t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} = 0.4$ сек

$\frac{1}{5}$ м $= \cancel{v_0 t} + \frac{a_{при\ спуске}\, t_2^2}{2} = \cancel{0} + \frac{6}{2} t_2^2$

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

$T = t_1 + t_2 = 0.4 + \sqrt{\frac{1}{15}}$ 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:

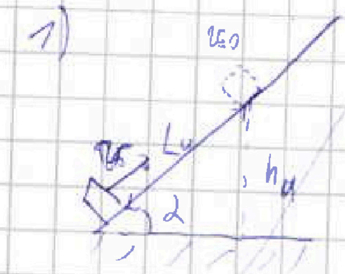
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

№2.

1)

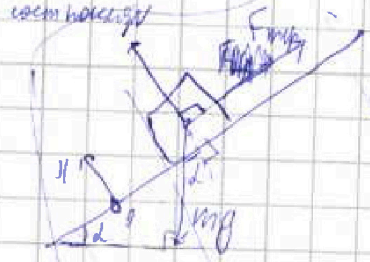


Пусть тело поднимется на высоту h_u и пройдет при этом путь L_u.

Тогда по З(С)Э:

$$\frac{m v_0^2}{2} - A_{F_{тр}} = mgh_u$$

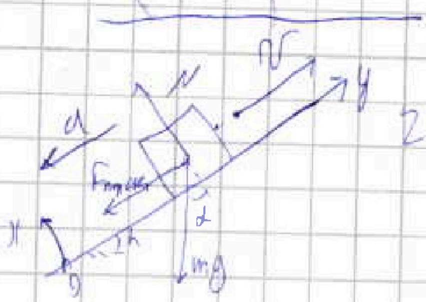
очев., что $\frac{h_u}{L_u} = \sin\alpha$



2ЗН в пр на ОY:

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

$$\frac{m v_0^2}{2} - \mu mg\cos\alpha L_u = mgh_u$$



$F_{тр\,ск}$ — сила трения скольжения

2ЗН: ОY: $0 = N - mg\cos\alpha$

$N = mg\cos\alpha$ $\qquad$ a — ускор по OY

$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

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

$a = \mu g\cos\alpha + g\sin\alpha$

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

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

$$S = 1м = v_0 t_u - \frac{g t_u^2}{2} \Rightarrow 5t_u^2 - 4t_u - 1 = 0$$

$$t_u = \frac{2 \pm \sqrt{2^2 + 5}}{5} = \frac{2 \pm 3}{5} = 1\ сек$$

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 ☐

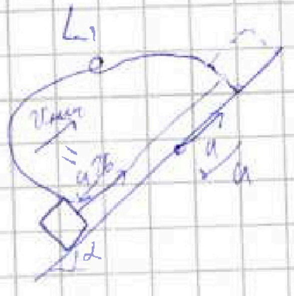
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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 относительная

L_1 - расст, требуемое коробке отн ленты

$V_K = V_{нач} - at$

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

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

Также, за время t ленты сдвинется на $L_2 = U \cdot t$
$= 2 \cdot \frac{(4-2)}{10} = \frac{4}{10}$

Тогда $L = L_1 + L_2 = \frac{6}{10}$ 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 перейдем в СО ленты и найдем 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:

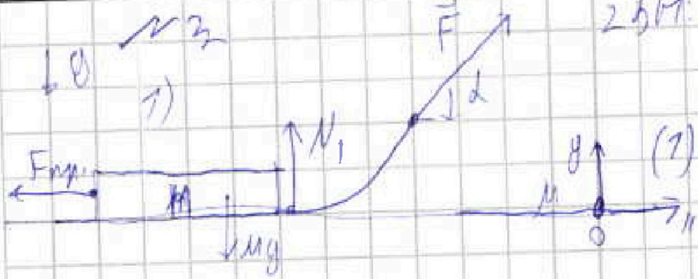
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

10 №2

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

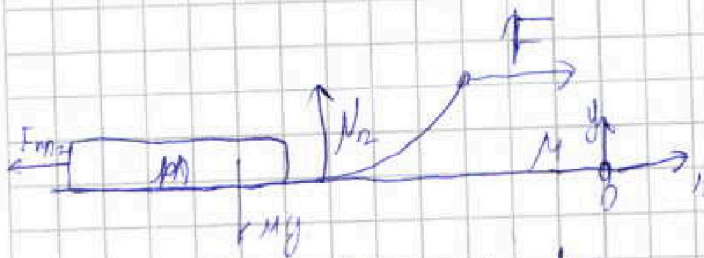
N_1 - сила реакции опоры в 1-м случ

N_2 - во 2-м случае

$F_{тр1}$ - сила тр. в 1-м случ

$F_{тр2}$ - во 2-м

a_x - ускорение по Ox, кот. одинаково в обоих случаях.



2 случ: 2ЗН: Oy: $N_2 = Mg$

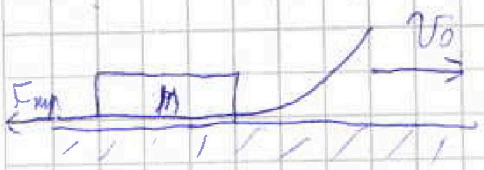
(2) Ox: $ma_x = F - \mu N_2 = F - \mu Mg$

Приравниваем (1) и (2)

$F\cos\alpha - \mu Mg + \mu F\sin\alpha = F - \cancel{\mu Mg}$

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

2) считаем μ-известным По ЗСЭ:



$\frac{Mv_0^2}{2} - A_{F_{тр}} = 0$

$\frac{\cancel{M}v_0^2}{2} = \mu \cancel{M}g \cdot L_{пройденное}$

$L_{пройден} = \frac{v_0^2}{2\mu g} = v_0 \cdot T_u - \frac{a T_u^2}{2} = \cancel{\frac{v_0^2}{2a}}$

$0 = v_0 - aT_u$; $Ma = \mu Mg$ - 2ЗН: Ox

$v_{конечная} = 0$

$v_{нач} = v_0$

$a = \mu g$

$\Rightarrow T_u = \frac{v_{кон} - v_{нач}}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g\left(\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}\right)}$ Ответ: $T = \frac{v_0 \sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}$

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!

N, 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: $\eta = \dfrac{13-8\sqrt{2}}{11-4\sqrt{2}}$

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

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

$$C_p = \frac{Q_p}{\Delta T} = \boxed{\frac{5}{2}R} \sim ~~3~~$$

Тогда из закона Менделеева-Клапейрона найдем т. (·) 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. $PV^n = \text{const}$

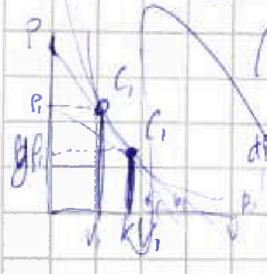
$$C = \text{const} = [illegible]\ \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad n = \frac{C_V + C_R}{2}$$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad \Delta Q = \frac{i}{2}\nu R + (P_k - P_2)(V_k - V_1)$$

$$C = \frac{i}{2}\nu R \cdot \frac{dT}{dT} + S \qquad \frac{1}{2}\left((P-dP)(V-dV) - PV\right)$$

$$-dPdV - dPV - PdV$$

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



$$\frac{i}{2}\nu RT - A \qquad P_1dV - \frac{1}{2}dP\cdot dV \qquad nP_1V_1^{n-1} = \frac{dP}{dV}$$

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

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

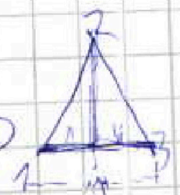
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№4 (продолжение) №2

Найдём пл. ~~фигур~~ треуг.

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



примерный вид графика

$A_{12} = h \cdot x \cdot \frac{1}{2}$

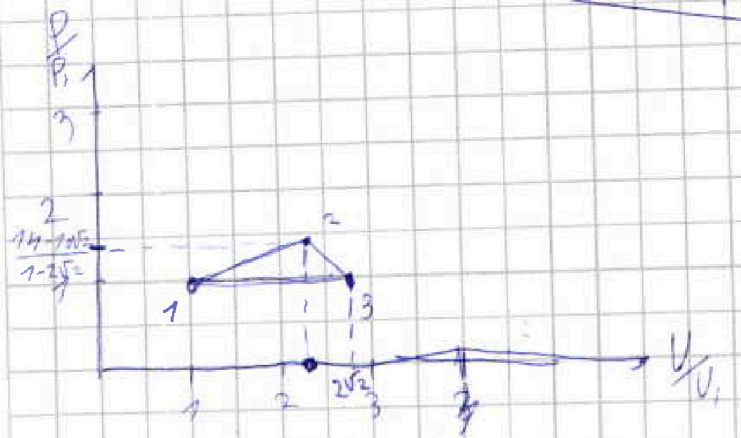
$A_{23} = h \cdot y \cdot \frac{1}{2}$ ⇒ $\frac{x}{y} = \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2}RT_1}{2RT_1(2-\sqrt{2})} = \frac{3}{4}\cdot\frac{1}{(2-\sqrt{2})}$

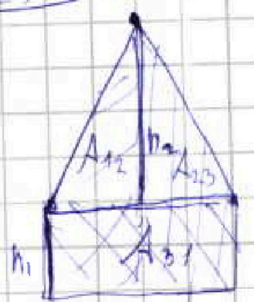
$\Rightarrow V_2 = \left(1+\frac{3}{4(2-\sqrt{2})}\right)V_1 \approx 2{,}25V_1$ (очень примерно)

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

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

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





$\frac{A_{12}+A_{23}-A_{31}}{A_{31}} = \frac{\frac{1}{2}h_2 x}{h x}$

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

$= \frac{(13-8\sqrt{2})RT_1}{(1-2\sqrt{2})RT_1} = \frac{13-8\sqrt{2}}{1-2\sqrt{2}} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{\frac{P_2-P_1}{P_1}}{\frac{P_1}{P_1}} = \frac{P_2-P_1}{P_1}$

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

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

$\Rightarrow V_2 = \frac{3RT_1}{P_1+P_2} + V_1$

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.

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

$\Delta Q = \frac{1}{2}\nu R \Delta T + A_г$

1-2: $C = 2R$

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

$\Delta Q = \cancel{\nu} \cdot \Delta T \cdot C = \frac{3}{2}\nu R \Delta T + A_{г1-2} \Rightarrow$

$\Rightarrow 3T_1 \cdot 2R - \frac{3}{2}R \cdot 3T_1 = A_{г1-2} = 3RT_1\left(2 - \frac{3}{2}\right) = \frac{3}{2}RT_1 =$

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

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

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

$Q_{получен\,1-2} = C \cdot 3T_1 = 6RT_1$

Аналогично:

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

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

$\Delta Q = RT_1(\sqrt{2} - 2) = \frac{3}{2}\nu R \cdot 2 T_1(\sqrt{2} - 2) + A_{г2-3}$

$A_{г2-3} = RT_1(\sqrt{2} - 2) - 3RT_1(\sqrt{2} - 2) = -2RT_1(\sqrt{2} - 2) = 2RT_1(2 - \sqrt{2})$

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

$\Delta Q_{получен} = C\Delta T = 2{,}5RT_1(1 - 2^{1,5}) = \frac{3}{2}RT_1(1 - 2^{1,5}) + A_{г3-1}$

$A_{г3-1} = (2{,}5 - 1{,}5)RT_1(1 - 2^{1,5}) = RT_1(1 - 2^{1,5}) < 0$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

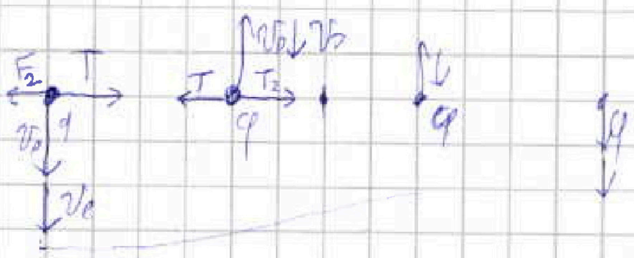
№5. Продолжение

Пусть $V_0 = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$

Заметим, что в с/о 1ш 2ш движутся по окружн с центром в (.) 1 со скор-ью $2V_0$

Тогда: $\frac{(2V_0)^2}{b} = a = \frac{T - F_2}{m}$

в с/о 1ш.



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

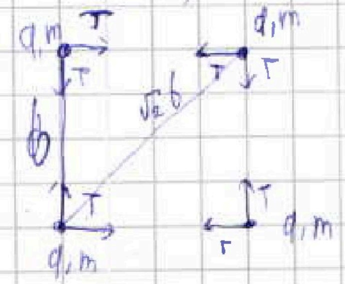
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

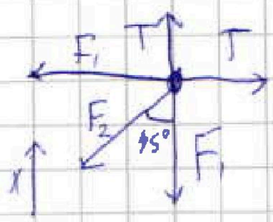
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№5

1) Рассмотрим один из шариков





F_1 — сила вз. с соседними

F_2 — сила вз. с дальним

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

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

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

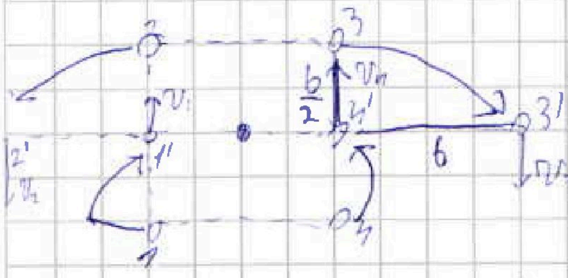
$= k\frac{q^2}{b^2} + k\frac{q^2}{2b^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} = k\frac{q^2}{b^2}\left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) = \frac{kq^2}{b^2}\left(\frac{4+\sqrt{2}}{4}\right)$

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

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

Ответ к 3-му п.: $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$

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