Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

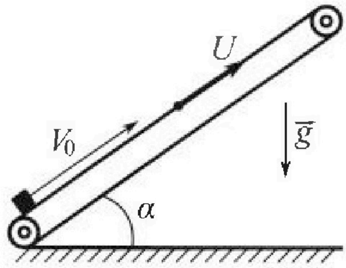
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.).



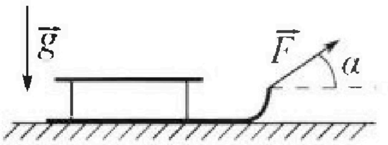
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

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 каком расс тоянии 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.

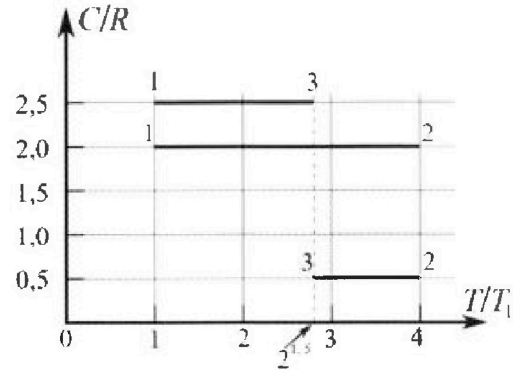
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

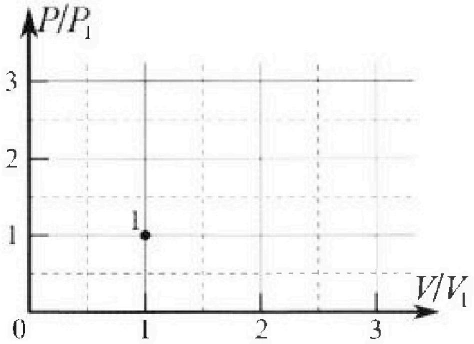
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



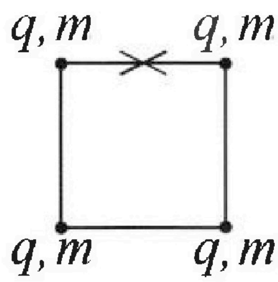
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.

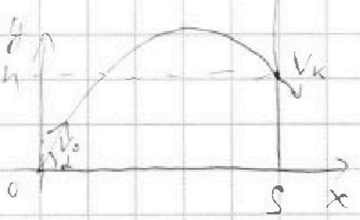
3) На каком рас стоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

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

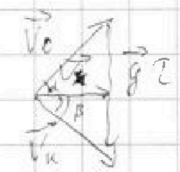
№1.

1) Мяч достигнет максимальной высоты, когда его скорость станет равна нулю. Тогда $V_0 = g\tau = 20$ м/с

2)



Построим треугольник скоростей



$V_к$ - конечная скорость,

α, β - углы $\vec V_0$ и $\vec V_к$ к горизонту

V_x - проекция V_0 и $V_к$ на Ox

τ - полное время полёта

Запишем уравнения:

$V_0\cdot\cos\alpha = V_x = V_к\cdot\cos\beta \Rightarrow V_к = \frac{V_0\cos\alpha}{\cos\beta}$

$\frac{1}{2}V_x\cdot g\cdot\tau = \frac{1}{2}V_0\cdot V_к\cdot\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\alpha+\beta)$ - площадь треугольника

$S\cdot g = V_0V_к\cdot\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\alpha+\beta) = V_0^2\cdot\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\cdot(\sin\alpha\cos\beta+\sin\beta\cos\alpha) =$

$= V_0^2\sin\alpha\cos\alpha + V_0^2\cos^2\alpha\, tg\beta;$

$\frac{Sg - V_0^2\sin\alpha\cos\alpha}{V_0^2\cos^2\alpha} = tg\beta;$

$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_к^2}{2}$ - закон сохранения энергии, m - масса мяча

$V_0^2 = 2gh + V_0^2\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} = 2gh + V_0^2\cos^2\alpha(1+tg^2\beta)$

$V_0^2 - V_0^2\cos^2\alpha = 2gh + V_0^2\cos^2\alpha\cdot tg^2\beta$

$V_0^2\sin^2\alpha = 2gh + \frac{(Sg - V_0^2\sin\alpha\cos\alpha)^2}{V_0^2\cos^2\alpha}$

$\frac{V_0^4\sin^2\alpha\cos^2\alpha - S^2g^2 + 2SgV_0^2\sin\alpha\cos\alpha - V_0^4\sin^2\alpha\cos^2\alpha}{V_0^2\cos^2\alpha} = 2gh$

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

$$\frac{2Sg V_0^2 \sin\alpha \cos\alpha - S^2 g^2}{V_0^2 \cos^2\alpha} = 2gh$$

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

$$h = 20 \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{20^2 \cdot 10}{2 \cdot 20^2 \cdot \cos^2\alpha} = 20\,tg\alpha - 5 \cdot \frac{1}{\cos^2\alpha} = 20\,tg\alpha - 5\,tg^2\alpha - 5$$

Чтобы h был максимальным, $tg\alpha = \frac{-20}{2\cdot(-5)} = 2$

$$h = 20 \cdot 2 - 5 \cdot 4 - 5 = 15\text{ м}$$

Ответ: 1) 20 м/с; 2) 15 м.

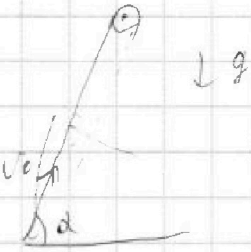
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

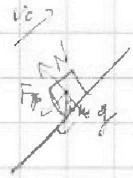
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

2) 1)





$N = \cos\alpha\, mg = 0{,}6\, mg$

$F_{тр} = \mu N = 0{,}2\, mg$

$m a_1 = F_{тр} + mg\sin\alpha = (0{,}2+0{,}8)mg$

$a_1 = g$

$S = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$; $1 = 4T - 5T^2$; $5T^2 - 4T + 1 = 0$

$\frac{D}{4} = 4 - 5 = -1 < 0 \Rightarrow$ коробка не дойдёт до 1 м. ~~объем~~

за время $T_0 = \frac{v_0}{g} = 0{,}4$

Тогда до остановки она пройдёт путь $S_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4}{5}$ м, останется $\frac{1}{5}$ м.: $\frac{1}{5} = \frac{g}{2} T'^2 \Rightarrow T'^2 = \frac{1}{25} \Rightarrow T' = \frac{1}{5}$ с, общее время –

$T = T_0 + t' = 0{,}6$ с.

2) Пока лента движется вверх медленнее, чем коробка, все силы, действующие на коробку, не изменяются. Тогда ускорение коробки всё ещё $a_1 = g$.

$L = \frac{v_0^2 - U^2}{2g} = \frac{16-4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}$ м

3) Если скорость коробки меньше U, то коробка движется вниз отн. ленты, и $F_{тр}$ направлена вверх

$F_{тр} = 0{,}2\, mg$;

$m a_2 = mg\sin\alpha - F_{тр} = 0{,}6\, mg \Rightarrow a_2 = 0{,}6 g$

$L' = \frac{U^2 - 0^2}{2 \cdot 0{,}6g} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$ 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

$L_{общ} = L + L' = \frac{3}{5} + \frac{1}{3} = \frac{14}{15}$ м

$H = L_{общ} \cdot \sin\alpha = \frac{14}{15} \cdot 0,8 = \frac{14 \cdot 4}{15 \cdot 5} = \frac{56}{75}$ м

Ответ: 1) 0,66; 2) $\frac{3}{5}$ м; 3) $\frac{56}{75}$ м.

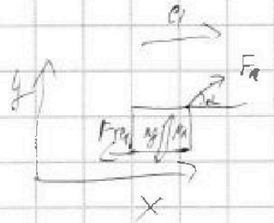
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

№3.

1) Первый случай:



m - масса санок, N_1 - сила реакции опоры

$F_{тр1}$ - сила трения, a - ускорение санок

по оси y: $mg - N_1 - F\cdot\sin\alpha = 0$

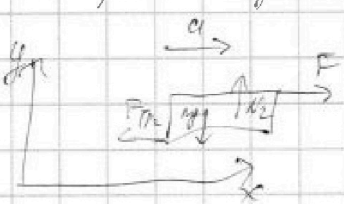
$N_1 = mg - F\sin\alpha$

по оси x: $F\cos\alpha - F_{тр1} = ma$

$F_{тр1} = N_1\cdot\mu = \mu mg - \mu F\sin\alpha$

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

Второй случай:



N_2 - сила реакции во втором случае

$F_{тр2}$ - сила трения во 2-ом случае

Ускорение санок a такое же, поскольку они разгоняются за то же время до той же скорости

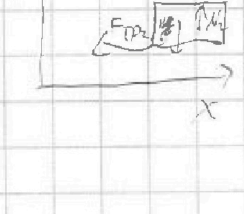
по оси y: $mg - N_2 = 0 \Rightarrow N_2 = mg$

по оси x: $F - F_{тр2} = ma$; $F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$

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

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

2)



$a_т$ - ускорение, с которым замедляются санки

$F_{тр2} = ma_т = \mu mg \Rightarrow a_т = \mu g$

$T = \frac{V_0}{a_т} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0\sin\alpha}{(1-\cos\alpha)g}$

Ответ: 1) $\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$; 2) $\frac{V_0\sin\alpha}{(1-\cos\alpha)g}$

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

1	2	3	4	5	6	7
			V			

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

МФТИ

№4.

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$ — ΔU – изменение внутренней энергии,

ν – кол-во вещества (1 моль)

~~$Q = A + \Delta U = C_{\mu} \cdot \nu$.~~ — A – работа газа,

$Q = A + \Delta U = C \cdot \nu \cdot \Delta T$ — Q – энергия, которую подвели газу

ΔT – разность температур.

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

$A = \nu R \Delta T \cdot \left(\frac{C}{R} - 1{,}5\right)$

1) $A_{12} = \nu R (T_2 - T_1)(2 - 1{,}5) = \cancel{\nu R} = 8{,}31 \cdot (4T_1 - T_1) \cdot 0{,}5 = 8{,}31 \cdot 3 \cdot 0{,}5 \cdot 400 =$

$= 600 \cdot 8{,}31 = 6 \cdot 831 = 4986$ Дж

2) Температура газа растёт на участке 1-2, падает на 2-3 и 3-1, а поскольку теплоёмкость всегда положительная, на участке 1-2 тепло подводится, 2-3 и 3-1 – тепло забирают у газа.

$Q_{12} = (T_2 - T_1) \cdot \nu R \cdot \frac{C_{12}}{R}$ ~~$= 3 \cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot 2 \cdot 400 = 6 \cdot 8{,}31 \cdot 400 = 4986 \cdot 4 =$~~

~~$= 19924$ Дж~~ $= 3 T_1 \cdot \nu R \cdot 2 = 6 T_1 \nu R$

$Q_{23} = (T_3 - T_2) \cdot \nu \cdot R \cdot \frac{C_{23}}{R} = (2^{1,5} - 4) \cdot T_1 \cdot 8{,}31 \cdot 0{,}5 = (2^{0,5} - 2) \cdot T_1 \cdot 8{,}31 =$

$Q_{31} = (T_1 - T_3) \cdot \nu \cdot R \cdot \frac{C_{31}}{R} = (1 - 2^{1,5}) \cdot T_1 \cdot 8{,}31 \cdot 2{,}5 = 5 \cdot 8{,}31 \cdot T_1 \cdot (0{,}5 - 2^{0,5})$

$Q_+ = Q_{12}$ – подведённое тепло

$Q_- = Q_{23} + Q_{31} = 8{,}31 \cdot T_1 \cdot (2^{0,5} - 2 + 2{,}5 - 5 \cdot 2^{0,5}) =$

$= \overset{\nu R T_1}{\cancel{8{,}31}} \cdot T_1 \left(0{,}5 - 4\sqrt{2}\right) = \overset{\nu R T_1}{\cancel{3324}} \cdot (\cancel{0{,}5 - 4 \cdot 1{,}41}) = \overset{\nu R T_1}{\cancel{3324}}(0{,}5 - 5{,}61) =$

$= \overset{\nu R T_1}{\cancel{3324}} \cdot (-5{,}11)$ ~~$= -16985{,}64$~~ – отведённое тепло

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

$\eta = \dfrac{Q_+ + Q_-}{Q_+} = \cancel{\dfrac{19{,}924}{199{,}24}} \approx 1 - \dfrac{4\sqrt{2}\cdot 0{,}5}{6} = 1 - \dfrac{8\sqrt{2}-1}{12} = \dfrac{13-8\sqrt{2}}{12}$

3) ~~$C_p = \frac{5}{2}R$, C_p – молярная теплоёмкость~~

При изобарном процессе

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$A = P\cdot\Delta V = \Delta(PV) = \nu R\Delta T$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{C_{13}}{R}\cdot\nu R\Delta T \Rightarrow$ 3-1 – изобарный процесс,

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

Пусть на участке 1-2 $P(V) = C\cdot V^k$, где C, k – константы.

Тогда $A_{12} = \int\limits_{V_1}^{V_2} C\cdot V^k\cdot dV = \left.\dfrac{C}{k+1}\cdot V^{k+1}\right|_{V_1}^{V_2} = \dfrac{C}{k+1}\left(V_2^{k+1} - V_1^{k+1}\right)$

С другой стороны, $A_{12} = C_{12}\Delta U_{12} = 0{,}5\cdot\nu R\Delta T = 0{,}5\cdot\Delta(PV) =$

$= 0{,}5\left(CV_2^{k+1} - CV_1^{k+1}\right)$

$\dfrac{C}{k+1}\left(V_2^{k+1} - V_1^{k+1}\right) = 0{,}5C\left(V_2^{k+1} - V_1^{k+1}\right)$

$2 = k+1 \Rightarrow k = 1$

Тогда $P_1 = CV_1$, $\dfrac{P}{P_1} = \dfrac{CV}{P_1} = \dfrac{C\cdot V_1}{P_1}\cdot\dfrac{V}{V_1} \Rightarrow \dfrac{C\cdot V_1}{P_1} = 1$

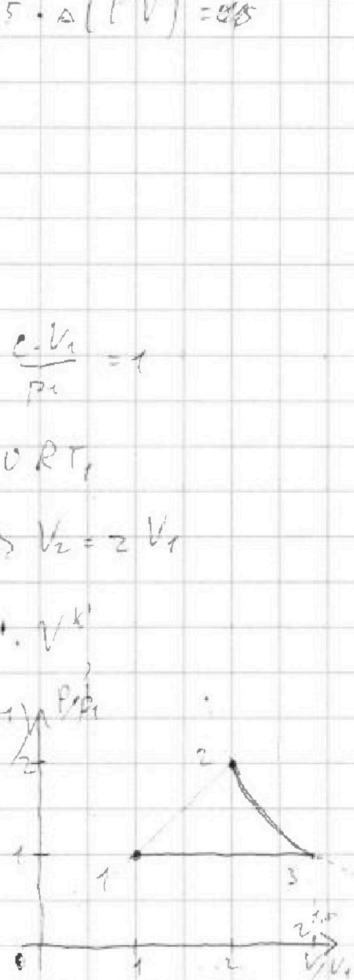
$PV = \nu RT$; $P_1V_1 = \nu RT_1$, $P_2V_2 = \nu RT_2 = 4\nu RT_1$

$CV_1^2 = \nu RT_1$, $CV_2^2 = 4\nu RT_1 \Rightarrow V_2 = 2V_1$

Аналогично, если на участке 2-3 $P(V) = C'\cdot V^{k'}$

$A_{23} = \dfrac{C'}{k'+1}\left(V_3^{k'+1} - V_2^{k'+1}\right) = -C'\left(V_3^{k'+1} - V_2^{k'+1}\right)$

$\dfrac{1}{k'+1} = -1 \Rightarrow k' = -2$



Ответ: 1) 498 (Дж, ?) ~~$1-\frac{8\sqrt{2}-1}{12}$~~ $\dfrac{13-8\sqrt{2}}{12}$

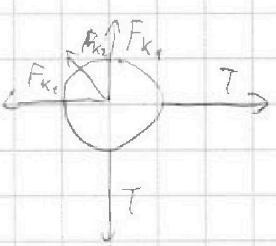
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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.

1) Рассмотрим силы, действующие на один из шариков



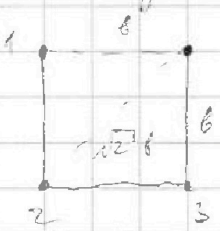
F_{k_1} – силы Кулона от двух соседей,
F_{k_2} – от противоположного шарика

$F_{k_1} = k\cdot q^2\cdot\frac{1}{в^2}$, $F_{k_2} = kq^2\cdot\frac{1}{2в^2}$

$T = F_{k_1}\cdot \sin 45^\circ\ F_{k_2} = kq^2\cdot\frac{1}{в^2}\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2\cdot 2}\right) = \frac{4+\sqrt{2}}{4}\cdot\frac{kq^2}{в^2}$

2) На любой шарик действуют только 2 силы – тангенциальная сила Кулона и сила натяжения нити T. Если нить провисает, то $T=0 \Rightarrow A=0$, иначе шарик движется по окружности перпендикулярно нити, и $A=0$.

Тогда на энергию тела влияет только сила Кулона.



Рассмотрим правый верхний шарик.

В начале $E_{п_1} = q\cdot(\varphi_1+\varphi_2+\varphi_3) = q^2k\cdot\left(\frac{1}{в}+\frac{1}{в}+\frac{1}{\sqrt{2}в}\right)$,

в конце $E_{п_2} = q^2k\left(\frac{1}{в}+\frac{1}{2в}+\frac{1}{3в}\right)$

$E_{п_1} = E_{п_2} + E_k$

$E_k = q^2k\cdot\left(\left(\frac{1}{в}+\frac{1}{в}+\frac{1}{\sqrt{2}в}\right)-\left(\frac{1}{в}+\frac{1}{2в}+\frac{1}{3в}\right)\right) = q^2k\left(\frac{\sqrt{2}+1}{в\sqrt{2}}-\frac{5}{6в}\right) = q^2k\left(\frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}в}\right)$

$E_k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m}\cdot q^2k\,\frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}в}$

$v = \sqrt{\frac{q^2k(\sqrt{2}+6)}{3\sqrt{2}mв}}$

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

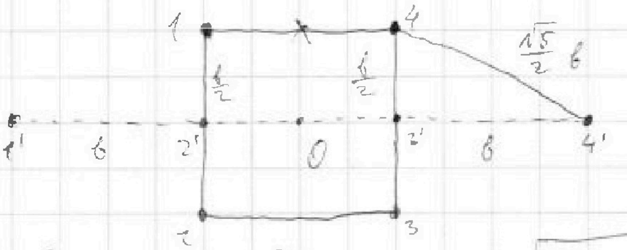
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

3) ~~Для системы из 4 шаров все силы являются внутренними,~~

Все силы, действующие на шары, являются парными, следовательно, их векторная сумма равна нулю. Тогда центр масс остается на месте. Тогда 1 и 4 шарики переместились на $\frac{\sqrt{5}}{2}$ в.



Ответ: 1) $\frac{4+\sqrt{2}}{4}\cdot\frac{kq^2}{в^2}$; 2) $\sqrt{\frac{q^2k(\sqrt{2}+в)}{3\sqrt{2}\,m\,в}}$; 3) $\frac{\sqrt{5}}{2}$ в

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

1 2 3 4 5 6 7

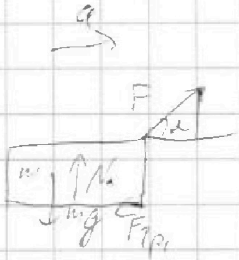
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

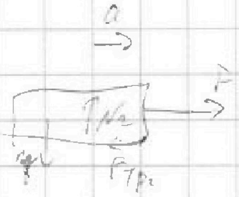


$mg = N_1 + F\sin\alpha$

$N_1 = mg - F\sin\alpha$

$F_{тр}$ $\quad F\cos\alpha - F_{тр} = ma$

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



$mg = N_2 \quad F_{тр_2} = \mu mg \qquad F - \mu mg = ma$

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

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

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

$F_{тр_2} = \mu mg \qquad a_T = \mu g$

$T = \frac{V_0}{a_T} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V\sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}$

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}\Delta(PV)$

$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V)\,dV$

Изобара: $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}\Delta(PV) = \frac{i}{2}P\Delta V$

$A = P\Delta V$

$Q = \frac{i+2}{2}P\Delta V = \frac{i+2}{2}\nu R\Delta T$

$C_p = \frac{i+2}{2}\nu R$

$C_p = \frac{5}{2}\nu R = 2{,}5\nu R$

$C_V = 1{,}5\nu R$

Изохора: $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$

$A = 0$

$C_V = \frac{i}{2}\nu R$

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

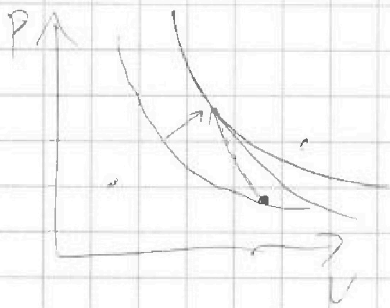
$\frac{c}{c} = k \cdot R$ $Q = c \cdot \Delta T$

$A = Q - \Delta U$

$c \cdot \Delta T - \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$A = Q - \Delta U = \nu R \Delta T \left(\frac{c}{R} - 1{,}5\right) = -\nu R \Delta T = -\Delta(PV)$

$= 0{,}5\ PV$



$A_{32} = -\Delta(PV) = -\int PdV$

$= (V_2^{k+1} - V_2^{k+1}) = \frac{1}{k+1}(V_2^{k+1} - V_3^{k+1})$

$P(V) = V^k$ $PV = V^{k+1}$

$\int PdV = \frac{1}{(k+1)} V^{k+1}$

$\frac{1}{k+1} = -1$

$k+1 = -1 \Rightarrow k = -2$

$\int cV^{-2} dV \Rightarrow -Vc$

$P = cV^{-2}$

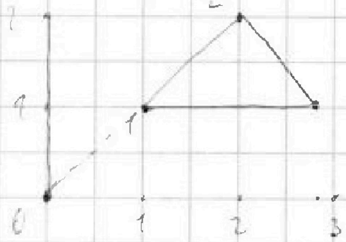
$P(V) = c \cdot V^k$

$0{,}5 = \frac{1}{k+1}$

$\int = \frac{c}{k+1} V^{k+1}$ $PV = cV^{k+1}$

$k+1 = 2$

$k = 1$



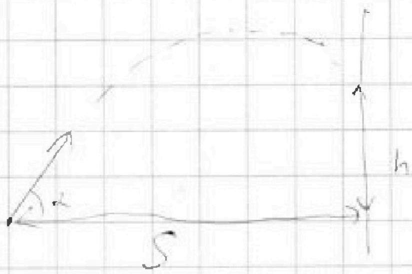
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

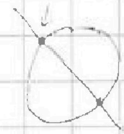
1 2 3 4 5 6 7

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

$v_0 = gT$ =

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





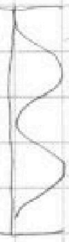
$\sin 0 = 0$

$\sin\frac{\pi}{2} = 1$

$\sin\pi = 0$

$\sin\frac{3\pi}{2} = -1$

$\sin 2\pi = 0$



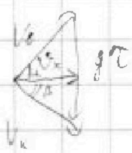
$\sin^2 = 0$

$\sin^2 = 1$

$\sin^2 = 0$

$\sin^2 = 1$

$S = v_x T$



$v_k = \frac{v_0\cos\alpha}{\cos\beta}$

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

$\cancel{\sin 2\alpha - \cos 2\alpha} \to \max, \ \alpha \in [0; \frac{\pi}{2}]$

$\cancel{2\cos 2\alpha + 2\sin 2\alpha = 0}$

$v_0^2 = 2gh + v_k^2$

$\sin\gamma - \cos\gamma \to \max, \ \gamma \in [0; \pi]$

$\cos\gamma + \sin\gamma = 0 \Rightarrow \gamma = \frac{3}{4}\pi$

$v_{k_y}^2 + v_x^2 = 2gh + v_{k_y}^2 + v_x^2$

$-\sin + \cos \le 0$

$S \cdot g = v_0 v_k \cdot \sin(\alpha+\beta)$

$v_k\cos\beta = v_0\cos\alpha = v_x$

$v_0^2 = 2gh + v_k^2$

$v_k = \frac{v_0\cos\alpha}{\cos\beta}$

$Sg = v_0 v_k(\sin\alpha\cos\beta + \sin\beta\cos\alpha)$

$Sg = v_0^2\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\cdot(\sin\alpha\cos\beta + \sin\beta\cos\alpha) = v_0^2\sin\alpha\cos\alpha + v_0^2 tg\beta\cos^2\alpha$

$\frac{Sg - v_0^2\sin\alpha\cos\alpha}{v_0^2\cos^2\alpha} = tg\beta$

$v_0^2 = 2gh + v_0^2\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} = 2gh + v_0^2\cos^2\alpha(tg^2\beta + 1)$

$v_0^2(1-\cos^2\alpha) = 2gh + v_0^2\cos^2\alpha\, tg^2\beta$

$\cancel{v_0^2\sin^2\alpha = 2gh + Sg - v_0^2\sin\alpha\cos\alpha}$

$\cancel{v_0^2\left(\frac{1-\cos 2\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)} = 2gh + Sg = v_0^2\left(\frac{1}{2} + \frac{\sin 2\alpha - \cos 2\alpha}{2}\right)$

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

1 2 3 4 5 6 7

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

МФТИ

$$v_0^2 \sin^2 = 2gh + \frac{(Sg - v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha)^2}{v_0^2 \cos^2\alpha}$$

$$v_0^2 \sin^2\alpha - \frac{S^2g^2 - 2Sgv_0^2 \sin\alpha\cos\alpha + v_0^4 \sin^2\alpha\cos^2\alpha}{v_0^2\cos^2\alpha} = 2gh$$

$\cos^2\alpha$

	$\cos$	$\cos^2$
0	1	1
$\frac{\pi}{2}$	0	0
π	-1	1
$\frac{3}{2}\pi$	0	0
2π	1	1

$$\cos^2\alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$$

3324, 5,1, 3324, 16620, 16620, 169524,0

$$\frac{v_0^4 \sin^2\alpha\cos^2\alpha - S^2g^2 + 2Sgv_0^2\frac{\sin 2\alpha}{2} - v^4\sin^2\cos^2}{v_0^2\frac{1+\cos 2\alpha}{2}} = 2gh$$

$$\cancel{\frac{2Sgv_0^2\sin 2\alpha - S^2g^2}{v_0^2(1+\cos 2\alpha)} = 2gh}$$

$$\left(\frac{2Sgv_0^2 \sin\cos - S^2g^2}{v_0^2\cos^2\alpha} = 2gh\right)$$

$$\cancel{\frac{S\cdot\sin 2\alpha}{1+\cos 2\alpha} - \frac{S^2}{2v_0^2(1+\cos 2\alpha)} = h} \to max$$

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

$$S\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{S^2g}{2v_0^2\cos^2\alpha} = h \to max$$

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

831
4
3324

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

$$S\frac{1+\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha} - \frac{S^2g}{2v_0^2}\cdot(-2)\cdot\frac{1}{\cos^3\alpha}\cdot(-\sin\alpha) = 0$$

$$1+\sin^2\alpha = \frac{Sg}{2v_0^2}\cdot 2\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{Sg}{v_0^2}\cdot\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$$