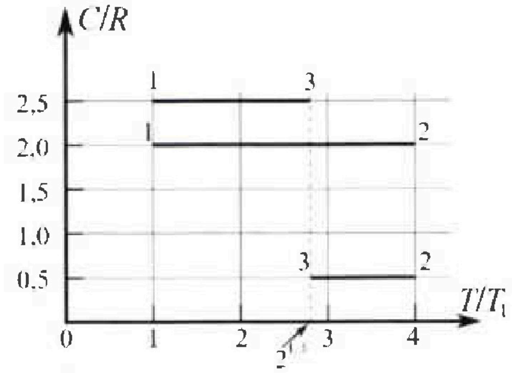
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

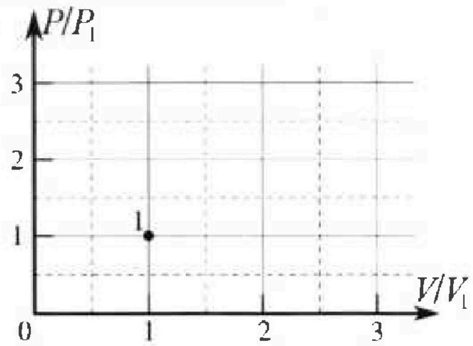
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



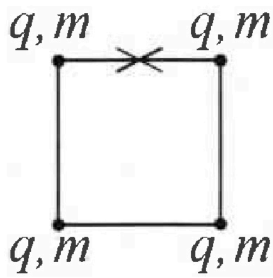
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



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



1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

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

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

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

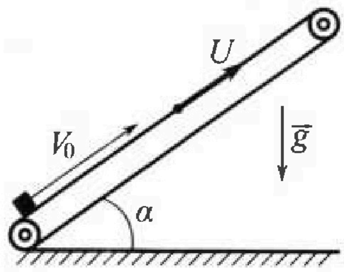
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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. Сопротивлени е 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.).



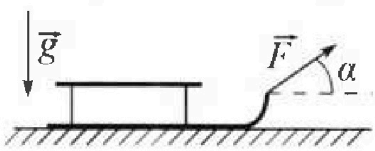
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

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.

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

Максимум параболы достигается при

$$tg\alpha = \frac{S}{\frac{gS^2}{v_0^2}} = \frac{Sv_0^2}{gS^2} = \frac{v_0^2}{gS}.$$

Следовательно, $H_{MAX} = H\left(tg\alpha = \frac{v_0^2}{gS}\right) =$

$$= -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2S^2} + S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = 20 - 5 = 15 \text{ (м.)}$$

макс. высота на стенке, о которую может удариться мяч.

Ответ: $v_0 = 20$ м/с; $H_{MAX} = 15$ 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 ☐

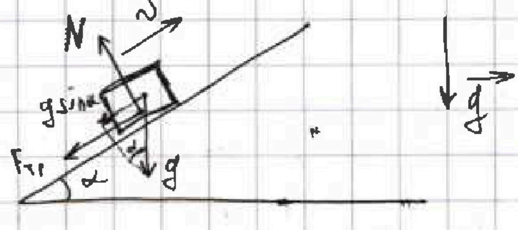
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№2.

$\sin\alpha = 0,8$
$v_0 = 4$ м/с
$\mu = \frac{1}{3}$
$S = 1$ м
$u = 2$ м/с
$g = 10$ м/с^2

$T = ?$
$L = ?$
$H = ?$

1) Рассмотрим 1-ый опыт



$N = mg\cos\alpha$ – сила нормальная реакции опоры равна проекции силы тяжести груза на направление, перпендикулярное наклонной плоскости.

$F_{тр} = N\mu = mg\mu\cos\alpha$ – сила трения скольжения, действующая на груз.

$g\sin\alpha$ – проекция ускорения свободного падения на ось, вдоль которой движется груз.

Тогда ускорение груза при подъёме равно

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

Т.к. $\begin{cases} \sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \\ \sin\alpha = 0,8 \\ \alpha \in [0; \frac{\pi}{2}] \end{cases} \Rightarrow \cos\alpha = 0,6$

Тогда численно ускорение с которым тормозит грузик равно $a_1 = 10\cdot\left(0,8 + \frac{1}{3}\cdot 0,6\right) = 10\cdot(0,8 + 0,2) =$
$= 10$ (м/с^2)

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

Допустим, что когда грузик проехал расстояние $S=1$ м, он ещё движется вверх, тогда

$$S=v_0T-\frac{a_1T^2}{2},$$

$$\frac{a_1T^2}{2}-v_0T+S=0,$$

$$T=\frac{v_0-\sqrt{v_0^2-2a_1S}}{2a_1}$$ — $D<0$, $\Rightarrow$ наше предположение неверно и грузик в этот момент едет вниз.

$S_{MAX}=\frac{v_0^2}{2a_1}=\frac{16}{20}=0,8$ (м) — на такое расстояние проедет грузик, прежде чем его скорость станет равна нулю.

Этот подъём займёт время $\tau_1=\frac{v_0}{a_1}=0,4$ (с.)

После этого грузик начнёт скатываться вниз.

Т.к. направление вектора силы трения поменяется, то теперь он будет двигаться с ускорением вниз $a_2=g(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)=$
$=10\cdot\left(0,8-\frac{1}{3}\cdot 0,6\right)=6$ (м/с²)

Грузик должен проехать вниз на $S_2=S-S_{MAX}=$
$=0,2$ (м). Он сделает это за время τ_2, тогда

$$S_2=\frac{a_2\tau_2^2}{2}, \Rightarrow \tau_2=\sqrt{\frac{2S_2}{a_2}}=\sqrt{\frac{2\cdot 0,2}{6}}=\sqrt{\frac{2}{30}}=\sqrt{\frac{1}{15}}\text{ c.}$$

Получается, $\boxed{T=\tau_1+\tau_2=0,4+\sqrt{\frac{1}{15}}\text{ (c.)}}$

2) Теперь рассмотрим второй опыт.

Скорость коробки ~~в~~ в лабораторной СО станет равна $u = 2$ м/с, когда в СО, связанной с лентой транспортёра станет равной нулю. Начальная скорость коробки в СО транспортёра равна $v_0 - u$, при подъёме грузик тормозит с таким же ускорением a_1, как и в пункте 1, тогда

$$L' = \frac{(v_0 - u)^2}{2a_1} = \frac{2^2}{20} = 0{,}2\ (м.)$$ — пройдёт грузик в СО транспортёра.

$$L_1 = L' + u \cdot \frac{v_0 - u}{a_1} = 0{,}2 + 2 \cdot \frac{2}{10} = 0{,}6\ (м.)$$

(пройдёт грузик в ЛСО (на таком расстоянии от точки старта скорость грузика равна 2 м/с)

Но есть и вторая точка, когда скорость грузика станет равной 2 м/с — когда он будет скатываться. В СО транспортёра его скорость будет равна $v_0 = 4$ м/с, тогда

$$L'' = \frac{v_0^2}{2a_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}\ (м.)$$ — такое расстояние грузик скатывается вниз пройдёт грузик.

с таким же ускорением как в п.1

Эта точка находится на расстоянии

$$L_2 = \cancel{L_1}\ L' - L'' + u \cdot \left(\frac{v_0 - u}{a_1} + \frac{v_0}{a_2}\right) = 0{,}2 - \frac{4}{3} + 2 \cdot \left(0{,}2 + \frac{2}{3}\right) =$$

$= \frac{0{,}6 - 4 + \cancel{2{,}4}^{1{,}2} + 4}{3} = \frac{1{,}8}{3} = 0{,}6$ (м.)

Как мы видим, L_1 и L_2 совпали $\Rightarrow$

$\Rightarrow L = L_1 = L_2 = 0{,}6$ (м.)

3) В ЛСО скорость коробки равна нулю $\Rightarrow$ в СО транспортёра скорость коробки равна u и направлена вниз.

$\ell' = L' = 0{,}2$ (м) – расстояние, которое проходит грузик в СО транспортёра до остановки (см. п. 2)

$\ell'' = \frac{u^2}{2a_2} = \frac{2^2}{2\cdot 6} = \frac{1}{3}$ (м.) – расстояние в СО транспортёра, на которое скатывается грузик, пока его скорость в ЛСО не станет равной нулю.

$H = \cancel{(\ell' - \ell'')} \left(\ell' - \ell'' + u\cdot\left(\frac{v_0 - 4}{a_1} + \frac{u}{a_2}\right)\right)\sin\alpha =$

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

$= \frac{2{,}8}{3}\cdot\frac{8}{10} = \frac{28}{30}\cdot\frac{8}{10} = \frac{14}{15}\cdot\frac{4}{5} = \frac{56}{75}$ (м.)

Ответ: $T = 0{,}4 + \sqrt{\frac{1}{15}}$ с.; $L = 0{,}6$ м.

$H = \frac{56}{75}$ м.

N3.

v_0
α

$\mu = ?$
$T = ?$

1) Когда сила направлена под углом α

$N_1 = mg - F\sin\alpha$ – нормальная сила реакции опоры, где m – масса санок

$F_{тр.1} = N_1\mu = (mg - F\sin\alpha)\mu$ – сила трения

$a_1 = \cancel{\frac{F - F_{тр.1}}{m}}\ \frac{F\cos\alpha - F_{тр.1}}{m}$ – ускорение санок

2) когда же сила направлена горизонтально,

$N_2 = mg$ – нормальная сила реакции опоры.

$F_{тр.2} = N_2\mu = mg\mu$ – сила трения.

$a_2 = \frac{F - F_{тр.2}}{m}$ – ускорение санок

3) Т.к. санки за одинаковое время из состояния покоя разгоняются до одинаковой скорости, то

$a_1 = a_2, \Rightarrow F\cos\alpha - F_{тр.1} = F - F_{тр.2}.$

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

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

4) Когда действие силы F прекращается ~~т~~ санки набрали скорость v_0 и тормозят с ускорением

$\frac{F_{тр2}}{m} = g\mu$, тогда

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!

$$v_0 - g\mu T = 0, \Rightarrow T = \frac{v_0}{g\mu} = \frac{v_0 \sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}.$$

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

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

N 4.

$\nu = 1$
$i = 3$
$T_1 = 400$ K
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$A_{12} = ?$
$\eta = ?$
График

1) Запишем 1-ое начало термодинамики для процесса 1-2:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \quad (1)$$

кол-во подведённой теплоты; работа газа; изменение его внутр. энергии.

В процессе 1-2 $C = 2R$, тогда распишем выражение 1:

$$2R\nu(4T_1 - T_1) = A_{12} + \frac{3}{2}\nu R(4T_1 - T_1), \Rightarrow$$

$$A_{12} = \left(2 - \frac{3}{2}\right)R\nu \cdot 3T_1 = 1{,}5\,\nu R T_1 = 1{,}5 \cdot 1 \cdot$$
$\cdot 8{,}31 \cdot 400 = 4986$ (Дж) – работа газа в процессе 1-2.

2) Аналогично найдём работу газа в процессе 2-3:

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

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

$$A_{23} = -\nu R T_1(2^{1,5} - 4).$$

3) И работу газа в процессе 3-1:

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$$

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!

$$2{,}5R\nu\left(\cancel{2}T_1 - 2^{1,5}T_1\right) = A_{31} + \frac{3}{2}\nu R\left(T_1 - 2^{1,5}T_1\right),$$

$$A_{31} = \nu R T_1\left(1 - 2^{1,5}\right).$$

4) Вся работа за цикл $A = A_{12} + A_{23} + A_{31} =$
$= 1{,}5\,\nu RT_1 - \nu RT_1\left(2^{1,5} - 4\right) + \nu RT_1\left(1 - 2^{1,5}\right)$,

$$A = \nu RT_1\left(1{,}5 - 2\cdot 2^{1,5} + 4 + 1\right) = \nu RT_1\left(6{,}5 - 2^{2,5}\right)$$

Т.к. на всём цикле $C > 0$, то теплота к газу подводится только на участках, где его температура увеличивается $\Rightarrow$ во время процесса 1-2, $\Rightarrow$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\nu RT_1\left(6{,}5 - 2^{2,5}\right)}{6R\nu T_1} = \frac{6{,}5 - 2^{2,5}}{6}$$

КПД цикла.

5) Пусть в какой-то момент времени молярная теплоёмкость процесса равна C, тогда по 1-ому началу термодинамики:

$$C\nu\, dT = p\,dV + \frac{3}{2}\nu R\, dT$$

Продифференцировав уравнение Менделеева-Клапейрона, получаем, что $dT = \frac{d(pV)}{\nu R} = \frac{dp\cdot V + p\,dV}{\nu R}$,

Тогда возвращаемся к этому выражению

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!

$c\,\frac{dpV+pdV}{R} = p\,dV + \frac{3}{2}\cdot(dpV+pdV)$,

Преобразовываем и получаем

$p\,dV\left(1+\frac{3}{2}-\frac{c}{R}\right) = dp\,V\left(\frac{c}{R}-\frac{3}{2}\right)$, $\Rightarrow$

$\frac{dp}{p} = \frac{2,5-\frac{c}{R}}{\frac{c}{R}-1,5}\cdot\frac{dV}{V}$ $\rightarrow$ в процессе 1-2 $\frac{c}{R}=2$, $\Rightarrow$

$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V}$, $\Rightarrow$

$\ln\frac{p}{p_1} = \ln\frac{V}{V_1}$, на участке 1-2

$\frac{p}{p_1} = \frac{V}{V_1}$, $\Rightarrow$ $p(V) = V\frac{p_1}{V_1}$

графиком будет прямая, проходящая через т. 1. и начало координат

В процессе 1-2 ~~внутр. энергия~~ температура увеличилась в 4 раза $\Rightarrow$ в 4 раза увеличилось произведение pV

Точка 2 имеет координаты $(2;2)$

В процессе 3-1 $\frac{c}{R} = 2,5$, $\Rightarrow$ $\frac{dp}{p} = 0$, т.е. 3-1- изобара. На участке 3-1 температура изменяется в ~~2~~ $2^{1,5}$ раза $\Rightarrow$ объём ~~б.~~ в точке 3 больше V_1 в $2^{1,5}$ раза

координаты т. 3 – $(2^{1,5};1)$

На участке же 2-3 $\frac{c}{R} = 0,5$, $\Rightarrow$

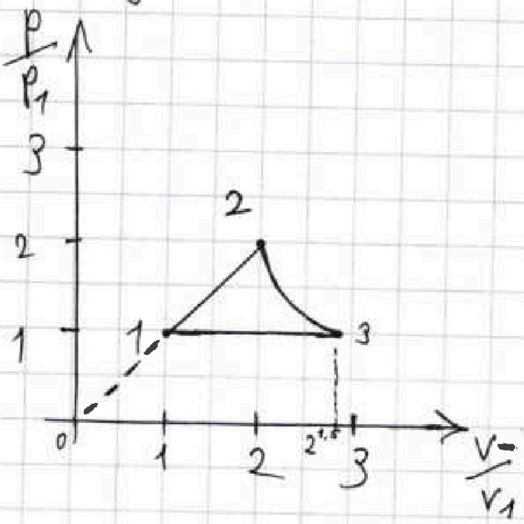
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

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

$\frac{dp}{dV} = -2\,\frac{p}{V}$ – это будет просто гипербола, соединяющая точки 2 и 3.



Ответ: $A_{12} = 1{,}5\,\nu R T_1 = 4986$ Дж

$$\eta = \frac{6{,}5 - 2^{2,5}}{6}.$$

График см. выше.

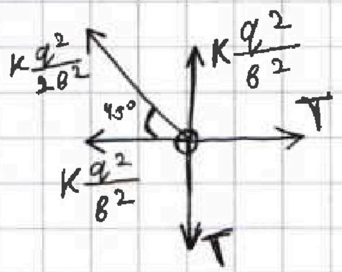
№5.

Дано: b, m, q

$T = ?$
$v = ?$
$d = ?$

1) В силу симметрии силы натяжения нитей равны.

рассмотрим левый верхний заряд и расставим силы, действующие на него:



В проекции на горизонтальную ось:

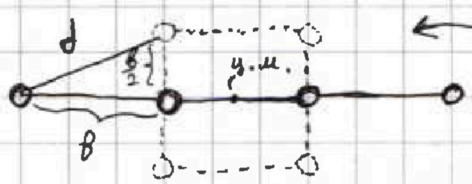
$$T = k\frac{q^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2}\cos 45^0 \Rightarrow$$

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

$$\boxed{T = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{4}}.$$

2) Выделим всю систему, состоящую из массивных зарядов и лёгких нитей.

Т.к. на систему не действуют внешние силы, то, по теореме о движении центра масс, центр масс этой системы остаётся на своём месте (в центре первоначального квадрата)



Тогда $d^2 = b^2 + \frac{b^2}{4}$, (см. рис.)

$$d^2 = \frac{5b^2}{4}, \Rightarrow \boxed{d = \frac{\sqrt{5}\,b}{2}}$$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

3) Рассмотрим два заряда из задачи. Пусть они находятся на расстоянии R друг от друга, тогда

$F=\frac{kq^2}{R^2}$ - сила их взаимодействия.

Пусть заряд удалился на расстояние dR, тогда ~~работа друг~~ другой заряд совершил работу по отношению к этому $\delta A=\frac{kq^2}{R^2}dR$.

Рассмотрим левый верхний заряд. Мы знаем его начальное и конечное положение (см. п. 2). Тогда найдём, какую работу совершили другие 3 заряда над этим (работу силы натяжения нити ~~трения~~ не учитываем, т.к. она всегда перпендикулярна траектории):

$$A=kq^2\left(\underbrace{\int_b^b\frac{dR}{R^2}}_{\text{работа левого нижнего}}+\underbrace{\int_b^{3b}\frac{dR}{R^2}}_{\text{работа правого верхнего}}+\underbrace{\int_{\sqrt2 b}^{2b}\frac{dR}{R^2}}_{\text{работа правого нижнего}}\right),$$

$$A=kq^2\left(\cancel{0+-\frac{1}{27b^3}}\;0-\frac13\cdot(3b)^{-3}+\frac13 b^{-3}-\frac13(2b)^{-3}+\right.$$
$$\left.+\frac13(\sqrt2 b)^{-3}\right)=\frac13 kq^2\left(\frac{-1}{27b^3}+\frac{1}{b^3}-\frac{1}{8b^3}+\frac{1}{\sqrt8 b^3}\right),$$

$$A=\frac{kq^2}{3b^3}\left(1-\frac{1}{27}-\frac18+\frac{1}{\sqrt8}\right)=\frac{kq^2}{3b^3}\cdot\frac{216-8-27+27\sqrt8}{216},$$

$$A=\frac{kq^2}{3b^3}\cdot\frac{181+27\sqrt8}{216}$$

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

В соответствии с теоремой об изменении кин. энергии вся эта работа пошла на увеличение кин. энергии с нуля до $\frac{mv^2}{2}$, $\Rightarrow$

$$\frac{mv^2}{2} = A = \frac{181+27\sqrt{8}}{216} \cdot \frac{kq^2}{3b^3}, \Rightarrow$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{2kq^2}{3b^3 m} \cdot \frac{181+27\sqrt{8}}{216}}}$$

Ответ: $T = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{4}$; $d = \frac{\sqrt{5}\, b}{2}$;

$$v = \sqrt{\frac{2kq^2}{3b^3 m} \cdot \frac{181+27\sqrt{8}}{216}}$$

для левого верхнего заряда.

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 [ ]

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

МФТИ

№1.

$T = 2c$
$S = 20 м.$
$g = 10 м/c^2$

$v_0 = ?$
$H_{MAX} = ?$

1) Когда мяч летит вертикально, на него действует ~~уско~~ сила тяжести ⇒ его ускорение равно g и направлено вниз. Через $T = 2c$. его скорость обнуляется, т.к. ~~g~~ он достигает макс. высоты ⇒

$$v_0 - gT = 0, \Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \left(\frac{м}{c}\right)$$

2) Пусть α - угол, под которым теннисист посылает мяч (угол к горизонту), тогда мяч долетит до стенки через время

$$t = \frac{S}{v_0 \cos\alpha}$$

Запишем, чему равна высота подъёма мяча в момент времени t:

$$H = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin\alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos\alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2\alpha},$$

Получим функцию $H(\alpha)$:

$$H = S \cdot tg\,\alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2\alpha}$$

Т.к. $1 + tg^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha}$, то можем преобразовать выражение и получить функцию $H(tg\,\alpha)$:

$$H = S \cdot tg\,\alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot (1 + tg^2\alpha),$$

$$H(tg\,\alpha) = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot tg^2\alpha + S \cdot tg\,\alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

(графиком этой функции является парабола с ветвями вниз.

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

$$F=\frac{kq^2}{R^2}$$

$$dA=\frac{kq^2}{R^2}\cdot\Delta R$$

$$A=kq^2\int_{R_1}^{R_2}\frac{\Delta R}{R^2}=-\frac{1}{3}\cdot R^{-3}$$

$$\times\begin{array}{r}27\\8\\\hline 216\end{array}\qquad 181\,|\,27$$

$$-\begin{array}{r}216\\8\\\hline 208\\27\\\hline 181\end{array}\qquad +\begin{array}{r}8{,}31\\600\\\hline 4986{,}00\end{array}$$

$$A=kq^2\left(\int_{b}^{b}\frac{dR}{R^2}+\int_{b}^{3b}\frac{dR}{R^2}+\int_{\sqrt{2}b}^{2b}\frac{dR}{R^2}\right)=$$

$$=kq^2\left(0+-\frac{1}{3}\cdot(3b)^{-3}+\frac{1}{3}\cdot b^{-3}-\frac{1}{3}(2b)^{-3}+\frac{1}{3}(\sqrt{2}b)^{-3}\right)=$$

$$=\frac{1}{3}kq^2\left(\frac{-1}{27b^3}+\frac{1}{b^3}-\frac{1}{8b^3}+\frac{1}{2\sqrt{2}b^3}\right)=$$

$$=\frac{kq^2}{3b^3}\left(1-\frac{1}{27}-\frac{1}{8}+\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)=\frac{kq^2}{3b^3}\cdot\frac{216-8-27+27\sqrt{}}{216}$$

$$=\frac{kq^2}{3b^3}\cdot\frac{181+27\sqrt{8}}{216}.$$

$$dT=\frac{d(pV)}{\nu R}=\frac{dpV+pdV}{\nu R}$$

$\nu=1$
$i=3$
$T_1=400K$
$R=8{,}31\frac{Дж}{моль K}$

$A_{12}=?$
$\eta=?$
График

1) $Q_{12}=A_{12}+\Delta U_{12}$

$$2R\nu(4T_1-T_1)=A_{12}+\frac{3}{2}\nu R(4T_1-T_1)$$

$$C\nu dT=pdV+\frac{3}{2}\nu R dT,$$

$$C\frac{dpV+pdV}{R}=pdV+\frac{3}{2}\cdot(dpV+pdV).$$

$$\boxed{pdV\left(1+\frac{3}{2}-\frac{C}{R}\right)=dpV\left(\frac{C}{R}-\frac{3}{2}\right)}$$

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

$$\frac{dp}{p} = \frac{2{,}5 - \frac{C}{R}}{\frac{C}{R} - 1{,}5} \cdot \frac{dV}{V}.$$

1–2:

$$\frac{dp}{p} = \frac{2{,}5 - 2}{2 - 1{,}5} \cdot \frac{dV}{V},$$

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