



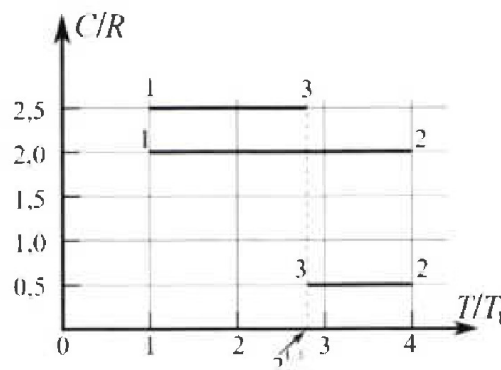
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



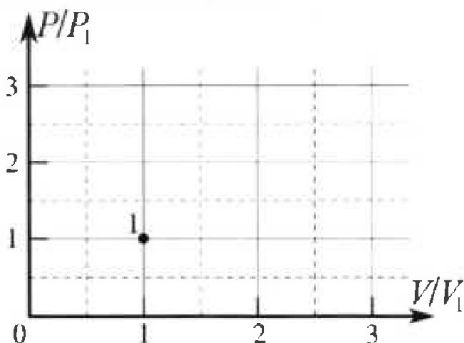
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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.



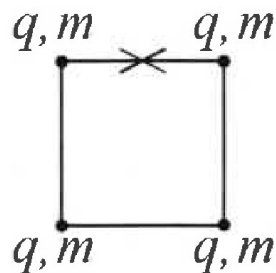
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 сверху (на рисунке)?



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



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



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

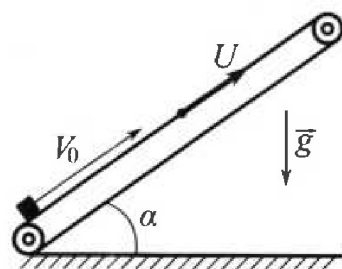
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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 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/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

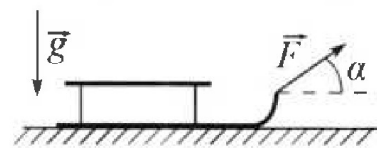
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Максимум параболы достигается при
 $\text{tg } \alpha = \frac{S}{\frac{gS^2}{v_0^2}} = \frac{Sv_0^2}{gS^2} = \frac{v_0^2}{gS}$.

$$\begin{aligned} \text{Следовательно, } H_{\text{MAX}} &= H\left(\text{tg } \alpha = \frac{v_0^2}{gS}\right) = \\ &= -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2S^2} + S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \\ &= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = 20 - 5 = 15 \text{ (м)} \end{aligned}$$

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

Ответ: $v_0 = 20 \text{ м/с}$; $H_{\text{MAX}} = 15 \text{ м}$.

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!

N2.

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$S = 1 \text{ м}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

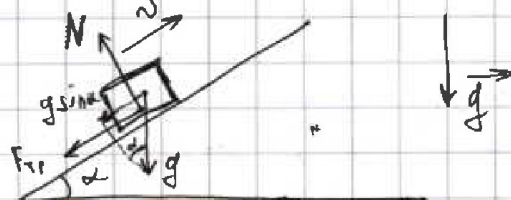
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$T = ?$$

$$L = ?$$

$$H = ?$$

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 подъеме равно

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

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

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

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!

Допустим, что когда грузик проехал расстояние $s=1$ м, он ещё двинется вверх, тогда

$$s = v_0 T - \frac{a_1 T^2}{2},$$

$$\frac{a_1 T^2}{2} - v_0 T + s = 0,$$

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

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

$$\text{Этот путь он займёт время } t_1 = \frac{v_0}{a_1} = 0,4 \text{ (с.)}$$

После этого грузик начнёт скатываться вниз.

Т.к. направление вектора силы трения меняется, то теперь он будет двигаться с ускорением вниз $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$

$$= 10 \cdot (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Грузик должен проехать вниз на $s_2 = s_{\max} - s_{\text{нач}} = 0,2 \text{ (м)}$. Он сделает это за время t_2 , тогда

$$s_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}, \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{2}{30}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с.}$$

$$\text{Получается, } T = t_1 + t_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ (с.)}$$



1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

2) Теперь рассмотрим второй опыт.

Скорость коробки в лабораторной СО станет равна $u = 2$ м/с, когда в СО, связанной с лентой транспортера станет равной нулю. Начальная скорость коробки в СО транспортера равна $v_0 = 4$, при подъеме грузик тормозит с таким же ускорением a_1 , как и в пункте 1, тогда

$$L' = \frac{(v_0 - u)^2}{2a_1} = \frac{2^2}{20} = 0,2 \text{ (м)} - \text{пройдет грузик}$$

в СО транспортера.

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

(Пройдет 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 транспортера его скорость будет равна $v_0 = 4$ м/с, тогда

$$L'' = \frac{v_0^2}{2a_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3} \text{ (м)} - \text{такое расстояние}$$

грузик скатывается с таким же ускорением как в п.1

вниз Пройдет грузик.

Эта точка находится на расстоянии

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

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!

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

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

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

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

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

$$l'' = \frac{u^2}{2a_2} = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{1}{3} \text{ (м.)} - \text{расстояние в СО}$$

транспортёра, ^{на} которое скатывается грузик,
пока его скорость в ЛСО не станет равной
нулю.

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

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

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

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

$$H = \frac{56}{75} \text{ м.}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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
 $F_{\text{тр.1}} = N_1 \mu = (mg - F \sin \alpha) \mu$ - сила трения
 $a_1 = \frac{F \cos \alpha - F_{\text{тр.1}}}{m}$ - ускорение санок

2) Когда та же сила направлена горизонтально,
 $N_2 = mg$ - нормальная сила реакции опоры.
 $F_{\text{тр.2}} = N_2 \mu = mg \mu$ - сила трения.

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

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

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

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

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

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

$\frac{F_{\text{тр.2}}}{m} = g \mu$, 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!

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

$$\text{ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}.$$

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!

N 4.

$$\nu = 1$$

$$i = 3$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$A_{12} = ?$$

$$\eta = ?$$

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:

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

$$A_{12} = \left(2 - \frac{3}{2}\right)R\nu \cdot 3T_1 = 1,5 \nu R T_1 = 1,5 \cdot 1 \cdot$$

$$\cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ (Дж)} - \text{работа газа в процессе 1-2.}$$

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$2,5 R \ln(3T_1 - 2^{1,5} T_1) = A_{31} + \frac{3}{2} R \ln(T_1 - 2^{1,5} T_1),$$
$$A_{31} = R T_1 (1 - 2^{1,5}).$$

4) Вся работа за цикл $A = A_{12} + A_{23} + A_{31} =$

$$= 1,5 R T_1 - R T_1 (2^{1,5} - 4) + R T_1 (1 - 2^{1,5})$$
$$A = R T_1 (1,5 - 2 \cdot 2^{1,5} + 4 + 1) = R T_1 (6,5 - 2^{2,5})$$

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

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

КПД цикла.

5) Пусть в какой-то момент времени
мольная теплоёмкость процесса равна
 C , тогда по тому началу термодинамики:

$$C \ln T = p \ln V + \frac{3}{2} R \ln T$$

Дифференцировав
уравнение Менделеева-
Клапейрона, получаем,

$$\text{что } \ln T = \frac{p \ln V}{\frac{3}{2} R} = \frac{p \cdot V + p \ln V}{\frac{3}{2} R},$$

Тогда возвращаясь
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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

Преобразовываем и получаем

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

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

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

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

графиком будет
прямая, проходящая
через т. 1. и нача-
ло 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)

$$\text{В процессе 3-1 } \frac{c}{R} = 2,5, \Rightarrow \frac{dp}{p} = 0, \text{ т.е.}$$

3-1- изобара. На участке 3-1 температура
изменяется в $2, 2^{1,5}$ раза $\Rightarrow$

объем в точке 3 больше V_1 в $2^{1,5}$ раза
координаты т. 3 - $(2^{1,5}; 1)$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

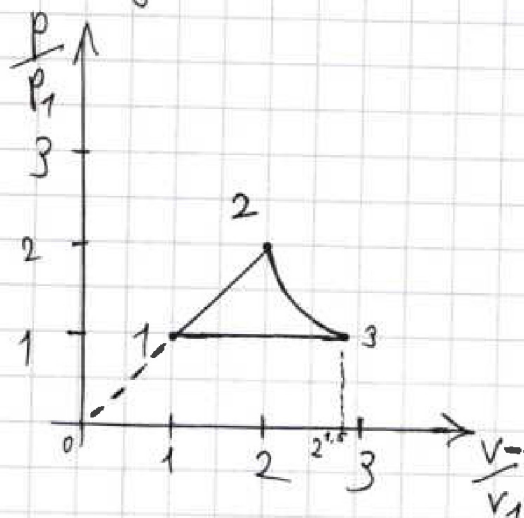
МФТИ

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: $d_{12} = 1,5 \gamma R T_1 = 4986 \text{ Дж}$

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

График см. выше.

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!

N5.

b, m, q

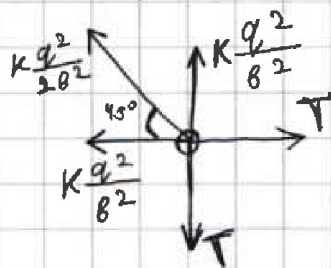
$T = ?$

$v = ?$

$d = ?$

1) В силу симметрии силы натяжения нитей равны.

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



В проекции на горизонтальную ось:

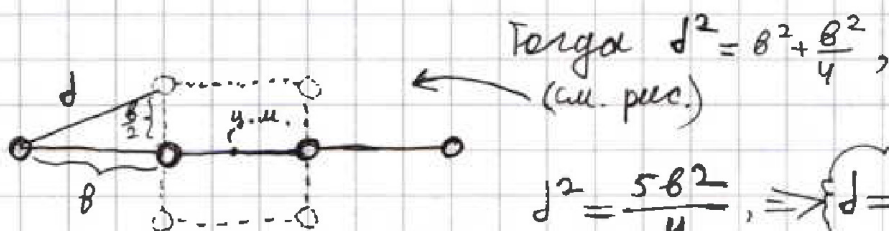
$$T = K \frac{q^2}{b^2} + \frac{Kq^2}{2b^2} \cos 45^\circ \Rightarrow$$

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

$$T = \frac{Kq^2}{b^2} \cdot \frac{4 + \sqrt{2}}{4}$$

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

П.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)



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

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

$$F = \frac{kq_1^2}{R^2} - \text{сила их взаимодействия.}$$

Пусть заряд удалился на расстояние $\downarrow R$, тогда ~~работа друг~~ другой заряд совершил работу по отношению к этому $\delta A = \frac{kq_1^2}{R^2} \downarrow R$.

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

$$A = kq_1^2 \left(\underbrace{\int_0^8 \frac{dR}{R^2}}_{\text{работа левого нижнего}} + \underbrace{\int_0^{3\delta} \frac{dR}{R^2}}_{\text{работа правого верхнего}} + \underbrace{\int_{12\delta}^{2\delta} \frac{dR}{R^2}}_{\text{работа правого нижнего}} \right),$$

$$A = kq_1^2 \left(\cancel{0} + \cancel{-\frac{1}{27\delta^3}} - 0 - \frac{1}{3} \cdot (3\delta)^{-3} + \frac{1}{3} \delta^{-3} - \frac{1}{3} (2\delta)^{-3} + \frac{1}{3} (12\delta)^{-3} \right) = \frac{1}{3} kq_1^2 \left(\frac{-1}{27\delta^3} + \frac{1}{\delta^3} - \frac{1}{8\delta^3} + \frac{1}{18\delta^3} \right),$$

$$A = \frac{kq_1^2}{3\delta^3} \left(1 - \frac{1}{27} - \frac{1}{8} + \frac{1}{18} \right) = \frac{kq_1^2}{3\delta^3} \cdot \frac{216 - 8 - 27 + 27\sqrt{81}}{216},$$

$$A = \frac{kq_1^2}{3\delta^3} \cdot \frac{181 + 27\sqrt{81}}{216}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

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

$$\frac{mv^2}{2} = A = \frac{181+27\sqrt{81}}{216} \cdot \frac{kq^2}{3\theta^3}, \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2kq^2}{3\theta^3 m} \cdot \frac{181+27\sqrt{81}}{216}}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{kq^2}{\theta^2} \cdot \frac{4+\sqrt{21}}{4}; \quad d = \frac{\sqrt{51} \theta}{2};$$

$$v = \sqrt{\frac{2kq^2}{3\theta^3 m} \cdot \frac{181+27\sqrt{81}}{216}}$$

для левого верхнего заряда.

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!

№1.

$$T = 2 \text{ с}$$

$$S = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = ?$$

$$H_{\text{max}} = ?$$

1) Когда мяч лежит вертикально,
на него действует ~~только~~ сила тяжести $\Rightarrow$
его ускорение равно g и направлено
вниз. Через $T = 2 \text{ с}$ его скорость обнуляется,
т.к. g он достигает макс. высоты $\Rightarrow$

$$v_0 - gT = 0, \Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \text{ (м/с)}$$

2) Пусть α - угол, под которым танкист
навышает 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 :

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

Получим функцию $H(\alpha)$:

$$H = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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

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

$$H(\tan \alpha) = -\frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \tan^2 \alpha + S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

(графиком этой функции является
парабола с ветвями вниз.



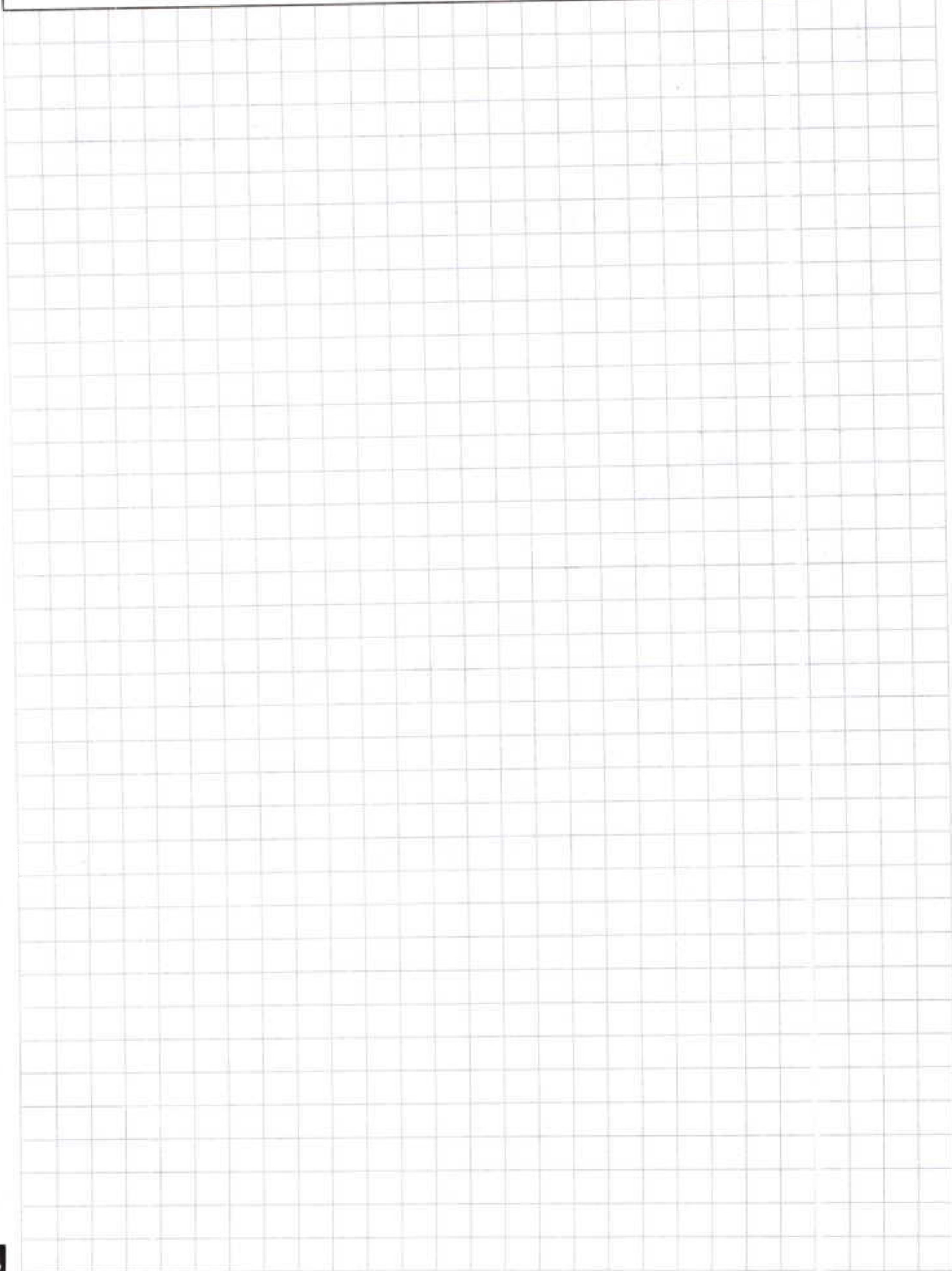
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

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

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

$$\begin{array}{r} \times 216 \\ 216 \\ - 216 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$13127$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ + 8,31 \\ \hline 16,62 \end{array}$$

$$A = kq^2 \left(\int_0^6 \frac{dR}{R^2} + \int_6^{36} \frac{dR}{R^2} + \int_{\sqrt{2} \cdot 6}^{26} \frac{dR}{R^2} \right) =$$

$$= kq^2 \left(0 + -\frac{1}{3} \cdot (36)^{-3} + \frac{1}{3} \cdot 6^{-3} + \frac{1}{3} (26)^{-3} + \frac{1}{3} (\sqrt{2} \cdot 6)^{-3} \right) =$$

$$= \frac{1}{3} kq^2 \left(-\frac{1}{216^3} + \frac{1}{6^3} - \frac{1}{86^3} + \frac{1}{2\sqrt{2} \cdot 6^3} \right) =$$

$$= \frac{kq^2}{3 \cdot 6^3} \left(1 - \frac{1}{216} + \frac{1}{8} + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{3 \cdot 6^3} \cdot \frac{216 - 1 - 27 + 27\sqrt{2}}{216}$$

$$= \frac{kq^2}{3 \cdot 6^3} \cdot \frac{181 + 27\sqrt{2}}{216}$$

$$dT = \frac{dpV}{2R} = \frac{dpV + p dV}{2R}$$

$$\gamma = 1$$

$$i = 3$$

$$T_1 = 400 K$$

$$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$$

$$A_{12} = ?$$

$$\eta = ?$$

График

$$1) Q_{12} = A_{12} + A U_{12}$$

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

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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

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

1-2:

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

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