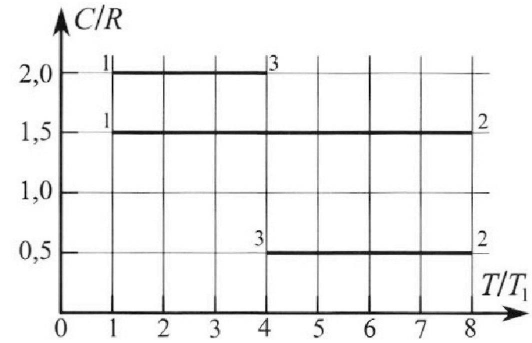
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

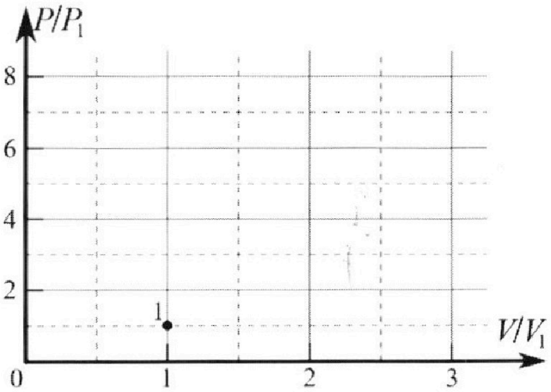


4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К,
универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

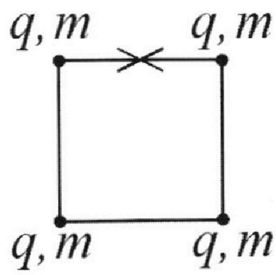
1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

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 a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T.



1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K 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)?

Электриче ская постоянная ε_0. Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^0$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

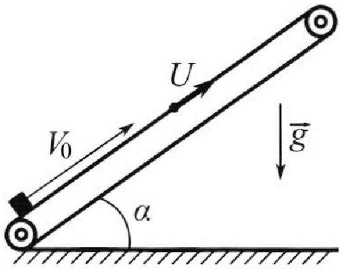
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3{,}6$ м.

2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения g =10 м/с^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin\alpha = 0{,}6$ (см. рис.). *В первом опыте* небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0{,}5$. Движение коробки прямолинейное.



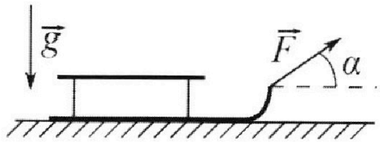
1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое вр емя T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль *во втором опыте*? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.



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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.

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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. 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 [X] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

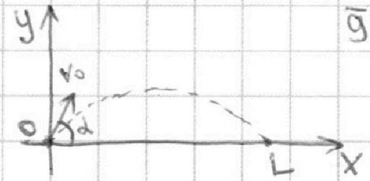
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№1 (чистовик)

Дано:
$\alpha = 45^\circ$
$L = 20\text{м}$
$H = 3{,}6\text{м}$
$g = 10\text{м}/\text{с}^2$

1. V_0 – ?
2. S – ?

1) 

$\vec{g}\downarrow$ $t_{пол}$ – время полёта мяча

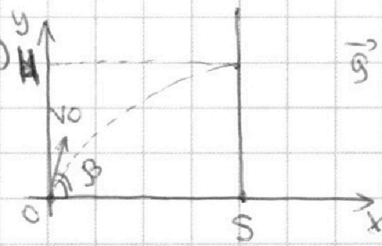
Запишем уравнения движ. мяча в проекц. на ось x и на ось y:

$$\begin{cases} V_0 \cdot \cos\alpha \cdot t_{пол} = L \\ 0 = V_0 \sin\alpha \cdot t_{пол} - \dfrac{g \cdot t_{пол}^2}{2} \end{cases} \Big| : t_{пол} \neq 0 \quad t_{пол} = \frac{2V_0 \sin\alpha}{g}$$

$$V_0 \cos\alpha \cdot \frac{2V_0 \sin\alpha}{g} = L$$

$$V_0^2 \cdot \sin 2\alpha = Lg$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20\text{м} \cdot 10\text{м}/\text{с}^2}{\sin 90^\circ}} = 10\sqrt{2}\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) 

$\vec{g}\downarrow$ 1. Пусть угол, под кот. направлена скорость мяча $= \beta$

2. Наибольшая высота, на кот. происходит соударение мяча со стенкой – это максимальная высота подъёма мяча при броске под углом β

3. На максимальной высоте подъёма проекция скорости мяча на ось y равна 0:

$0 = V_0 \sin\beta - g\, t_{под}$ ($t_{под}$ – время, за кот. мяч поднялся на высоту H)

$$t_{под} = \frac{V_0 \sin\beta}{g}$$

4. Запишем уравнения движения мяча в проекции на ось x и на ось y:

$$\begin{cases} H = V_0 \sin\beta \cdot t_{под} - \dfrac{g\, t_{под}^2}{2} \\ S = V_0 \cos\beta \cdot t_{под} \end{cases}$$

$$H = V_0 \sin\beta \cdot \frac{V_0 \sin\beta}{g} - \frac{g \cdot V_0^2 \sin^2\beta}{2g^2} = \frac{V_0^2 \sin^2\beta}{2g}$$

$$\sin\beta = \frac{\sqrt{2gH}}{V_0}$$

(продолжение на стр. 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!

стр.2 №1 (продолжение, чистовик)

$$\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\frac{2gH}{V_0^2}} = \frac{\sqrt{V_0^2-2gH}}{V_0}$$

$$S = V_0\cos\beta\, t_{пол} = V_0\cos\beta\,\frac{V_0\sin\beta}{g} = \frac{V_0^2}{g}\cdot\frac{\sqrt{2gH}}{V_0}\cdot\frac{\sqrt{V_0^2-2gH}}{V_0} =$$

$$= \frac{\sqrt{2gH}\,\sqrt{V_0^2-2gH}}{g} = \frac{\sqrt{2\cdot 10\,м/с^2\cdot 3{,}6\,м}\cdot\sqrt{200\,\frac{м^2}{с^2}-2\cdot 10\,м/с^2\cdot 3{,}6\,м}}{10\,м/с^2} =$$

$$= \frac{6\sqrt{2}\cdot\sqrt{128}}{10}\,м = \frac{6\cdot 16^{8}}{10_5}\,м = \frac{48}{5}\,м$$

Ответ: 1. $V_0 = 10\sqrt{2}$ м/с

2. $S = \frac{48}{5}$ 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

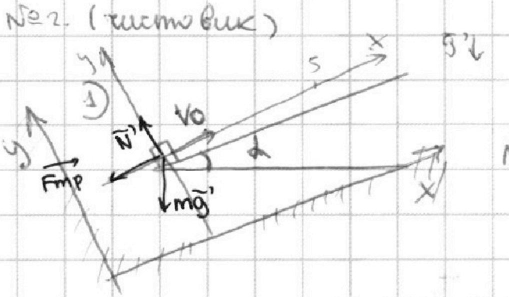
стр. 7

№2. (чистовик)

Дано:
$\sin\alpha = 0{,}6 = \frac{3}{5}$
$V_0 = 6$ м/с
$\mu = \frac{1}{2}$
$T = 1$ с
$u = 1$ м/с
$g = 10$ м/с²

1. S - ?
2. T_1 - ?
3. L - ?

1)



На санки действуют силы: $\vec{N}$, $m\vec{g}$, $\vec{F}_{тр}$

1. по II з-ну Ньютона в проекции на ось x и на ось y

$$\begin{cases} N = mg\cos\alpha \\ -ma = F_{тр} + mg\sin\alpha \end{cases}$$

$F_{тр} = \mu N$ (по опр. силы тр. скольж.)

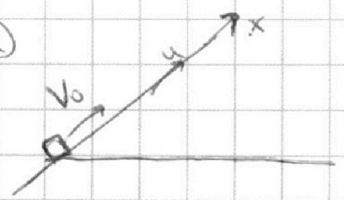
$-ma = \mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha \ | : m$

$a = -(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)g$

2. Запишем уравнение движ. для коробки на ось x:

$$S = V_0 T + \frac{aT^2}{2} = V_0 \cdot T - \frac{(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)gT^2}{2} = 6\text{ м/с}\cdot 1\text{ с} - \frac{\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5} + \frac{3}{5}\right)\cdot 10\text{ м/с}^2\cdot 1\text{ с}^2}{2} = (6-5)\text{ м} = 1\text{ м}.$$

2)



Лента транспортёра (в частности верхняя часть) движется с постоянной скоростью u =>

=> можем перейти в инерциальную систему отсчёта, связанную с верхней частью ленты транспортёра. Скорость коробки будет равна u тогда, когда в выбранной СО её скорость будет равна нулю (по з-ну сложения скоростей). Начальная скорость в выбранной СО - это $(V_0 - u)$ по з-ну сложения скоростей

(продолжение на стр. 8)

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

стр 8 №2 (продолжение, чистовик)

Ускорение коробки относительно л.с.о = ускорение коробки относ. выбранной со + ускорение выбранной со относ лсо. Следовательно ускорение коробки по первому пункту задачи в проекции на ось x

$a = -(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)g$

Скорость равна 0 в момент времени T_1:

~~Запишем ур-е движения в проекции на ось x:~~

$0 = V_0 - u + aT_1$ (на ось x)

$T_1 = \frac{V_0 - u}{-a} = \frac{V_0 - u}{(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)g} = \frac{5\ м/с}{(\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}+\frac{3}{5})\cdot 10\ м/с^2} = \frac{1}{2}\ с$

3) Скорость коробки = 0 в л.с.о $\Rightarrow$ в выбранной со (п. 2) скорость коробки в проекции на ось x = $-u$:

$$\begin{cases} -\cancel{u} = V_0 - \cancel{u} + aT_2 \quad (\text{на ось } x) \Rightarrow T_2 = \frac{-V_0}{a} \\ S = (V_0 - u)T_2 + a\frac{T_2^2}{2} \quad (\text{ур-е движ на ось } x) \end{cases}$$

$S = (V_0 - u)\cdot\frac{V_0}{(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)g} - \frac{V_0^2}{2(\mu\cos\alpha+\sin\alpha)g} = \frac{2V_0^2 - uV_0 - V_0^2}{2(\mu\cos\alpha+\sin\alpha)g} =$

$= \frac{V_0^2 - uV_0}{2(\mu\cos\alpha+\sin\alpha)g} = \frac{36\ \frac{м^2}{с^2} - 6\ \frac{м^2}{с^2}}{2\cdot(\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}+\frac{3}{5})10\ \frac{м}{с^2}} = \frac{3}{2}\ м$

Ответ: 1. $S = 1$ м

2. $T_1 = \frac{1}{2}$ с

3. $S = \frac{3}{2}$ 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!

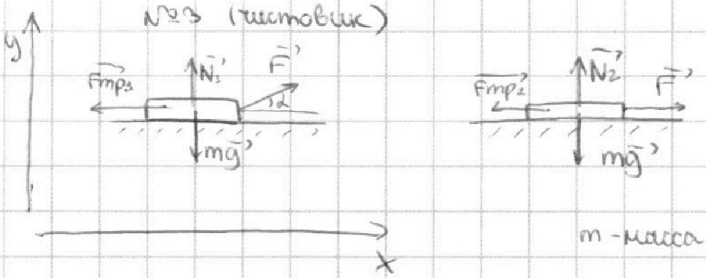
МФТИ

№3 (чистовик)

Дано.

K, α, g

1. μ - ?
2. S - ?



m - масса санок

① 1. Пусть силы, действ. на санки в первом случае: $m\vec{g}, \vec{F}, \vec{F}_{тр1}, \vec{N}_1$

Силы, действ. на санки во втором случае: $m\vec{g}, \vec{F}, \vec{F}_{тр2}, \vec{N}_2$

2. Запишем II з-н Ньютона для первого и второго случая в проекции ~~на оси x и~~ на ось y:

$$\begin{cases} N_1 = mg - F\cdot\sin\alpha \\ N_2 = mg \end{cases}$$

3. Запишем ЗСЭ для первого и для второго случая:

$$\begin{cases} A_{F1} + A_{Fтр1} = K \\ A_{F2} + A_{Fтр2} = K \end{cases}$$

A_{F1} - работа силы F по перемещению санок на расстояние L в 1 сл.

A_{F2} - работа силы F по перемещению санок на расстояние L во 2 сл. (т.к. по усл. санки разг. на один участ. пути)

$A_{Fтр1}$ - работа силы $F_{тр1}$ по перемещ. санок на расс. L в 1 сл.

$A_{Fтр2}$ - работа силы $F_{тр2}$ по перемещ. санок на расст. L во 2 сл.

по опр. работы:

$$\begin{cases} A_{F1} = F\cdot L\cdot\cos\alpha \\ A_{F2} = F\cdot L \\ A_{Fтр1} = -F_{тр1}\cdot L \overset{\text{по опр. силы тр. скольж.}}{=} -\mu N_1\cdot L \overset{(п.2)}{=} -\mu\cdot(mg - F\sin\alpha)L \\ A_{Fтр2} = -F_{тр2}\cdot L \overset{\text{по опр. силы тр. скольж.}}{=} -\mu N_2\cdot L \overset{(п.2)}{=} -\mu mgL \end{cases}$$

(продолжение на стр. 6)

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 (продолжение, чистовик)

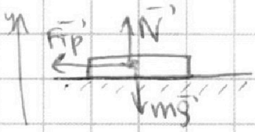
$$\begin{cases} K = F\cdot L\cdot \cos\alpha - \mu mgL + \mu F\sin\alpha\cdot L \\ K = F\cdot L - \mu mgL \end{cases}$$

$$F\cdot L\cdot\cos\alpha - \cancel{\mu mgL} + \mu F\sin\alpha\cdot L = FL - \cancel{\mu mgL} \quad | : FL$$

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

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

2) В процессе торможения санок до остановки вся кинетическая энергия санок перейдет в работу сил трения (ЗСЭ)



силы, действ. на санки: $\vec{F}_{тр}'$, $\vec{N}'$, $m\vec{g}'$

по II з-ну Ньютона в проекции на ось y: $N = mg$

$$|A_{Fтр}| = K$$

↓ по опр. работы

$$F_{тр}\cdot S = K \qquad F_{тр} = \mu N \text{ по опр. силы тр. скольжения}$$

$$\mu N\cdot S = K$$

$$\mu mgS = K$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K\sin\alpha}{mg\cdot(1-\cos\alpha)}$$

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

2. ~~$S = \dfrac{K}{\mu mg}$, где m - масса санок~~

$S = \dfrac{K\sin\alpha}{mg(1-\cos\alpha)}$, где m - масса санок

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

стр.3

№4. (чистовик)

Дано:
$\vartheta = 1$ моль
$\frac{C}{R}(T/\Pi)$
$T_1 = 200K$
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\cdot K}$

1. A_{31} — ?
2. η — ?
3. график

1) 1. Запишем первое начало термодинамики для процесса 3-1.

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

2. $\begin{cases} \Delta U_{31} = \vartheta R \cdot \frac{3}{2}(T_1 - T_3) \\ T_3 = 4T_1 \text{ (из графика)} \end{cases}$

$$\Delta U_{31} = -\frac{3\cdot 3}{2}\vartheta R T_1 = -\frac{9}{2}RT_1 \quad (\text{т.к. } \vartheta = 1 \text{моль})$$

3. $\begin{cases} Q_{31} = C_{31}(T_1 - T_3) \\ C_{31} = 2R \text{ (из графика)} \\ T_3 = 4T_1 \text{ (из графика} \end{cases}$

$$Q_{31} = -2R\cdot 3T_1 = -6RT_1$$

4. из п. 1,2,3

$$A_{31} = \cancel{\Delta U_{31} - \Delta U_{31}} = \Delta U_{31} - Q_{31} = -\frac{9}{2}RT_1 + 6RT_1 = RT_1\frac{6\cdot 2 - 9}{2} = \frac{3}{2}RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2}\text{моль}\cdot 200K \cdot 8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot K} = 6\cdot 831 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}.$$

2) 1. из графика: $T_2 = 8T_1$; $T_3 = 4T_1$; $C_{31} = 2R$; $C_{12} = \frac{3}{2}R$; $C_{23} = \frac{1}{2}R$

2. запишем Q_{12}, Q_{23}, Q_{31}:

- $Q_{12} = C_{12}\cdot \Delta T_{12} = \frac{3}{2}R\cdot(8T_1 - T_1) = \frac{21}{2}RT_1 > 0 \Rightarrow Q_{12}$ — это $Q_{нагревателя}$
- $Q_{23} = C_{23}\cdot\Delta T_{23} = \frac{1}{2}R(4T_1 - 8T_1) = -2RT_1 < 0 \Rightarrow Q_{23}$ — это $Q_{холод.}$
- $Q_{31} = C_{31}\cdot\Delta T_{31} = 2R(T_1 - 4T_1) = -6RT_1 < 0 \Rightarrow Q_{31}$ — это $Q_{холод}$

3. из опр. КПД: $\eta = 1 - \frac{|Q_{холод.}|}{Q_{нагрев}} = 1 - \frac{|Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}} =$

$$= 1 - \frac{8RT_1\cdot 2}{21RT_1} = \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$$

(продолжение на стр. 4)

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

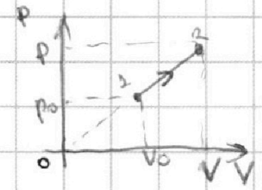
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

стр. 4 — №4 (продолжение, чистовик)

3) 1. рассмотрим процесс, такой, что его график:



газ идеальный, одноатомный $\nu = 1$ моль

пусть в точке 1 коорд $(p_0; V_0)$

в точке 2 коорд $(p; V)$

график этого процесса - прямая, прох. ч/з начало координат =>

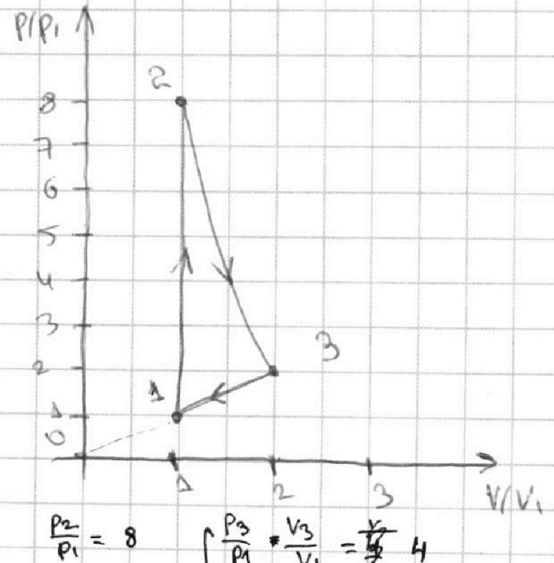
=> $\frac{p_0}{V_0} = \frac{p}{V} = tg$ угла наклона пр. => $p_0 V = p V_0$

Запишем первое начало термодинамики для процесса 12:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (p_0+p)(V-V_0)\cdot\frac{1}{2} + \frac{3}{2}(pV - p_0V_0) = \frac{1}{2}(\cancel{p_0V} -$$

$$- p_0V_0 + pV - \cancel{pV_0} + 3pV - 3p_0V_0) = \frac{1}{2}(4pV - 4p_0V_0) = 2(pV - p_0V_0) =$$

$= 2\nu R\Delta T$ => молярная теплоёмкость такого процесса $= 2R$ (т.к. $\nu = 1$ моль). А значит процесс 31 в нашей задаче таков, что его график в координатах p от V - прямая, проходящая ч/з начало координат => $\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} = tg\,\alpha$, где α - угол наклона этой прямой



Запишем ур-я состояния идеального газа в т.1, 2, 3:

$$\begin{cases} p_1V_1 = \nu RT_1 \\ p_2V_2 = \nu R 8T_1 \\ p_3V_3 = \nu R\cdot 4T_1 \end{cases}$$

молярная теплоёмкость процесса $12 = \frac{3}{2}R$ =>

=> $\frac{3}{2}R\Delta T_{12} = A_{12} + \frac{3}{2}R\Delta T_{12}$ =>

=> $A_{12} = 0$ => процесс 12 - изохорный =>

=> $V_2 = V_1$

$\frac{p_2}{p_1} = 8$ $\begin{cases} \frac{p_3}{p_1}\cdot\frac{V_3}{V_1} = 4 \\ \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_1} \end{cases}$ $\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_1} = 2$

Ответ: 1. $A_{31} = 4986$ Дж. 2. $\eta = \frac{5}{21}$. 3 (график)

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

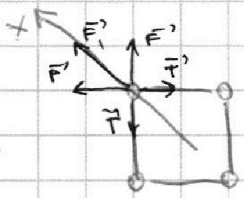
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№5 (чистовик)

Дано:

a, T, ε_0

1. $|q|$ - ?
2. k - ?
3. d - ?



1) На каждый заряд действует:

(F)
• сила отталкивания со стороны трех других шариков

F - сила 1х шариков по сторонам
F₁ - сила взаим. по диаг.

• две силы натяжения нити T

1. Шарики неподвижны => по II з-ну Ньютона в проекции на ось x на

$$\begin{cases} 2 \cdot T \cdot \cos 45^\circ = 2F \cos 45^\circ + F_1 \\ F = k \dfrac{q^2}{a^2}, F_1 = k\dfrac{q^2}{2a^2} \end{cases}$$

(сила взаим. двух точечных зарядов по з-ну Кулона)

~~$2 \cdot T \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \left(2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right) k \frac{q^2}{a^2}$~~

~~$\sqrt{2}T = (1+\sqrt{2})k\frac{q^2}{a^2}$~~

~~$q^2 = \frac{\sqrt{2}T \cdot a^2}{(1+\sqrt{2})k}$~~

~~$|q| = a \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2}T}{(1+\sqrt{2})k}}$~~ $= a\sqrt{\frac{\sqrt{2}T \cdot 4\pi\varepsilon_0}{1+\sqrt{2}}}$

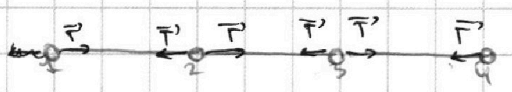
$$2T \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 2 \cdot k\frac{q^2}{a^2} + k\frac{q^2}{2a^2}$$

$$q^2\left(\frac{2k}{a^2} + \frac{k}{2a^2}\right) = \sqrt{2}T$$

$$q^2 \frac{5k}{2a^2} = \sqrt{2}T$$

$$|q| = \sqrt{\frac{\sqrt{2}T \cdot 2a^2}{5k}} = a\sqrt{\frac{8\pi\varepsilon_0\sqrt{2}T}{5}}$$

2)



Рассмотрим шарики 1, 2, 3, 4 по ЗСИ, т.к. в начале шарики покоились:

$$m\vec{v_1}' + m\vec{v_2}' + m\vec{v_3}' + m\vec{v_4}' = 0$$

В силу симметрии $\vec{v_1}' = \vec{v_4}' = \vec{u_1}'$; $\vec{v_2}' = \vec{v_3}' = \vec{u_2}'$

$$2\vec{u_1}' = 2\vec{u_2}' = 0$$

$\vec{u_1}' = \vec{u_2}' = \vec{v}'$ => все шарики имеют одинаковую скорость V

(продолжение на стр 10)

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

стр.10 №5 (чистовик продолжение)

~~Тогда по закону сохранения энергии:~~

~~$4k\frac{q^2}{a^2} + 2k\frac{q^2}{2a^2} = \frac{5mV^2}{2} = K$, кинетическая энергия нижнего шарика $+ 3k\frac{q^2}{a^2} + 2k\frac{q^2}{4a^2} + k\frac{q^2}{9a^2}$~~

~~$5k\frac{q^2}{a^2}$~~

Тогда по ЗСЭ:

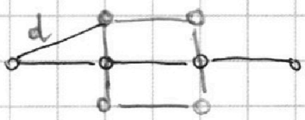
кинетическая энергия каждого шарика

$$4k\frac{q^2}{a} + 2k\frac{q^2}{\sqrt{2}a} = 5K + 3k\frac{q^2}{a} + 2k\frac{q^2}{2a} + k\frac{q^2}{3a}$$

$$K = \frac{q^2 k}{5a}\left(4+\sqrt{2}-3-1-\frac{1}{3}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a\cdot 5}\left(\sqrt{2}-\frac{1}{3}\right) =$$

$$= \frac{\sqrt{2}T\cdot 2a^2\cdot 4\pi\varepsilon_0}{5\cdot 5\cdot 4\pi\varepsilon_0 a}\left(\sqrt{2}-\frac{1}{3}\right) = \frac{2\sqrt{2}}{25}Ta\left(\sqrt{2}-\frac{1}{3}\right)$$

3)



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

При пережигании нити 1 верхние шарики начнут двигаться под действием сил отталкивания от одноименно заряженных шариков, а верхние – наверх

Ответ:
1. $|q| = 2a\sqrt{\frac{2\pi\varepsilon_0\sqrt{2}T}{5}}$
2. $K = \frac{2\sqrt{2}}{25}Ta\left(\sqrt{2}-\frac{1}{3}\right)$
3. $d = \frac{\sqrt{5}a}{2}$

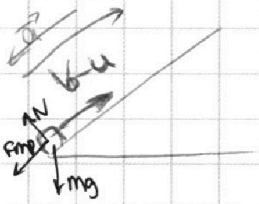
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

черновик



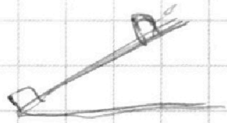
$ma = \mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha$

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

скорость $= 0$

$0 = (V_0 - u) - a\cdot\tau_1$

$\tau_1 = \frac{V_0 - u}{a} = \frac{V_0 - u}{(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)g}$



скорость станет ~~...~~ скорость коробки

скор в л.с.о $\to$ ск. $= -u$

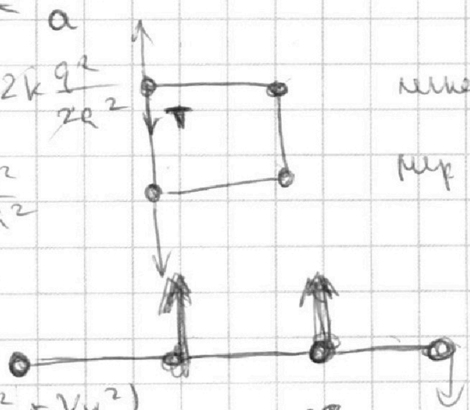
$-u = V_0 - u - a\cdot\tau_2 \qquad \tau_2 = \frac{V_0}{a}$

$S = (V_0 - u)\cdot\tau_2 - a\frac{\tau_2^2}{2}$

$S = (V_0 - u)\cdot\frac{V_0}{a} - \frac{a\cdot V_0^2}{2a^2} = \frac{(V_0 - u)V_0}{a} - \frac{V_0^2}{a}$

$W_p = k\frac{q^2}{a}$

$4k\frac{q^2}{a} + 2k\frac{q^2}{2a^2}$



меньше $\Rightarrow T$

$W_p \Rightarrow$

стало $5k\frac{q^2}{a^2}$

$\frac{m(V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + V_4^2)}{2} + 3k\frac{q^2}{a^2} + 2k\frac{q^2}{4a^2} + k\frac{q^2}{a^2}$

$5k\frac{q^2}{a^2}$

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!

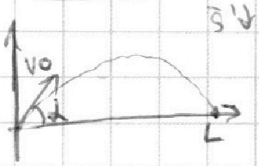
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

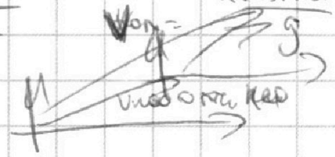
МФТИ

черновик



$$\begin{cases} V_0\cos\alpha \cdot t_{пол} = L \\ 0 = V_0\sin\alpha \cdot t_{пол} - \frac{g t_{пол}^2}{2} \end{cases}$$

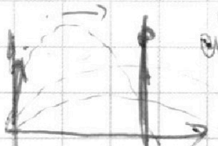
$t_{пол} = \frac{2V_0\sin\alpha}{g}$



$\frac{2V_0^2\sin\alpha\cos\alpha}{g} = L$

$V_0^2 \cdot \sin 30^\circ = Lg \Rightarrow V_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20м \cdot 10 м/с^2} =$

$F a^2$



$\frac{F}{K}$ чтоб вышло => нужно что-нибудь что

заменим ... для ... и ...

$$\begin{cases} H = V_0\sin\alpha \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2} \\ 0 = V_0\sin\alpha - g\tau \rightarrow \tau = \frac{V_0\sin\alpha}{g} \end{cases}$$

$H = \frac{V_0^2\sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{\frac{2gH}{V_0^2}}$

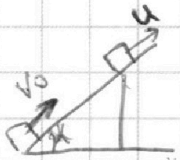
$S = V_0\cos\alpha \cdot \tau = \frac{V_0^2\sin\alpha\cos\alpha}{g}$

s за τ

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

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

$S = V_0 \cdot T - \frac{aT^2}{2} = V_0 \cdot T - \frac{(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)gT^2}{2} =$



м.т. будет неподвижным относ. ленты

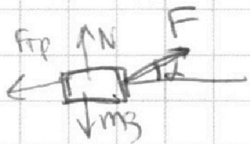
$$\begin{cases} \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgH + |A_{тр}| \\ |A_{тр}| = F_{тр} \cdot \frac{H}{\sin\alpha} \end{cases}$$

$\sin\alpha = \frac{H}{S}$

скорость СО ?

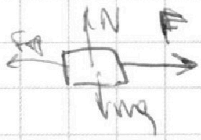
Если перейти в СО, св. с лентой м.т. скорость $= V_0 - u$

есть ли ускорение?



$$\begin{cases} F \cdot L\cos\alpha - F_{тр} \cdot L = K \\ N + F\sin\alpha = mg \Rightarrow N = mg - F\sin\alpha \end{cases}$$

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

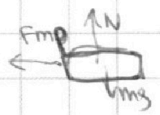


$F \cdot L_1 - F_{тр} \cdot L_1 = K$ $(F - \mu mg)L_1 = K$

$N = mg$

$F_{тр} = \mu mg$

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



$F_{тр} = \mu mg$

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

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

$\mu mg \cdot S = K$

$S = \frac{K}{\mu mg}$

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

Черновик C — молярная теплоемкость; уд. теплоемкость

$pV = \nu RT$ $Q = c m \Delta T$

12: $C = \frac{5}{2}R$ $Q = C\nu \Delta T$ C

13: $C = 2R$, $T_K = T_1$, $T_H = 4T_1$ молярная удельная. Дж/К: $\frac{Q}{\Delta T}$ $\frac{Дж}{К}$

31: $C = \frac{1}{2}R$ $R \to \frac{Дж}{моль \cdot K}$ $\frac{Дж}{К} \cdot \frac{моль \cdot K}{Дж}$

$Q = A + \Delta U^{\frac{3}{2}}$, в изоб.: $\frac{5}{2}$, в изохоре $A = 0$

31: $Q = A_{газа} + \Delta U$

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

$A_{газа} = \left(2 - \frac{3}{2}\right) \cdot (-3T_1) \Rightarrow A_{внеш.} = \frac{3}{2}T_1 R = \frac{3}{2} \cdot 200 \cdot 8{,}31 = 2493$ Дж

12: $\Delta T > 0 \Rightarrow Q > 0$ $\frac{3}{2}R\Delta T = \frac{3}{2}R\Delta T + A_{газа}^{\,0}$, $Q_{12} = \frac{3}{2}R \cdot 7T_1$

23: $\frac{1}{2}R\Delta T = \frac{3}{2}R\Delta T + A_{газа}$ $A_{газа} = -R\Delta T = -R(4T_1 - 8T_1) = 4RT_1$ $Q_{23} = -\frac{4}{2}RT_1 = -2RT_1 < 0$

31: $2R\Delta T = A_{газа} + \frac{3}{2}R\Delta T \Rightarrow Q_{31} < 0$

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

$\eta = 1 - \frac{|Q_{31} + Q_{23}|}{Q_{12}} = 1 - \frac{|-6RT_1 - 2RT_1|}{21 T_1 R} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{21-16}{21} = \frac{5}{21}$

$pV = \nu RT$ $T_1 = T_1$ $p_1V_1 = \nu RT_1$ 12 — изохора

$T_2 = 8T_1$ $p_2V_1 = \nu R \cdot 8T_1$ $\frac{p_2}{p_1} = 8$

$2(pV - p_0V_0)$ $T_3 = 4T_1$ $p_3V_3 = \nu R 4T_1$

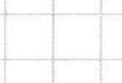
$\nu R \Delta T =$

масса одной m

$\frac{p_0}{V_0} = \frac{p}{V} \Rightarrow p_0V = pV_0$

$Q = \frac{1}{2}(p_0 + p)(V - V_0) + \frac{3}{2}(pV - p_0V_0) = \frac{1}{2}(p_0V - p_0V_0 + pV - pV_0 + pV - 3p_0V_0) =$

$= \frac{1}{2}(4pV - 4p_0V_0) = 2(pV - p_0V_0) = 2R\Delta T$

31 

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \Rightarrow p_3V_1 = p_1V_3$

$\frac{p_1V_1}{p_3V_3} = \frac{1}{4}$ $\frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{2}$ Авнеш.

$Q = A_{газа} + \Delta U$

$-A_{газа} = \Delta U - Q$