



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



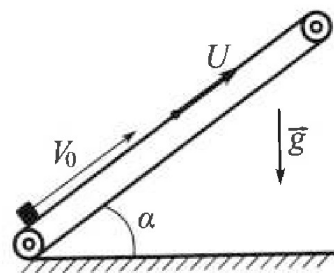
1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

- 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 в воздухе 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.

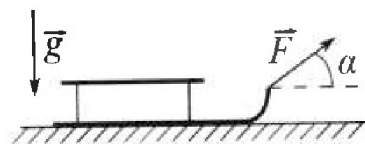
3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

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.





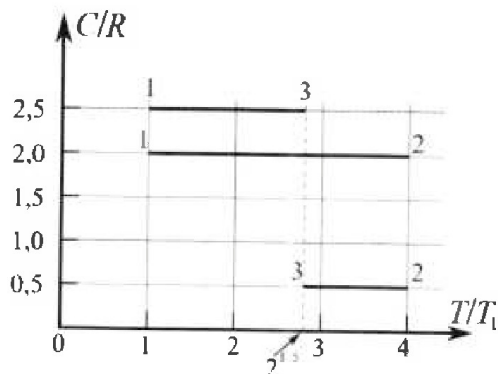
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



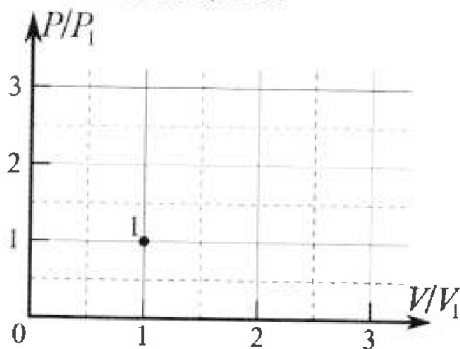
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



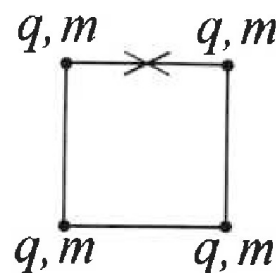
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 объем 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.

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

МФТИ

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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



№ 1.

1) М.к. в поле на м. действует только сила тяжести, он движется с ускорением g . Тогда $v_0 - v_k = gT$, где $v_k = 0$ - конечная скорость м.к., т.е. $v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20$ (м/с).

2) Запишем уравнение движения м.к. в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси (t - время до удара о стену, $\frac{h}{2}$ - прол между v_0 и горизонтальной):

$$\begin{cases} t v_0 \cos \alpha = s \\ v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = h \end{cases} \quad \text{где } h - \text{исходная высота.}$$

$$\begin{aligned} \text{М.к. } \cos \alpha &= \frac{s}{t v_0}, \text{ и } h = v_0 t \sqrt{1 - \frac{s^2}{v_0^2 t^2}} - \frac{gt^2}{2} = \\ &= \sqrt{v_0^2 t^2 - s^2} - \frac{gt^2}{2}. \end{aligned}$$

Найдем точки экстремума функции $h(t)$, взяв от нее производную и приравняв ее к нулю:

$$\begin{aligned} (h(t))' &= ((v_0^2 t^2 - s^2)^{\frac{1}{2}})' - (gt^2)' = ((v_0^2 t^2 - s^2)^{\frac{1}{2}})' - gt = \\ &= \frac{1}{2} (v_0^2 t^2 - s^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot (v_0^2 t^2 - s^2)' - gt = \frac{1}{2} (v_0^2 t^2 - s^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot 2v_0^2 t - \\ &- gt = \frac{v_0^2 t}{\sqrt{v_0^2 t^2 - s^2}} - gt \end{aligned}$$

$$\text{М.к. } (h(t))' = 0 \text{ в точках экстремума: } \frac{v_0^2 t}{\sqrt{v_0^2 t^2 - s^2}} - gt = 0 / : t \neq 0$$

$$\begin{aligned} \frac{v_0^2}{\sqrt{v_0^2 t^2 - s^2}} &= g \Rightarrow v_0^2 t^2 - s^2 = \frac{v_0^4}{g^2} \Rightarrow t^2 = \frac{v_0^2}{g^2} + \frac{s^2}{v_0^2} \Rightarrow \\ \Rightarrow t &= \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2} + \frac{s^2}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{20^2}{10^2} + \frac{20^2}{10^2}} = \sqrt{5} \text{ (с).} \end{aligned}$$

$$\text{Найденная точка максимума, т.е. } h_{\max} = h(t) = \sqrt{20^2 \cdot 5 - 20^2} - \frac{10 \cdot 5}{2} = 15 \text{ (м)}$$

Ответ: 1) $v_0 = 20$ м/с; 2) $h_{\max} = 15$ м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

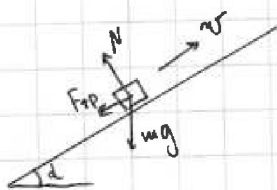
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

№ 2.

1) Изобразим сил, действующих на коробку при движении,
см. рис.:



Пусть a_1 - ускорение коробки ^{при движении вверх по склону}. Запишем второй закон Ньютона для коробки в проекции на нормаль к склону и на ось, параллельную склону, для движения вверх:

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ m a_1 = F_{tr} + mg \sin \alpha \end{cases}$$

п.к. $F_{tr} = \mu N$, $m a_1 = \mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha \Rightarrow a_1 = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

Тогда $v_0 T - \frac{a_1 T^2}{2} = s$. Подставляя числа, получаем:

$$4T - \frac{10(0.6 \cdot \frac{1}{2} + 0.8) T^2}{2} = 1 \Rightarrow 4T - 5T^2 = 1 \Rightarrow 5T^2 - 4T + 1 = 0.$$

Данное квадратное уравнение не имеет корней, т.е. коробка остановится, пройдя путь меньше s . Этот путь будет

равен $s_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0.8 \text{ (м)}$ и будет пройден за время $T_1 = \frac{v_0}{a_1} = 0.4 \text{ (с)}$.

При движении вниз второй закон Ньютона для коробки будет иметь вид: $m a_2 = m g \sin \alpha - m g \mu \cos \alpha \Rightarrow a_2 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$, где a_2 - ускорение коробки при движении вниз. Тогда

$$\frac{a_2 T_2^2}{2} = s - s_1 \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{2(s - s_1)}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.2}{10(0.8 - 0.6 \cdot 3)}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \text{ (с)}.$$



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!

Тогда $T = T_1 + T_2 = \frac{2}{5} + \sqrt{\frac{2}{3}}$ (с).

2) П.к. система отсчета ленточ-инерциальная (лента движется равномерно), ускорения коробки при движении вверх и вниз будут такими же, как в н.1.

Скорость коробки в СО земли будет равна скорости ленты, когда она остановится относительно ленты, т.е. через время T_1 . За это время в СО ленты коробка пройдет путь s_1 , а лента в СО земли пройдет путь $s_0 = UT_1 = 2 \cdot \frac{2}{5} = 0,8$ (м).

Тогда $L = s_0 + s_1 = 0,8 + 0,8 = 1,6$ (м).

3) Скорость коробки в СО земли будет равна нулю, когда в СО ленты коробка будет двигаться вниз со скоростью V . Это произойдет через время $T_3 = \frac{V}{a_2} = \frac{2}{10(0,8-0,6:3)} = \frac{1}{3}$ (с) после остановки коробки относительно ленты. В СО ленты после

остановки за время T_3 коробка пройдет путь $s_3 = \frac{a_2 T_3^2}{2} = \frac{6 \cdot (\frac{1}{3})^2}{2} = \frac{1}{3}$ (м). Тогда перемещение коробки относительно

земли за все время будет равно $s_4 = s_1 - s_3 + V(T_1 + T_3) = \frac{4}{5} - \frac{1}{3} + 2(\frac{2}{5} + \frac{1}{3}) = \frac{29}{15}$ (м). Тогда $H = s_4 \sin \alpha = \frac{29 \cdot 4}{15 \cdot 5} = \frac{116}{75}$ (м).

Ответ: 1) $T = \frac{2}{5} + \sqrt{\frac{2}{3}}$ с; 2) $L = 1,6$ м; 3) $H = \frac{116}{75}$ 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 ☐

МФТИ

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

№ 3.

1) И.к. в обоих случаях санки были разогнаны до одинаковой скорости за одинаковое время, они двигались с равным ускорением.

Запишем второй закон Ньютона ^{для санок} в проекции на горизонтальную и вертикальную оси в обоих случаях (m - масса санок, a_1 и a_2 - ускорение санок соответственно в первом и втором случаях):

$$\begin{cases} N_1 + F \sin \alpha = mg \\ -\mu N_1 + F \cos \alpha = m a_1 \\ N_2 = mg \\ -\mu N_2 + F = m a_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\mu mg - (-F \sin \alpha) \mu + F \cos \alpha = m a_1 & (1) \\ -\mu mg + F = m a_2 & (2) \end{cases}$$

И.к. $a_1 = a_2$, приравняем (1) и (2): $-\mu mg + \mu F \sin \alpha + F \cos \alpha = F - \mu mg \Rightarrow \mu F \sin \alpha + F \cos \alpha = F \Rightarrow \mu \sin \alpha + \cos \alpha = 1 \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$.

2) Запишем второй закон Ньютона для санок в проекции на горизонтальную и вертикальную оси (a_3 - ускорение санок после прекращения действия внешней силы):

$$\begin{cases} N_3 = mg \\ \mu N_3 = m a_3 \end{cases} \Rightarrow a_3 = \mu g. \text{ Тогда, и.к. движение санок равноускоренное, } a_3 T = v_0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a_3} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; 2) $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ

№ 4.

П.к. теплоемкость газа в процессах 1-2, 2-3 и 3-1 постоянная,
эти три процесса компримония.

$$2) \eta = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} \text{ (по определению КПД)}$$

Из графика $\frac{C}{R} \left(\frac{T}{T_1} \right)$ видно, что в процессе 1-2 газ получал
тепло (т.е. $Q_+ = Q_{12}$), а в процессах 2-3 и 3-1 - отдавал

$$\text{(т.е. } Q_- = Q_{23} + Q_{31} \text{)}. \text{ Тогда } Q_{12} = \Delta T_{12} C_{12} = \Delta T_{12} C_{12} =$$

$$= (4T_1 - T_1) \cdot 2R = 6RT_1, \quad Q_{31} = \Delta T_{31} C_{31} = \Delta T_{31} C_{31} =$$

$$= (2^{\frac{3}{2}} - 1)T_1 \cdot \frac{5}{2}R = 5\left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right)RT_1, \quad Q_{23} = \Delta T_{23} C_{23} = \Delta T_{23} C_{23} =$$

$$= (4 - 2^{\frac{3}{2}})T_1 \cdot \frac{R}{2} = (2 - \sqrt{2})RT_1. \text{ Тогда } \eta = \frac{6RT_1 - 5\sqrt{2} + \frac{5}{2} - 2 + \sqrt{2}}{6RT_1} RT_1$$

$$= 1 - \frac{2 + 4\sqrt{2}}{6} = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3} = \frac{13}{12} - \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

1) Для политропного процесса при $i=1$ моль и $i=3$ $C =$

$$= R \left(\frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} \right), \text{ где } \gamma - \text{показатель политропии (в формуле}$$

$pV^\gamma = \text{const}$, описывающей политропный процесс).

$$\text{Тогда для процесса 1-2 } C = 2R \Rightarrow \frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} = 2 \Rightarrow \frac{1}{1-\gamma} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = -1 \Rightarrow p_V = \text{const}. \text{ П.к. } T_2 = 4T_1, \quad m_{02} \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 2$$

$$\text{Тогда } A_{12} = (n-1)p_1 V_1 \cdot \frac{n+1}{2} = \frac{p_1 V_1}{2} (n^2 - 1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ (Дж)}$$

3) Для процесса 3-1 $C_n = \frac{5R}{2} \Rightarrow \frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} = \frac{5}{2} \Rightarrow \gamma = 0 \Rightarrow p = \text{const}$



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

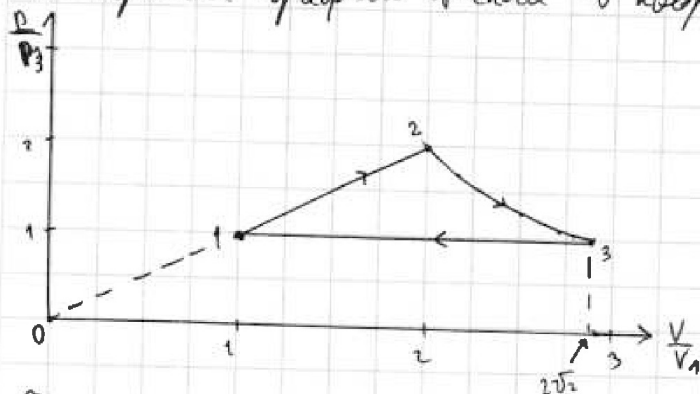
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

ш.е. процесса 3-1 - изобарный.

$$\text{Для процесса 2-3 } \frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{1-\gamma} = -1 \Rightarrow \gamma = 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow pV^2 = \text{const.}$$

Построим график цикла в координатах $(p/p_1, V/V_1)$:



Ответ: 1) $A_{12} = 4,66 \text{ Дж}$; 2) $\eta = \frac{13}{12} - \frac{2\sqrt{2}}{3}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

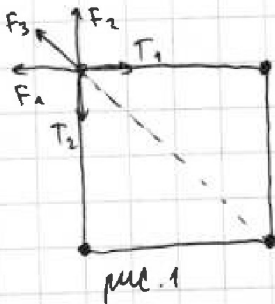
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

№5.

1) Изобразим сил, действующие на один из шариков (см. рис.1):



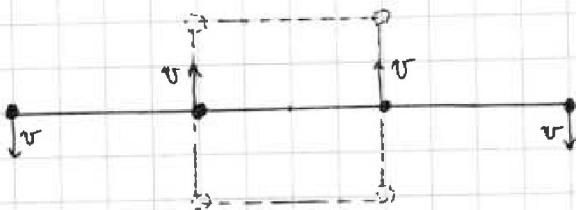
При этом $F_1 = F_2 = \frac{q^2 k}{b^2}$, $F_3 = \frac{q^2 k}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{q^2 k}{2b^2}$.

П.к. картина симметрична, $T_1 = T_2 = T$. Запишем условие равновесия шарика в проекции
горизонтальною ось:
на горизонтальную и вертикальную ось.

$$T = F_1 + F_3 \cdot \sqrt{2} = \frac{q^2 k}{b^2} + \frac{q^2 k \cdot \sqrt{2}}{2b^2 \cdot 2} = \frac{q^2 k}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

2) П.к. на систему «шарики + нити» не действуют внешние
силы, расположение центра масс системы будет выполня-
ется закон сохранения импульса, т.е. в ходе движения
центр масс системы будет неподвижен, а система не
будет вращаться. П.к. положение системы относительно на-

чального будет иметь вид с рис.2.



— — — — — стало
- - - - - было

Путь от среднего шарика в
этом положении имели скорость
 v (из симметрии). Тогда, п.к.

скорости крайних шариков будут им
противоположны, по закону сохранения импульса они
также будут равны v . Запишем закон сохранения



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!

энергии: $4 \cdot \frac{mv^2}{2} + W_1 = W_0$, где W_1 и W_0 — конечная и начальная энергия кулоновского взаимодействия в системе.

$W_0 = \left(\frac{q^2 k}{b} \cdot 2 + \frac{q^2 k}{\sqrt{2} b} \right) \cdot 4 : 2 = \frac{q^2 k}{b} (4 + \sqrt{2})$ (умножаем на 4, т.к. шариков 4, делим на 2, т.к. каждый шарик был умножен

2 раза)

$$W_1 = \frac{q^2 k}{3b} + \frac{q^2 k}{2b} + \frac{q^2 k}{b} + \frac{q^2 k}{2b} + \frac{q^2 k}{b} = \frac{10q^2 k}{3b}$$

Тогда $2mv^2 = W_0 - W_1 = \frac{q^2 k}{b} (4 + \sqrt{2} - \frac{10}{3}) = \frac{q^2 k}{b} (\frac{2}{3} + \sqrt{2})$,

откуда $v = \sqrt{\frac{q^2 k (\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{2}}{2})}{bm}}$

3) Из рис. 2 получаем, что $d = \sqrt{b^2 + (\frac{b}{2})^2} = \frac{b}{2} \sqrt{5}$.

Ответ: 1) $T = \frac{q^2 k}{b^2} (1 + \frac{\sqrt{2}}{4})$; 2) $v = \sqrt{\frac{q^2 k (\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{2}}{2})}{bm}}$; 3) $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$.

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



14) ~~изопроцесс~~



$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$A_{120} = 0$$

$$\Delta U_{120} = \frac{3}{2} \Delta pV$$

$$\downarrow R \Delta T = \Delta pV$$

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$p \neq V = \text{const} \quad pV = RT$$

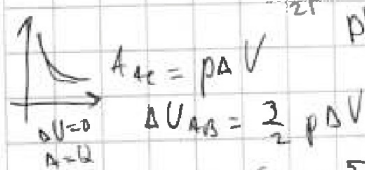
$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\lambda = 1 \text{ моля}$$

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$pV = RT$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$



$$A_{12} = p \Delta V$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} p \Delta V$$

$$C_p = \frac{5}{2} R \Rightarrow$$

все 3 процесса - изопроцессы

1-3 - изобарный процесс

$$\frac{5}{2} = \gamma?$$

$$pV^{\frac{5}{2}} = \text{const}$$

$$\gamma = \frac{5}{2}$$

$$p = \frac{a}{V^\gamma} = a \cdot V^{-\gamma}$$

$$A = \int p(V) dV = \int a \cdot V^{-\gamma} dV =$$

$$= -a \gamma (V^{-\gamma+1} - V^{-\gamma+1}) =$$

$$= a \gamma V^{-\gamma+1} (1 - V^{-\gamma+1}) =$$

$$= pV \gamma (1 - V^{-\gamma+1})$$

$$Q = A + \Delta U = pV \left(\frac{3}{2} (V^{-\gamma+1} - 1) + (1 - V^{-\gamma+1}) \right)$$

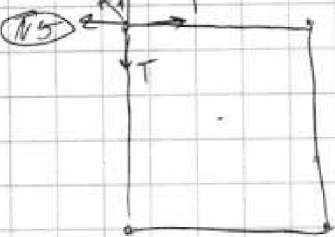
$$= pV (V^{-\gamma+1} - 1) \left(\gamma + \frac{3}{2} \right)$$

$$\Delta T = T_1 - T_0 = \frac{p}{n} \cdot Vn - pV$$

$$= \frac{pV}{R} (V^{-\gamma+1} - 1)$$

$$C = \frac{pV (V^{-\gamma+1} - 1) (\frac{3}{2} - \gamma) R}{pV (V^{-\gamma+1} - 1) (\gamma + \frac{3}{2})} =$$

$$= \frac{(\frac{3}{2} - \gamma) R}{(\gamma + \frac{3}{2})}$$



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

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

$$T = F_1 + F_2 \cdot \sqrt{2} = \frac{q^2 k}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

$$W_0 = \left(\frac{q^2 k}{b} \cdot 2 + \frac{q^2 k}{\sqrt{2} b} \right) \cdot 2 = \frac{q^2 k}{b} (4 + \sqrt{2})$$

$$W_1 = \frac{q^2 k}{3b} + \frac{q^2 k}{2b} + \frac{q^2 k}{b} + \frac{q^2 k}{2b} + \frac{q^2 k}{b} =$$

$$= \frac{q^2 k}{b} \cdot \frac{14}{6}$$

$$W_0 = W_1 + n \frac{mv^2}{2} \Rightarrow 2mv^2 = \left(\frac{14}{6} - \sqrt{2} \right) \frac{q^2 k}{b} \Rightarrow v = \sqrt{\left(\frac{14}{12} - \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \frac{q^2 k}{bm}}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{2}}{2}$$



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!

№1

1) $v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$

2) $t = 2v_0 \sin \alpha$

$v_0 \cos \alpha t = 5$

$\frac{2v_0^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha = 5$

$\frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha = 5$

$\begin{cases} v_0 \cos \alpha t = 5 \\ v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = h \end{cases}$

$20 \cos \alpha t = 20 \Rightarrow \cos \alpha t = 1 \Rightarrow t = \frac{1}{\cos \alpha}$

$20 \sin \alpha t - 5t^2 = h$

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

$5 \cdot \frac{4 \sin \alpha \cos \alpha - 1}{\cos^2 \alpha} = h$

$h(\alpha) = -20 \frac{\cos \alpha}{\sin^3 \alpha} + 10 \cos^3 \alpha$

$h'(\alpha) = 20 \left(\frac{\cos \alpha}{\cos^3 \alpha} + \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \right) + \frac{15}{\cos^3 \alpha} = 0$

$(uv^{-1})' = u'(v^{-1}) + u(v^{-1})' = \frac{v'}{u^2}$

$h'(\alpha) = 20 \left(\frac{\cos \alpha}{\cos^3 \alpha} + \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \right) + \frac{15}{\cos^3 \alpha} = 0$

$4 \frac{\cos \alpha + \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} + \frac{3}{\cos^3 \alpha} = 0$

$4(\cos^2 \alpha + \cos \alpha \sin \alpha) + 3 = 0$

$4(\cos \alpha + \sin \alpha) = -\frac{3}{4}$

№3

$F_{TP2} = \mu mg$

$a_2 = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$

$F_{TP1} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m} = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$

$a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$

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

$T_0 = \frac{v_0}{a_2} = \frac{v_0}{\frac{F}{m} - \mu g}$

$T_{\text{rem}} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

$\cos \alpha = \frac{5}{tv_0}$

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

$N_1 = mg - F \sin \alpha$

$5tg\alpha - \frac{gt^2}{2} = h$

$t = \frac{5}{v_0 \cos \alpha}$

$5tg\alpha - \frac{5^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = h$

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!

$$(v_0^2 t^2 - s^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{df}{dg} \cdot \frac{dg}{dx}$$

$$f(g) = g^{\frac{1}{2}}$$

$$g(t) = v_0^2 t^2 - s^2$$

$$\frac{1}{2}(v_0^2 t^2 - s^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot 2v_0^2 t =$$

$$= v_0^2 t$$

$$\sqrt{v_0^2 t^2 - s^2}$$

$$\frac{v_0^2 t}{\sqrt{v_0^2 t^2 - s^2}} - g^{\frac{1}{2}} = 0$$

$$\frac{v_0^2}{\sqrt{v_0^2 t^2 - s^2}} = g$$

$$v_0^2 t^2 - s^2 = \left(\frac{v_0^2}{g}\right)^2$$

$$v_0^2 t^2 = \frac{v_0^4}{g^2} + s^2$$

$$t^2 = \frac{v_0^2}{g^2} + \frac{s^2}{v_0^2}$$

$$2^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{5}{2} t^2 = \frac{20^2}{10^2} + \frac{20^2}{20^2} = 5$$

$$\frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{1}{4} = \frac{5 \cdot 5}{8\sqrt{2} \cdot 3}$$

$$Q_{\text{внеш}} = (-2,5 (2^{1,5} - 1) + 2 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot (4 - 2^{1,5})) \cdot RT_1 =$$

$$= (-5 \cdot \frac{2^{\frac{1}{2}}}{2} + 6 + \frac{5}{2} - 2 + 2^{\frac{1}{2}}) =$$

$$pV^{\gamma} = \text{const} = a$$

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{a \cdot V}{nV}$$

$$V \rightarrow nV$$

$$p \rightarrow \frac{p}{n^{\gamma}} = p \cdot n^{-\gamma}$$

$$T \rightarrow T \cdot n^{-\gamma+1}$$

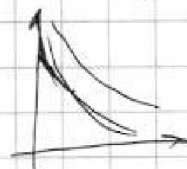
$$\Delta T = T(1 - n^{-\gamma+1})$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} pV (n^{-\gamma+1} - 1)$$

$$A = \int p(V) \cdot dV = \int a V^{-\gamma} \cdot dV = -\gamma a V^{-\gamma+1} \Big|_V^{nV} = -\gamma a n^{-\gamma+1} V^{-\gamma+1} + \gamma a V^{-\gamma+1}$$

$$+ \gamma a V^{-\gamma+1} = \gamma a V^{-\gamma+1} (1 - n^{-\gamma+1}) = \gamma pV (1 - n^{-\gamma+1})$$

$$Q = A + \Delta U = pV (n^{-\gamma+1} - 1) \left(\frac{3}{2} - \gamma\right) \quad \frac{3}{2} pV (n-1)$$



$$p = \text{const} \quad \gamma = 0 \quad C = \frac{5}{2}$$

$$\gamma = \frac{5}{2} \quad T = \text{const}$$

$$\gamma = 1 \quad T = \text{const}$$

$$C \rightarrow \infty$$

$$Q = 0$$

$$C = 0$$

$$\gamma = \frac{5}{3}$$

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!

$$A = \int_V^{nV} pV \cdot dV = \int_V^{nV} aV^{-\gamma} \cdot dV = \frac{aV^{-\gamma+1}}{1-\gamma} \Big|_V^{nV} =$$

$$= \frac{aV^{-\gamma+1} (1 - n^{-\gamma+1})}{1-\gamma} = \frac{pV (1 - n^{-\gamma+1})}{1-\gamma}$$

$$Q = A + \Delta U = pV (1 - n^{-\gamma+1}) \left(-\frac{3}{2} + \frac{1}{1-\gamma} \right) =$$

$$= pV (1 - n^{-\gamma+1}) \frac{2-3\gamma}{2(1-\gamma)}$$

$$c = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{R \cancel{V} (1 - n^{-\gamma+1}) \cdot \frac{2-3\gamma}{2(1-\gamma)}}{\cancel{V} (1 - n^{-\gamma+1})} =$$

$$= R \cdot \left(\frac{2}{2-2\gamma} - \frac{3}{2} \right) = \left(\frac{1}{1-\gamma} - \frac{3}{2} \right)$$

$$\frac{a}{(1-\gamma)} - b = \left(\frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} \right) = \frac{2+3-3\gamma}{2(1-\gamma)} = \frac{5-3\gamma}{2(1-\gamma)}$$

$$a - b = \frac{5}{2}$$

$$a + \frac{3a}{2} = \frac{5}{2}$$

$$\frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} = 2$$

$$\begin{array}{r} 16,31 \\ 600 \\ \hline 4986,00 \end{array}$$

$$\frac{a}{\frac{2}{3}} - b = 0$$

$$-\frac{3a}{2} = b$$

$$a = 1$$

$$b = -\frac{3}{2}$$

$$\frac{1}{1-\gamma} = \frac{1}{2}$$

$$1-\gamma = 2$$

$$1-2: \frac{p}{V} = \text{const}$$

$$\frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{1-\gamma} = -1$$

$$\gamma = -2 \quad \frac{p}{V^2} = \text{const}$$

$$pV^2 = 2RT$$

$$\frac{1}{1-\gamma} + \frac{3}{2} = \frac{5}{2}$$

$$\gamma = 0$$

$$p \quad V$$

$$\frac{np}{(n-1)V} = \frac{n+1}{2}$$



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!

