



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



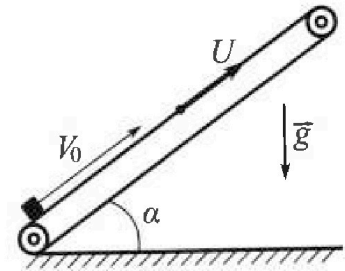
1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

- 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<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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?

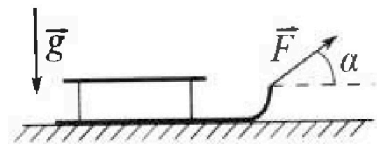
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.



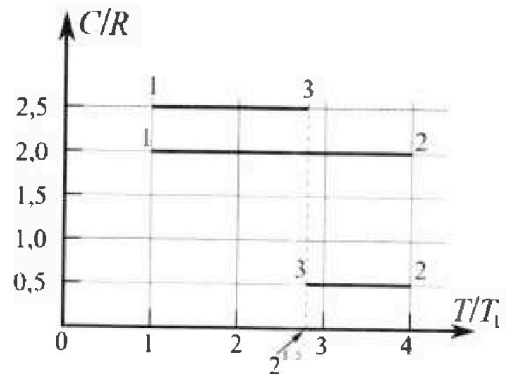
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



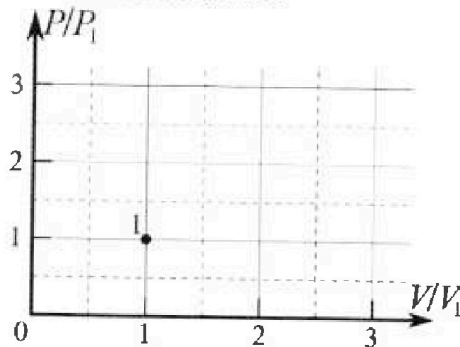
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



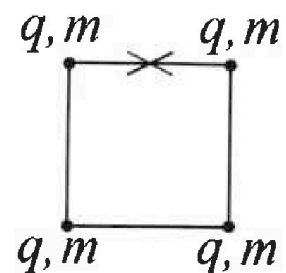
1) Найдите работу  $A_2$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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.

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. Порча QR-кода недопустима!



№ 1.

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

2) Запишем уравнение движения мяча в проекциях на горизонтально и вертикально оси ( $t$  - время до удара о стену,  $\alpha$  - угол между  $v_0$  и горизонтальной):

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

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2} + \frac{s^2}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{20^2}{10^2} + \frac{20^2}{20^2}} = \sqrt{5} \text{ (с). Найденная точка -}$$

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

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:

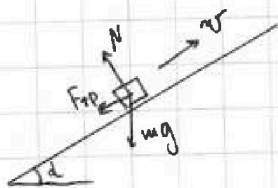
МФТИ

1  2  3  4  5  6  7

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

№ 2.

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



Пусть  $a_1$  - ускорение коробки <sup>при движении вверх по ленте</sup>. Примем второй закон Ньютона для коробки в проекции на нормаль к ленте и на ось, параллельную ленте, для движения вверх:

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

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

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

$$\text{равен } s_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ (м)} \text{ и будет пройден за время } T_1 = \frac{v_0}{a_1} = 0,4 \text{ (с)}.$$

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. Печата QR-коды недопустимо!

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

2) П.к. система отсчета лентин-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

проойдет 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 <sup>для санок</sup> 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):

$$\begin{cases} N_1 + F \sin \alpha = mg \\ -\mu N_1 + F \cos \alpha = ma_1 \\ N_2 = mg \\ -\mu N_2 + F = ma_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\mu mg - (-F \sin \alpha) \mu + F \cos \alpha = ma_1 & (1) \\ -\mu mg + F = ma_2 & (2) \end{cases}$$

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):

$$\begin{cases} N_3 = mg \\ \mu N_3 = ma_3 \end{cases} \Rightarrow a_3 = \mu g. \text{ Тогда, т.к. движение санок равноускоренное, } a_3 T = v_0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a_3} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

№ 4.

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

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

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

$$\text{(т.е. } Q_- = Q_{23} + Q_{31}\text{)}. \text{ Тогда } Q_{12} = \Delta T_{21} C_{12} = \Delta T_{21} C_{12} =$$

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

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

$$= (4 - 2^{\frac{3}{2}}) T_1 \cdot \frac{R}{2} = (2 - \sqrt{2}) RT_1. \text{ Тогда } \eta = \frac{6RT_1 + 5(2^{\frac{3}{2}} - 1) RT_1 - (2 - \sqrt{2}) RT_1}{6RT_1}$$

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

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

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

$pV^\delta = \text{const}$ , описывающей коллимтронный процесс).

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

$$\Rightarrow \delta = -1 \Rightarrow pV = \text{const}. \text{ III. к. } T_2 = 4T_1, \quad m_{\text{H}_2} \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 2$$

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

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

3) Для процесса 3-1  $C_{31} = \frac{5R}{2} \Rightarrow \frac{1}{1-\delta} + \frac{3}{2} = \frac{5}{2} \Rightarrow \delta = 0 \Rightarrow p = \text{const}$ ,



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

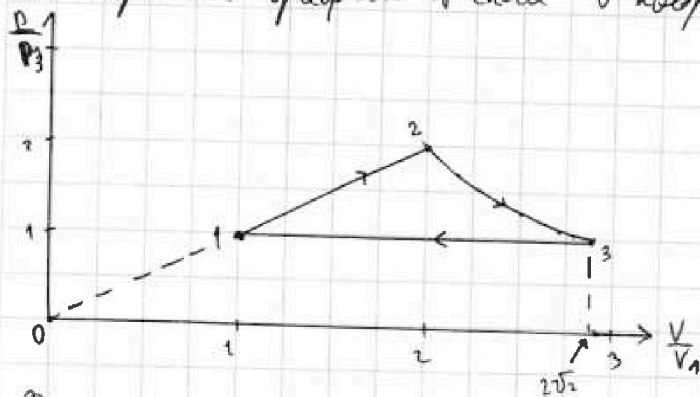
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

т.е. процесс 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)  $A_{12} = 4,886 \text{ Дж}$ ; 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:

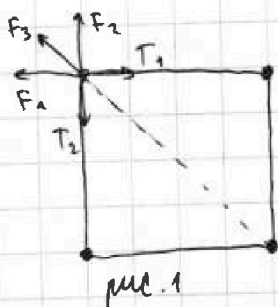
1  2  3  4  5  6  7

МОФИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Печать 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

горизонтально и вертикально осей:

на горизонтальную и вертикальную ос.

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

2) П.к. на систему «шарик + нить» не действуют внешние

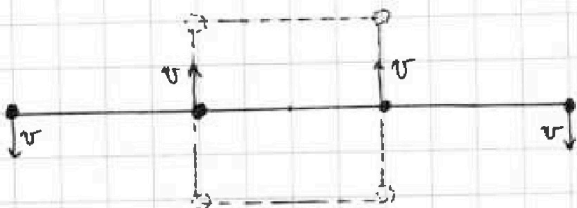
силы, расположение центра масс системы будет выполняться

закон сохранения импульса, т.е. в ходе движения

центр масс системы будет неподвижен, а система не

будет вращаться. П.к. положение системы относительно ну-

левого будет иметь вид с рис.2.



Три угла средних 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.

$$W_0 = \left( \frac{q^2 k}{b} \cdot 2 + \frac{q^2 k}{\sqrt{2} b} \right) \cdot 4 : 2 = \frac{q^2 k}{b} (4 + \sqrt{2}) \quad (\text{умножаем на } 4,$$

т.к. шариков 4, делим на 2, т.к. каждая шарик был умножен

2 раза)

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

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

$$\text{откуда } v = \sqrt{\frac{q^2 k \left( \frac{2}{3} + \sqrt{2} \right)}{2m}}$$

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

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

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. Порча QR-кода недопустима!



14



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

$$A_{12} = 0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \Delta pV$$

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

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

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

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

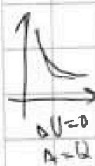
$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\gamma = 1.4076$$

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

$$pV = \nu RT$$

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



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

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

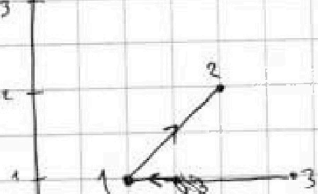
$$C_p = \frac{5}{2} R \Rightarrow$$

все 3 процесса - изотермические

$$\Delta U = \frac{3}{2}$$

$$\left( \frac{p}{p_1} \cdot \nu n - \right.$$

$$- pV \left. \right)$$



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

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

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

$$p = \frac{a}{V^\gamma} = a \cdot V^{-\gamma} = \frac{3}{2} pV (n^{1-\gamma} - 1)$$

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

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

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

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

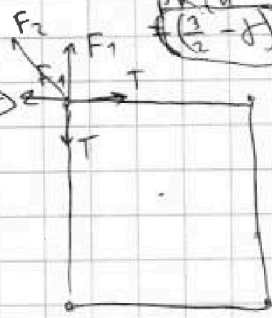
$$Q = A + \Delta U = pV \left( \frac{3}{2} (n^{1-\gamma} - 1) + (1 - n^{1-\gamma}) \right)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{p_2 \cdot \nu n - p_1 \nu n}{R}$$

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

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

15



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

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

$$\frac{5}{2} + \frac{12}{6} = \frac{17}{3}$$

$$Q = C \Delta T$$

$$\frac{10}{3}$$

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

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

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

$$= \frac{q^2 k}{b} \cdot \frac{12}{6}$$

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

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

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

1  2  3  4  5  6  7



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)  $t = 2v_0 \sin \alpha$

$v_0 \cos \alpha t = s$   
 $\frac{2v_0^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha = s$   
 $\frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha = s$

$t$   
 $v_0 \cos \alpha t = s$   
 $v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = h$

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

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

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

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

~~$h(\alpha) = -20 \frac{\cos \alpha}{\sin^2 \alpha} + 10 \cos^3 \alpha$~~

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

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

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

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

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

№3

$F_{T2} = \mu mg$

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

$F_{T1} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

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

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

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

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

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

$\cos \alpha = \frac{s}{lv_0}$

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

$N_1 = mg - F \sin \alpha$

$s t g \alpha - \frac{gt^2}{2} = h$

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

$s t g \alpha - \frac{s^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = h$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

МОТИ

- 1  2  3  4  5  6  7

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



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

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

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

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

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

$$= v_0^2 t$$

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

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

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

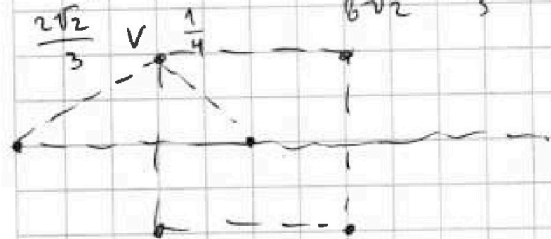
$$v_0^2 t^2 - s^2 = \left(\frac{v_0^2}{g}\right)^2$$

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

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

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

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



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

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

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

$$pV = nRT$$

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

$$\gamma = -5\sqrt{2} + \sqrt{2} = -4\sqrt{2}$$

$$V \rightarrow nV$$

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

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

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

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

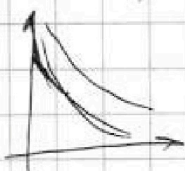
$$A = \int p(V) \cdot dV = \int aV^{-\gamma} \cdot dV = -\frac{a}{\gamma-1} V^{-\gamma+1} \Big|_V^{nV} = -\frac{a}{\gamma-1} n^{-\gamma+1} V^{-\gamma+1} + \frac{a}{\gamma-1} V^{-\gamma+1}$$

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

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

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{RT (n^{-\delta+1} - 1) (\frac{3}{2} - \delta)}{T (1 - n^{-\delta+1})} =$$

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



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

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

$$C \rightarrow \infty$$

$$Q = 0$$

$$C = 0$$

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

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

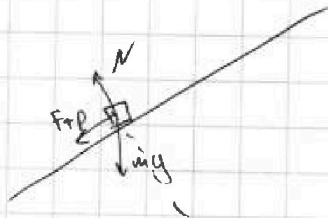
1  2  3  4  5  6  7



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



12



$$1) N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \frac{F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha}{m} = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha =$$

$$= g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g\left(\frac{0.6}{3} + 0.8\right) = g$$

$$v_0 T - \frac{a T^2}{2} = S$$

$$uT - 5T^2 = 1$$

$$5T^2 - uT + 1 = 0$$

никогда?

~~Вывод~~

$$\left(\frac{2}{5} + \frac{1}{3}\right) \cdot 2$$

$$6 - \frac{3}{2} - 2(2\sqrt{2} - 1) =$$

$$= \frac{9}{2} - 4\sqrt{2} + 2 = \frac{13}{2}$$

2) ускорение такое же

$v = 2 \text{ м/с}$ , м.д. скорость останется

$$S = 0.8 \text{ м}, T = 0.4 \text{ с} \Rightarrow L = S + vT = 1.6 \text{ м}$$

$$\frac{4}{5}$$

3) когда она будет двигаться вниз со скоростью  $2 \text{ м/с}$ , она летит

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0.4g \quad 0.6g$$

$$T_2 = \frac{2}{a} = 0.5 \text{ с}$$

$$\frac{3 \cdot \frac{1}{9}}{2} = \frac{1}{3}$$

$$L_2 = L - \frac{vT_2}{2} + vT_2 = L + \frac{vT_2}{2} = 1.6 + 0.5 = 2.1 \text{ (м)}$$

$$\frac{8 \cdot 1^3}{5} + \frac{1 \cdot 1^5}{3} = \frac{29}{15}$$

$$H = L_2 \sin \alpha = \frac{2.1 \cdot 4}{5} = \frac{42}{25} \text{ (м)}$$

$$20t \sqrt{t^2 - 1} - 5t^2 = h$$

$$(f(g(x)))' = \frac{df}{dg} \cdot \frac{dg}{dx}$$

$$2 \cdot 4 \cdot 4 = 80 - 26 = 116$$

$$20\sqrt{t^2 - 1} - 5t^2 = h$$

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

$$g(t) = t^2 - 1$$

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

$$20 \left( \frac{1}{2}(t^2 - 1)^{-\frac{1}{2}} \cdot (2t) \right) = 10t =$$

$$40 - 25 = 15$$

$$= 20 \frac{t}{\sqrt{t^2 - 1}} - 10t = 0$$

$$h_{\text{max}} = 40 - 25 = 15 \text{ (м)}$$

$$t = \sqrt{5}$$

$$\sqrt{0.41} / 0.6 \quad \sqrt{2 \cdot \frac{0.2}{0.6}} \quad \frac{2}{\sqrt{t^2 - 1}} - 1 = 0$$

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

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. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

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

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

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

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

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

~~1/2 + 3/2 = 5/2~~

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

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

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

$$1-\gamma = 2$$

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

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

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

$$a = 1$$

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

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

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

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

$$pV^2 = 2RT$$

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

$$\gamma = 0$$

p V

hp nV  
(n-1)pV  $\frac{n+1}{2}$

$$\begin{array}{r} 6,31 \\ \times 600 \\ \hline 4986,00 \end{array}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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

