



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.

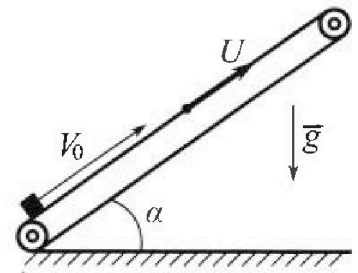
✓ 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

✓ 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 воздуха 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.

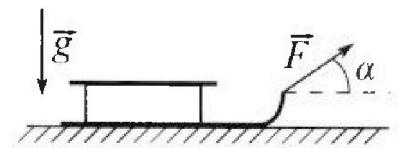
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.

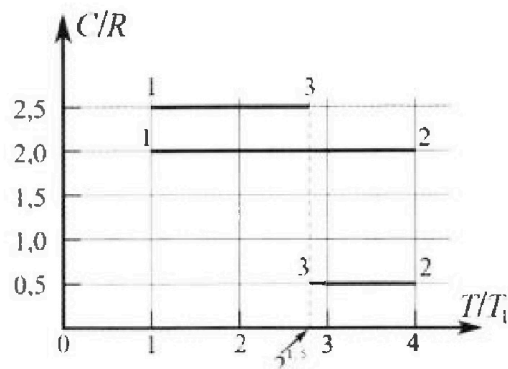


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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

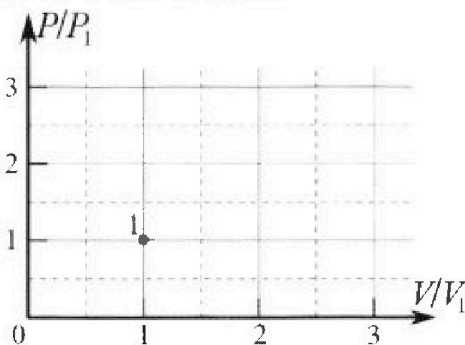
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 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  $A_{12}$  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.



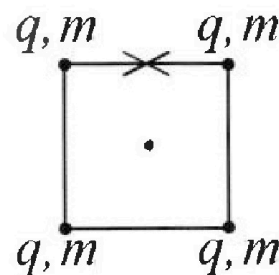
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

√ 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:

- 1  2  3  4  5  6  7

МОТИ

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

N1

Дано:

$T = 2c$

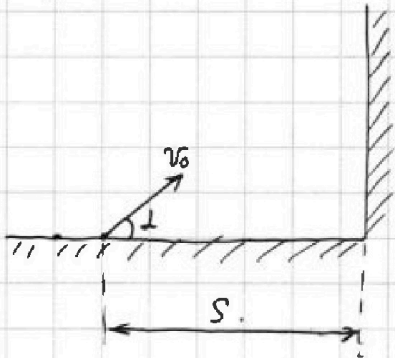
$S = 20m$

$g = 10m/c^2$

Решение:

$mgh + \frac{mV^2}{2} = const \Rightarrow h_{max} \text{ при } V=0.$

$V = V_0 - gt \Rightarrow V_0 - gT = 0 \Rightarrow V_0 = gT = 20m/c$



$V_x = V_{x0} = V_0 \cos \alpha$

$V_{y0} = V_0 \sin \alpha$

Всё тело движется равномерно за время T.

$V_x T = V_0 T \cos \alpha = S \Rightarrow T = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$

$h(t) = V_0 \sin(\alpha) t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow h = h(T) = V_0 \sin(\alpha) T - \frac{g T^2}{2}$

$h = \frac{V_0 \sin \alpha S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = \operatorname{tg} \alpha S - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}$

~~$h' = \frac{S}{\cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} (-2) \frac{1}{\cos^3 \alpha} (-\sin \alpha) = 0$~~

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

~~$1 = \frac{g S \sin \alpha}{V_0^2 \cos^2 \alpha}$~~

~~$\begin{cases} \sin \alpha = \frac{\sqrt{17}-1}{4} \\ \sin \alpha = \frac{\sqrt{17}+1}{4} \end{cases}$~~

~~$\sin \alpha = \frac{\sqrt{17}-1}{4}$~~

~~$\sqrt{16} < \sqrt{17} < \sqrt{25}$~~

~~$4 < \sqrt{17} < 5$~~

~~$3 < \sqrt{17}-1 < 4$~~

~~$\frac{3}{4} < \frac{\sqrt{17}-1}{4} < 1$~~

~~$-5 > \sqrt{17}-1 > -6$~~

~~$-\frac{5}{4} > \frac{\sqrt{17}-1}{4} > -\frac{6}{4}$~~

~~м.к.  $1 \leq \sin \alpha$~~

~~$1 - \sin^2 \alpha = \frac{g S}{V_0^2} \sin \alpha$~~

~~$\sin^2 \alpha + \frac{g S}{V_0^2} \sin \alpha - 1 = 0$~~

~~$\sin^2 \alpha + \frac{g S}{g^2 T^2} \sin \alpha - 1 = 0$~~

~~$\sin^2 \alpha + \frac{S}{g T^2} \sin \alpha - 1 = 0$~~

~~$\sin^2 \alpha + \frac{20}{10 \cdot 4} \sin \alpha - 1 = 0$~~

~~$\sin^2 \alpha + \frac{\sin \alpha}{2} - 1 = 0$~~

~~$D = \frac{1}{4} + 4 = \frac{17}{4}$~~

~~$\sin \alpha = \frac{-1 \pm \sqrt{17}}{2}$~~

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!



$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{17}-1}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{16 - 4 + 2\sqrt{17}-1}{16}} = \sqrt{\frac{2\sqrt{17}-2}{16}} = \frac{\sqrt{2}}{4} \sqrt{\sqrt{17}-1}$$

$$h = S \operatorname{tg} \alpha = \frac{g S^2}{2 v_0^2} \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$h' = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \frac{(-2)(-\sin \alpha)}{\cos^3 \alpha} = 0$$

$$\frac{S}{\cos^2 \alpha} = \frac{g S^2}{2 v_0^2} \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}$$

$$S = \frac{g S^2}{v_0^2} \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{g S} = \frac{20^2}{10 \cdot 20} = 2$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 4 \Rightarrow 4 \cos^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{5}$$

$$h_{\max} = 2S - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{5}} = 2S - \frac{5}{2} \frac{g S^2}{v_0^2}$$

$$h_{\max} = 40 - \frac{5}{2} \frac{10 \cdot 20^2}{20^2} = 40 - 25 = 15 \text{ (м)}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

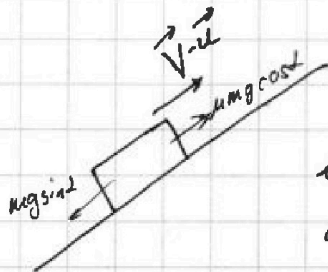
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



3) ~~Путь~~ Пересекает в СО меше:



$$\text{Для } V=0 \Rightarrow \vec{V}' = \vec{0} - \vec{u} = -\vec{u}$$

Возможен только дальний, попутный.

в и. 2:

$$a_{\parallel} = g; a_{\perp} = 0,6g; t_{\parallel} = 0,2c; \mu = \frac{2}{3}$$

$$V' = u = \frac{a_{\perp} t_{\perp}}{2} \Rightarrow t_{\perp} = \sqrt{\frac{2u}{a_{\perp}}} = \sqrt{\frac{4}{6}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$V' = u \Rightarrow a_{\perp} t_{\perp} \Rightarrow t_{\perp} = \frac{u}{a_{\perp}} = \frac{2}{0,6g} = \frac{1}{0,3} (c)$$

Дальнее же пройденное карбошкой вверх в  
лаб-ой СО:

$$S_{\parallel} = u(t_{\parallel} + t_{\perp}) + (V_0 - u)t_{\parallel} - \frac{a_{\parallel} t_{\parallel}^2}{2} - \frac{a_{\perp} t_{\perp}^2}{2} =$$

$$= u t_{\parallel} + V_0 t_{\parallel} - \frac{a_{\parallel} t_{\parallel}^2 + a_{\perp} t_{\perp}^2}{2} =$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{3} + 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2 + 6 \cdot \frac{1}{9}}{2} =$$

$$= 0,6 + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 0,6 + \frac{1}{3} = 0,6 + \frac{1}{3} (m)$$

$$H = (0,6 + \frac{1}{3}) \sin \alpha = (0,6 + \frac{1}{3}) \cdot 0,8 = 0,48 + \frac{8}{30} (m)$$

$$\text{Ответ: 1) } 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ (c); 2) } 0,5 \text{ (c); 3) } 0,48 + \frac{8}{30} (m)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

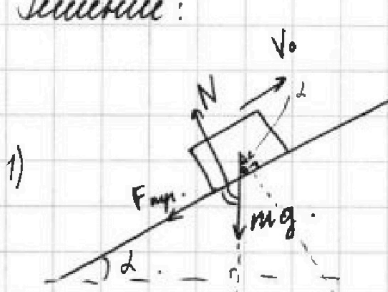
МОТИ

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

№ 2.

Дано:  
 $\sin \alpha = 0,8$   
 $V_0 = 4 \text{ м/с}$   
 $\mu = \frac{1}{3}$   
 $S = 1 \text{ м}$   
 $u = 2 \text{ м/с}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:



по II з.д:

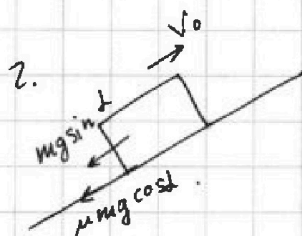
$$0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

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

то:

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,64} = \sqrt{0,36} = 0,6$$



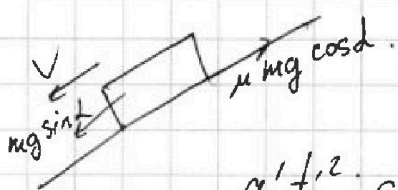
Пока коробка едет вверх (рис. 2)  
 ее она тормозит с ускорением:  $a = \frac{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m}$

$$\Rightarrow g(0,8 + \frac{0,6}{3}) = g$$

Пока коробка останавливается через время  $t_0 = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{g}$   
 и путь, который она пройдет за это время:

$$S_0 = V_0 t_0 - \frac{a t_0^2}{2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g V_0^2}{g^2 \cdot 2} = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} \text{ (м)}$$

Значит ей останется пройти  $S' = S - S_0 = \frac{1}{5} \text{ м}$ , но теперь она скользит вниз:



Коробка будет разгоняться с ускорением:  
 $a' = \frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{m} = g \cdot 0,6$

$$\frac{a' t'^2}{2} = S' \Rightarrow t' = \sqrt{\frac{2S'}{a'}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{5}}{5 \cdot 0,6}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ (с)}$$

$$T = t_0 + t' = \frac{V_0}{g} + \sqrt{\frac{1}{15}} = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ (с)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

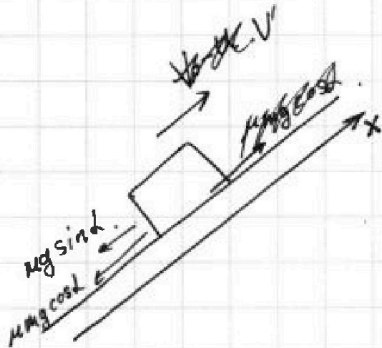
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

2) перейдем в СО лентцы:



$$\vec{V}' = \vec{V} - \vec{u}$$

в этой СО коробка.

будем двигаться вверх, тормозим.

$$\text{уск.-ин } a_0 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g, \text{ в}$$

$$\text{это время } |V| = |V'| + |u| \geq u > 0$$

$$\Downarrow \\ |V| = |u|, \text{ когда } |V'| = 0$$

$$V' = V_0 - u - a_0 t_0 \Rightarrow \mu t_0 = \frac{V_0 - u}{a_0} = 0,2(\text{с})$$

За это время в этой СО коробка пройдет нуль скорости.  
и начнет двигаться вверх на:

$$S_0 = (V_0 - u)t_0 - \frac{a_0 t_0^2}{2} = 2,2 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,8 - 0,2 = 0,6(\text{м})$$

а в лабораторной СО:

$$S_{\text{лаб}} = S_0 + u t_0 = V_0 t_0 - \frac{a_0 t_0^2}{2} = 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,8 - 0,2 = 0,6(\text{м}).$$

Затем коробка в нашей СО пойдет вниз:

$$\text{ускорением } a_n = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0,6g.$$

$$|V| = ||V'| - |u|| \Rightarrow \begin{cases} |V'| = 2|u| \\ |V'| = 0 - \text{расшируем время.} \end{cases}$$

$$V_n = 2u; \quad t_n = \frac{V_n}{a_n} = \frac{2u}{0,6g} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}(\text{с}).$$

За это время в лабораторной СО коробка пройдет  
вверх:

$$\begin{aligned} S_{\text{нл}} &= u(t_0 + t_n) + (V_0 - u)t_0 - \frac{a_0 t_0^2}{2} - \frac{a_n t_n^2}{2} = \\ &= V_0 t_0 + u t_n - \frac{a_0 t_0^2}{2} - \frac{a_n t_n^2}{2} = 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot \frac{2}{3} - \\ &- \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} - \frac{0,6g \cdot \frac{4}{9}}{2} = 0,8 + \frac{4}{3} - 0,2 - \frac{4}{9} = 0,6(\text{м}). \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

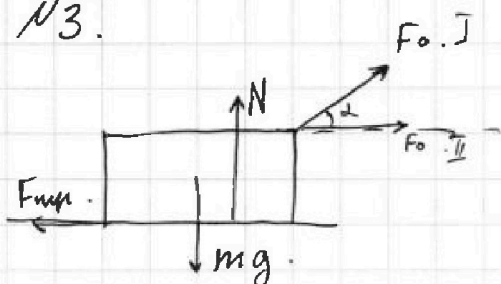
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

N3.



$$\text{I } N_1 = mg - F_0 \sin \alpha.$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu mg - \mu F_0 \sin \alpha.$$

$$ma_1 = F_0 \cos \alpha - \mu mg + \mu F_0 \sin \alpha.$$

$$\text{II } N_2 = mg; F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \mu mg.$$

$$ma_2 = F_0 - F_{\text{тр}2} = F_0 - \mu mg.$$

$$a \text{ одинакова } t_1 = t_2 \Rightarrow ma_1 = ma_2$$

$$F_0 \cos \alpha - \mu mg + \mu F_0 \sin \alpha = F_0 - \mu mg.$$

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

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

После прекращения действия силы:  
 $N = mg; F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg.$

$$mA = F_{\text{тр}} = \mu mg \Rightarrow A = \mu g.$$

$$T = \frac{V_0}{A} = \frac{V_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad 2) T = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}.$$



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!



$$\eta = \frac{A_0}{Q_{12}} = \frac{RT_1(6,5 - 2^{2,5})}{6RT_1} = \frac{6,5 - 2^{2,5}}{6}$$

$\int p dV$

$$C dT = p dV + C_v dT$$

$$C - C_v = p \frac{dV}{dT} = \frac{RT}{V} \frac{dV}{dT} \Rightarrow R \ln\left(\frac{V}{V_0}\right) = (C - C_v) \ln\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

$$pV = RT$$

$$V = V_0 \frac{T}{T_0} e^{\frac{C - C_v}{R}}$$

$$p dV + V dp = R dT$$

$$p \frac{dV}{dT} = R - V \frac{dp}{dT}$$

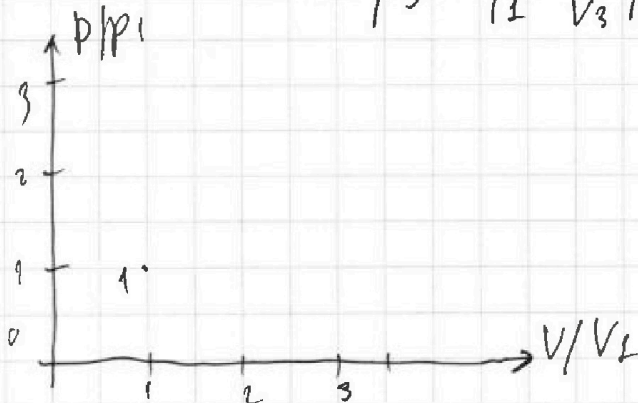
$$V_1 = V_1$$

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C - \frac{3}{2}R}{R}} = V_1 \cdot 4 \cdot \sqrt{e}$$

$$V_3 = V_2 \frac{T_3}{T_2} e^{\frac{0,5R - 1,5R}{R}} = V_1 \cdot 4 \cdot \sqrt{e} \cdot \frac{2^{1,5}}{4e} = \frac{2^{1,5}}{\sqrt{e}} V_1$$

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= RT_1 \\ p_2 V_2 &= RT_2 \end{aligned} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} \frac{V_1}{V_2} p_1 = \frac{4}{4\sqrt{e}} p_1 = \frac{1}{\sqrt{e}} p_1$$

$$p_3 = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V_3} p_1 = \frac{2^{1,5}}{\frac{2^{1,5}}{\sqrt{e}}} p_1 = \sqrt{e} p_1$$



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!



№4. Как видно в каждом из процессов 1-2; 2-3; 3-1.

метлоемкости постоянны:  $C_{12} = 2R$ ;  $C_{2-3} = \frac{R}{2}$ ;  $C_{3-1} = 2,5R$ .

$$T_1 = T_1; T_2 = 4T_1; T_3 = 2^{1,5}T_1$$

Возьмем первый закон термодинамики для процесса 1-2:

$$C_{12} \Delta T_{12} = A_{12} + C_V \Delta T_{12}$$

$$C_{12} (T_2 - T_1) = A_{12} + C_V (T_2 - T_1)$$

$$2R \cdot 3T_1 = A_{12} + \frac{3}{2}R \cdot 3T_1$$

$$A_{12} = RT_1 \left(6 - \frac{9}{2}\right) = \frac{3}{2}RT_1$$

$$A_{12} = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} = 600 \cdot 8,31 \text{ (Дж)}$$

$$Q_{12} = C_{12} (T_2 - T_1) = 2R \cdot 3T_1 > 0.$$

$$2-3: C_{23} \Delta T_{23} = A_{23} + C_V \Delta T_{23}; Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} = \frac{R}{2} T_1 (2^{1,5} - 4) < 0$$

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

$$A_{23} = -RT_1 (2^{1,5} - 4) > 0.$$

$$3-1: C_{31} \Delta T_{31} = A_{31} + C_V \Delta T_{31}; Q_{3-1} = C_{31} \Delta T_{31} = 2,5R (T_1 - 2^{1,5}T_1) < 0$$

$$2,5R (T_1 - 2^{1,5}T_1) = A_{31} + \frac{3}{2}RT_1 (1 - 2^{1,5})$$

$$A_{31} = RT_1 (1 - 2^{1,5}) < 0.$$

$$A_0 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2}RT_1 + RT_1 (4 - 2^{1,5}) + RT_1 (1 - 2^{1,5}) =$$

$$= \frac{R}{2} RT_1 \left( \frac{3}{2} + 4 - 2^{1,5} + 1 - 2^{1,5} \right) = RT_1 \left( \frac{13}{2} - 2^{2,5} \right)$$

$C_V = \frac{i}{2}R = \frac{3}{2}R$  (м.к. газ одно-атомный  
по условию  $\gamma = 1,5$ )  
Для справки: все процессы м.к.  $\nu = 1$  моль  
по условию.

Заменим, что  
 $3R = 24,93 \approx 25$ .

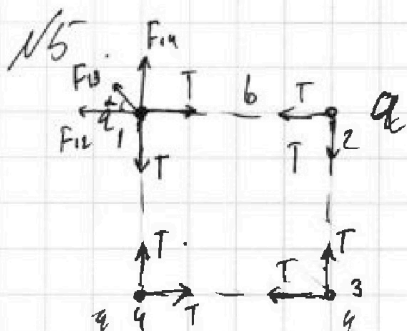
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Для каждой в системе сил симметричные  
все силы равны:  $T$ .

По II з. П:

$$0 = F_{12} + F_{13} \cdot \cos 45^\circ - T$$

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

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

3) Задача, что все силы (силы взаимодействия и силы  
упругости) являются внутренними, значит,  
центр масс покоится, находится в центре inertia.

и значит искомого расстояния

$$x = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$



2) Из сооб-ий симметрии  $v_2 = v_3$ ;  $v_1 = v_4$ .

$$v_2 \cdot \frac{b}{r} = v_3 \cdot \frac{b}{r} \Rightarrow v_2 = 3v_1 \text{ из того, что } \text{ц.м.} \text{ покоится}$$

$$F_c = \frac{kq^2}{r^2} \quad dA = \frac{kq^2}{r^2} dr \Rightarrow A = kq^2 \cdot \left( \frac{1}{r_k} + \frac{1}{r_0} \right)$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = kq^2 \left( \frac{1}{b} + \frac{1}{b} + \frac{1}{\sqrt{2}b} - \frac{1}{b} - \frac{1}{2b} - \frac{1}{3b} \right)$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{kq^2}{mb} \left( 2 + \sqrt{2} - 1 - \frac{2}{3} \right)}$$

Ответ:  $T = \frac{kq^2}{b^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$ ;  $v_1 = \sqrt{\frac{kq^2}{mb} \left( 2 + \sqrt{2} - 1 - \frac{2}{3} \right)}$



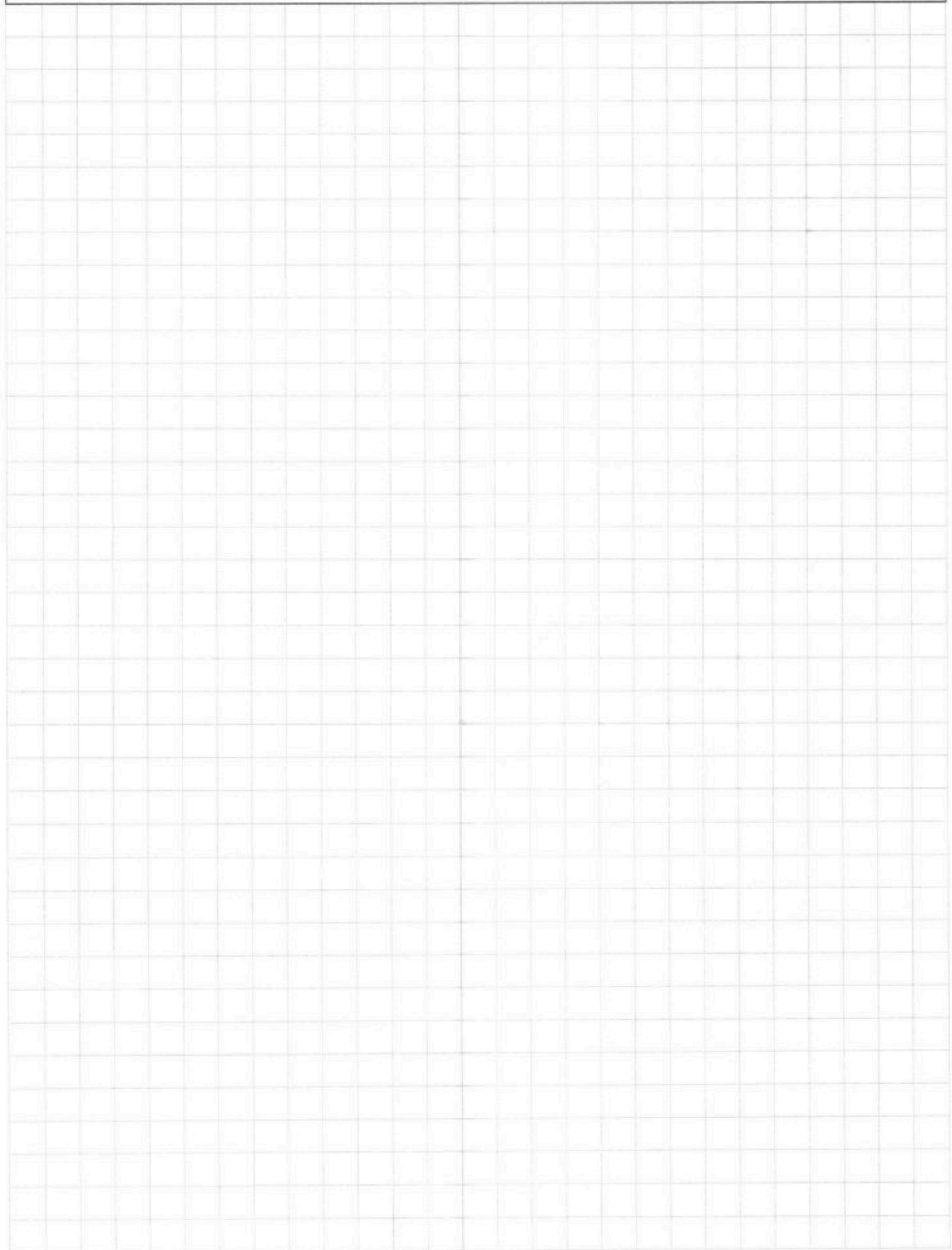
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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!



$$CdT = p dV + CvdT$$

$$(C - C_v)dT = p dV$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0} e^{\frac{(C_p - C_v)T}{R}}$$

$$p = \frac{p_0}{V_0} e^{\frac{C_p - C_v}{R} T} V$$

$$C - C_v = p \frac{dV}{dT} = \frac{RT}{V} \frac{dV}{dT}$$

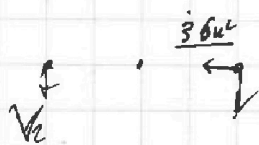
$$\frac{C - C_v}{R} \frac{dT}{T} = \frac{dV}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} e^{\frac{C - C_v}{R} T} = \frac{p}{p_0} e^{\frac{C - C_p}{R} T}$$

$$p = p_0 \frac{T}{T_0} e^{\frac{C - C_p - C + C_v}{R} T}$$

$kq$

$$G \frac{m^2}{r^2} = A$$



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

$$F dr = \frac{kq^2}{r^2} dr = dA$$

$$A = -kq^2 \frac{1}{r} = -kq^2 \left( \frac{1}{r_k} - \frac{1}{r_0} \right)$$

$$pV = RT$$

$$dpV + dVp = R dT$$

$$(C - C_v) = \frac{p dV}{dT} =$$

$$= \frac{R dT - dVp}{dT} = R - V \frac{dp}{dT}$$

$$C - C_v =$$

$$C - C_v = p \frac{dV}{dT}$$

$Ma =$

$$pdV + Vdp = R dT$$

$$CdT = R dT - V \frac{dp}{dT} + CvdT$$

$$C - C_p = -V \frac{dp}{dT}$$

$$V \cdot \frac{b}{2} = u \frac{3}{2} V$$

$$V = 3u$$



$$\frac{C - C_p}{C - C_v} = -\frac{V}{P} \frac{dp}{dV}$$

$$x = \frac{x^2}{2}$$

$$p = V^{\frac{C - C_p}{C - C_v}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

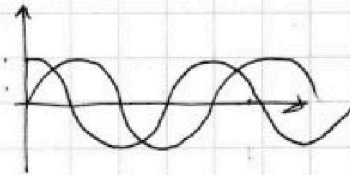
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!



$$tg' = \left( \frac{\sin x}{\cos x} \right)' = \frac{\cos^2 x - \sin x (\pm \sin x)}{\cos^2 x} = \frac{1}{\cos^2 x}$$


$$\left( \frac{f(x)}{g(x)} \right)' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{g(x)^2} = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{g(x)^2}$$

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

$$x^2 \rightarrow 2x$$

$$\frac{C - C_v}{R} (dpV + pdV) = p dV$$

$$h' = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{2V_0^2} \frac{(-2)(-\sin \alpha)}{\cos^3 \alpha} = \frac{dp}{p} = \frac{dV}{V} \left( 1 - \frac{C - C_v}{R} \right)$$

$$= \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2 \sin \alpha}{V_0^2 \cos^3 \alpha} = 0$$

$$\beta = \frac{g S^2}{V_0^2} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{V_0^2}{g S} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{400}{200} \Rightarrow z$$

$$\ln \left( \frac{p}{p_0} \right) = \ln \left( \frac{V}{V_0} \right) \frac{C - C_v}{R}$$

$$m g h = \frac{m V_0^2}{2} - m m g 0,6 m g \quad C = p \frac{dV}{dT} + C_v$$

$$RT_1 (2,15 - 1)$$

$$4RT_1 - 2,15 \frac{R}{2}$$

$$\frac{R}{2} T_1 : 3 \frac{R}{2} = \frac{3}{2} RT_1$$

$$(C - C_v) \frac{dT}{T} = R \frac{dV}{V}$$

$$RT_1 (2,15 - T_1)$$

$$p dV + p dV = R dT$$

$$C dT = p dV + C_v dT$$

$$C - C_v = p \frac{dV}{dT}$$

$$pV = RT$$

$$C - C_v = \frac{RT}{V} \frac{dV}{dT}$$

$$p = \frac{RT}{V}$$