



# 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.

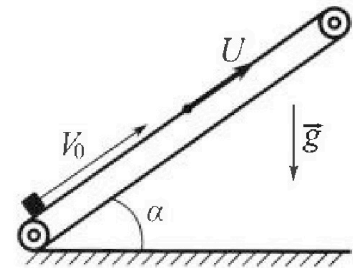
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

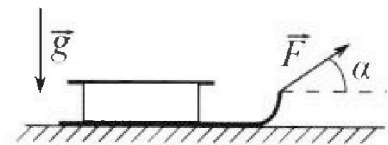
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

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.

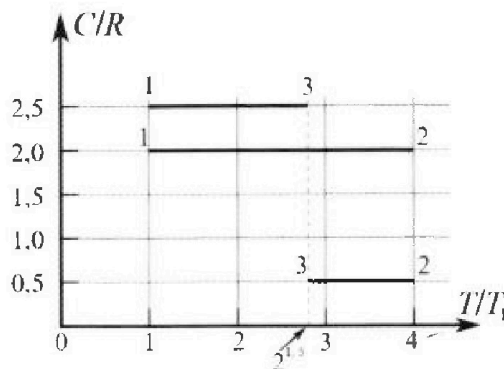
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



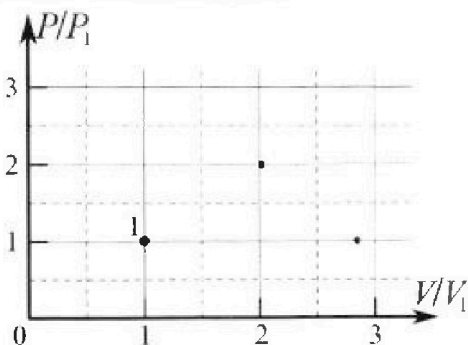
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



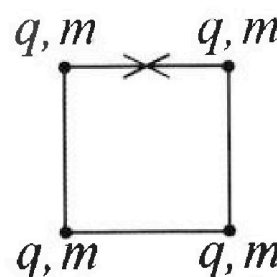
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.



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) Движение мяча - равнозамедленное, на макс.

высоте  $v = 0$ , тогда

$$v_k = v_k + aT \quad v_k = 0 \frac{m}{c}, \quad v_k = v_0 = \text{то, что нужно}$$

найти,  $a = -g$  т.к. движение равнозам.,  $T = 2c$  по усл.

$$0 = v_0 - gT$$

$$v_0 = gT; \quad v_0 = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 2c = 20 \frac{m}{c}$$

Ответ:  $v_0 = 20 \frac{m}{c}$

2) Так как мяч ударяется на максимальной высоте, то он пройдет только половину пути, т.к. это наиб. точка траект.

Длина пути -  $L$ ,  $L = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$ ,

$\frac{1}{2}$  пути - это  $\frac{L}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ , но

в свою очередь  $\frac{L}{2} = S$  - расстояние до

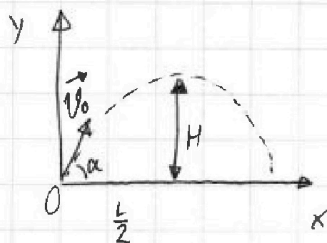
стенки  $\Rightarrow \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = S; \quad \sin^2 \alpha = \frac{2Sg}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 20m \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{(20 \frac{m}{c})^2} = 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2\alpha = 90^\circ$ , т.к.  $\sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

Максимальная высота подъема -  $H$ ,  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ ;

$$H = \frac{(20 \frac{m}{c})^2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = \frac{200 \frac{m}{c^2}}{20 \frac{m}{c^2}} = 10m$$

Ответ: 10м



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!



№2

1)  $g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = a_{\text{вниз}}$   
 $10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,6 = a_{\text{вниз}}; a_{\text{вниз}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

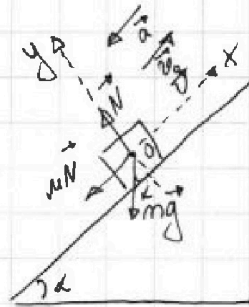
$S_{\text{вниз}} = \frac{a_{\text{вниз}} t_{\text{вниз}}^2}{2}$

$t_{\text{вниз}}^2 = \frac{2 S_{\text{вниз}}}{a_{\text{вниз}}} = \frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{0,2}{3} = \frac{1}{15 \text{ с}^2} \Rightarrow t_{\text{вниз}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$

$T = \cancel{0,4 \text{ с}} \quad t_1 + t_{\text{вниз}} = 0,4 + \frac{\sqrt{15}}{15} = \frac{24 + 4\sqrt{15}}{60} \text{ с}$

Ответ:  $T = \frac{24 + 4\sqrt{15}}{60} \text{ с}$

- 2) Из первого (1) пункта  
 время движения вверх до потери  
 начальной скорости  $t_1 = 0,4 \text{ с}$   
 и этот путь  $S_{\text{вверх}} = 0,8 \text{ м}$



За время  $t_1$  лента транспортера пройдет путь  $S', S' = t_1 U =$   
 $= 0,4 \text{ с} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \text{ м}$ . Тогда  $L = S' + S_{\text{вверх}} = 0,8 \text{ м} + 0,8 \text{ м} =$   
 $= 1,6 \text{ м}$  (коробка прилетит на  $S_{\text{вверх}}$  относ. ленты, но и сама  
 лента прилетит)  
 Ответ:  $1,6 \text{ м}$

- 3) Пусть  $S_0$  - путь, который пройдет кубок до оста-  
 ковки,  $S_0 = L + S''$ , где  $S''$  - путь пройденный телом после  
~~того как он замедлился~~ того как он замедлился до скорости  $U$ .

$S'' = \frac{v_{\text{кон}}^2 - v_{\text{нач}}^2}{2a}$ ,  $v_{\text{кон}} = 0$ ,  $v_{\text{нач}} = U$ ,  $a = -a$

$\Rightarrow S'' = \frac{-U^2}{-2a} = \frac{4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,2 \text{ м} \Rightarrow S_0 = 1,6 \text{ м} + 0,2 \text{ м} = 1,8 \text{ м}$

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!

№2

$$3) S_0 = 1,8 \text{ м.} \quad H = S_0 \cdot \sin \alpha = 1,8 \text{ м} \cdot 0,8 = 1,44 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } H = 1,44 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



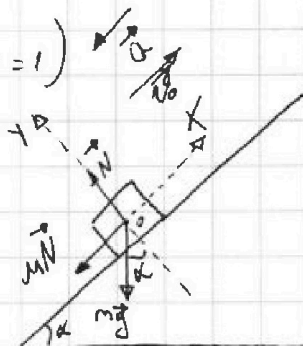
$\sqrt{2}$

1)  $\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$  ( $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ )

II - 3-х Ньютона для коробки

На ось x:  $mg \sin \alpha + \mu N = ma$  (1)

На ось y:  $N = mg \cos \alpha$  (2)



(1):  $mg \sin \alpha + \mu N = ma$ ,  $N = mg \cos \alpha$  из (2)  $\Rightarrow$

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

$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = a$ ;  $a = \frac{10 \text{ м}}{\text{с}^2} (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3}) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Движение коробки - равнозамедленное  $\Rightarrow S = v_0 T - \frac{a T^2}{2}$

1.  $= 4T - \frac{10 T^2}{5}$ ;  $-5T^2 + 4T - 1 = 0$ ;  $5T^2 - 4T + 1 = 0$  (3)

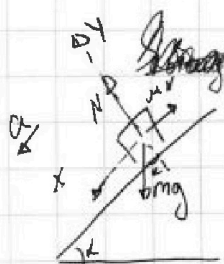
(3)  $5T^2 - 4T + 1 = 0$ ;  $D = -4 \Rightarrow$  коробка пройдет какое-то

расстояние до остановки и потом еще пройдет некото-

торый путь вниз.  $t_1$  - время движения вверх  $v_0 - at_1 = 0$ ;

$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ с}$ ;  $S_{\text{вверх}} = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$ ;  $S_{\text{вверх}} = 4 \cdot 0,4 - \frac{0,16 \cdot 10}{2} =$

$= 0,8 - 0,8 = 0,8 \text{ м}$ .  $S_{\text{вниз}} = S - S_{\text{вверх}} = 0,2 \text{ м}$ .



По II-му закону Ньютона:

$O_x$   $mg \sin \alpha - \mu N = ma_{\text{вниз}}$

$O_y$   $N = mg \cos \alpha$   $\Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_{\text{вниз}}$  (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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

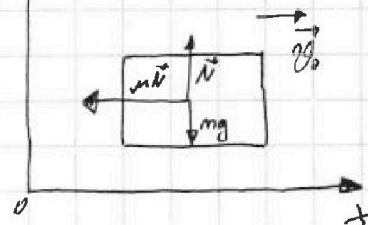
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\sqrt{3}$

2) По II-му 3-му Нью-

тона:

• На  $Ox$ :  $ma' = \mu N$



( $a'$  - ускорение, с которым тормозит блок)

• На  $Oy$ :  $N = mg$ , тогда  $ma' = \mu mg$ ,  $a' = \mu g$

Поскольку движение равнозамедленное, то  $v_0 - a'T = 0$  (5)

(сам останавливается)

(5)  $v_0 = a'T$ ,  $T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



№3

$m$  - масса саней

1) По II-му 3-му Ньютона:

① По ОХ:  $F \cos \alpha - \mu N = ma_1$

По ОУ:  $F \sin \alpha + N = mg \Rightarrow$

$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$ , тогда

$F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma_1$  ③

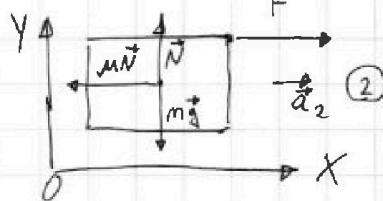
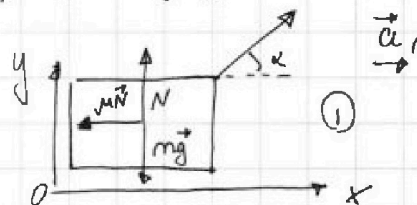
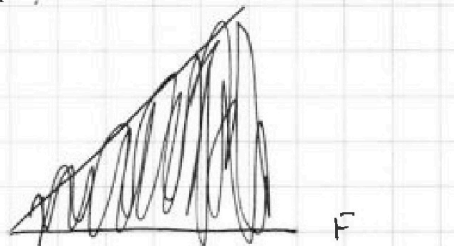
② По ОХ:  $F - \mu N = ma_2$

По ОУ:  $N = mg$ , тогда

$F - \mu mg = ma_2$  ④

③  $F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma_1$

④  $F - \mu mg = ma_2$



т.к. и в ① и в ② углы скорости  $v_0$  направлены за ось  $x$  бреше, то  $v_0 = a_1 t$  и  $v_0 = a_2 t \Rightarrow$

$\Rightarrow a_1 = a_2 = a \Rightarrow$

$\Rightarrow$  ③  $F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma$

④  $F - \mu mg = ma$

$\Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg \Rightarrow$

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

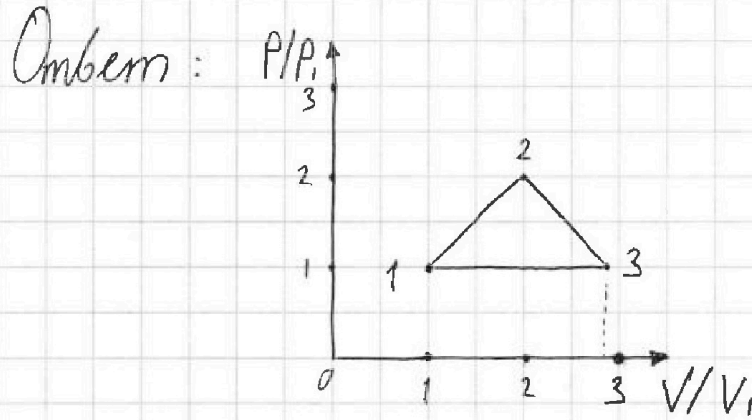
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

№4



$$P_1 = P_3, \quad V_3 = 2\sqrt{2}V_1; \quad P_2 = 2P_1; \quad V_2 = 2V_1$$

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"/>

МОТИ

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



$$3) \quad C_{m, 31} = \frac{5}{2} = \frac{i+2}{2} R \quad \text{т.к. газ одноатомный и } i=3, \text{ тогда}$$

( $C_{31}$  - молярная теплоемкость при пост. давлении  $\Rightarrow$ )

процесс 3-1 - изобарный  $\Rightarrow p_1 = p_3$

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = 4 \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1, \text{ по условию.})$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 = 2\sqrt{2} \nu R T_1 \quad (T_3 = 2\sqrt{2} T_1, \text{ по условию.})$$

$$\Rightarrow p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1, \text{ но } p_1 = p_3 \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2} V_1; p_2 V_2 = 4 p_1 V_1 \quad \textcircled{4}$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1, \quad \textcircled{1} \quad \leftarrow \text{(мощность по графику)}$$

$$A_{23} = \frac{p_2 + p_3}{2} (V_3 - V_2) = (4 - 2\sqrt{2}) \nu R T_1, \quad \textcircled{2} \quad \leftarrow$$

$$\text{Положим } \textcircled{1} \text{ на } \textcircled{2}: \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{4 - 2\sqrt{2}}; \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{8 - 4\sqrt{2}};$$

$$8V_2 - 4\sqrt{2}V_2 - 8V_1 + 4\sqrt{2}V_1 = 3V_3 - 3V_2, \text{ но } V_3 = 2\sqrt{2}V_1,$$

$$8V_2 - 4\sqrt{2}V_2 + 3V_2 = 6\sqrt{2}V_1 - 4\sqrt{2}V_1 + 8V_1,$$

$$11V_2 - 4\sqrt{2}V_2 = 2\sqrt{2}V_1 + 8V_1, \quad \sqrt{2} \approx 1,4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11V_2 - 5,6V_2 = 2,8V_1 + 8V_1; \quad 5,4V_2 = 10,8V_1; \quad V_2 = 2V_1$$

$$\textcircled{4} \quad p_2 V_2 = 4 p_1 V_1; \quad p_2 \cdot 2V_1 = 4 p_1 V_1 \Rightarrow p_2 = 2 p_1$$

$$\text{По итогу: } p_3 = p_1, \quad V_3 = 2\sqrt{2} V_1; \quad p_2 = 2 p_1, \quad V_2 = 2 V_1$$

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!

N4

$$\textcircled{2} A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = -\nu R (T_3 - T_2) = \\ = \nu R (T_2 - T_3) = \nu R (4T_1 - \sqrt{8}T_1) \quad (\text{по условию } T_2 = 4T_1, T_3 = \sqrt{8}T_1)$$

Аналогично 1)  $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$  (по I-му началу)

$$Q_{31} = c_{31} \nu (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) \quad (c_{31} = \frac{5}{2} R \text{ по условию})$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\textcircled{3} A_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) - \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - T_3) = -\nu R (T_1 \sqrt{8} - T_1)$$

(по условию  $T_3 = \sqrt{8}T_1$ )

$$\textcircled{1} A_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1 \text{ по условию})$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \nu R T_1 \cdot \frac{3}{2} + \nu R T_1 (4 - \sqrt{8}) - \nu R T_1 (\sqrt{8} - 1) = \\ = \nu R T_1 (1,5 + 1 + 4 - 2\sqrt{8}) = \nu R T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$Q_{12} = c_{12} \nu (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1 \quad (c_{12} = 2R, T_2 = 4T_1 \text{ по условию})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{\nu R T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})}{\nu R T_1 \cdot 6} \cdot 100\% = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \cdot 100\% \quad (\sqrt{2} \approx 1,4)$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{6,5 - 5,6}{6} \cdot 100\% = \frac{0,9}{6} \cdot 100\% = 15\%$$

Ответ:  $\eta = 15\%$

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!

№4  
В этом случае индекс числа у букв (например  $Q_{12}$ ) соответствует процессу, или точке ( $T_2$ ) в этом проц.

1)  $T_2 = 4T_1 = 1600 \text{ K}$  (по условию)

$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1)$ , где  $Q_{12}$  - кол-во теплоты, получ. газом

( $T_2 > T_1$ ) ← это  $\nu$  - кол-во везу-ва [моль]  $\nu = 1 \text{ моль}$

$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$ , где  $i$  - степень свободы молекулы,

$i = 3$  по усл.

По I-му началу термодинамики:

$Q_{12} - A_{12} = \Delta U_{12}$ ;  $A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12}$  ①

①  $A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$ ,  $C_{12} = 2R$  по ур.②

⇒  $(T_2 - T_1) (2\nu R - \frac{3}{2} \nu R) = A_{12}$ ;  $A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{1}{2} \nu R$

$A_{12} = (1600 - 400) \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$

Ответ:  $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

2) КПД цикла  $\eta$ ,  $\eta = \frac{A}{Q_1}$ ; где  $A$  - вся работа,  $Q_1$  - кол-во теплоты полученной от нагревателя.  $Q_1 = Q_{12}$  ( $Q_{23} < 0$ ),

~~$A_{12} + A_{23}$~~  т.к.  $Q_{31}$  и  $Q_{23} < 0$  т.к.  $\Delta T_{31}$  и  $\Delta T_{23} < 0$ ,

$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$

Аналогично 1) пункту  $A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23}$  ② (по I-му началу)

$Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R \nu (T_3 - T_2)$   $C_{23} = \frac{1}{2} R$  по условию.

$\Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

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!



№5

1) 4 шариков 1, 2, 3, 4

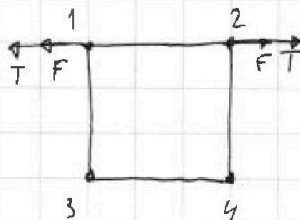
заряды  $q$  и  $2q$ , масса  $m$ .

Рассмотрим 1 и 2 шарик

По 3-му закону Кулона сила взаимодействия между шариками  $\rightarrow F$ ,  $F = \frac{q^2}{b^2} k$ . По 3-му закону Ньютона  $F - \vec{T} = 0$ , т.е.

система находится в равновесии  $\Rightarrow F = T$ ;  $T = \frac{q^2}{b^2} k$

Ответ:  $T = \frac{q^2}{b^2} k$





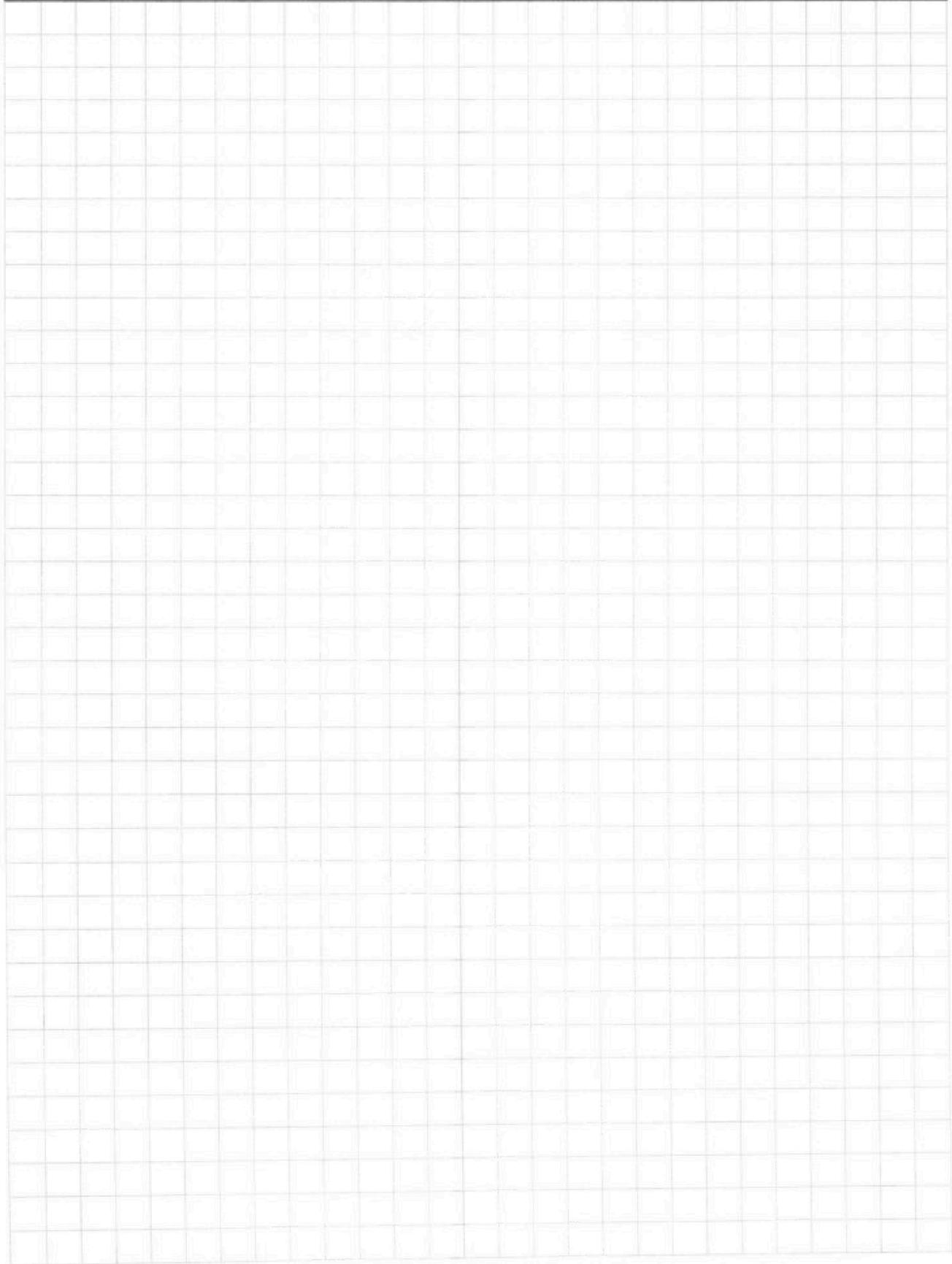
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:



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

$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R V^2 (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = -\nu R (T_3 - T_2)$

$T_3 = \sqrt{8} T_1$  по графику,  $T_2 = 4T_1$  по графику

$\Rightarrow A_{23} = -\nu R (\sqrt{8} T_1 - 4T_1) = \nu R (2T_1 - \sqrt{2} T_1)$

$at = v_0$

$v_0 = 2a$

$v_0 = 2g = 20 \frac{m}{c}$

$20 \cdot \frac{1}{2} = 10$

Аналогично 1)  $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$  3) (по I-му началу)

$Q_{31} = c_{31} V (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$  по графику  $c = \frac{5}{2} R$

$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$   $ta = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$A_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) - \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - \sqrt{8} T_1) = -\nu R T_1 (\sqrt{8} - 1)$

$A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{\nu R}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1$  (из 1 пункта  $A_{12}$ ;  $T_2 = 4T_1$  по графику)

$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{2}{2} \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) - \nu R T_1 (\sqrt{8} - 1) = \frac{54.9}{8} > 5$

$= \nu R T_1 (1.5 + 2 - \sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1) = \nu R T_1 (4.5 - 3\sqrt{2})$

$Q_{12} = c_{12} V (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1$  ( $T_2 = 4T_1$ ,  $c_{12} = 2R$  по графику)

$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{\nu R T_1 (4.5 - 3\sqrt{2})}{6 \nu R T_1} = \frac{4.5 - 3\sqrt{2}}{6} = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{6} \cdot 100\%$

$\sqrt{2} \approx 1.4$ , тогда  $\eta = \frac{6.5 - 4 \cdot 1.4}{6} \cdot 100\% = \frac{0.3}{6} \cdot 100\% = \frac{3}{20} \cdot 100\% = 15\%$

Ответ:  $\eta \approx 15\%$

$F - \mu mg = ma$

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

$F(1 - \cos \alpha) - \mu F \sin \alpha = 0 \Rightarrow \mu = \frac{F(1 - \cos \alpha)}{F \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

m · 150 + g · 10h = 40h

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



**МФТИ**

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



N4

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad A_{23} &= Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = -\nu R (T_3 - T_2) = \\ &= \nu R (T_2 - T_3) = \nu R (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) = \nu R T_1 (4 - 2\sqrt{2}) \quad (T_3 = \sqrt{8}T_1, T_2 = 4T_1, \text{ по} \\ &\quad \text{графику}) \end{aligned}$$

400 · 8,31 ·  $\frac{3}{2}$       600    8,31

$$A_{31} = \frac{5}{2} R = \frac{i+2}{2} R \quad (i=3 \text{ по ур.}) \Rightarrow \text{процесс 1-3 - изобарный}$$

$$\Rightarrow A_{31} = 0 \text{ Дж}$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}, \quad A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{1}{2} \nu R = \frac{3}{2} \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1, \text{ по ур.})$$

$$Q = Q_{12}, \quad Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1, C_{12} = 2R \text{ по ур.})$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{3}{2} \nu R T_1}{6 \nu R T_1} = \frac{1}{4}$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$F \cdot \frac{v_0^2}{2a} = \mu mg + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_3 - V_2) = \frac{R \cdot \mu}{c^2}$$

$$\mu mg < F$$

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$F \cos \alpha - \mu mg = ma$$

$$F - \mu mg = ma$$

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} (V_3 - V_2) = (\sqrt{8} - 1) \nu R T_1$$

$$F \cdot \frac{v_0^2}{2(F - \mu mg)} = \mu mg + \frac{mv_0^2}{2}$$

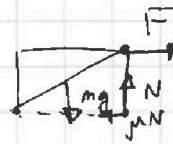
$$at = v_0$$

$$\frac{v_0}{t} = a$$

$$\mu mg = ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \mu g$$

$$v_0 - at = 0 = v_0$$



$$mg \downarrow$$

$$\frac{F v_0^2}{F - \mu mg} = 2\mu mg + \frac{mv_0^2}{2}$$



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!



$$F = AS + E_k$$

$$\begin{array}{r} -6,5 \\ 1,4 \\ \times 4 \\ 5,6 \end{array}$$

$$6 - 10t = 2$$

$$S(F - \mu mg) = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$-4 = -10t$$

$$\frac{v_0^2}{2a} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 2,400 \\ \hline 332400 \end{array} \quad \frac{\Delta Q}{2} \text{ (J)}$$

$$\frac{0,9}{6} = \frac{0,3}{2} = \frac{3}{20} \cdot \frac{t}{5} = 0,4$$

$$\frac{S \cdot 2a \cdot m}{2} = S \mu mg + F \cdot S$$

$$S = 2,4 - \frac{0,16 \cdot 10}{2} = 1,6$$

$$4\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1 \approx 5 - 4\sqrt{2}$$

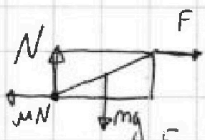
$\Delta n$   
 $Q_1$

$$4\sqrt{RT_1} (8 - 4\sqrt{2}) - \sqrt{RT_1} (25\sqrt{2} - 1) =$$

$4\sqrt{R}$

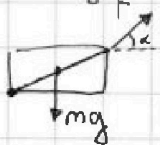
$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 40 \\ 1600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 39 \\ 1521 \end{array}$$



$$F \leq \frac{mg}{2}$$

$$= \sqrt{RT_1} (8 - 2\sqrt{2})$$



$$F - \mu mg \geq 0$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3 = 8 \nu R T_1$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 = 4 \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = 2 P_1 V_1 = \sqrt{2} P_3 V_3$$

$$P_1 V_1 =$$

$$10,5 = 3 \cdot 3,5$$

$$0,4 + \frac{3,9}{15} = \frac{1,3}{5} = 0,26$$

$$\mu mg \leq F \leq \frac{mg}{2}$$

$$\mu \leq \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{3,9} \approx 0,25$$

$$Q_{12} = C \nu (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = C \nu (T_2 - T_1)$$

$$2^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{3}{2}} = 2^3$$

$$\sqrt{2^3} \cdot \sqrt{2^3}$$

$$1,95$$

$$\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 3324 \text{ Дж}$$

$$2 - \sqrt{2} + 1,5 = 4 - \sqrt{2}$$

$$\sum \tau \cdot \theta =$$

$$\frac{3,5 - 1,4}{6} = \frac{2,1}{6} = \frac{0,4}{2} = \frac{7}{20} = 35\%$$

$$\begin{array}{r} 9854 \\ 009 \\ 185 \times \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7



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

$$v - gt = 0 \Rightarrow v = 20 \text{ м/с}$$

$$v = \frac{10}{2} = 5$$

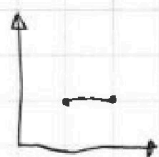
$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = S$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2gS}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 200}{20^2} = 1 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = 10 -$$

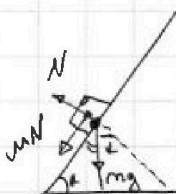
$$F - \mu mg = \frac{10}{2} m$$

$$\Rightarrow F - \mu mg = F$$



$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{200}{20} = 10 \text{ м}$$

$$t = \frac{m v_0}{F}$$



$$\frac{D}{4} = 4$$

$$\frac{2}{5} \cdot \frac{1}{3} = 0,2$$

$$v_1 = \frac{av}{v_0} = \frac{av}{v_0 - av} = S$$

$$v_0 \sin \alpha - g \frac{t^2}{2} = 0$$

$$v_0 \sin \alpha = g t$$

$$v = 701 - 9$$

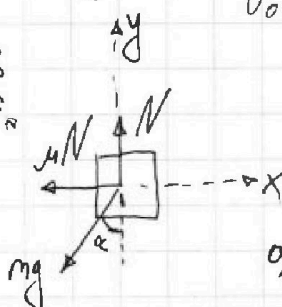
$$L = 2 \ln v_0 \cos \alpha = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

$$D = -4 \Rightarrow$$

$$v_0 - at = 0$$

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

$$ma =$$



$$0,36 + 0,1$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = S(F - \mu mg)$$

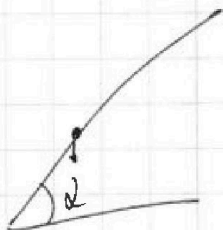
$$v_0 t = 2,5$$

$$v_0 = \frac{2,5}{t} = \frac{a t^2}{2}$$

$$pa =$$



$$v_1 = v_0 - at = \frac{av}{v_0 - av} = S$$



$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

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