



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

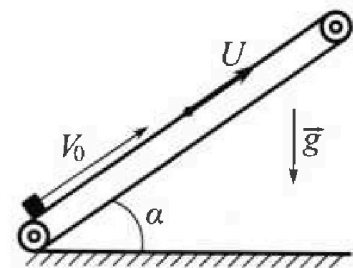
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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?

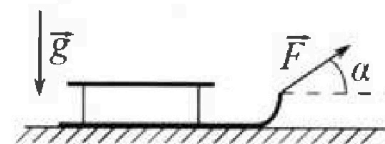
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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.

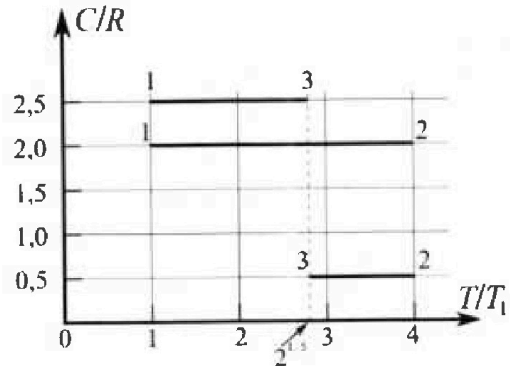
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



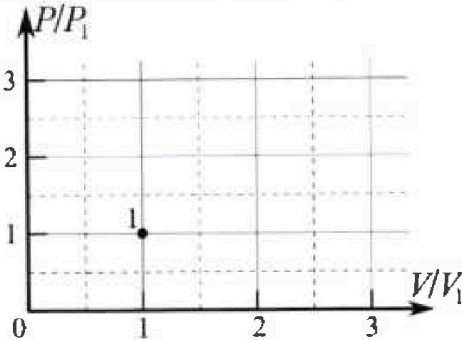
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



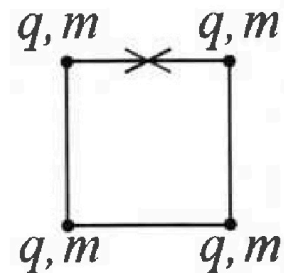
1) Найдите работу  $A_{1-2}$  газа в процессе 1-2.

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:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

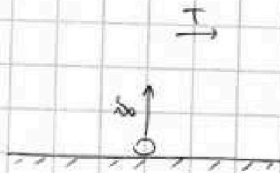
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1.

$v = v_0$  (скорость)

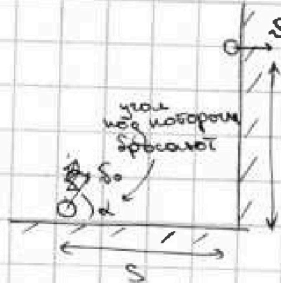
$$0 = v_0 - gT$$

$$v_0 = gT = 2 \cdot 10 \text{ м/с} = 20 \text{ м/с}$$



Ответ:  $v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$

2.

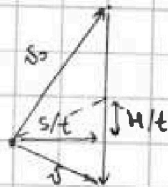


$S$  - скорость в конце

$t$  - время полета до стены

$H$  - максимальная высота удара о стену

Треугольник скоростей



$$\begin{cases} S = v_0 \cos \alpha t & (1) \\ H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} & (2) \end{cases}$$

$$(1) \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \rightarrow (2) \Rightarrow$$

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

$$H = \tan \alpha S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

|||

$$H = \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$H = (\sin \alpha \cos^{-1} \alpha) S - \frac{g S^2 \cos^{-2} \alpha}{2 v_0^2}$$

$$\frac{dH}{d\alpha} = \cos \alpha \cos^{-1} \alpha + \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} S - \frac{g S^2 (-2) (-\sin \alpha)}{2 v_0^2 \cos^3 \alpha} = 0$$

н.к.  $H$  - max

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

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

$$\frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1 \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 + (g S)^2}{(g S)^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" 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!

МФТИ



2. (продолжение)

$$H = \operatorname{tg} \alpha S - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$
$$\cos^2 \alpha = \frac{v_0^4 + (gS)^2}{(gS)^2}$$

$$H = \frac{v_0^2 S}{gS} - \frac{gS^2 (v_0^4 + (gS)^2)}{2v_0^2 (gS)^2}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g(v_0^4 + (gS)^2)}{2v_0^2 g} = \frac{2v_0^4 - v_0^4 - (gS)^2}{2v_0^2 g}$$

$$H = \frac{v_0^4 - (gS)^2}{2v_0^2 g} = \frac{20^4 - (10 \cdot 20)^2}{2 \cdot 20^2 \cdot 10} = \frac{20^2 - 10^2}{20} \text{ м}$$

$$H = \frac{300}{20} \text{ м} = 15 \text{ м}$$

Ответ:  $H = \frac{v_0^4 - (gS)^2}{2v_0^2 g} = 15 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

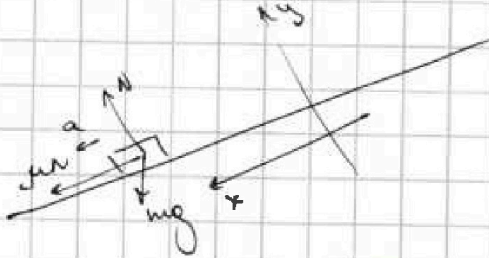
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

1.



$$\begin{aligned} \Sigma F : OY : N - mg \cos \alpha &= 0 \\ OX : \mu N + mg \sin \alpha &= ma \\ \Rightarrow a &= g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g \end{aligned}$$

Расстояние до верхней точки

$0 - v_0 = -at_1$  ← время до верхней точки

$$S_{\max} = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow t_1 = v_0 / a = 0,4 \text{ c}$$

$$S_{\max} = \frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{4 \cdot 4 \text{ m}}{2 \cdot 10} = \frac{4 \text{ m}}{5}$$

2) ~~масса~~ груз спускается еще вниз  
на  $S - S_{\max}$

при этом начальная скорость груза 0  
за время  $t_2$

$$S - S_{\max} = \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S - S_{\max})}{g}}$$

$$t_0 + t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{10 \cdot 5}} \text{ c} = 0,2 \text{ c}$$

$$T = t_1 + t_2 = 0,6 \text{ c}$$

Ответ:  $T = 0,6 \text{ c} = \sqrt{\frac{v_0^2}{a}} + \sqrt{\frac{2(S - \frac{v_0^2}{2a})}{g}}$



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!

~~Величина  $\tilde{v}_0$  зависит от скорости движения трансформера~~

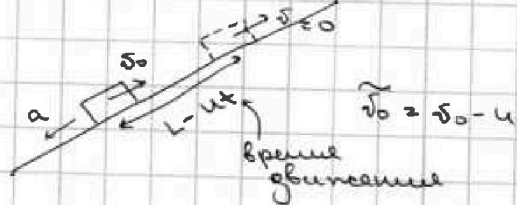
2.  $\tilde{v}_0^2 = 2(L - ut) a$

$\tilde{v}_0 = at \Rightarrow t = \frac{\tilde{v}_0}{a}$

$\Rightarrow \tilde{v}_0^2 = 2(L - u \frac{\tilde{v}_0}{a}) a$

$L = \frac{\tilde{v}_0(2u + \tilde{v}_0)}{a}$

со трансформера  
(м.к.  $\vec{u} = \text{const} \Rightarrow \in \text{ИСО}$ )



~~$L = \frac{4(3+4)}{10} \text{ м} = 3,2 \text{ м}$~~

$L = \frac{(v_0 - u)(v_0 + u)}{a}$

$L = \frac{4^2 - 2^2}{10} = 1,2 \text{ м}$

Ответ:

~~$L = \frac{v_0(2u + v_0)}{a} = \frac{4(2 \cdot 2 + 4)}{10} = 3,2 \text{ м}$~~   
 $L = \frac{v_0^2 - u^2}{a} = 1,2 \text{ м}$

3.  $\Delta E: (0 + mgh)_{\text{к}} - (\frac{(\tilde{v}_0 + u)^2}{2} m + 0)_{\text{к}} = \int F_{\text{тр}} ds$

$F_{\text{тр}} = N\mu = \mu g \cos \alpha$   
( $u_0 = u$ )

$\int F_{\text{тр}} ds = \mu g \cos \alpha \cdot m \cdot \frac{H}{\sin \alpha}$

$\Rightarrow mgh - \frac{(\tilde{v}_0 + u)^2}{2} m = \frac{\mu g \cos \alpha m H}{\sin \alpha}$

$gH(\frac{1}{\sin \alpha} - \mu \cos \alpha) = \frac{(\tilde{v}_0^2 + u^2)}{2}$

$H = \frac{(\tilde{v}_0 + u)^2 \sin \alpha}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$

$H = \frac{36 \cdot 4}{2 \cdot 10 \cdot 3} = \frac{24}{10} \text{ м} = 2,4 \text{ м}$

Ответ:  $H = \frac{(\tilde{v}_0 + u)^2 \sin \alpha}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = 2,4 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

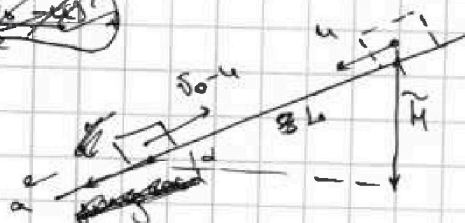
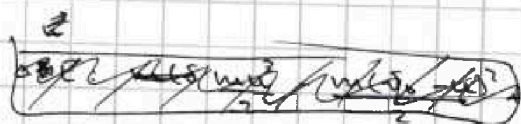
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Вам  $\delta_0$  сообщают относительно  $z$  осей.

СО транспортера



$$\delta_0 \cos \alpha - u = \delta_0 + u$$

$$u + \delta_0 - u = at$$

$$\Rightarrow t = \delta_0 / a$$

$$\tilde{H} = \frac{(\delta_0 - u)t - \frac{at^2}{2}}{\sin \alpha}$$

$$\tilde{H} = \left( \frac{(\delta_0 - u)\delta_0}{a} - \frac{\delta_0^2}{2a} \right) / \sin \alpha$$

$$\tilde{H} = \frac{2\delta_0^2 - 2u\delta_0 - \delta_0^2}{2a \sin \alpha} = \frac{\delta_0(\delta_0 - 2u)}{2a \sin \alpha} = 0 \text{ м}$$

Ответ:  $H = 0 \text{ м}$

$$\text{в } \text{СО} : \tilde{H} = H + ut \sin \alpha = ut \sin \alpha = \frac{u\delta_0 \sin \alpha}{a}$$

$$H = \frac{4 \cdot 2 \cdot 4}{5 \cdot 10} = 0,64 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } H = 0,64 \text{ м} = \frac{u\delta_0 \sin \alpha}{a}$$

исл. оп. 25

5/10



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

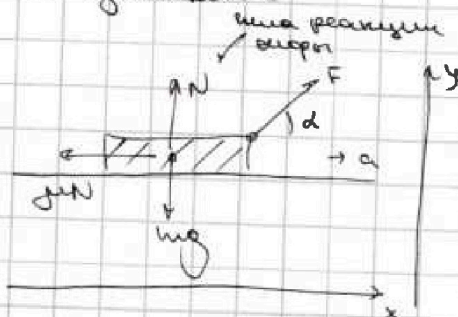
МФТИ

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

1. Т.к. время разгона одинаковое  $\Rightarrow$   
ускорение санок тоже одинаковое

$$\Delta F: OY: N + F \sin d - mg = 0$$

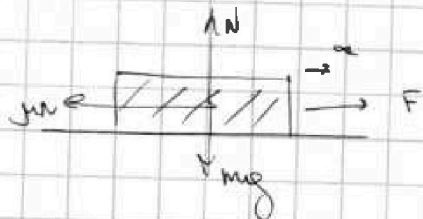
$$OX: F \cos d - \mu N = am$$



$$\Rightarrow N = mg - F \sin d$$

$$am = F \cos d - \mu mg + \mu F \sin d$$

$$am = F \cos d - \mu mg + \mu F \sin d \quad (1)$$



$$\Delta F:$$

$$OY: N - mg = 0$$

$$OX: F - \mu N = ma$$

$$\Rightarrow F - \mu mg = ma \quad (2)$$

$$(1) + (2) \Rightarrow F \cos d - \mu mg + \mu F \sin d = F - \mu mg$$

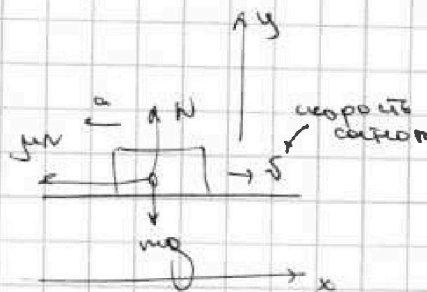
$$\mu F \sin d = F(1 - \cos d)$$

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

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

2.  $OX: -\mu N = -ma$   
 $OY: N - mg = 0$

$$\Rightarrow a = \mu g$$



$$0 - v_0 = -aT \Rightarrow T = s_0/a = s_0/\mu g$$

Ответ:  $T = s_0/\mu g$

это еще одна стр 5/10





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

1.  ~~$dQ = c dT = \frac{1}{2} \gamma R dT + p dV$~~   
 ~~$c dT = \frac{1}{2} \gamma R dT + p dV$~~   
 ~~$T \cdot c = \frac{1}{2} \gamma R T + p V$~~   
~~ЗМК:  $pV = \gamma R T$~~   
 ~~$d(pV) = \gamma R dT$~~   
 ~~$p dV + V dp = \gamma R dT$~~

1. Т.к.  $c = \text{const}$  на участке 1-2  
 $dQ = dU + dA$  ЗМК:  $pV = \gamma R T$   
 $c dT = \frac{i}{2} d(pV) + p dV$   $d(pV) = \gamma R dT$   
 $dT = \frac{d(pV)}{\gamma R}$   
 $\frac{c d(pV)}{\gamma R} = \frac{i}{2} d(pV) + p dV$

$$\left(\frac{c}{\gamma R} - \frac{i}{2}\right) p dV = \left(\frac{i}{2} + 1 - \frac{c}{\gamma R}\right) p dV$$

$$V dp = k p dV$$

$$\frac{dp}{p} = k \frac{dV}{V} \Rightarrow \ln \frac{p_k}{p_n} = k \ln \frac{V_k}{V_n}$$

$$\ln \frac{p_k}{p_n} = \ln \left(\frac{V_k}{V_n}\right)^k$$

$$p_k V_k^{-k} = p_n V_n^{-k}$$

$$\Rightarrow pV^{-k} = \text{const}, k = \frac{\frac{c}{\gamma R} + 1 - \frac{c}{\gamma R}}{\frac{c}{\gamma R} - \frac{i}{2}} \approx \frac{2/5 \gamma R + c}{c - 1,5 \gamma R}$$

$$-k = \frac{\frac{2}{5} c - (\frac{1}{2} + 1) \gamma R}{c - \frac{i}{2} \gamma R} = \frac{c - 2,5 \gamma R}{c - 1,5 \gamma R}$$

$$\Rightarrow pV^{\frac{c-2,5\gamma R}{c-1,5\gamma R}} = \text{const}$$

Т.к.  $c_2 = 2R \Rightarrow pV^{\frac{2-2,5\gamma}{2-1,5\gamma}} = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{V} = \text{const}$

$\Rightarrow p(V)$  - минималь (выходит из 0)

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. (продолжение)

$$\rightarrow p = p_0 \quad A_{12} = Q_{12} - U_{12} = c_p T - \frac{i}{2} \nu R T$$

$$A_{12} = 2R T - 1,5R T = 0,5 R T = 0,5 \cdot 3 T_1 R$$

$$A_{12} = 1,5 T_1 R = 1,5 \cdot 400 \cdot 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot 600 \cdot 8,31 \text{ Дж/моль}$$

$$A_{12} = 498600 \text{ Дж}$$

Ответ:  $A = 498,6 \text{ кДж}$

$$\begin{aligned} 2. \quad Q_{12} &= \sum U_{12} + A_{12} \\ Q_{23} &= U_{23} + A_{23} \\ Q_{34} &= U_{34} + A_{34} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} &= A_{12} + A_{23} + A_{34} = \\ &= A \\ U_{12} + U_{23} + U_{34} &= 0 \end{aligned}$$

т.к. циклы замкнуты

$$A = 2R \cdot 3T_1 + 0,5R (4 - 2^{1,5})T_1 - 2,5R (2^{1,5} - 1)T_1$$

$$A = T_1 R (6 - 2 + \sqrt{2} + 2,5 - 5\sqrt{2})$$

$$A = (6,5 - 4\sqrt{2}) T_1 R$$

$$Q_+ = Q_{12} = 2R \cdot 3T_1 = 6RT_1$$

$$\Rightarrow y = \frac{A}{Q_+} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

Ответ:  $y = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

3.  $U_{12}$  н. 1  $\Rightarrow p \nu$  Две всех уравнений  $p \nu^{\frac{c-2,5R}{2,5R}} = \text{const}$

1-2:  $c = 2 \Rightarrow p \nu^{-1} = \text{const}$ ,  $T \uparrow$  &  $4$  раз  $\Rightarrow p, \nu \uparrow$   $2$  раз

3-4:  $c = 2,5 \Rightarrow p \nu^0 = \text{const}$ ,  $T \uparrow 2\sqrt{2}$  раз  $\Rightarrow \nu \uparrow 2\sqrt{2}$  раз  $\nu = \text{const}$

4-5:  $c = 0,5 \Rightarrow p \nu^2 = \text{const}$ ,  $T \downarrow$  &  $\sqrt{2}$  раз  $\Rightarrow \nu \uparrow \sqrt{2}$ ,  $p \uparrow \sqrt{2}$   
 $\nu \uparrow \sqrt{2}$ ,  $p \downarrow 2$

7/10

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

3 (продолжение)

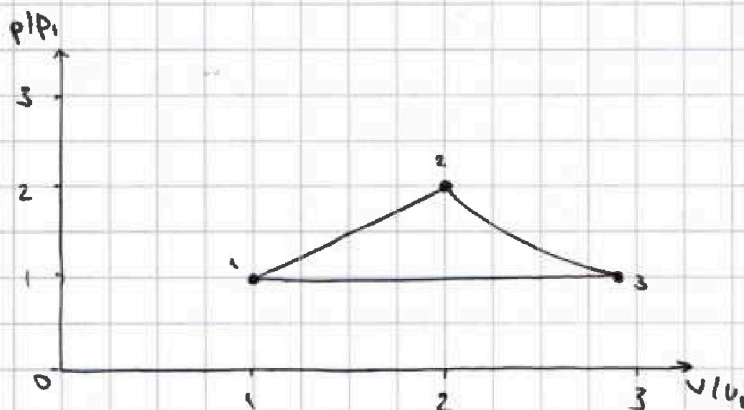
$$1-2: pV^{-1} = \text{const} : p_2 = 2p_1 \\ V_2 = 2V_1 \\ T_2 = 4T_1$$

~~3-1:  $p = \text{const} : p_3 = \sqrt{2} p_1 / 2$   
 $V_3 = 2V_1$   
 $T_3 = 2\sqrt{2} T_1$~~

$$2-3: pV^2 = \text{const} : p_3 = 8p_1 \\ V_3 = 2\sqrt{2} V_1 \\ T_3 = 2\sqrt{2} T_1$$

3-1:  $p = \text{const}$

<del><math>p_2 = 2p_1</math></del>
<del><math>V_2 = 2V_1</math></del>
<del><math>T_2 = 4T_1</math></del>



$$p_2 = 2p_1 \\ V_2 = 2V_1 \\ p_3 = p_1 \\ V_3 = 2\sqrt{2} V_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

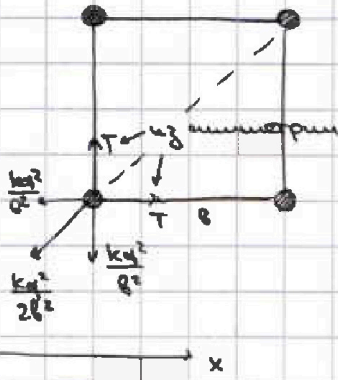
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



1.



$$\Delta F: O_x: T - \frac{kq^2}{b^2} - \frac{kq^2 \cos 45^\circ}{2b^2} = 0$$

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

$$\text{Ответ: } T = \frac{kq^2}{b^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

2. Т.к. шарик стремится разлетаться ~~туда~~  
то нить все время ~~будет~~ ~~напряжена~~  
 $\Rightarrow$  длина нити ~~не меняется~~ ~~не~~ ~~будет~~  $\Rightarrow$   
~~работа силы натяжения~~  
~~весь ноль~~

т.к. T — внутренняя сила и картинка  
симметрична  $\Rightarrow$  работа сил  
натяжения нити = 0

$$\Delta E: \frac{4m\delta^2}{2} + \frac{kq^2}{b} (1 + 1 + 1 + (\sqrt{2})^2 + (\sqrt{2})^2 + 1) +$$
$$+ \frac{kq^2}{b} (1 + 1 + 1 + 2^2 + 2^2 + 3^2) = 0$$

$$\frac{4m\delta^2}{2} = (4 + \sqrt{2}) \frac{kq^2}{b} - (8 + \frac{1}{3}) \frac{kq^2}{b} = \frac{(3\sqrt{2} - 1) kq^2}{b}$$

$$\text{или } \delta^2 = \frac{(3\sqrt{2} - 1) kq^2}{8mb}$$

$$\text{Ответ: } \delta = \sqrt{\frac{(3\sqrt{2} - 1) kq^2}{8mb}}$$

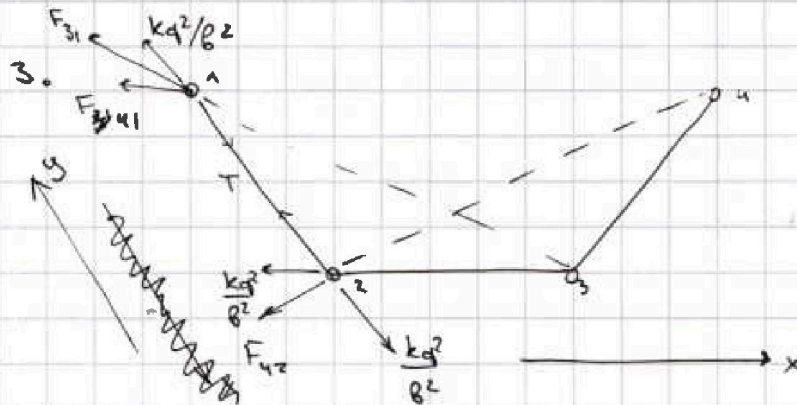
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



OX:  $a_x = a_{2x}$ , м.к. ~~нить неразмещена~~  
 $\Sigma F_{ix} = a_x m$ ,  $\Sigma F_{2x} = a_{2x} m$   
 $\Sigma F_{ix}$

OX:  $F_{x2} + F_{x3} = 0$ , м.к. картинка симметрична

$a_{x2} = a_{x1}$ , м.к. нить неразмещена

$\Rightarrow F_{x2} = F_{x3} = 0$

~~$a_{x2} = a_{x1} = 0$~~

OY:  $F_{y1} \geq 0$   ~~$\neq$~~

~~$F_{y1} \geq F_{y2}$~~   $F_{y1} \geq F_{y2}$

нить неразмещена

$F_{y1} = F_{y2}$   
 $\Rightarrow a_{y1} = a_{y2}$

м.к. нить всегда натянута,  $v_y \geq 0$

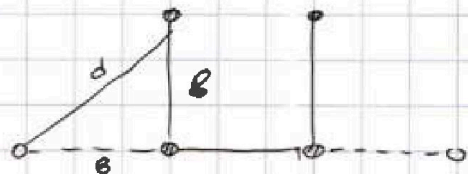
~~м.к.  $a_{x2} = 0 \Rightarrow a_{y2} = 0 \Rightarrow a_{y1} = 0$~~

$\Rightarrow a_{y2} = a_{y1} = 0$

$\Rightarrow$  ~~у~~ ускорение ~~1~~ шарика  $\perp$  нити  
 ускорение ниточных шариков  $\circ$

$\Rightarrow d = \sqrt{2} b$

Ответ:  $d \geq \sqrt{2} b$



10/10 2/22



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 Решена  
 ② ~~Рассмотрены 4 точки из условия задачи 2,3~~  
 ③ Решена  
 ④ ~~Рассмотрены 4 точки и 3 решена~~  
 ⑤ Решена, но криво

$\frac{4}{2\sqrt{2}} = \sqrt{2} \quad 2\sqrt{2}$   
 $3\sqrt{3}$   
 $\frac{6\sqrt{3}}{2}$   
 $2R \cdot 5\pi - \frac{1}{2} R \cdot 3\pi$   
 $1,5R\pi$   
 $\int \frac{kq^2}{r^2} = -\frac{kq^2}{r} + const$   
 $\int \frac{GMm}{R^2} = -\frac{GMm}{R} = -gRm$   
 $\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$   
 $\frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$   
 $p = \frac{2}{v^2}$   
 $\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$   
 $\frac{\sqrt{2}}{22}$   
 $\frac{6R\pi + \sqrt{2}R\pi - 2R\pi + 2,5R\pi}{5\sqrt{2}R\pi} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{R}$

The page contains several diagrams and calculations. At the top, there are force vectors and a potential energy integral. Below that, there are more integrals and algebraic manipulations. On the left, there are some numerical expressions involving pi and R. In the center, there are diagrams showing points and vectors, with some parts circled. On the right, there are more diagrams and a final algebraic expression. At the bottom, there are more diagrams and a final result.

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!



$(x-a)(x-b) = x^2 - (a+b)x + ba$

$16 - 4 = 12$

$\frac{+4 \pm \sqrt{12}}{2} = 2 \pm \sqrt{3}$

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

$\Delta = 2^2 - 4 \cdot 5 = -16 \Rightarrow \text{р.н.}$

4  $\frac{3-2}{5 \cdot 10}$

Изохора:  $\frac{1}{2} = \frac{3}{2} \approx 1,5$

Изобара: 2,5

Адиабата

$S = 2T - 5T^2$

$\frac{u^2}{c^2} = \frac{c^2}{u}$

$\frac{4}{2\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}}$

$2^2(10 \cdot 10)^4$

$2\sqrt{2}$

$4 \cdot 2 = 8$

$1,25$

$400 - 100$

$1,5 < \sqrt{3} < 2$

$3 \dots \frac{28}{225}$

$4986$

$30 \cdot 10$

$p = 2v^2$

$p \propto v \propto \sqrt{2}$

$S = 4t - \frac{10t^2}{2} = 4t - 5t^2$

$4 = 10T$

$p = \frac{c}{v^2}$

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

$\frac{8}{5} - \frac{4}{5} = \frac{4}{5}$

$v \propto k$

$p \propto k^2$

$p \propto k^3 \propto \sqrt{2}$

$T \propto k$

$v \uparrow k$

$p \downarrow k^2$

$k = \frac{1}{2} \frac{v^2}{g \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2}{2g \cos^2 \alpha}$

$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2}{2gS}$

$5 - 4 + 1$

$\mu \cos \alpha = \sin \alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} = 1$

Diagram showing forces on an inclined plane:  $N = mg \cos \alpha$ ,  $mg \sin \alpha$ ,  $mg$ ,  $\mu N$ .

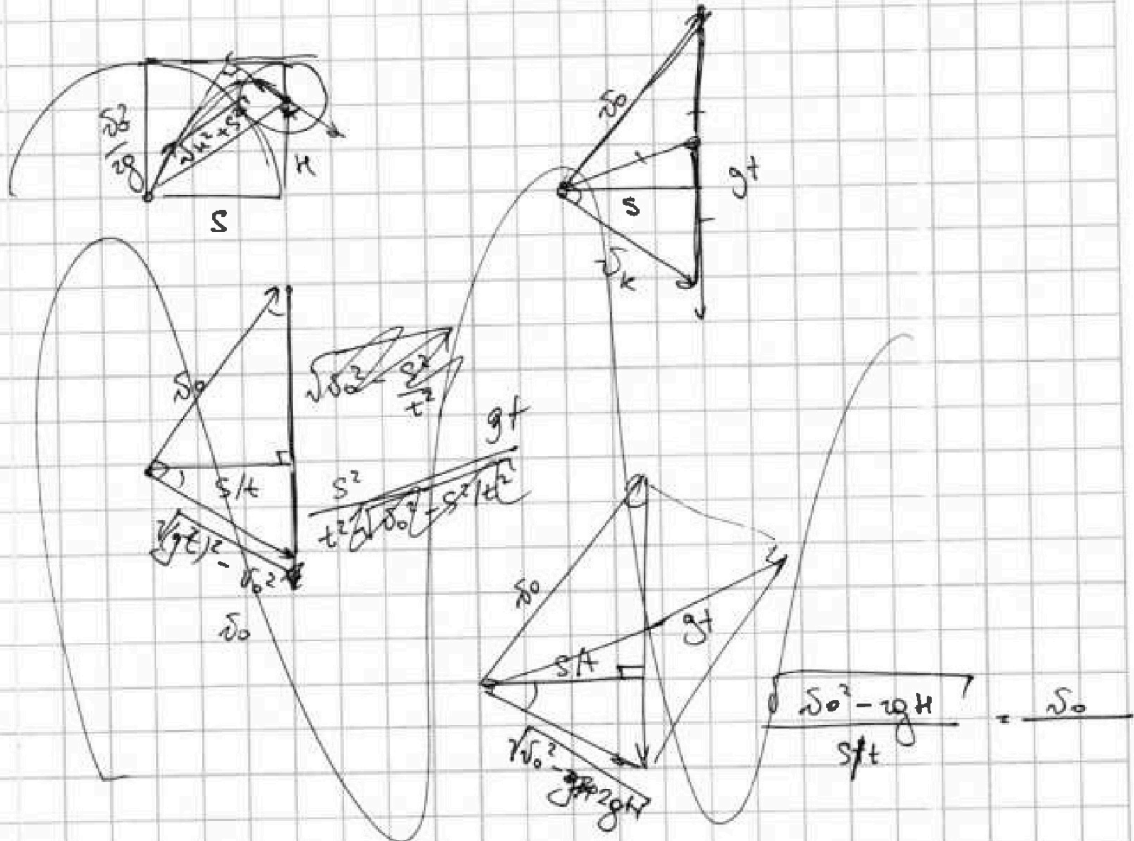
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





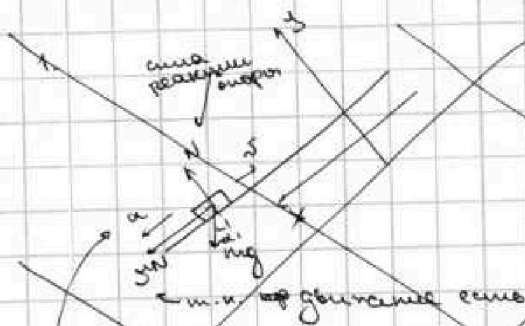
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



ускорение коробки, т.к. сила реакции опоры компенсирует все силы по оси Oy

$$\Delta F: Oy: N - \mu g \cos \alpha = 0$$

$$Ox: \mu N = ma$$

$$\Rightarrow a = \mu g \cos \alpha$$

$$S = \delta_0 T - \frac{aT^2}{2}$$

$$\Rightarrow S = \delta_0 T - \frac{\mu g \cos \alpha T^2}{2}$$

$$1 \text{ м} = 4 \text{ м/с} \cdot T - \frac{10 \cdot 3 \cdot 1 T^2}{5 \cdot 3 \cdot 2} \text{ м/с}^2$$

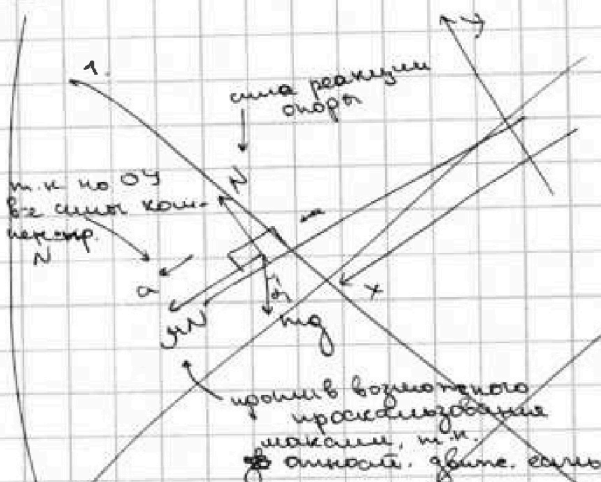
$$\text{Реш } T^2 \frac{\mu}{2} - 4 \frac{\mu}{c} T + 1 \text{ м} = 0$$

$$T = (2 \pm \sqrt{3}) \text{ с}$$

т.к. коробка должна пройти путь S, а на перемещение S

$$\Rightarrow T = (2 - \sqrt{3}) \text{ с}$$

Ответ:  $T = (2 - \sqrt{3}) \text{ с}$



т.к. по Oy все силы компенсируются

пролив возможного проскальзывания макушки, т.к. относ. движение равно

Груз добрался до своей верхней точки и

остановился на какое-то расстояние вниз

$$\text{Вывод } S_{\text{max}} = 2 \frac{\mu}{c} T_1 - \frac{5}{2} \frac{\mu}{c} T_1^2, \quad \frac{4 \mu}{c} = 5 \frac{10 T_1^2}{2}$$

расстояние до верхней точки

$$\Rightarrow S_{\text{max}} = 0,8 \text{ м}, \quad T_1 = 0,4 \text{ с}$$

$$\text{и } S - S_{\text{max}} = \frac{g T_2^2}{2} \Rightarrow T_2^2 =$$

$$\Delta F: Oy: N - \mu g \cos \alpha = 0$$

$$Ox: \mu N + \mu g \sin \alpha = am$$

$$\Rightarrow a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a = \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) g = g$$

$$S = \delta_0 T - \frac{aT^2}{2}$$

$$1 \text{ м} = 4 \frac{\mu}{c} T - \frac{10 \mu}{2 c^2} T^2$$

$$5 \frac{\mu}{c^2} T^2 - 4 \frac{\mu}{c} T + 1 \text{ м} = 0$$

$\Rightarrow$  т.к. решение нет

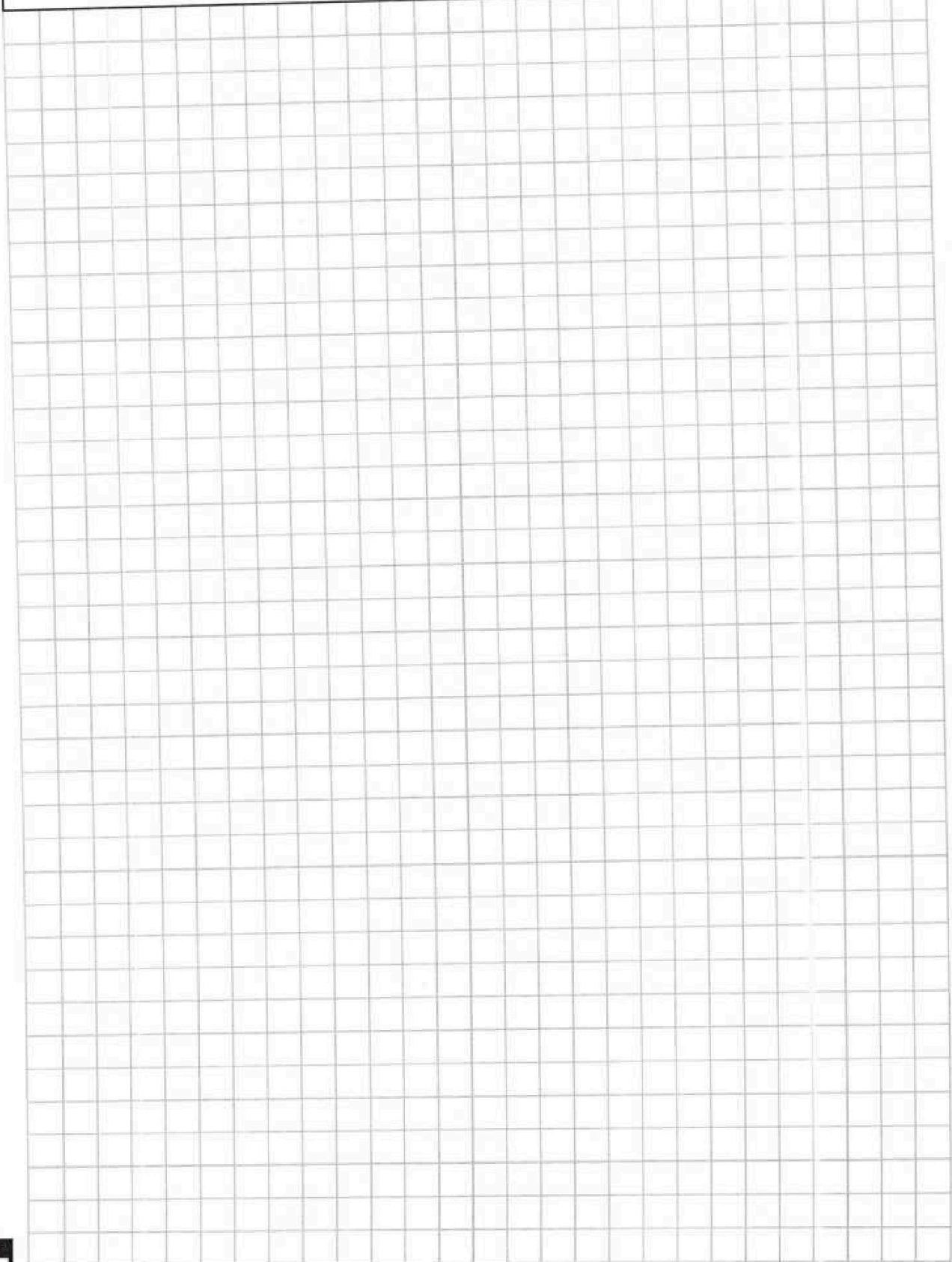


На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

 МФТИ

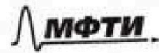
- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



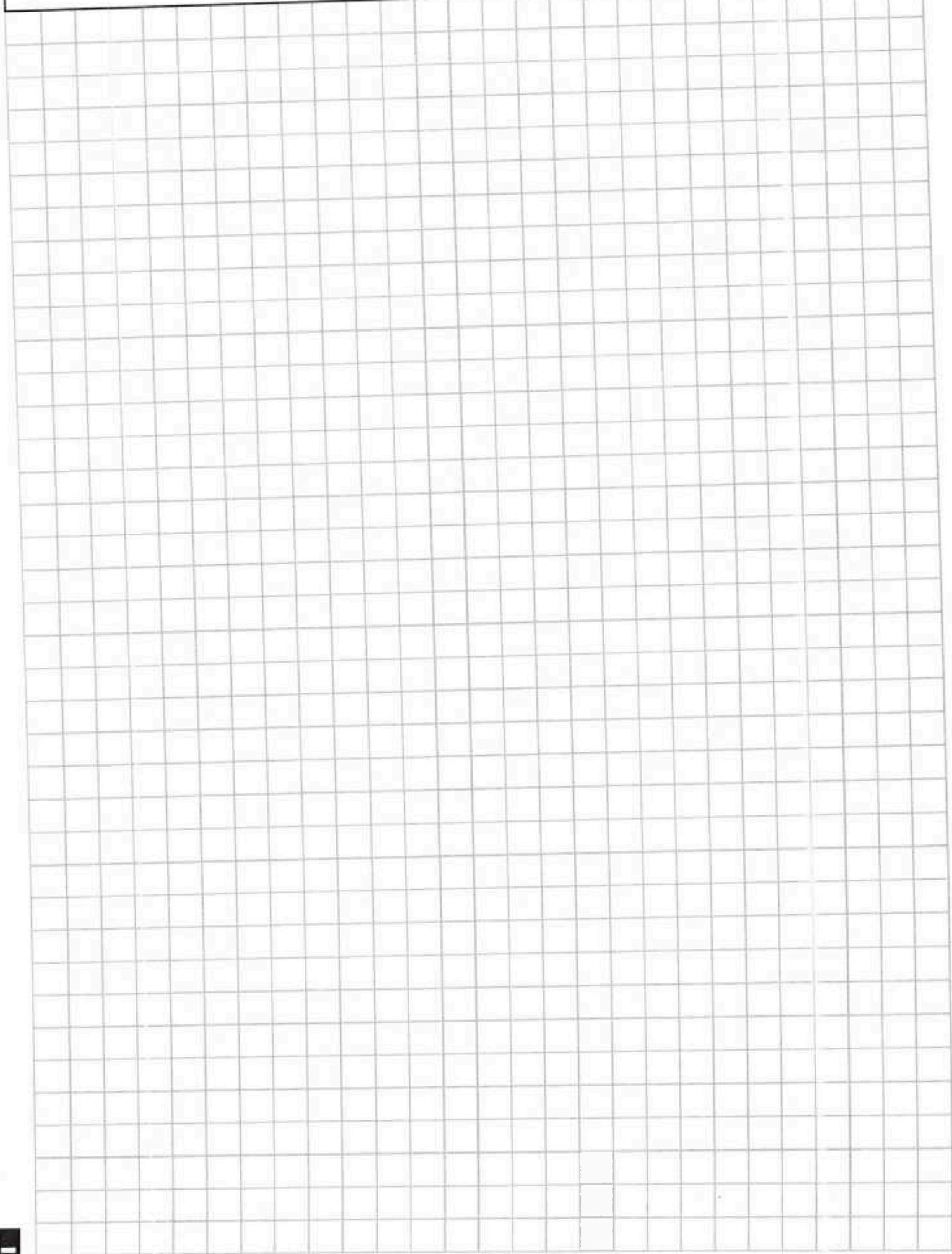
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

 МФТИ

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!



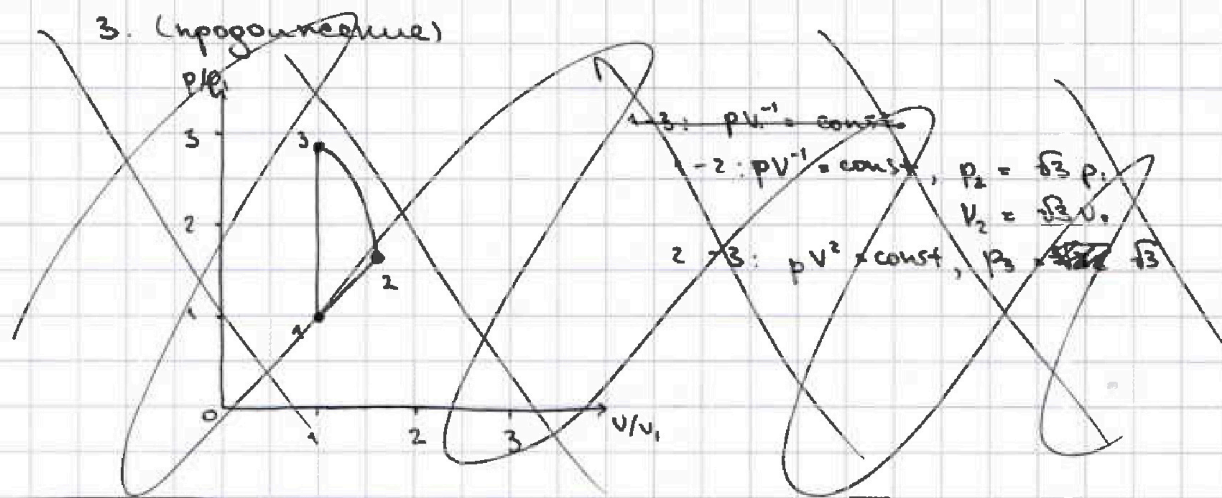
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



3. (продолжение)

1-2:  $pV^{-1} = \text{const}$ ,  $p_2 = \sqrt{3} p_1$ ,  $T_2 = 3T_1$ ,  
 $V_2 = \sqrt{3} V_1$   
2-3:  $pV^2 = \text{const}$ ,  $p_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} p_1$ ,  $T_3 = 3\sqrt{2} T_1 / 2$ ,  
 $V_3 = \sqrt{6} V_1$   
3-1: