

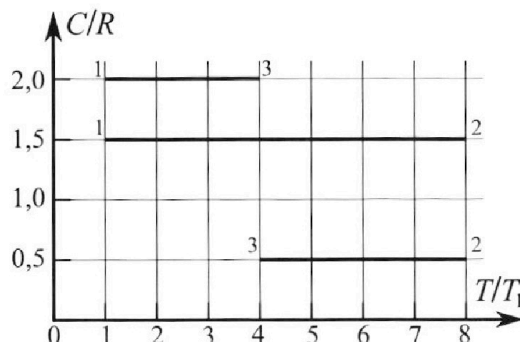
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



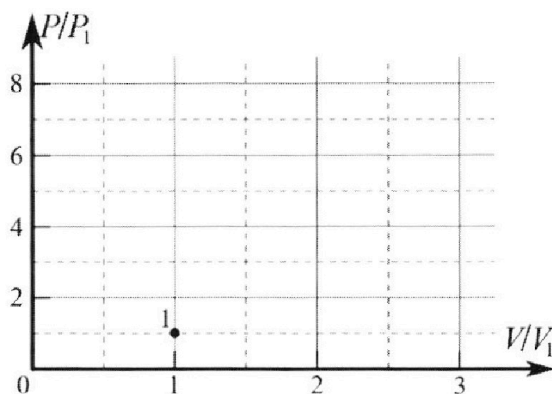
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и 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 a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

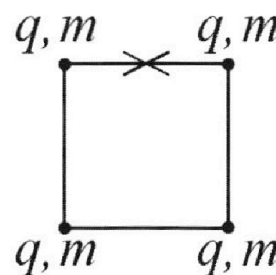
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K 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)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

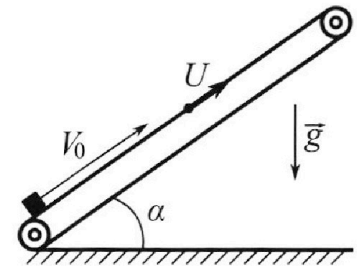
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

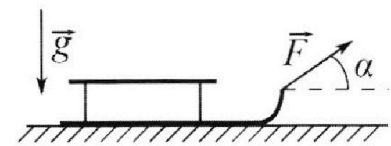
$$U = 1 \text{ м/с?}$$

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

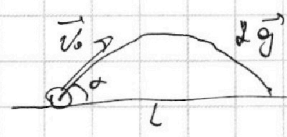


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

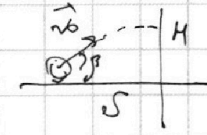
ЧЕРНОВИК

№1
 Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $H = 3,6 \text{ м}$
 $P_{ce} = 0$
 1) $v_0 = ?$
 2) $S = ?$

1) $t_{\text{полета}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$
 $L = v_0 \cos \alpha \times \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$



$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{200}{\sin 90^\circ}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



2) $t_{\text{выс}} = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$
 $h_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$
 $S = \frac{S_y}{\tan \beta} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{2g} = \frac{h_{\text{max}}}{\sin^2 \beta} \sin 2\beta$

$\max(y(t)) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} = H$

$x(t) = v_0 \cos \beta t = S$

$y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} = H$

$v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \left(\frac{S}{v_0 \cos \beta}\right)^2 = H \Rightarrow \tan \beta S - \frac{g}{2} \left(\frac{S}{v_0 \cos \beta}\right)^2 = H$

$\Rightarrow S_{\text{max}} = \frac{-\tan \beta}{-\frac{g}{2} \cdot \frac{1}{v_0^2 \cos^2 \beta}} = \frac{\tan \beta \cdot v_0^2 \cos^2 \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g}$

$\Rightarrow \frac{v_0^2}{g} \times \sin^2 \beta - \frac{1}{2g} \times v_0^2 \sin^2 \beta = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = H \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2} \Rightarrow$

$S = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{200 \times 0,6 \times 0,8}{10} = 9,6 \text{ (м)}$

$\Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{20 \times 3,6}{200}} = 0,6$
 $\Rightarrow \cos \beta = 0,8$

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!

числовик

14

Дано:

$\sin \alpha = 0,6$

$v_0 = 6 \frac{m}{c}$

$\mu = 0,5$

$\tau = 1 c$

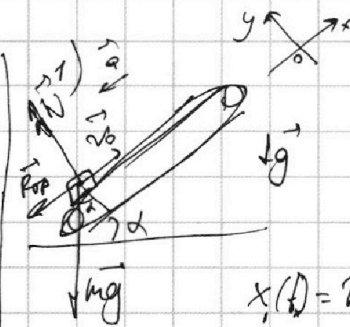
$u = 1 \frac{m}{c}$

$g = 10 \frac{m}{c^2}$

1) $S = ?$

2) $v_1 = ?$

3) $L = ?$



$Oy_1: N - mg \cos \alpha = 0$

$Ox_1: mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma$

$a = g(\sin \alpha + \cos \alpha \mu) = 10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5) = 10 \left(\frac{1}{2}\right) = 5$

$x_1(t) = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$ $v_0 - a t_x = 0$ $t_x = \frac{v_0}{a} = 0,6$

$x_1 = \frac{v_0^2}{a} - \frac{a v_0^2}{2 a^2} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{6^2}{2 \cdot 10} = 1,8 (m)$

~~$x_2(t)$~~ $x_2(T - t_x) = \frac{a_2 (T - t_x)^2}{2}$
 $= \frac{2(1 - 0,5)^2}{2} = 0,16 (m)$

$Ox_2: -mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = -ma_2$

$a_2 = g(\cos \alpha \mu - \sin \alpha) = 10(0,8 \cdot 0,5 - 0,6) = -2 \left(\frac{m}{c^2}\right)$

$S = x_1 + x_2 = 0,16 + 1,8 = 1,96 (m)$

* x_1 - путь до остановки тела
 x_2 - путь после обр. тела
 t_x - время до обр. тела
 ускор. равнодействующая по модулю
 велич. тяжести задвижки

2) Рассмотрим движение координат обр. цепи, тогда

$v_k = v_0 - u$
 $v_k - a_2 t_1 = 0 \Rightarrow \frac{v_k}{a_2} = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5 (c)$

3) Из (1) выразим a - до $v_k = 1 \left(\frac{m}{c}\right)$; a_2 - после $v_k = 1 \frac{m}{c}$.

$L = u t_0 + x_0(t_0) - x_2(t_0 - t_0)$

$t_0 = \frac{v_0 - u}{a}$ $t_0 - t_0 = \frac{0 + u a_2}{a_2}$ $x_{01}(t_0) = \frac{(v_0 - u)^2 - u^2}{2a}$

$L = u \left(\frac{v_0 - u}{a} + \frac{u}{a_2} \right) + \frac{v_0^2 - 2u v_0 + u^2}{2a} + \frac{u^2}{2a_2} = \frac{5}{10} + \frac{1}{2} + 6 \frac{6-1}{2 \cdot 10} + \frac{1}{4} = 1 + 1,2 - 0,25 = 1,95 (m)$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

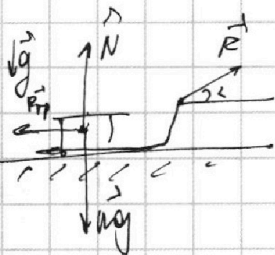
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

числовик

№3)
Дано,
 K, d, g, μ
1) $\mu \rightarrow$
2) $S \rightarrow$



$$1) K = F \cos \alpha L - (\mu (mg - F \sin \alpha))$$

$$K = FL - \mu mg$$

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

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

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

$$2) K - mg \mu S = 0$$

$$S = \frac{K}{mg \mu}$$

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) ЧИСТОБИК

Дано,
 $D = 1 \text{ мм}$
 $i = 3$

$T_1 = 200 \text{ К}$

$C \left(\frac{D}{4} \right) R = 0,31 \frac{A_{31}}{A_{23}}$

1) $A_{31} = ?$

2) $\eta = ?$

3) $\frac{P_3}{P_1} \left(\frac{V_3}{V_1} \right) = ?$

1 - 2

$$T_2 = 8T_1$$

$$C_{12} = 1,5R = C_V = \frac{i}{2}R \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2}DR\Delta T_{12}$$

$$\Delta PV = DR\Delta T \Rightarrow$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} = \frac{DR}{V} \cdot \text{const} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 8$$

2 - 3

$$V_3 = \frac{1}{2}V_2 = 4V_1$$

$$C_{23} = 0,5R$$

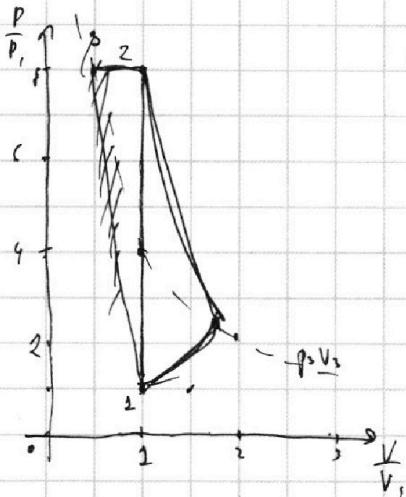
$$\Delta U_{23} = \frac{i}{2}DR\Delta T_{23}$$

$$P_3 V_3 = P_1 V_1 \Rightarrow 4 = 4R T_1$$

3 - 1

$$T_1, C_{31} = 2R$$

$$\Delta U_{31} = \frac{i}{2}DR\Delta T_{31}$$



$$Q_{12} = C_{12} \Delta T = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} DR \Delta T_1 = \frac{21}{2} R T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} (T_3 - T_2) = -0,5R \cdot 0,5 T_2 = A_{23} + \Delta U_{23}$$

$$-\frac{1}{4} R T_2 = A_{23} + 1,5R \cdot \frac{1}{2} T_2$$

$$A_{23} = R \cdot 8T_1 \cdot 0,5 = 4R T_1$$

$$Q_{31} = C_{31} (T_1 - T_3) = 2R (-3T_1) = \Delta U_{31} + A_{31}$$

$$-6R T_1 = \frac{3}{2} R (-3T_1) + A_{31}$$

$$A_{31} = -1,5R T_1$$

Работа тепловых машин пропорциональна по значению работе газа в цикле, т.е. к сумме $A_{31} = 1,5R T_1 = 1,5 \cdot 0,31 \cdot 200 = 2493 \text{ (Дж)}$

$$\eta = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{2,5R T_1}{21 R T_1} = \frac{5}{21} \approx 24\%$$

$$A_{23} = 4R T_1$$

$$P_3 V_3 = 4R T_1$$

$$P_3 V_3 = 4R T_1$$

$$\Rightarrow S_{\Delta} = 2,5 R T_1 = 2,5 P_1 V_1 = \frac{1}{2} \times 4 P_1 \times (V_3 - V_1)$$

$$V_1 \frac{2,5}{3,5} = V_3 - V_1 \Rightarrow V_3 = \frac{12}{7} V_1 \Rightarrow P_3 = \frac{4 P_1 V_1}{\frac{12}{7} V_1} = \frac{7}{3} P_1$$

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!

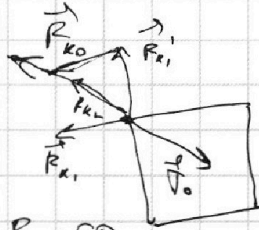


5) Числовик

Дано: a, V, ϵ_0
1) $|q|$ - ?
2) k - ?
3) d - ?

1) $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
 $F_{k1} = k \frac{q^2}{a^2}$
 $F_{k2} = k \frac{q^2}{2a^2}$

$F_k = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$
 $\vec{F}_{k0} = \vec{F}_{k2} + \vec{F}_{k1} + \vec{F}_{k1}'$
 $F_{k0} = F_{k2} + \sqrt{2} F_{k1} = F_{k2} + \sqrt{2} F_{k1}$
 $V_0 = \sqrt{2} V$



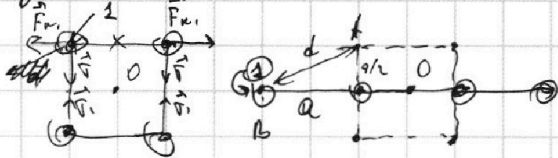
$V_0 = F_{k0} \cdot t$

$\Rightarrow \sqrt{2} V = k \frac{q^2}{2a^2} + k \frac{q^2}{a^2} \sqrt{2} \Rightarrow q^2 = \frac{\sqrt{2} V}{\frac{k}{2a^2} + \frac{k\sqrt{2}}{a^2}} = \frac{\sqrt{2} V a^2}{\frac{k}{2} + \sqrt{2} k}$

$\Rightarrow |q| = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} V}{k + 2\sqrt{2} k}} = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} V \cdot 4\pi\epsilon_0}{1 + 2\sqrt{2}}}$

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

3) На систему не действуют внешние силы, \rightarrow положение центра масс системы не меняется и диаметр (или ось) \ll .



$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} a$

2) Диаметр шариков будет пренебрежимо мал как маршмалл \Rightarrow

$\Rightarrow F_{k1} = F_{k2} \Rightarrow k_1 = \frac{F_{k1} \cdot a}{k a^2} = \frac{k q^2 a}{k a^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot a \cdot \frac{2\sqrt{2} V \cdot 4\pi\epsilon_0}{1 + 2\sqrt{2}} = \frac{2 a \sqrt{2} V}{(1 + 2\sqrt{2})}$

$= \frac{2 a \sqrt{2} V}{(1 + 2\sqrt{2})}$

~~Решение~~

~~$F_2 = F_2' \cdot k q \rightarrow K_1 = F_1 - F_2 = F_{k1} a - F_{k1}' \cdot 3a = \frac{q}{g} F_{k1} \cdot a$~~

$K_1 + A_{AB} = 0 \Rightarrow K_1 = -A_{AB} = - (F_{k1} g - F_{k1} a) = k \frac{q}{a^2} g - k \frac{q}{a^2} a g =$

$= \frac{q}{g} k \frac{q^2}{a^2} = \frac{q}{g} F_{k1} = \frac{q}{g} \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q^2}{a^2} ; g^2 \rho_{\text{линия}}$



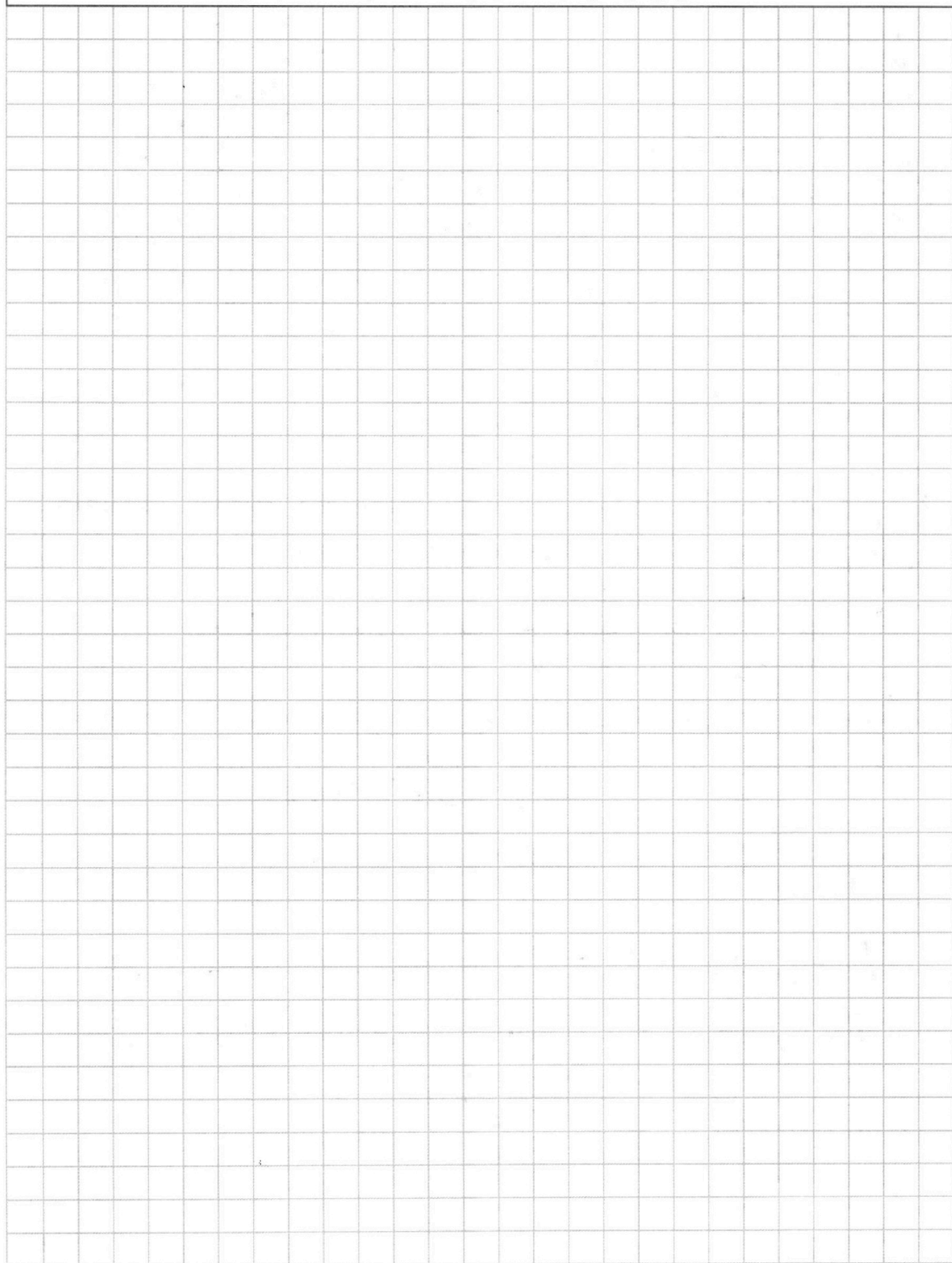
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Черновик

$$F_{k1} = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{k2} = k \frac{q^2}{2a^2}$$

$$F = E \cdot q = E \cdot q \cdot \frac{\Delta r}{2}$$

$$\frac{1,95 \times 10^{-5}}{6}$$

$$-0,5 \times 8 = -4$$

~~dx~~

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

$$mg \mu = \mu =$$

$$A_{23} = \frac{8 + \frac{1}{3}}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{24+2}{6} \times \frac{1}{4} = \frac{31 \times 5}{6 \times 2} =$$

$$S = \frac{2 \cdot g \mu}{\sigma \cdot \mu} = k$$

$$0,5 V_1 \times 8 P_1 = 4 P_1 V_1$$

$$2,5 = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} \times 7$$

$$F_{k1} = m a$$

$$P_2 V_2 = 2 P_3 V_1$$

$$8 P_1 V_1 = 2 P_3 V_3$$

$$1,5 = \frac{8 + 1}{2} \times \frac{1}{5} = 8 P_1$$

$$= \frac{10}{6} \times \frac{1}{2} = (P_3 - P_2)(V_3 - V_1) = 4 P_1 V_1$$

$$A_{23} = 4 P_1$$

$$P_3 V_3 = 4 P_1$$

$$a F_0 = k$$

$$P_2 V_2 = 8 \times P_1$$

$$\frac{1}{2} \pm \frac{1}{4} \times 2 = \frac{1}{2} (1,5) =$$

$$\frac{8 + P_3}{2} (V_3 - V_1) = V_3 P_3$$

$$\frac{(8 + P_3)}{2} (V_3 - 1) = V_3 P_3$$

$$-P_3 + 8 V_3 = 8$$

$$8 V_3 - P_3 = 8$$

$$P_3 (8 - 0) = 8 (8 - 1)$$

$$\Delta U = -$$

$$-1,5 P_1$$

$$9 \times 0,5$$

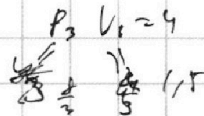
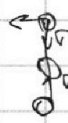
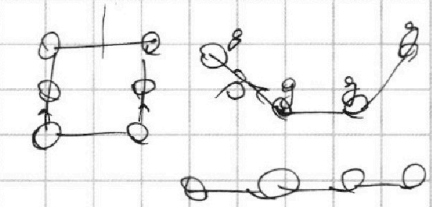
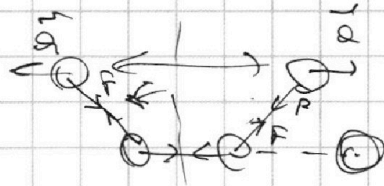
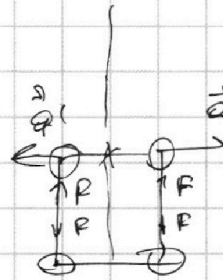
$$2,5 P_1 = 8 = \frac{1}{2} 8 \times X$$

$$\frac{2,5}{4} = X$$

$$\frac{5}{8} = X$$

$$0,25 \times 5 = 0,625 = V_3 - V_1$$

$$0,625 = V_3 - V_1$$





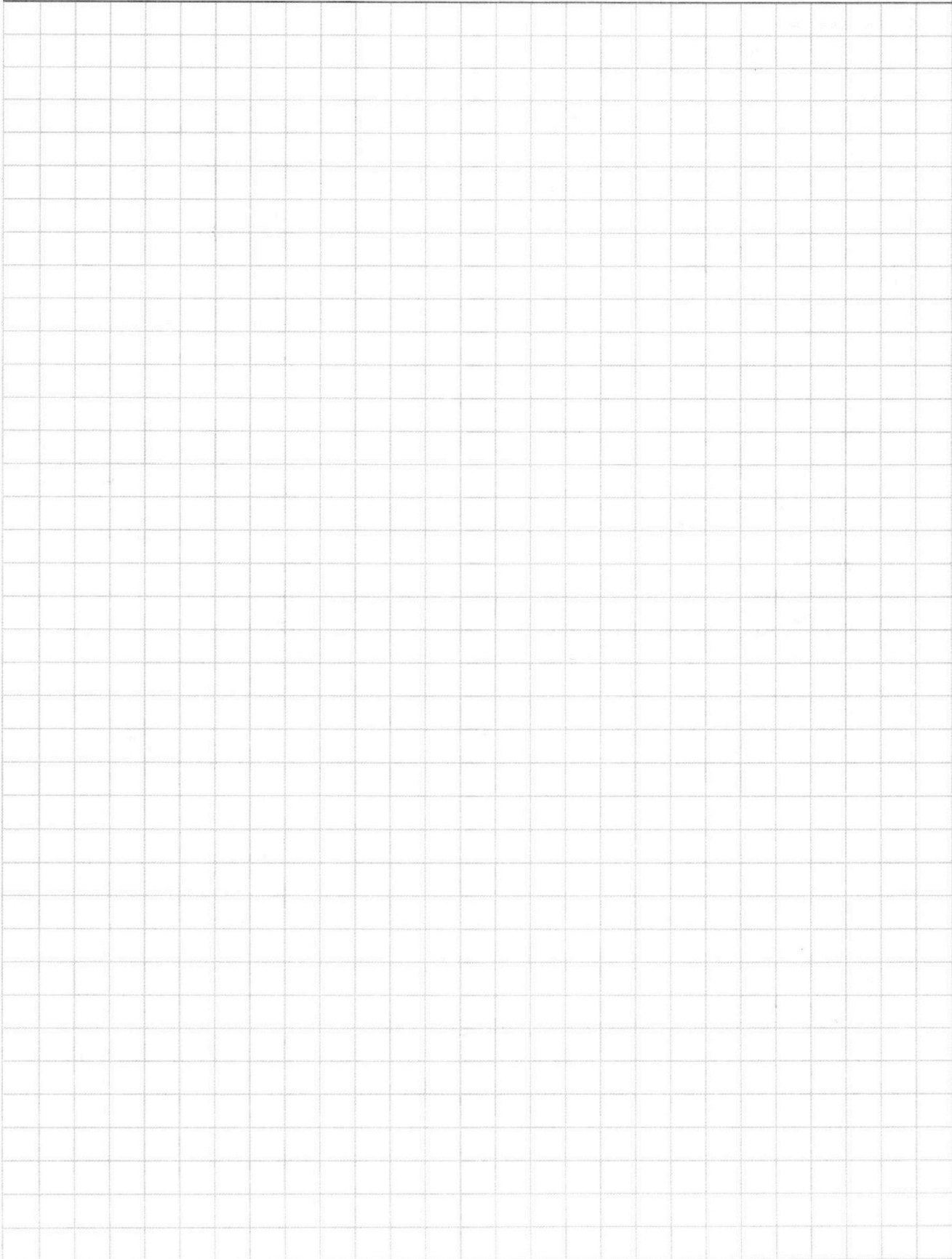
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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:

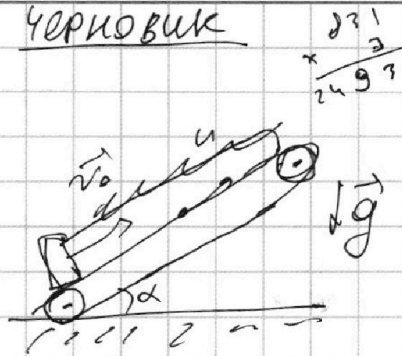
- 1 2 3 4 5 6 7



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



Черновик



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

$$0.4 \neq 0.5 \Rightarrow 0.4 < 0.5$$

$$0.4 < 0.5$$

$$\mu a = \mu g \mu$$

$$a = g \mu$$

$$l = \frac{2.5 R \mu}{2.1 R \mu} = \frac{5}{2.1} R \mu$$

$$L = u t_x + x_1(t_{x1}) + x_2(t_{x2})$$

$$l_0 = \frac{u}{a} + \frac{v_0 - u}{a}$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T$$

$$-0.5 \times 4 = -2$$

$$2.2 - 0.25$$

$$0.5 R (4V) = \frac{3}{2} R 4V \frac{C}{R} (V)$$

$$l = \frac{3}{2} \times 4 = -6$$

$$1.5 R \cdot 2V = \frac{1.5 R \cdot 4V}{1-2}$$

$$T_2 = 8V, = 1600$$

$$Q = C \Delta T = C \Delta T$$

$$0.5 R (4V) = \frac{1}{2} R (4V)$$

$$C = 1.5 R$$

$$T_3 = \frac{1}{2} T_2 = 800$$

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

$$8 R \cdot 4V = A_2 ?$$

$$C = 0.5 R$$

$$C_{31} = 2 R$$

$$\frac{-30 \times 10^3}{4.2 \times 10^3 \times 38}$$

$$\frac{80}{1.2 \times 10^3} = \frac{A}{Q}$$

$$\eta = \frac{Q_{out} - Q_{in}}{Q_{in}}$$

$$\frac{P}{R}, \uparrow$$

$$-2 R \cdot 3V = \frac{3}{2} R 3V$$

$$-0.5 R \cdot 3V = A_{11}$$

$$-1.5 R V = A_{21}$$

$$\Delta S = 2.5$$

$$= \frac{4.5 \times 7 - 80.5 \times 4 - 2 \times 3}{6.5 \times 10^3} \quad \Delta R = \frac{P V}{T}$$

$$P_3 V_3 = 0.5 R V_3 = R 4V_1$$

$$= \frac{19.5 - 2 - 6 \times 2.5}{12.5} = \frac{13.5}{12.5} \quad \forall T, C = \Delta Q = \Delta U + \Delta A =$$

$$2.5 P_1 V_1$$

$$P_1 V_1 = 4 P_1 V_1$$

$$= \frac{2.5}{13} = \frac{5}{26}$$

$$\eta = \frac{Q_{out} - Q_{in}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

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

$$K = FL - \mu L mg$$

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

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

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

$$A_{23} = P_3 V_3 = 2.5 P_1 V_1$$

$$A_{32} = -1.5 P_1 V_1$$

$$A = 2.5 P_1 V_1 = \frac{(V_3 - V_1) \cdot 2 P_1}{2}$$

$$S U_1 = \frac{1}{2} V_1 + V_1 = \frac{3}{2} V_1$$

$$V_3 = \frac{1}{2} V_1 + V_1 = \frac{3}{2} V_1$$