



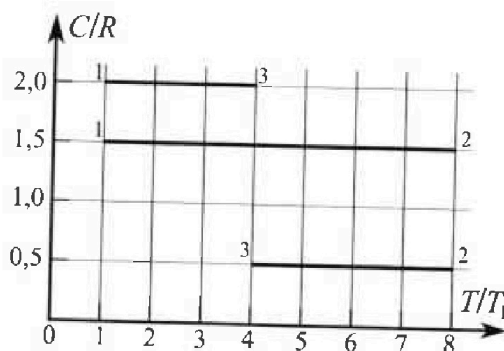
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

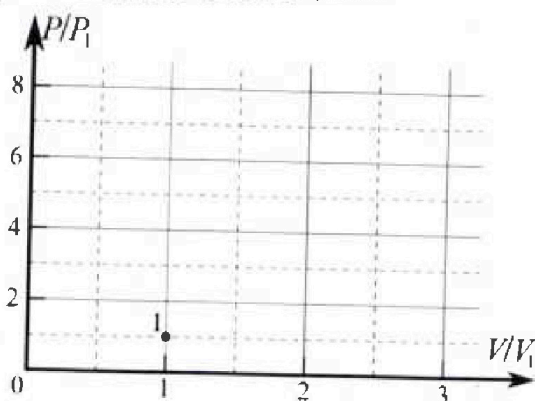
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

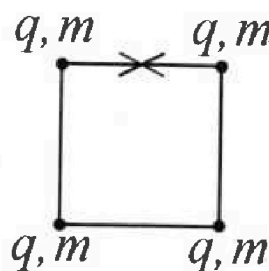


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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)? Элементарная 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.

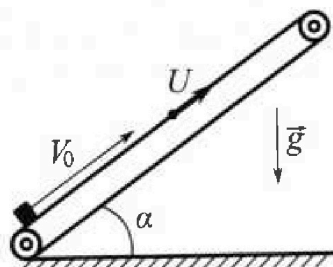
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного 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.).

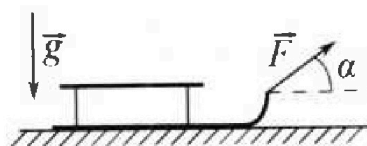
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.



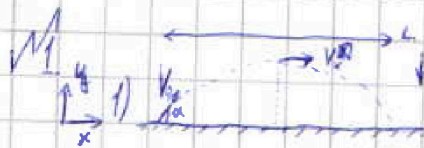
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Пусть время полета $2t \Rightarrow$ время падения камня =
= времени полета до наивысшей точки $= t$; V_y и V_x проекции V_0 на оси y и x соответственно.

Как известно, проекция скорости в наивысшей точке $= 0 \Rightarrow 0 = V_y - gt \Rightarrow V_y = V_0 \sin \alpha = gt = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

И т.к. по условию кам. пролетел по оси x расстояние L и его вертикальная скорость не менялась $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 2t V_x = 2t V_0 \cos \alpha = \frac{2t V_0}{\sqrt{2}} = L \Rightarrow L = \frac{2 V_0^2}{2g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \text{ м/с} \quad \text{Ответ: } V_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



L - угол, под которым падает кам; t - время полета

П.к. H - максимальная высота (по условию) $\Rightarrow$ в момент столкновения кам был

в наивысшей точке траектории $\Rightarrow$ в момент удара проекция скорости кам $y = 0$, а проекция

скорости кам x во время полета не менялась и $V_{\text{кам}} = V_0 \cos \alpha$

$$3C): \left(m g H + \frac{m V_0^2 \cos^2 \alpha}{2} \right)_{\text{к}} - \left(\frac{m V_0^2}{2} \right)_{\text{н}} = 0 \Rightarrow g H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2} \Rightarrow S \cdot \sin^2 \alpha = \frac{2gH}{V_0^2}$$

Пусть по оси y : $H = \frac{g t^2}{2}$ (т.к. $V_y = gt$) $\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ Пусть по оси x : $S = V_0 \cos \alpha t \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{g S^2}{2 H V_0^2}$

$$\Rightarrow \frac{2gH}{V_0^2} - \frac{g S^2}{2 H V_0^2} = 1 \Rightarrow S = \sqrt{\left(V_0^2 - 2gH \right) \frac{2H}{g}} = \sqrt{(200 - 22) 20} = \frac{26}{10} = 2,6 \text{ м} \quad \text{Ответ: } S = 2,6 \text{ м}$$



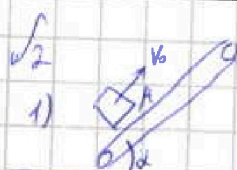
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

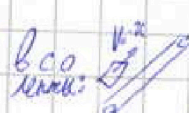


$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$= 2$$

Заметим, что L_1 - время спуска $\Rightarrow \frac{V}{a} = \frac{V_0}{g} = \frac{3}{5} \text{ с}$, а пройденное за t_1 расстояние $L_1 = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ м}$

А за оставшееся время $t_2 = \frac{2}{5} \text{ с}$ груз скатится к $L_2 = \frac{a t_2^2}{2} = \frac{4}{25} = 0,16 \text{ м} \Rightarrow S = L_1 + L_2 = 1,06 \text{ м}$ Ответ $S = 1,06 \text{ м}$



Искать T , найдем, когда груз остановится относительно лентки $\Rightarrow$
 $\Rightarrow T = \frac{V_0 - u}{a} = 0,5 \text{ с}$ Ответ $T = 0,5 \text{ с}$

3) Искать момент остановки, когда груз будет иметь скорость u относительно лентки $\Rightarrow$

Сначала пройдет вверх на $L_1 = \frac{(V_0 - u)^2}{2a} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ м}$, а потом скатится вниз на $L_2 = \frac{u^2}{2a} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м}$

учитывая, что лентка движется вниз со скоростью u , $L = L_1 - L_2 + \left(\frac{V_0 - u}{a} + \frac{u}{a}\right)u = 2 \text{ м}$ Ответ $L = 2 \text{ м}$



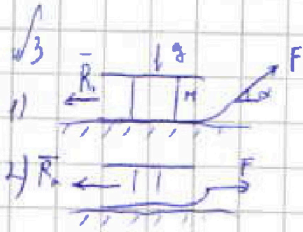
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$R - \text{ сила реакции} \Rightarrow R_1 = \mu (mg - F \sin \alpha) \text{ и } R_2 = \mu mg$$

$$\text{И т.к. из равной кинетической энергии } K \Rightarrow \text{из равных скоростей } V \text{ из точек}$$

$$\text{за равного расстояния } L \Rightarrow 2 \frac{R_1}{m} L = \frac{1}{2} V^2 \text{ и } 2 \frac{R_2}{m} L = \frac{1}{2} V^2 \Rightarrow R_1 = R_2$$

$$\text{тогда } R_1' = F \cos \alpha - R_1 \text{ и } R_2' = F - R_2 \Rightarrow F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = F - \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\text{Далее нужно найти значение через } S(7): \mu (mg - R_2) = -R_2 S \Rightarrow S = \frac{\mu mg \sin \alpha}{g \mu (1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{Ответ: } S = \frac{K \sin \alpha}{g \mu (1 - \cos \alpha)}$$

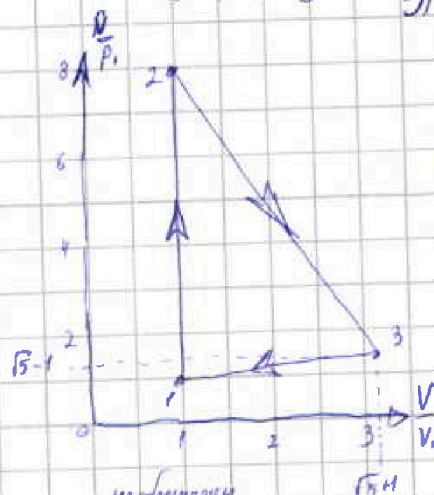
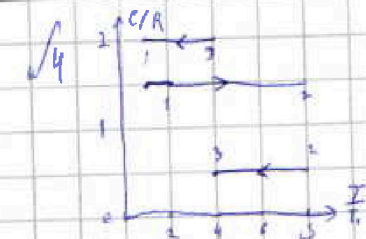
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



информация
процесс изохорический
работы в процессе 2-3

2) $\eta = \frac{|A_{23}| + |A_{31}|}{2kR}$ где $A_{23} = (\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R)P_1T_{123} = -P_1(-4T_1) = 4P_1R_0T \Rightarrow |A_{23}| = \frac{4}{2}P_1R_0T \Rightarrow \eta = \frac{5}{2} \approx 250\%$
↑ изменение температуры 2-3 = $\frac{3}{2}P_1R \neq T_1 = \frac{2}{2}P_1R_0T$

Ответ: $\eta = \frac{5}{2} = 250\%$ Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$

1) Так участок 3-1: $2P_1R_0T_1 = -A_{31} + \frac{3}{2}P_1R_0T_{31} \Rightarrow A_{31} = \frac{3}{2}P_1R_0T_1 = 24 \text{ Дж}$

Ответ: $A_{31} = 24 \text{ Дж}$

3) Запишем, что $e = \frac{3}{2}R$ соответствует изохорическому процессу →

точка 2 соответствует $(1, 2)$ $(8, 1) T_1 R \frac{P_1}{T_1} = 8$

Снова для участка 3-1: пусть координаты точки 3 - (α, β)

$\Rightarrow \alpha\beta = \frac{2R_0T_1}{P_1V_1} (3)$ и $|A_{31}| = \frac{(\alpha-1)P_1(\beta-1)V_1}{2}$ и $P_1V_1 = P_1R_0T_1$ и $|A_{31}| = \frac{3}{2}P_1R_0T_1$

$\Rightarrow \alpha\beta = 4$ и $1 = \alpha\beta + \beta - 1 \Rightarrow \alpha - \beta - 1 \Rightarrow \beta = 5 - 1$ и $\alpha = 5 + 1$

$\Rightarrow 3: (5+1; 5-1)$

на участках 1-2 и 3-1 $e = \text{const} \Rightarrow$ переходим от точки к точке с помощью

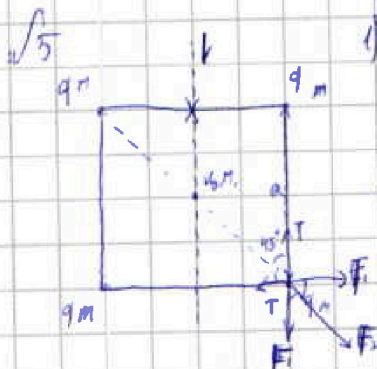
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. система симметрична относительно осей, то достаточно рассмотреть только: F_1 - сила взаимного притяжения зарядов F_2 - сила отталкивания осей.

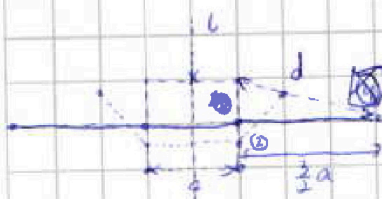
рассмотрим равенство сил на ось симметрии к этой вершине (т.к. равновесие на осей перпендикулярно ей)

$$2T \cos 45^\circ = F_2 + 2F_1 \cos 45^\circ \text{ где } F_2 = \frac{kq^2}{2a^2} \text{ и } F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$2\sqrt{2}T = \frac{kq^2}{a^2} (1 + 2\sqrt{2}) \Rightarrow q = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}T a^2}{k(1+2\sqrt{2})}}$$

Ответ: $q = \sqrt{\frac{T a^2 \cdot 2\sqrt{2}}{k(1+2\sqrt{2})}}$

l - ось симметрии, которая не деформируется при перемещении вершины (нити)



2) Запишем, что изначальное положение центра масс системы и после перемещения не поворачивается никакая внешняя сила $\Rightarrow$ когда все нити выстроились в одну линию

ось l (не меняя свое положение) будет серединой этой линии $\Rightarrow d = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{3a}{2}\right)^2} = a\sqrt{5}$

(т.к. средние заряды действуют друг на друга сильнее всего, а на крайние все ослабевают, все нити всегда будут натянуты) Ответ: $d = a\sqrt{5} = a\sqrt{5}$

За Ответ 1: $q = \sqrt{\frac{T a^2 \cdot 8\sqrt{2} \pi \epsilon_0}{1 + \sqrt{2}}}$

Т.к. $\frac{kq^2}{a^2} = 2\sqrt{2}Ta$

3) Запишем $3C \cdot \left(\frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2.5a^2} + \frac{kq^2}{4a^2} \right) - 4K = \left(\frac{4kq^2}{a^2} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a^2} \right) = 0 \Rightarrow K = Ta \cdot \left(\frac{1.95 + \sqrt{2}}{\sqrt{2}} \right)$

Ответ: $K = Ta \cdot \left(\frac{1.95 + \sqrt{2}}{\sqrt{2}} \right)$



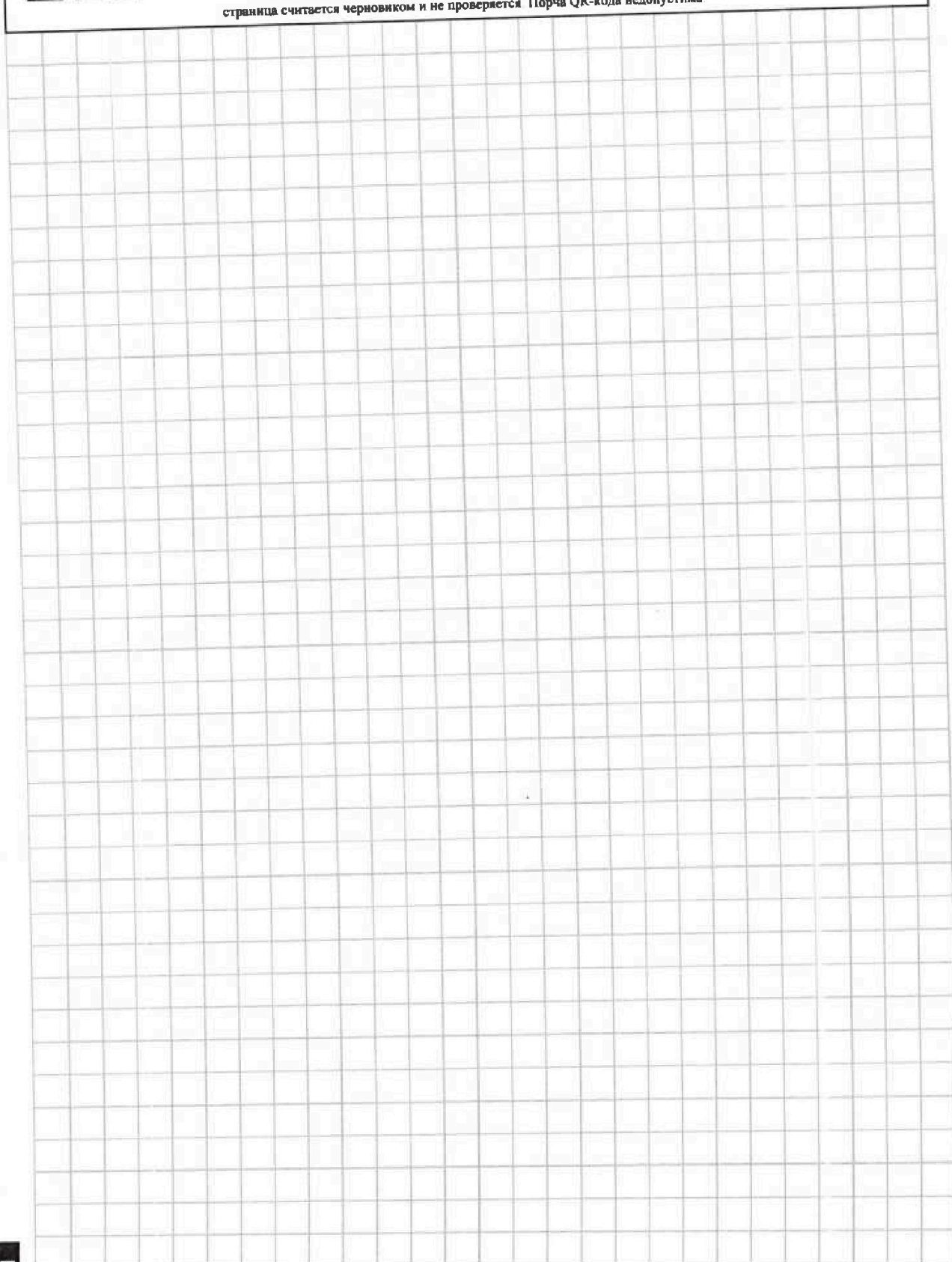
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

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





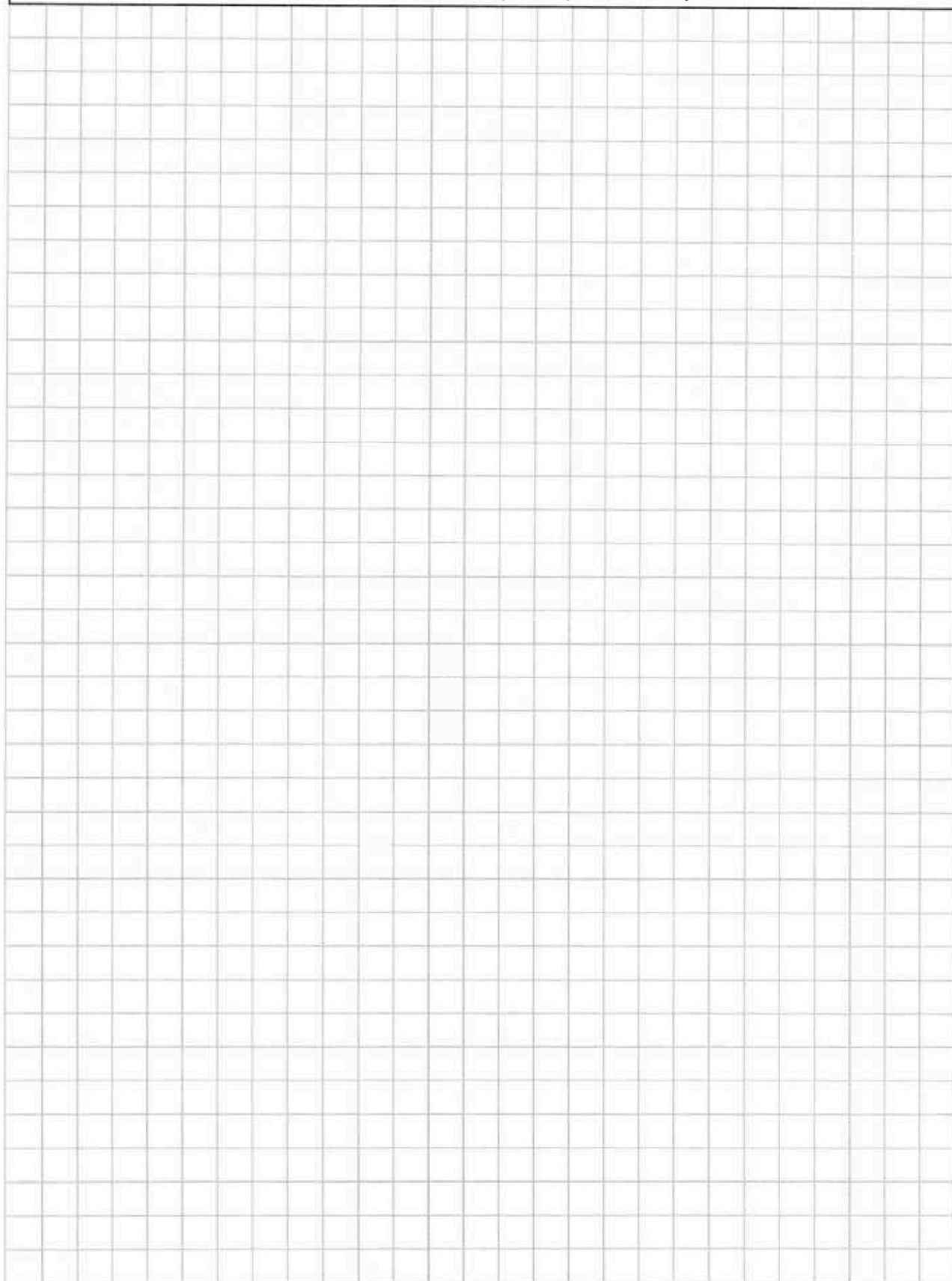
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

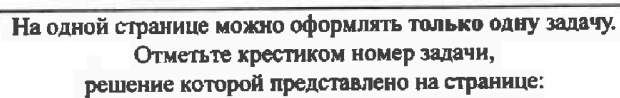
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!





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!

МФТИ

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!

 $\sqrt{5}$

9

9

$$\sqrt{2T} = F_2 + \sqrt{2F_1}$$

$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2} \text{ u } F_2 = \frac{kq^2}{2a^2}$$

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

$$Q = \sqrt{\frac{T a^2 \Delta L}{k(1 + 2\beta x)}}$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ \hline 2493 \end{array}$$

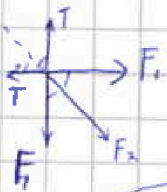


Diagram of a capacitor with two parallel plates. The top plate is labeled u_2 and the bottom plate is labeled u_1 . The distance between the plates is labeled $d = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$.

$$\frac{a}{2} \sqrt{1 + \frac{9}{\sqrt{4}}}$$

$$\rho \quad v$$

$$\alpha \beta = 4$$

$$(1-3) \quad 4x - 3x = k, x + \left(\frac{3}{2} - 3x\right)$$

$$-3x - 24x$$

$$\frac{3}{2} = \frac{(1-j)(\beta-1)}{1}$$

$$\alpha = \beta$$

$$3 = 4 - 1$$

24

300.8.31

$$\times 831$$

3
3

$$\beta + 1 = \alpha$$

$$\begin{array}{r} 4 - 1,5 \\ 2,5 \end{array} \quad \frac{5}{2}$$

$$A_{23} = \frac{C - \frac{2}{T}}{f_4 T}$$

$$L - \beta = 2$$

$$L = 2 + \beta$$

$$\beta^2 + 2\beta - 4 = 0$$

$$\beta = \frac{-(-1) + \sqrt{1+1}}{(\sqrt{5}-1)(\sqrt{5}+1)} = \sqrt{5}-1$$

$$\frac{4kg^2}{a} + \frac{1kg^2}{2a}$$

$$\frac{(31.62) \text{ kg}^2}{2} = \frac{u \cancel{\text{V}_0}^2}{2} + \frac{\text{kg}^2 \left(\frac{7}{2.50} + \frac{1}{u} \right)}{2}$$

$$\frac{2}{\frac{5}{1}} = \frac{4}{5}$$

$$V_a = \frac{(2,1 + \sqrt{2}) \text{ kV}}{4 \text{ m}}$$

$$\frac{kg^2}{a} \left(3 + \sqrt{2} - \frac{1}{4} - \frac{4}{5} \right)$$

$$\frac{10}{2}$$

$$\frac{kg^2}{s}$$

$$\frac{\sqrt{2}a(1,25 + \sqrt{2})}{4\sqrt{2}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ.

1 2 3 4 5 6 7

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

[illegible]

2) CO ленты:

2) Сопротивление: $V_5 = a T_1$ $T_1 = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ C}$

3) $S = \frac{V_5^2}{2a} = \frac{25}{2 \cdot \frac{10}{5}} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ M}$ $S = \frac{V_1^2}{2A} = \frac{1}{2 \cdot \frac{10}{5}} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ M}$

$L = S - S = 1 \text{ M}$

$$A_1 = a \cos \theta - \mu g \cdot a \sin \theta = a - \mu g \Rightarrow 1 = \cos \theta + \mu \sin \theta$$

$$2A_2 L = v_0^2 = 2A_2 L$$

$$K = \mu g \sin \theta \quad S = \frac{K}{1 - \cos \theta} ?$$

$\frac{1}{4}$
 $P_{R1} - P_{RT} = 8$
 $\frac{5}{2} R = C_v$
 $\frac{3}{2} (8 P_1 V_0 - P_{R1} V_{RT}) = P_{RT} T_1 \cdot \frac{3}{2}$

$$\begin{aligned}
 \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} &= \left(A_{23} \right) + \frac{3}{2} \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} \\
 - \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} &= (PV) \\
 \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} &= \frac{1}{2} \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} \\
 \frac{1}{2} &= 2 \\
 \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} &= \frac{1}{2} \frac{dR}{R} \frac{dT}{T} \\
 \frac{1}{2} &= 1 \\
 2 \beta - \beta - 1 &= 0 \\
 \beta &= 1
 \end{aligned}$$

$$(1-2) \quad \frac{3}{2} \times 8 = \cancel{V_{12}} + \frac{3}{2} \times 8 \rightarrow V_{12} = \text{const}$$

$$\beta = \frac{1 + \sqrt{1 + 8}}{4} = 1.5$$

$$2-3) \frac{1}{2} 48 = \frac{1}{2} 48 + \frac{3}{2} 48$$
$$48 = k 8$$

$$d = 8\beta - 4$$

$$2p, \beta K: 2\beta = 4$$
$$(2 + 8)(\beta - 1) = 4$$

$$2 \times 3.7 - 1 = 8.4$$