



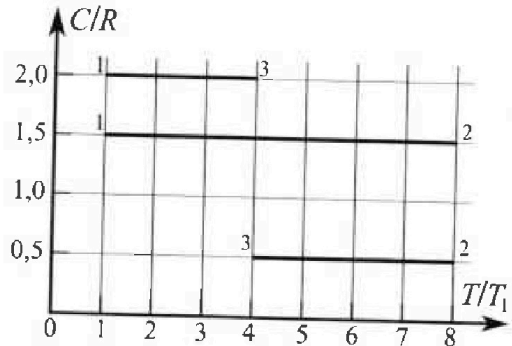
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

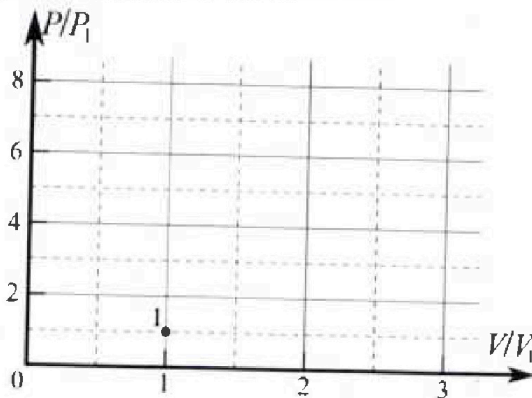


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

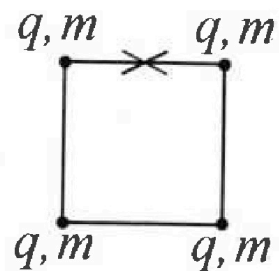


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

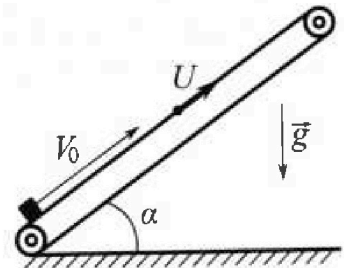
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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?

Уск орение 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.).

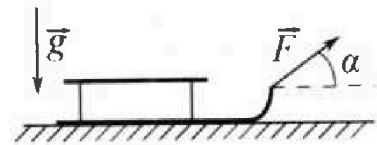
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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!

1) Пусть время полета $2t \Rightarrow$ время падения камня = времени полета до высшей точки $= t$; V_y и V_x проекции V_0 на оси y и x соответственно. $t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$

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

П.к. по условию радиус траектории по оси x равен L и его вертикальная скорость не меняется \Rightarrow

$\Rightarrow 2t V_x = 2t V_0 \cos \alpha = \frac{2t V_0}{2} = L \Rightarrow L = \frac{V_0^2}{2g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{2g} = \sqrt{2 \cdot 10} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5} \text{ м/с}$ Ответ: $V_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

2) α - угол, под которым падает мяч; t - время полета

П.к. H - максимальная высота (по условию) \Rightarrow в момент столкновения мяча с H в высшей точке траектории \Rightarrow мяч падает удар, проекция скорости на ось $y = 0$, а проекция скорости на ось x во время полета не меняется и $V_{x, \text{max}} = V_0 \cos \alpha$

ЗСЭ: $(mgH + \frac{mV_0^2 \cos^2 \alpha}{2})_{\text{к}} - (\frac{mV_0^2}{2})_{\text{н}} = 0 \Rightarrow gH = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{2gH}{V_0^2}$

Пусть по оси y : $H = \frac{gt^2}{2}$ (П.к. $V_y = gt$) $\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ Пусть по оси x : $S = V_0 \cos \alpha t \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{S^2}{2HV_0^2}$

$\Rightarrow \frac{2gH}{V_0^2} - \frac{S^2}{2HV_0^2} = 1 \Rightarrow S = \sqrt{(V_0^2 - 2gH) \frac{2H}{g}} = \sqrt{(200 - 22) \cdot 2} = \frac{26}{10} = 2,6 \text{ м}$ 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!

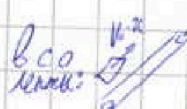


$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$= \frac{3}{5}$$

Заметим, что L_1 - время скольжения $\Rightarrow \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{g} = \frac{3}{5}c$, а путь, пройденный за t_1 , равен $L_1 = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{9}{2 \cdot 5} = 1,8m$

За это время блок пройдет $L_2 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{g \cdot (\frac{3}{5}c)^2}{2} = \frac{4}{15} = 0,16m \Rightarrow L = L_1 + L_2 = 1,96m$ Ответ $L = 1,96m$



Искание T , найдем, когда путь становится минимальным $\Rightarrow \Rightarrow T = \frac{V_0 - k}{a} = 0,5c$ Ответ $T = 0,5c$

3) Искание минимума найдем, когда путь будет минимален - т.е. минимально время \Rightarrow

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

учитывая что время равен был в обоих $L = L_1 + L_2 = (\frac{V_0 - k}{a} + \frac{k}{a})k = 2m$ Ответ $L = 2m$



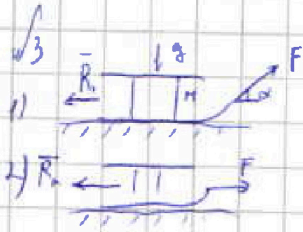
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



R - сила реакции $\Rightarrow R_1 = \mu(Mg - F \sin \alpha)$ и $R_2 = \mu Mg$

μ т.к. из равновесия вертикальной струны $K \Rightarrow$ из равновесия сжатия всех звеньев
за равного расстояния $L \Rightarrow 2 \frac{R_1}{m} L = \frac{1}{2} v^2$ и $2 \frac{R_2}{m} L = \frac{1}{2} v^2 \Rightarrow R_1 = R_2$

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

Далее нужно считать изменение энергии $\int (dW_k - W_{tr}) = -R_2 S \Rightarrow \int = \frac{k s \sin \alpha}{g \mu (1 - \cos \alpha)}$

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

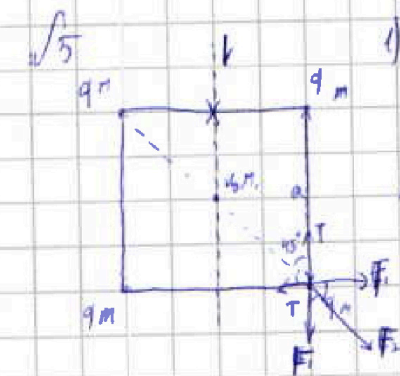
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) Т.к. система симметрична относительно z и y осей, то достаточно рассмотреть только F_1 - сила вверху соседних зарядов F_2 - половина осети.

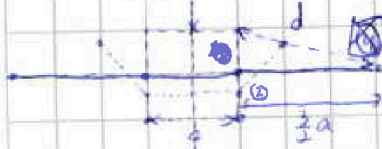
решением равенства сил на осевых направлениях к этой системе (т.к. равновесие на осевых направлениях)

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

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

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

l - ось симметрии, которая не деформируется при перемещении зарядов (линии)



2) Заметим, что изначально не деформируется центр масс системы и после перемещения не появятся никакие внешние силы \Rightarrow центр все шарики выстраиваются в одну линию

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

(т.к. средние заряды взаимодействуют друг на друга сильнее всего, а на крайние все ослабевают)

все линии всегда будут параллельны) Ответ: $d = a\sqrt{\frac{5}{2}} = a\sqrt{2,5}$

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

т.к. $\frac{kq^2}{a^2} = 2\sqrt{2}Ta$

3) Заметим $3 \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2,5a} + \frac{kq^2}{4a} - kK \right) - \left(\frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a} \right) = 0 \Rightarrow K = Ta \cdot \left(\frac{1,95 + \sqrt{2}}{\sqrt{2}} \right)$

Ответ: $K = Ta \left(\frac{1,95 + \sqrt{2}}{\sqrt{2}} \right)$

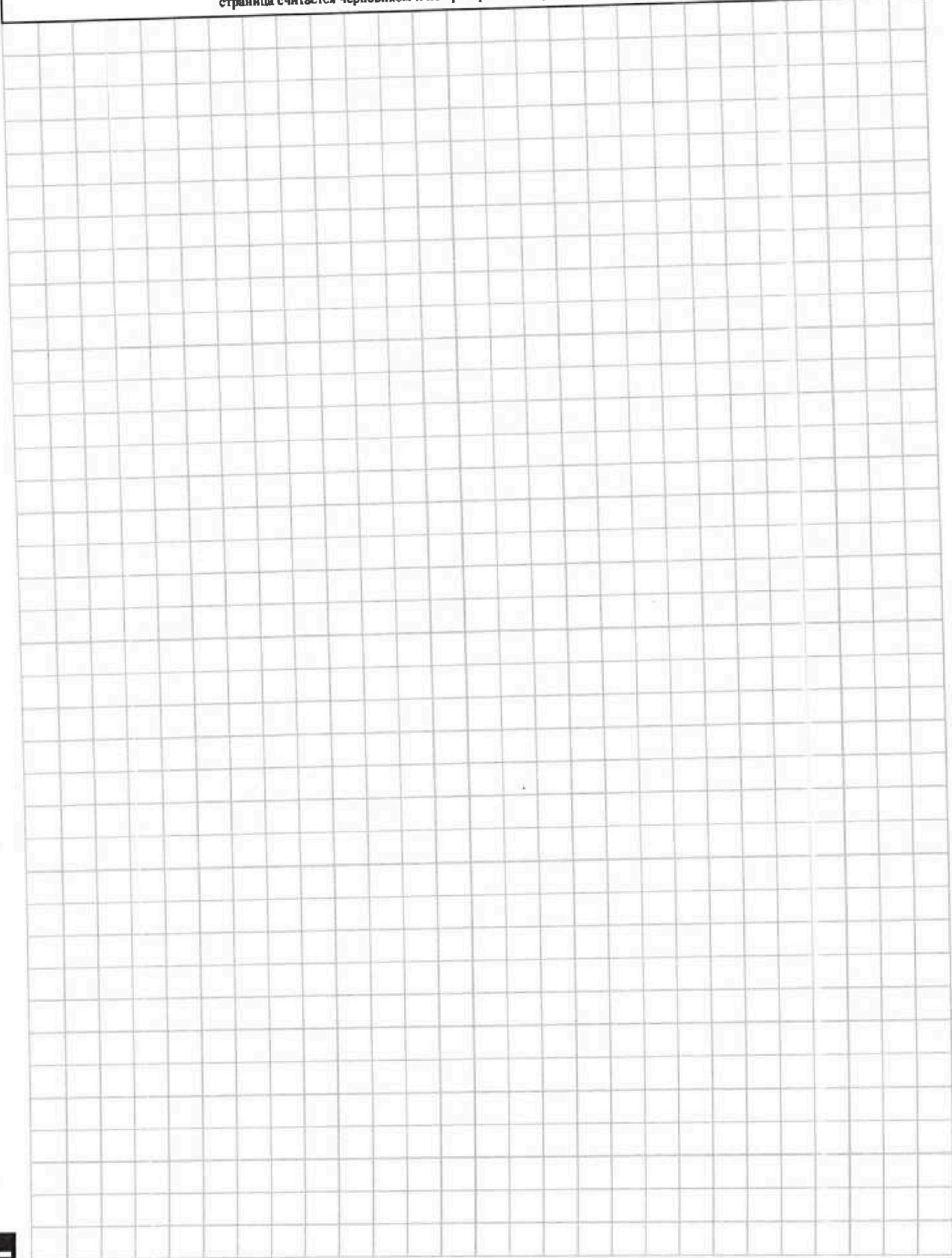


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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





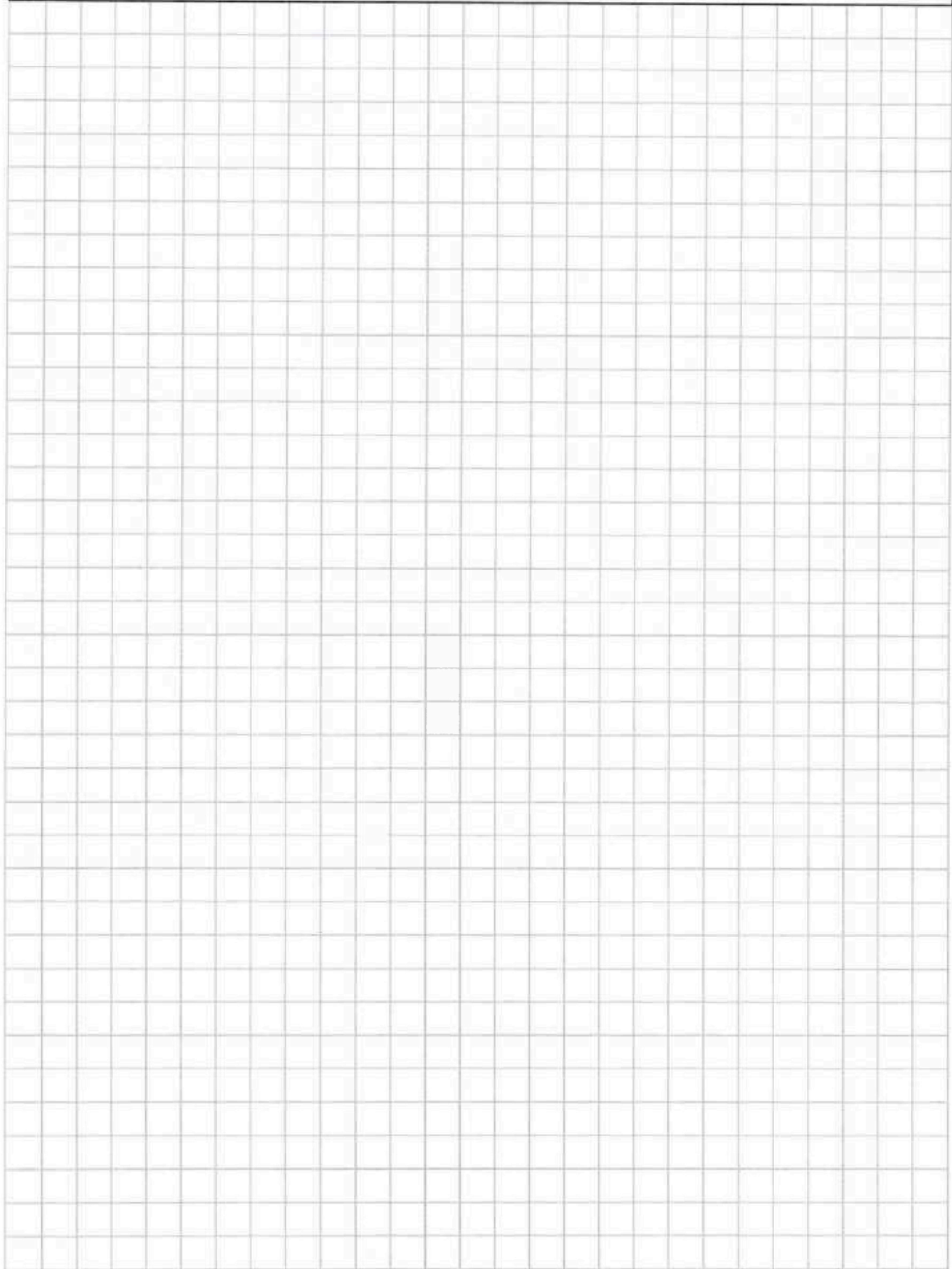
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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"/>

 **МФТИ**

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





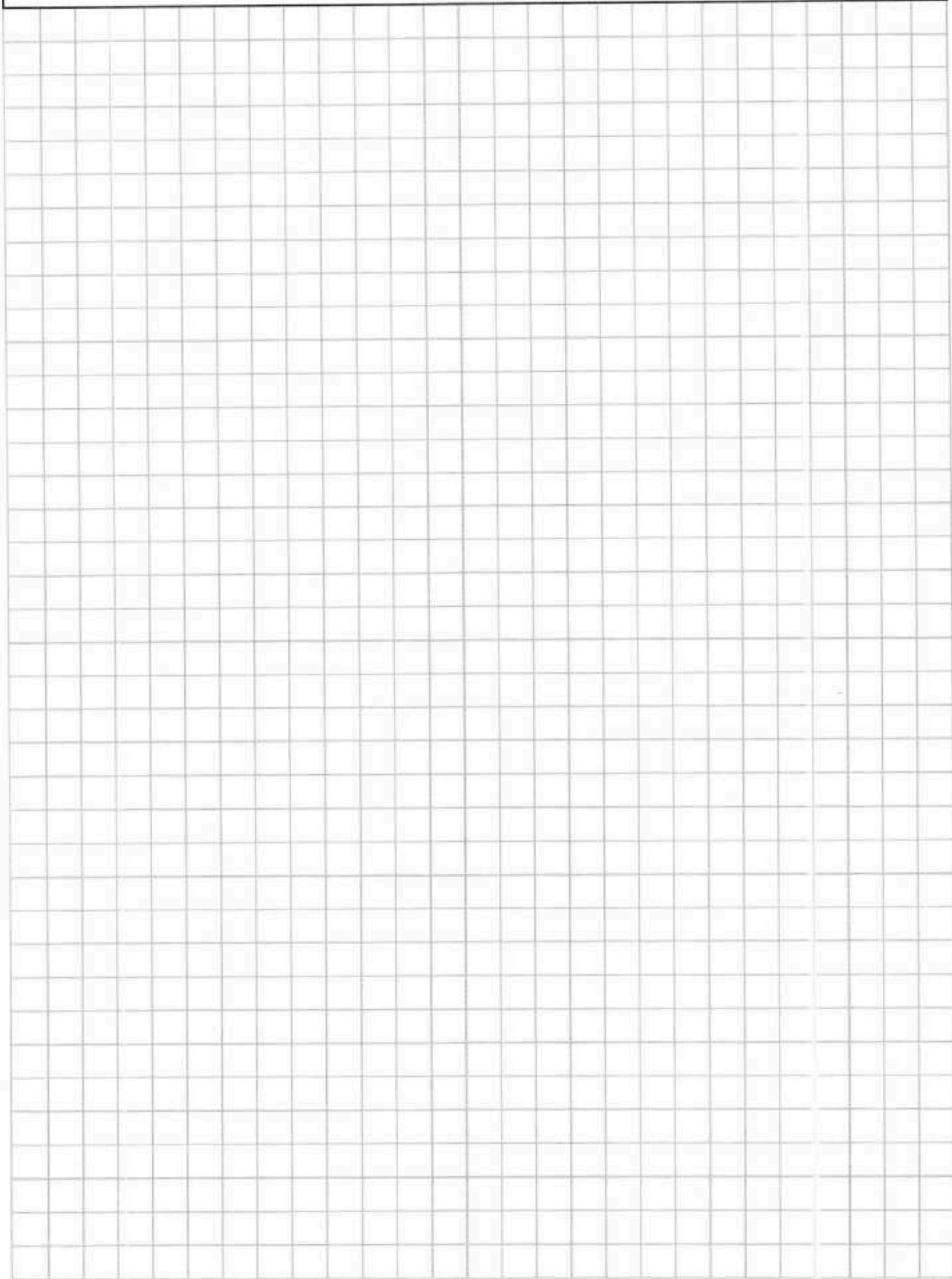
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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





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!

√5

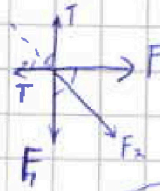
9.

9

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

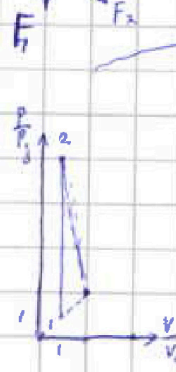
$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2} \text{ и } F_2 = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 24 \dots \\ \hline 2993 \end{array}$$



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

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



$$\frac{a}{2} \sqrt{\frac{1+g}{\sqrt{g}}}$$

$$pv$$

$$d\beta = 4$$

$$(1-\beta) 4 - 3\beta = k, \beta + (\frac{3}{2} - 3)\beta$$

$$-3\beta = 2k, \beta$$

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

$$\alpha = \beta$$

$$3 = 4 - 1$$

$$4 - 1,5$$

$$2,5 \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{300 - 8,31}{8,31}$$

$$\frac{291,69}{8,31}$$

$$35$$

$$\beta + 2 = \frac{d}{3}$$

$$A_{23} = \frac{a^2}{C} \left(\frac{2}{3} \right) \frac{dR_{21} T}{F_{41}}$$

$$\frac{4kq^2}{a} = \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a}$$

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

$$\frac{(3 + \sqrt{2})kq^2}{a} = \frac{4\pi\epsilon_0}{2} \cdot \frac{kq^2}{a} \left(\frac{3}{2,5a} + \frac{1}{4} \right)$$

$$\frac{2}{5}$$

$$\frac{4}{5}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2,14\sqrt{5}kq^2}{4\pi\epsilon_0}}$$

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

$$0,25 \cdot 0,8$$

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

$$\frac{kq^2}{a}$$

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

$$11\sqrt{2}$$

