



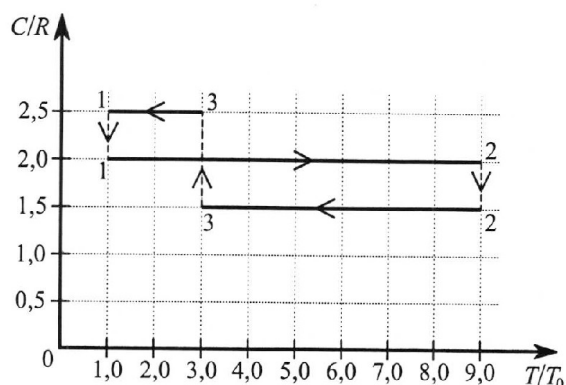
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.

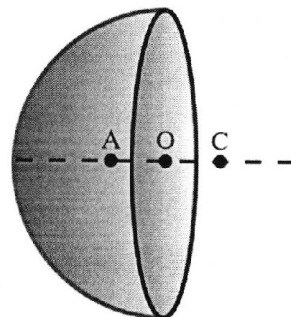


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 — давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна К.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



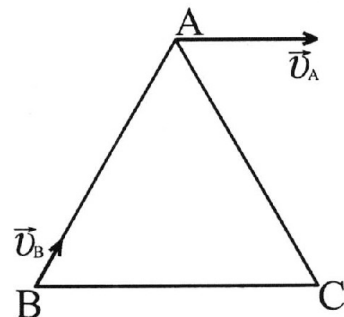
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t=0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

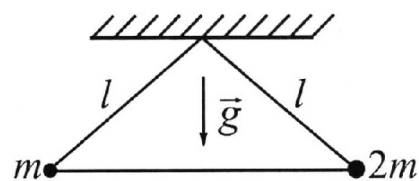
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик массы m скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик массы m находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

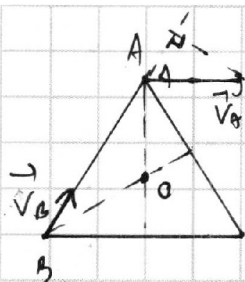


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

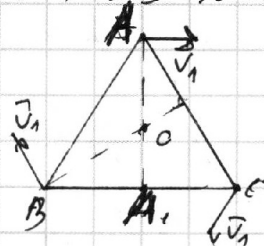
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



N1

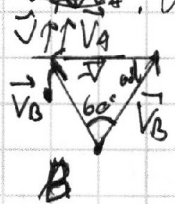
Пластина, очевидно, вращается относительно центра масс. Рассматривая треугольник AB: расстояния между точками A и B известны $\Rightarrow$ скорости V_B и V_A на отрезке AB равны. $V_{Bx} = V_B$; $V_{Ax} = V_A \cdot \cos 60^\circ = \frac{V_A}{2} \Rightarrow V_B = \frac{V_A}{2} \Rightarrow V_A = 2V_B = 98 \text{ м/с}$



Перед переходом в систему отсчета центр масс пластины O:

в нем вершины равнобедренного треугольника движутся с равными скоростями перпендикулярными соответствующим отрезкам из O в вершины, т.е. $V_A' \perp AO$; $V_B' \perp BO$; $V_C' \perp CO$.

Вектор скорости V_A из центра масс $\perp AO \Rightarrow$ пластина движется в момент времени t вправо и при переходе в С.О. пластина из состояния вращения становится движущейся вместе со скоростью V пластины и V_A .



Рассматривая треугольник B: V и V_B' - равнобедренный $\Rightarrow |V| = |V_B'| = \frac{|V_A|}{2}$.

Омнимый центр масс Δ вершин движется со скоростью $0,4 \text{ м/с}$

Найдем длину отрезка AO: длина медианы $AA_1 = a \cdot \sin 60^\circ = \frac{a\sqrt{3}}{2}$

С - пересечение медиан $\Rightarrow \frac{AO}{AA_1} = \frac{2}{3} \Rightarrow AO = \frac{2}{3} AA_1 = \frac{a\sqrt{3}}{3}$

Вектор длины отрезка AO перпендикулярен Δ окружности, равной $2\pi \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3}$, т.е. Δ может пройти L за время: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3}}{3 \cdot V_B} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 99 \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot 94} \approx \frac{6,28}{1,25} \approx 5,02$

Пластина после: в С.О. центр масс пластин движется со скоростью $V_B \perp$ вектору из O в вершину C. В вращающейся С.О. земли к вектору скорости пластины добавляется вектор скорости пластины V , но это не важно, т.к. результирующая всех сил будет давать центростремительное ускорение, а следовательно пластина не переместится в ИСС земли.

По второму закону Ньютона:

$$R = a_{\text{ос}} \cdot m = \frac{V^2}{R} \cdot m = \frac{V_A^2 \cdot \sqrt{3}}{9} = \frac{9000 \cdot 98 \cdot \sqrt{3}}{9} = 9000 \cdot 98 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

$$R = \frac{(94 \text{ м/с})^2 \cdot 0,0012 \text{ м} \cdot \sqrt{3}}{94 \text{ м}} = 0,0012 \cdot 94 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

Итого: $V_A = 98 \text{ м/с}$; $T \approx 5,02$; $R = 0,0012 \cdot 94 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-2} \text{ Н}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N2

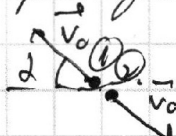
Промежуточные моменты движения, считая что свободное падение происходит с некоторой скоростью V_H , считая на него действовала малая или большая (до нуля). Из формулы для малых M и скорости -

~~В формулу для малых M и скорости -~~
~~свободное падение~~
Ускорение свободного падения g , тогда:

$$h = \frac{V_H^2 - V^2}{2g} \Rightarrow V_H = \sqrt{2gh + V^2}$$

$$\text{тогда } h = \frac{V_H^2}{2g} = \frac{2gh + V^2}{2g} = h + \frac{V^2}{2g}; H = 14,2 \text{ м} + \frac{(16 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 14,2 \text{ м} + 12,8 \text{ м} = 27 \text{ м}$$

После вылета свободное падение. Скорости движения малой $\Rightarrow$ от скорости движения не зависит и зависит по направлению (м.к. м.к. g) скорости



Пусть V_0 составляет угол α с горизонтом. Найдите дальность полета снаряда.

$$① H = V_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt^2}{2} - V_0 \sin \alpha t - H = 0$$

$$D = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$$

$$t_1 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$L_1 = V_0 \cos \alpha \cdot t_1 = \frac{V_0 \cos \alpha (V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH})}{g}$$

$$② H = V_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt^2}{2} + V_0 \sin \alpha t - H = 0$$

$$D = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$$

$$t_2 = \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$L_2 = V_0 \cos \alpha \cdot t_2$$

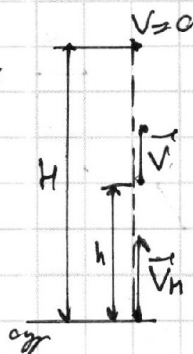
$$L = L_1 + L_2 = V_0 \cos \alpha \left(\frac{2V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \right) = \frac{2V_0 \cos \alpha \cdot \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

наименьшее значение при $\cos \alpha = 1$, м.к. $\alpha = 0$

$$L_{\min} = \frac{2V_0 \sqrt{2gH}}{g} = \frac{2 \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 16 \text{ м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 40 \cdot \sqrt{320 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 40 \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{5} = 32\sqrt{5} \text{ м}$$

~~$L_{\min} = 32\sqrt{5} \text{ м}$~~

$$\text{Ответ: } H = 16 \text{ м}; L_{\min} = 32\sqrt{5} \text{ м}$$



[illegible]



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

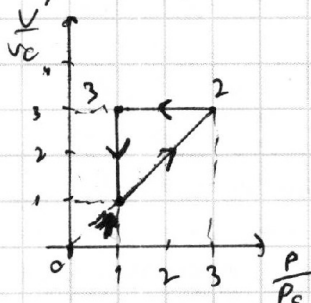
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№4

при том газ идеальный одноатомный, т.е. когда $\frac{C}{R} = 1,5$ - чисел
при $V = \text{const}$, когда $\frac{C}{R} = 2,5$ - когда $p = \text{const}$ (т.к. $C_p = \frac{5}{2}R$; $C_v = \frac{3}{2}R$)
 $C_{12} = 2VR$; $C_{23} = 1,5VR$; $C_{31} = 2,5VR$ - тогда работа газа в данном процессе

Процесс 3 → 1 - при $p = \text{const}$, отношение $\frac{T}{T_0}$ увеличивается в 3 раза ⇒
соответственно увеличится в 3 раза ⇒ $V_3 = 3V_0$; $p_3 = p_0$
В процессе 2 → 3 - при $V = \text{const}$, отношение $\frac{T}{T_0}$ увеличится в 3 раза в
3 раза ⇒ давление увеличится в 3 раза ⇒ $V_2 = V_3 = 3V_0$; $p_2 = 3p_3 = 3p_0$



Максимальное давление 1 → 2 непосредственно не меняется,
она равна $C = 2VR$, тогда, чисел - непосредственно и чисел 4, 8 0

Каждый процесс газа: она также равна, следовательно
из уравнения $p(V)$, т.е. площадь Δ , т.е.
увеличение, увеличится на $p_0 V_0$

$$A_{12} = p_0 V_0 \cdot S_0 = \sqrt{RT_0} \cdot 2 = 2 \text{ Дж} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 24930 \text{ Дж}$$

Значит работа газа один цикл, ~~т.е.~~ работа цикла, увеличится она лишь $\frac{1}{2}$ раз -
но газа не погубит! $\frac{1}{2} \cdot 2A_{12} = M g H \Rightarrow H = \frac{10 A_{12}}{M g} = \frac{10 \cdot 24930 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 62,325 \text{ м}$

$$\text{Следует: } A_{12} = 24930 \text{ Дж}; H = 62,325 \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

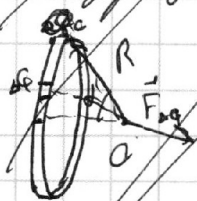
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

15

Масса O — центр сферы, на которой взята зарядовая оболочка.
~~Пусть на поверхности сферы равномерно распределены заряды Q . Тогда $E = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0}$.~~
~~Сила притяжения F заряда q к центру:~~

Рассмотрим сферу из тонких колец: рассмотрим произвольное кольцо, имеющее заряд Q_0 , диаметр d в точке O .



Для малых расстояний, считаем, что точка O находится на оси кольца, на расстоянии d от центра A .

$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_0 q}{R^2}$ — из закона Кулона AC .

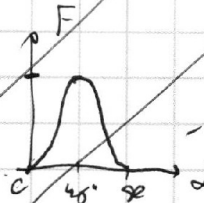
Считаем все кольца результирующей $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_0 q}{R^2}$.

Заряд Q_0 кольца пропорционален длине кольца, равной $2\pi R \sin \alpha$.

$S = 2\pi R \sin \alpha$ — площадь $Q_0 = \frac{Q}{4\pi R^2} \cdot 2\pi R \sin \alpha d = \frac{Q \sin \alpha d}{2R}$

$$F_0 = \frac{Q \sin \alpha d}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{Q \sin \alpha d}{8\pi\epsilon_0 R^2}$$

масса, в элементном слое d ; F



— ~~уменьшается~~ — увеличивается,

Заряд распределён равномерно. Площадь кольца $S = \frac{4\pi R^2}{2} = 2\pi R^2$.

масса заряда на малой площади ΔS : $\Delta Q = \frac{\Delta S}{S} \cdot Q$

в точке O , для всех малых ΔS считаем, что потенциал равен
потенциалу (напряжённость электрического поля): $\Delta \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot \Delta S}{R}$

— ~~уменьшается~~ — увеличивается $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R}$. На расстоянии $\varphi \rightarrow 0$,

$$\text{масса } \varphi \rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = K$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = K - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{m} \left(K - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R} \right)}$$

в точке A , где $v_A = c$, $K = \varphi_A$

Если бы сфера была полной, то потенциал считался бы, что она заряжена.
А потенциал в C , тогда, $\Delta C = 0$, потенциал нулевой



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Если от центра дна капли, то ней от нее распределит равномерно заряд, но если от нее скапливаются, т.е. точки A и C имеют на оси симметрии неравные расстояния от точки O, ~~то~~ результирующий заряд с осью со стороны центра равна, в обоих случаях, не нулю. Для каждой точки на отрезке AC, найдя симметрию, им $\Rightarrow$ поле будет равно нулю, равно нулю не чертятся заряды q из ABC и из O в C $\Rightarrow K_C = 2K_O$

$$K_C = \frac{mV_C^2}{2} = \frac{K_C}{r} = \frac{mV_C^2}{r} \Rightarrow V_C = V_0\sqrt{2} = \sqrt{\frac{4}{m} \left(K - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R} \right)} =$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \sqrt{\frac{2}{m} \left(K - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R} \right)}; V_C = \sqrt{\frac{4}{m} \left(K - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R} \right)}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

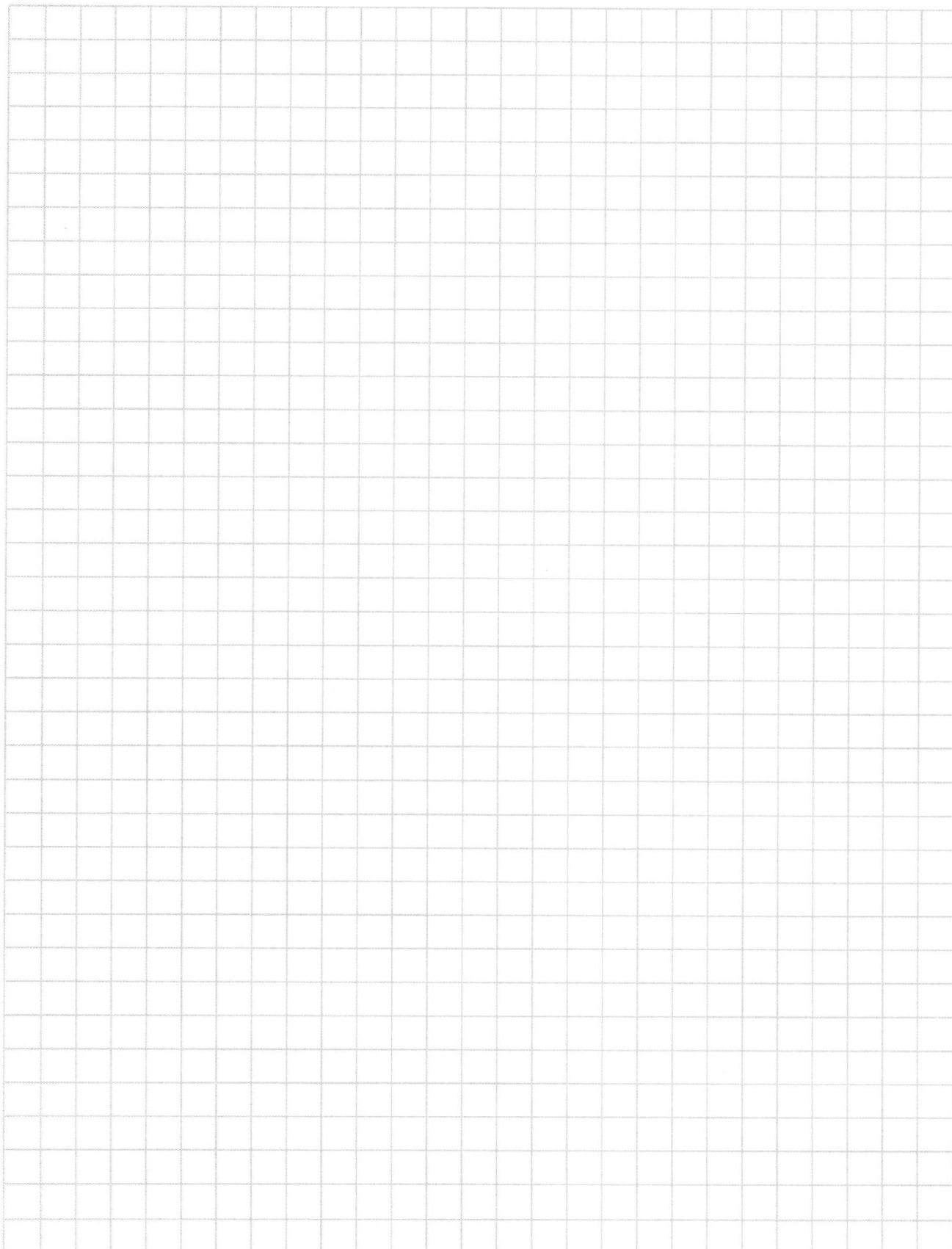
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

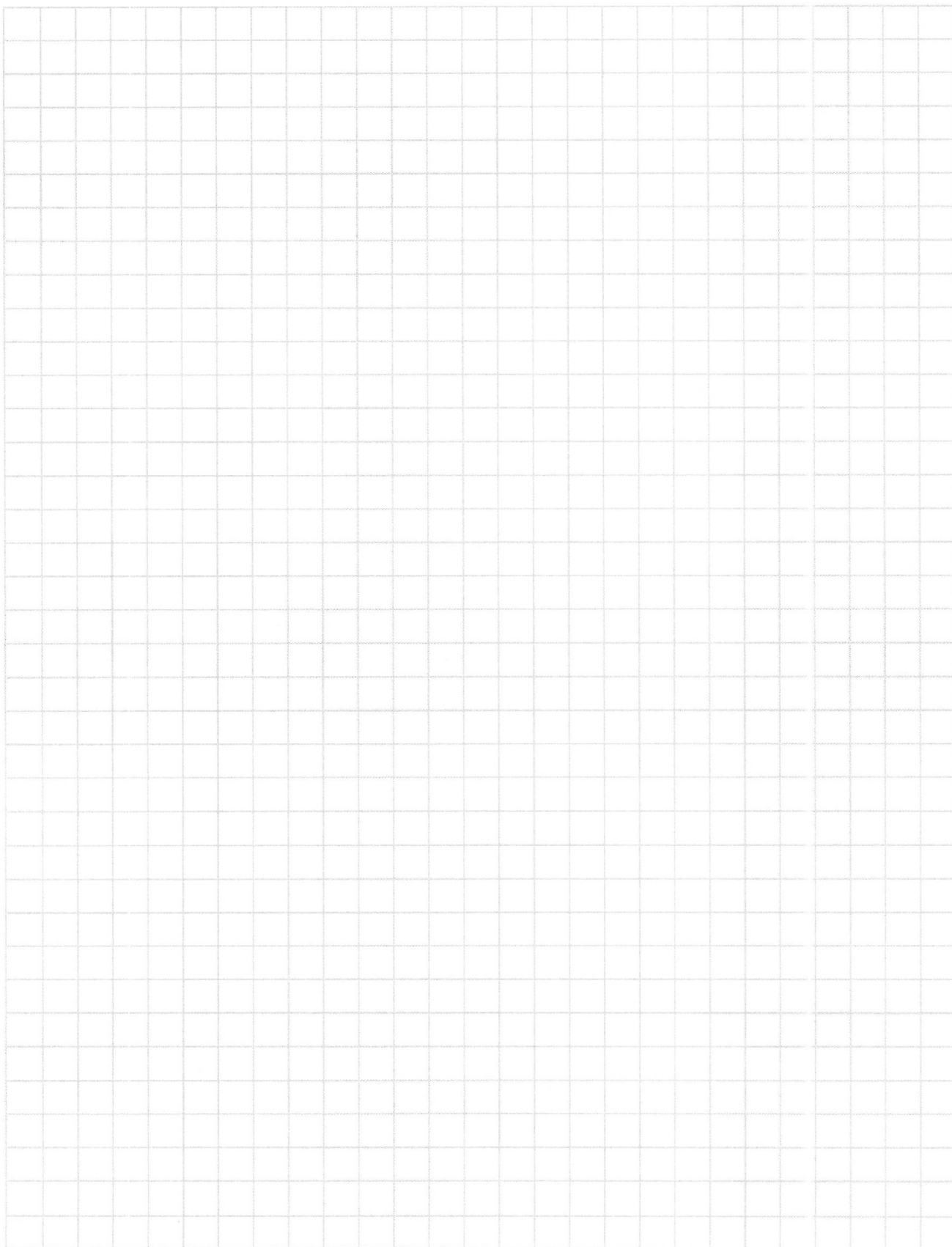
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!



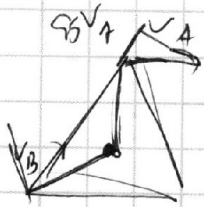


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
___ ИЗ ___

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

$$95V_A = V_B$$
$$V_A = 4,8 \text{ мс}$$

$$94,90012 = 9,00048$$

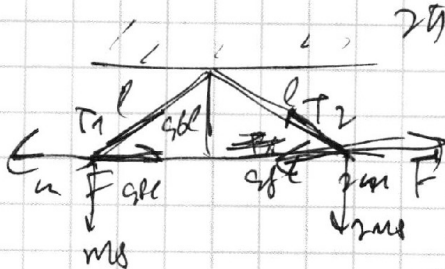
~~90000~~ 24,2

32

Черновик

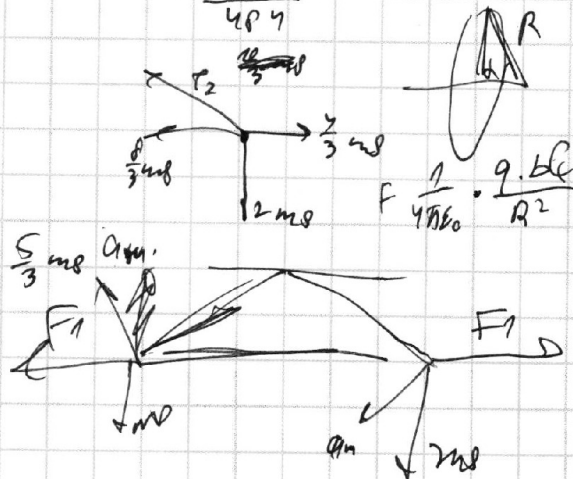
$$\begin{array}{r} 6,28 \overline{) 7,25} \\ 5 \overline{) 25} \\ \underline{103} \\ 173 \\ \underline{160} \\ 13 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 1 \\ 24 \\ \underline{24} \\ 56 \\ 56 \\ \underline{56} \\ 0 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 53 \\ 32 \\ \times 105 \\ \hline 885 \\ 1225 \\ \hline 125 \\ 30625 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 6,28 \overline{) 7,25} \\ 5 \overline{) 25} \\ \underline{103} \\ 173 \\ \underline{160} \\ 13 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 1550 \\ 1550 \\ \hline 0 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 2,25 \\ 2,25 \\ \hline 5 \end{array}$$



$$m_8 = 96T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{m_8}{96} = \frac{5}{3} m_8$$

$$T_1 \cdot 98 = F = \frac{4}{3} m_8$$



$$pV = \nu RT$$

$$p \cdot \nu V = \nu R \cdot 2T \quad A = pV$$

$$Q = pV + CT = T(\nu R + C)$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ 3 \\ \hline 24,93 \end{array}$$

2m8.

$$pV = \nu RT$$
$$2pV = \nu R 2T$$

$$Q = C \cdot T$$

$$\begin{array}{r} 24939,00 \\ 2400 \overline{) 62325} \\ \underline{930} \\ 800 \\ \underline{1300} \\ 1200 \\ \underline{1000} \\ 2000 \\ \underline{2000} \\ 0 \end{array}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

