



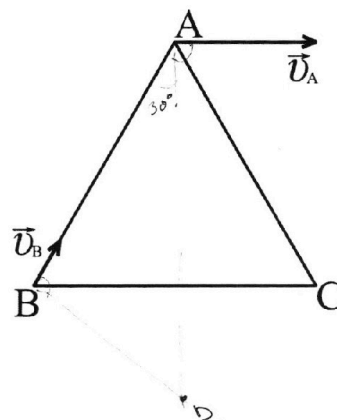
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

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 $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ 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.

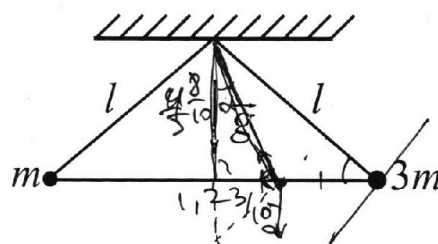
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ 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 $V_0 = 16$ 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 $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ 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.



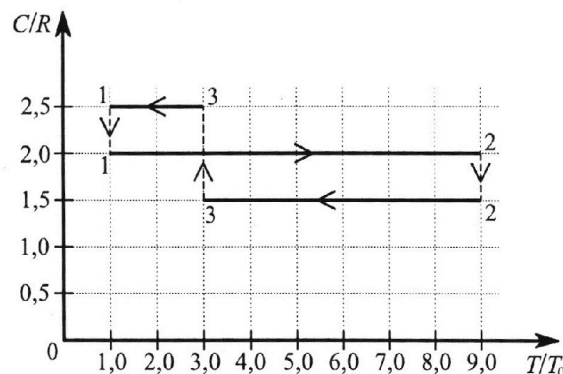
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270$ К.

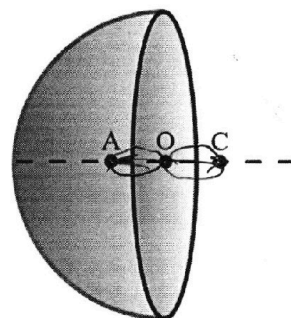


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ 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 электрической 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 большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

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



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!

Дано:

$$V_A = \frac{8}{10} \text{ м/с}$$

$$a = 0,4 \text{ м}$$

$$\vec{V}_B \uparrow \vec{BA}$$

$$\vec{V}_A \uparrow \vec{BC}$$

$$m = 60 \text{ кг}$$

Найти:

- 1) $V_B = ?$
- 2) T (период)
- 3) $|\vec{R}| = ?$

Решение:

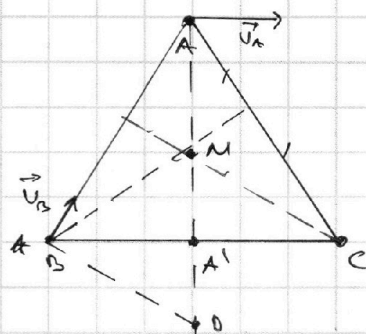
• Находим МЦС ищем отсюда в точке D. Тогда:

$$BD = \tan(30^\circ) \cdot AB \Rightarrow$$

$$AD \cdot \cos(30^\circ) = AB$$

$$\Rightarrow BD = \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} \cdot a = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$AD = \frac{a}{\sqrt{3}/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} a$$



• Угловые скорости всех точек тела равны при вращении вокруг МЦС, в к-фиг которого все вращается):

$$V_A/AD = V_B/BD \Rightarrow V_B = \frac{BD}{AD} \cdot V_A = \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{10} = 0,4 \text{ м/с}$$

• ~~По теореме о АЦМ~~ Из теоремы о АЦМ делаем вывод, что после толчка центр масс пластины движется прямолинейно и равномерно, т.к. внешние силы на пластину не действуют. Находим скорость центра масс С на пересечении медиан он находится с помощью МЦС:

$$AM = \frac{2}{3} \cdot AA' = \frac{2}{3} \cdot AB \cdot \cos(30^\circ) = \frac{1}{\sqrt{3}} a \Rightarrow MD = AD - AM =$$

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} a - \frac{1}{\sqrt{3}} a = \frac{1}{\sqrt{3}} a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_A}{AD} = \frac{V_M}{MD} \Rightarrow V_M = V_A \cdot \frac{MD}{AD} = V_A \cdot \frac{1/\sqrt{3} \cdot a}{2/\sqrt{3} \cdot a} = V_A \cdot \frac{1}{2} =$$

$$= 0,4 \text{ м/с}$$

• $T = \frac{2\pi \cdot r}{v}$, где v — угловая скорость любой точки пластины в СО центра масс.

$$T = \frac{2\pi \cdot r}{v_A} = \frac{2\pi \cdot r}{V_A \sin(A)/R_{\sin(A)}} = \frac{R_{\sin(A)} \cdot 2\pi \cdot r}{V_A \sin(A)}, \text{ где}$$

$R_{\sin(A)}$ — расстояние от точки А до М, $V_A \sin(A)$ — ско-



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!

росте точки A в СО центра масс.

$$T = \frac{8\pi \cdot AM}{(v_A - v_M)} = \frac{8\pi \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}}}{0,8 - 0,4} = \frac{8\pi \cdot \frac{2a}{3}}{0,4} = \frac{8\pi \cdot \frac{2a}{3}}{\frac{2}{5}} = \frac{8\pi \cdot \frac{2a}{3} \cdot 5}{2} = \frac{8\pi \cdot 10a}{3} = \frac{80\pi a}{3} \text{ с}$$

- Пластина металлическая $\Rightarrow$ жесткая $\Rightarrow$ на большом t пластина все точки пластины в СО для CM вращаются вокруг него, а по теор. о AM : СО CM — инерционный СО, а значит все силы, действующие на пелену в СО неизменно действуют и в СО точки. Тогда:
- П. пелена вращается с пост. скоростью вокруг центра масс. Тогда:

$$a_0 = a_n = \frac{v^2}{R_n} = \omega^2 R_n, \text{ где } R_n - \text{ек расетованне от } CM \text{ го плени.}$$

$$a_0 = \frac{v^2}{AM} = \frac{(v_A - v_M)^2}{AM} = \frac{0,4^2}{0,4 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}} = \frac{0,4^2}{0,8/\sqrt{3}} = \frac{0,4^2 \sqrt{3}}{0,8} = \frac{4}{10} \sqrt{3} \frac{m}{c^2} = \frac{2}{5} \sqrt{3} \frac{m}{c^2}$$

$$|\vec{R}| = m \cdot a_0 = 60 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \frac{4}{10} \sqrt{3} \frac{m}{c^2} = 24\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \frac{N}{\text{кг}}$$

Ответ: 1) $0,4 \frac{m}{c^2}$
2) $\frac{8\pi \sqrt{3}}{3} \text{ с}$
3) $24\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$



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!

Дано:

$\vec{v}_0 = 16 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $h = 11,2 \text{ м}$
 $v = 4 \text{ м/с}$
 $\alpha = 90^\circ$
 $F_c = 0$

Найти:

1) $h = ?$
 2) $L_{\max} = ?$

Решение:

• α - угол, составляющий вектор скорости с горизонтальной в момент запуска фидерверка.

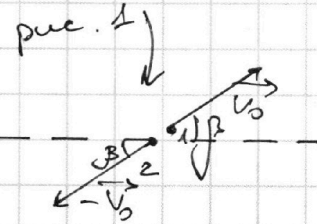
• Так фидервер летит вертикально, то:

• ЗСЭ:

$\frac{mv^2}{2} = mgh$, где Δh - высота, на которую поднимется фидервер после прохождения h , m - масса фидерверка

$H = \Delta h + h = h + \frac{v^2}{2g} = 11,2 + \frac{16}{20} = 11,2 + 0,8 = 12 \text{ м}$

В момент разрыва фидерверка его скорость равна 0, а значит скорость второго осколка по модулю равна v_0 , а по направлению противоположна. Тогда:



$L = L_n + L_{\alpha} = v_0 \cos \beta T_n + v_0 \cos \beta T_{\alpha} =$
 $= v_0 \cos \beta (T_n + T_{\alpha})$

$H = \frac{g T_n^2}{2} - v_0 \sin \beta T_n \quad T_n^2 - \frac{2v_0 \sin \beta}{g} T_n - \frac{2H}{g} = 0$
 $H = \frac{g T_{\alpha}^2}{2} + v_0 \sin \beta T_{\alpha} \quad T_{\alpha}^2 + \frac{2v_0 \sin \beta}{g} T_{\alpha} - \frac{2H}{g} = 0$

$\Rightarrow T_n = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2} - 4 \cdot \left(-\frac{2H}{g} \right) \quad T_n = \frac{2v_0 \sin \beta + \sqrt{D_n}}{2}$
 $T_{\alpha} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2} - 4 \cdot \left(-\frac{2H}{g} \right) \quad T_{\alpha} = \frac{-2v_0 \sin \beta + \sqrt{D_n}}{2}$
 $\Rightarrow L = v_0 \cos \beta \left(\frac{\sqrt{D_n} + \sqrt{D_n}}{2} \right) = v_0 \cos \beta \sqrt{\frac{4v_0^2}{g^2} (1 + \cos^2 \beta) + \frac{8H}{g}}$



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!

$$\Rightarrow L = v_0 \sqrt{\frac{u v_0^2}{g^2} (\cos^2 \beta - \cos^2 \beta) + \frac{8H}{g} \cos^2 \beta}$$

• Введем замену $\cos^2 \beta = t$. Тогда:

$$L = v_0 \sqrt{\frac{u v_0^2}{g^2} t - \frac{u v_0^2}{g^2} t^2 + \frac{8H}{g} t}$$

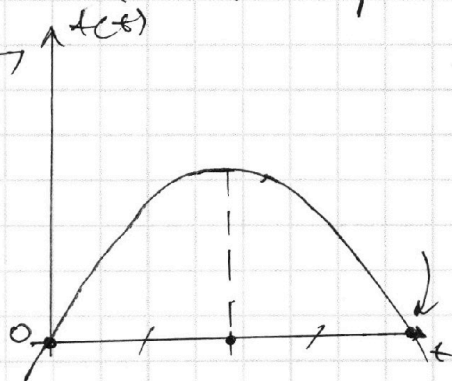
• Запомним, что найдем максимальное время ($t(t)$) - пере-
брос. Тогда:

$$L = v_0 \sqrt{\frac{u v_0^2}{g^2} t - \frac{u v_0^2}{g^2} t^2 + \frac{8H}{g} t}$$

$$\frac{u v_0^2}{g^2} - \frac{u v_0^2}{g^2} t + \frac{8H}{g} = 0$$

$$1 + \frac{8H}{g} \cdot \frac{g^2}{u v_0^2} = t_0 = 1 + \frac{2gH}{u v_0^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_0 = \frac{1}{2} + \frac{gH}{u v_0^2} \Rightarrow$$



$$\Rightarrow L_{\max} = v_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{u v_0^2}\right) \left(\frac{u v_0^2}{g^2} - \frac{u v_0^2}{g^2} \cdot \frac{1}{2} - \frac{u v_0^2}{g^2} \cdot \frac{gH}{u v_0^2} + \frac{8H}{g}\right)} =$$

$$= v_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{u v_0^2}\right) \left(\frac{u v_0^2}{2g^2} + \frac{4H}{g}\right)} = v_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{120}{256}\right) \left(\frac{2 \cdot 256}{100} + \frac{4 \cdot 12}{10}\right)} =$$

$$= v_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{15}{16}\right) \cdot \frac{512 + 480}{100}} = \sqrt{\frac{448 \cdot 992}{100}} =$$

$$= \sqrt{\frac{448 \cdot 992}{100}} = \frac{\sqrt{31 \cdot 448} \cdot 4}{10}$$

Ответ: 1) $L = 12 \text{ м}$

$$2) L_{\max} = v_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{u v_0^2}\right) \left(\frac{2u^2}{g^2} + \frac{4H}{g}\right)} = \frac{31}{10} = 3,1 \text{ м}$$

Р.Б: β - угол между горизонтальной и $\vec{v}_0$, L_1 - дальность полета правого, L_2 - дальность полета левого, T_1 и T_2 - времена полета соответственно левого и правого



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 3

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!

$$3ma_2 = 3mg \cos(90^\circ - \alpha) - T \cos \alpha$$

$$T = 3mg \tan(\alpha) + \frac{3ma_2}{\cos \alpha}$$

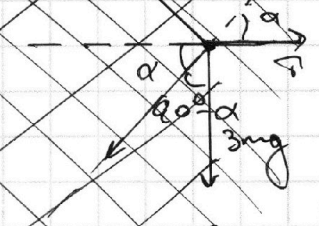
$$= 3mg \tan \alpha - \frac{3m \cdot 0,8}{\cos \alpha}$$

$$= 3 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} - \frac{3 \cdot 0,8 \cdot 10}{1/10} = 1,8 - \frac{240}{73} = 1,8 - 3,28 = -1,48 \text{ Н}$$

$$\Rightarrow T = \frac{240}{73} \text{ Н} = 3,28 \text{ Н}$$

$$T = \frac{108,6}{73} = 1,48 \text{ Н}$$

ОТВЕТ: $\frac{1086}{730}$



• Волчок во время вращения все время с угловым ускорением ε . Значит:

$$\varepsilon = \frac{a_1}{r} = \frac{a_2}{r} \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_{T2} \cos(90^\circ - \alpha) - T \cos \alpha}{3m} =$$

$$= - \frac{F_{T1} \cos(90^\circ - \alpha) + T \cos \alpha}{m} \Rightarrow$$

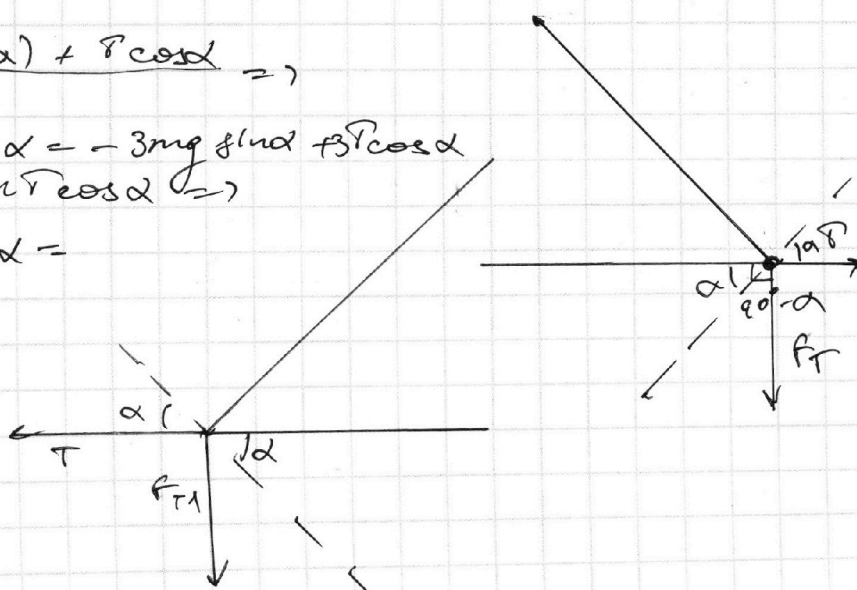
$$\Rightarrow 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha = -3mg \sin \alpha + T \cos \alpha$$

$$6mg \sin \alpha = 2T \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{3}{2} mg \tan \alpha =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} =$$

$$= \frac{9}{8} \cdot 0,8 = 0,9 \text{ Н}$$





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

3 ИЗ 3

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!

Решение:

$$3ma_2 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha \Rightarrow a_2 = g \sin \alpha - \frac{T \cos \alpha}{3m} =$$
$$= 10 \cdot \frac{3}{5} - \frac{0,432 \cdot 6}{3 \cdot 0,082} \cdot \frac{4}{5} = 6 - \frac{0,06}{0,02} = 3 \text{ м/с}^2$$

- Ответ:
- 1) $\sin \alpha = \frac{3}{5}$
 - 2) 3 м/с^2
 - 3) $T = \frac{9}{10} \text{ Н}$



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 3

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!

Дано:

$$\frac{C}{R} (p_0)$$

$$V = 3 \text{ моль}$$

$$p_0 = 270 \text{ кПа}$$

$$\gamma = 3$$

• Решение:

• Усуг:

$$pV = \nu RT \Rightarrow p = \nu R \frac{T}{V}$$

$$\text{• Из первого закона } \delta Q = \delta A_r + dU \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{21} = \frac{\gamma}{2} \nu R dT + p dV \Rightarrow Q = \frac{\gamma}{2} \nu R dT + p \frac{dV}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C \cdot V = \frac{\gamma}{2} \nu R + \nu R \cdot \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{dV}{dT} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{C}{R} - \frac{\gamma}{2} \right) V \cdot dT = \gamma dV \Rightarrow$$

$$\left[\gamma = \frac{C}{R} - \frac{\gamma}{2} \right]$$

$$\Rightarrow \int \frac{dT}{T} = \gamma \int \frac{dV}{V} \Rightarrow \gamma \cdot \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) = \ln \left(\frac{V}{V_0} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{T}{T_0} \right)^\gamma = \left(\frac{V}{V_0} \right) \Rightarrow \frac{T}{V} = \frac{T_0}{V_0}$$

$$\text{• Тогда для } 1 \rightarrow 2: \gamma_{12} = 2 - \frac{3}{2} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T}{V^2} = \frac{T_0}{V_0^2} \Rightarrow T = \frac{T_0}{V_0^2} \cdot V^2 \Rightarrow p = \nu R \frac{T}{V} = \nu R \frac{T_0}{V_0^2} \cdot V =$$

$$= \nu R \cdot \frac{p_0 V_0}{V_0^2} \cdot V = \frac{p_0}{V_0} \cdot V$$

$$\text{для } 3 \rightarrow 2: \gamma_{31} = 1 \Rightarrow T = V \cdot \frac{T_0}{V_0} \Rightarrow p = \nu R \frac{p_0 V_0}{V_0} = p_0 \Rightarrow$$

$$\text{то для } 2 \rightarrow 3: \gamma = 0 \Rightarrow V = V_0$$

$$\text{• } A_r = \frac{2p_0 \cdot 2V_0}{2} = 2p_0 V_0 = 2\nu R T = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270$$

$$\text{Ответ: } A_r = 6 \cdot 8,31 \cdot 270$$

$$p/p_0 (V/V_0) - \text{см. рис.}$$

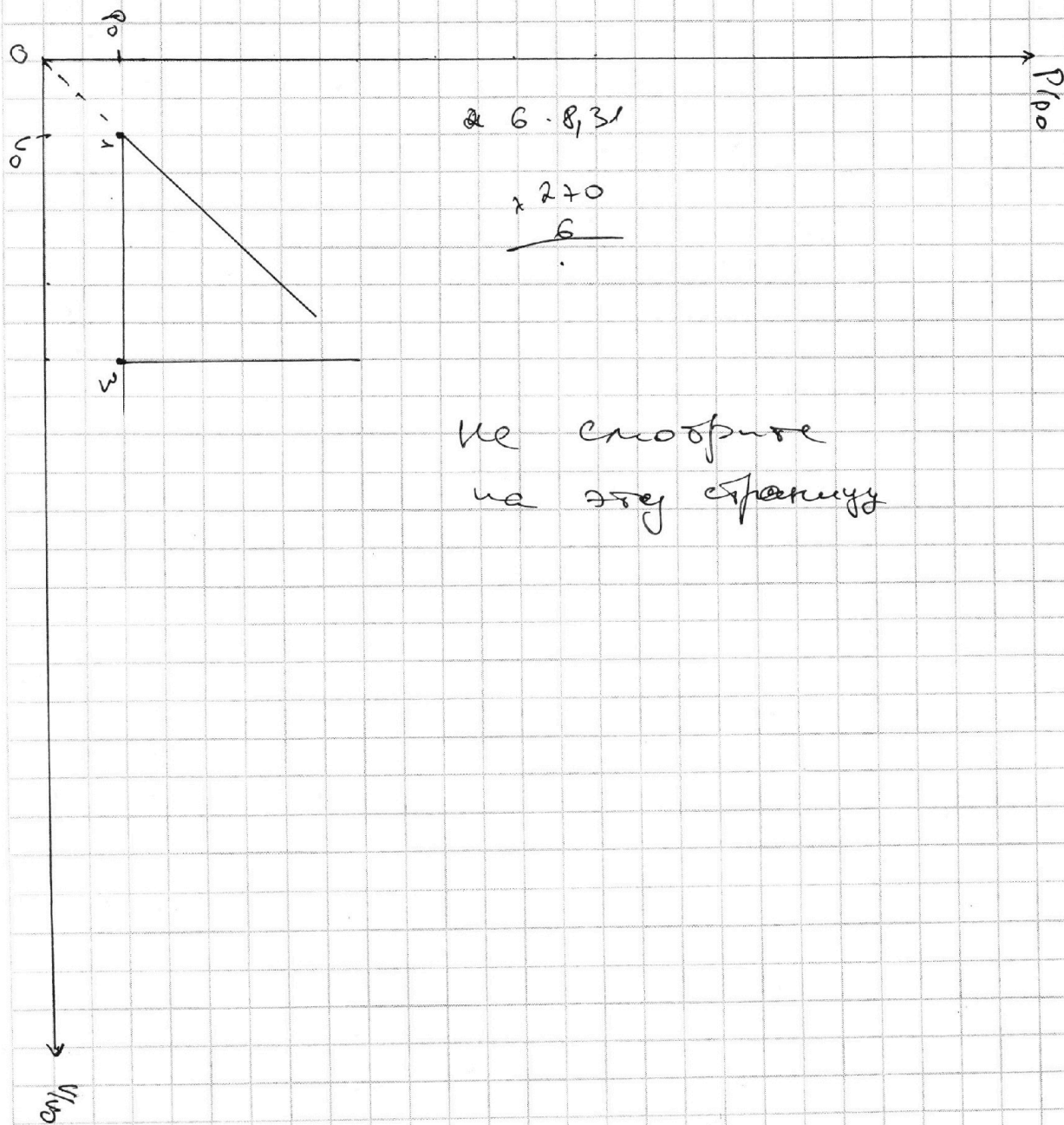


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!





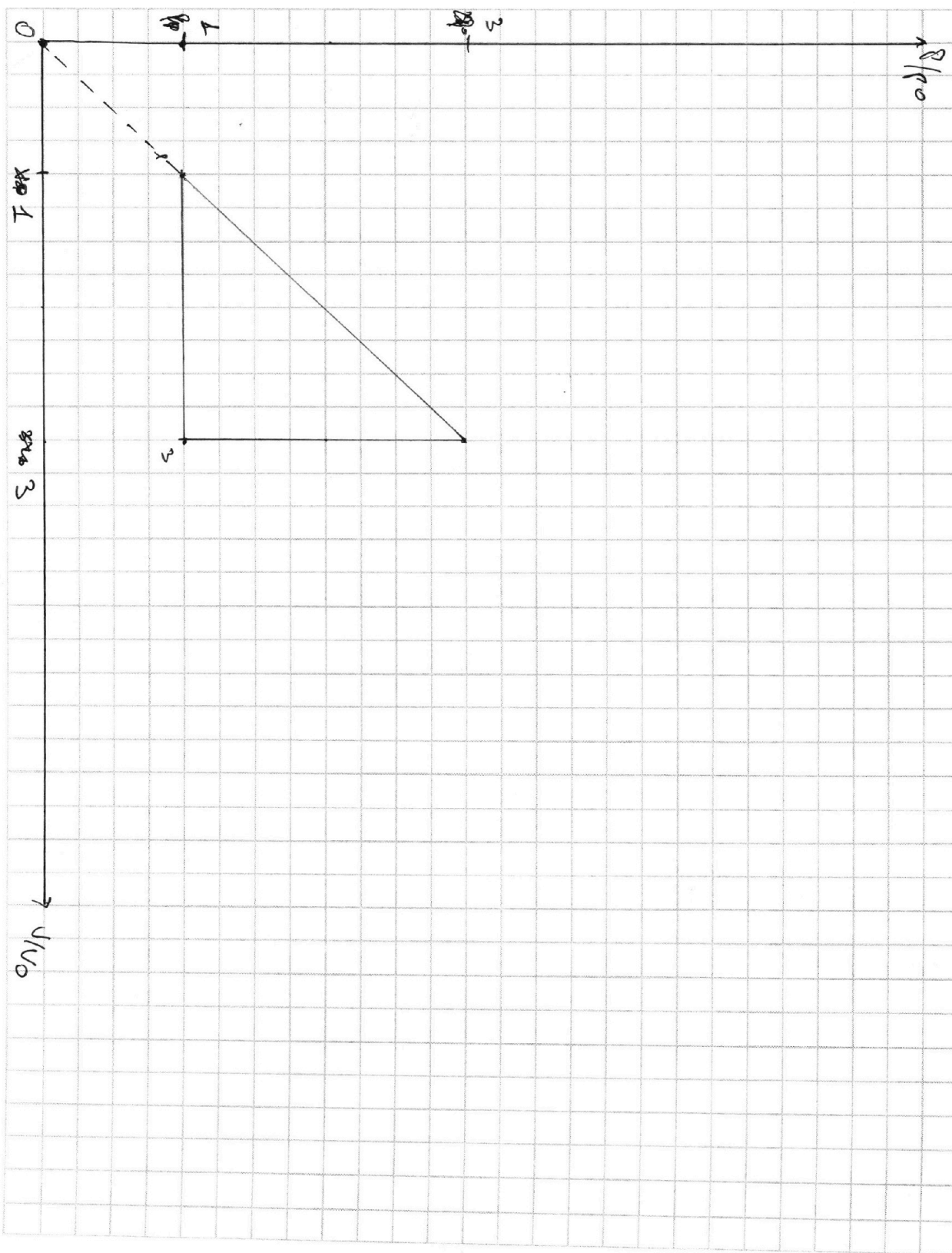
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

3 ИЗ 3

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
 4 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!

Дано:

$Q, m,$
 $R, q,$
 k, V
 $AO = OC$

Решение:

• Найдём φ_0 . Разделим полусферу на малые
 элементы площади, а потенциал можно считать
 заряда определить как:

$$\delta = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{4\pi R^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2} = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

Тогда:

$$\Delta\varphi_i = \frac{k\delta \cdot \Delta S_i}{R} \Rightarrow \varphi = \sum_i \frac{k\delta \Delta S_i}{R} =$$

$$= \varphi = \frac{k \cdot \frac{Q}{4\pi R^2} \cdot 4\pi R^2 \cdot \frac{1}{2}}{R} = \frac{kQ}{2R}$$

и с другой стороны:

$$\varphi' = \sum_i \frac{k\delta' \Delta S_i}{R} = \frac{kQ}{2R}, \text{ тогда } \varphi_0 = \varphi + \varphi' = \frac{kQ}{R}$$

~~По симметрии поле в центре равно нулю. Тогда:~~

~~• ЗсЗ:~~

~~$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = q(\Delta\varphi = q(\varphi_0 - 0) \Rightarrow$$~~

~~$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} = q \cdot \varphi_0 = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v^2 = v_0^2 - 2 \cdot \frac{q}{m} \cdot \frac{kQ}{R} =$$~~

~~$$= v^2 - \frac{2kQq}{mR}$$~~

по ЗсЗ:

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = q(\varphi_0 - 0) \Rightarrow v_0^2 = v^2 - \frac{2q}{m} \cdot \frac{kQ}{R} =$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2qkQ}{mR}}$$



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 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!

Отсюда: $V_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2kqQ}{mR}}$; $V_c =$

• Мысленно нарисуем еще одну такую же полусферу, где над $A \rightarrow C$, а $C \rightarrow A$.
Тогда:

$A_n + A_g = A_r$, где A_n - работа наверх сферы,
 A_r - работа через теор. Гаусса
 $A_n' + A_g' = A_r'$ A_g - работа наверх сферы.

Тогда для AO :

$$\Delta\varphi_{AO} = \frac{A_n}{q} = \frac{A_r - A_g}{q}$$

или для OC :

$$\Delta\varphi_{OC} = \frac{A_n'}{q} = \frac{A_r' - A_g'}{q}$$

Тогда для полного $A \rightarrow C$:

$$\Delta\varphi_{AC} = \frac{A_n + A_r - A_g - A_n'}{q}$$

$$\begin{aligned} A_r &= A_r' \\ A_g &= A_g' \\ A_n &= A_g' \end{aligned}$$

$$= \frac{A_r}{q} - A =$$

$$= -kQ$$

$$A_r = \int \frac{4\pi k q}{4\pi r^2} dr = -\frac{kQ}{2r}$$

$$\Rightarrow \varphi_{AO} = \frac{A_n}{q} = \frac{A_r - A_g}{q}$$

$$\Delta\varphi_{OC} = \frac{A_n'}{q} = \frac{A_r' - A_g'}{q}$$

$$= \frac{A_r'}{q} = \frac{A_r}{q}$$

$$= \frac{A_r - A_n}{q} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{AC} =$$

$$= \frac{2A_r - A_n - A_g}{q}$$



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
☐

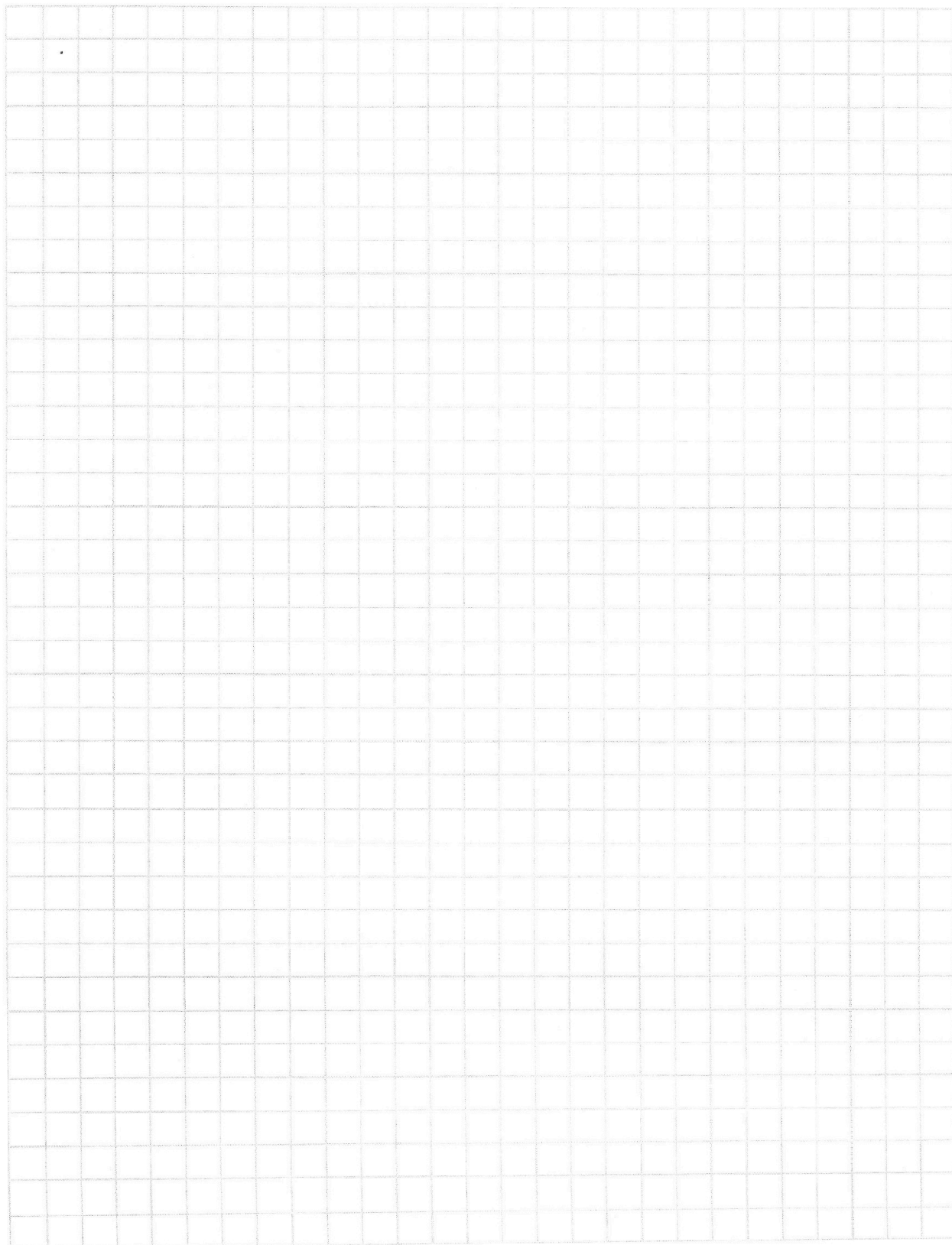
5
☐

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
☐

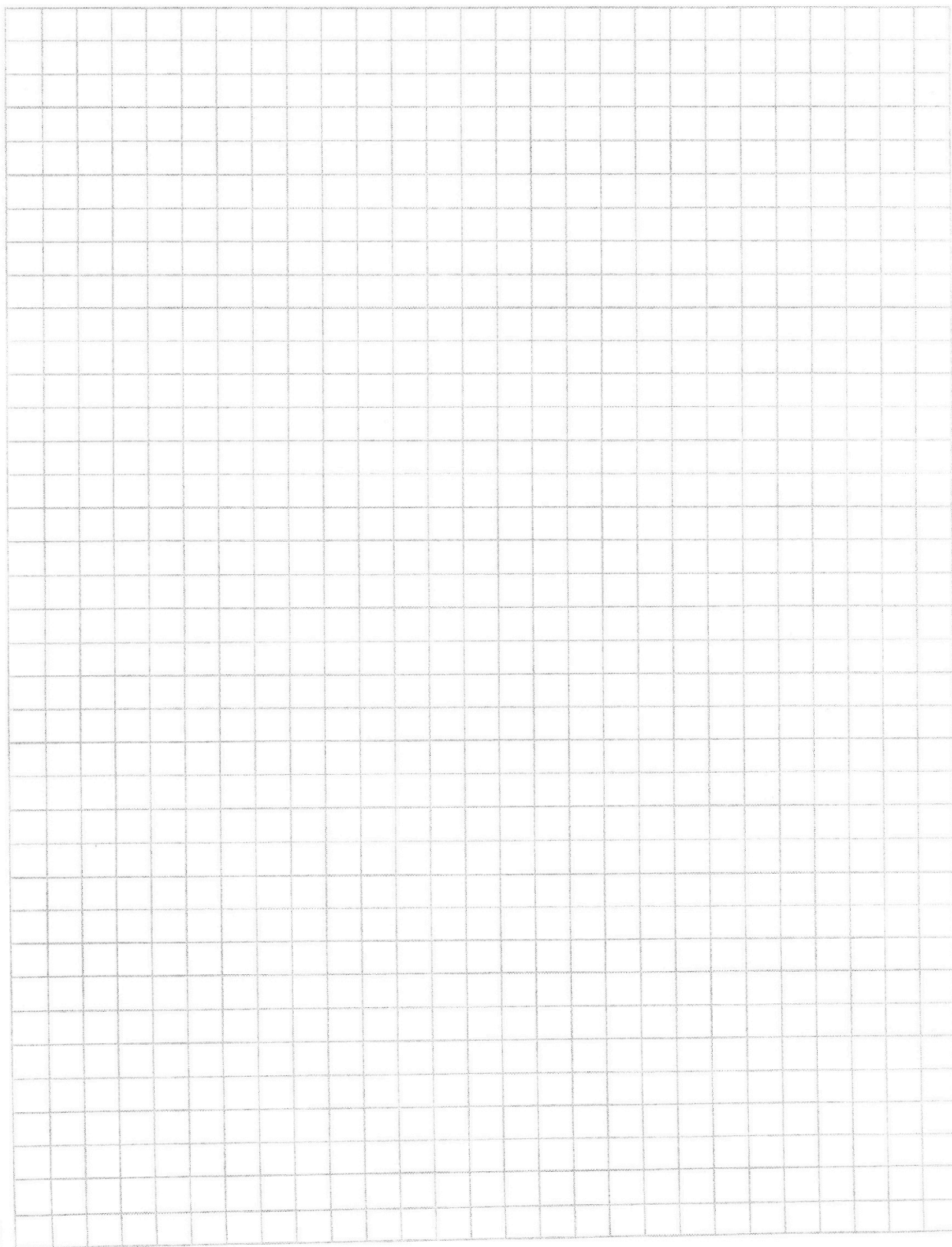
5
☐

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!



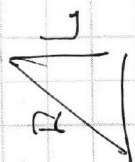


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



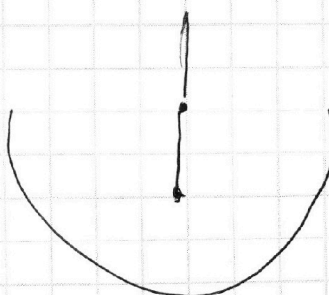
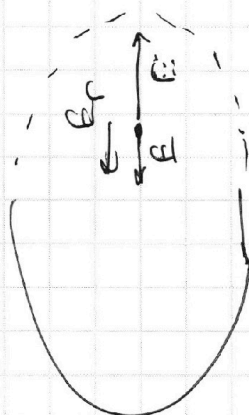
$$L = \int_0^{\pi/2} \sqrt{R^2 + L^2 - 2RL \cos \alpha} d\alpha$$

$$\text{are cos}(4)$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{L} \Rightarrow d\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{L^2}}} dL$$

$$d\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{L^2}}} dL$$

$$\int \frac{\sqrt{R^2 + L^2 - 2RL \cos \alpha}}{1 + \frac{R^2}{L^2}} dL$$



$$A_{nc} - A_{ng} = A_{nn}$$
$$A_{nc} = \frac{m \omega_0^2}{2}$$

$$A_{nr} = A_{ne} - A_{ng}$$
$$A_{nr} = \frac{m \omega_0^2}{2}$$



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!

$$A_r = -A_n$$
$$A_g = A_n$$
$$A_n = A_g$$
$$\Delta \varphi_{AO} = \frac{A_n - A_g}{q} = \frac{A_r - A_g}{q}$$
$$A_n + A_g = A_r$$
$$A_n \Delta \varphi = A_r$$
$$\Delta \varphi_{OC} = \frac{A_n}{q} = \frac{A_g}{q} = \frac{A_r - A_n}{q}$$
$$\Delta \varphi_n = \frac{2A_r - A_n}{q}$$
$$\frac{1}{u_n \epsilon_0}$$
$$\frac{Q}{\epsilon_0} \cdot \frac{u\pi}{u\pi} = k$$
$$\frac{u\pi k Q}{u\pi n^2} \cdot dn$$



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
☐

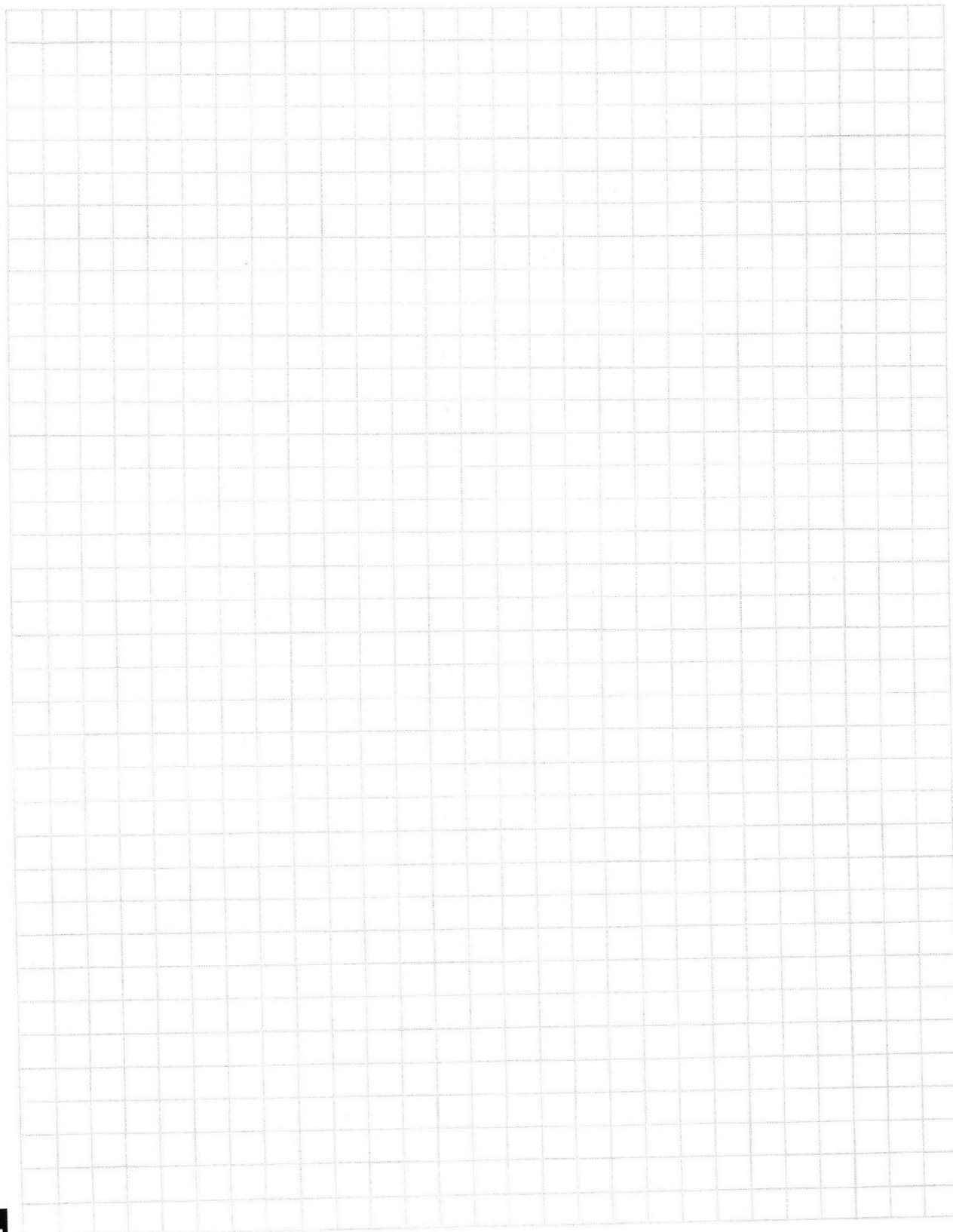
5
☐

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!

$$\gamma = \frac{1}{2}$$

$$C_V = \frac{1}{2} \nu R + p \frac{dV}{dT}$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$p \frac{dV}{dT} + V \frac{dp}{dT} = \nu R$$

$$p \frac{dV}{dT} + V \frac{dp}{dT} = \nu R$$

$$pV = \nu R T$$

$$p = \nu R \frac{T}{V}$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{T}{V} = \frac{T_0}{V_0}$$

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_0} \Rightarrow V = V_0$$

$$p \frac{dV}{dT} = \text{const}$$

$$\int p dV = T$$

$$C_V = \frac{1}{2} \nu R + p \frac{dV}{dT}$$

$$p \frac{dV}{dT} = \text{const}$$

$$C_P = \frac{1}{2} \nu R + \nu R \frac{T}{V} + \frac{dV}{dT}$$

$$C = \frac{1}{2} \nu R + \nu R$$

$$\frac{C}{R} = \frac{1}{2} + \frac{T}{V} \cdot \frac{dV}{dT}$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{1}{2} \right) V dT = T dV$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{1}{2} \right) \int \frac{dT}{T} = \int \frac{dV}{V}$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{1}{2} \right) \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) = \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{1}{2} \right) \frac{T}{T_0} = \frac{V}{V_0}$$

$$\frac{T}{V} = \text{const}$$

$$\frac{T}{V} = \frac{T_0}{V_0}$$

$$T = \frac{T_0}{V_0} V$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

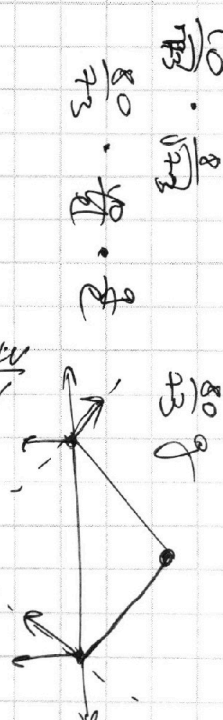
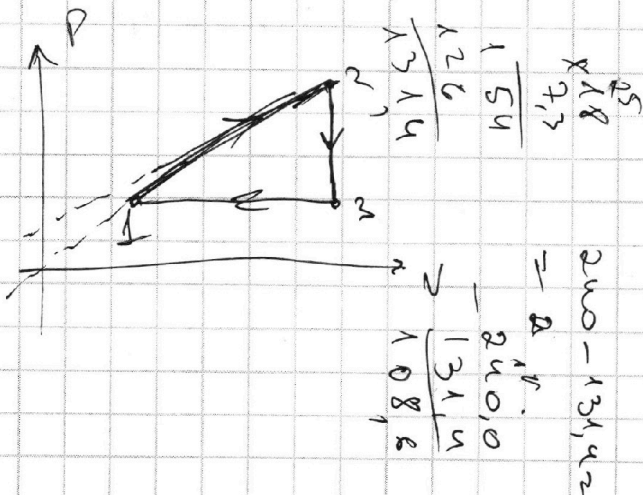
$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V}$$



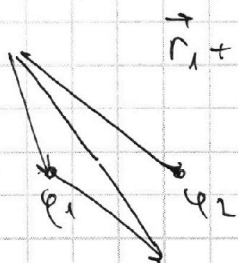


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

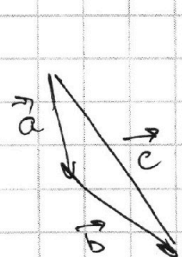
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

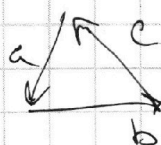
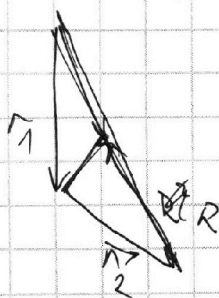
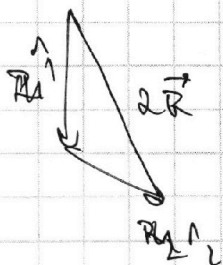


$$\vec{r}_1 + \vec{r}_2 = 2\vec{R} \Rightarrow \vec{r}_2 = 2\vec{R} - \vec{r}_1$$

$$\varphi_1 = k \frac{\cos \varphi}{|\vec{r}_1|}; \quad \varphi_2 = k \frac{\cos \varphi}{|2\vec{R} - \vec{r}_1|}$$



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{b+a}{a \cdot b} = \frac{c}{a \cdot b}?$$



$$\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = 0$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} = ?$$

$$\frac{b+a}{a \cdot b} + \frac{1}{-c} = \frac{-c^2 + a \cdot b}{a \cdot b \cdot c}$$

$$\vec{a} + \vec{b} \Rightarrow a^2 + b^2 + 2\vec{a} \cdot \vec{b}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = k \cos \varphi \frac{|2\vec{R} - \vec{r}_1| - |\vec{r}_1|}{|\vec{r}_1| \cdot |2\vec{R} - \vec{r}_1|}$$

$\vec{R}_1$



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.

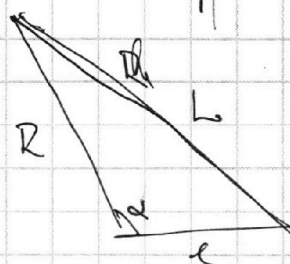
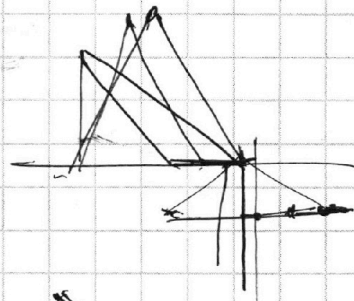
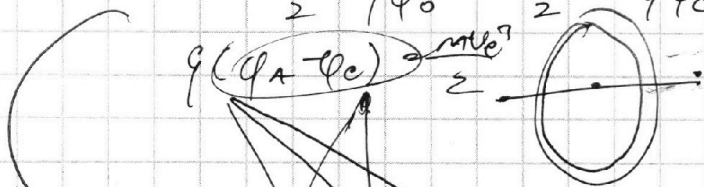
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

$$\frac{mv_1^2}{2} + q\varphi_1 = \frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_0$$
$$\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_0 = \frac{mv_2^2}{2} + q\varphi_2$$

$$q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mv_1^2}{2}$$



$$\varphi_1 \propto \frac{\partial \varphi}{\partial l}$$

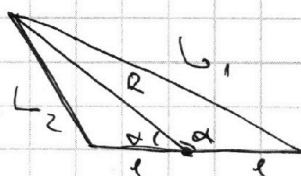
$$L^2 = R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha$$

$$L^2 = 2Rl \cos \alpha$$

$$\partial(\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) =$$

$$\frac{\partial L^2}{\partial l}$$

$$L_1^2 = R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha_1$$



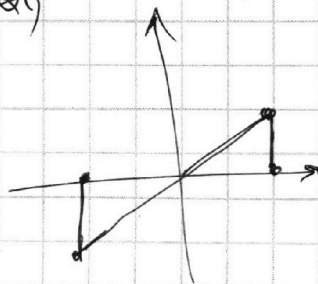
$$R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha = R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha$$

$$\partial \varphi_2 \cdot L_2^2 = R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha$$

$$L_1^2 = R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha$$

$$\partial \varphi_2 = \frac{\partial L^2}{\partial l} = \frac{\partial}{\partial l} (R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha)$$

$$\partial \varphi_1 =$$





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.

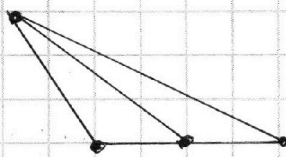


СТРАНИЦА
__ ИЗ __

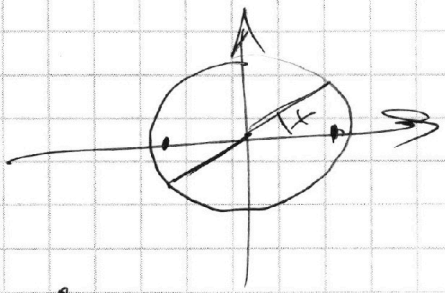
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2}$$
$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2}$$

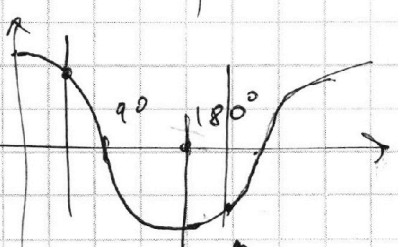
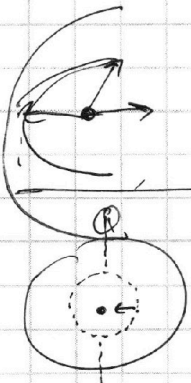
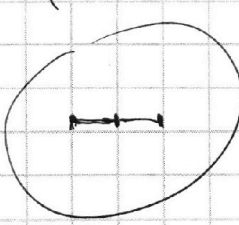
$$\frac{L_1 - L_2}{L_1 L_2}$$



$$\cos(180^\circ + \alpha) = -\cos(\alpha)$$



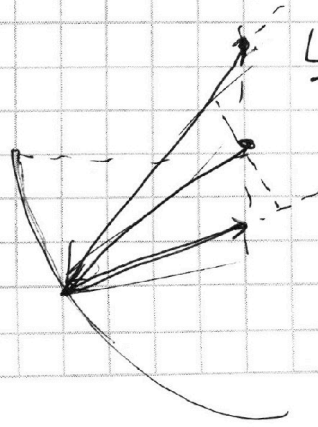
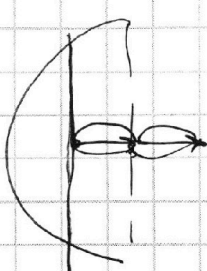
$$\frac{kq}{L_1} = \frac{kq}{L_2}$$



$$90^\circ + 90^\circ + \alpha$$

$$\frac{L_2 - L_1}{L_2 L_1} = \frac{\sqrt{R^2 + L_1^2} - \sqrt{R^2 + L_2^2}}{L_1 L_2} = \frac{Q \cdot 1}{\epsilon_0 \pi R^2} = \frac{kQ}{R^2}$$

$$\frac{kq}{R} - \frac{kq}{L_1} = \frac{L_1 - R}{L_1 R} \cdot kq$$
$$\frac{kq}{R} - \frac{kq}{L_2} = \frac{L_2 - R}{L_2 R} \cdot kq$$



$$\frac{L_1 - R}{L_1} = \frac{R - L_2}{L_2}$$
$$1 - \frac{R}{L_1} = \frac{R - L_2}{L_2}$$
$$2 = R \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right)$$



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!

$$\begin{array}{r} 20221 \\ \times 992 \\ \hline 248 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 991 \overline{) 991} \\ - 8 \\ \hline 19 \\ - 18 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$2 \cdot 1224 =$$

$$= 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 31$$

$$992 = 2 \cdot 491$$

$$31 \cdot 491$$

$$\begin{array}{r} 9 \cdot 25 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 9 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\frac{120}{256} + \frac{188}{256}$$

$$248$$

$$\frac{u^2}{g^2} + \frac{2u}{g} + \frac{2u^2}{g^2} \cdot \frac{g}{u} + \frac{4u}{g} \cdot \frac{g}{u^2}$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ = 12 \cdot 12 = 16 \cdot 9 \\ - 256 \overline{) 144} \\ \hline 29 \overline{) 164} \\ \hline 26 \end{array}$$

$$\frac{u^2}{g^2} + \frac{2u}{g} + \frac{2u}{g} + \frac{4u^2}{u^2} = \frac{256}{100} + \frac{24}{10} + \frac{24}{10} + \frac{4 \cdot 144}{256 \cdot 89 \cdot 164}$$

$$\frac{256}{100} + \frac{480}{100} + \frac{225}{100} = \frac{961}{100}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 256 \\ \hline 225 \\ + 225 \\ \hline 481 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 481 \\ \hline 480 \\ + 480 \\ \hline 961 \end{array}$$

$$\sqrt{0961} = 31$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ \times 31 \\ \hline 93 \end{array}$$

$$u_1 = 1,44 + 1 - 2 \cdot 2,4 \cdot \cos \alpha (90^\circ - \alpha)$$

$$\frac{1,44}{2,4} = \cos \alpha (90^\circ - \alpha) = \frac{1,2 \cdot 1,7}{1,2 \cdot 2} = \frac{3}{5} = \sin \alpha$$

