



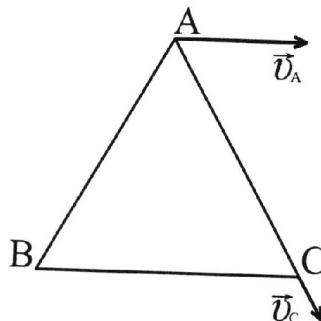
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

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 $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

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

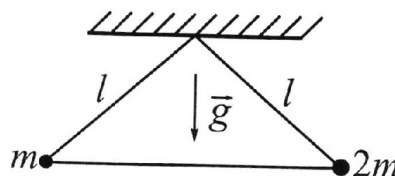
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 30$ 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 $m = 200$ г и $2m$ 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 $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m 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.



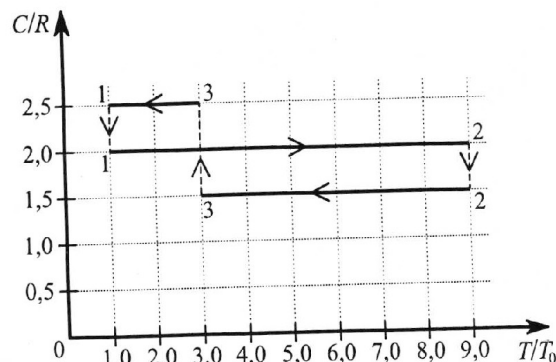
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200 \text{ K}$.

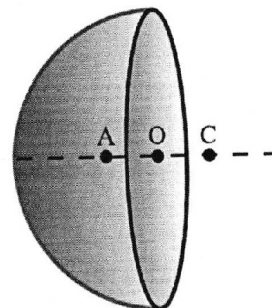


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 415 \text{ кг}$ за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закрепленной 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 . В точке О кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется 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.

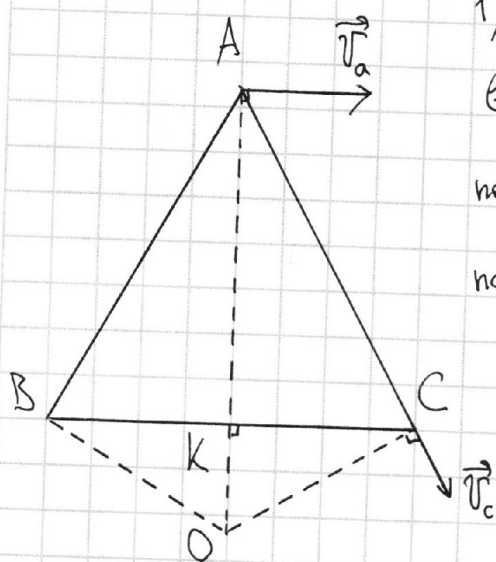


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) На рисунке проведем перпендикуляры к векторам скоростей точек A и C, они пересекаются в точке O. Вектор $\vec{v}_A \parallel BC$, поэтому $OA \perp BC$, $OA \cap BC = K$

$$\triangle ABC - \text{равносторонний} \Rightarrow \cancel{AO} = \frac{2a}{\sqrt{3}} \\ CO = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Фигура ABC ~~не~~ вращается вокруг точки O. Пусть угловая ~~угловая~~ ~~скорость~~ вращение ABC равна ω . Тогда модули скоростей точек A и C равны:

$$\begin{cases} v_A = \omega \cdot \frac{2a}{\sqrt{3}} \\ v_C = \omega \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} \end{cases} \quad \text{Из этого:} \quad \begin{cases} \frac{v_A}{v_C} = 2 \\ \omega = \frac{v_A \sqrt{3}}{2a} \end{cases} \quad \underline{v_C = \frac{v_A}{2} = 0,3 \text{ м/с}}$$

2) Время совершения одного оборота: $t_1 = \frac{2\pi}{\omega}$

Тогда время совершения восьми оборотов:

$$\underline{t = \frac{16\pi}{\omega} = \frac{32 \cdot a \cdot \pi}{v_A \cdot \sqrt{3}} = \frac{32 \cdot 0,3 \cdot \pi}{0,6 \text{ м/с} \cdot \sqrt{3}} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}}$$

3) Равнодействующая сил мухи R равна: $R = ma$,

где a - центростремительное ускорение: $R = m\omega^2 r$

$$r = BO = CO = \frac{a}{\sqrt{3}}$$



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
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!

$$R = m\omega^2 r = m \cdot \frac{v_a^2 \cdot 3}{4a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{m \cdot v_a^2 \cdot \sqrt{3}}{4a} = 60 \text{ мкг} \cdot \frac{0,36 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,3 \text{ м}} =$$
$$= 600 \text{ мкг} \cdot 0,3 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \sqrt{3} = \underline{18\sqrt{3} \text{ мкг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}$$

Ответ: 1) $v_c = 0,3 \text{ м}/\text{с}$; 2) $t = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$; 3) $R = 18\sqrt{3} \text{ мкг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$

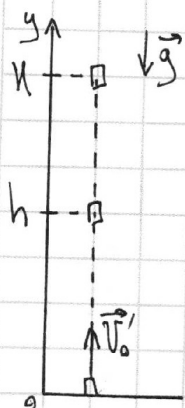


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



1) Пусть в начале полёта скорость v_0' , тогда:

$$h = v_0' t - \frac{gt^2}{2}$$

Найдём отсюда скорость v_0 :

$$v_0' = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} \quad (1)$$

На максимальной высоте скорость снаряда равна нулю:

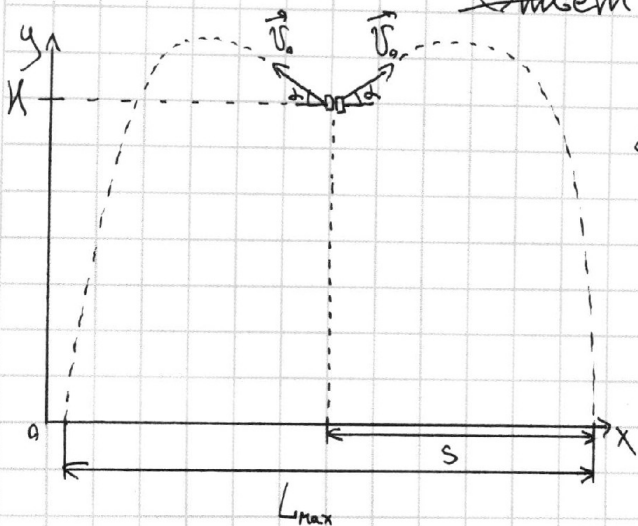
~~$$0 = v_0 - K = \frac{0 - v_0'^2}{-2g} \quad (2)$$~~

Подставим в выражение (2) выражение (1)

$$\begin{cases} K = \frac{v_0'^2}{2g} \\ v_0' = \frac{2h + gt}{2} \end{cases}$$

$$K = \frac{(2h + gt)^2}{8gt} = \frac{(30\text{ м} + 10\text{ м})^2}{8 \cdot 10\text{ м}} = \frac{1600\text{ м}^2}{80\text{ м}} = 20\text{ м}$$

~~Ответ: $K = 20\text{ м}$~~



2) Поскольку разлетелись со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Поскольку снаряды одинаковые, значит их скорости и дальности полётов равны.

Пусть каждый из них пролетит расстояние S по оси Ox , тогда:



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!

$$\begin{cases} 0 = h + v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (*) \\ S = v_0 \cos \alpha t_1 \\ L_{\max} = 2 \cdot S \end{cases}$$

$$(*) \quad gt_1^2 - 2v_0 \sin \alpha t_1 - h = 0$$

$$D = 4v_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh$$

$$t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha + \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{2g}$$

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha + \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{2g}$$

$$L_{\max} = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha + \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{g}$$

Так как расстояние $L_{\max}$ — максимальное возможное, то

угл $\alpha = 45^\circ$:

$$L_{\max} = 30 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2 \cdot 30 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \sqrt{4 \cdot 900 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \frac{1}{2} + 4 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ м}}}{10 \text{ м/с}^2} =$$

$$= 30 \text{ м/с} \cdot \frac{30 \text{ м/с} + \sqrt{2600 \text{ м}^2/\text{с}^2}}{10 \text{ м/с}^2} = 30 \text{ м/с} \cdot (3 + \sqrt{26}) = 90 + 30\sqrt{26} \text{ м}$$

Ответ: 1) $h = 20 \text{ м}$; 2) $L_{\max} = 90 + 30\sqrt{26} \text{ м}$

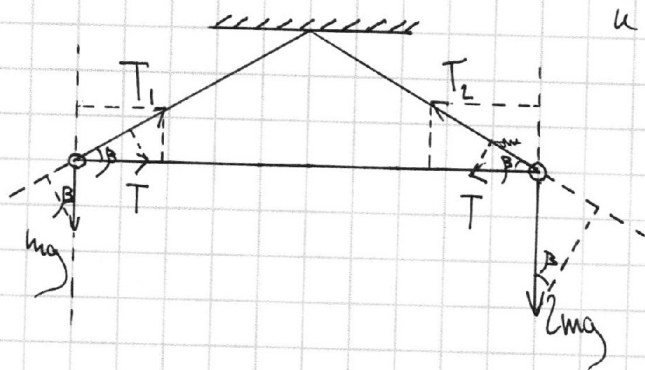


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



1) Пусть угол между нитью и стержнем равен β ,

$$\cos \beta = \frac{L}{2L} = 0,6$$

$$\sin \beta = 0,8$$

Нити ~~не~~ нерастяжимы и равны, следовательно центростремительные ускорения шариков равны. Строим ~~силы~~ все силы на оси нитей:

$$\begin{cases} ma_1 = T_1 + T \cos \beta - mg \sin \beta \\ 2ma_2 = T_2 + T \cos \beta - 2mg \sin \beta \end{cases}$$

$$2ma_2 = T_2 + T \cos \beta - 2mg \sin \beta$$

$$2 \cdot T_1 + 2 \cdot T \cos \beta - 2mg \sin \beta = T_2 + T \cos \beta - 2mg \sin \beta$$

$$T \cos \beta = T_2 - 2T_1$$

~~Строим~~ Строим все силы на вертикальную и горизонтальную оси и ~~записываем~~ выразим тангенсы углов α_1 и α_2 для ускорений грузов:

$$\begin{cases} \tan \alpha_1 = \frac{mg - T_1 \sin \beta}{T + T_1 \cos \beta} \\ \tan \alpha_2 = \frac{2mg - T_2 \sin \beta}{T + T_2 \cos \beta} \end{cases}$$

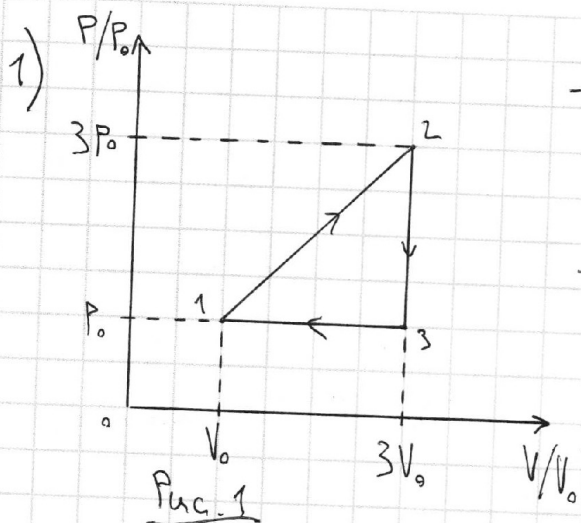


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



- В процессе 3-1 $C=2,5R$,
следовательно процесс 3-1 изобарный

- В процессе 2-3 $C=1,5R$,
следовательно процесс 2-3 изохорный

- В процессе 1-2 $C=2R$,
следовательно в процессе 1-2 $\frac{P}{V} = \text{const.}$

По графику видно: $T_2 = 9 \cdot T_0$; $T_3 = 3 \cdot T_0$

Запишем уравнения для каждой точки:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0 \\ p_2 V_2 = \nu R \cdot 9T_0 \Leftrightarrow \frac{p_0}{p_2} = \frac{V_0}{V_2} = \frac{1}{3} \\ p_0 V_2 = \nu R \cdot 3T_0 \end{cases}$$

2) Процесс 1-2 - процесс расширения: $Q_1 = A'_2 + \Delta U_{12} = \frac{p_0 + 3p_0}{2} \cdot 2V_0 + \frac{3}{2} \nu R \cdot 8T_0 = 16 \nu R T_0 = 16 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 200 \text{ К} \cdot 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} =$
 $= \underline{26592 \text{ Дж}}$

3) За один цикл: $A = 4 p_0 V_0 = 4 \nu R T_0 = 1662 \text{ Дж}$
 $\frac{A}{2} \cdot N = M g h \Leftrightarrow h = \frac{A \cdot N}{2 M g} = \frac{1662 \text{ Дж} \cdot 25}{2 \cdot 415 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \underline{\underline{\frac{831}{166} \text{ м}}}$

Ответ: 1) см. Рис 1; 2) $Q_1 = 26592 \text{ Дж}$; 3) $h = \frac{831}{166} \text{ м}$



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.

☐☐☐☐☒☐☐

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!

1) Напишем закон сохранения энергии для заряженной частицы в точке O и на большом расстоянии:

$$q \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + K = \frac{mv^2}{2}$$

$$mv^2 = \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} + 2 \cdot K$$

$$V = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \left(\frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} + 2 \cdot K \right)}$$

Ответ: 1) $V = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \left(\frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} + 2 \cdot K \right)}$

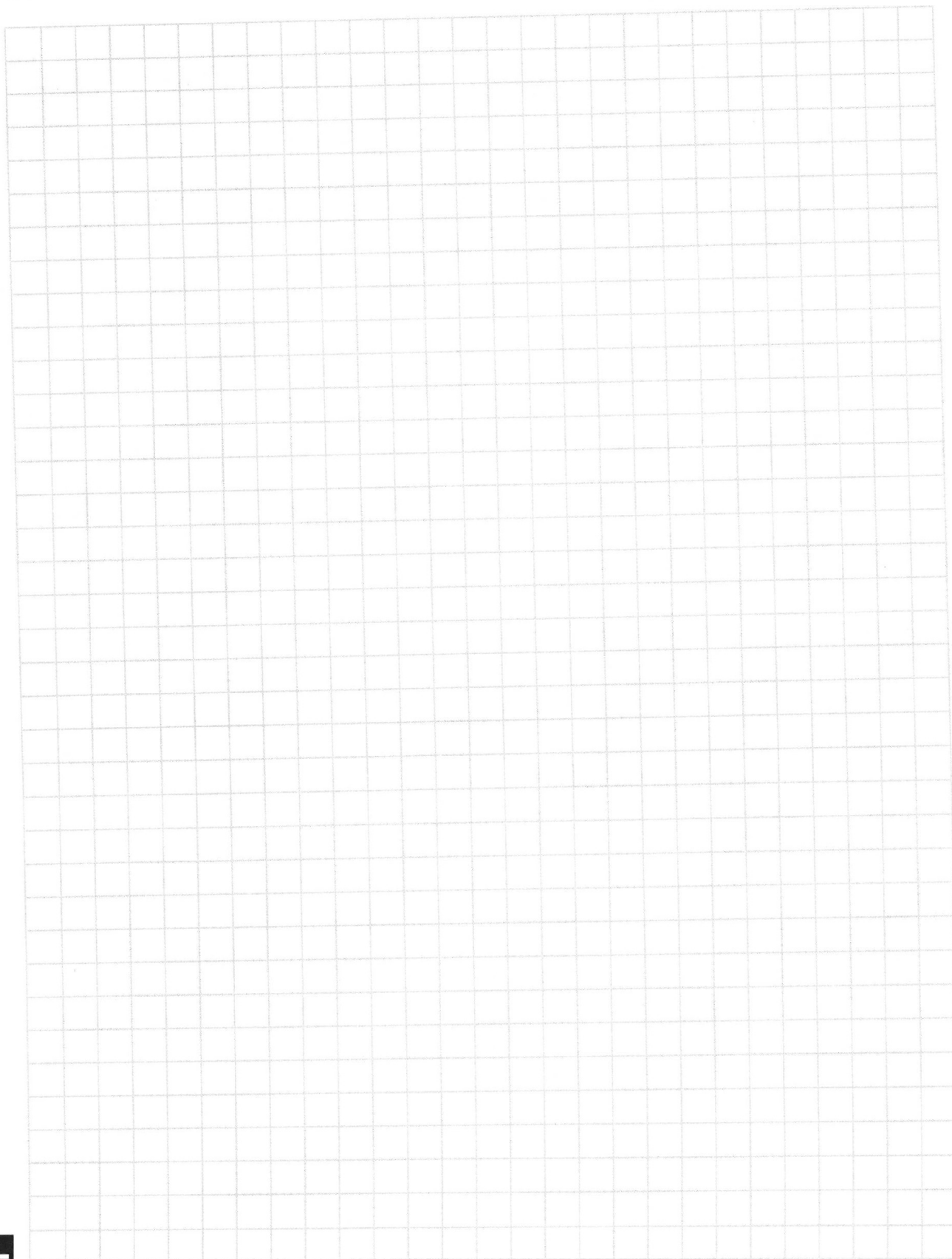


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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**.

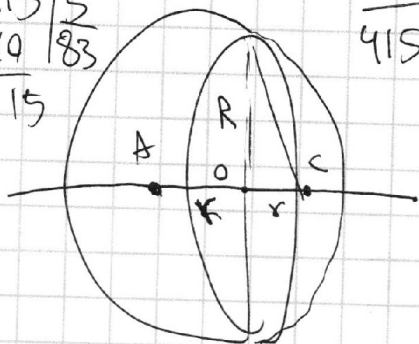
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Черновик:

$$\begin{array}{r} 415 \overline{) 5} \\ 40 \overline{) 83} \\ \underline{15} \end{array}$$



$$\frac{831 \cdot 5}{415 \cdot 2} = \frac{831}{83 \cdot 2}$$

$$q = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 32 \\ \hline 1662 \\ 2493 \\ \hline 26592 \end{array}$$

$$\frac{831}{166}$$

$$\frac{C}{R}$$

$$\frac{Q}{m} = C$$

$$C = \frac{Q}{m} = \frac{5}{2} R$$

3-1 - изобразя

$$2 \cdot 16 \cdot 831 \quad q \cdot \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R} + k = \frac{m v_c^2}{2} +$$

$$C = 2R =$$

$$Q = 2 \cdot 9R$$

$$W_{PA} = q \cdot \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R} + k = W_{PC} + \frac{m v_c^2}{2}$$

2-3 - изобразя.

$$16 \cdot 1.$$

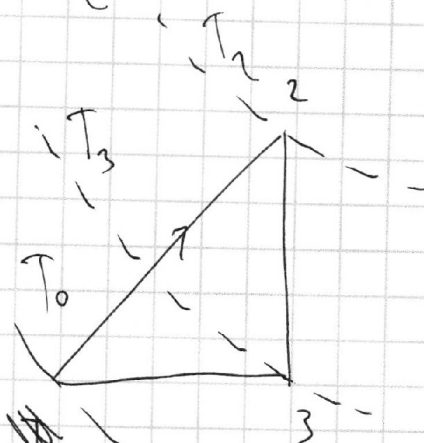
$$p_0 V_0 = 40 R T_0$$

$$120 R T_0$$

$$T_2 = 9 \cdot T_0$$

$$T_3 = 3 \cdot T_0$$

$$\frac{q}{\epsilon_0} = E \cdot \beta$$



$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 2 \\ \hline 1662 \end{array}$$

$$q \cdot \varphi_A = q \cdot \varphi_0 + k = q \cdot \varphi_c + \frac{m v_c^2}{2}$$

$$\frac{p_0}{p_2} = \frac{V_0}{V_2} = 3$$

$$p_0 V_2 = 2R \cdot 3 \cdot T_0$$

$$Q = \frac{p_0 + p_2}{2} \cdot 2V_0 + \frac{3}{2} 2R \cdot 8T_0$$

$$\frac{p_0}{p_2} = 3$$

$$p_0 V_0 = 2R T_0$$

$$p_2 V_2 = 2R \cdot 9 \cdot T_0$$

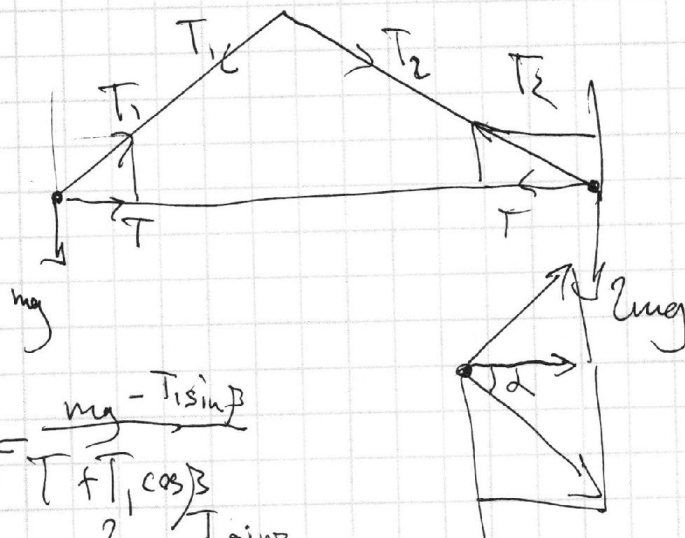


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\left\{ \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{mg - T_1 \sin \beta}{T + T_1 \cos \beta} \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{2mg - T_2 \sin \beta}{T + T_2 \cos \beta} \\ T \cos \beta &= T_2 - 2T_1 \end{aligned} \right.$$

~~Ах~~ ~~ах~~