



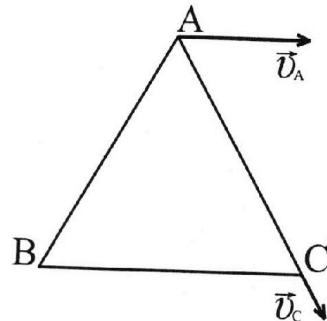
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**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  $\tau$  пластина в системе центра масс совершил 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.

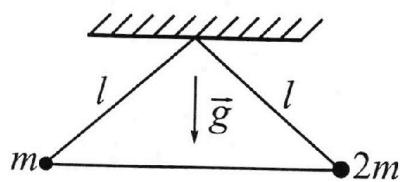
- 2.** Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте  $h = 15$  м фейерверк находился через  $\tau = 1$  с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту  $H$  поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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 максимально.

2. Найдите максимальное расстояние  $L_{\text{MAX}}$  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. Шарики скреплены с легким стержнем длины  $L = 1,2l$ . Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

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



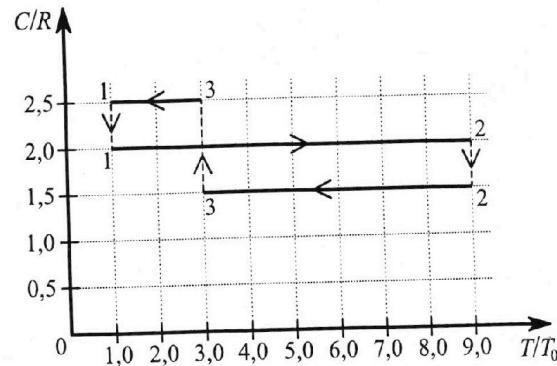
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**Вариант 10-03**



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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

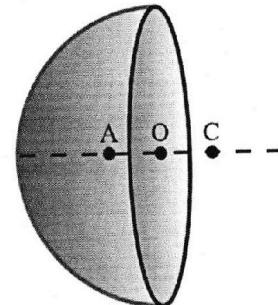


1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , где  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какое количество  $Q_1$  теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?
3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 415 \text{ кг}$  за  $N = 25$  циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)}$ . 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  $q$ . В точке О кинетическая энергия частицы равна К.

1. С какой скоростью  $V$  частица движется на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О? Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . 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.



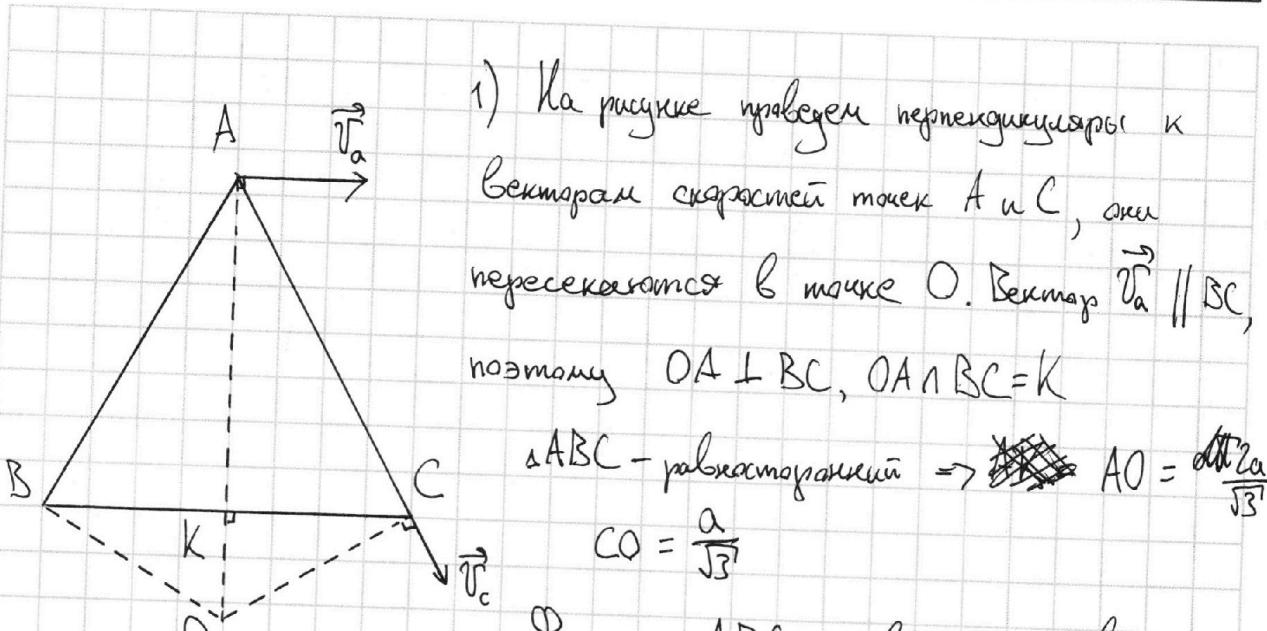


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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 расстояние  $r_a$  проведем перпендикуляры к векторам скоростей точек  $A$  и  $C$ , они пересекаются в точке  $O$ . Вектор  $\vec{v}_a \parallel BC$ , поэтому  $OA \perp BC, OA \cap BC = K$

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

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

Фигура  $ABC$  вращается вокруг точки  $O$ . Пусть угловая скорость вращения  $\omega$ . Тогда модули скоростей точек  $A$  и  $C$  равны:

$$\begin{cases} V_a = \omega \cdot \frac{2a}{\sqrt{3}} \\ V_c = \omega \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} \end{cases}$$

из этого:  $\begin{cases} \frac{V_a}{V_c} = 2 \\ \omega = \frac{V_a \sqrt{3}}{2a} \end{cases}$

$$V_c = \frac{V_a}{2} = 0,3 \text{ м/с}$$

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

Тогда время совершения восьми оборотов:

$$t = \frac{16\pi}{\omega} = \frac{32 \cdot a \cdot \pi}{V_a \cdot \sqrt{3}} = \frac{32 \cdot 0,3 \cdot \cancel{\pi}}{0,6 \cdot \sqrt{3}} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$$

3) Равнодействующая силы тяжести  $R$  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.

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!

$$R = m\omega^2 r = m \cdot \frac{\omega^2 \cdot 3}{4a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot \sqrt{3}}{4a} = 60 \text{ мг} \cdot \frac{0,36 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,3 \text{ м}} = \\ = 600 \text{ мг} \cdot 0,03 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \sqrt{3} = \underline{18\sqrt{3} \text{ мг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}$$

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

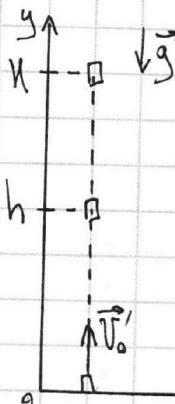


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 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 грейферверка его скорость  $V_0'$ , м/с:  $h = V_0' t - \frac{gt^2}{2}$

Найдем остаточную скорость  $V_0$ :

$$V_0' = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} \quad (1)$$

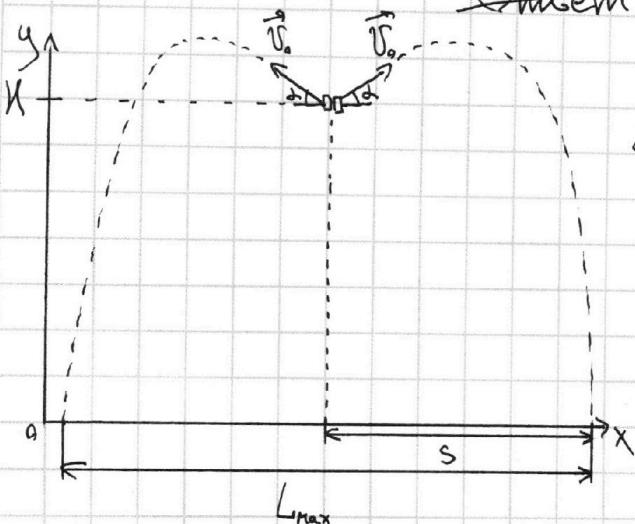
На максимальной высоте скорость грейферверка равна нулю:

$$\cancel{0 = V_0} - K = \frac{0 - V_0'^2}{-2g} \quad (2)$$

Подставим в выражение (2) выражение (1)

$$\begin{cases} K = \frac{V_0'^2}{2g} \\ V_0' = \frac{2h + gt^2}{2t} \end{cases} \quad K = \frac{(2h + gt^2)^2}{8gt^2} = \frac{(30\text{м} + 10\text{м})^2}{8 \cdot 10\text{м}} = \frac{1600\text{м}^2}{80\text{м}} = 20\text{м}$$

~~Ответ:  $K = 20\text{м}$~~



2) Осколки разлетелись со скоростью  $V_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Осколки одинаковые, значит их скорости и дальности полетов равны.

Пусть каждою из них проходит расстояние  $S$  по оси  $ox$ , м/с:



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!

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = h + V_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (1) \\ S = V_0 \cos \alpha t_1 \end{array} \right.$$

$$gt_1^2 - 2V_0 \sin \alpha t_1 - h = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S = V_0 \cos \alpha t_1 \\ L_{\max} = 2 \cdot S \end{array} \right.$$

$$D = 4V_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh$$

$$t_1 = \frac{2V_0 \sin \alpha + \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{2g}$$

$$S = V_0 \cos \alpha t_1 \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha + \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{2g}$$

$$L_{\max} = V_0 \cos \alpha t_1 \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha + \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{g}$$

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

знач  $\alpha = 45^\circ$ :

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

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

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

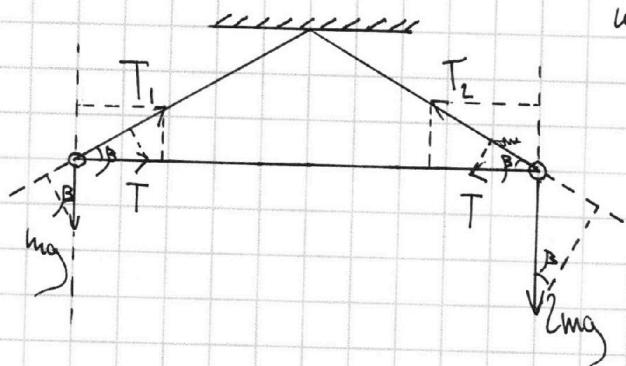


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 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 кинето и стержнем равен  $\beta$ ,

$$\cos \beta = \frac{L}{2\ell} = 0,8$$

$$\sin \beta = 0,6$$

Кинематически нерастяжимы и равны, следовательно центростремительные ускорения тел одинаковы. Спроектируем все силы на оси кинет:

$$\begin{cases} m a_x = T_1 + T \cos \beta - m g \sin \beta \\ 2 m a_x = T_2 + T \cos \beta - 2 m g \sin \beta \end{cases}$$

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

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

~~Доказательство~~ Строим все силы на вертикальную и горизонтальную оси и ~~затем~~ будем выражать тангенсами углов для грузов:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{m g - T_1 \sin \beta}{T_1 + T \cos \beta} \\ \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{2 m g - T_2 \sin \beta}{T_2 + T \cos \beta} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{m g - T_1 \sin \beta}{T_1 + T \cos \beta} \\ \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{2 m g - T_2 \sin \beta}{T_2 + T \cos \beta} \end{cases}$$

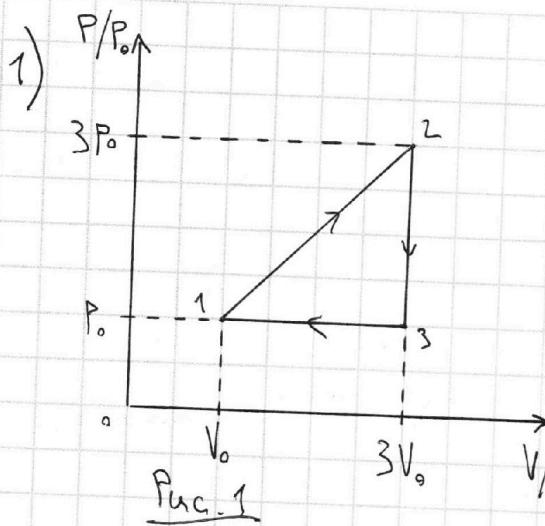


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 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 изобарический

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

- 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 константной точки:

$$\begin{cases} P_0 V_0 = 9RT_0 \\ P_2 V_2 = 9R \cdot 9T_0 \Leftrightarrow \frac{P_0}{P_2} = \frac{V_0}{V_2} = \frac{1}{3} \\ P_0 V_2 = 9R \cdot 3T_0 \end{cases}$$

2) Процесс 1-2 - процесс расширения:  $Q_1 = A'_n + \Delta U_{12} = \frac{P_0 + 3P_0}{2} \cdot 2V_0 + \frac{3}{2} 9R \cdot 8T_0 = 16 \cdot 9RT_0 = 16 \cdot 1 \text{ мол.} \cdot 200 \text{ K} \cdot 8,31 \text{ Дж/(мол. K)} = 26592 \text{ Дж}$

3) За один цикл:  $A = 4P_0 V_0 = 4 \cdot 9RT_0 = 1662 \text{ Дж}$

$$\frac{A}{2} \cdot N = MgH \Leftrightarrow H = \frac{A \cdot N}{2Mg} = \frac{1662 \text{ Дж} \cdot 25}{2 \cdot 415 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{831}{166} \text{ м}$$

Объем: 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.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 форме О 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!



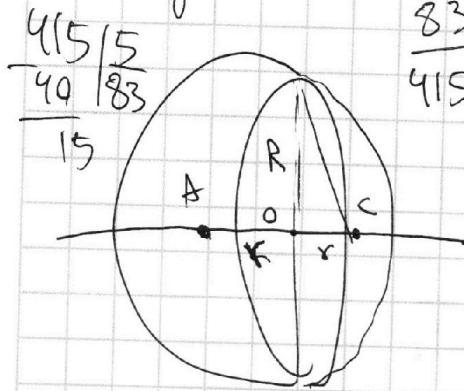
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- 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:



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

$$Q = \frac{831}{415 \cdot R}$$

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

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

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

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

№ 3-1 - изображ.

$$2 \cdot 16 \cdot 831 \quad q \cdot \frac{Q}{415 \cdot R} + K = \frac{m V_c^2}{2} +$$

$$C = 2R =$$

$$Q = 2 \cdot 9R$$

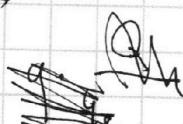
$$W_{PA} = q \cdot \frac{Q}{415 \cdot R} + K = W_{PC} + \frac{m V_c^2}{2} \quad 2-3 - \text{изображ.}$$

$$1G \cdot 1.$$

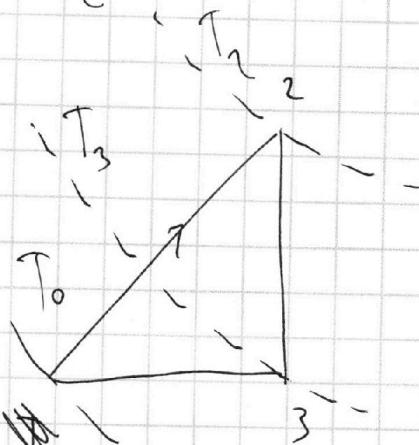
~~$$P_p \quad U_p V_o = 90RT_o$$~~

~~$$120RT_o$$~~

~~$$T_2 = 9 \cdot T_o$$~~



~~$$\frac{q}{\varepsilon} = E.S$$~~



~~$$q \cdot U_A = q \cdot U_o + K = q \cdot U_c + \frac{m V_c^2}{2}$$~~

~~$$\frac{831}{1662}$$~~

$$\frac{P_o}{P_2} = \frac{V_o}{V_2} = 3 \quad H_o = 3H_2$$

$$Q = \frac{P_o + P_2}{2} \cdot 2V_o + \frac{3}{2} \cdot 9 \cdot 8T_o$$

$$\frac{P_o}{P_2} = 3$$

$$P_o V_o = 9RT_o$$

$$P_2 V_2 = 9RT_2$$



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

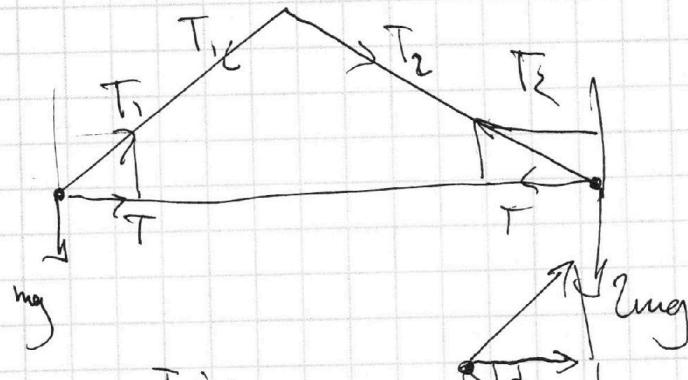
5

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!



$$\begin{cases} \tan \alpha = \frac{m_2 g - T_2 \sin \beta}{T + T_2 \cos \beta} \\ \tan \beta = \frac{m_1 g - T_1 \sin \alpha}{T + T_1 \cos \alpha} \end{cases}$$
$$T \cos \beta = T_2 - 2T_1$$

✓  
✓

✓  
✓