



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Дылько Арсений Константинович**

Класс: 11

Технический балл: **87**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9727842

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	15	15	15	15	<b>87</b>
Вопрос	8	8	5	6	

1.2.1. Задача

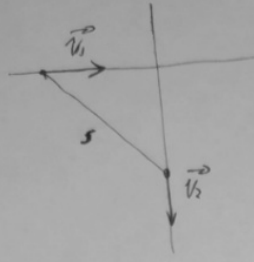
Дано:

$S = 100 \text{ м}$

$\gamma = 100$

$V_2 = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

$V_1 = ?$



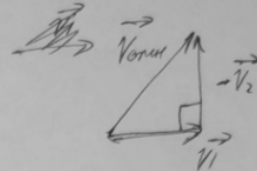
Решение:

1) Применяем в системе отсчета автомобиля 2 и закон сложения скоростей:

$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{отр}$  где  $\vec{V}_{абс}$  — скорость в нашей системе

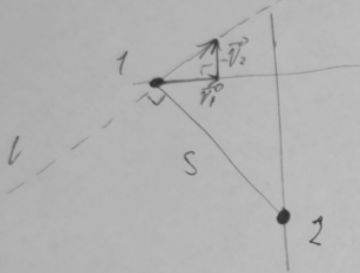
$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_1, \vec{V}_{отр} = \vec{V}_2$

$\vec{V}_{отн} = \vec{V}_{абс} - \vec{V}_{отр} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$



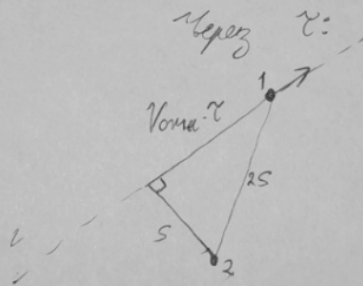
П.к.  $\vec{V}_1 \perp \vec{V}_2, V_{отн} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ .

2) Тогда прямоугольный треугольник будет выглядеть следующим образом:



В этой  $\triangle$ , сторонами 2 являются.

минимальное расстояние — перпендикуляр к гипотенузе, т.е.  $S \perp l$



П.к.  $S \perp l$ :

$(2S)^2 = S^2 + V_{отн}^2 \cdot \gamma^2$

$4S^2 = S^2 + \gamma^2(V_1^2 + V_2^2)$

$V_1^2 + V_2^2 = 3\left(\frac{S}{\gamma}\right)^2$

$V_1 = \sqrt{3\left(\frac{S}{\gamma}\right)^2 - V_2^2}$

$V_1 = \sqrt{3 \cdot \left(\frac{100 \text{ м}}{100}\right)^2 - \left(36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}\right)^2} = \sqrt{300 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 - \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2} = \sqrt{300 - 100} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$V_1 = 36\sqrt{2} \frac{\text{км}}{\text{ч}} \approx 51 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Ответ:  $V_1 = 51 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ ; Скорость — изменение координаты в единицу времени

Для любой системы отсчета, движущейся относительно другой системы отсчета ~~в данный~~ верно, что:

$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{отр}$  где  $\vec{V}_{абс}$  — скорость ~~и~~ ~~первой~~ ~~от~~ ~~относительно~~ ~~первой~~ системы отсчета

$\vec{V}_{отр}$  — скорость ~~и~~ ~~первой~~ ~~от~~ ~~относительно~~ ~~первой~~ системы отсчета

$\vec{V}_{отн}$  — скорость ~~и~~ ~~первой~~ ~~от~~ ~~относительно~~ ~~первой~~ системы отсчета

## 2.8.1. Задача

численик

мет 2 из 5

Дано:

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$\nu_1 = 0,08 \text{ моль}$$

$$\nu_2 = 1 \text{ моль}$$

$$t = 20^\circ \text{C}$$

$$p_H = 2330 \text{ Па}$$

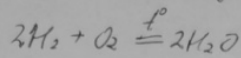
$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

$$W_0 = 0,23$$

 $f = ?$ 

Решим:

1) Три грамма водорода сжигают полностью:



где на моль водорода приходится две моль кислорода

$$\nu_{\text{O}_2} = W_0 \cdot \nu_2 = 0,23 \text{ моль}$$

2)  $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$ , что меньше  $\nu_{\text{O}_2}$ , значит сгорит весь водородПоэтому образуется  $\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \nu_{\text{H}_2} = \nu_1$  моль воды2) После сгорания  $\text{H}_2$  и кислорода моль воды

влажности будет увеличиваться и моль останется в том же количестве, моль сгорит 100% и вода пар будет конденсироваться

Если в комнате пар насыщенный, то:

$$p_H V = \nu_{\text{H}_2\text{O}} \cdot R T \quad \text{где } T = t + 273 \text{ (K)}$$

Если испарится вся вода  $\nu_{\text{H}_2\text{O max}} = \nu_{\text{H}_2\text{O}} = \nu_1$  $\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \nu_{\text{H}_2\text{O max}}$  — количество пара при данной влажности с молекулами

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_H V}{R T} = \frac{2330 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 293 \text{ К}}$$

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} \approx \frac{2330 \text{ моль}}{24319} \approx 0,1 \text{ моль} \quad \text{что на порядок больше } \nu_{\text{H}_2\text{O max}}$$

т.е. вода не будет конденсироваться и в итоге, по определению:

$$f = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{0,08 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 293 \text{ К}}{2330 \frac{\text{Па}}{\text{м}^2} \cdot 0,1 \text{ м}^3} \approx 0,52$$

Ответ:  $f = 52\%$ ; Испарение, кипение, конденсация;

Удельная теплота парообразования — количество теплоты, которое требуется сообщить единице массы вещества чтобы перевести его из жидкого в газообразное состояние (собственная парообразованная величина)

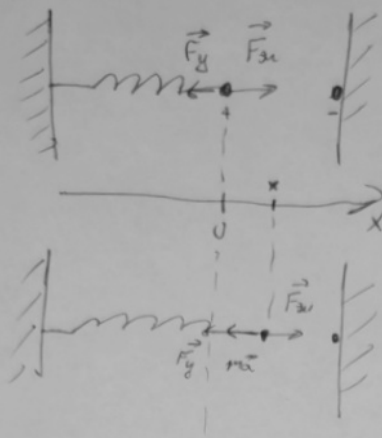
3.8.2. Задача

Дано:

- $m = 10g$
- $q = 10^{-6} \text{ Кл}$
- $L = 50 \text{ см}$
- $f = 1,47 \text{ Гц}$
- $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$k = ?$

Решение:



1) В равновесии

$$kl_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

Возьмем ось x параллельно стене с нулем в положении равновесия системы

2) Тип малых отклонений от:

(нулю  $\Delta x = x > 0$ )

$$Ma = F_y - F_{x1} \text{ и } F_y > F_{x1}$$

$$Ma = -M\ddot{x} \text{ и т.д. малые отклонения}$$

т.е. проекция a на возмущенную ось x отрицательна

$$\frac{1}{(L-x)^2} = \frac{1}{L^2} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{-2} \approx \frac{1}{L^2} \left(1 + \frac{2x}{L}\right)$$

и т.д.  $x$  - малое, т.е.  $x \ll L$

$$-m\ddot{x} = F_y - F_{x1}$$

$$m\ddot{x} + k(l_0 + x) - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(L-x)^2} = 0$$

$$m\ddot{x} + kl_0 + kx - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} \cdot 2x = 0$$

$$m\ddot{x} + kx \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}\right) = 0 \text{ и т.д. } kl_0 - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}{m} x = 0$$

т.е. гармонические колебания

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \text{ где } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

T - период

Тогда

$$\omega = \sqrt{\frac{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}{m}}$$

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}} \rightarrow \sqrt{\frac{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}{m}} = 2\pi f$$

$$k = (2\pi f)^2 m + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} \quad k = (2\pi \cdot 1,47 \text{ Гц})^2 \cdot 0,01 \text{ кг} + \frac{10^{-12} \text{ Кл}^2}{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 0,125 \text{ м}^3} \approx 340,9 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

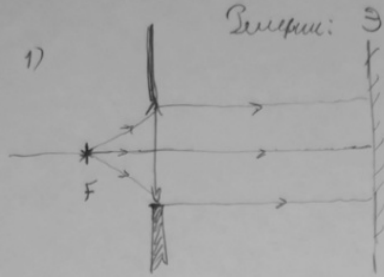
Ответ:  $\frac{340,9 \text{ Н}}{\text{м}}$ , Направленность — характеристика эластичности пружины, т.е. способность оказывать сопротивление этому смещению на тело или среду; определяющая

Если в пространстве существуют несколько эластичных пружин, они друг на друга не влияют и все в равновесии тогда это пространство равно сумме всех пружин в этой точке ( $\vec{F}_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ )

Минус Век

4.1.1. Задание

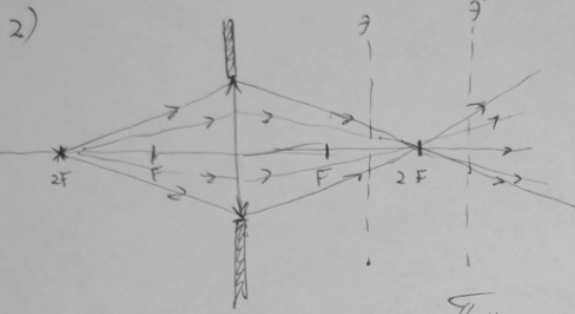
Дано:  
 $l = 8 \text{ см}$   
 $D = 5 \text{ см}$   
 $d = 3 \text{ см}$   
 $F = ?$



Пл. источник в фокусе, после преломления лучи пойдут параллельно и при этом диаметр пучка останется тем же, т.е. диаметром отверстия:

$$D_{\text{отверстия}} = D_{\text{пучка}} = D_{\text{линзы}} = D$$

т.е. экран перпендикулярен 100 микро



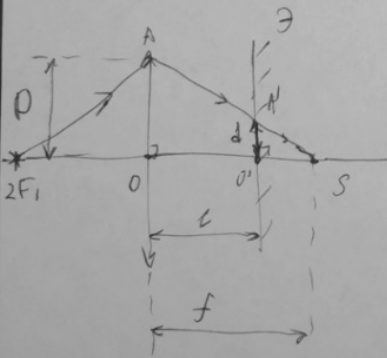
Согласно формуле тонкой линзы: если  $d \geq 2F$ , то

$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad f = 2F$$

Несколько из этого рассмотрим вог. линзы (см. рис.)

При этом видно, что, т.к.  $d < D$ , экран должен быть размещен по изобразительной ветви и после

луча Э:



$\triangle SAO \sim \triangle SA'O'$  по двум углам у вершин ( $\angle AOS = \angle A'O'S$ )  
 ( $\angle ASO = \angle A'SO'$ )

Тогда

$$\frac{f-l}{d} = \frac{OS}{OA} = \frac{O'S}{O'A}$$

$$\frac{f-l}{d} = \frac{f}{D}$$

$$\frac{f}{D} - \frac{l}{D} = \frac{l}{d}$$

$$f = 2F_1 = \frac{D}{D-d} l$$

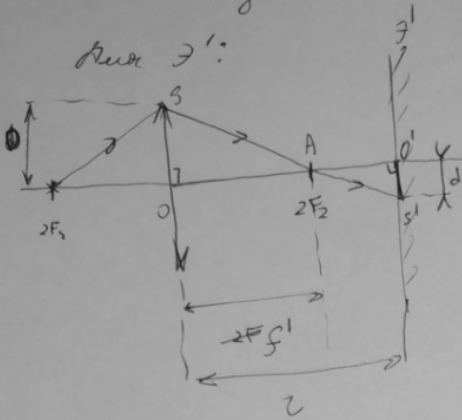
$$F_1 = l \frac{D}{2(D-d)} = 8 \text{ см} \cdot \frac{5 \text{ см}}{2(5-3) \text{ см}} = 10 \text{ см}$$

4.1.1. Золушка

Числовый

мкм 5 из 5

Рис. 3':



$\triangle SAO \sim \triangle S'AO'$  по двум углам  
 $(\angle SAO = \angle S'AO'$  и  $\angle SOA = \angle S'O'A)$   
 тогда

$$\frac{OA}{OS} = \frac{O'A}{OS'}$$

$$\frac{f'}{D} = \frac{l - f'}{d} \quad \text{г}$$

$$f' = \frac{D}{D+d} \cdot l$$

$$2F_2 = \frac{D}{D+d} l$$

$$F_2 = \frac{l}{2} \cdot \frac{D}{D+d} = \frac{8 \text{ см}}{2} \cdot \frac{5 \text{ см}}{5 \text{ см} + 3 \text{ см}} = 2,5 \text{ см}$$

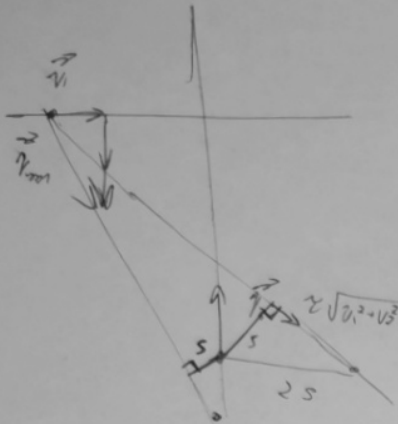
Ответ:  $F = 2,5 \text{ см}$  или  $F = 10 \text{ мм}$ ; Фокусное расстояние линзы — это расстояние от линзы до точки, в которой собираются лучи, идущие как параллельные лучи, падающие на линзу нормально; или их обратные лучи.

Вопрос Ответная сила линзы — величина обратная фокусному расстоянию и характеризующая преломляющую силу линзы (чем больше ответная сила, тем сильнее линза преломляет падающие лучи).

Умножение

номер 1 из 3

1.2.1.



$$\vec{v}_{\text{рез}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

$$\vec{v}_{\text{рез}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

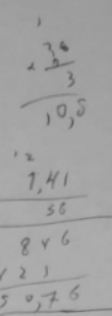
$$v_{\text{рез}} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

$$4S^2 = S^2 + 2^2(v_1^2 + v_2^2)$$

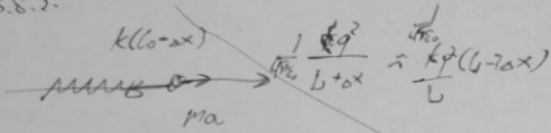
$$v_1^2 = \sqrt{\frac{36^2}{4} - 3\left(\frac{5}{2}\right)^2 - v_2^2} = \sqrt{300 - 75} = \sqrt{225} = 15$$

$$= \sqrt{300 - 900} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14.1$$

$$\sqrt{10800 - 36^2} = 36\sqrt{3} \frac{v_{\text{рез}}}{2} \approx 36 \cdot 1.41 \approx 50.76 \frac{v_{\text{рез}}}{2} \approx 25.38 \frac{v_{\text{рез}}}{2}$$



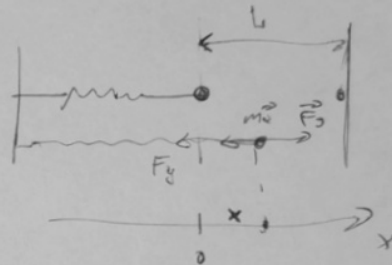
2.8 + 3.8.2.



$$ma = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} (b - ax) - k(l_0 - ax)$$

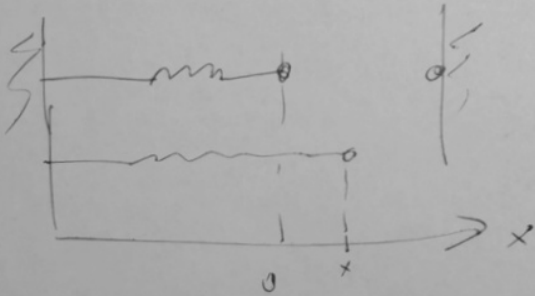
$$m\ddot{x} + \left(k + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0}\right)x = 0$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0}}}$$



$$F_y = k(l_0 + ax)$$

$$F_z = \frac{k}{b-x} \approx \frac{k}{L} (L+x)$$



$$F_y = k(l_0 + x)$$

$$F_z = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{(b-x)^2} \approx \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2} \left(1 + 2\frac{x}{b}\right)$$

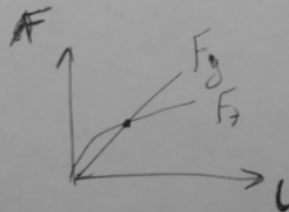
$$-m\ddot{x} = k(l_0 + x) - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2} \left(1 + 2\frac{x}{b}\right)$$

$$m\ddot{x} + \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 b^3}\right)x = 0$$

$$\frac{dF_y}{dx} = k$$

$$\frac{dF_z}{dx} = \frac{q^2}{\sqrt{\pi}\epsilon_0} \cdot -2 \cdot \frac{1}{b^3}$$

$$= -\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 b^3}$$

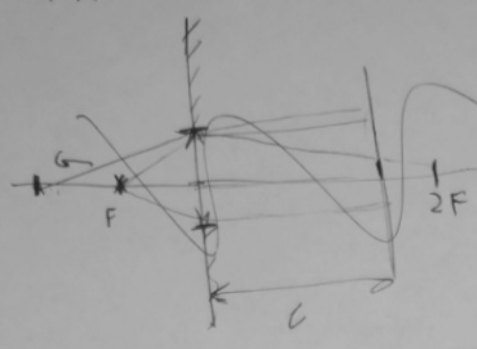




Матрица

число 2 уг 3

4.1.1.



$D=5$

$$\frac{2F}{D} = \frac{L}{d}$$

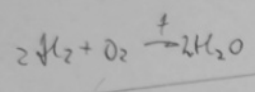
$$F = \frac{DL}{2d} = \frac{5 \cdot 8}{2 \cdot 3} = \frac{40}{6} = \frac{20}{3} \approx 6.67$$

28.1.

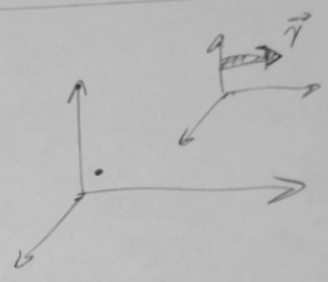
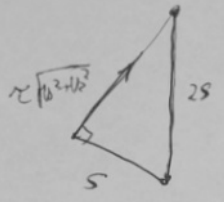
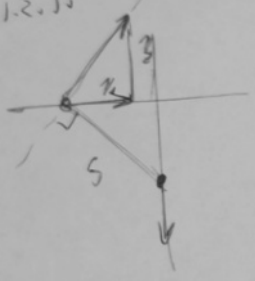
в) Концентрация (в)

$$v_{H_2} = v_{H_2O} = 0,25$$

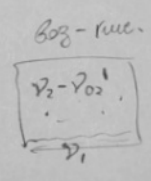
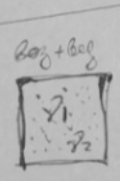
$$pV = \nu RT$$



1-2.10



$$\varphi = \frac{P_0}{P_H}$$



$$pV = \nu RT$$

$$p_H V = \nu_k RT$$

$$\nu_k = \frac{p_H V}{RT}$$

~~$$v_{max} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5}{2} + 11$$~~

~~$v_{max} = 1,25$~~

$$v_{kmax} \approx \frac{2330 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3}{8,31 \cdot 293 \text{ К}} \approx \frac{2330 \cdot 0,1}{2431,93}$$

~~$$= \frac{2+2}{2}$$~~

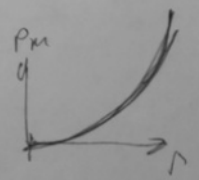
$$\frac{22}{293} = \frac{83}{83}$$

$$\varphi = \frac{P}{P_{atm}}$$

$$v_{kmin} \ll 1 \ll v_{max}$$

в)  $T \downarrow, \varphi \uparrow$

$$\frac{11849}{2344} = \frac{24319}{24319}$$



$$p_H V = \nu_{max} \cdot RT$$

$$v_{max} = 0,05 \text{ моль} \quad v_{kmin} = \frac{2330}{2431,9}$$

$$\frac{24}{240} = 0,1$$

$$\frac{23}{240} < 0,1$$

репродукция

число 3 ч 3

$$\frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{2330 \cdot 0,1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 293}{2330} = \frac{8,31 \cdot 293}{4660}$$

$$\begin{array}{r} 293 \\ \times 8,31 \\ \hline 11293 \\ 1879 \\ 2344 \\ \hline 2434,83 \end{array}$$

$$= \frac{2434,83}{4660} \approx \frac{2435}{4660} = \frac{487}{932}$$

$$\begin{array}{r} 4840 \quad 932 \\ -4660 \\ \hline 2100 \quad 0,52 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +932 \\ 0,52 \\ \hline 11864 \\ 4660 \\ \hline 46464 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 119 \\ 628 \\ 144 \\ \hline 114356 \\ 2512 \\ 628 \end{array}$$

$$\frac{k}{m} = \frac{m \cdot \frac{m}{2}}{m} = \frac{m}{2} \quad \text{ЭП} = 6,28$$

$$k \frac{2}{3} = \frac{m}{m} \quad \text{ЭП} = 2316$$

$$3,14 \cdot 4 = (12,56 \cdot 1,44)^2$$

$$\begin{array}{r} 1256 \\ \times 144 \\ \hline 5024 \\ 1256 \\ \hline 180064 \end{array}$$

$$(18,4632)^2$$

$$\approx (18,46)^2$$

$$\begin{array}{r} 1846 \\ \times 1846 \\ \hline 1846 \\ 14768 \\ 111076 \\ \hline 3407716 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184632 \\ \times 1846 \\ \hline 1256 \\ 5024 \\ \hline 180064 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +127384 \\ 14768 \\ 1846 \end{array}$$

$$k = \frac{3407716}{0,85} + 0,14 \approx 340,91$$

$$\begin{array}{r} 634 \\ -7846 \\ \hline 8 \\ 14768 \end{array}$$

$$\frac{1}{\text{ЭП} \cdot \frac{1}{8} \cdot 8,85}$$

$$= \frac{8}{6,28 \cdot 8,85} = \frac{8}{55,6}$$

$$340,7716$$

$$\begin{array}{r} 5,64 \\ 1,14 \\ 885 \\ 6,28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18,23 \\ \times 8,23 \\ \hline 146 \\ 146 \\ \hline 150739 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17080 \\ + 1770 \\ \hline 5310 \\ \hline 55,5780 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 112469 \\ 1646 \\ 6584 \\ \hline 677329 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 800 \\ -556 \\ \hline 2440 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 80 \\ -55,59 \\ \hline 24,41 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9,23 \\ \times 9,23 \\ \hline 1846 \\ 8307 \\ \hline 85,1929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1141 \\ \times 136 \\ \hline 1846 \\ 423 \\ \hline 5076 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1846 \\ 423 \\ \hline 5076 \end{array}$$