



**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	Σ
Задача	15	15	15	15	87
Вопрос	8	8	5	6	

1.2.1. Задача

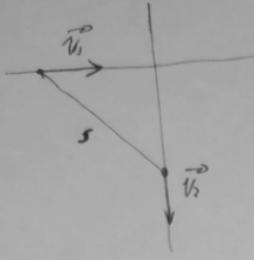
Дано:

$S = 100 \text{ м}$

$\gamma = 100$

$V_2 = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

$V_1 = ?$



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

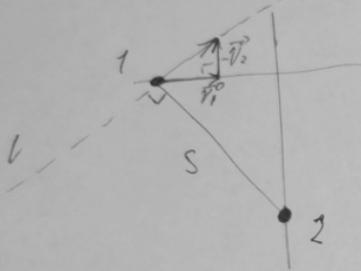
$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_1, \vec{V}_{отр} = \vec{V}_2$

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



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

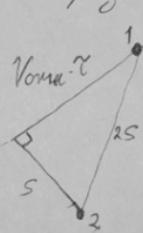
2) Тогда прямоугольный треугольник будет выглядеть следующим образом:



В этой \triangle , сторонами 2 являются.

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

через γ :



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~~ ~~данной~~ 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

числовик

лит 2 из 5

Дано:

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$\nu_1 = 0,08 \text{ моль}$$

$$\nu_2 = 1 \text{ моль}$$

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

$$p_H = 2330 \text{ Па}$$

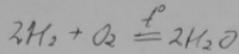
$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

$$W_0 = 0,23$$

 $f = ?$

Сделаем:

1) Три грамма водорода — это 0,1 моль.



где на 1 моль водорода приходится две моль кислорода

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

2) $\nu_1 = 0,1$ моль, что меньше ν_{O_2} , значит водород весь водородПолностью образуется $\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \nu_{\text{H}_2} = 0,1$ моль воды

2) После сгорания и при охлаждении смеси, вода

влажность воздуха увеличивается и моль становится в на каком-то значении, моль достигнет 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:

$$f = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_1} = \frac{0,08 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 293 \text{ К}}{2330 \frac{\text{Па}}{\text{м}^2} \cdot 0,1 \text{ м}^3} \approx 0,92$$

Ответ: $f = 92\%$; 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)

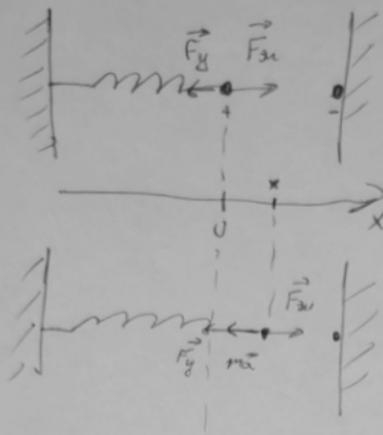
3.8.2. Задача

Дано:

- $m = 102$
- $q = 10^{-6} \text{ Кл}$
- $L = 50 \text{ см}$
- $f = 1,47 \text{ Гц}$
- $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$k = ?$

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 $\Delta x = x > 0$)

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

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

пл. проекция a на невозмущенной 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.ч. x - малое, т.е. $x \ll L$

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

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

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

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

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

\rightarrow Г-е гармонические колебания

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

T - период

Тогда

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

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

$$k = (2\pi f)^2 m + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} \quad k = (2\pi \cdot 1,47 \text{ Гц})^2 \cdot 0,102 \text{ кг} + \frac{10^{-12} \text{ Кл}^2}{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 0,125 \text{ м}^3} \approx 340,9 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

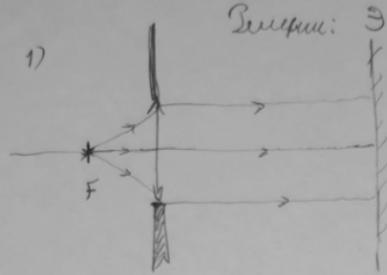
Ответ: $\frac{340,9 \text{ Н}}{\text{м}}$, Направленность — характеристика электрического поля, ~~тогда~~ ~~воздействует~~ ~~на~~ ~~малю~~ ~~или~~ ~~сразу~~ ;
определяется ~~на~~ ~~малю~~ ~~или~~ ~~сразу~~ ;

Если в пространстве существует несколько электрических полей, они друг на друга не влияют и поле в любой точке этого пространства равно сумме всех полей в этой точке ($\vec{E}_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$)

Минус Век

4.1.1. Задание

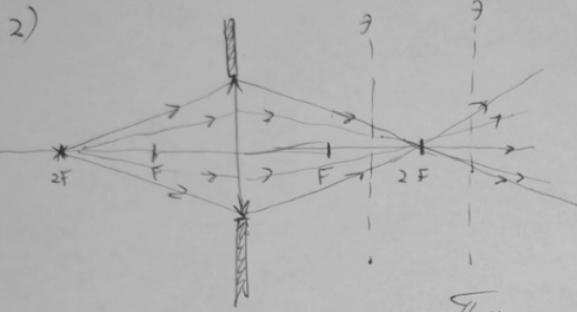
Дано:
 $l = 8 \text{ см}$
 $D = 5 \text{ см}$
 $d = 3 \text{ см}$
 $F = ?$



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



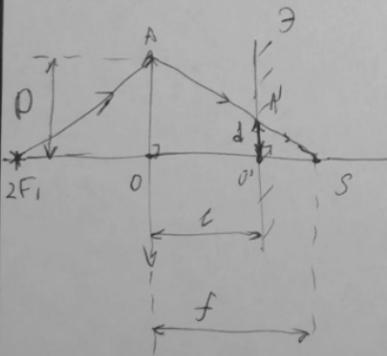
Согласно формуле тонкой линзы: если $d > 2F$, то

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

Иногда из этого получается угол зрения (см. рис.)

При этом видно, что, т.к. $d < D$, экран может быть размещен по изобразительному центру и после

для θ :



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

Тогда

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

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

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

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

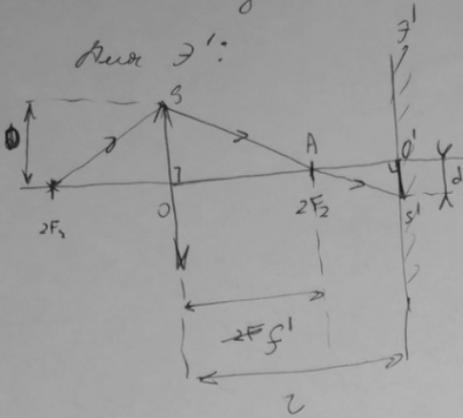
$$F_1 = l \frac{D}{2(D-d)} = 8 \text{ см} \cdot \frac{5 \text{ см}}{2(5-3) \text{ см}} = 10 \text{ см}$$

4.7.1. Золушка

Числовый

номер 5 из 5

Рис. 3':



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

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

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

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

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

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

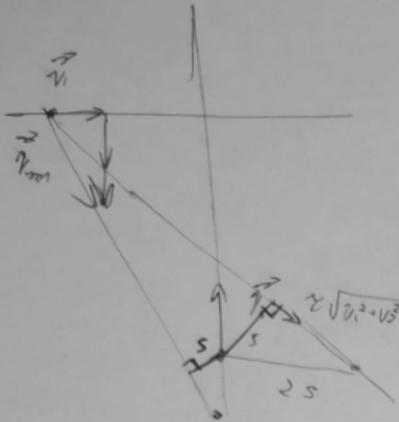
Ответ: $F = 2,5 \text{ см}$ или $F = 10 \text{ мм}$; Фокусное расстояние линзы — это расстояние от линзы до точки, в которой собираются лучи, идущие как параллельные лучи, падающие на линзу нормально; или их обратные лучи.

Важная особенность для линзы — величина обратная фокусальному расстоянию и характеризующая преломляющую силу линзы (чем больше обратная сила, тем сильнее линза преломляет падающие лучи).

Кинематика

номер 1 из 3

1.2.1.



$$\vec{v}_{\text{полн}} = \vec{v}_{\text{авт}} - \vec{v}_{\text{вет}}$$

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

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

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

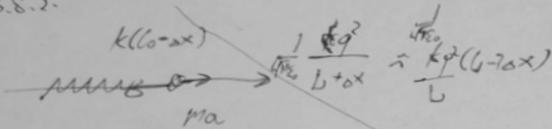
$$v_1^2 = \sqrt{\frac{36^2}{4} - 3\left(\frac{5}{2}\right)^2 - v_2^2} = \sqrt{300 - 900} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14.1$$

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

$$\sqrt{10800 - 36^2} = 36\sqrt{3} \frac{v_{\text{полн}}}{v_1} \approx 36 \cdot 1.41 \approx 50.76 \frac{v_{\text{полн}}}{v_1} \approx 51 \frac{v_{\text{полн}}}{v_1}$$

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

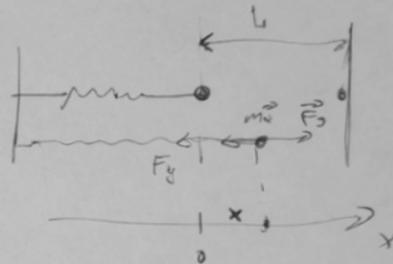
2.8+ 3.8.2.



$$ma = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{(l-x)^2} - k(l-x)$$

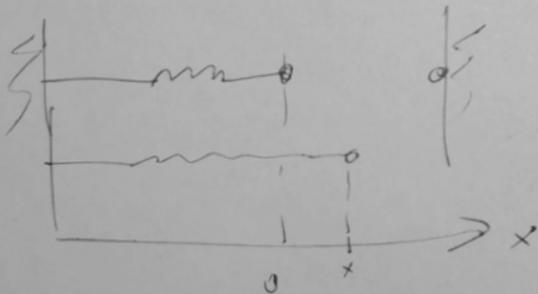
$$m\ddot{x} + \left(k + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0}\right)x = 0$$

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



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

$$F_z = \frac{k}{l-x} \approx \frac{k}{l} \left(1 + \frac{x}{l}\right)$$



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

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

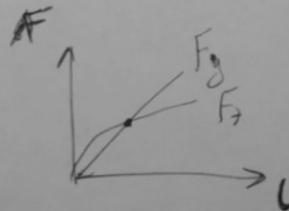
$$-m\ddot{x} = k(l+x) - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l^2} \left(1 + 2\frac{x}{l}\right)$$

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

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

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

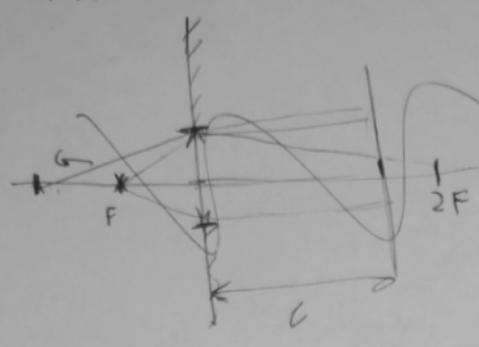
$$= -\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 l^3}$$



Мгновенный

число 2 уг 3

4.1.1.



$D=5$

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

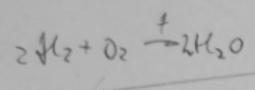
$$F = \frac{DL}{2d} = \frac{5 \cdot 8}{2 \cdot 3} = \frac{40}{6} = \frac{20}{3} \text{ (cm)}$$

28.1.

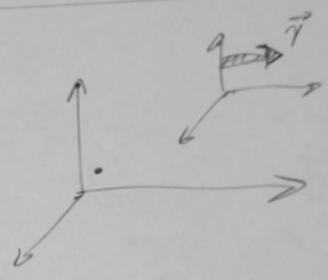
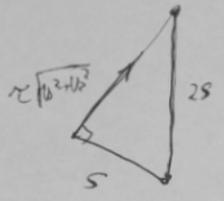
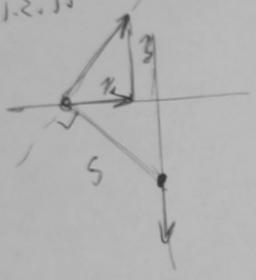
в концентрических

$$P_{H_2} = P_{H_2O} = 0,23$$

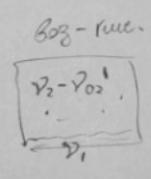
$$pV = \nu RT$$



1-2.10



$$\varphi = \frac{P_6}{P_H}$$



$$pV = \nu RT$$

$$P_H V = \nu_k RT$$

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

~~$$\nu_{max} = \nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \nu_4 + \nu_5 + \nu_6 + \nu_7 + \nu_8 + \nu_9 + \nu_{10}$$~~

~~$\nu_{max} = 1,025$~~

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

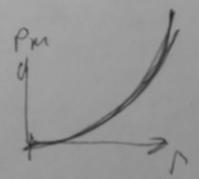
~~$$\frac{2330 \cdot 0,1}{2431,93}$$~~

$$\begin{array}{r} 2330 \\ \times 0,1 \\ \hline 233 \\ \times 10 \\ \hline 2330 \\ \hline 2431,93 \end{array}$$

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

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

при $T \downarrow, \varphi \uparrow$



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

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

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

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

репродукция

число 3 ч 3

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 1256 \\ \times 1,44 \\ \hline 5024 \\ 1256 \\ \hline 18006,4 \end{array}$$

$$(18,4632)^2$$

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

$$\begin{array}{r} 1846 \\ \times 1846 \\ \hline 111076 \\ +127384 \\ \hline 1846 \\ \hline 3407716 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1846 \\ \times 1846 \\ \hline 111076 \\ +127384 \\ \hline 1846 \\ \hline 3407716 \end{array}$$

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

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

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

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

$$340,7716$$

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

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

$$\begin{array}{r} 18,23 \\ \times 18,23 \\ \hline 112469 \\ 1646 \\ \hline 6584 \\ \hline 3329 \end{array}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 9,23 \\ \times 9,23 \\ \hline 112469 \\ 1846 \\ \hline 8307 \\ \hline 85,1929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1141 \\ \times 11,36 \\ \hline 12846 \\ 423 \\ \hline 5076 \end{array}$$

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