МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Прохорова Эльвира Сергеевна**

Класс: 11

Технический балл: **96**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9231390

	1	2	3	4	∑
Задача	*15*	*15*	*15*	*15*	***96***
Вопрос	*10*	*9*	*9*	*8*	

№ 1.2.7

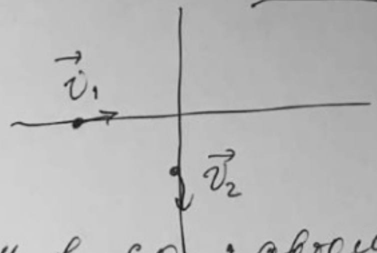
Листовик

$S = 100$ м

$\tau = 10$ с

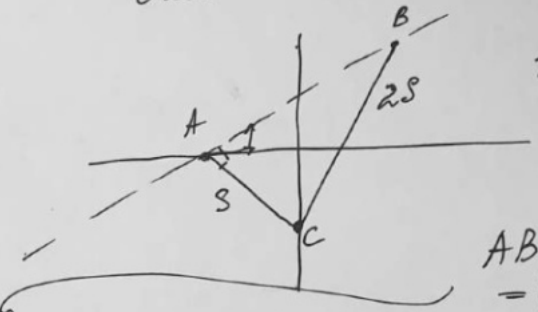
$v_2 = 36$ км/ч $= 10 \frac{м}{с}$

v_1 - ?



1) Перейдем в СО 2 автомобиля, тогда:

$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$, т.е $\vec{v}_1' = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$;



т.к S - минимальное расстояние $AB \perp AC$ ⇒

⇒ $\triangle ABC$ - прямоугл

$AB = l_{отн} = v_{отн} \cdot \tau = |\vec{v}_1'| \tau = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \cdot \tau$

по теореме Пифагора:

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

$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10000}{100} - 100} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \frac{м}{с}$

Ответ: $10\sqrt{2}$ м/с

Вопросы

Скорость - это векторная величина, равная перемещению тела за единицу времени. $\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt}$ На оси координат скорость можно определить как быстроту изменения координаты, т.е $v = \dot{x}$.

Закон сложения скоростей:

$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$

Скорость тела относительно неподвижной СО равна векторной сумме скорости тела относительно подвижной СО и скорости подвижной СО относит. неподвижной.

(§2.8.1) Чистовик

$V = 0{,}1\ м^3$
$\nu_1 = 0{,}05$ моль (H_2)
$\nu_2 = 1$ моль (воздух)
$t = 20°$
$P_н = 2330$ Па
$\frac{m_{O_2}}{m_{воз}} = \frac{23}{100}$

$\varphi - ?$

$$\begin{array}{r|l} 667 & 32 \\ \underline{64} & 20{,}85 \\ 270 & \\ \underline{256} & \\ -140 & \\ \underline{160} & \\ 0 & \end{array}$$

1) Горение:
$2H_2 + O_2 \to 2H_2O$

Найдем $\nu_c(O_2)$ в сухом воздухе:

$$\frac{\nu_c(O_2)\cdot M_{O_2}}{\nu(возд)\cdot M_в} = \frac{23}{100} = \cancel{\frac{\nu_c(O_2)\cdot 32}{\nu_2 \cdot 29}} \quad \cancel{\nu_c(O_2) = \frac{29\cdot 23\,\nu_2}{3200}}$$

$$\frac{\nu_c(O_2)\cdot 32}{\nu_2\cdot 29} = \frac{23}{100} \quad \nu_c(O_2) = \frac{29\cdot 23\,\nu_2}{3200} = \frac{667}{3200}\nu_2 = $$
$$= \underline{\underline{0{,}2085\,\nu_2}} = 0{,}2085\ моль$$

$$\underset{\nu_{H_2}=0{,}05}{2H_2} + \underset{\nu_{O_2}=0{,}025}{O_2} \longrightarrow 2H_2O \quad \nu_{H_2O} = 0{,}05$$

← необходимое ν для горения $< \nu_c(O_2) \Rightarrow$
$\Rightarrow$ сгорит весь $\underline{\underline{H_2}}$

2) $m_{воды} = \nu_{H_2O}\cdot M_{H_2O} = 0{,}05\cdot 18 = \underline{\underline{0{,}9\ г}} \to$ в пар

3) $\varphi = \frac{P_{H_2O}}{P_н}$; $VP_{H_2O} = \nu_{H_2O}RT$ $\quad P_{H_2O} = \frac{\nu_{H_2O}RT}{V} = \frac{0{,}05\cdot 8{,}31\cdot 293}{0{,}1} =$
$= \frac{1}{2}\,8{,}31\cdot 293 = \cancel{132{,}41\ Па} \approx 1217{,}415$ Па

$$\varphi = \frac{\overset{1217{,}415}{\cancel{132{,}41}}}{2330}\cdot 100 = \frac{\overset{121742}{\cancel{13241}}}{2330} \approx \cancel{5{,}7\%} \approx 52\%$$

Ответ: ~~5,7%~~ $\underline{\underline{52\%}}$

Вопрос. Парообразование может происходить с поверхности жидкости (= испарение), при этом молекулы, обладающие достаточной $E_к$, чтобы преодолеть „потенциальные ямы", вырываются из жидкости и становятся газом. Парообразование во всем объеме жидкости — кипение (при кипении $P_{н.п}$ при данной T равно $P_{атм}$), т.е. во всем V возникают пузырьки пара.

$L = \frac{Q}{m}$ удельная теплота парообразования — теплота, потраченная на испарение данной m жидкости, деленная на эту m.

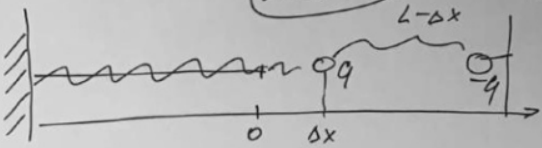
↳ справедливо как при кипении, так и при ~~паро~~ испарении

2

9231390

№3.8.2 Лисовик

$m = 10$ г
$q = 10^{-6}$ Кл
$-q$
$f = 1{,}47$ Гц
$L = 50$ см
$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$
k - ?



1) в сост. равновесия:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{L^2} = k\Delta l$$ ← нач. растяж.

2) сдвинем на Δx:

$$ma = -k(\Delta l + \Delta x) + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{(L-\Delta x)^2} = -k\Delta x - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{L^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{(L-\Delta x)^2} =$$

$$= -k\Delta x + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{L^2}\left(\frac{1}{\underbrace{\left(1-\frac{\Delta x}{L}\right)^2}_{= 1-\frac{2\Delta x}{L}}} - 1\right) = -k\Delta x + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{L^2}\left(\frac{1-1+\frac{2\Delta x}{L}}{1-\cancel{\frac{2\Delta x}{L}}}\right) =$$

$$= -k\Delta x + \frac{2\Delta x q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^3}$$

$$m\Delta\ddot{x} + \Delta x\left(k - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^3}\right) = 0$$ ← уравнение малых колебаний.

3) $$\omega^2 = \frac{k}{m} - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^3 m} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = (2\pi f)^2$$

← цикл. частота

$$\frac{k}{m} = (2\pi f)^2 + \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^3 m}$$

$$\boxed{k = (2\pi f)^2 m + \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^3}} = (2\cdot 3{,}14\cdot 1{,}47)^2\cdot 10^{-2} + \frac{2\cdot(10^{-6})^2}{4\cdot 3{,}14\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}5^3} =$$

$= 0{,}996 \approx 1$ Н/м

Ответ: 1 Н/м.

Вопрос Напряженность E эл. поля — силовая х-ка эл. поля. Напряженность (в дан. точке) показывает, с какой силой на заряд в 1 Кл будет действовать эл. поле в данной точке.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Для напряженности справедливо:

$$\vec{E}_{об} = \sum_i \vec{E}_i$$ — принцип суперпозиции.

← напряженность эл. поля в точке равна векторной сумме всех напряженностей в точке.

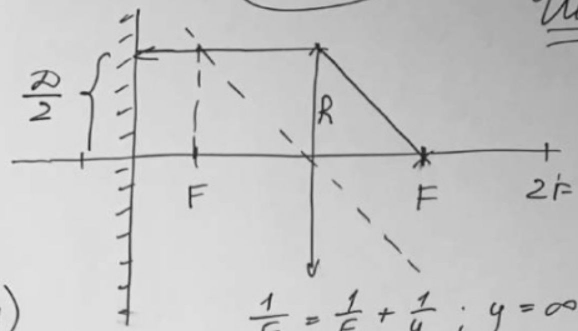
3

4.1.1

Чистовик

$D = 5$ см
$d = 3$ см
$l = 8$ см

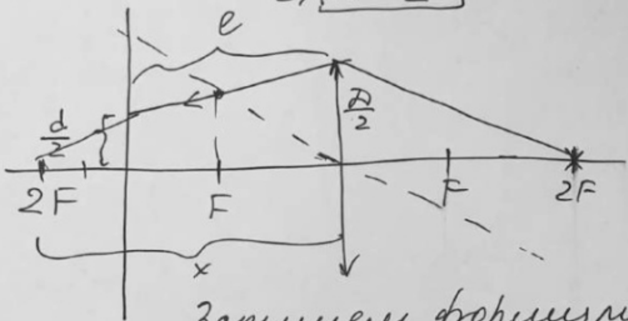
$F - ?$



1 случай

1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{y}$; $y = \infty \Rightarrow$ луч ∥ главной оптич. оси. $\Rightarrow$

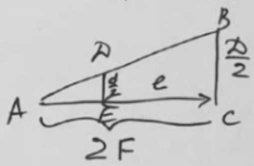
$\Rightarrow \boxed{R = \frac{D}{2}}$



2 случай

Запишем формулу тонкой линзы для 2го случая

$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{x}$; $x = 2F$

2) 

$\rightarrow$ ΔABC подобен ΔADE $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{D \cdot 2}{2 \cdot d} = \frac{2F}{2F - l}$

$2DF - Dl = 2Fd$

$2F(D - d) = Dl$

$\boxed{F = \frac{Dl}{2(D-d)}} = \frac{5 \cdot 8}{2(5-3)} = \frac{40}{2 \cdot 2} = 10$ см

Ответ: 10 см

Вопрос: Фокусное расстояние — расстояние от оси линзы до фокальной плоскости.

~~Проходя через линзу, лучи~~

Оптическая сила тонкой линзы D - обратная величина фокусному расстоянию.

$[D]$ = дптр $\quad D = \frac{1}{F}$

4

Черновик

$m\Delta\ddot{x} = -k\Delta x - \frac{k_0 q^2}{L^2} + \frac{k_0 q^2}{(L-\Delta x)^2} = -k\Delta x - k_0$

$\frac{k_0 q^2}{(L-\Delta x)^2} - \frac{k_0 q^2}{L^2} = \frac{k_0 q^2}{L^2(1-\frac{\Delta x}{L})^2} - \frac{k_0 q^2}{L^2} =$

$= \frac{k_0 q^2}{L^2}\left(\frac{1}{1-2\frac{\Delta x}{L}} - 1\right) = 0$

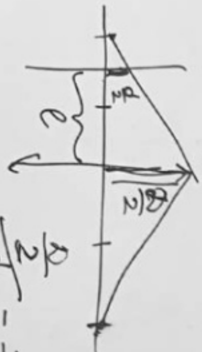
$= \frac{k_0 q^2}{L^2}\left(\frac{1-1+2\frac{\Delta x}{L}}{1-2\frac{\Delta x}{L}}\right) = \frac{k_0 q^2 \cdot 2\Delta x}{L^2 \cdot L} = \frac{2\Delta x q^2 k_0}{L^3}$

$0{,}1439$

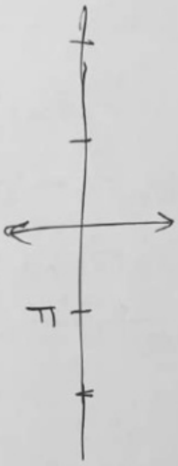
$\frac{2\cdot 10^{-5}}{4}$

$\frac{850\cdot 3{,}14\cdot 385}{10^3}$

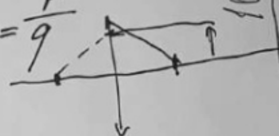
$\frac{8{,}3\cdot 14\cdot 8{,}85\cdot 125}{10^3}$



$\frac{D/2}{d/2} = \frac{2F}{2F-\ell}$

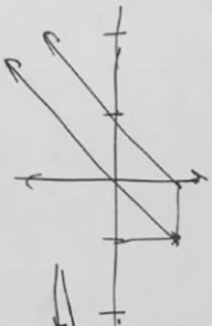


$E = \frac{F}{q}$



$-\Delta x\left(k - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^3}\right)$

$10\cdot 10^{-3} = 10^{-2}$



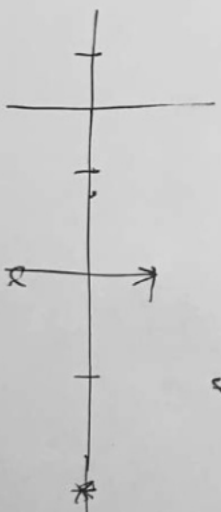
$0{,}5$

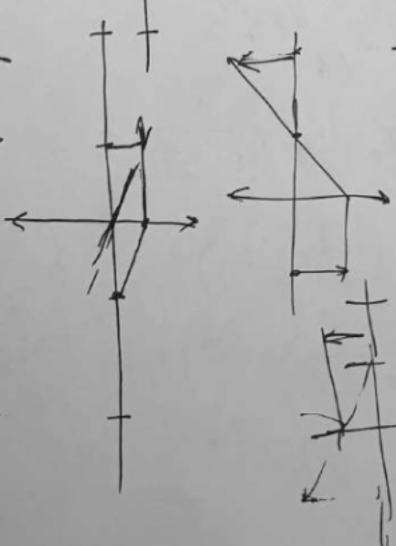
$\frac{10^3}{5^3}$

$x|N|\ell$ $9{,}2316\cdot 10^{-2}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$f = \frac{d}{d+x}$





$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{x}$ $\frac{1}{x} = \frac{1}{2F}$

$x = 2F$

$\ell = 8$ см

$D = 5$ см

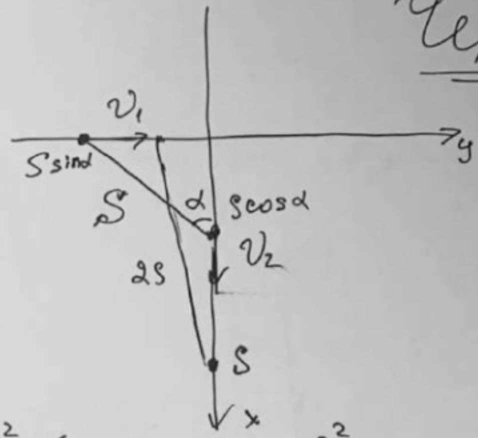
$d = 3$ см

$F - ?$

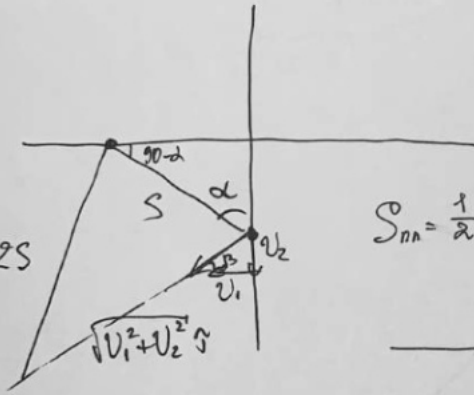
5

Черновик

$S = 100$ м
$\tau = 10$ с
$2S$
$V_1 - ?$
$V_2 = 10\,\frac{м}{с}$



$$(V_1\tau - S\sin\alpha)^2 + (S + S\cos\alpha)^2 = 4S^2$$
$$V_1^2\tau^2 - 2V_1\tau S\sin\alpha + \underline{S^2\sin^2\alpha} + S^2 + 2S^2\cos\alpha + \underline{S^2\cos^2\alpha} = 4S^2$$
$$V_1^2\tau^2 - 2V_1\tau S\sin\alpha + 2S^2\cos\alpha = 3S^2$$



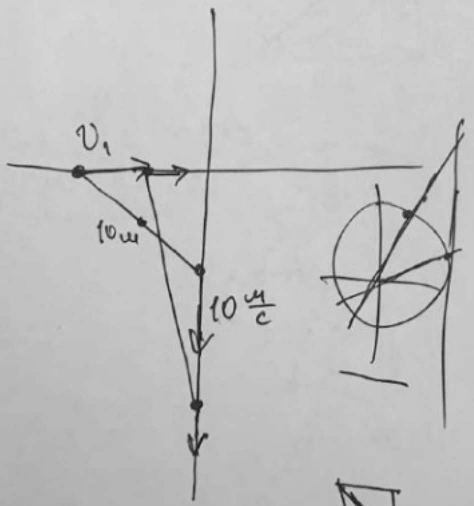
$tg\,\beta = \frac{V_2}{V_1}$
$(180 - \alpha - \beta)$
$S_{пл} = \frac{1}{2} S \cdot l_{осн} \sin(\alpha+\beta)$

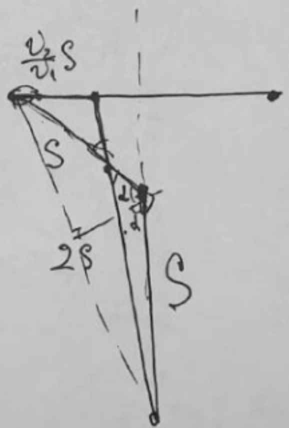
В произвольный момент:

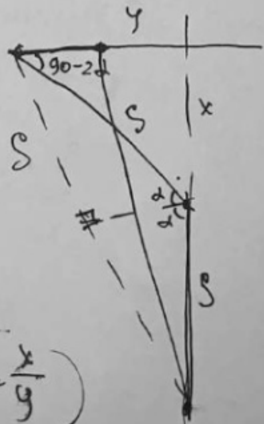
$V_1\tau \qquad V_2\tau$

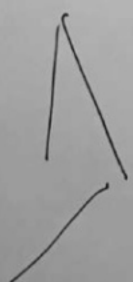
$\frac{V_1\tau}{V_2\tau} = \frac{V_1}{V_2}$

$V_2\tau = \frac{V_2}{V_1}\cdot S$



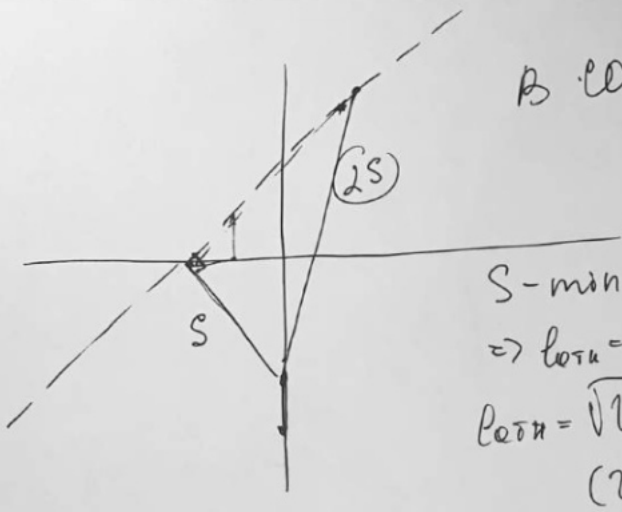






$tg(90 - 2\alpha) = \frac{x}{y}$
$tg\,\alpha =$

В СО 2ой Черновик



S-min расстояние ⇒

$\Rightarrow l_{отн} = \sqrt{4S^2 - S^2} = S\sqrt{3}$

$l_{отн} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \cdot \tau = S\sqrt{3}$ $\quad v_2 = \frac{36000}{3600} = 10\ \frac{м}{с}$

$(v_1^2 + v_2^2) = \frac{3S}{\tau}$

$v_1 = \sqrt{\frac{3S}{\tau} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot 100}{10} - 100}$

$\sqrt{v_1^2 + v_2^2} \cdot \tau = \sqrt{4S^2 - S^2} = \sqrt{3S^2}$

$v_1^2 + v_2^2 = \frac{3S^2}{\tau^2}$

$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10000}{100} - 100} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2}$

$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$

2π

$\begin{array}{r} \times 314 \\ 314 \\ \hline 1246 \\ 314 \\ 942 \\ \hline 98586 \end{array}$

$v = \dot{x}$

$\begin{array}{r} \times 1{,}47 \\ 1{,}47 \\ \hline 9 \end{array}$

$4 \cdot 9{,}86.$

$$\frac{(2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}47)^2}{100} + \frac{2 \cdot 10^3}{5^3 \cdot 4 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}85} =$$

$\frac{Н \cdot м}{кг} = \frac{м}{с^2}$

$\frac{m}{k}\ \frac{кг}{Н \cdot м} = \frac{с^2}{м}$

7

Черновик

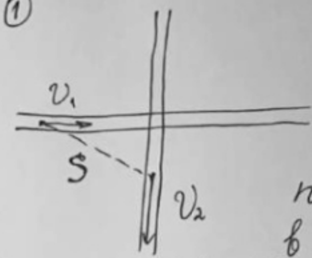
①

$S = 100\,м$

$\tau = 10\,c \rightarrow 2S$

$v_1 - ?$

$v_2 = 36\,\frac{км}{ч} = \frac{36000}{3600} = 10\,\frac{м}{с}$

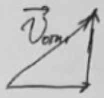


$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}$

пересядем в СО v_2

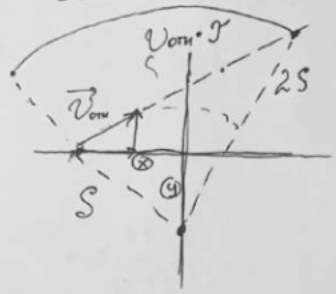
$\vec{v}_2 = \vec{v}_{пер}$ $\quad \vec{v}_{отн} = \vec{v}_{абс} - \vec{v}_{пер} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$

$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_1$

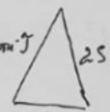


$v_{отн} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$

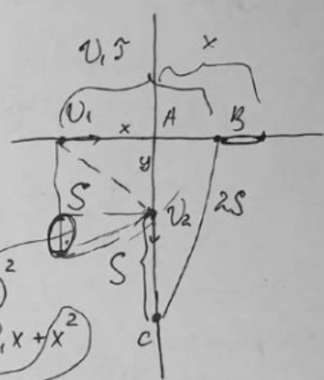
S-min



Рассмотрим Δ



$S_{площ} =$



$v_2 = 10\,\frac{м}{с}$

$\tau = 10\,c$

$l_2 = \tau v_2 = 100\,м$

$l_1 = v_1 \tau$

B ΔABC:

$4S^2 = (S+y)^2 + (v_1\tau - x)^2$

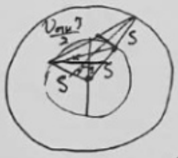
$4S^2 = S^2 + 2Sy + y^2 + l_1^2 - 2l_1x + x^2$

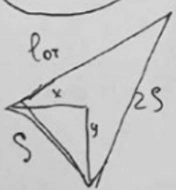
S^2

$2S^2 = 2Sy + l_1^2 - 2l_1x$

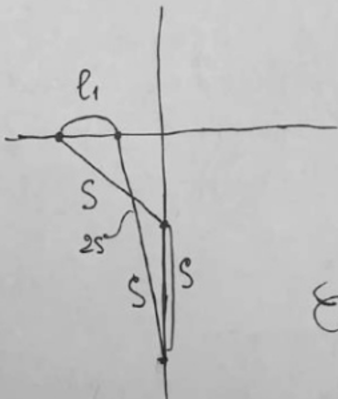
$2S^2 - 2Sy + 2l_1x - l_1^2 = 0$

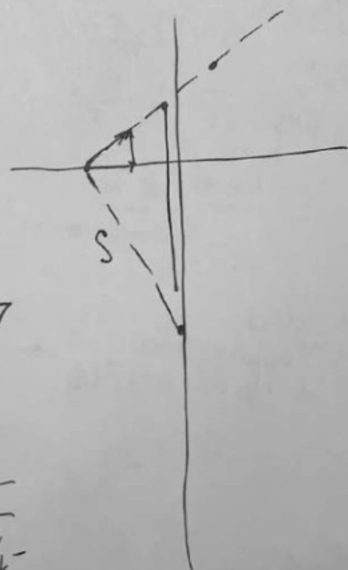
$2S(S-y) + l_1(2x - l_1) = 0 \Rightarrow v_1$ непересек

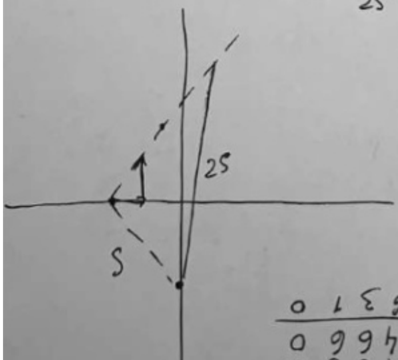




$l_1 = v_1 \tau$







$\delta = \omega\,7$

2330×5: 11650, 4660, 16310

$13241 \,|\, 2330$: 11650, 5,68; 15910, 13980; 19300, 18640

$2330 \times 8 = 18640$

8