

Региональный этап ВсОШ
по физике 2021

1 день

Шифр 1004

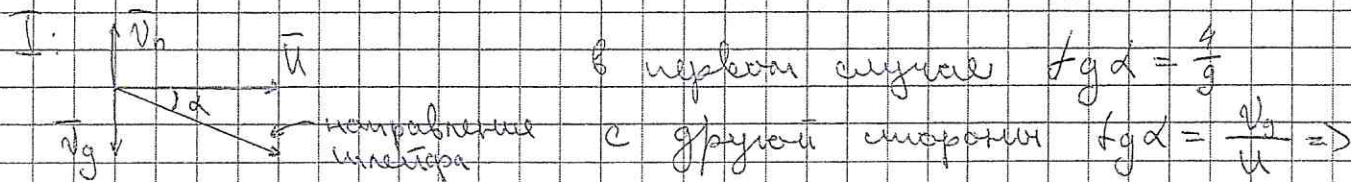
Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Фирстов Д.В.</i>	1	0	4	4	9	<i>[Signature]</i>
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Кемин С.А.</i>	2	0	6	4	12	<i>[Signature]</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Габришев</i>	2	0	5	4	11	<i>[Signature]</i>

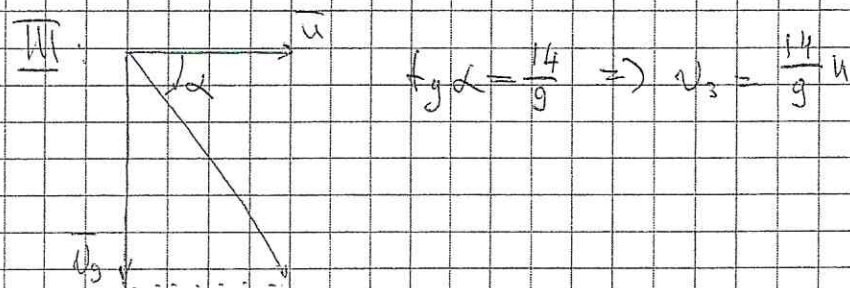
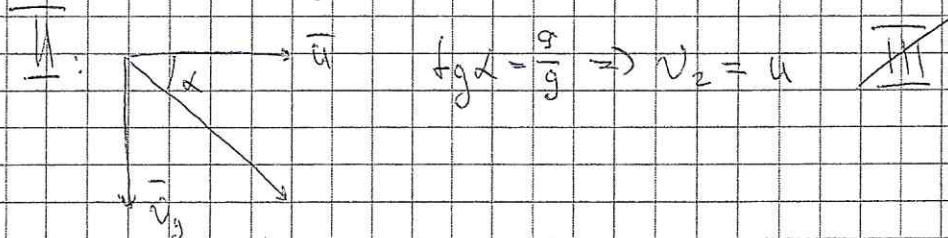
Задача 1.10.1

1) Найдем скорости паравоза в точках I, II, III.

Для этого рассмотрим для каждой точки направление скорости шлефа (направление будет перпендикулярно к траектории шлефа в каждой точке)



$$\Rightarrow v_{n1} = v_{g1} = \frac{4}{9} u \text{ (т.к. } v_n = v_g \text{)}$$



2) Пусть на предложенном рисунке длины отрезков равны ℓ . Найдем ℓ . (из рисунка видно, что расстояние между точками II и III равно 10ℓ):

$$10\ell = \frac{v_3^2 - v_2^2}{2a} \Rightarrow \ell = \frac{\left(\frac{14}{9}\right)^2 u^2 - u^2}{2a \cdot 10} = \frac{\frac{115}{81} u^2}{20a} = \frac{115 \cdot 4^2}{81 \cdot 20 \cdot 0.4} = 2.34 \text{ (м)}$$

3) Запишем, чему равны расстояния между точками I и II и II и III и найдем τ :

$$6\ell = v_1 \tau + \frac{a\tau^2}{2} \Rightarrow \frac{a\tau^2}{2} = 6\ell - v_1 \tau \quad \Rightarrow 10\ell - v_2 \tau = 6\ell - v_1 \tau \Rightarrow$$

$$10\ell = v_2 \tau + \frac{a\tau^2}{2} \Rightarrow \frac{a\tau^2}{2} = 10\ell - v_2 \tau$$

$$\Rightarrow 4\ell = v_2 \tau - v_1 \tau; 4\ell = \left(4 - \frac{5}{9}4\right)\tau; 4\ell = \frac{4}{9}4\tau \Rightarrow \tau = \frac{9\ell}{4} =$$

$$= \frac{9 \cdot 2,84 \text{ м}}{4 \text{ м}} \text{ с} = 6,39 \text{ с}$$

Таким образом,

$$\tau = 6,39 \text{ с}$$

4) Пусть от начала движение до точки I движется время t . В таком случае:

$$v_1 = at \Rightarrow t = \frac{v_1}{a} = \frac{4 \text{ м}}{9 \text{ м/с}^2} = 4,44 \text{ с}$$

5) Рассчитаем путь, который прошел паровоз за время t :

$$L = \frac{at^2}{2} = \frac{9}{2} \cdot 4,44^2 = 3,95 \text{ м}$$

6) Рассчитаем расстояние от точки начала движения до точки O:

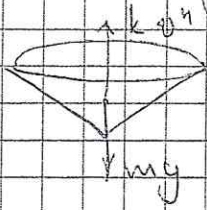
$$L_{\text{иск}} = 5\ell - L = 5 \cdot 2,84 \text{ м} - 3,95 \text{ м} = 10,25 \text{ м}$$

Таким образом, расстояние от точки O до трубы неподвижного паровоза равно $10,25 \text{ м}$

~~10,25 м~~

1.10.4

1) Рассмотрим движение поперечной волны:



T и $v_{\text{волн}} = \text{const}$, $k v^n = mg \Rightarrow F_{\text{сюр}} = mg$ + 1/8
 $v = \frac{L}{\Delta t}$, где L — это расстояние между пазером (25 см), а Δt — время, за которое пройдет это расстояние $(T_3 - T_1)$

2) Для того чтобы исследовать зависимость $F_{\text{сюр}}(v)$, построим таблицу взяв значения из условия и добавив вычисленную v и $F_{\text{сюр}}$:

$\Delta t \cdot 10^3, \text{с}$	$v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$F_{\text{сюр}}, 10^3, \text{Н}$	$\ln v$	$\ln F_{\text{сюр}}$	$F_{\text{сюр}} = k v^n$
211	1,09	5,33	0,086	-5,23	$\ln(F_{\text{сюр}}) = \ln k + n \ln v$
203	1,133	6	0,125	-5,11	Для поиска и
180	1,278	7	0,245	-4,96	проанализируем
169	1,36	7,9	0,307	-4,84	ф-цию $F_{\text{сюр}}(v)$. Чтобы
56	1,47	8,94	0,385	-4,72	сделать график
137	1,68	9,9	0,52	-4,62	этой ф-ции добавим
124	1,85	11,25	0,615	-4,49	в таблицу $\ln v$ и
					$\ln F$

3) Построим график зависимости $F_{\text{сюр}}$ от v в координатах $\ln F$ и $\ln v$ (График 1) +

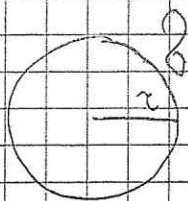
4) Найдем n , как угловой коэф. графика 1.

$$k = n = \frac{7,33}{5,8} = 1,26$$

Таким образом,

$$n = 1,26$$

1.10.3



Запишем условие всплывания шара:

$$\rho_{\text{ш}} \ll \rho_{\text{в}}$$

$$\rho_{\text{в}} = \frac{\rho_0 M_{\text{в}}}{RT} \quad (\text{из } p_0 = \frac{1}{M_{\text{в}}} RT) \quad +1.$$

$$\rho_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{ш}}}{V_{\text{ш}}} = \frac{m_{\text{об}} + m_{\text{не}}}{V_{\text{ш}}} = \frac{4\pi r^2 \delta + m_{\text{не}}}{\frac{4}{3}\pi r^3} \quad \text{---}$$

$$\text{---}$$

$$\frac{4\pi r^2 \delta + m_{\text{не}}}{\frac{4}{3}\pi r^3} \ll \frac{\rho_0 M_{\text{в}}}{RT} \quad +1 \quad 1.5 \quad +$$

Выразив из этого выражения $m_{\text{не}}$ получим:

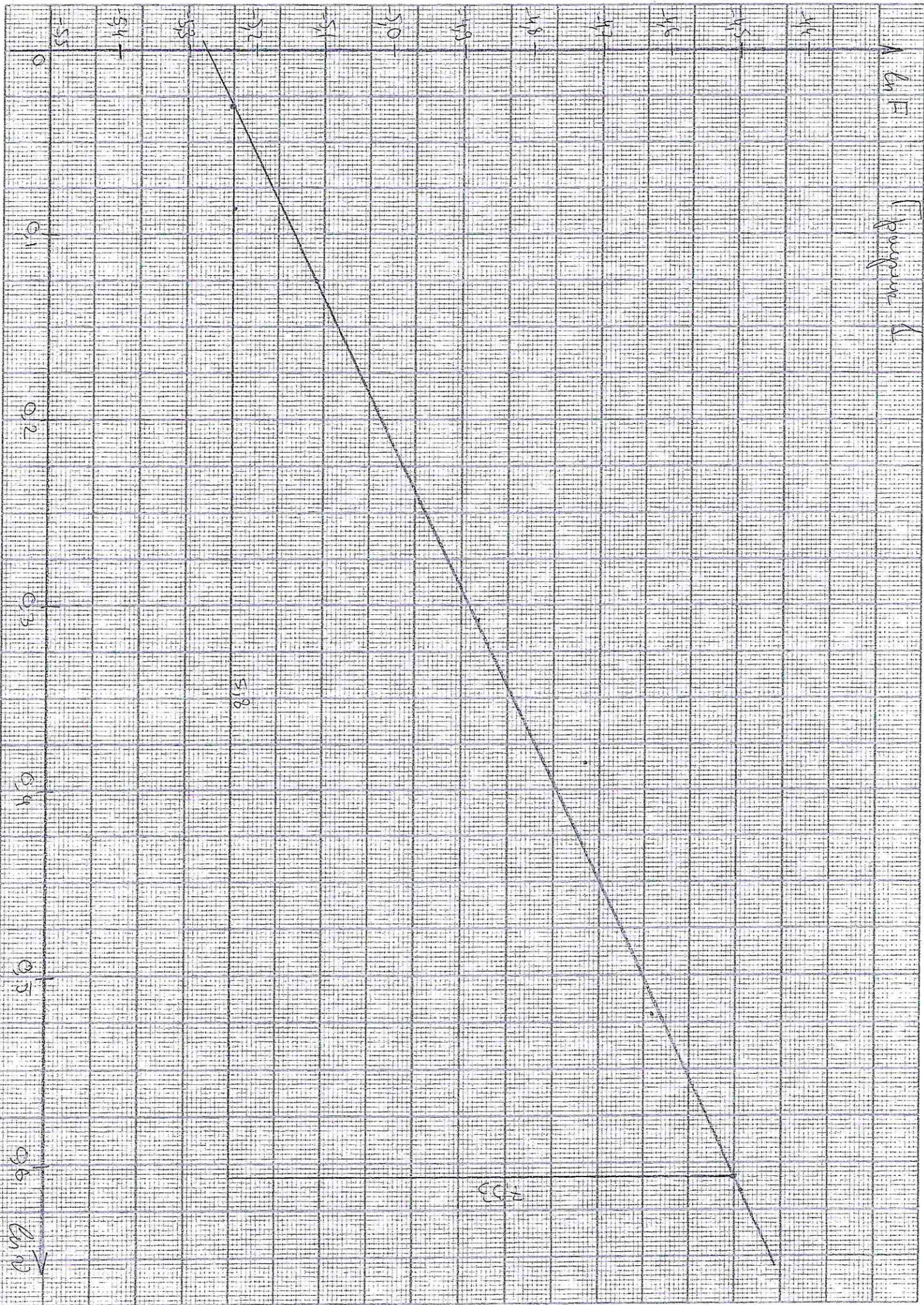
$$m_{\text{не}} \leq 4\pi r^2 \left(\frac{\rho_0 M_{\text{в}}}{3RT} - \delta \right) \Rightarrow m_{\text{не}} > 4\pi r^2 \left(\delta - \frac{\rho_0 M_{\text{в}}}{3RT} r \right) \quad +2$$

Т.к. $m_{\text{не}}$ не может быть ≤ 0 , то

$$\frac{\rho_0 M_{\text{в}}}{3RT} > \delta \Rightarrow r > \frac{3RT}{\rho_0 M_{\text{в}}} \delta \quad \text{--- через параметров шара}$$

1.5

Figure 1



Региональный этап ВсОШ
по физике 2021

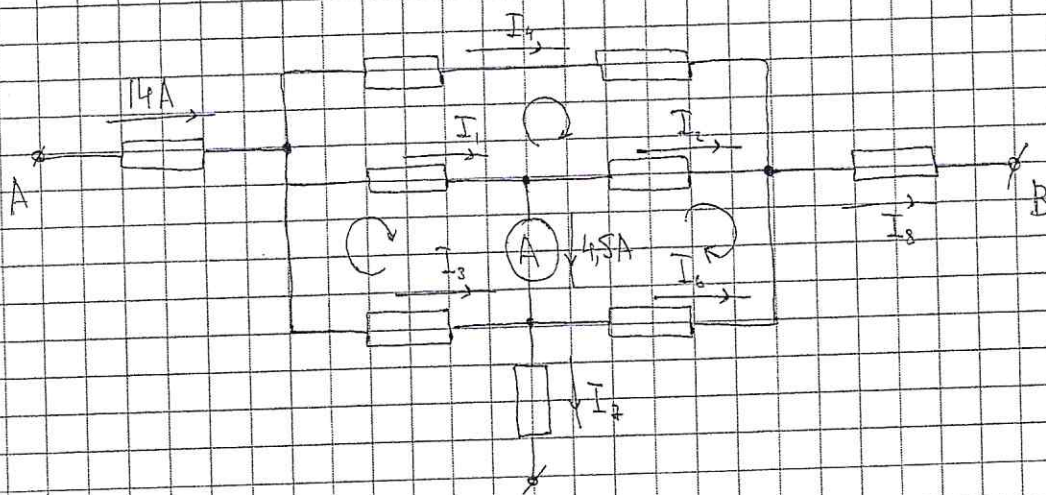
2 день

Шифр 1004

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Петт С.А.</i>	8	12	8	0	28	<i>Петт</i>
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Евдокимов И.Н.</i>	6	12	8	0	26	<i>Евдокимов</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Габришев</i>	6	12	8	0	26	<i>Габришев</i>

2.10.2



1) Нанесем на схему точки и запишем правила Кирхгофа (для 4 узлов и 3 контуров):

1 правило:

$$I_1 = 4,5 + I_2$$

2 правило:

$$0 = 9I_4 - 2I_2 - I_1$$

$$I_3 + 4,5 = I_2 + I_6$$

$$0 = I_1 - 3I_3$$

$$14 = I_4 + I_1 + I_3$$

$$0 = 2I_2 - 6I_6$$

$$I_4 + I_2 + I_6 = I_3$$

2) Решим систему из этих семи уравнений получим все токи, перечислив в ответ:

$$I_1 = 9A \quad I_2 = 4,5A \quad I_3 = 3A \quad I_4 (=I_5) = 2A \quad I_6 = 1,5A$$

А также: $I_2 = 6A$ и $I_3 = 8A$

3) Рассчитаем суммарное падение напряжения на резисторах на пути из A в B:

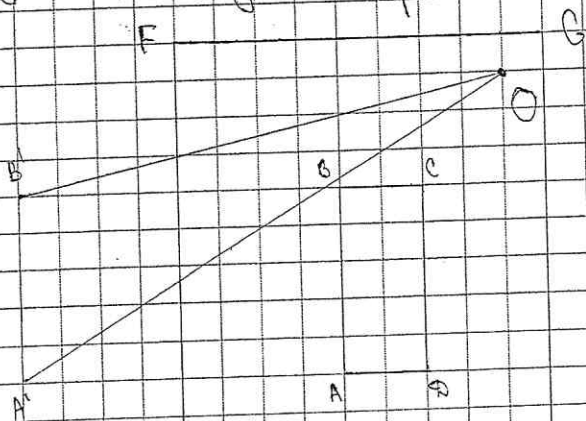
$$\Delta \varphi = U = 14 \cdot 9 + 1 \cdot 9 + 2 \cdot 4,5 + 8 \cdot 8 = 208B$$

Т.е. напряжение между точками A и B равно 2083

2.10.3

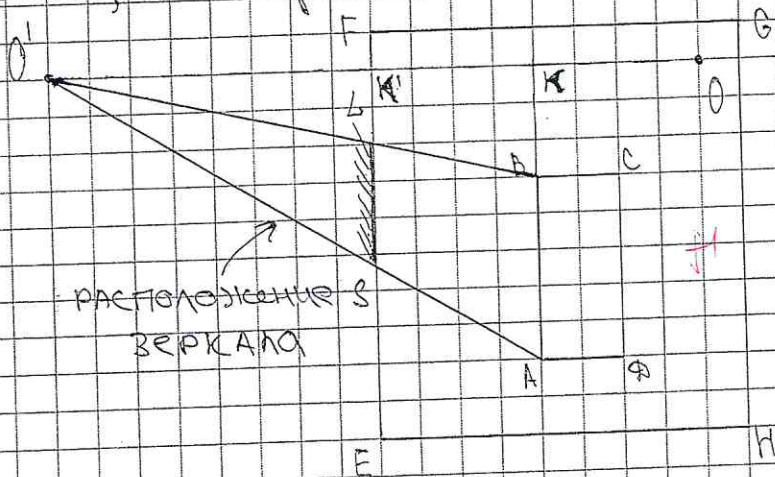
1) Чтобы с поста охраны была видна вся стена АВ зеркало необходимо расположить на заборе EF.

Мнимое изображение стены АВ в зеркале находится на заборе EF



Из точки O просматриваемся вся стена АВ

2) Для того чтобы найти минимальную ширину зеркала, построим мнимое изображение точки O:



$$\triangle O'SL \sim \triangle O'AB \Rightarrow$$

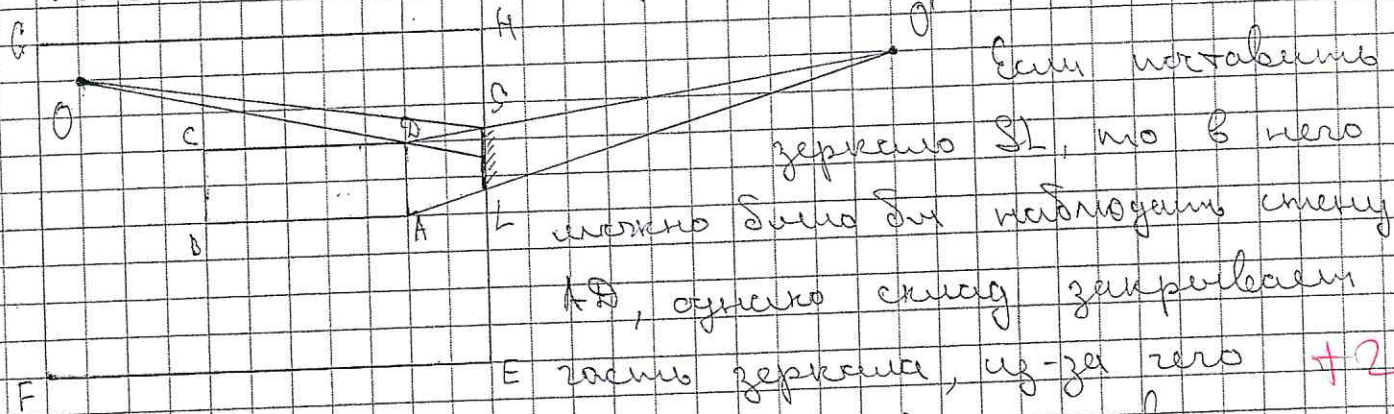
$$\Rightarrow \frac{AB}{SL} = \frac{O'H}{O'K'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow SL = \frac{AB \cdot O'K'}{O'H} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 8^2 \cdot 10^{-2}}{12 \cdot 10^2} =$$

$$= 33,3 \text{ м} - \text{миним. ширина}$$

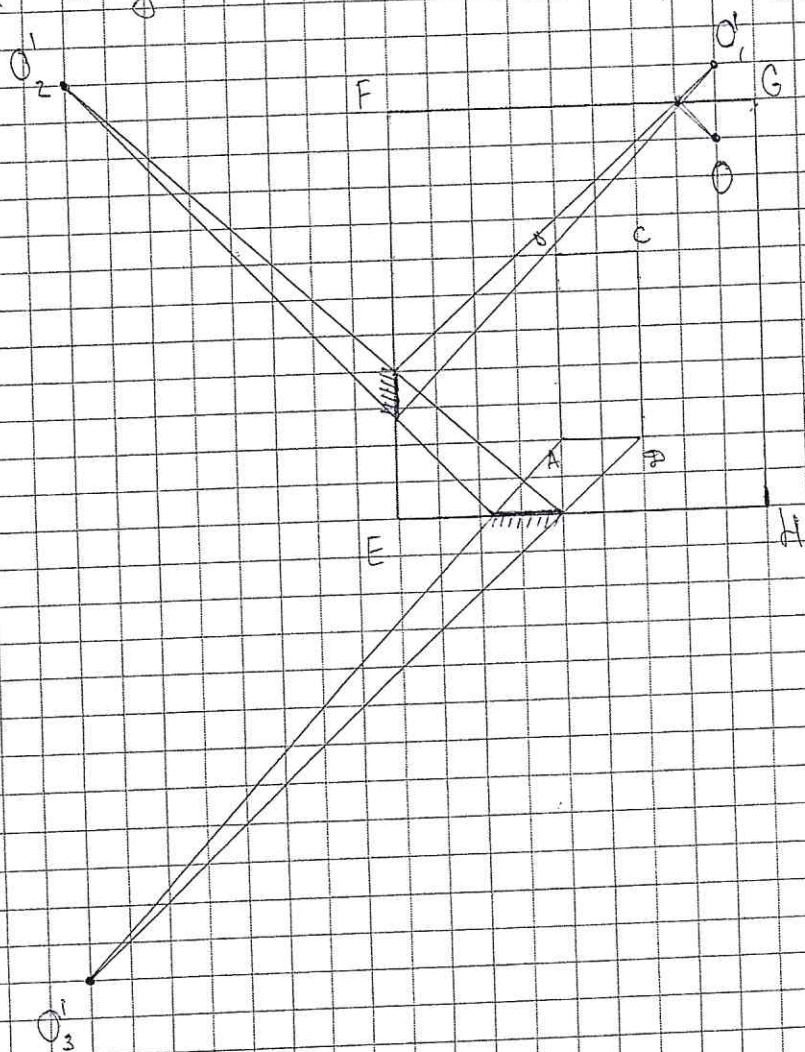
3) Для того чтобы проверить видна ли вся стена АВ в зеркале на стене ЕН, построим мнимое изображение точки O в зеркале, находящемся на заборе ЕН:

(Для экономии места рисунок повернут на 90°)



Если поставим зеркало SL, то в него можно было бы наблюдать стену AD, однако снизу закрывается E часть зеркала, из-за чего +2

препятств. всей стене AD становится невидимой.
4) Единственное расположение зеркала, при котором будет видна вся стена AD, следующее:



2.10.1

1) Рассмотрим движение шарика:

По 2-му закону Ньютона:

$$mg \cdot \sin \alpha = ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = g \cdot \sin \alpha$$

$$2) S = \frac{at^2}{2} = \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}}$$

$$\sin \alpha = \frac{r - y_B}{S}$$

$$S = \sqrt{(r - y_B)^2 + (r - \sqrt{R^2 - y_B^2})^2} \quad (\text{т.к. } R^2 = x_B^2 + y_B^2)$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{\frac{(r - y_B)^2 + (r - \sqrt{R^2 - y_B^2})^2}{(r - y_B)}} = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{r - y_B + \frac{(r - \sqrt{R^2 - y_B^2})^2}{r - y_B}}$$

3) При y_0 таком, что $t = t_{\min}$, производная от t по y_B равна 0:

$$\begin{aligned} t'_{y_0} &= \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{(r - y_0)^2 + (r - \sqrt{R^2 - y_0^2})^2}{(r - y_0)}} \right)' \cdot \left(\sqrt{\frac{(r - y_0)^2 + (r - \sqrt{R^2 - y_0^2})^2}{(r - y_0)}} \right)' = \\ &= \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{r - y_0}{(r - y_0)^2 + (r - \sqrt{R^2 - y_0^2})^2}} \cdot \left(2(r - \sqrt{R^2 - y_0^2}) \cdot \frac{-2y_0}{\sqrt{R^2 - y_0^2}} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{(r - \sqrt{R^2 - y_0^2})^2}{(r - y_0)^2} - 1 \right) \geq 0 \end{aligned}$$

Решив это уравнение мы получим y_0 , при котором время t минимально. Подставив соответствующее значение y_0 в формулу получим искомое время.