



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

вариант № 5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

**Олимпиада школьников «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»
по ФИЗИКЕ (11 класс)**

ДОЛОТОВА УЛЬЯНА СЕРГЕЕВНА

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	Σ
В	5	5	4	5	96
З	20	17	20	20	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 96 (девяносто шесть)

Тема 15.

Задача 1.

Вопрос 1)

Ускорение тела, совершающего гармонические колебания вокруг точки равновесия, можно написать как $a(t) = -\omega^2 x(t)$ и проинтегрировать по времени.

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$\downarrow$
 A - амплитуда
 φ - фаза
 ω - частота

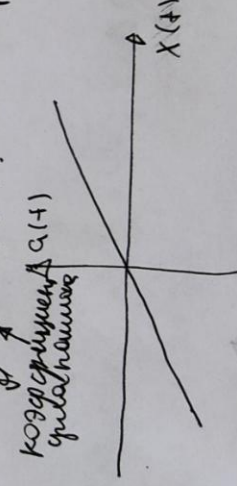
$$v(t) = \dot{x}(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

$$a(t) = \ddot{x}(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$$

Можно заметить, что ускорение ускорения $a(t)$ и $x(t)$ находятся в ω^2 раз. Пробежим к уравнению:

$$\begin{aligned}
 x(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\
 a(t) &= -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) \\
 x(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\
 a(t) &= -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)
 \end{aligned}$$

Разница в графиках на π , т.е. координата $a(t)$ $\leftarrow$ $\omega^2 \cdot x(t)$: $\leftarrow$ ускорение $\leftarrow$ ω^2 раз меньше

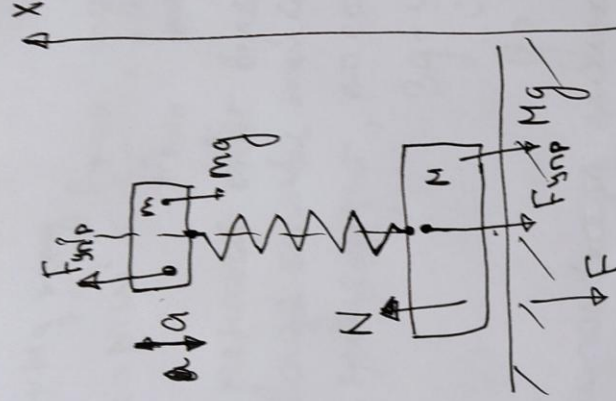


Задача (1)

Дано:

m
 $M \gg m$
 ω
 A
 g
 $F_{max} = ?$
 $F_{min} = ?$

нужно



- 1) По известным параметрам системы (масса m): $F = N$
- 2) По известным параметрам системы (масса M) (нужно учесть вес M): $N = F_{\text{сп}} + Mg$ (1)

ОХ: $N = F_{\text{сп}} + Mg$ ($Mg = \text{const}$)

3) II г.н. системы груз M на ОХ:

$-mg = F_{\text{сп}} - mg$; в состоянии равновесия:

$$-m\ddot{x} = k(x + x_0) - mg$$

$$-m\ddot{x} = kx$$

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

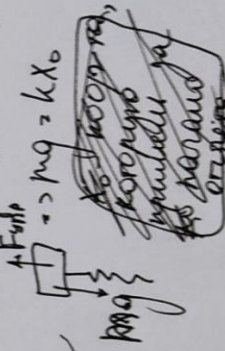
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

$$(1) \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{k}{m} = \omega^2, x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$F_{\text{сп}} = k(x + x_0)$$

$$F_{\text{сп}} = kx_0 + kx = kx_0 + kA \sin(\omega t) = mg + kA \sin(\omega t) \quad (2)$$

из уравнения (1) и (2) видно, что $F = F_{\text{max}}$ при $\sin(\omega t) = 1$ и $F = F_{\text{min}}$ при $\sin(\omega t) = -1$



$$F_{\max} = mg + kA + Hg \rightarrow 2mg$$

$$F_{\min} = mg - kA + Hg \rightarrow mg$$

III. х. уг (ω); $k = m\omega^2$: $\frac{F_{\max}}{F_{\min}} = \frac{mg + m\omega^2 A + mg}{mg - m\omega^2 A + mg} \geq \frac{\omega^2 A}{3g - \omega^2 A}$

Или это выражение есть предел равенства для ω , когда опора имеет M от независимости не происходит, но есть $F_{\max}$:

$$3g - \omega^2 A > 0$$

$$\omega < \frac{\sqrt{3g}}{A}$$

В этом случае (каждый период отрезка) отрез: $\frac{F_{\min}}{F_{\max}} \rightarrow 0$.

Объем: $\frac{F_{\max}}{F_{\min}} = \frac{3g + \omega^2 A}{3g - \omega^2 A}$ при $g > \frac{\omega^2 A}{3}$

иначе: $\frac{F_{\min}}{F_{\max}} \rightarrow 0$ ($g \leq \frac{\omega^2 A}{3}$)

Задача 2.

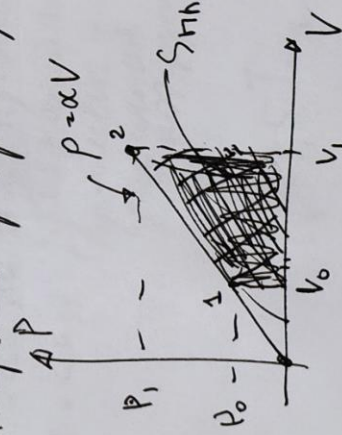
Вопрос (2):

$i=3$

$$p = \alpha V (\alpha = \text{const})$$

A и Q

Получим график процесса:



Итак мы получили:

$$Q = \Delta U + A \quad A = S_{\text{нн}} \quad (\text{площадь под графиком})$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_0)$$

($i=3$, м.к. газ
одноатомный)

ν - количество молей газа

$$A = \frac{1}{2} (p_0 + p_1) (V_1 - V_0) \quad \text{м.к. } p = \alpha V$$

$$= \frac{1}{2} \alpha (V_1^2 - V_0^2)$$

Учтем свойства идеального газа:

$$\begin{aligned} 1: p_0 V_0 &= \nu R T_0 \\ 2: p_1 V_1 &= \nu R T_1 \end{aligned} \quad \nu R (T_1 - T_0) = p_1 V_1 - p_0 V_0 =$$

$$= \alpha (V_1^2 - V_0^2)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \alpha (V_1^2 - V_0^2)$$

Получим ΔU и A в (1):

$$Q = \frac{3}{2} \alpha (V_1^2 - V_0^2) + \frac{1}{2} \alpha (V_1^2 - V_0^2) = 2\alpha (V_1^2 - V_0^2) =$$

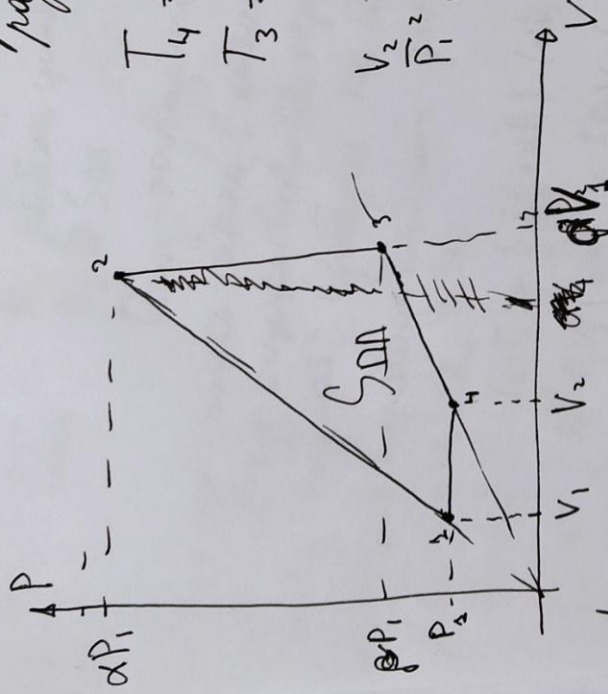
$$= 4A$$

Ответ: $Q = 4A$ в процессе, где $p = \alpha V$, $i=3$

Задача (2)

мислову

III. к. процес проходить зверху нагору поперемінно,
 $\rightarrow$ $P \rightarrow$ поперемінно тиск на газ зростає
 отже, кат: $\frac{P}{V} = \alpha = \text{const.}$ (це параметр -
 параметр поперемінності)



$$T_4 = 1,5 T_{\min}$$

$$T_3 = 6 T_{\min}$$

$$\frac{V_2}{P_1} = \frac{\alpha V_1}{\beta P_1} \Rightarrow \alpha \frac{V_1}{\beta} = V_2 (*)$$

Мінімальна температура процесу
 відбувається ~~на початку~~ на початку процесу
 к тому ж поперемінно $\Rightarrow T_{\min} = T_1$.

$$T_4 = 1,5 T_1$$

$$T_3 = 6 T_1$$

Ураховуючи, що процес відбувається:

- 1: $P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_2 = \alpha^2 T_1$
- 2: $\alpha^2 P_1 V_2 = \nu R T_2$
- 3: $\alpha \beta P_1 V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow \alpha \beta P_1 V_1 = 6 \nu R T_1 \Rightarrow$
- 4: $P_1 V_2 = \nu R T_4 \Rightarrow P_1 V_2 = 1,5 \nu R T_1 \Rightarrow \frac{P_1 V_2}{\beta} = 1,5 \nu R T_1 \Rightarrow$

участки

$$\begin{cases} \alpha = 1,5, \beta = 1,5, \beta = 6 \\ \beta = 4, \beta = 2 \end{cases} \quad (м.к. \cdot P_4 \cdot V_1 - \text{распределение})$$

$$\eta = \frac{A_3}{Q_{\text{пог}}} \quad A_3 = \text{рабочая температура} \quad A_3 \approx S_{nn}$$

Q_{пог} - полезное тепло к газу

Тепло погребности только в процессе 1-2, м.к.

наибольший температурный перепад с

более "холодный" изобразить на более "горячем".

И назовем первоначальным газ 1-2:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \approx S_{12} \quad \text{из уравнения}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (P_1 + P_2) \cdot (\alpha V_1 - V_1) =$$

$$\Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} \alpha P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2} P_1 V_1 (1 + \alpha) (\alpha - 1) =$$

$$= \frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) = 2 P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) =$$

$$= 2 P_1 V_1 \cdot 8 = 16 P_1 V_1$$

$$A_3 \approx S_{nn} \Rightarrow A_3 = \frac{1}{2} (P_1 - P_2) \cdot (\alpha V_1 - V_1) - P_1 V_1 (\beta - 1) =$$

$$= \frac{1}{2} (P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) - P_1 (\beta - 1) \cdot V_1 (\alpha - \frac{\alpha}{\beta})) =$$

$$= \frac{1}{2} (P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) - P_1 V_1 (\beta - 1) (\alpha - \frac{\alpha}{\beta})) =$$

$$= \frac{1}{2} P_1 V_1 (4 - 3 + \frac{3}{2}) = \frac{1}{2} P_1 V_1 \cdot \frac{5}{2} = \frac{A_3}{Q_{\text{пог}}} \approx \frac{5}{32} \approx 0,16$$

$$\eta = \frac{A_3}{Q_{\text{пог}}} = \frac{5}{32} \approx 0,16$$

11.11.11

$$\eta = \frac{A_2}{Q_{\text{wog}}} = \frac{\frac{5}{4} P_1 V_1}{16 P_1 V_1} = \frac{5}{64} \quad \text{---}$$

Onbau: $\eta = \frac{5}{64} \approx 2\%$

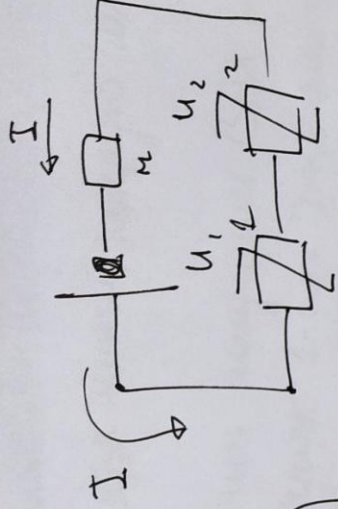
Задача 3.

Напряжение (3)

$$I = f_1(u)$$

$$I = f_2(u)$$

при постоянном напряжении



Закон Ома для цепи:

$$E = I Z_1 + U_2$$

$$I = \frac{E - U_1 - U_2}{Z_1 + Z_2}$$

Метод опорных точек

Метод опорных точек используется для расчета напряжений в узлах цепи. В данном случае, мы имеем две опорные точки: узел 1 и узел 2. Напряжение в узле 1 равно U_1 , а в узле 2 равно U_2 .

Далее, мы можем рассчитать токи в ветвях цепи. Ток в ветви, соединяющей узел 1 и узел 2, равен $I = \frac{U_1 - U_2}{Z_1 + Z_2}$. Ток в ветви, соединяющей узел 1 и землю, равен $I_1 = \frac{U_1}{Z_1}$. Ток в ветви, соединяющей узел 2 и землю, равен $I_2 = \frac{U_2}{Z_2}$.

Из генератора выделяется мощность:

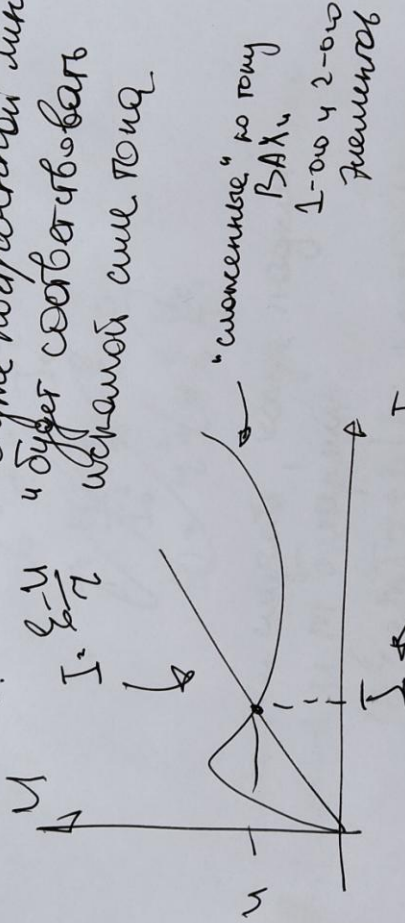
- 1) Потери в проводах - то напряжение U_1
- 2) Потери в проводах, вызванные сопротивлением Z_1 и Z_2
- 3) Мощность, выделяемая в нагрузке Z_3 (т.е. $I \cdot U_1 + U_2$)

уменьшения ~~при~~ миним, коротко и на
справку.

микроам

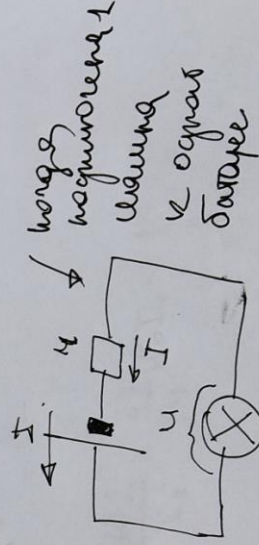
Теперь, когда мы получили ВАХ нагрузоч-
ного сопротивления 1-ого 2-ого элементов
мы можем построить график: $I_2 = \frac{E - U_1}{r}$

$= \frac{E - U_0}{r}$. ~~Вот~~ Тогда её пересечение
с имеющимися ~~и~~ $I_2 = \frac{E - U_1}{r}$
будет соответствовать
нужной амплитуде



уменьша I и U будут

Задача (3).
 $I(u) = I_0 \sqrt{\frac{u}{U_0}}$
 $E = U_0$



По закону Ома для цепи:
 $E = I r + U$; $I = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}}$
 ~~$E = I r + U$~~ $P = I U = \frac{27}{64} P_0$

$$\left\{ \begin{aligned} \mathcal{L} &= I_2 U + U; I_2 I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}} \quad (1) \\ U I &= \frac{27}{64} U_0 I_0 \quad (2) \end{aligned} \right.$$

$$(1): I_2 I_0 \cdot \frac{U}{U_0} \Rightarrow U_2 \frac{I_2}{I_0} \cdot U_0$$

$$\mathcal{L} = I_2 U + \frac{I_2^2}{I_0^2} \cdot U_0$$

$$\cancel{I_2^2 \frac{U_0^2}{I_0^2} + I_2 U - \mathcal{L} = 0}$$

$$\mathcal{L} = U_2^2 + U \cdot \mathcal{L} \cdot \frac{U_0}{I_0^2}$$

Рассмотрим случай, когда нагружено
нагрузка и м. сопротивлений:

$$\begin{aligned} m \mathcal{L} &= m I_2 U + n U; \text{ при } U = U_0, \\ m \mathcal{L} &= m I_0 U + n U_0 \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned} m \mathcal{L} &= m I_0 U + n U_0 \\ U I &= \frac{27}{64} U_0 I_0 \Rightarrow \frac{U_0 I_0^3}{I_0^2} = \frac{27}{64} U_0 I_0 \Rightarrow I_2^3 = \frac{27}{64} I_0^3 \\ \mathcal{L} &= I_2 U + \frac{I_2^2}{I_0^2} \cdot U_0 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} m \mathcal{L} &= m I_0 U + n U_0 \\ I &= \frac{3}{4} I_0 \\ \mathcal{L} &= \frac{3}{4} I_0 U + \frac{9}{16} U_0 \end{aligned} \right.$$

$$\begin{cases} m\ell = mI_0 \cdot 2 + nU_0 \\ \ell = \frac{3}{4}I_0 \cdot 2 + \frac{9}{16}U_0 \end{cases}$$

Грунтбаа, энэ $\ell = U_0$:

$$\begin{cases} U_0(m-n) = m \cdot I_0 \cdot 2 & (1) \\ \frac{7}{16}U_0 = \frac{3}{4}I_0 \cdot 2 & (2) \end{cases}$$

$$(1)/(2) : \frac{(m-n)U_0^4}{\frac{7}{4}U_0^4} = \frac{m \cdot 4}{3}$$

$$12(m-n) = 7m$$

$$12m = 12n + 7m$$

$$12n = 5m$$

$$\begin{aligned} \text{м.к. } n = \min: n = 5 \Rightarrow 5m = 60 \\ (n, m \in \mathbb{N}) \quad \boxed{m = 12} \end{aligned}$$

Омбон: ~~ага~~ уу 5 уаан,
 нху агау дуга
 нэгжүүрэнэ 12 саарал

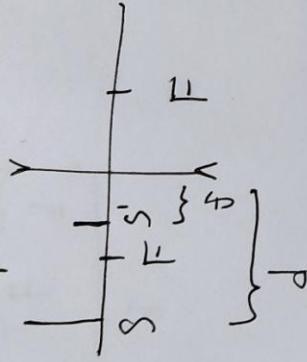
11/15/11

Page 4.

Вопрос (4).

S-plegnet, S-v. Söplenne

2) Вариант 1: меньше распространяется.



ffo q.t.n.

$$\frac{1}{1} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{1}$$

$$\begin{array}{r} 414 \\ + 111 \\ \hline 525 \end{array}$$

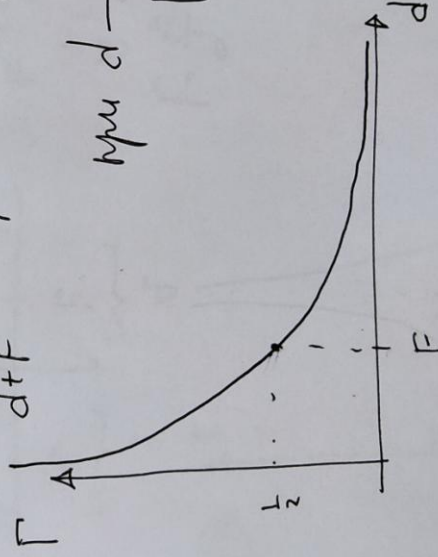
непереносимое
улучшение

$$\begin{array}{c} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \end{array} \quad \begin{array}{c} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \end{array} \quad \begin{array}{c} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \end{array} \quad \begin{array}{c} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \end{array}$$

$$\Gamma \sim \frac{F}{d} \rightarrow \text{you } dA: \Gamma \downarrow \uparrow$$

$$\mu p \rightarrow \pi^+ : \bar{p} \rightarrow \pi^-$$

(п.к. требует рассмотрения
двух новых направлений
всех направлений,
исключая исключение
направление Ф.Г.П.)

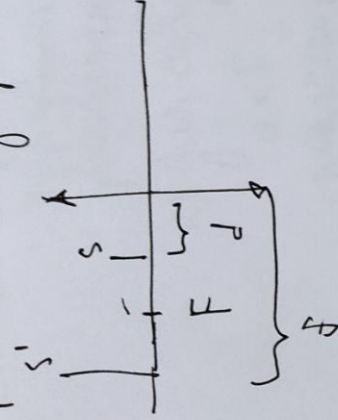


2) Вариант 2: инфа сотрудничество

условие

условие и

при $d < F$: изображение мнимое



По Ф.Т.Л.:

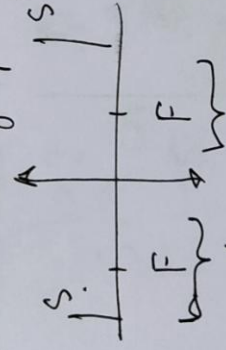
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$$

$$s' = \frac{dF}{F-d}$$

$$\Gamma = \frac{s'}{d} = \frac{F}{F-d} > 1, \text{ при } d < F$$

при $d > F$: изображение действительное



По Ф.Т.Л.:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} > 0, \text{ при } d > F$$

$$\Gamma = \frac{s'}{d} = \frac{F}{d-F} > 1, \text{ при } d > F$$

при $d = F$:

$$\Gamma \rightarrow \infty$$

при $d \rightarrow 0$:

$$\Gamma \rightarrow 0$$

при $d \rightarrow \infty$:

$$\Gamma \rightarrow 0$$

при $d = F$:

$$\Gamma \rightarrow \infty$$

x

Onbemi: 1) qua paccenbarayin suryast:

многообразие и непрерывное
разнообразие ~~в природе~~ природы

2) zur Komponentenzerlegung:

$\mathcal{D} \leq \mathcal{F}$: при увеличении d непрерывное увеличение возрастает

$d > F$: при увеличении d непрерывное убывание y сдвигает

Baqara (4)

17.122

$$S_2 \approx 3 \text{ cm}$$

$$172/25$$

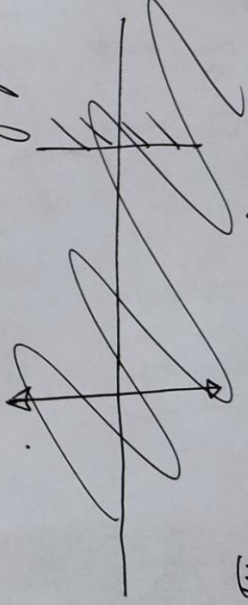
5-6

III. н. - водохранилище вырыто на овраге $\Rightarrow$ это же и водохранилище. ?

2) многообразия z

$$z \rightarrow m.k. \Gamma > 1 \Rightarrow \Gamma F < \Gamma < 2F$$

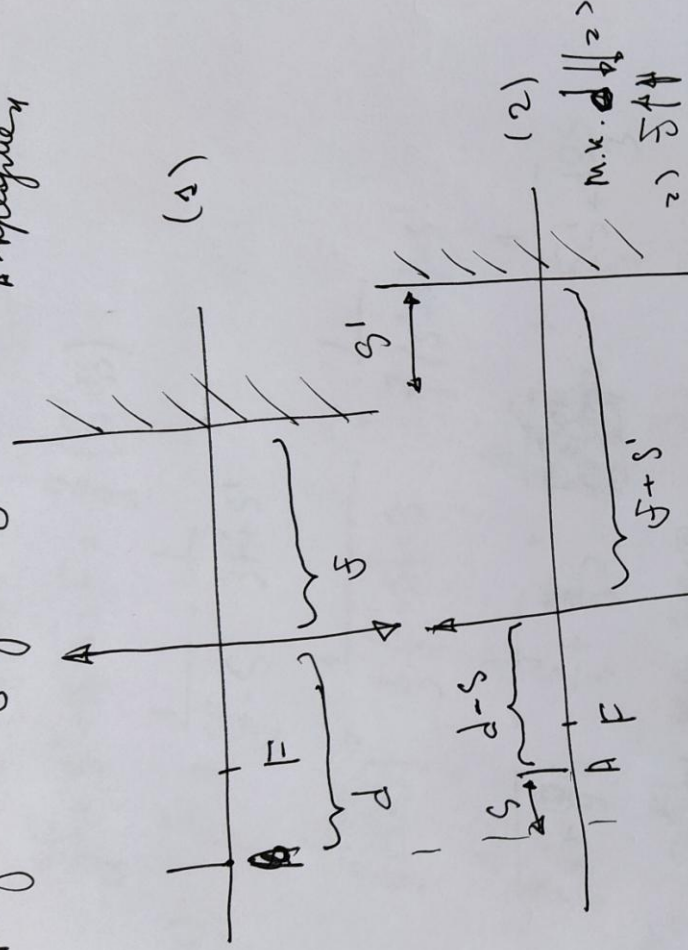
(d-расстояние от
предела до нуля,
f-расстояние от
устройства до нуля)



водок
изрядн

III. к. непрерывное увеличение,
и скорости увеличения: $F = \frac{dF}{dt}$ можно

Указать, что d — расстояние z
 — расстояние от глубины на S к углу.
 А — расстояние



Затем перейти к точке z :

$$(1): \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad r_1 = d \cdot \frac{f}{z} \Rightarrow f = d \cdot d$$

$$(2): \frac{1}{F} = \frac{1}{d-S} + \frac{1}{f+S'}; \quad r_2 = S = \frac{f+S'}{d-S} = 5$$

$$f+S' = 5(d-S) \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{2d} \Rightarrow d = \frac{2F}{3} \Rightarrow f = 3F \\ \frac{1}{F} = \frac{1}{d-S} + \frac{1}{f+S'} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{3F-S} + \frac{1}{3F+S'} \quad (2) \end{array} \right.$$

участков

Погребов и д 6 (21):

$$3F + S' = 5 \left(\frac{3F}{2} - S \right)$$

$$\frac{9F}{2} = S' + 5S \Rightarrow F = \frac{2}{9} (S' + 5S)$$

$$(2): \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3F}{2} - S} + \frac{1}{3F + S'}$$

$$\frac{1}{\frac{2}{9}(S' + 5S)} = \frac{1}{\frac{1}{3}(S' + 5S) - S} + \frac{1}{\frac{2}{3}(S' + 5S) + S'}$$

$$\frac{1}{\frac{2}{9}S' + \frac{10}{9}S} = \frac{1}{\frac{S'}{3} + \frac{2}{3}S} + \frac{1}{\frac{5}{3}S' + \frac{10}{3}S}$$

Погребов ~~участков~~ учасков:

$$\frac{1}{\frac{2}{9}S' + \frac{10}{9}S} = \frac{1}{\frac{2S'}{3} + 2} + \frac{1}{\frac{5S'}{3} + 10}$$

$$\frac{1}{\frac{2}{9}S' + \frac{10}{9}S} = \frac{1}{\frac{2S' + 6}{3}} + \frac{1}{\frac{5S' + 30}{3}}$$

$$\frac{1}{2S' + 6} = \frac{1}{5S' + 30} + \frac{1}{6S' + 30}$$

$$(2S' + 6)(5S' + 30) = (S' - 6)(6S' + 30)$$

чирокун

$$\frac{37+5+25+35}{1}$$

$$\frac{1}{\frac{2}{9} \frac{1}{s} + \frac{10}{3}} = \frac{1}{\frac{s'}{3} + 2} + \frac{1}{\frac{5}{3} s' + 10}$$

$$\frac{1}{\frac{2s'+30}{3}} = \frac{3}{s'+6} + \frac{3}{5s'+30}$$

$$\frac{1}{2s'+30} = \frac{1}{5s'+30} + \frac{1}{5s'+30}$$

$$\frac{1}{2s'+30} = \frac{(s'+6)(5s'+30)}{(s'+6)(5s'+30)}$$

$$(2s'+12)(2s'+30) = (s'+6)(5s'+30)$$

$$4s'^2 + 60s' + 24s' + 360 = 5s'^2 + 30s' + 30s' + 180$$

$$s' \rightarrow 24s' - 180 = 0$$

$$D = 24^2 + 4 \cdot 180$$

$$s' = \frac{24 \pm \sqrt{24^2 + 4 \cdot 180}}{2} \text{ см. } s' = 30$$

$$s' = \frac{24 \pm 4\sqrt{6^2 + 45}}{2} \text{ см. } s' = 30$$

$s' = 6$ не подходит,
н.к. 544

$\sqrt{12^2 + 6}$
полезно
полезно
полезно

Ответ: $s' = 30$ см.

