



0 975338 080003

97-53-38-08

(64.24)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения _____
город

Библиотека 15²² - 15³⁰
нр

+1 час 16⁴⁵
нр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мотыгина Владимира Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

МВ

Задача 3

Черновик

Вопрос: Используя мат. токи - ~~изображение~~ - ~~изображение~~ движущих, равног
бензинов через бензинка, можно.
использовать движение \vec{v} и равног
движения массы на скорость
вектора импульса ист. мат. тока -
вектора суммы импульсов мат. то-
как систем.

Задача:

Если ~~использовать~~. $\sum \vec{F}_{\text{силы}} = 0$ (НЛС есть)
то $\sum \vec{p} = \text{const}$.

Задача 4



Вопрос:

раст.
голой. \downarrow

$$\pm \frac{1}{d}$$

раст.
голой. \uparrow

$$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{1}{f}$$

раст.
голой. \uparrow "действ. изображ.
мимике изображ." \downarrow

$$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{1}{F}$$

раст.
мим. \uparrow раст.
мим. \downarrow

$$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \frac{1}{F}$$

раст.
мим. \uparrow

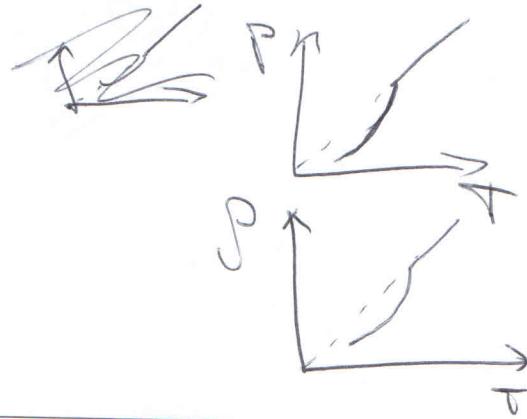
$$\Gamma = \frac{f}{d} - \text{увелич. линзы}$$

Задача 3

Вопрос: Нас. пар - ~~на~~ наход. в
период. равновесии с инд. НЛ-тепло
того же состава

$P_{\text{н.н.}}$ нас. пара $T \uparrow$

$P_{\text{н.н.}}$ нас. пары $T \uparrow$



Черновик

Задача №

Вопрос:

Магн. поток - магнитное сущ. величина
характер. Равная сущ. кругл.

B -магн. инд. та же что и для S

Характер. кон-бо \rightarrow усл. магн. индукции
 проходящих через замкн. контур

~~характеристик~~

Мн. ЭМС замкн. в волнистов.
 \rightarrow ЭМС в ~~противодействие~~ \rightarrow противление
 при условии измн. некие магн. потока
 через замкн. контур.

из разверток

 ~~$B = \frac{B_0}{2} \sin \frac{\pi x}{L}$~~
 ~~$B = \frac{B_0}{2} \sin \frac{\pi x}{L}$~~

$$m = 2$$

$$q = kn$$

$$N = 3$$

$$B_0 = \frac{2}{kn \cdot c}$$

$$n = \frac{\varphi B_0 q}{m \cdot \sigma}$$

$$n = \cancel{2} \frac{B_0 q}{Nm}$$

~~2 $\varphi B_0 q / Nm$~~

~~B~~

$$\frac{6 + 7\pi}{7\pi}$$

$$\frac{6 + 21,7}{21,7}$$

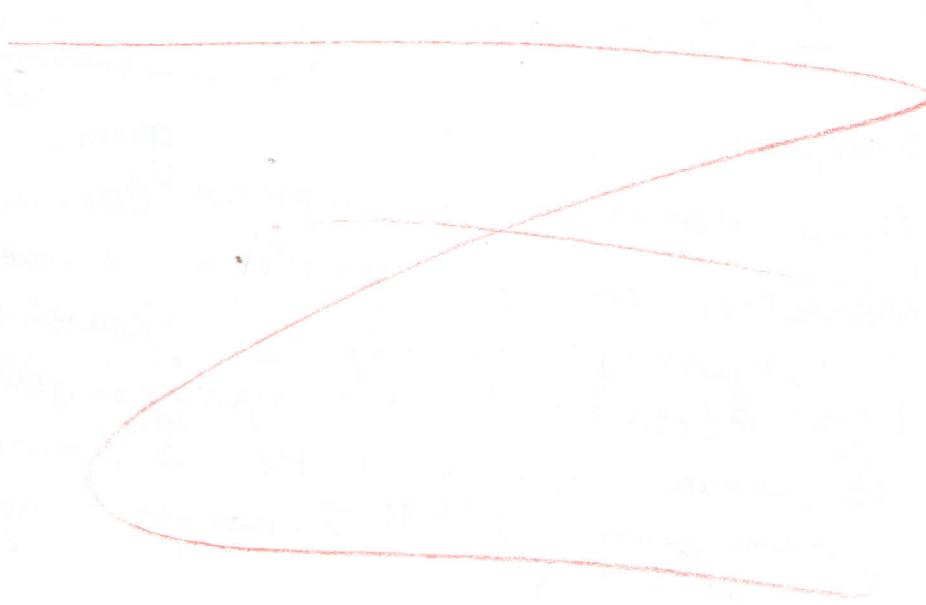
$$\frac{27,7}{21,7} = \frac{277}{217}$$

~~277~~

1,25

B

$\approx 1,3$



Чистовик

№1. Вопрос:

- Импульс мат. точки - векторное произведение величины, характеризующей кол-во движения и равной произведению массы м.т. на её скорость Б-17 +
- Импульс системы м.т. - векторная сумма величин, равных векторной сумме импульсов всех м.т. системы. 9
- Если на систему не действует внешние силы или их действие компенсировано, то импульс системы сохраняется +

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_{\text{вн.}} = \vec{0} \Rightarrow \sum_i \vec{P}_i = \text{const.}$$

то проекции импульса сист. на
одн. ось сохр.

Следует если
весомы слабы

- ЗСИ: ~~акции т.к. из~~
 $mV_0 = Mu + mw$ ~~один~~ ~~один~~

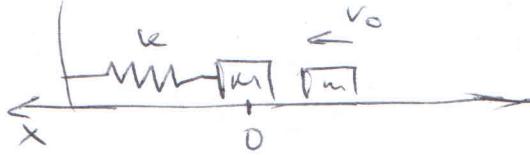
• ЗСД:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mw^2}{2}$$

Задача

$$\begin{cases} T = \frac{7}{12} T \\ n = \frac{M}{m} - ? \end{cases}$$

Решение



- ЗСИ: ~~акции т.к. из~~
 $mV_0 = Mu + mw$ ~~один~~ ~~один~~

• ЗСД:

$$\begin{cases} mV_0 = Mu + mw \\ \frac{mV_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mw^2}{2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_0 = nu - w \\ V_0^2 = nu^2 + w^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} nu = V_0 + w \\ nu^2 = V_0^2 - w^2 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} nu = V_0 + w & (1) \\ nu^2 = (V_0 - w)(V_0 + w) & (2) \end{cases} \quad \begin{array}{l} (1) \\ (2) \end{array} \quad \begin{cases} nu = V_0 + w \\ u = V_0 - w \end{cases} \rightarrow \begin{cases} (n+1)u = 2V_0 \\ nu - hu = V_0 + w - V_0 + w \end{cases}$$

$$\begin{cases} u = \frac{2V_0}{n+1} \\ w = \frac{n-1}{n+1} V_0 \end{cases}$$

- Запишем др-е колебаний пружи M .

$$M\ddot{x} = -kx \rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0 \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad x(0) = 0 \quad \dot{x}(0) = u = \frac{2V_0}{n+1}$$

$$\dot{x} = x_0 \omega \cos(\omega t + \varphi) \quad x(0) = x_0 \sin(\varphi) = 0 \quad (x_0 \neq 0 \rightarrow \sin \varphi = 0) \quad \varphi = 0$$

$$\dot{x}(0) = \frac{2V_0}{n+1} = x_0 \omega \cos(0) \rightarrow x_0 = \frac{2V_0}{\omega(n+1)}$$

Чистовик

Продолжение задачи №1

$$\cdot X(t) = \frac{dV_0}{\omega(n+1)} \sin(\omega t)$$

$$\cdot X_m(t) = -\varphi_m t = -Wt$$

Пренебрегая размерами, условиями то же, что
они стоят на горизонте будет

$$X(t) = X_m(t)$$

(15)

$$\frac{dV_0}{\omega(n+1)} \cdot \sin\left(\omega \frac{\pi}{12} \frac{2n}{\omega}\right) = -W \frac{\pi}{12} \frac{2n}{\omega}$$

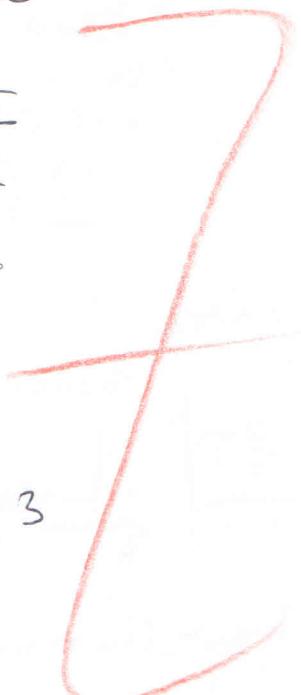
$$\frac{V_0}{n+1} \sin \frac{7\pi}{6} = -\frac{n-1}{n+1} V_0 \frac{7\pi}{12}$$

~~$\frac{7\pi}{12} + \frac{1}{2} = + (n-1) \frac{7\pi}{12}$~~

$$l = (n-1) \frac{7\pi}{6}$$

$$\frac{6}{7\pi} = n-1$$

$$n = \frac{6+7\pi}{7\pi} \approx 1,3$$



Ответ: $n \approx 1,3$

N2 Вопрос:

- Кас. пар — пар, наход. в термодинам. равновесии с жидкостью/тв. телом того же состава
- Давление и плотность кас. пара возрастает с увелич. температуры

найдено?

Многократное угадывание:

найдено



Чистовая Продолжение задачи №4

- Явление ЭМИ застопоряется в возникновении ЭДС в проводнике, при условии изменения магн. потока через замкн. контур.
 - З-ка Faraday $\mathcal{E}_i = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$
- \mathcal{E}_i - инд. ЭДС.
 Φ - магн. поток
 $\frac{\partial}{\partial t}$ - произв. по времени
 магн. потока

Задача

Дано

$$B_0 = 100 \text{ Тл}$$

$$q = 10^{-7} \text{ кН}$$

$$m = 10 \text{ мг}$$

$$N = 100$$

$$n = ?$$

- Из-за симметричности картины ~~если одна~~ следуют, что все бусинки начнут двигаться с одинак. ул. скоростью w .

- Обозначим радиус колеса R
- Тогда ул. скорость бусинок

$$v = \frac{\Phi}{R} \omega R$$

- Чтобы картина не изменилась колесо должно переводить одну бусинку в положение другое на одном склоне. т.е. тем более частота кадров тем меньше времена между съемками и тем меньше расстояние могут пройти бусинки, в то же время минимальное

Такое расстояние $S_{min} = \frac{2\pi R}{100} = \frac{\pi R}{50} = \frac{2\pi R}{N}$

$$n = \frac{1}{T}, \text{ где } T = \frac{S_{min}}{v} = \frac{\pi R}{50v} = \frac{\pi R}{50\omega R} = \frac{\pi}{50\omega} = \frac{2\pi}{N\omega}$$

- Осталось найти ω . для этого посмотрим как началось движение:

$$\Delta P_0 = B_0 S, S - \text{площадь колеса}$$

$$\Delta P = 0 \cdot S = 0 \rightarrow \Delta P = B_0 S$$

Тогда из з-ка Faraday $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta P}{\Delta t}$

- Такие же разности и следует

$$n = \frac{10^7 B}{m}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Продолжение задачи №3 Чистовик

$$\Delta t = T = \frac{\pi}{50\omega}$$

$$E_T = \frac{B_0 S_{50\omega}}{\pi} = \frac{B_0 \pi R^2 50\omega}{\pi} = B_0 S 50\omega^2$$

вз 200 В-но изл энергии

$$A_{6m} = \sum E_k$$

$$+ ENg = \frac{Nm \omega^2}{2} \left[A - \omega^2 \right] \quad A = \varepsilon g$$

$$B_0 S 50\omega^2 N_a = N m \omega^2 D^2$$

$$\frac{100 B_0 I g}{m} = \omega$$

$$\text{шага} = \frac{\pi}{B_0 I g} \quad \frac{5000 B_0 I g}{\pi} \sim 17 \cdot 10^3 \frac{k}{c}$$

$$\text{Отв} \quad n = 17 \cdot 10^3 \frac{k}{c}$$

$$\text{шага} = \frac{1}{n} = \frac{1}{17 \cdot 10^3} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$\angle \varphi = 5^\circ \text{ и } \alpha = 0^\circ \rightarrow \varphi = 0^\circ + 5^\circ$$

$$\text{шага} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Чертежовик

$$\frac{Nm \omega^2 R^2}{2} = \cancel{\pi} \frac{B_0 S}{\cancel{A}} \cancel{q}$$

$$m \omega^2 R^2 = \frac{B_0 2 \pi R^2 q}{\Delta t}$$

$$\omega^2 = \frac{B_0 q}{\Delta t} \cdot \cancel{2\pi}$$

$$\omega =$$

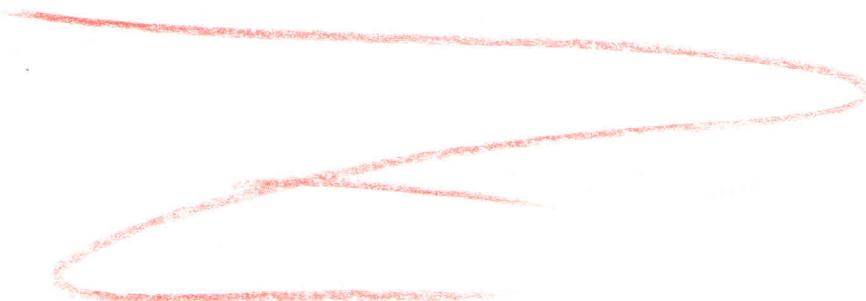
$$q v B = m \omega^2 R$$

$$\frac{5000 \cdot 100 \cdot 10^{-7}}{\pi \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{5}{\pi} \cdot 10^7$$

$$\cancel{2} \quad \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-7}}{\pi \cdot 10^{-6}} = 1,7 \cdot 10^7$$

$$3+2-7-1+6=3$$

$$\frac{5}{\pi} \cdot 10^3 =$$



Чистовик

Продолжение задачи №2

Дано:

$$h = 35 \text{ см}$$

$$t = 100^\circ\text{C}$$

$$\Delta h = 5 \text{ см}$$

$$M = 10 \text{ кг}$$

$$S = 100 \text{ см}^2$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

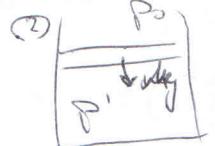
$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\Delta m - ?$$

①



- $T = 373 \text{ K}$
- $P_{\text{н.н.}} = 10^5 \text{ Па}$

S

- Запишем ур-е Менг-Клайн. для ① и 2-й З-и Ньютона (т.к. поршень в "вакууме")

$$\varphi P_{\text{н.н.}} V = DRT \quad (1)$$

$$P S - P_0 S = M \cdot g \rightarrow P = P_0$$

$$\cdot P_0 \text{ з-иу} \text{ Давления} \rightarrow \begin{matrix} \text{габар.} \\ \text{воздуха.} \end{matrix}$$

$$P = P_0 = \varphi P_{\text{н.н.}} + P_\delta. \quad (2) \checkmark$$

- Запишем ур-е М-Кл. для ②, а также 2-й З-и Ньютона и 3-и Давления

$$\varphi' P_{\text{н.н.}} V' = D' RT \text{ т.к. нач. темп. то } \varphi = 1 \Rightarrow$$

$$P_0 V' = D' RT \quad (3)$$

$$P' S - (Mg + P_0 S) = 0 \rightarrow P' = \frac{Mg}{S} + P_0 \quad (4)$$

$$P' = P_0 + P_\delta \quad (5)$$

т.к. $T = \text{const}$ то справедлива формула:

$$P_\delta V' = P_0 V \quad (6)$$

- Из (3) и (5) выражаем Δm :

$$(5) - (3) = P_0 (\varphi V - V') = (D - D') RT$$

$$P_0 (\varphi V - V') = \frac{(m - m')}{\mu} RT \rightarrow \Delta m$$

$$\underline{P_0 \mu (\varphi Sh - S(h-\Delta h))} = \Delta m$$

$$\Delta m = \frac{P_0 \mu h (\varphi - (1 - \frac{\Delta h}{h}))}{RT}$$

- Найдём φ из (2), (4), (5), (6)

$$(4) \text{ и } (5): P_\delta + P_\delta' = P_0 + \frac{Mg}{S} \rightarrow P_\delta' = \frac{Mg}{S}$$

$$(6) \Rightarrow P_\delta \delta h = \frac{Mg}{S} S(h - \Delta h) \rightarrow P_\delta = \frac{Mg}{S} \left(1 - \frac{\Delta h}{h}\right)$$

$$(2): \varphi P_0 = P_0 - \frac{Mg}{S} \left(1 - \frac{\Delta h}{h}\right) \rightarrow \varphi = 1 - \frac{Mg}{P_0 S} \left(1 - \frac{\Delta h}{h}\right) =$$

Чистовик

Продолжение Задачи №2

$$\varphi = 1 - \frac{m}{\rho s} \left(1 - \frac{sh}{h} \right) = 1 - \frac{100 \cdot 10}{10^5 \cdot 100 \cdot 10^4} \left(1 - \frac{5}{35} \right) =$$

$$= 1 - \frac{1}{10} \left(1 - \frac{1}{7} \right) = 1 - \frac{6}{70} = 1 - \frac{3}{35} = \frac{32}{35}$$

ответ в общем виде?

подстави φ и найдем Δm

$$\Delta m = \frac{10^5 \cdot 100 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 35 \cdot 10^{-2} \left(\frac{32}{35} - \left(1 - \frac{1}{7} \right) \right)}{8 \cdot 3 \cdot 373} =$$

$$= \frac{18 \cdot 35 \left(\frac{32}{35} - \frac{20}{35} \right) \cdot 10^{-2}}{30959 \cdot 10^{-1}} = \frac{18 \cdot 2 \cdot 10^{-1}}{30959} \approx \frac{36}{31} \cdot 10^{-4} \approx 119 \text{ мГ}$$

$$\approx 119 \text{ мГ}$$

Ответ: $\Delta m \approx 119 \text{ мГ}$

N18 Вопрос: формула тонкой линзы:

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

+ " - действ. изобр.
 - " - минчее изобр.
 + " - собир. линза
 - " - рассеив. линза

d - расстояние от линзы до объекта

f - расстояние от линзы до изобр.

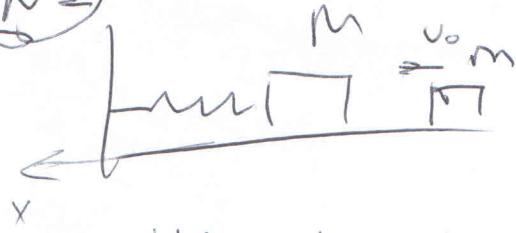
F - фокусное расст. линзы - ?

? $F = \frac{f}{d}$ - увеличение линзы

Черновик

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{2}{3} m v_0 + \frac{1}{3} m w^2$$

(N1)



$$M \ddot{x} + Kx = 0$$

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

$$\begin{cases} v_0 = nu - w \rightarrow w = v_0 - nu \\ v_0^2 = nu^2 + w^2 \Rightarrow v_0^2 = nu^2 + v_0^2 - 2nuv_0 + n^2u^2 \\ 0 = nu - 2nuv_0 + n^2u \end{cases}$$

$$2Kv_0 = (K + n^2)u$$

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

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

$$\begin{aligned} x(0) &= 0 & u &= \frac{2v_0}{n+1} & w &= \frac{2nu_0}{n+1} - v_0 = \\ u(0) &= \frac{w_0}{n+1} & & & & = \frac{nu_0 - v_0}{n+1} \\ & & & & & = \frac{n-1}{n+1} v_0 \end{aligned}$$

$$x \neq A_0 \sin(\omega t + \varphi) = 0$$

$$v = \omega x_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$T' = \frac{\pi}{12} T = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$x(t) = -\frac{n-1}{n+1} v_0 T = x_0 \cos(\omega t)$$

$$-\frac{n-1}{n+1} v_0 \frac{7\pi}{6} \sqrt{\frac{M}{K}} = \frac{2v_0}{n+1} \sqrt{\frac{M}{K}} \cos \frac{7\pi}{6} \Rightarrow$$

$$+(n-1) \cdot 7\pi = +2 \cdot \cos \frac{\pi}{6}$$

$$n-1 = \frac{2}{7\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$5-3-n-1+1$$

$$\frac{10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} (100 \cdot 10^{-4} \cdot 30 \cdot \frac{1}{10^2})}{30 \cdot 98 \cdot 10^{-1}} = n = \frac{\sqrt{3}}{7\pi} + 1$$

$$= \frac{18 \cdot 3 \cdot 10^4}{31 \cdot 10^3} \cdot \frac{30}{31} \cdot 10^{-3}$$

$$v_0 = nu - w$$

$$v_0^2 = nu^2 + w^2$$

$$v_0 + w = \sqrt{u^2 + w^2}$$

$$(v_0 - w)(\sqrt{u^2 + w^2}) = \sqrt{u^2}$$

$$v_0 - w = u$$

$$u$$

Черновик

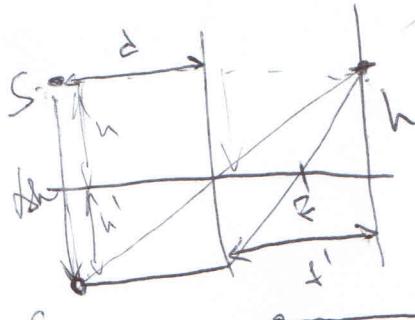
N3 $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ $d\Phi = B \cdot S$

$$V \cdot T = 2\pi R \quad t = \frac{2\pi R}{100} \quad n = \frac{1}{t}$$



Чертежи

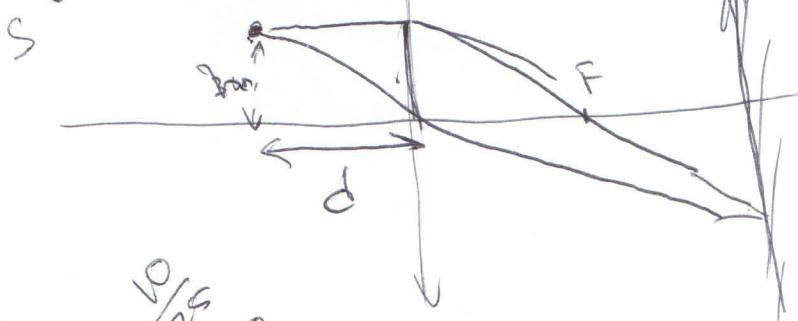
(№)



$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{d}{R}$$

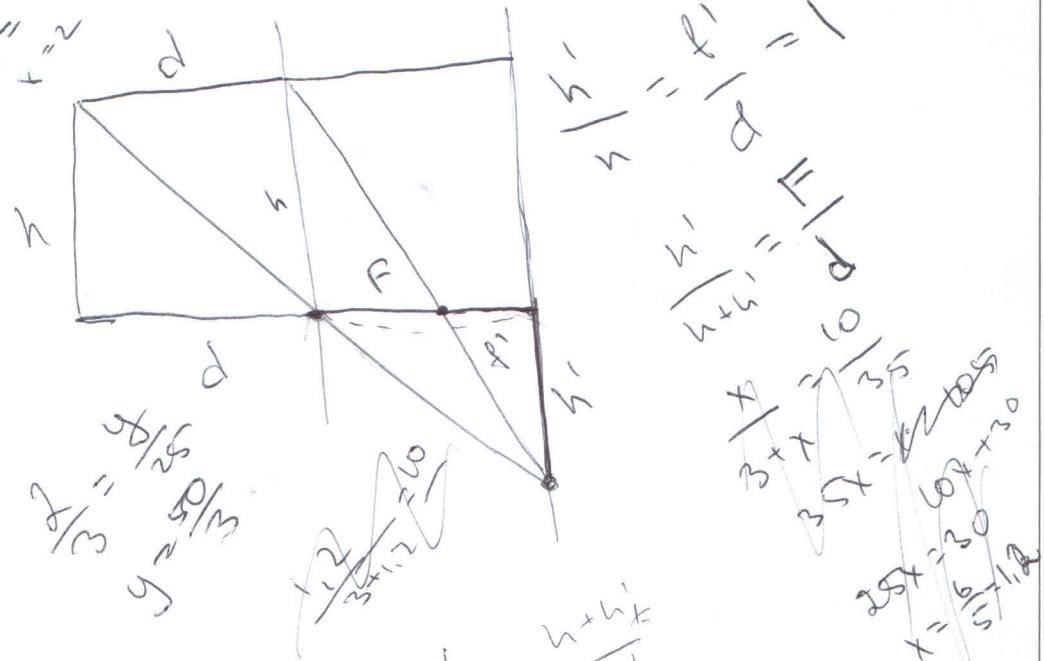
$$\Delta h = \frac{25}{100}^2 \cdot 7,5 \text{ см.} = \frac{6}{100} = \frac{3}{50}$$

$$f = \frac{50}{3} \text{ см.}$$



~~$$\frac{3+x}{15+x} = \frac{10}{25}$$~~

~~$$15+x = 50$$~~



$$\frac{y}{10} = \frac{25}{50}$$

$$y = 5$$

$$\frac{h+y}{h} = \frac{1}{2}$$

$$h+y = 10$$

$$y = 5$$

$$\frac{h+y}{h} = \frac{1}{2}$$

$$h+y = 10$$

$$y = 5$$

*В апелляции
отказано*

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов-2020»

ректору МГУ имени М.В. Ломоносова

академику В.А. Садовничему

от участника олимпиады по физике

Мотыгин Владимир

Владимирович, 11

(фамилия, имя, отчество, класс)

Вариант

1

А П Е Л Л Я Ц И Я на результат Олимпиады

Прошу пересмотреть выставленный мне технический балл за мою работу заключительного этапа по физике, с 13 на 14 по следующей причине (необходимо указать номер задачи; выставленный за нее балл; основание для пересмотра баллов; балл, который должен быть выставлен по мнению участника):

По задаче 2 (Балл 13) Была
допущена ошибка касательно ко
зачисленных сюда двух баллов, хотя
базовых критерий нет. Прочту
иоставить 14

« 5 » марта 2020 г.

С.Ф.

(подпись)

Примечание: В соответствии с Положением о порядке подачи и рассмотрения апелляций в рамках Олимпиады школьников «Ломоносов» «апелляцией на результат Олимпиады является аргументированное письменное заявление о несогласии с выставленными баллами».