

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

11-E1-085

Задача 1 Катюшка

Название задачи (см. условие)

заполнить печатными буквами!!!

ФРЕ ИК

Фамилия

АЛЕКСАНДР

Имя

АНДРЕЕВИЧ

Отчество

8 (916) 695 63 08

Номер вашего мобильного телефона

(+7)

1. Пишите только с одной стороны листа.
2. Не мните, не сгибайте, не рвите листы.
3. Нумеруйте листы (например, «лист 5 из 8»).

Это лист № 0

Томск, 2019



Задача 11-1  
 Протокол проверки

Шифр работы: 11-Е1-085

№	Критерий	Максимум	Балл
1.1	Закреплен стержень с шариком	1	1,0
1.2	Механическая фиксация ящика	1	1,0
1.3	3 или более точек на растущей части	0,5	0
1.4	5 или более точек около максимума ( $> 0,8 F_{max}$ )	0,5	0
1.5	7 или более точек на убывающей части (частичный балл за 5-6)	1	1,0
1.6	График: подписаны величины и единицы измерения на осях	0,5	0,25
1.7	График: разметка осей	0,5	0
1.8	График: масштаб	0,5	0,5
1.9	График: кресты погрешностей	0,5	0
2.1	Идея нахождения $V_0$	1	1,0
2.2	Формула для нахождения $V_0$ из графика	0,5	0,5
2.3	Ответ для $V_0$ в диапазоне 5...7 мГл	1	0
3	Верная формула для $V$	2	0
4.1	Формула для $R$	1	0
4.2	Ответ для $R$ в диапазоне 25...40 мм	0,5	0
5.1	Формула для $d$	0,5	0
5.2	Ответ для $d$ в диапазоне 0,25...0,40 мм	0,5	0
5.3	Формула для $N$	0,5	0
5.4	Ответ для $N$ в диапазоне 900...1500	0,5	0
6.1	Анализ погрешности $V_0$	0,25	0
6.2	Анализ погрешности $R$	0,25	0
6.3	Анализ погрешности $d$	0,25	0
6.4	Анализ погрешности $N$	0,25	0

Сумма 5,25

Проверил Гредняк

Ответ:

2)  $B_0 = 2,11 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$

3)  $B = \frac{2 k I r^2}{\sqrt{r^2 + x^2}}$

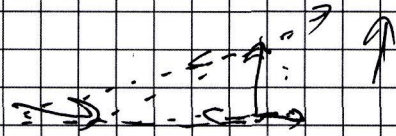
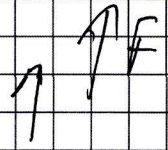
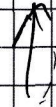
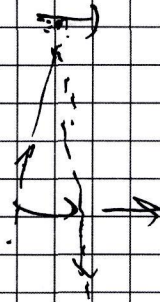
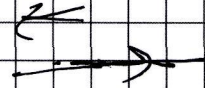
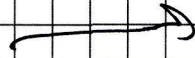
4)  $R = 0,52 \text{ м}$

5)



Шифр:

11-Е1-085





## 1. Установка и 19

1. Содержимое установки, закрепив стержень  
привинткой, на весах

на кюветке поместив ч.л.

Максимальное значение

силы, с которой шарик

приспособлен на

капюшечку наблюдается

не в центре лунки, а на окружности

с радиусом в оси отвесной  $r \approx 1,5 \text{ см}$ ,

так как не радиальность <sup>силы тяжести</sup> сокращается и на

край лунки <sup>отсюда следует</sup> поэтому <sup>уравнения</sup>, что

капюшечка находится в центре, на тропе

возле шарика лунка шарика в вершине

~~капюшечка~~ ~~зависит от~~

капюшечки ~~подскакивает~~, замечаем, что пока-

затель максимален посередине, поэтому

капюшечка посередине.

С помощью ~~увеличитель~~ и ~~измерял~~ ~~зависимости~~

показаний ~~батарейных~~ ~~весов~~ (когда лунка

была далеко от ч.л.) от  $x$  между центром

капюшечки и шариком

дана в табл. на след. ст.



X	F
<del>6,5</del>	<del>0,08</del>
<del>6</del>	<del>0,12</del>
<del>5,5</del>	<del>0,16</del>
<del>5</del>	<del>0,21</del>
<del>4,5</del>	<del>0,27</del>
<del>4</del>	<del>0,36</del>
<del>3,5</del>	<del>0,45</del>
<del>3</del>	<del>0,54</del>
<del>2,5</del>	<del>0,64</del>
<del>2</del>	<del>0,75</del>

	$X_{ред}$	F, мА
1	7	0
2	6,5	0,08
	6	0,12
	5,5	0,16
	5	0,21
	4,5	0,27
	4	0,36
	3,5	0,45
	3	0,54
	2,5	0,64
	2	0,75
		1,05
		1,72
	1,5	1,54
	1	1,6
	0,5	1,65
	0	1,82

Алманъ германъ



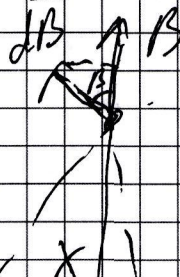
Построим график по формуле

2. Радиус закрутки проволоки в центре  $F_{max} = 20 \mu$

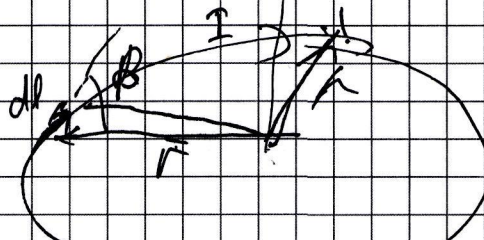
$$F = \rho_m \frac{dB}{dx}; \quad F dx = \rho_m dB$$

$$B_0 = \frac{1}{\rho_m} \int F dx = \frac{2,11 \cdot 10^{-3}}{0,1} \tau_a = 0,0211 \tau_a$$

Угловая поправка почитаем как поправка под графиком  $F(x)$



$$\begin{aligned} 3. \quad B &= \\ &= \int_0^{2\pi r} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot dl \cdot I \cdot \cos \beta = \\ &= \int_0^{2\pi r} \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{r}{\sqrt{r^2+x^2}} dl = k I \frac{r \cdot 2\pi r}{\sqrt{r^2+x^2}} = 2k \frac{I \pi r^2}{\sqrt{r^2+x^2}} \end{aligned}$$



4. Если высота катушки  $\ll R$ , тогда не радиусом катушки можно определить по радиусу в центре масс проволоки,  $\ll R$  и если 190 штук проволоки на один виток, он увеличивается всегда примерно посередине (высвобождаем радиус)

$$4. \quad m \text{ проволока} = 280,3 \text{ г}$$

$$m_{\text{шпильки}} = 0,7 \cdot m_{\text{пров}} = 201,5 \text{ г} = m_{\text{шп}}.$$



пусть  $d$  - диаметр проводов

$L$  - суммарная длина

$$L = N \cdot 2\pi R$$

$\Gamma$  - сопротивление единицы

$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{\rho N \cdot 2\pi R}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

$$r = \frac{L}{S} = \frac{N \cdot 2\pi R}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{8NR}{d^2}$$

Поскольку катушка в цепи не имеет  
~~вольт~~  $\mathcal{E}$  и  $\mathcal{I}$  из  $\pi$  замк. контура  $\mathcal{I} = 0$

$$\mathcal{I}R = \mathcal{U} = \frac{\mathcal{U} d^2}{8NR}$$

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{U}}{r} = \frac{\mathcal{U} d^2}{8NR}$$

$$m_{\text{ж}} = \rho \cdot L \cdot S = \rho \cdot N \cdot 2\pi R \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \rho NR d^2 \frac{\pi^2}{2}$$

$$d^2 = \frac{m_{\text{ж}} \cdot 2}{\rho N \pi^2 R}$$

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{U} \cdot \frac{m_{\text{ж}}}{\rho N \pi^2 R}}{\rho N \pi^2 R} = \frac{\mathcal{U} \cdot m_{\text{ж}}}{4\rho \pi^2 (NR)^2}$$

Если катушка короткая, то можно считать, что индукция от всех витков в центре равна  $\mathcal{H}$  индукции при  $x=0$

$$B_0 = NB = N \cdot 2k \frac{\mathcal{I} \pi R^2}{R^2} = NR^2 k \pi \mathcal{I}$$

А на расстоянии  $x \gg R^2$

$$B_{\text{д}} = NB_x = \frac{NR^2 k \pi \mathcal{I}}{x} = \frac{B_0 R}{x}$$



~~Векторная графика~~

Аналогично предыдущей 2) величина

$B_5$ ;  $B_3$  при

$$\lambda = 5 \text{ см}$$

$$\lambda = 3 \text{ см}$$

$$B_5 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$B_3 = 0,012 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$B_{2,5} = 0,06 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$R = \frac{B}{B_0} \cdot \lambda = 0,6 \text{ см}; 0,4 \text{ см}$$

$$R = 0,7 \text{ см}$$

Вектор  $B_{0,5}$

$$B_{0,5} = 0,146 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} \quad R = 0,42 \text{ см}$$

$$\bar{R} = 0,5^2 \text{ см}$$

$$5. \quad B_0 = 2 \pi R k \pi I = 2 \pi R k \pi I \quad U = 1 \text{ мм}$$

$$\frac{2 \rho \pi I}{2 \rho \pi I} =$$

$$= \frac{k U 1 \text{ мм}}{2 \rho \pi NR} \Rightarrow NR = \frac{k U 1 \text{ мм}}{2 \rho \pi B_0}; U = 1 \text{ мм}$$

$$d^2 = \frac{m \cdot 2}{\rho \pi^2 NR} = \frac{m \cdot 2 \cdot 2 \rho \pi B_0}{\rho \pi^2 k U 1 \text{ мм}} = \frac{4 B_0}{\pi k U 1}$$

$$= 3,8 \cdot 10^{-4}$$

$$d = 2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ мм}$$

$$N = \frac{k U 1 \text{ мм}}{2 \rho \pi B_0 R} = 2,37$$

Объем имеет смысл только если

капелька захватывает все эллипсоид (его диаметр  $d$ ),  
 $U = d = 2$ , но вышло как раз диаметр 2 мм



2.0 F, mH

1.75

1.5

1.0

1

0.75

0.5

0.25

X 1000

4

6

7

8

9

9

10

11

11

12

13

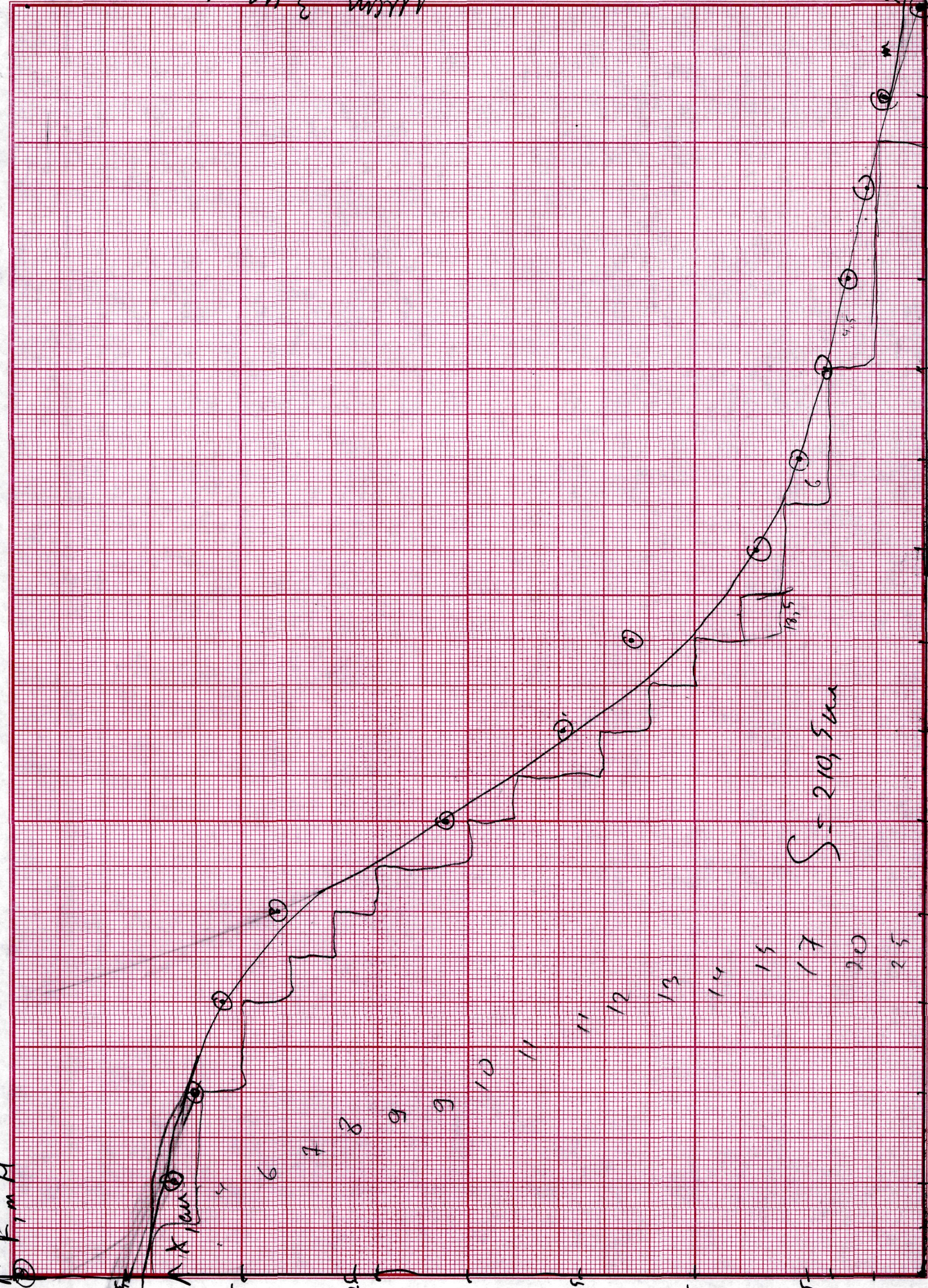
14

15

17

20

25



S = 210,5 uca