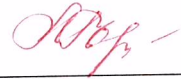


Протокол проверки работы

Шифр работы 1105

ФИО эксперта	Баллы	Подпись
Павлов С.А.	34	
Фирсов М.В.	36	
Горбанева	36	

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 1	ЛИСТ 1 ИЗ 10	1105 ППФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------	--------------	--

1) Равновесие достигается, когда ~~потенциальная~~ потенциальная энергия системы меньше минимальна (при ~~от~~ наличии $+1$ отклонения ~~возникает~~ энергия увеличивается за счет возникающей возвращающей силы, совершающей отрицат. работу), т. е. когда плечо Δ минимально, т. е. когда плечо Δ максимально.

Пусть $\angle OAB = \beta$. $+1$

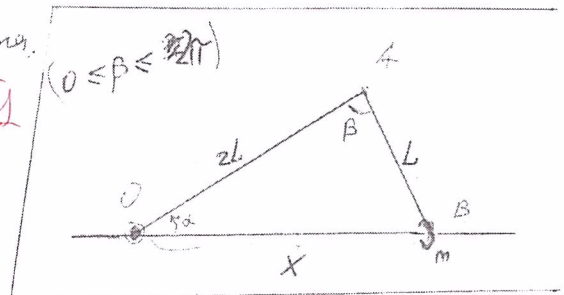
Тогда

$$S_{OAB} = \frac{1}{2} OA \cdot AB \cdot \sin \beta =$$

$$= \frac{1}{2} L^2 \cdot 2L \cdot \sin \beta = L^2 \sin \beta. +1$$

Очевидно, что $S = S_{max}$ когда $\sin \beta = 1$, $\beta = \frac{\pi}{2}$

Тогда OA примета, $\alpha = \arctg \frac{L}{2L} = \arctg \frac{1}{2} = 0,463$



2) В любой момент времени ^{потенц.} энергия меньше равна $+1$

$$W = W_0 - 2S_{OAB} \cdot \sigma = W_0 - 2\sigma L^2 \sin \beta. +2$$

При малых отклонениях β на $\varphi \ll 1$

$$\Delta W = -W_0 + 2\sigma L^2 \sin \frac{\pi}{2} + W_0 - 2\sigma L^2 \sin \left(\frac{\pi}{2} + \varphi \right) = 2\sigma L^2 (-\cos \varphi + 1) = \frac{1}{2} \sigma L^2 \varphi^2$$

~~Кинетическая энергия системы равна~~ Пусть $OB = x$. Тогда

$$x^2 = L^2 + (2L)^2 - 2L \cdot 2L \cdot \cos \beta = 5L^2 - 4L^2 \cos \beta$$

1	2	3	4	5	Σ
12	2	12	10	0	36 баллов

ЛІСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 4. 4	ЛІСТ 2. ІЗ 10	1105 ІІІФР (заповняється Оргкомітетом)
---------------	---------------	--

(продолж.)

$$x = \sqrt{5L^2 - 4L^2 \cos \beta} = \sqrt{5}L \cdot \left(1 - \frac{4}{5} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{5}L \left(1 + \frac{4}{5} \sin \varphi\right)^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \sqrt{5}L \left(1 + \frac{4}{5} \varphi\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{5}L \left(1 + \frac{2\varphi}{5}\right) = L \left(\sqrt{5} + \frac{2\varphi}{\sqrt{5}}\right) \quad \left. \begin{array}{l} \ddot{z} = \ddot{z}' - \\ \text{примув. по} \\ \text{врем.} \\ \text{от } z \\ \ddot{z} - 2 \cdot \lambda \text{ примув.} \end{array} \right\}$$

тогда $v = \dot{x} = \left(\sqrt{5}L + \frac{2L}{\sqrt{5}}\varphi\right)'_t = \frac{2L}{\sqrt{5}}\dot{\varphi}$

Тогда ЗСЭ для системы выглядит как

$$\Delta W + \frac{mv^2}{2} = \text{const} \quad ; \quad L^2 \sigma \varphi^2 + \frac{m}{2} \cdot \frac{4\dot{\varphi}^2}{5L} = \text{const}$$

$$0L^2 \varphi^2 + \frac{2mL^2}{5} \dot{\varphi}^2 = \text{const}, \quad + 2$$

что соответствует ур-ю гармонических колебаний

с циклической частотой

$$\omega^2 = \frac{\text{коэфф. перед } \varphi^2}{\text{коэфф. перед } \dot{\varphi}^2} \quad \omega = \sqrt{\frac{0L^2}{\frac{2mL^2}{5}}} = \sqrt{\frac{5\sigma}{2m}} \quad + L$$

тогда $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{5\sigma}} \quad + 2$

Ответ: 1) $\alpha_{\text{равн.}} = \arctg \frac{1}{2} = 0,463$

2) $T = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{5\sigma}}$

10

128

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 2	ЛИСТ 3 ИЗ 10	1105 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------	--------------	--

Поскольку сосуд и атмосфера соединены трубкой, а охлаждение происходит медленно, (будем считать, что процесс установился после выключения двигателя), то P_1 в конце равно атмосферному P . Тогда

в начале $PV = \nu_0 R T_0$ (исправлено, если в начале P внутри равно P атм, то не обязательно верно. Далее в рассуждениях это не используется)

в конце $PV = \nu R T$

т.к. изначально и в конце внутри и вне сосуда температура

T_0 , ~~в начале~~ к концу процесса газевых смесей

ν молей воздуха с T_0 до T (ν увеличивается и $\nu - \nu_0$ положительное). И.к. ~~температура~~ ~~равна~~ ~~температура~~

$$Q_{\text{amb}} = -\Delta U = -\frac{5}{2} \nu R (T_0 - T) = \frac{5}{2} \nu R (T_0 - T)$$

Работа! ?

12 $\nu = \frac{PV}{RT}$, след $Q_{\text{amb}} = \frac{5}{2} \frac{PV}{RT} R (T_0 - T) = \frac{5PV}{2T_0} \frac{T_0 - T}{T_0}$

Ответ: ~~Работа~~ $Q_{\text{amb}} = \frac{5}{2} PV \cdot \frac{T_0 - T}{T}$

2

20-

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

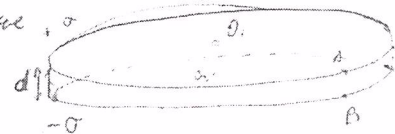
ЗАДАЧА № 14.3	ЛИСТ 4 ИЗ 10	1105 ППФР (заполняется Орг. комитетом)
---------------	--------------	--

1) П.к. $d \ll R$, ^{и т.д. и т.д. в центре пластин концентрации} то я могу считать пластины бесконечными, рассматривая ~~отрезок~~ поле $\vec{E}$ на отрезке $O_1 O_2$. Тогда

поле E на этом отрезке ^{вертикально} однородно и равно $2 \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$. + 1

(т.к. каждая из 2 пластин создает вертикальное поле $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$), напр. вниз. Значит, при ~~переходе~~ ^{переносе заряда} из O_1 в O_2 электрическое поле совершает работу

$$A = E d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0}$$



$$\text{и } \varphi_{O1} - \varphi_{O2} = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \quad + 1$$

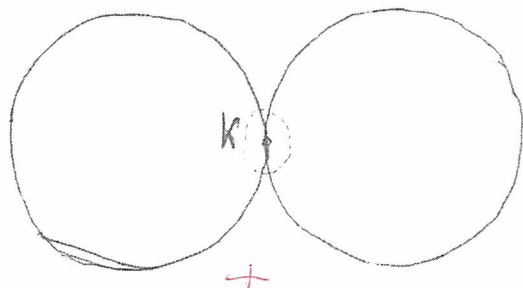
2,3) В $\varphi_{O1} - \varphi_A = \varphi_B - \varphi_{O2} = \Delta \varphi_K$ в силу симметрии

$$\varphi_A - \varphi_B = \Delta \varphi_K$$

$$\frac{\sigma d}{\epsilon_0} = \varphi_{O1} - \varphi_{O2} = \varphi_{O1} - \varphi_A + \varphi_A - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_{O2} = \Delta \varphi_K + 2 \Delta \varphi_K$$

Если мы составим два круга радиусом R с поверхностной плотностью заряда $\pm \sigma$, как показано на рисунке (на одной плоскости, касаясь) и

рассмотрим окрестность точки их касания K , можно утверждать, что ситуация в точке K и возле нее на перпендикуляре к кругам



ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

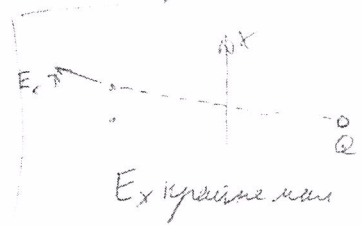
ЗАДАЧА № 11.3	ЛИСТ 5 ИЗ 10	1105 ШПФР (заполняется Оргкомітетом)
---------------	--------------	--

Аналогичная ситуация, когда К
летит на бесконечной одно-
равномерно заряженной пластине,
т.к. ~~вблизи~~ ^{на} ~~бесконечной~~ пластине
однородно

(продолжение)



на участке плоскости кругов внутри окружности практически
нет перпендикулярных составляющих, а вклад зарядов вне окружности
в перпендикулярную составляющую поля велик из-за
удаления и ^{из-за} того, что ~~тогда~~ ^{тогда} ~~которым~~ ^{которым} ~~неправильно~~ ^{неправильно} создаваемое
или поле К плоскости, а
II плоскости
~~составляющая~~ ^{составляющая}
компенсируется в силу симметрии.



+3

Из этого следует, что в окрестности
края ~~одного из зарядов~~ ^{одного круга} (например, точка А)
вклад в ~~составляющую~~ ^{составляющую} $\vec{E}$ этого
самого круга равен половине вклада двух кругов, т.е. половине
вклада бесконечной пластины, т.е. $E_{11} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$

Получа два параллельных круга в задаче создаем между
точками А и В ($d \ll R$, поэтому В-окрестность А, а А-
окрестность В) поле, равное $2 \cdot \frac{\sigma}{4\epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ +2

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 3	ЛИСТ 6 ИЗ 10	1105 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------	--------------	--

(продолжение 2)

Это значит, что

$$2) \Delta \varphi_{\text{кр}} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot d = \frac{\sigma d}{2\epsilon_0} \quad + 1$$

3) По условию

$$\varphi_{01} - \varphi_{02} = \Delta \varphi_{\text{кр}} + 2 \Delta \varphi_R, \text{ то } + 2$$

$$\frac{\sigma d}{\epsilon_0} = \frac{\sigma d}{2\epsilon_0} + 2 \Delta \varphi_R \quad + 1$$

$$\Delta \varphi_R = \frac{1}{2} \frac{\sigma d}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma d}{4\epsilon_0}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{\sigma d}{4\epsilon_0} \quad + 1$$

Ответы: 1) $\varphi_{01} - \varphi_{02} = \frac{\sigma d}{\epsilon_0}$

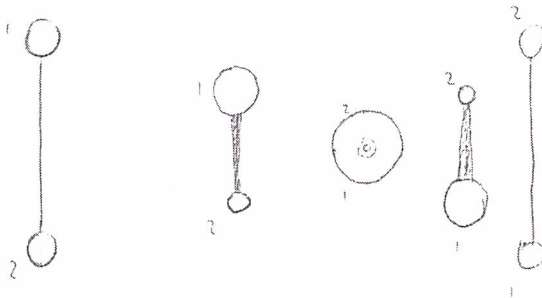
2) $\varphi_A - \varphi_B = \frac{\sigma d}{2\epsilon_0}$

3) $\varphi_{01} - \varphi_A = \frac{\sigma d}{4\epsilon_0}$

12

ЛІСТ ДІЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11.4	ЛІСТ 7 ИЗ 10	1105 ППФР (заполняется Оргкомитетом)
---------------	--------------	--



принимать в начале координат шаров $x_0 = 0$

В силу симметрии шары могут двигаться только вдоль оси X и вращаться вокруг Ц.М. В 1 случае поле составленная полем $\vec{B}$, направленная вдоль X , не оказывает влияния на шары, а во 2 сила Лоренца параллельна скорости и разнонаправлена для разных шаров, но и компенсирует сами себя. ~~при рассмотрении системы шаров + стержень, сила компенсируется~~ ~~направление стержня при рассмотрении шаров отдельно, т.е. не оказывает влияния.~~ Рассматриваем только $\vec{B}_r$.

Разложим силу Лоренца и скорость шаров на 2 составляющие - вдоль оси X (индекс X) и $\perp$ оси X и стержня (индекс r)

$$\begin{cases} F_r = v_x B_r q = m \dot{v}_r = m \frac{dv_r}{dt} \quad ① \\ F_x = v_r B_r q = -m \dot{v}_x = -m \frac{dv_x}{dt} \quad ② \end{cases}$$

$$v_r B_r q \cdot v_x dt = m dv_r$$

$$\Downarrow \quad dX = \frac{m}{B_r q} dv_r$$

$$\Downarrow \quad X = \int_0^x dX = \frac{m}{B_r q} \int_0^{v_r} dv_r = \frac{m v_r}{B_r q}$$

$$\Rightarrow v_r = \frac{B_r q}{m} X$$

В силу симметрии шары могут двигаться только вдоль оси X и вращаться вокруг Ц.М. В 1 случае поле составленная полем $\vec{B}$,

Получим систему, заменив 3 закон Ньютона для одного шара на ось x и ось y

пути 2
+ 15-

ЛІСТ ДІЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 4	ЛІСТ 8 ІЗ 10	1705 ІІІІФР (заповняється Оргкомітетом)
----------------	--------------	---

2) Рассмотрим момент, когда $X = L_{max}$ (продолжение 1)
т.к. $\dot{X} = \dot{x}$, то $\dot{X} = 0$ (уравнение экстремума)

из ЗСЭ

$$+ 1 \quad \frac{2m\dot{v}^2}{2} = \frac{2m\dot{v}_{равн}^2}{2} = \frac{2m(\dot{v}_c^2 + \dot{v}_x^2)}{2} = \frac{2m\dot{v}_{cmax}^2}{2}, \text{ т.к. } \dot{v}_{cmax} = \dot{v}$$

4) Из следующей ур. 8 (1) системы получаем, что

$$L_{max} = X_{max} = \frac{m\dot{v}_{равн}}{B_r q} = \frac{m\dot{v}}{B_r q} \quad + 2$$

3) Запишем полную кинетическую энергию системы (она постоянна из ЗСЭ, потенциальной энергии ~~вращательного движения~~ нет)

$$E = \frac{2m\dot{v}^2}{2} = \frac{2m\dot{v}_c^2}{2} + \frac{2m\dot{v}_x^2}{2} = const \quad \text{из следующей ур. 8 (1) системы получаем, что}$$

$$m \frac{B_r^2 q^2}{m^2} X^2 + m\dot{v}_x^2 = const \quad \dot{v}_c = \frac{B_r q}{m} X. \text{ Подставим это } \dot{v}_c \text{ в ЗСЭ}$$

$$\frac{B_r^2 q^2}{m} X^2 + m\dot{X}^2 = const, \text{ что соответствует уравнению гармонических колебаний с}$$

$$+ 1 \quad \left\{ \begin{aligned} &\text{циклической частотой } \omega^2 = \frac{B_r^2 q^2}{m} = \frac{B_r^2 q^2}{m^2}, \text{ и периодом} \\ &T = 2\pi \sqrt{\frac{m^2}{B_r^2 q^2}} = 2\pi \frac{m}{B_r q}. \text{ В этот период } \text{минимальное время} \end{aligned} \right.$$

между ~~максимумом~~ достиганием максимальной продольной координаты и максимальной координаты равно $\frac{T}{4} = \frac{\pi m}{2 B_r q}$, а значит и в рассматриваемой системе из двух таров - таров

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 4	ЛИСТ 9 ИЗ 50	1905 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------	--------------	--

максимальная координата X достигается через $t_0 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \frac{m}{B_r q}$ (при условии 2)
после достижения максимальной $U_x = \dot{X}$ в начале процесса.

В общем случае $t_0 = \frac{T}{4} + T \cdot n \quad (n \in \mathbb{Z}), n \geq 0$

$$t_0 = \frac{m}{B_r q} \left(\frac{\pi}{2} + 2\pi n \right) \quad (n \in \mathbb{Z}), n \geq 0$$

Ответ: 1) $L_{max} = \frac{m v}{B_r q}$

2) $U_{x_{max}} = U$

3) $t_0 = \frac{m}{B_r q} \left(\frac{\pi}{2} + 2\pi n \right) \quad n \in \mathbb{Z}, n \geq 0$

$$t_{0min} = \frac{\pi}{2} \frac{m}{B_r q} + 1$$

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11.5	ЛИСТ 10 ИЗ 10	1405 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
---------------	---------------	--

Шаг 1: найдем центр круга, а также фокус
Эллипса и соединим их отрезком. ~~найдем фокус~~

Шаг 2.

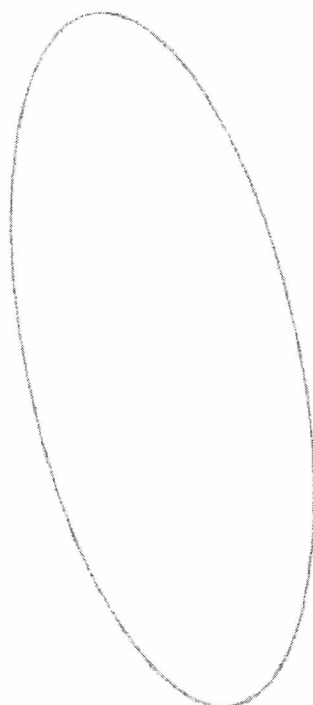
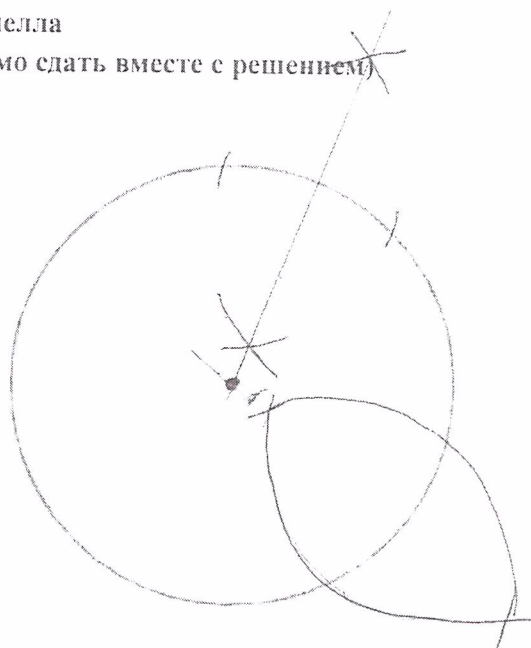
85-

1405

LVI Всероссийская олимпиада школьников по физике. Региональный этап.
Теоретический тур. 22 января 2022 г.
11 класс

К задаче 11.5. Круг Снелла

(Этот лист с вашими построениями необходимо сдать вместе с решением)



Начало онлайн-разбора решений задач теоретического тура (по московскому времени) будет:
22 января по адресу <https://youtu.be/ru6zYLbIg8I>. 7 класс – 16.00; 9 класс – 17.00;
23 января по адресу <https://youtu.be/TiNkhHpeIXs> 8 класс – 13.00; 10 класс – 14.00; 11 класс – 15.30.
Там же будет объявлено о правилах отбора на международную олимпиаду юниоров (IJSO)

Миср рабига 21105

Ризетов Л.В. 32 дана. АЗ

Иванов В.В. 32

Турбанова И.В. 32

01	2	Σ
17	15	32
17	15	32

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 1	ЛІСТ 1 ІЗ 4	21105
		ІІІФР (заповняється Оргкомітетом)

Серый ящик №3

Подключив поочередно ~~два~~ вывода вольтметра к каждой паре точек АВС, я получил, что

$$U_{AB} = 13,14 В$$

$$U_{AC} = 7,09 В$$

$$U_{BC} = 0 В$$

$\Rightarrow$ это не может быть "треугольник",

потому что в нем ^{линия} каждой паре точек есть напряжение ^{напряжения} из-за тока в цепи. Цепь либо "звезда", либо "цепочка"

Кроме того, т.к. $U_{AB} \neq U_{AC}$, можно сразу вывести, что ~~схема~~ при замыкании цепи вольтметр будет через нее мерить не крайне левый ток ($I R^{\text{л}} \text{ сравнимо с } \mathcal{E}$), а значит, R_v вольтметра сравнимо с r и R .

П.к. $U_{BC} = 0 В$, то точки 2, 3-точками В, С

(неизвестен порядок). Тогда п.1 - это т. А

П.к. $r < R$ то в цепи "звезда"

$$U_{12} = \mathcal{E} \frac{R_v}{R_v + r} \quad U_{12} = \mathcal{E} \frac{R_v}{R_v + r} \quad U_{13} = \mathcal{E} \frac{R_v}{R_v + R}$$

$$U_{13} < U_{12}, \text{ и } U_{AC} < U_{AB} \Rightarrow \text{А-1, В-2, С-3}$$

а в цепи "цепочка"

$$U_{12} = \mathcal{E} \frac{R_v}{R_v + r}, \quad U_{13} = \mathcal{E} \frac{R_v}{R_v + r + R}; \quad U_{13} < U_{12} \Rightarrow \text{В-2, С-3}$$

Значит, А-1; В-2; С-3

2.5

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 1	ЛИСТ 2 ИЗ 4	21105 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------	-------------	---

~~Есть еще, злая, но~~

$$U_{12} = \frac{E_3 R_1}{R_1 + r} = 13,14 \text{ В}$$

$$U_{13} = \frac{E_3 R_1}{R_1 + R} = 7,08 \text{ В} \quad \left. \begin{aligned} &= \frac{R_1 + r}{R_1 + R} = \frac{7,09}{13,14} \end{aligned} \right\}$$

Подключим амперметр к выводам 1, 2 и 1, 3

$I_{12} = 0,039 \text{ мА}$

$I_{13} = 0,011 \text{ мА}$

подключим амперметр к выводам 2, 3. $R_{23} \approx 2 \text{ МОм}$

~~Есть еще, злая, но~~

$$I_{12} = \frac{E}{R} = 0,039 \text{ мА}$$

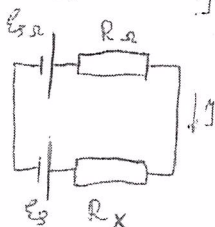
$$I_{13} = \frac{E}{R} = 0,011 \text{ мА}$$

$$\left. \begin{aligned} &= \frac{R}{R} = \frac{33}{11} = 3,95 \end{aligned} \right\}$$

Подключим амперметр к парам точек 1, 2 и 1, 3 (через нулевой А)

При этом показания амперметра будут равны

$$W = \frac{E_3 R}{r} - R_2 = \frac{E_3 R}{\frac{E_3 R - E_3}{R_2 + R_x}} - R_2 = \left(\frac{E_3 R}{E_3 R - E_3} - 1 \right) R_2 + \frac{E_3 R}{E_3 - E_3} R_x$$



или $\left(\frac{E_3 R}{E_3 R - E_3} - 1 \right) R_2$ для произвольных R и r одинаковых, т.е.

$$W_R - W_r = \left(\frac{E_3 R}{E_3 R - E_3} \right) (R - r)$$

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № <u>11.1</u>	ЛИСТ <u>3</u> ИЗ <u>4</u>	24105 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------------	---------------------------	---

Если ^{схема} ~~не~~ "цепочка", то

$$① U_{12} = \mathcal{E}_3 \frac{R_V}{R_V + r} = 13,14 \text{ В} \quad ③ I_{12} = \frac{\mathcal{E}_3}{r} = 39 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

$$② U_{13} = \mathcal{E}_3 \frac{R_V}{R_V + R + r} = 7,09 \text{ В} \quad ④ I_{13} = \frac{\mathcal{E}_3}{R + r} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

~~из ① и ②: $13,14 \cdot (R_V + r) = 7,09 \cdot (R_V + R + r)$~~

из ③ $r = \frac{\mathcal{E}_3}{I_{12}} = \frac{0,026 \cdot 10^6 \mathcal{E}_3}{39 \cdot 10^{-6}} \quad (\text{в СИ}) (\text{милливо})$

из ④ $R + r = \frac{\mathcal{E}_3}{I_{13}} \Rightarrow R = \frac{\mathcal{E}_3}{11 \cdot 10^{-6}} - \frac{\mathcal{E}_3}{39 \cdot 10^{-6}} = 0,065 \cdot 10^6 \mathcal{E}_3 (\text{в СИ})$
(милливо)

из ①, ② $13,14 \cdot (R_V + r) = 7,09 \cdot (R_V + R + r)$

$$R_V = \frac{7,09 \cdot 0,065 - 6,05 \cdot 0,026}{6,05} \cdot 10^6 \mathcal{E}_3 = 0,050 \cdot 10^6 \mathcal{E}_3 (\text{в СИ, милливо})$$

подставив R_V, R, r в ①, получим,

$$\mathcal{E}_3 = 13,14 \cdot \frac{R_V + r}{R_V} = 13,14 \cdot \frac{50 + 26}{50} = 20,0 \text{ В}$$

Но в таком случае, начальная схема "цепочка", то

$R_{23} = R$; $R_{23} > 2 \text{ М}\Omega$ (при подании сигнала с пределом измерения 2 М\Omega показывает перегруз, т.е. измерение $R > 2 \text{ М}\Omega$)

Однако из формулы входного сопротивления следует, что

$$R = 0,065 \cdot 10^6 \cdot \mathcal{E}_3 = 0,065 \cdot 10^6 \cdot 20 = 1,3 \cdot 10^6 \Omega = 1,3 \text{ к}\Omega.$$

Есть противоречие, значит, схема точно не "цепочка". Методом исключения получаем, что схема — "звезда".

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № <u>11. 1</u>	ЛИСТ <u>4</u> ИЗ <u>4</u>	24105 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
-----------------------	---------------------------	---

Получив, что схема „звезда“, знаем, что

$$① U_{12} = \mathcal{E}_g \frac{R_V}{R_V + r} = 13,14 \text{ В} \quad ③ I_{12} = \frac{\mathcal{E}_g}{r} = 39 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

$$② U_{13} = \mathcal{E}_g \frac{R_V}{R_V + R} = 7,09 \text{ В} \quad ④ I_{13} = \frac{\mathcal{E}_g}{R} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

из ③ $r = \frac{\mathcal{E}_g}{39 \cdot 10^{-6}} = 0,026 \cdot 10^6 \text{ } \Omega$ (в Сл, именно)

из ④ $R = \frac{\mathcal{E}_g}{11 \cdot 10^{-6}} = 0,091 \cdot 10^6 \text{ } \Omega$ (в Сл, именно)

из ①, ② $(R_V + r) \cdot 13,14 = (R_V + R) \cdot 7,09 \Rightarrow 6,05 R_V = 7,09 R - 13,14 r$

$$R_V = \frac{7,09 \cdot 0,091 - 13,14 \cdot 0,026}{6,05} \cdot 10^6 \text{ } \Omega = 0,050 \cdot 10^6 \text{ } \Omega$$
 (в Сл, именно) +1

Подставив R_V, R, r в ① или ②, получим, что

$$\mathcal{E}_g = 13,14 \cdot \frac{R_V + r}{R_V} = 13,14 \cdot \frac{50 + 26}{50} = 20,0 \text{ В}$$

$$R = 0,091 \cdot 10^6 \text{ } \Omega = 0,091 \cdot 10^6 \cdot 20,0 = 1,82 \cdot 10^6 \text{ Ом} = 1,82 \text{ МОм}$$

$$r = 0,026 \cdot 10^6 \text{ } \Omega = 0,026 \cdot 10^6 \cdot 20,0 = 0,52 \cdot 10^6 \text{ Ом} = 0,52 \text{ МОм}$$

$$R_V = 0,050 \cdot 10^6 \text{ } \Omega = 0,050 \cdot 10^6 \cdot 20,0 = 1,00 \cdot 10^6 \text{ Ом} = 1,00 \text{ МОм}$$

Примечания:

П.к. сопротивления получили порядка 10^6 Ом , т.е. много больше возможного сопротивления амперметра, амперметр можно считать за идеальный.

Исходная схема „звезда“ $R_{23} = R + r = (1,82 + 0,52) \cdot 10^6 \text{ Ом} = 2,34 \text{ МОм}$
 $R_{23} > 2 \text{ МОм}$

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № <u>11.2</u>	ЛІСТ <u>1</u> ІЗ <u>7</u>	<u>24405</u>
		ШІФР (заповняється Оргкомітетом)

расстояние между зажимами $S = 41,5 \text{ см}$; $L = 50 \text{ см}$; $sl = 2,5 \text{ см}$

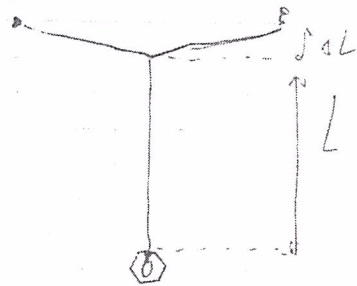
$$1) 10 \cdot T_1 = 14,22^\circ \text{C}$$

$$T_1 = 1,42 e$$

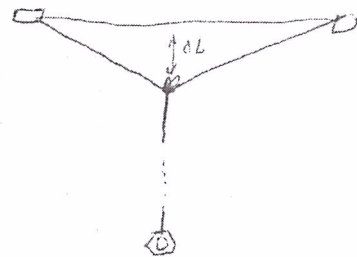
$$2) 10) T_2 = 14,8^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 1,48 \text{ c}$$

3) $\tau = 51,20$



4) Для точности измерения ΔL ~~наблюдения~~ ^{наблюдения} между точками крепления подвесов, ~~откуда~~ ^{откуда} которая образована горизонтальной линией в плоскости Р и черн. расстояние от нее до точки узла, на котором подвешены галки.



i)

$(L = 50 \text{ cm})$

ΔL_c	2,5	4,0	3,0	4,5	3,5	5,0		
ΔT_c	51,2	36,6	42,6	32,9	38 40,0			

2,55

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 2/1. 2	ЛІСТ 2 ІЗ 4	21105 ШІФР (заповняється Оргкомітетом)
-----------------	-------------	--

5) $\Delta L = 3,5 \text{ см}$

$L, \text{см}$	50	43	37	61	30
$\tau, \text{с}$	40,0	34,6	27,4	52	20,9

2,58

6) ~~Використати~~ $\tau = A \cdot L^\alpha \cdot \Delta L^\beta$

$$\frac{\tau}{\tau_0} = \frac{A \cdot L_0^\alpha \cdot \Delta L_0^\beta}{A \cdot L^\alpha \cdot \Delta L^\beta} = \left(\frac{L}{L_0}\right)^\alpha \cdot \left(\frac{\Delta L}{\Delta L_0}\right)^\beta$$

$\tau_0 = 10 \text{ с}$
 $\Delta L_0 = 1 \text{ см}$
 $L_0 = 10 \text{ см}$

$$\ln \frac{\tau}{\tau_0} = \ln \frac{A \cdot L_0^\alpha \cdot \Delta L_0^\beta}{\tau_0} + \alpha \ln \frac{L}{L_0} + \beta \ln \frac{\Delta L}{\Delta L_0}$$

$\ln \frac{\tau}{\tau_0}$ лінійно залежить від $\ln \frac{L}{L_0}$ і $\ln \frac{\Delta L}{\Delta L_0}$

6.4)

$\ln \frac{\tau}{\tau_0}$	1,63	1,45	1,39	1,30	1,19
$\ln \frac{\Delta L}{\Delta L_0}$	0,92	1,10	1,25	1,39	1,50

$\beta = -0,72$

~~$\beta = 0,94$~~

~~Використати~~ $\ln \left(A \cdot L^\alpha \cdot \frac{\Delta L_0^\beta}{\tau_0} \right) = 2,26$

допомогти $\rightarrow 10$

6.5)

$\ln \frac{\tau}{\tau_0}$	0,74	1,00	1,24	1,39	1,65
$\ln \frac{L}{L_0}$	0,74	1,10	1,46	1,61	1,81

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № 11. 2	ЛИСТ 3 ИЗ 4	21105 ІІІІФР (заполняется Оргкомітетом)
----------------	-------------	---

6.5) $\alpha = 1,33$

$$\ln \left(A \cdot \Delta L^\beta \cdot \frac{L_0^\beta}{\tau_0} \right) = -0,53$$

$1,35 < \alpha < 1,65 - 25$

~~$\alpha = 1,57$~~

$\rightarrow 18$

из (6.4)

$$A \cdot L^\alpha \cdot \Delta L^\beta \cdot \frac{1}{\tau_0} = e^{2,26} = 9,58$$

$$A = \frac{e^{2,26}}{L^\alpha \Delta L^\beta} \tau_0 = \frac{9,58}{0,50^{1,33} \cdot 0,035^{-0,72}} \cdot 10c = 21,6 \text{ мс} \cdot \text{м}^{-0,61}$$

$$[A] = \frac{C}{\text{м}^{1,33}} \cdot \text{м}^{0,72} = \frac{\text{с}}{\text{м}} \cdot \text{м}^{-0,61}$$

Колѣбание с периодом T состоит из двух ~~мал~~ мод с собственными периодами T_1 и T_2 , причем при малых отклонениях $\Delta L \ll L$

18

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{L + \Delta L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(1 + \frac{\Delta L}{2L}\right)$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{g}{L}} \left(1 - \frac{\Delta L}{2L}\right)$$

тогда координата x тела (хиродоманна $\vec{r}$ и содержится в плоскости P)

ЛИСТ ДЛЯ ОТВЕТОВ

ЗАДАЧА № <u>ЖЛ 2</u>	ЛИСТ <u>4</u> ИЗ <u>4</u>	21105 ШПФР (заполняется Оргкомитетом)
----------------------	---------------------------	---

$$x = x_0 \cos \omega_1 t$$

$$x_0 = y_0$$

а координата y

$$y = y_0 \cos \omega_2 t$$

то есть

через время $\tau \frac{x}{y} = \tan 45^\circ = 1$

$$\frac{x}{y} = \frac{x_0 \cos \omega_1 t}{y_0 \cos \omega_2 t} = \frac{\cos(\omega_1 t)}{\cos(\omega_1 t - \frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t)}$$

$$= \frac{\cos \omega_1 t}{\cos(\omega_1 t) \cos(\frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t) + \sin(\omega_1 t) \sin(\frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t)}$$

$$= \frac{\cos(\omega_1 t)}{\cos(\omega_1 t) + \frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t \sin(\omega_1 t)}$$

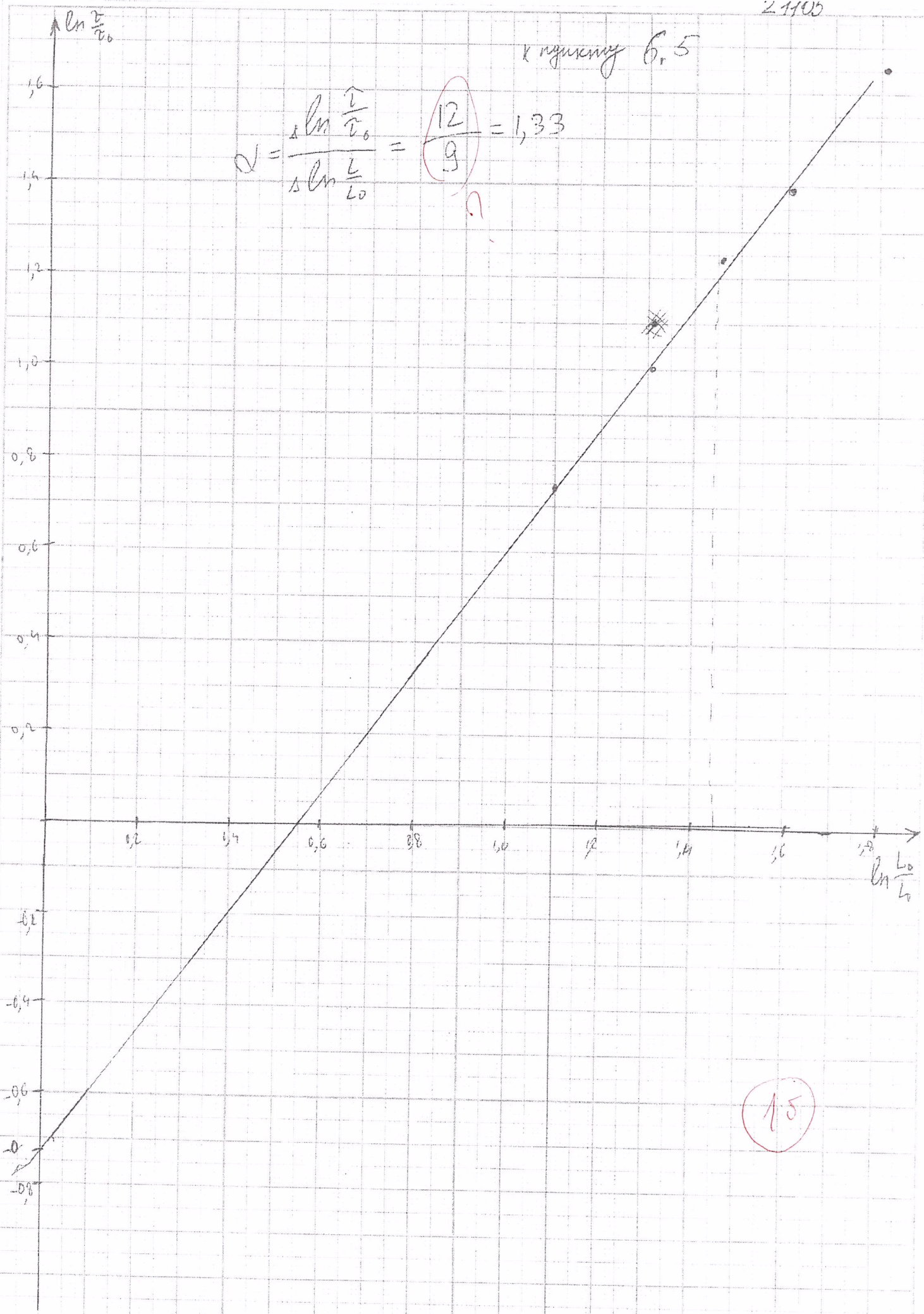
$$= \frac{1}{1 + \frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t \tan(\omega_1 t)} = 1 - \frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t \tan(\omega_1 t)$$

~~$$\cos \frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t = \cos \frac{\Delta L}{2L} \omega_1 t$$~~

2.11.00

к. н. с. 6.5

$$N = \frac{\Delta \ln \frac{\hat{L}}{L_0}}{\Delta \ln \frac{L}{L_0}} = \frac{12}{9} = 1,33$$



24403

к уравнению 6.4

$$\beta = \frac{\Delta \ln \frac{\tau}{\tau_0}}{\Delta \ln \frac{L}{L_0}} = \frac{-1,27}{1,77} = -0,72$$

