Всероссийская олимпиада школьников по физике

заключительный этап

T10 – 45

заполнять печатными буквами!!!

Белышев

Фамилия

Антоний

Имя

Николаевич

Отчество

+7-952-221-81-52

Номер вашего мобильного телефона

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

12 листов

1	2	3	4	5

ШИФР Т-10-45

СВ

V 3.0

Задача №1 **Проверяющий**

№	Критерий	Макс.	Пров.	Апел.
1	Показано, что в момент времени τ первая шайба движется по окружности радиуса L относительно второй	1		
2	Второй закон Ньютона в момент времени τ для первой шайбы (для проекции на стержень)	1		
3	Найдена угловая скорость стержня в момент времени τ $\omega = \sqrt{\frac{Fcos(\alpha)}{Lm_1}}$.	1		
4	Записаны верные исходные уравнения, позволяющие найти β	2	2	
5	Значение $\beta = \frac{Fsin(\alpha)}{Lm_1}$.	1	1	
6	Записано верное уравнение для поиска τ ($\omega = \beta\tau$)	1		
7	Значение $\tau = \sqrt{\frac{Lm_1 cos(\alpha)}{Fsin^2(\alpha)}}$	1		
8	Записано верное уравнение для поиска φ ($\varphi = \beta t^2/2$)	1		
9	Значение $\varphi = \frac{ctg(\alpha)}{2}$	1		
	ИТОГО	10	10	

Задача №2 **Проверяющий** Врод

№	Критерий	Макс.	Пров.	Апел.
1	Условие на координаты частиц из постоянства расстояний между ними $x^2 + y^2 = R^2$	1	1	
2	Связь скоростей частиц через закон сохранения энергии $v_x^2 + v_y^2 = const$	1	1	
3	Второй закон Ньютона для шариков в проекциях на оси $a_x = -kq^2x/mR^3$ и $a_y = -kq^2y/mR^3$	1+1	2	
4	Доказательство возможности движения, описанного в условии	3	0	
5	Метод, позволяющий получить решение.	2	2	
6	Правильный ответ $kq^2/(2R)$	1	1	
	ИТОГО	10	7	

44,5

ШИФР Т-10-45 **V 3.0**

Задача №3 **Проверяющий** Пикалов

№	Критерий	Макс.	Пров.	Апел.
1	Верно указаны изохорический и изобарический процессы	1	1	
2	Показано как выглядит процесс с теплоемкостью 2R ($P{\sim}V$)	2	1	
3	Сделан вывод о том, что по оси абсцисс может быть отложен объем	1	1	
4	Записаны верные уравнения для поиска КПД в 1 случае	1	1	
5	Найден КПД 1/9	0,5	0	
6	Сделан вывод о том, что по оси абсцисс может быть отложена плотность	1	1	
7	Записаны верные уравнения для поиска КПД во 2 случае	1	1	
8	Найден КПД 1/8	0,5	0.5	
9	Показано, что не могут быть отложены T или P	1	1	
10	Получен правильный ответ (при условии рассмотрения всех случаев)	1	0	

7.5

Задача №4 **Проверяющий** Яковлев З.А.

№	Критерий	Макс.	Пров.	Апел.
1	Потенциал вершины равностороннего треугольника со стороной а равен $\frac{\varphi_2}{2}$	1		
2	Указано, что при масштабировании пластины потенциал изменяется кратно.	2		
3	Предыдущее утверждение доказано	1		
4	$\varphi_C = \varphi_2$	1		
5	Идея разбиения пластины на треугольники (ромб и треугольники)	1		
6	$\varphi_D = \varphi_1 + \varphi_2$	1		
7	$\varphi'_D = \varphi_1 + \frac{\varphi_2}{2}$	1		
8	$\varphi'_C = \frac{3}{2}\varphi_2 - \varphi_1$	2		

10

Задача №5 **Проверяющий** Кобелина

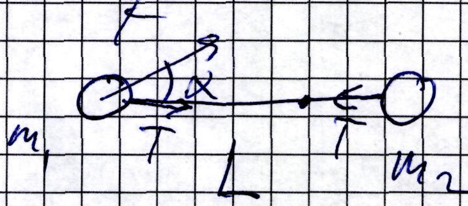
№	Критерий	Макс.	Пров.	Апел.
1	$I_1 = I/4$	1	1	
2	$I_{BC} = I_{CE} = I_{FC}$	1	1	
3	$I_2 < \frac{3}{40}I$ или более строгая оценка (если $I_2 < I/8$, то 1 балл)	3	3	
4	$I_2 > \frac{I}{16}$	3	3	
5	Получена правильная оценка с требуемой точностью	2	2	

Если при оценке записано равенство вместо неравенства, то баллы за соответствующий пункт умножаются на 0,5

10

 Шифр: Т10-45

Задача №1

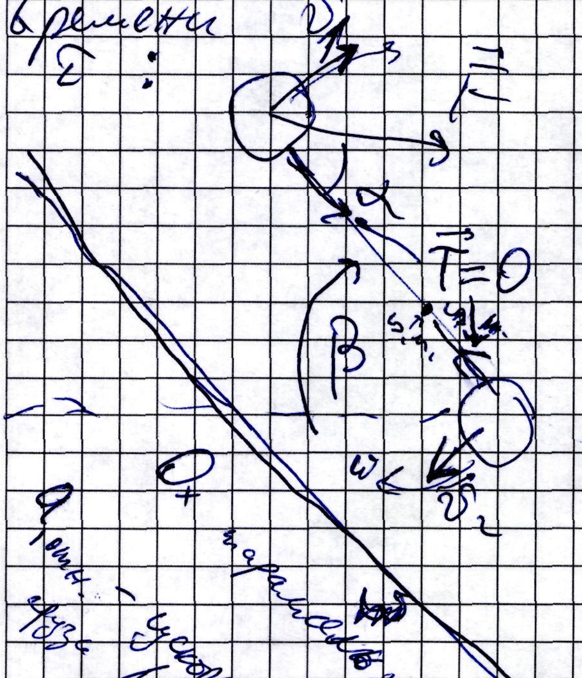


центр масс находится на расстоянии $\frac{m_2}{m_1+m_2}\cdot L$ от шарика m_1, и $\frac{m_1}{m_1+m_2}L$ от m_2.

система вращается вокруг ц. масс. $\Rightarrow \frac{d\omega}{dt} = F\cdot L\cdot\frac{m_2}{m_1+m_2}\cdot\sin\alpha / I =$

$$= \frac{F\cdot L\cdot\frac{m_2}{m_1+m_2}\cdot\sin\alpha}{m_1\frac{m_2^2}{(m_1+m_2)^2}L^2 + m_2\frac{m_1^2}{(m_1+m_2)^2}L} = \frac{F\cdot\sin\alpha}{L\cdot m_1}$$

момент времени τ:



$a_{1\,отн.}$ – ускорение первого груза в СО ц. м.

параллельно напр. стержня

$\cancel{v = \frac{\omega m_2 L}{m_1+m_2}}$

$$a_{ц.м.\,x} = \frac{F\cos\alpha}{m_1+m_2}$$

$$a_{1x} = \frac{F\cos\alpha}{m_1}$$

$$a_{1\,отн.\,x} = F\cos\alpha\left(\frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_1+m_2}\right) = \frac{F\cos\alpha\, m_2}{m_1(m_1+m_2)}$$

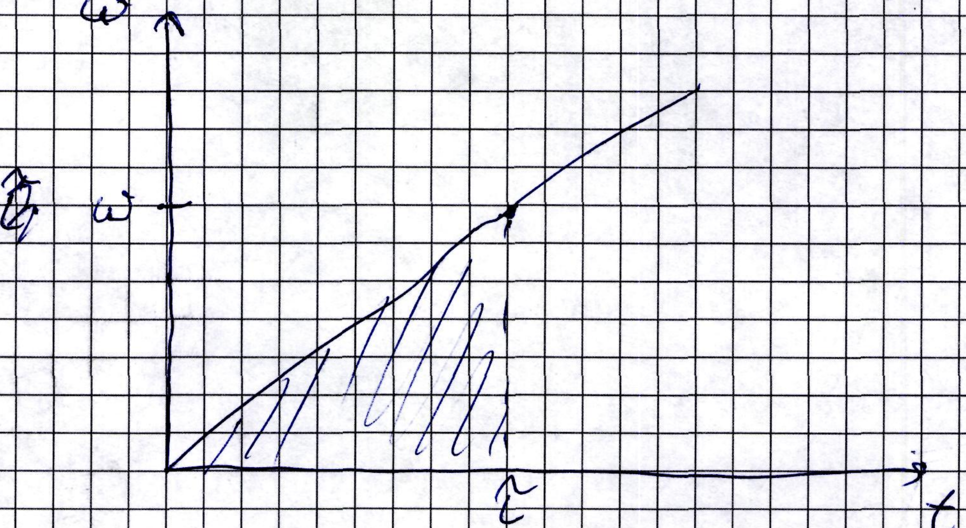
$$a_{1\,отн.\,x} = \omega^2 L\frac{m_2}{m_1+m_2}$$

Стр 2 из 12 Шифр: Т10-45

$$\frac{F\cos\alpha \, m_2}{(m_1+m_2)\,m_1} = \omega^2 L \frac{m_2}{m_1+m_2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{F\cos\alpha}{L m_1}}$$

$$\tau = \omega \Big/ \left(\frac{d\omega}{dt}\right) = \sqrt{\frac{L m_1}{F}\,\frac{\cos\alpha}{\sin^2\alpha}}$$



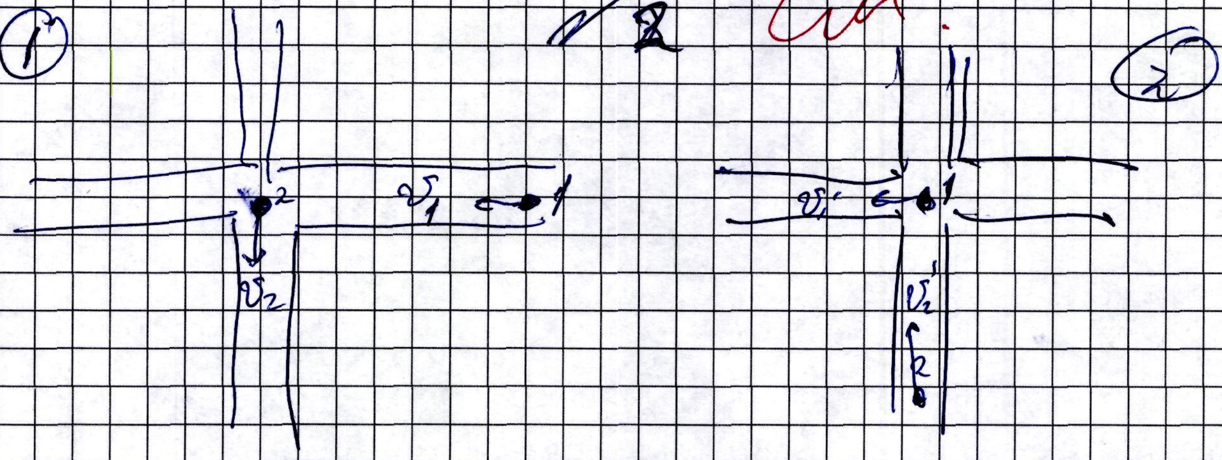
$$\cancel{\alpha =}\ \beta = \omega\tau/2 = \sqrt{\frac{L m_1}{F}\cdot\frac{\cos\alpha}{\sin^2\alpha}\cdot\frac{F\cos\alpha}{L m_1}}\Big/2 =$$

$$= \cancel{ctg\alpha/2}\ \frac{ctg\alpha}{2}$$

Ответ: $\omega = \sqrt{\frac{F\cos\alpha}{L m_1}}$, $\frac{d\omega}{dt} = \cancel{\frac{F\cos\alpha}{L m_1}}\ \frac{F\sin\alpha}{L m_1}$;

$\tau = \sqrt{\frac{L m_1}{F}\,\frac{\cos\alpha}{\sin^2\alpha}}$; $\beta = \frac{ctg\alpha}{2}$

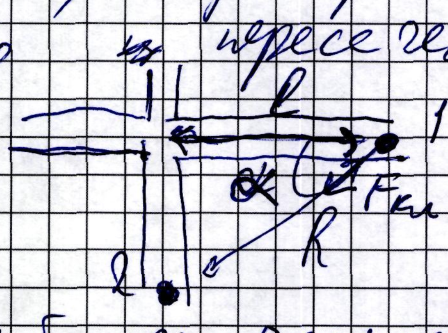
Стр 3 из 12 Шифр: Т10-45



рассмотрим переход из состояния ① в состояние ② ~~вовидно~~
т. к. расстояние между шариками постоянное, то $v_1 = 0$, $v_2' = 0$

в процессе перехода из ① в ② шарик 2 совершил работу над шариком 1.

~~Пусть~~ Рассмотрим момент времени, когда расстояние от шарика 1 до ~~из~~ пересечения ~~труб~~ каналов равно l:



За малый промежуток времени, когда шарик 1 проходит расстояние dl, над ним совершается работа

$$dA = -F_{кл} \cdot dl \cdot \cos\alpha = F_{кл} \cdot dl \cdot \frac{l}{R}$$

при переходе из ① в ②

совершается работа $A = -\int_{R}^{0} F_{кл} \frac{l\,dl}{R} =$

$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{R^3} \int_{R}^{0} l\,dl = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2R} = A = \Delta E_{кин.}$

т. к. $v_1 = 0$, то эта работа

равна кин. энергии шарика 1

в состоянии ② т. к. $v_2' = 0$, то

это полная кин. энергия системы

в состоянии ②

т. к. $R = const$ => потенциальная энергия постоянна => кин. энергия

постоянна и равна $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2R}$

Ответ: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2R}$

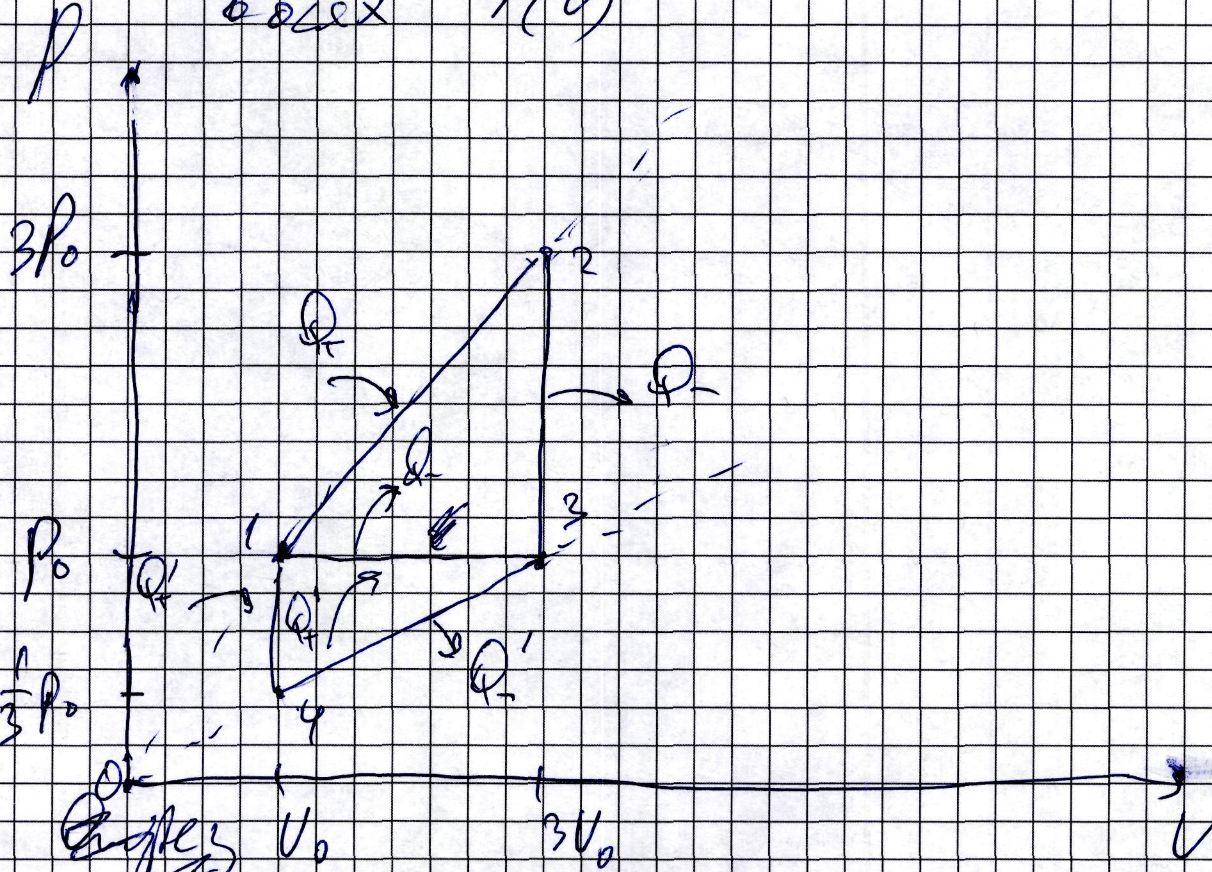
Шифр: T10-45

Задача №3

процесс с теплоёмкостью $\frac{3}{2}R$ — изохорический! При изохорическом процессе $\rho = \frac{\partial m}{V} = const$, $P, T \neq const$ =>

на оси абсцисс отложена либо плотность либо давление. ?

Нарисуем возможные процессы в осях $P(V)$



Отрезки прямой на прямых, проходящих через нач. координат — с теплоёмкостью $2R$? горизонтальный отрезок — изобара (при теплоёмкости $\frac{5}{2}R$), вертикальные — изохоры.

процесс 123 – если на оси абсцисс плотность, процесс 134 – если объём.

$$\eta_{123} = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = 1 - \frac{(9P_0V_0 - 3P_0V_0)\cdot\frac{3}{2}R + (3P_0V_0 - P_0V_0)\cdot\frac{5}{2}R}{(9P_0V_0 - P_0V_0)\cdot 2R} =$$

$$= 1 - \frac{28}{32} = \frac{1}{8} \quad +$$

$$1 - \frac{16}{3}\cdot\frac{1}{6} = 1 - \frac{8}{9} = 1/9 \quad -$$

$$\eta_{134} = 1 - \frac{Q_-'}{Q_+'} = 1 - \frac{(3P_0V_0 - \frac{1}{3}P_0V_0)\cdot 2R}{(P_0V_0 - \frac{1}{3}P_0V_0)\cdot\frac{3}{2}R + (3P_0V_0 - P_0V_0)\cdot\frac{5}{2}R} =$$

арифм. ошибка. $5+1=6$

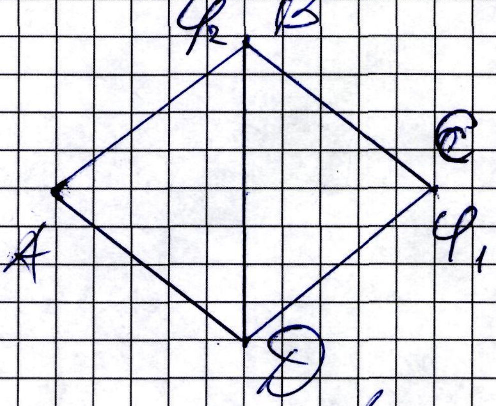
$$= 1 - \frac{16/3}{2+5} = 1 - \frac{16}{30} = \frac{14}{30} > \frac{1}{8}$$

Ответ: $\eta_{max} = \frac{14}{30} = \frac{7}{15} \approx 0{,}47$

откуда следует, что 1-2 – прямая?

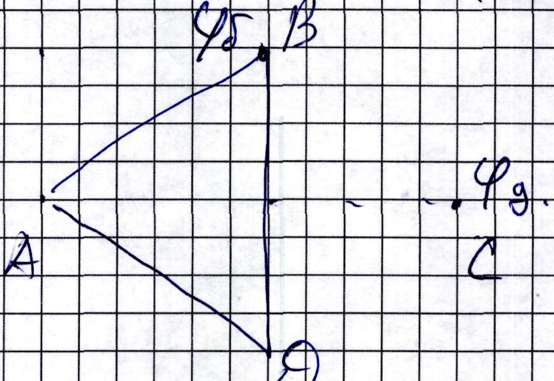
Шифр: Т10-45

Задача №4



~~пусть правильный треугольник со стороной a создаёт в своей вершине потенциал $\varphi_б$, а правильный треугольник со ст a в точке, находящейся на расст.~~

пусть ΔABD создаёт в т. B потенциал $\varphi_б$, а в точке C потенциал $\varphi_д$.



тогда ΔBCD создаёт в ~~двух~~ C и B потенциалы $\varphi_б$

потенциал точки C складывается из потенциалов треуг. ABD и BCD.

Аналогично для точки B

$$\begin{cases}\varphi_2 = \varphi_б + \varphi_б \\ \varphi_1 = \varphi_б + \varphi_д\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}\varphi_б = \dfrac{\varphi_2}{2} \\ \varphi_д = \varphi_1 - \dfrac{\varphi_2}{2}\end{cases}$$

$$\cancel{2\varphi_1 - \varphi_2 = 2\varphi_б + 2\varphi_д - 2\varphi_б - \varphi_б}$$

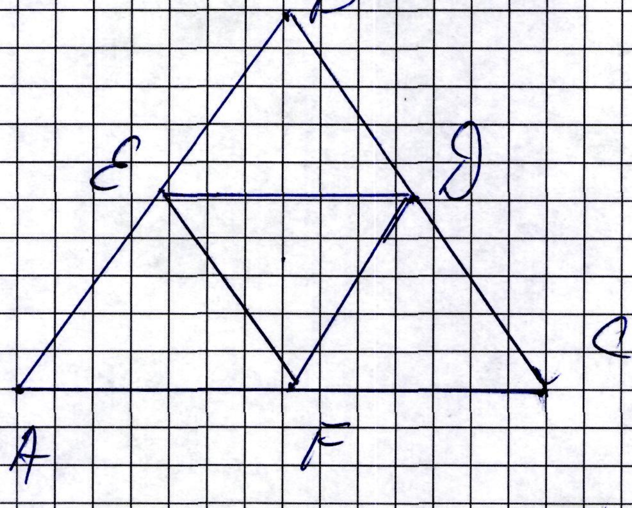
$$\cancel{2\varphi_1 - \varphi_2 = 2\varphi_д}$$

$$\cancel{\varphi_д = \varphi_1 - \frac{\varphi_2}{2}}$$

$$\cancel{\varphi_1 = \varphi_б + \varphi_д = \varphi_б + \varphi_1 - \frac{\varphi_2}{2}}$$

$$\cancel{\varphi_б = \frac{\varphi_2}{2}}$$

2)



Д, E, F – середины сторон.

△ AEF, △EBД, △ДCF, △EДF – равност. △ со стороной a. => в т. Д потенциал от отдельно взятых треуг. EДB, EДF, FДC каждый равен $\varphi_б$, потенциал от △AEF в т. Д равен $\varphi_д$.

$\cancel{\varphi_д}$ $\varphi_Д = \varphi_д + 3\varphi_б = \varphi_1 - \dfrac{\varphi_2}{2} + \dfrac{3\varphi_2}{2} = \varphi_1 + \varphi_2$

Шифр: Т10-45

3) Если из △ABC вырезать треуг. EDF, то потенциал точки D уменьшится на потенциал точки в точке D, создаваемый △EDF, равный $\varphi_Б$.

$$\varphi_{D'} = \varphi_D - \varphi_Б = \varphi_1 + \varphi_2 - \frac{\varphi_2}{2} = \varphi_1 + \frac{\varphi_2}{2}$$

1) Разобьём треуг. со сторонами равными a на маленькие кусочки (много меньше размеров треугольника). Для каждого из кусочка потенциал вершины будет пропорционален заряду кусочка и (а, значит, его площади) и обратно пропорционален расстоянию до вершины, в которой из меряется потенциал. Потенциал вершины складывается из потенциалов в вершине от каждого из кусочков. Если сделать то же самое с треуг. со сторонами 2a то площадь каждого кусочка увеличится в $4 = 2^2$ раза, а расстояние увеличится в 2 раза => потенциал возрастет в $2^2/2 = 2$ раза

$\varphi_C = \varphi_Б \cdot 2 = \varphi_2$

Шифр: Т10-45

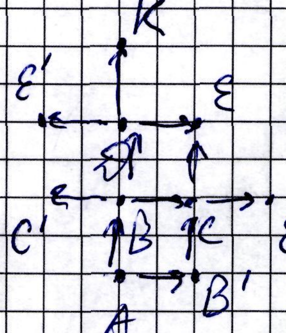
$$\varphi_{C'} = \varphi_C - \varphi_{DD'} = \varphi_2 - \left(\varphi_1 - \frac{\varphi_2}{2}\right) = \frac{3}{2}\varphi_2 - \varphi_1$$

Ответ: $\varphi_C = \varphi_2$; $\varphi_D = \varphi_1 + \varphi_2$; $\varphi_{D'} = \varphi_1 + \frac{\varphi_2}{2}$;

$\varphi_{C'} = \frac{3}{2}\varphi_2 - \varphi_1$

Шифр: T10-45

Задача №5



Пусть $I_{BC} = I_0$

Из симметрии: $I_{AB} = I/4$

$I_0 = I_{BC} = I_{B'C}$

$I_{CE} = I_{CE''}$

$I_{BC'} = I_{BC}$

по з-ну Кирхгоффа для т. C: $2I_0 = 2I_{CE}$

$I_{CE} = I_0$

Очевидно, что $I_{BD} > 0$, $I_{DK} > 0$,

тогда $I_{DE} > 0$.

по з-нам Кирхгоффа для точек B и D: $I_{BD} = I/4 - 2I_0$

$\cancel{I_{DB}}\ I/4 - 2I_0 = I_{BD} = 2I_{DE} + I_{DK} > 2I_{DE}$

по з-ну Кирхгоффа для контура BDEC: $2I_0 R = I_{BD} R + I_{DE} R$

$2I_0 = I/4 - 2I_0 + I_{DE}$

$I/4 < I/4 + I_{DE} = 4I_0 = I/4 + I_{DE} < I/8 - I_0$

$I/16 < I_0 < \frac{3I}{40}$

стр 12 из 12

Шифр: T10-45

$$I_0 = \frac{5,5}{80} I \pm \frac{0,5}{80} I$$

$$\frac{0,5}{80} I < \frac{10\%}{100\%} \cdot \frac{5,5}{80} I$$

+

чорновик

Шифр: Т10-45

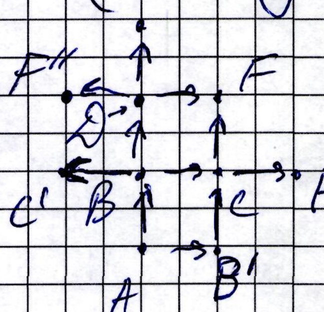
Решим систему ур-й:

$$\begin{cases} I = 8I_0 + 4I_2 + 8I_3 \\ I/4 - 2I_0 = I_2 + 2I_3 \\ 4I_0 = I/4 + I_3 \end{cases}$$

Черновик

Шифр: Т10-45

Задача №5



по симметрии ток из A во по всем рёбрам, выходящим из A равен. значит, $I_{AB} = I/4$

пусть $I_{BC} = I_0$ по симметрии,

~~$I_{BC} = A$~~ $I_{B'C} = I_{BC} = I_0$, ~~$I_{CF} =$~~

$I_{CF} = I_{CF'}$, по з-ну кирхгоффа для точки C: $2I_0 = I_{CF} + I_{CF'} = 2I_{CF}$ =>

$I_{CF} = I_0$

$I_{C'B} = I_0$ по симметрии

по з-ну кирхгоффа для т. B $I_{BD} = I/4 - 2I_0$

пусть $I_{DF} = I_3$, $I_{DE} = I_2$

по симметрии $I_{DF''} = I_{DF} = I_3$

по з-ну кирхгоффа для т. D: $I_{BD} = I_{DE} + 2I_{DF}$

$I/4 - 2I_0 = I_2 + 2I_3$

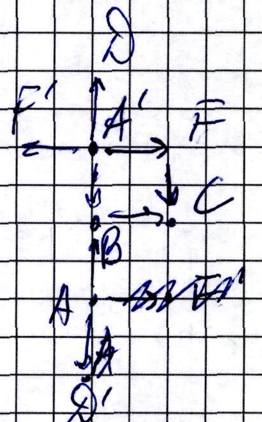
по з-ну кирхгоффа для контура BCDFB:

$I_0R + I_0R = (I/4 - 2I_0)R + I_3R$

$4I_0 = I/4 + I_3$

Черновик

Шифр: Т10-45



На имеющуюся схему наложим такую же со сдвигом на 2 резистора вверх. Ток на каждом из резисторов сложение из токов через резисторы в каждой из схем.

$\cancel{I_{AB}}$ $I_{AB} = I_{A'B} = I/4 - (I/4 - 2I_0) = 2I_0$

$\cancel{I_{AF'} = I_A}$

$I_{A'F} = I_{A'F'} = I/4 - I_3$

$I_{A'D} = I/4 + I_2$

Запишем З-н Кирхгофа для т. A':

$I = I/4 + I_2 + 2(I/4 - I_3) + 2I_0$

$I = 8I_0 + 8I_2 + 8I_3$