Всероссийская олимпиада школьников по физике

заключительный этап

Т9 – 98

заполнять печатными буквами!!!

Романова

Фамилия

Марина

Имя

Юрьевна

Отчество

8(968) 468 60 03

Номер вашего мобильного телефона

14 листов

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

Теория 9 класс

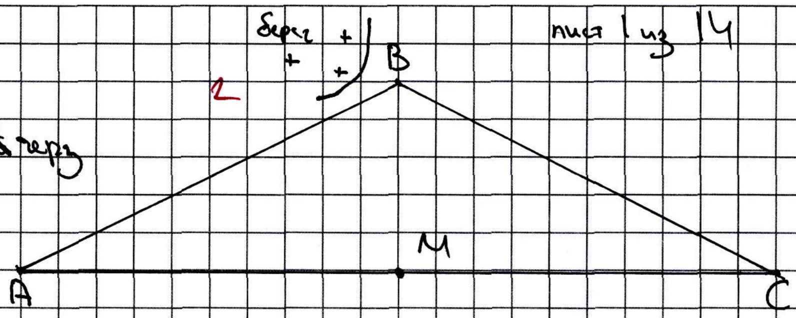
TG-9 8
Шифр

	1	2	3	4	5	Σ
Проверка	8	7	6	8,5	10	39,5
Подпись	ПАН	Мур	Ск.	КА	АА	
Апелляция						
Подпись						

Шифр: Т9-98

Задача №1

1) C – точка, где окажется корабль через время 2τ спустя после того, как он пройдет т. A



2

Траектория корабля за время 2τ от момента прохождения A – отрезок AC (т.к. он движется прямолинейно)

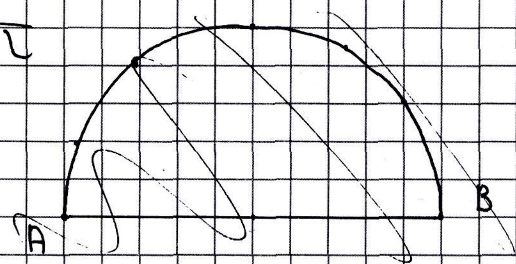
Корабль движется равномерно ⟹ ~~В момент~~ Через время τ после прохождения т. A он окажется в т. M – середине AC

2

$$\left(\text{т.к.} \quad \frac{AM}{AC} = \frac{\tau}{2\tau} = \frac{1}{2}\right)$$

2) $AB = BC = L$ ⟹ $\triangle ABC$ – равнобедренный ⟹ AM – высота ⟹ ⟹ $\angle AMB = 90°$

3) MB – расстояние, которое был катер прошел за время τ



AM – расстояние, которое корабль прошел за τ

V_0 – скорость корабля. Тогда:

$$\begin{cases} 2\cdot\left(\frac{3}{8}V_0\right)\cdot\tau = MB \\ V_0\cdot\tau = AM \end{cases}$$

$$\begin{cases} MB = \frac{3}{4}V_0\tau \\ AM = V_0\tau \end{cases}$$ 2

$AB = \sqrt{MB^2 + AM^2}$

$AB = \sqrt{\frac{9}{16}+1}\; V_0\tau$

$AB = \frac{5}{4}V_0\tau$

$L = \frac{5}{4}V_0\tau$

$V_0\tau = \frac{4}{5}L$ ⟹

$$\Rightarrow \begin{cases} MB = \frac{3}{4}\cdot\frac{4}{5}L = \frac{3}{5}L \\ AM = \frac{4}{5}L \end{cases}$$

Шифр: 79-98

Задача №1

4) Как мы узнаем положение?

$$\begin{cases} \angle AMB = 90^\circ \\ AM = \frac{4}{5}L \\ MB = \frac{3}{5}L \end{cases} \Rightarrow$$

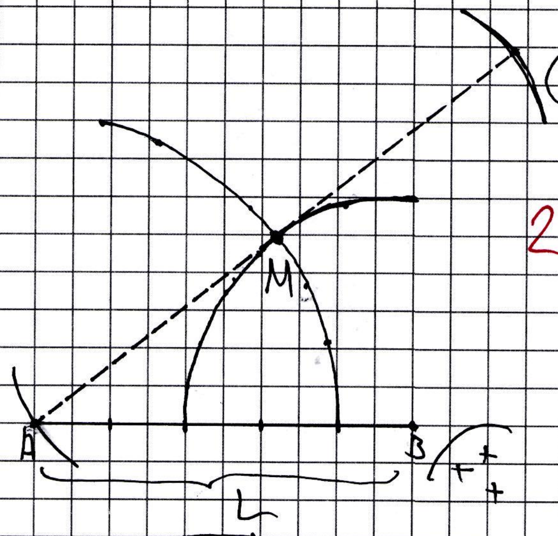
Значит, чтобы построить т. M нужно провести окружность с ~~центром~~ ~~диаметром~~ AB (~~ГМТ точек M, для которых~~ $\cancel{\angle AMB = 90^\circ}$) и пересечь с окружностью с центром в A и радиусом $\frac{4}{5}L$ (ГМТ точек M для которых $AM = \frac{4}{5}L$)

$\frac{3}{5}L$ и $\frac{4}{5}L$ можно отложить по равным отрезочкам, на которые разбит отрезок AB

M - середина AC

Значит, чтобы получить C нужно пересечь луч AM с окружностью с центром в M и радиусом AM. Тогда получившаяся точка C будет лежать на луче AM и M будет серединой AC

*5) ~~Чтобы найти середину отрезка~~ ... окружность с центром в т. B и радиусом $\frac{3}{5}L$ (ГМТ точек M, для которых $MB = \frac{3}{5}L$)

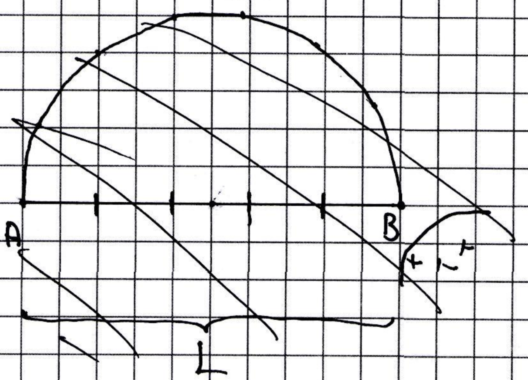


6) (п.3) AM - расстояние, которое корабль проходит за время T

$AM = \frac{4}{5}L$

$AM = 4$ км

Ответ: за время T корабль пройдёт 4 км

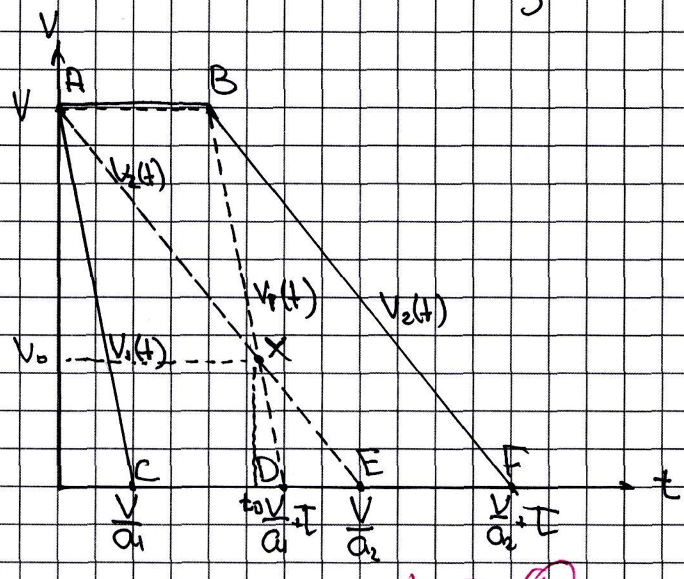


Шифр: Т9-98

Задача №2

Пусть $a_1 > a_2$

1) Случай 1. $\tau < \frac{V}{a_2} - \frac{V}{a_1}$



Тогда рассмотрим зависимость $\frac{V}{t}$ для машин и найдем L_S для двух случаев расположения машин

(L_S^{min} - безопасная расстояние)

~~1. Рассмотрим случай, когда второй едет машина №2 (график —)~~

п. 2 (1)

~~Тогда max. разница между площадями под графиком $V_1(t)$ и $V_2(t)$ равна достигается~~

Верно и для случ. 2

Чтобы найти L_S нужно рассмотреть max. разницу между площадями под графиком $V(t)$ (из площади под графиком едущей второй машины нужно вычесть площадь под графиком едущей первой машины) для всех моментов времени t и выбрать максимальное значение). Это и будет L_S

(Площадь под графиком — расстояние, которое проехала машина =) L_S, как определено оно выше, — максимальное расстояние, на которое уменьшится расстояние между первой и второй машиной).

1. Рассмотрим случай, когда второй едет машина №2 (график —) =>

$$\Rightarrow L_{S_1} = S_{ABFC} = V\tau + \frac{V^2}{2a_2} - \frac{V^2}{2a_1}$$

2. Рассмотрим случай, когда второй едет машина №1 (график - - -) =>

$$\Rightarrow L_{S_2} = S_{ABX}$$

1. $a_2 t_0 = a_1(t_0 - \tau)$ $(= \Delta V)$

$$t_0 = \frac{a_1}{a_1 - a_2}\tau$$

2. $V_0 = V - a_2 t_0 = V - \frac{a_1 a_2}{a_1 - a_2}\tau$

3. $S_{ABX} = \frac{V_0 \tau}{2} = \frac{\left(V - \frac{a_1 a_2}{a_1 - a_2}\tau\right)\tau}{2}$

Задача №2

4. $S_{ABDC} < S_{ABFC} \Rightarrow L_{\delta_1} > L_{\delta_2} \Rightarrow L_{\delta_1} = L_2,\ L_{\delta_2} = L_1$

5.
$$\begin{cases} L_1 = \dfrac{\left(V - \frac{a_1 a_2}{a_1 - a_2}\tau\right)\tau}{2} \\ L_2 = V\tau + \dfrac{V^2}{2a_2} - \dfrac{V^2}{2a_1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2L_1 = V\tau - \left(\dfrac{1}{\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1}}\right)\tau^2 \\ L_2 = V\tau + \dfrac{V^2}{2}\left(\dfrac{1}{a_2} - \dfrac{1}{a_1}\right) \end{cases}$$

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = \frac{2(L_2 - Vt)}{V^2}$$

$\Downarrow$

$$2L_1 = V\tau - \frac{V^2}{2(L_2 - Vt)}\tau^2$$

$$V\tau - 2L_1 = \frac{V^2}{2(L_2 - Vt)}\tau^2$$

$$2(V\tau - 2L_1)(L_2 - V\tau) = (V\tau)^2$$

$$\left(V - \frac{2L_1}{t}\right)\left(V - \frac{L_2}{t}\right) = \frac{V^2}{2}$$

$$V^2 - V\left(\frac{2L_1}{t} + \frac{L_2}{t}\right) + \frac{2L_1L_2}{t^2} = \frac{V^2}{2}$$

$$\frac{V^2}{2} - V \cdot \frac{2L_1 + L_2}{t} + \frac{2L_1L_2}{t^2} = 0$$

$$V^2 - 2V \cdot \frac{2L_1 + L_2}{t} + \frac{4L_1L_2}{t^2} = 0$$

$$V^2 - V \cdot \frac{4L_1 + 2L_2}{t} + \frac{4L_1L_2}{t^2} = 0$$

$$V = \frac{\frac{4L_1 + 2L_2}{t} \pm \sqrt{\left(\frac{4L_1 + 2L_2}{t}\right)^2 - \frac{16L_1L_2}{t^2}}}{2} = \frac{2L_1 + L_2}{t} + \sqrt{\frac{(2L_1)^2 + (L)^2}{t^2}}$$

(ми может быть $+$ т.к. $VT \geq 2L_1 + L_2 > L_2$, так а $L_2 > S_{ABDC} = VT$)

$$V = 8{,}77\ \frac{м}{с}$$

здесь ошибка в арифметике

это не так

$v^2\tau^2 - v\tau(4L_1 + 2L_2) + 4L_1L_2$

п. 1 – 7 (7)

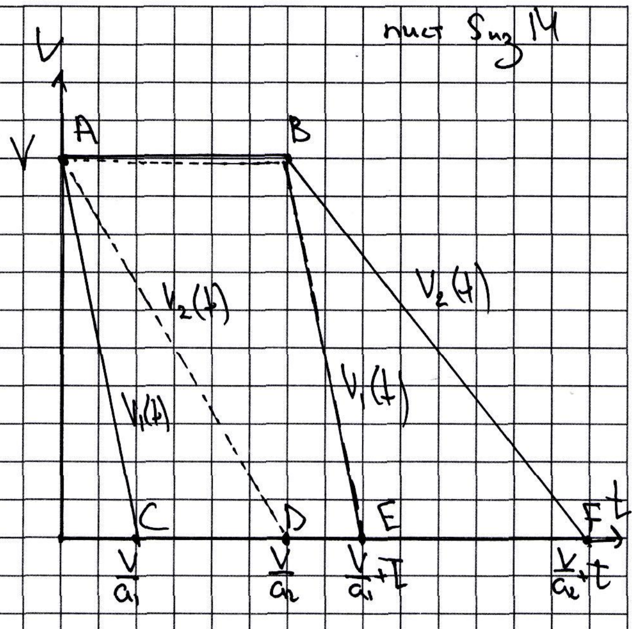
(лист 2 из 3 в №2)

Шифр: Т9-98

лист 5 из 14

Задача №2.

2) Случай 2. $\tau \geq \frac{V}{a_2} - \frac{V}{a_1}$



1) Рассмотрим случай, когда второй едет машина №2

$$L_{\delta_1} = S_{ABFDC} = V\tau + \frac{V^2}{2a_2} - \frac{V^2}{2a_1}$$

2) Рассмотрим случай когда второй едет машина №1

$$L_{\delta_2} = S_{ABED} = V\tau + \frac{V^2}{2a_1} - \frac{V^2}{2a_2}$$

3) $S_{ABFDC} > S_{ABED} \Rightarrow L_{\delta_1} > L_{\delta_2} \Rightarrow L_{\delta_1} = L_2,\ L_{\delta_2} = L_1$

4) $\begin{cases} L_2 = V\tau + \frac{V^2}{2a_2} - \frac{V^2}{2a_1} \\ L_1 = V\tau - \frac{V^2}{2a_2} + \frac{V^2}{2a_1} \end{cases}$

$L_2 + L_1 = 2V\tau$

$V = \frac{L_2 + L_1}{2\tau}$

$V = 22{,}5\ \frac{м}{с}$

Ответ: $V = 8{,}77\ \frac{м}{с}$ или $V = \cancel{22{,}5}\ \frac{м}{с}$

(лист 3 из 3 в №2)

Шифр: Т9-98

Задача №4.

лист 6 из 11
(лист 1 из 3 в №4)

1. Пусть h – высота погруженного цилиндра, T – температура цилиндра
H – высота стенки калориметра
h_0 – высота столба воды

2. Рассмотрим установившуюся температуру t в зависимости от h

1) $h + h_0 < H$

$$c_0 \cdot \rho_0 h_0 S \cdot t = c \cdot \rho h S \cdot (T - t)$$ S - площадь основания

$$c_0 \rho_0 h_0 t = 6 c \rho_0 h (T - t)$$

$$t(c_0 h_0 + 6ch) = T \cdot 6ch$$

$$t = T \frac{6ch}{c_0 h_0 + 6ch} = T\left(1 - \frac{c_0 h_0}{c_0 h_0 + 6ch}\right)$$

1	2	3	4	5	6	7
1	1	3	0,5	1,5	1,5	0

8,5

2) $h + h_0 \geq H, \quad h < H$

$$c_0 \rho_0 (H - h) S t = c \rho h S (T - t)$$

$$c_0 \rho_0 (H - h) S t = c 6 \rho_0 h S (T - t)$$

$$c_0 (H - h) t = 6ch(T - t)$$

$$t(c_0(H - h) + 6ch) = 6chT$$

$$t = T \frac{6ch}{c_0(H - h) + 6ch}$$

3. Рассмотрим, что будет если увеличить h в α раз так, чтобы
$h + h_0 < H$ и $h_0 + \alpha h < H$

$$\begin{cases} t_1 = T\left(1 - \frac{c_0 h_0}{c_0 h_0 + 6ch}\right) \\ t_2 = T\left(1 - \frac{c_0 h_0}{6c\alpha h + c_0 h_0}\right) \end{cases}$$

$$\frac{t_2}{t_1} < \alpha$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{6ch \cdot (6c\alpha h + c_0 h_0)}{6\alpha c h \cdot (6ch + c_0 h_0)} = \frac{6\alpha ch + c_0 h_0}{6\alpha ch + c_0 \alpha h_0} > \frac{1}{\alpha}$$

$$6\alpha^2 ch + c_0 h_0 \alpha > 6\alpha ch + c_0 h_0 \alpha$$

$$6\alpha^2 c_0 h > 6\alpha c_0 h$$

$$\alpha > 1$$

Значит, при увеличении h в α раз, t_2 возрастет меньше чем в α раз =)

Шифр: Т9-98

Задача №4

=> ~~Высота~~ Высота ~~другого~~ цилиндра 1,6m меньше $H-h_0$, высота ~~другого~~ цилиндров 3m больше $H-h_0$ т.к

~~$\frac{1,6m}{3m} > \frac{15}{30}$~~

$\frac{3m}{1,6m} < \frac{15°C}{30°C}$, то есть температура выросла в большее кол-во раз чем высота (т.к высота пропорциональна массе) =>

=> Высоты цилиндров 1,6m и 3m принадлежат разным диапазонам $[0; H-h_0]$ и $[H-h_0, H]$

4. Тогда высоты цилиндров m и 1,6m $\in [0; H-h_0]$

Высоты цилиндров 3m и 4m $\in [H-h_0, H]$

5. Высота цилиндра массы $m = h$ => Высота цилиндра массой dm равна dh

(т.к $m = \rho h S$, ρ, S - константы)

6. $\begin{cases} t_1 = T \cdot \frac{6ch}{ch_0 + 6ch} \\ t_2 = T \cdot \frac{6c \cdot 1,6h}{ch_0 + 6c \cdot 1,6h} \end{cases}$

$\begin{cases} t_1(ch_0 + 6ch) = T \cdot 6ch \\ t_2(ch_0 + 9,6ch) = T \cdot 9,6ch \end{cases}$

7. $\begin{cases} t_3 = T \cdot \frac{18ch}{c(H-3h) + 18ch} \\ t_4 = T \cdot \frac{24ch}{c(H-4h) + 24ch} \end{cases}$

$\begin{cases} t_3(cH - 3hc_0 + 18ch) = 18Tch \\ t_4(c_0H - 4hc_0 + 24ch) = 24Tch \end{cases}$

Шифр: Т9-98

(лист 3 из 4 № 4)

8. $\cancel{\frac{h_1}{h_0} = \beta}$ $\frac{h_1}{h_0} = \frac{m}{m_0} = \beta$

$\frac{c}{c_0} = \alpha$

9. $$\begin{cases} t_1 (c_0 h_0 + 6 \cdot \alpha c_0 \cdot \beta h_0) = T \cdot 6 \cdot \alpha c_0 \cdot \beta h_0 \\ t_2 (c_0 h_0 + 9{,}6 \cdot \alpha c_0 \cdot \beta h_0) = T \cdot 9{,}6 \cdot \alpha c_0 \cdot \beta h_0 \\ t_3 (c_0 H - 3 \cdot \beta h_0 c_0 + 18 \cdot \beta h_0 \cdot \alpha c_0) = T \cdot 18 \cdot \alpha c_0 \cdot \beta h_0 \\ t_4 (c_0 H - 4 \cdot \beta h_0 c_0 + 24 \beta h_0 \cdot \alpha c_0) = T \cdot 24 \cdot \alpha c_0 \cdot \beta h_0 \end{cases}$$

10. $$\begin{cases} t_1 (1 + 6\alpha\beta) = 6\alpha\beta T \\ t_2 (1 + 9{,}6\alpha\beta) = 9{,}6\alpha\beta T \end{cases}$$

$\cancel{t_2 (1 + 9{,}6\alpha\beta)}$

1) $t_1 + 6\alpha\beta t_1 = 6\alpha\beta T$

$\alpha\beta = \frac{t_1}{-t_1 + T} \cdot \frac{1}{6}$

2) $\alpha\beta = \frac{t_2}{-t_2 + T} \cdot \frac{1}{9{,}6}$

3) $\frac{t_1}{6(-t_1 + T)} = \frac{t_2}{9{,}6(-t_2 + T)}$

$9{,}6 t_1 (-t_2 + T) = 6(-t_1 + T) t_2$

$-9{,}6 t_1 t_2 + 9{,}6 t_1 T = -6 t_1 t_2 + 6 T t_2$

$T (9{,}6 t_1 - 6 t_2) = +3{,}6 t_1 t_2$

$T = \frac{3{,}6 t_1 t_2}{-6 t_2 + 9{,}6 t_1} = 90°C$

$\alpha\beta = \frac{t_1}{T - t_1} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{48}$

4) $$\begin{cases} t_3 (H - 3\beta h_0 + 18\alpha\beta h_0) = 18 T \alpha\beta h_0 \\ t_4 (H - 4\beta h_0 + 24\alpha\beta h_0) = 24 T \alpha\beta h_0 \end{cases}$$

1) $H = 18 \frac{T}{t_3} \alpha\beta h_0 + 3\beta h_0 - 18\alpha\beta h_0$

$H = h_0 \left(18\alpha\beta \left(\frac{T}{t_3} - 1 \right) + 3\beta \right)$

2) $H = h_0 \left(24\alpha\beta \left(\frac{T}{t_4} - 1 \right) + 4\beta \right)$

3) $18\alpha\beta \left(\frac{T}{t_3} - 1 \right) + 3\beta = 24\alpha\beta \left(\frac{T}{t_4} - 1 \right) + 4\beta$

$\beta = 18\alpha\beta \left(\frac{T}{t_3} - 1 \right) - 24\alpha\beta \left(\frac{T}{t_4} - 1 \right) = \frac{1}{4}$

Шифр: Т9-98

лист 9 из 14

(лист 4 из 4 в №4)

11. $\beta = \frac{1}{4}$, $\alpha\beta = \frac{1}{\cancel{24}48}$ $\Rightarrow$ $\alpha = \frac{1}{12}$

12. $\frac{H}{h_0} = 18\alpha\beta\left(\frac{T}{t_3} - 1\right) + 3\beta$

$\frac{H}{h_0} = \frac{3}{2}$

$\frac{h_0}{H} = \frac{2}{3} = \gamma$

$$T = \frac{3{,}6\, t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2} = 90^\circ C$$

$$\alpha\beta = \frac{t_1}{\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2} - t_1} \cdot \frac{1}{6} = \cancel{\frac{1}{24}}\ \frac{1}{48}$$

$$\beta = 18 \frac{t_1}{6\left(\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2} - t_1\right)} \left(\frac{\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2}}{t_3} - 1\right) -$$

$$- 24 \frac{t_1}{6\left(\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2} - t_1\right)} \left(\frac{\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2}}{t_4} - 1\right) = \frac{1}{4}$$

$$\alpha = \frac{\frac{t_1}{\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2} - t_1}\left(3\left(\frac{\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2}}{t_3} - 1\right) - 4\left(\frac{\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2}}{t_4} - 1\right)\right)}{\frac{t_1}{6\left(\frac{3{,}6 t_1 t_2}{9{,}6 t_1 - 6 t_2} - t_1\right)}} = \frac{1}{12}$$

$m = m_0 \beta = SO_2$

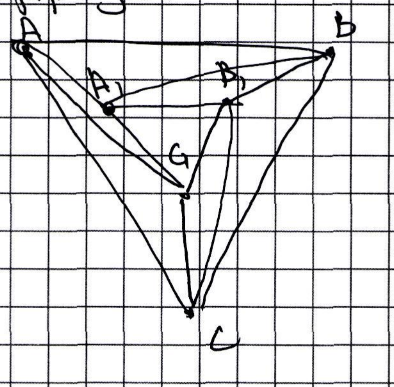
Ответ: $T = 90^\circ C$, $\gamma = \frac{2}{3}$

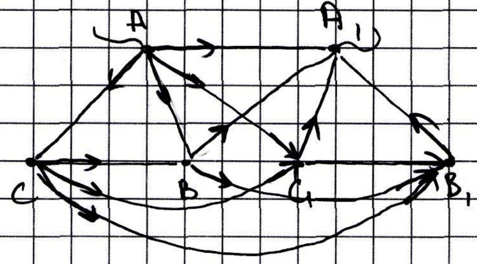
$m = SO_2$ $\qquad \frac{c}{c_0} = \frac{1}{12}$

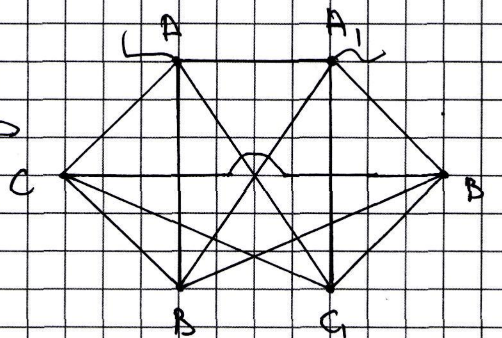
Шифр: 79-98

Задача №5.

1. Перерисуем

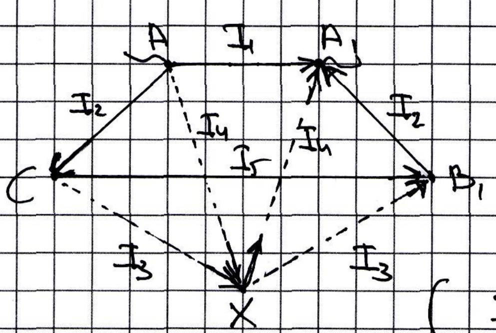






Заметим, что вершины B и C_1 одинаковы ⇒

⇒ Их можно объединить в вершину X и сделать все провода, ведущие к ним, в 2 раза меньшим сопротивлением и тогда все остальные токи не поменяются



Из симметрии: $I_{AC} = I_{A_1B}$

$I_{CX} = I_{XB}$

$I_{AX} = I_{A_1X}$

—— R

------ $\frac{R}{2}$

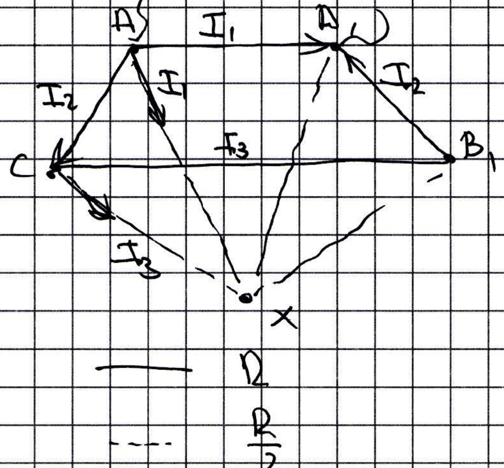
$$\begin{cases} I_2R + I_3\frac{R}{2} = I_4\frac{R}{2} \\ I_5R = 2I_3\cdot\frac{R}{2} \\ I_1R = 2\cdot I_4\cdot\frac{R}{2} \\ I_1R = I_2R + I_3\frac{R}{2} + I_4\frac{R}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2I_2 + I_3 = I_4 \\ I_5 = I_3 \\ I_1 = I_4 \end{cases}$$ → (на след. стр.)

$\cancel{2I_4 = 2I_2 + I_3 + I_4}$

Шифр: Т9-98

Задача №5.



$$\begin{cases} 2I_2 + I_3 = I_1 \\ I_2 = 2I_3 \quad (\text{зак т. } C) \end{cases}$$

$I_1 = 5I_3$

$I_1 = 2{,}5\, I_2$

$\Downarrow$

$I_3 = I$
$I_2 = 2I$
$I_1 = 5I$

$\Rightarrow I_0 = 2I_1 + I_2 = 12I$

$U_{AA_1} = \frac{5}{12} I \cdot R \Rightarrow R_{AA'} = \frac{5}{12}R$

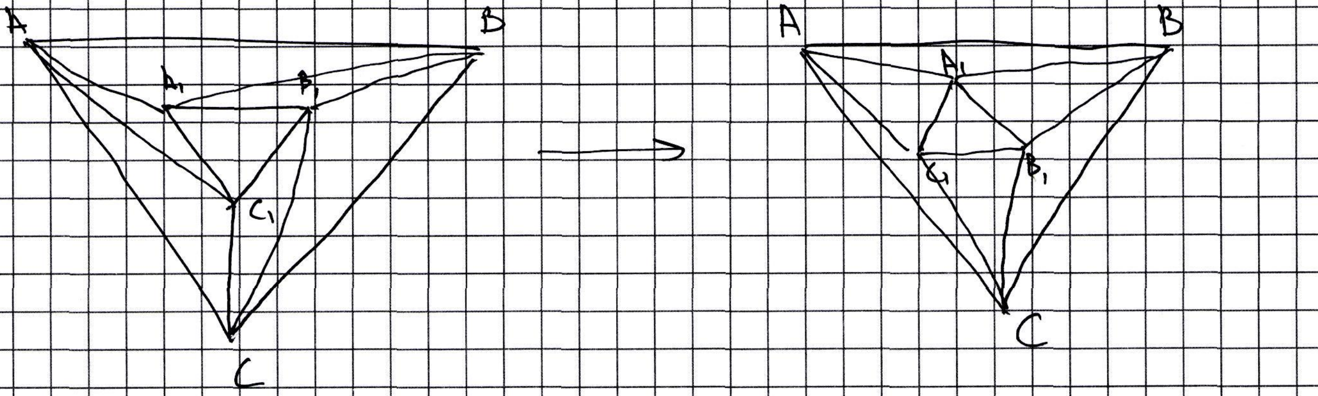
Ответ: $\cancel{\frac{5}{12}R}$ $R_{AA'} = \frac{5}{12}R = 5\,Ом$

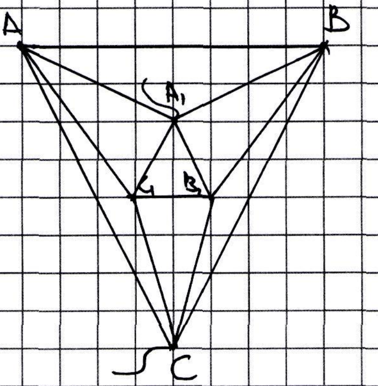
+7

Шифр: Т9-98

Задача №5.

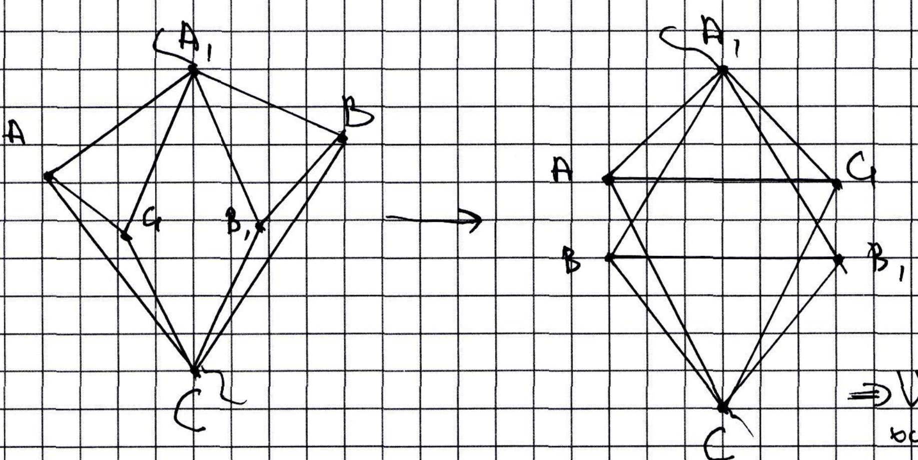
(2) Перерисуем на плоскости





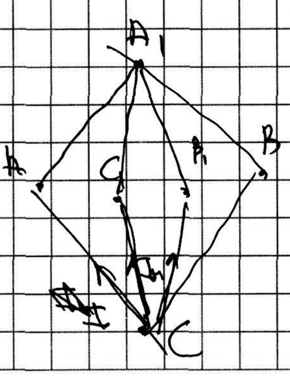
Из симметрии по проводам AB и B_1C_1 ток не течёт ⇒

⇒ Их можно убрать и остальные токи не поменяются



Из симметрии по проводам AC_1 и BB_1 ток тоже не течёт ⇒

⇒ Их можно убрать и остальные токи не поменяются



Из симметрии $I_{AC} = I_{C_1C} = I_{B_1C} = I_{BC}$ ⇒ $I_{AC} = \frac{1}{4} I$ ⇒

⇒ $U_{AC} = \frac{1}{4} I \cdot R + \frac{1}{4} I \cdot R = \frac{1}{2} IR$ ⇒

⇒ $R_{AC} = \frac{1}{2} R$

Ответ: $R_{AC} = \frac{1}{2} R = 6$ Ом

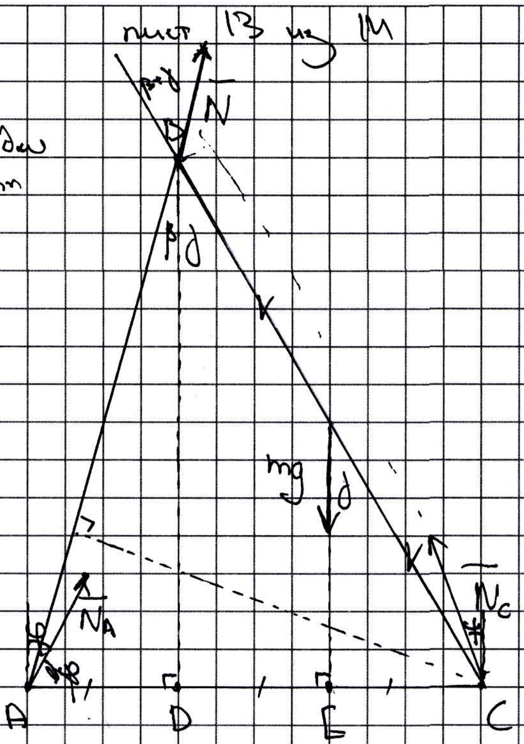
+3

$\Sigma = 10$

Шифр: Т9-98

Задача №3

$\beta = 20°$
$m = 20кг$
$tg\gamma = 2tg\beta$



1. ~~Нарисуем~~ Момент сил отн. т. A для шведской опоры равен моменту сил

$\overline{N} \Rightarrow$

$\Rightarrow \overline{N}$ сонаправлен с AB

2. Рассмотрим момент сил для массивной части отн. т. C

$mg \cdot \frac{1}{2} AB \sin\gamma = N \cdot AB \sin(\beta+\gamma)$ +

$N = \frac{1}{2} mg \frac{\sin\gamma}{\sin(\beta+\gamma)}$ +

$N = \frac{1}{2} mg \cdot \frac{\sin(arctg(2tg20°))}{\sin(20° + arctg(2tg20°))}$

$N = 141{,}89Н$ ⊖ 0,5

Ответ: они взаимодействуют с силой 141,9Н и сила N сонаправлена с AB

1 2
2 1+1 +0,5
3 1,5
4 —
5 —
6 —
7 —

3. $\sin\varphi N_A \leq \mu N_A \cos\varphi$ ~~0,25~~

$\mu \geq tg\varphi$

~~4. $N_A \cdot \cos(\varphi-\beta) = N$~~

~~$\cos(\varphi-\beta) =$~~

4. Рассмотрим моменты сил отн. т. B для малого стержня $\Rightarrow$

$\Rightarrow \overline{N_A}$ сонаправлена с AB иначе возникнет момент сил, поворачивающий стержень $\Rightarrow$

$\Rightarrow \varphi = \beta \Rightarrow \mu \geq tg\beta$

5. Рассмотрим моменты сил. отн. т. B для тяжелого стержня $\Rightarrow$

$AB \cdot \cos(\gamma-\psi) N_C = \frac{1}{2} AB \sin\gamma\, mg$ 1

$N_C = \frac{1}{2} mg \frac{\sin\gamma}{\cos(\gamma-\psi)}$

6. Аналогично п. 3 $\mu \geq tg\psi$

7. Спроектируем силы на тонкую контуру. ~~Сумма~~ Их сумма должна равняться нулю

$$N\cos(\beta+\gamma) + N_c\cos(\psi-\gamma) = mg\cos\gamma$$

$$N_c = \frac{mg\cos\gamma - N\cos(\beta+\gamma)}{\cos(\psi-\gamma)}$$

(на ось OY)

8. $N\cos\beta + N_c\cos\psi = mg$ 0,25

$$\frac{1}{2}mg\frac{\sin\gamma\cos\beta}{\sin(\beta+\gamma)} + N_c\cos\psi = mg$$

9. $$\begin{cases} N_c\cos\psi = mg\left(1-\frac{1}{2}\frac{\sin\gamma\cos\beta}{\sin(\beta+\gamma)}\right) \\ N_c = \frac{1}{2}mg\frac{\sin\gamma}{\cos(\gamma-\psi)} \end{cases}$$

$$\frac{1}{2}mg\frac{\sin\gamma}{\cos(\gamma-\psi)}\cos\psi = mg\left(1-\frac{1}{2}\frac{\sin\gamma\cos\beta}{\sin(\beta+\gamma)}\right)$$

$$\frac{\sin\gamma\cos\psi}{\cos(\gamma-\psi)} = 2 - \frac{\sin\gamma\cos\beta}{\sin(\beta+\gamma)}$$

$$\frac{\cos\psi}{\cos(\gamma-\psi)} = \frac{2}{\sin\gamma} - \frac{\cos\beta}{\sin(\beta+\gamma)}$$

10. ~~$AD \ni DEF \ni C = 1$ $\Rightarrow$ $\frac{\cos\psi}{\cos(\gamma-\psi)} = BC - \frac{1}{tg\beta BC(\sin(\beta+\gamma))} = BC - \frac{3,31}{BC}$~~

$$\frac{\cos\beta}{\cos(\beta-\gamma)} > \frac{\cos\psi}{\cos(\gamma-\psi)}$$

$$\Downarrow$$

$$\beta > \psi \Rightarrow \min\mu = tg\,20^\circ$$

$$\Downarrow$$

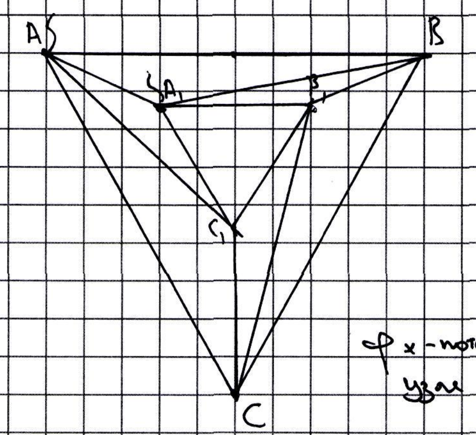
$$tg\beta > tg\psi$$

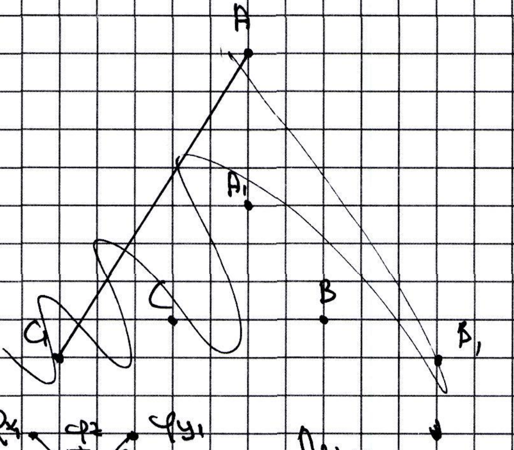
Шифр: T9-98

Задача 55.

Перерисуем цепь на плоскость

(1.)



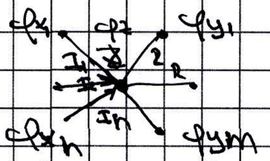


φ_X - потенциал в узле X

$$\begin{cases} 4\varphi_C = \varphi_A + \varphi_{C_1} + \varphi_{B_1} + \varphi_B \\ 4\varphi_{C_1} = \varphi_A + \varphi_C + \varphi_B + \varphi_{A_1} \\ 4\varphi_B = \varphi_{A_1} + \varphi_C + \varphi_{B_1} + \varphi_{A_1} \\ 4\varphi_{B_1} = \varphi_{A_1} + \varphi_B + \varphi_C + \varphi_{C_1} \end{cases}$$

$$4(\varphi_C + \varphi_{C_1} + \varphi_B + \varphi_B) = 3\varphi_A + 3\varphi_{A_1}$$

Лемма



$$\sum^n I_{x_i} = \sum^m I_{y_i}$$

$$\sum^n \frac{\varphi_{x_i} - \varphi_z}{R} = \sum^m \frac{\varphi_z - \varphi_{y_j}}{R}$$

$$\sum^n \varphi_{x_i} - \varphi_z = \sum^m \varphi_z - \varphi_{y_j}$$

$$\sum^n \varphi_{x_i} + \sum^m \varphi_{y_i} = (n+m)\varphi_z$$

(У нас есть вершина цепи Z, в которую приходят токи из вершин $X_1, \dots, X_n$ и выходят в вершины $Y_1, \dots, Y_m$. Сопротивления проводов одинаковы)