Всероссийская олимпиада школьников по физике

заключительный этап

Т9-13

заполнять печатными буквами!!!

Киашуына

Фамилия

Василиса

Имя

Вадимовна

Отчество

8 965 203 60 83

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»).

10 листов

Это лист № 0

Томск, 2019

Теория 9 класс

T9-13
Шифр

	1	2	3	4	5	Σ
Проверка	7	3,0	10	10	10	40
Подпись	АСВ	НГ [illegible]	[illegible]	[illegible]	АА	
Апелляция						
Подпись						

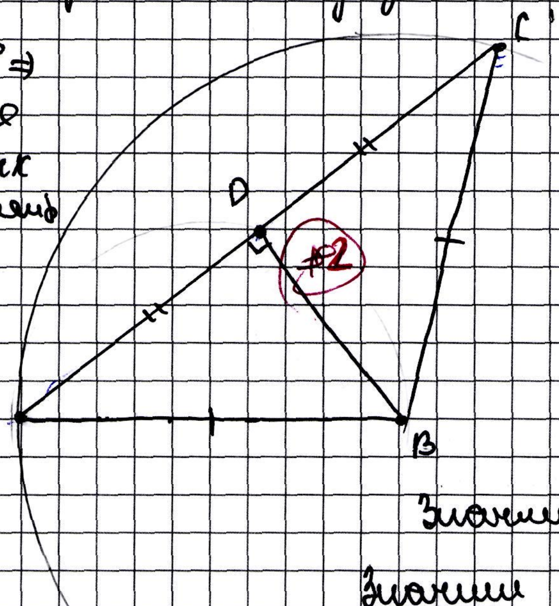
Шифр: Т9-13

Лист 1 из 10

Задача №1

Рассмотрим ситуацию после встречи катеров:

($\angle AOB = 90^\circ \Rightarrow$ опирается на АВ как на диаметр)



$AD = DC = VT$

$AB = BC = L$

$DB = 2 \cdot \frac{3}{8} VT = \frac{3}{4} VT$

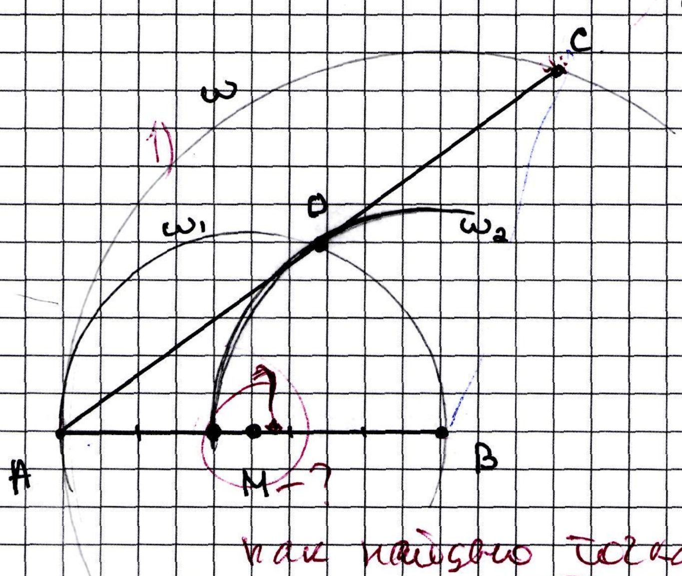
Т.к. B – центр ω ($R = L$), а D – центр хорды OC, $OB \perp AC$ +2

Значит, $AB = L = \sqrt{AD^2 + OB^2} = \frac{5}{4} VT$

Значит, $\boxed{VT = \frac{4}{5} L = 4 \text{ см.}}$

Построение:

Будем считать, что $\omega(Q, r)$ – окр-ть с центром в т. Q и радиусом r)



Нет пути катера

как найдено точка M

+3

Σ7

1) $\omega(B; R = L = AB)$

2) $\omega_1 (M; R = \frac{1}{2} = \frac{AB}{2})^*$ пересекает $\omega_2 (B, R = \frac{3}{4} VT = \frac{3}{5} L = \frac{3}{5} AB) = D.$

3) [AD) пересекает ω = C, искомая.

луч AD

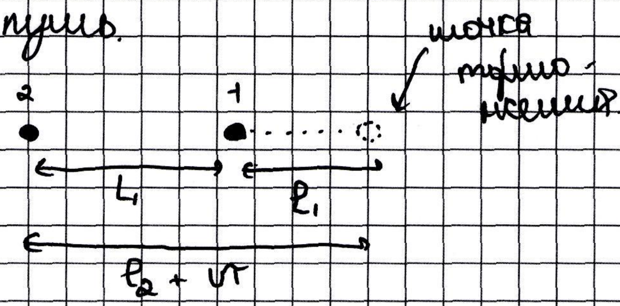
* M – середина AB.

Шифр: Т9-13

Задача 2.

$\ell = \frac{v^2}{2a_i}$, где ℓ – тормозной путь.

Пусть машины едут сл. образом:



Значит, $L_1 = \frac{v^2}{2a_2} - \frac{v^2}{2a_1} + v\tau$

$L_2 = \frac{v^2}{2a_1} + v\tau - \frac{v^2}{2a_2}$

Отсюда получим, что $2v\tau = L_1 + L_2$; $\boxed{v = \frac{L_1 + L_2}{2\tau} = 22{,}5\ \frac{м}{с}}$

Выведем формулу тормозного пути ℓ.

$\ell = vt - \frac{at^2}{2}$, $at = v \Rightarrow t = \frac{v}{a}$

$\ell = \frac{v^2}{a} - \frac{a \cdot v^2}{2a^2} = \frac{v^2}{a} - \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2a}$.

(Заметим, что минимальная безопасная дистанция соответствует случаю, когда точки торможения обеих машин совпадают.)

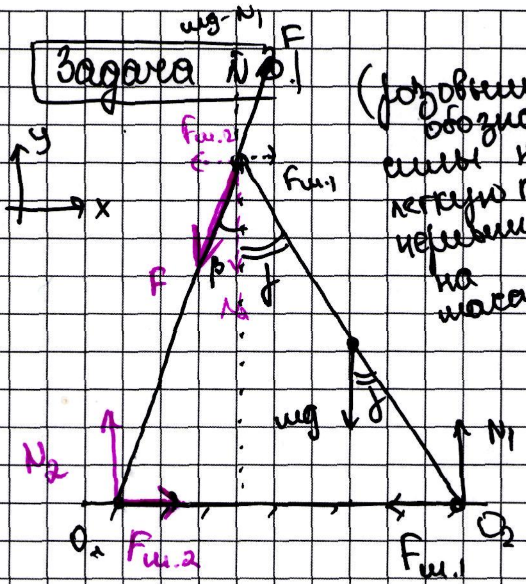
НЕТ.

п. 2-4 3

Шифр: Т9-13

Лист 3 из 10

Задача №5



(розовым обозначены силы на легкую палку, черным — на массивную)

1) Рассмотрим систему „2 палки“

Получим:

(X) $F_{тр.1} = F_{тр.2}$.

(Y) $mg = N_1 + N_2$

1	2	3	4	5	6	7	Σ
2	3	2	0,5	0,5	1	1	10

2) Теперь посмотрим на невесомый стержень. Сумма моментов его сил должна быть 0 отн. любой точки. Рассмотрение моментов отн. O, дает нам направление силы F — по легкому стержню. Теперь рассмотрим моменты сил отн. O_2 для массивной палки.

V

(ℓ — длина массивн. стержня)

$$mg\cdot\frac{\ell}{2}\sin\gamma = F\cdot\ell\sin(\beta+\gamma), \text{ или } F = mg\frac{\sin\gamma}{2\sin(\beta+\gamma)}$$ +

Т.к. $\beta = 20$; $tg\,\beta = 0,364$; $tg\,\gamma = 2tg\beta = 0,728$

Значит, $\sin\gamma = \sin(arctg(2tg\beta)) = \sin(36,052^\circ) = 0,589$

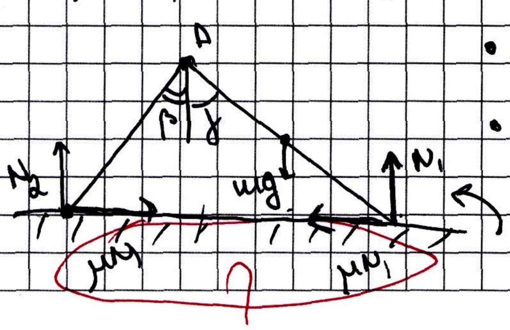
Отсюда $\boxed{F = 70,9\text{ Н}}$

Т.к. F — сила взаимодействия, $\vec{F}_{м.п.} = -\vec{F}_{л.п.}$

Заметим, что $\frac{F_{тр.2}}{N_2} = \frac{F_{тр.1}}{mg - N_1} = tg\,\beta$.

В устойчивом состоянии силы трения равны. Значит, в первый момент, когда одна из $F_{тр.i}$ приравняется к μN_1, лестница поедет. Таким образом:

- $\mu N_1 \cos\beta = (mg - N_1)\sin\beta$
- $\frac{mg}{2}\cdot\sin\gamma + \mu N_1\cos\gamma = N_1\sin\gamma$



(силы для записи моментов)

Шифр: Т9-13

Задача №3 (продолжение)

Отсюда $mg \cdot \sin\beta = N_1(\mu\cos\beta + \sin\beta)$

$$mg \cdot \frac{\sin\gamma}{2} = N_1(\sin\gamma - \mu\cos\gamma)$$

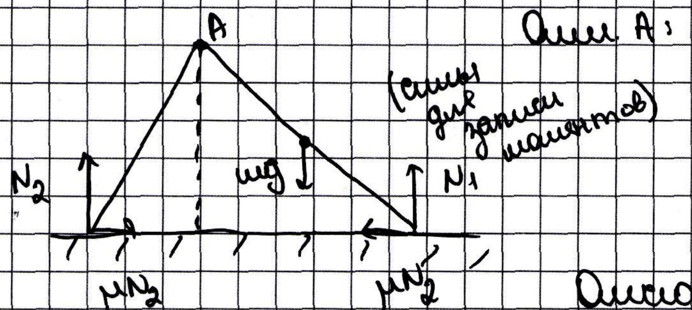
$$\frac{2\sin\beta}{\sin\gamma} = \frac{\mu\cos\beta + \sin\beta}{\sin\gamma - \mu\cos\gamma}; \quad \mu(\cos\beta\sin\gamma + 2\sin\beta\cos\gamma) = \sin\beta\cdot\sin\gamma$$

$$\mu = \left(\frac{\sin\gamma\cdot\cos\beta + 2\sin\beta\cos\gamma}{\sin\beta\cdot\sin\gamma}\right)^{-1} = (\mathrm{ctg}\,\beta + 2\mathrm{ctg}\,\gamma)^{-1} = (2\mathrm{ctg}\,\beta)^{-1}$$

$\boxed{\mu = \frac{\mathrm{tg}\beta}{2} = 0{,}18}$ Но в этом случае $N_1 = \frac{2}{3}mg$

$N_2 = \frac{1}{3}mg$ и $F_{тр2\,max} = \frac{\mu mg}{3}$, а не $\frac{2\mu mg}{3}$ Откуда?

Значит, правилен 2 случай:



Отн A: $N_2\sin\beta = \mu N_2\cos\beta$

$$\frac{mg}{2}\sin\gamma + \mu N_2\cos\gamma = (mg - N_2)\sin\gamma$$

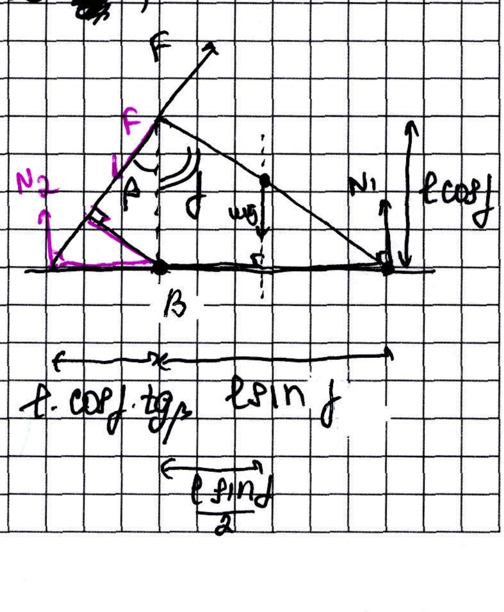
Отсюда $\mu = \mathrm{tg}\,\beta$;

$$N_2 = mg\cdot\frac{\sin\gamma}{2\cdot(\mu\cos\gamma + \sin\gamma)} \approx 0{,}33$$

Значит, $\boxed{\mu_{min} = \mathrm{tg}\,\beta = 0{,}36}$

Докажем это другим способом.

Рассмотрим моменты отн. т. B.



- $mg\cdot\frac{\sin\gamma}{2} + F\cdot\cos\gamma\cdot\sin\beta = N_1\cdot\sin\gamma$
- $N_2\cdot\cos\gamma\cdot\mathrm{tg}\,\beta = F\cdot\cos\gamma\cdot\sin\beta.$

Шифр: Т9-13

Задача № 3 (продолжение)

Лист 6 из 10

$$N_1 = \frac{mg}{2} + F \cdot \frac{\sin\beta}{tg\gamma} = \frac{mg}{2} + F \cdot \frac{\sin\beta}{2tg\beta} = \frac{mg}{2} + F\frac{\cos\beta}{2}$$

$$N_2 = F \cdot \cos\beta$$

Отсюда можем сделать вывод, что $N_1 > N_2$

$$\Downarrow$$

Если одна из $F_{тр}$ равна μN, это $F_{тр.2}$.

(Проверим, подставив числ. значения:

$N_1 = 133,3 H$; $N_2 = 66,6 H$; $N_1 + N_2 = 199,9 H$
$\approx 200H = mg$)

$$\boxed{\begin{gathered} F = 70,9 H \\ \mu = tg\beta = 0,36 \end{gathered}}$$

1	2	3	4	5	6	7	Σ
1	1	3	0,5	1,5	1,5	1,5	10

Шифр: Т9-13

~~[illegible] 10~~

Задача №4

Пусть объем калориметра — V. Объем жидкости — $\frac{m_0}{\rho_0}$; объем цилиндра — $\frac{m_i}{\rho} = \frac{m_i}{6\rho_0}$. При опускании в калориметр цилиндра массой m_i возможно 2 случая:

1) $\frac{m_i}{6\rho_0} + \frac{m_0}{\rho_0} \le V$

$\Downarrow$

вода не выливается

УТБ: $c_0 m_0 t_i = c m_i (T - t_i)$

2) $\frac{m_i}{6\rho_0} + \frac{m_0}{\rho_0} > V$

$\Downarrow$

вода выливается;

$m_в = \rho_0 \left(V - \frac{m_i}{6\rho_0} \right)$.

УТБ: $c m_i (T - t_i) = c_0 \rho_0 \left(V - \frac{m_i}{6\rho_0} \right) \cdot t_i$

Пусть вода выливалась все 4 раза. Тогда:

$$\begin{cases} cm(T - t_1) = c_0\rho_0\left(V - \frac{m}{6\rho_0}\right)t_1 \\ c\,1{,}6m(T - t_2) = c_0\rho_0\left(V - \frac{1{,}6m}{6\rho_0}\right)t_2 \\ c\,3m(T - t_3) = c_0\rho_0\left(V - \frac{3m}{6\rho_0}\right)t_3 \\ c\cdot 4m(T - t_4) = c_0\rho_0\left(V - \frac{4m}{6\rho_0}\right)t_4 \end{cases}$$

Также можем заменить отношение $\frac{c_0}{c}$ на β.

При этом, пусть $\frac{m_0}{\rho_0 V} = \gamma \Rightarrow V = \frac{m_0}{\gamma \rho_0}$

Тогда уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} cm(T - t_1) = c_0\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{m}{6}\right)t_1 \\ 1{,}6cm(T - t_2) = c_0\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{4}{15}m\right)t_2 \\ 3cm(T - t_3) = c_0\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{m}{2}\right)t_3 \\ 4cm(T - t_4) = c_0\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{2}{3}m\right)t_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m(T - t_1) = \beta\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{m}{6}\right)t_1 \\ 1{,}6m(T - t_2) = \beta\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{4m}{15}\right)t_2 \\ 3m(T - t_3) = \beta\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{m}{2}\right)t_3 \\ 4m(T - t_4) = \beta\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{2}{3}m\right)\cdot t_4 \end{cases}$$

не подходит

Шифр: Т9-В

Лист 7 из 10

Задача №4 (продолжение)

Если 1-й выливается, посмотрим на остальные ситуации.

2. $\frac{t_1}{t_2} = \frac{1}{1,6}\cdot\frac{T-t_1}{T-t_2} \Rightarrow T = 90^\circ C$, возможный вариант.

3. $\frac{t_1}{t_3} = \frac{1}{3}\cdot\frac{T-t_1}{T-t_3} \Rightarrow \frac{T-t_1}{T-t_3} = 1$; нет решений.

4. $\frac{t_1}{t_4} = \frac{1}{4}\cdot\frac{T-t_1}{T-t_4} \Rightarrow T = -270$, не подходит.

Значит, 3 и 4 - точно выливаются.
Пусть выливаются все, кроме 1. При решении системы, соотв. данному случаю, получаем $T = 0$. (не подходит.)
Рассмотрим случай, при котором выливается из 3 и 4
Система имеет вид

$$\begin{cases} m(T-t_1) = \beta m_0 t_1 \quad (1) \\ 1,6m(T-t_2) = \beta m_0 t_2 \quad (2) \\ 3m(T-t_3) = \beta\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{m}{2}\right)t_3 \quad (3) \\ 4m(T-t_4) = \beta\left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{2}{3}m\right)t_4 \quad (4) \end{cases}$$

$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \boxed{T = 90^\circ C}$; $\frac{m}{\beta} = \frac{m_0 t_1}{T-t_1}$

Отсюда: $$\begin{cases} 3\frac{m_0 t_1}{T-t_1}(T-t_3) = \left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{m}{2}\right)t_3 \quad (1)' \\ 4\cdot\frac{m_0 t_1}{T-t_1}(T-t_4) = \left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{2}{3}m\right)t_4 \quad (2)' \end{cases}$$

$(1)' \Rightarrow m = 2m_0\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{3(T-t_3)t_1}{(T-t_1)t_3}\right)$

Шифр: Т9 - В

Задача №4 (продолжение)

~~Лист 8 из 10~~

$$\frac{4t_1(T-t_4)}{(T-t_1)} = t_4\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{2}{3}\cdot 2\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{3(T-t_3)t_1}{(T-t_1)t_3}\right)\right)$$

Откуда $\boxed{\gamma = \frac{2}{3}.}$

Откуда $\boxed{m = 300\text{ г.}}$; $\boxed{\beta = {}^{12}}$

Проверим предположение ~~про~~ про переливание

$$V = \frac{m_0}{\gamma \rho_0} = \frac{3}{2}\frac{m_0}{\rho_0} = \frac{300}{\rho_0}$$

$$V(m) = \frac{m}{6\rho_0} = \frac{50}{\rho_0}; \quad V(1{,}6m) = \frac{80}{\rho_0}; \quad V(m_0) = \frac{200}{\rho_0}.$$

$V(m) + V(m_0) = \frac{250}{\rho_0} < \frac{300}{\rho_0} = V$ Подходит,

$V(1{,}6m) + V(m_0) = \frac{280}{\rho_0} < \frac{300}{\rho_0} = V.$ сходится

$V(3m) + V(m_0) = \frac{350}{\rho_0} > \frac{300}{\rho_0} = V.$

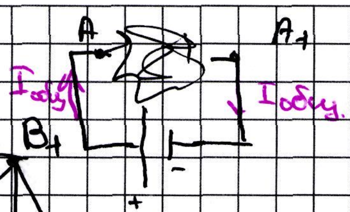
$$\boxed{\begin{aligned} &T = 90\,^\circ C \\ &\gamma = \frac{2}{3} \\ &m = 300\text{ г} \\ &\beta = \frac{r_0}{c} = {}^{12} \end{aligned}}$$

Проверим также, что в калориметре останется вода.

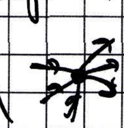
$V(4m) = \frac{200}{\rho_0}$ ~~…~~ $< V$, останется.

Шифр: 79-13

Задача 5 Лист 9 из 10 Гусль

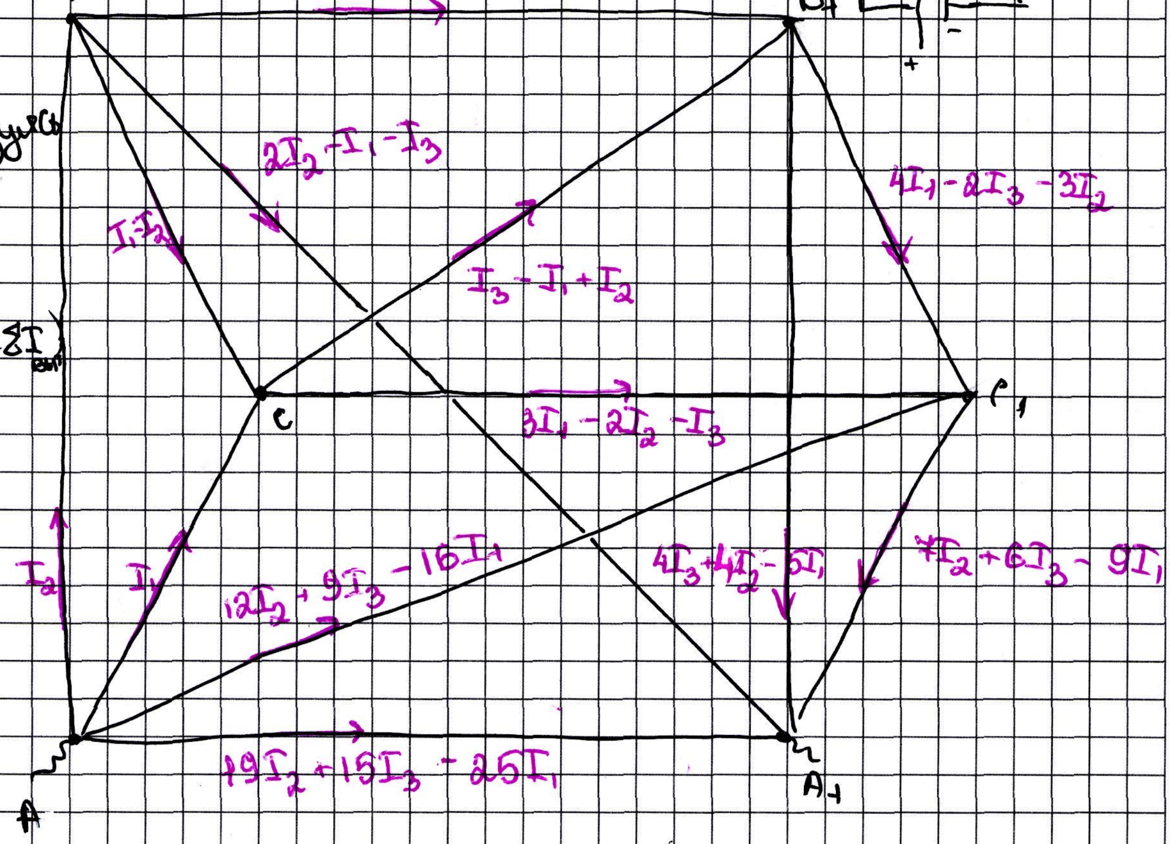


① Расставим токи, пользуясь законами Кирхгофа



$\left(\sum I_{вх} = \sum I_{вых}\right)$

$(I_1R_1 + I_2R_2 = I_3R_3)$



Теперь для контура ABA_1:

$$I_2 + (2I_2 - I_1 - I_3) = 19I_2 + 15I_3 - 25I_1$$

для контура BB_1A_1:

$$I_3 + (4I_3 + 4I_2 - 5I_1) = 2I_2 - I_1 - I_3$$

Преобразуем и получим:

$$\begin{cases} 16I_2 + 16I_3 - 24I_1 = 0 \\ 6I_3 + 2I_2 - 4I_1 = 0 \end{cases}$$

Отсюда получим, что $\frac{I_2}{I_1} = \frac{5}{4}$; $\frac{I_3}{I_1} = \frac{1}{4}$.

$I_{общ} = 6I_1$; $U_{общ} = \frac{5}{2} I_1 R$. $R_{общ} = \frac{U_{общ}}{I_{общ}} = \frac{5I_1R}{2 \cdot 6I_1}$

$\boxed{R_{общ} = 5 \text{ Ом.}}$

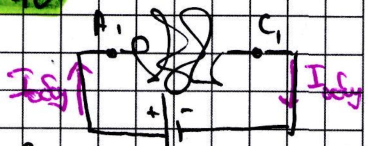
+7

Шифр: Т9 – В

лист 10 из 10

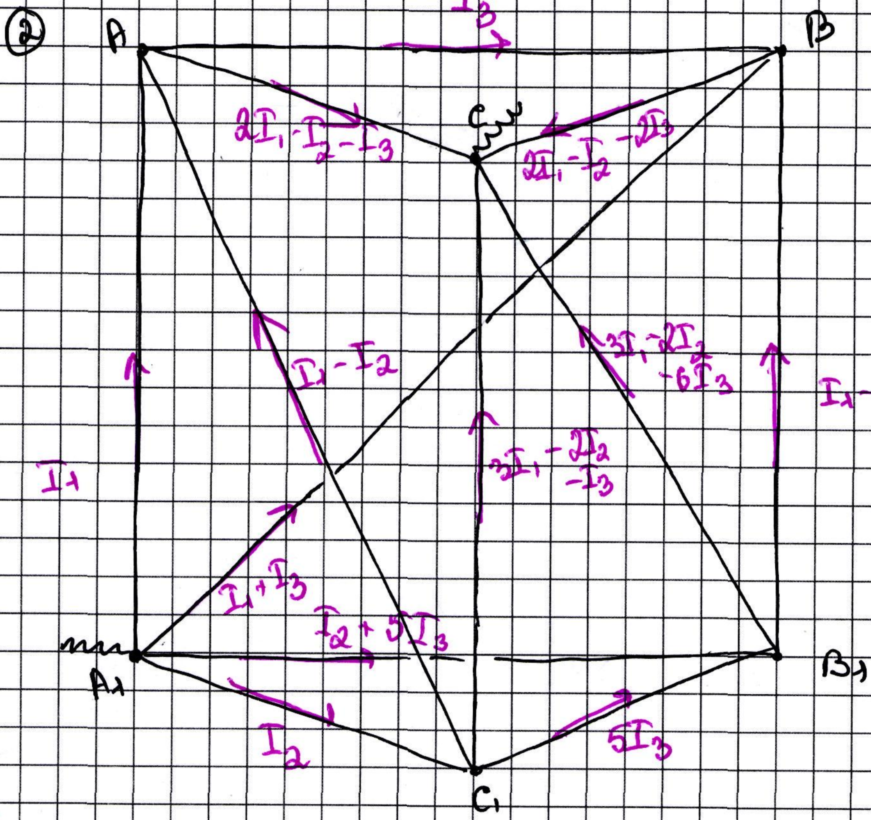
Задача № 5 (продолжение)

Пусть



Расставим токи аналогично п.1.

②



Теперь для узла C_1:

$$I_2 = 5I_3 + (3I_1 - 2I_2 - I_3) + (I_1 - I_2)$$

узла B_1:

$$5I_3 + (I_2 + 5I_3) = (I_1 - I_2 - 4I_3) + (3I_1 - 2I_2 - 6I_3)$$

Преобразуем и получим:

$$\begin{cases} 4I_2 - 4I_3 - 4I_1 = 0 \\ 26I_3 + 4I_2 - 4I_1 = 0 \end{cases}, \quad \text{Откуда} \quad \begin{cases} I_3 = 0 \\ I_1 = I_2 \end{cases}$$

$$I_{общ} = 4I_1; \quad U_{общ} = 2I_1R \Rightarrow R_{общ} = \frac{U_{общ}}{I_{общ}} = \frac{2I_1R}{4I_1}$$

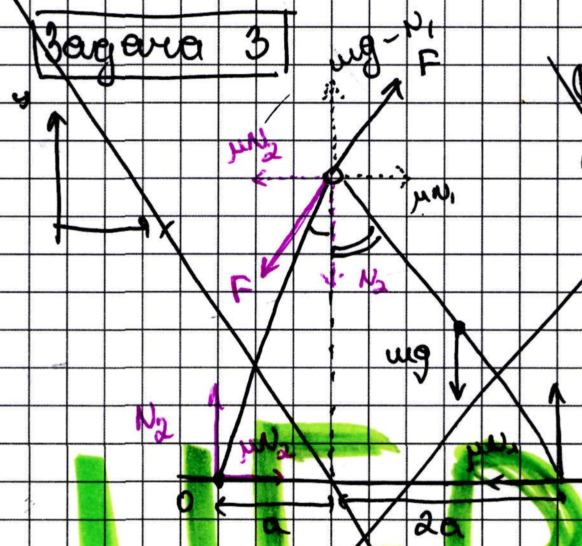
$$\boxed{R_{общ} = 6 \text{ Ом}}$$

+3

Σ = 10

Шифр: Т9-13

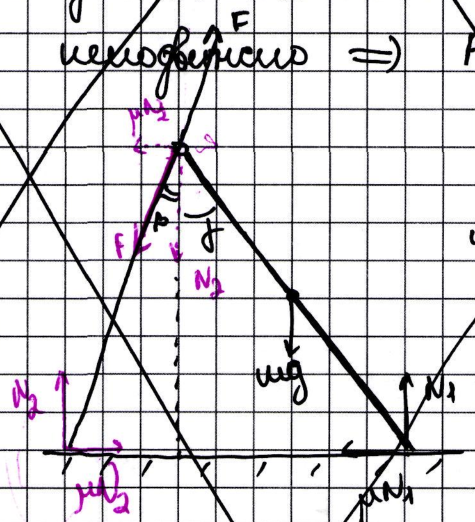
Задача 3



Рассмотрим силы, действующие на части лестницы, учитывая сумму по осям y и x.

Т.к. F - сила взаимодействия частей лестницы, они равны по модулю и противоположны для частей. Теперь рассмотрим сумму моментов сил для легкой части отн. т. O. Сумма моментов должна быть 0, т.к. тело неподвижно $\Rightarrow$ F направлена по этой части, т.е.:

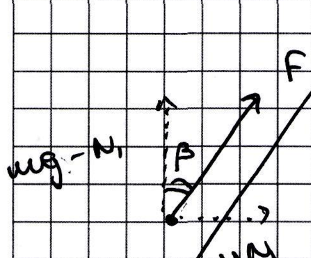
ЧЕРНОВИК



Таким образом, можем сказать, что $\mu_{min} = tg\beta = 0{,}36$.

$\left(\frac{\mu N_2}{N_2} = tg\beta\right)$

(при $\mu > \mu_{min}$ сила трения не максимальна и равна $\mu_{min} N_2$, т.к. я рассматриваю крайний случай)



$\Rightarrow \frac{\mu N_1}{mg - N_1} = tg\beta$, $\mu N_1 = mg \cdot tg\beta - N_1 tg\beta$

$N_1(\mu + tg\beta) = mg \cdot tg\beta$

$2N_1 tg\beta = mg \cdot tg\beta)$

$N_1 = \frac{mg}{2} \Rightarrow N_2 = \frac{mg}{2}$ (т.к. рассматривая систему в целом, получим $N_1 + N_2 = mg$

$F = \sqrt{\left(\frac{mg}{2}\right)^2 + \left(\frac{\mu mg}{2}\right)^2} = \frac{mg}{2}\sqrt{1 + (tg\beta)^2} = 106{,}4$ Н.