

Всероссийская олимпиада школьников по физике
заключительный этап

T9 -121

заполнять печатными буквами!!!

Милованцев

Фамилия

Александр

Имя

Кавалевич

Отчество

+7 983 239 5866

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

из 9

Томск, 2019

Теория

9 класс

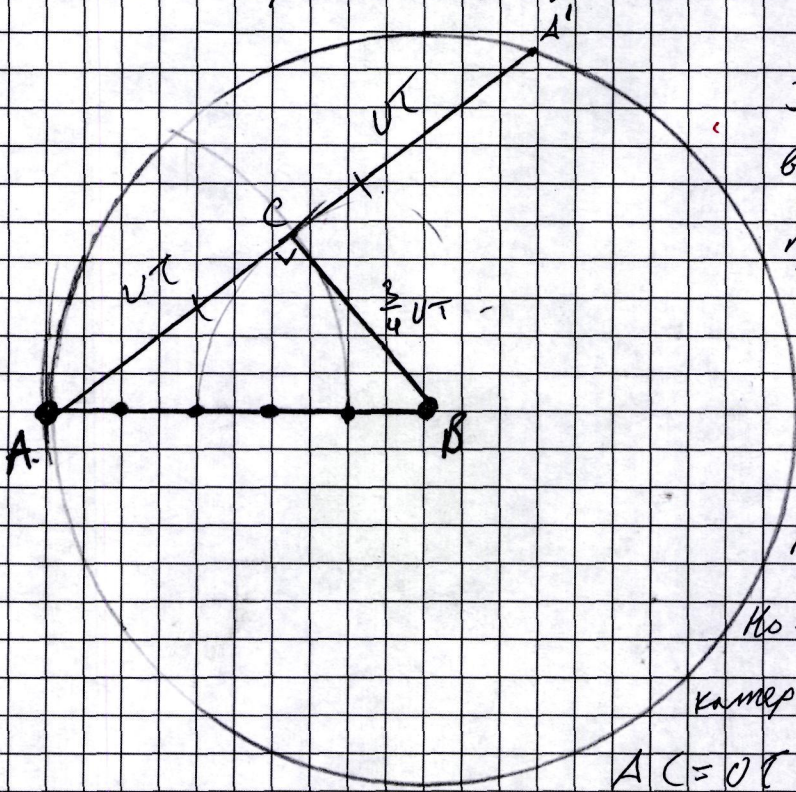
79-121

Шифр

	1	2	3	4	5	Σ
Проверка	8	4	6	10	10	38
Подпись	Я.А.М.	В.А.Р.	С.В.М.	М.А.М.	К.А.М.	
Апелляция						
Подпись						

Задача 1. Корабли.

Сначала решим задачу аналитически:



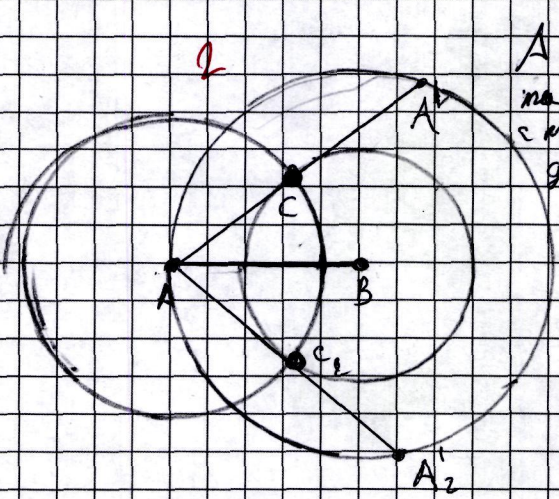
Корабли
 Пусть ~~корабли~~ B и A' , когда
 встретились камера, тогда
 проведем $\text{окр}(B; R)$, где $R = AB = 5 \text{ км}$
 тогда $A' \in \text{окр}(B; AB)$ по усл.

Пусть U — скорость
 корабля U , тогда го
 точка A' отплыла $2T \Rightarrow AA' = U \cdot 2T$,

Но через время T он отпустил камеру \Rightarrow
 камера был отпущена из $m. C$, причем 2

$AC = UT \Rightarrow C$ — середина AA' т.к.

$m. A$ и $m. A'$ принадлежат $\text{окр}(B; AB)$, но $\Delta ABA'$ равноб $\Rightarrow B C$ —
 медиана и высота $\Rightarrow \angle ACB = 90^\circ$, Обозая скорость сближения камер
 $U_{\text{сбл}} = \frac{5}{8}U + \frac{3}{8}U = \frac{3}{4}U \Rightarrow CB = U_{\text{сбл}} \cdot T = \frac{3}{4}U \cdot T$. По т. Пифагора
 $AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \frac{5}{4}UT = 5 \text{ км} \Rightarrow UT = 4 \text{ км}$, тогда ΔACB — равнобедренный
 со сторонами $3; 4; 5$ км. Построим с помощью циркуля и линейки.



$A' \text{ и } A_2$ —
 та же точка
 с помощью
 го циркуля

Построение:

1. $\text{окр}(B; L)$
2. $\text{окр}(B; \frac{3}{5}L)$
3. $\text{окр}(A; \frac{3}{5}L)$
4. $\text{окр}(B; \frac{3}{5}L) \cap \text{окр}(A; \frac{4}{5}L) = C$
5. $AC \cap \text{окр}(B; L) = A'$
6. A' — точка нахождения корабля B
 (или A_2) в момент встречи камер.

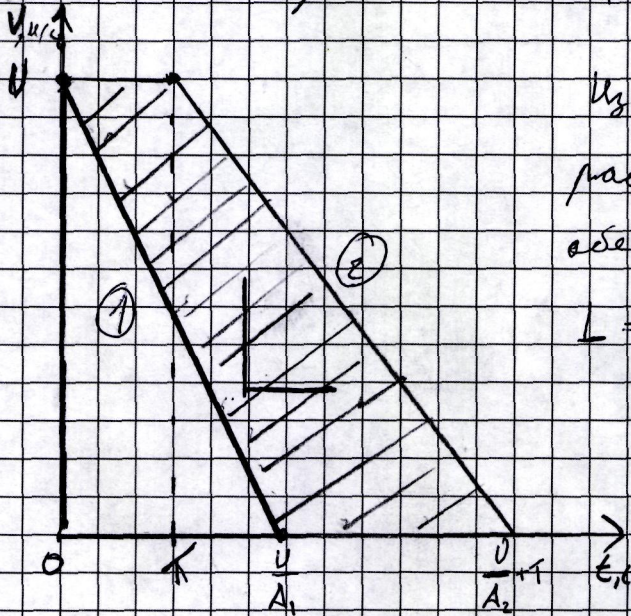
строим

1 шаг

Ответ: $UT = 4 \text{ км}$

Задача 2. Безопасная дистанция.

Пусть пусть машина с ^{большим} ~~меньшим~~ ускорением a_1 (А₁) едет ~~вперед~~ впереди тогда рисуем на графике $v(t)$, как изменялась её скорости и другой машиной ($A_1 > A_2$; A_1 и A_2 — касая то перестановка a_1 и a_2):



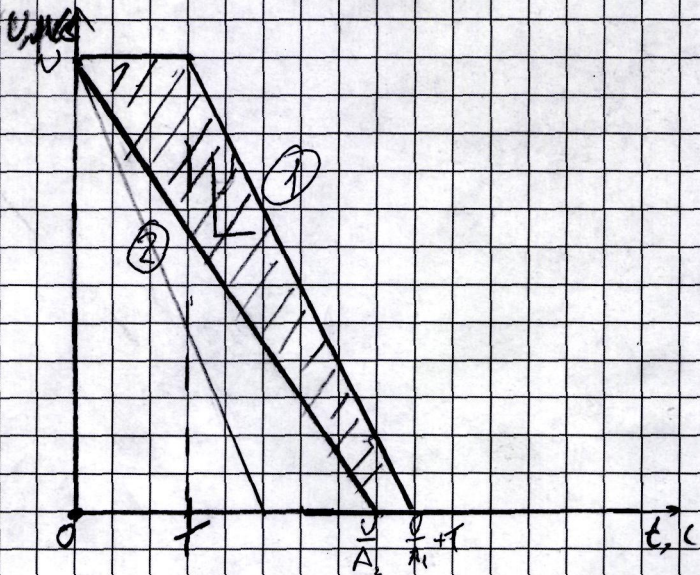
Из графика видно, что со временем расстояние только увеличивается, пока обе машины не остановятся, тогда

$$L = S_2 - S_1 = \frac{v^2}{2A_2} + vT - \frac{v^2}{2A_1}$$

Теперь пусть впереди едет

машина с меньшим ускорением:
 рисуем график

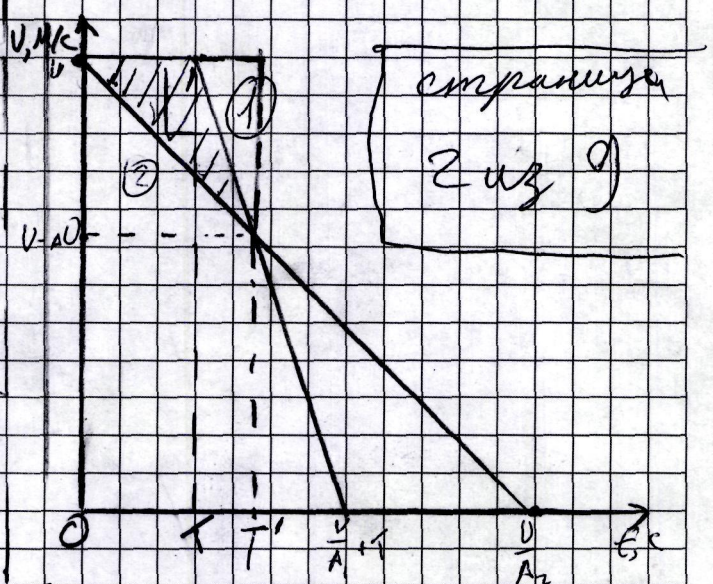
I вариант (здесь $\frac{u}{A_2} \leq \frac{u}{A_1} + T$)



Здесь тоже расстояние между машинами всё время ~~увеличивается~~ (до остановки) увеличивается \Rightarrow

$$L' = S_1 - S_2 = vT + \frac{v^2}{2A_1} - \frac{v^2}{2A_2}$$

II вариант (здесь $\frac{u}{A_2} > \frac{u}{A_1} + T$)



Здесь расстояние между машинами уменьшается пока их скорости ~~не станут~~ равными. Через время T' когда скорости ~~уравняются~~ на $AV = A_2 T'$

$$L' = AVT' - AV(T' - T) = \frac{AVT}{2}$$

I вариант

$$L + L' = 2VT$$

$$V = \frac{L + L'}{2T}$$

Заметим, что м.к. $A_2 < A_1$, но $\frac{1}{A_1} < \frac{1}{A_2}$

$$L' < L \Rightarrow L' = L_1 = 5 \text{ м}; L = L_2 = 40 \text{ м}$$

$$A_2 = a_1; A_1 = a_2$$

$$V = \frac{L + L'}{2T} = \frac{45}{2} = 22,5 \text{ м/с}$$

II вариант

Здесь L' меньше, чем в I варианте \Rightarrow

$$L' < L \Rightarrow L' = L_1 = 5 \text{ м}; L = L_2 = 40 \text{ м}$$

 $A_2 = a_1; A_1 = a_2$, тогда случай, когда

вперед едет 1-ая машина не

едем как всегда с \Rightarrow решим ур-ние

$$L_2 = VT + v^2 \left(\frac{1}{2a_1} - \frac{1}{2a_2} \right)$$

$$\left(\frac{a_2 - a_1}{2a_2 a_1} \right) v^2 + VT - L_2 = 0$$

$$D = T^2 + \frac{2L_2(a_2 - a_1)}{a_2 a_1}$$

$$v = \frac{4a_2 a_1}{a_2 - a_1} \cdot \left(T + \sqrt{T^2 + \frac{2L_2(a_2 - a_1)}{a_2 a_1}} \right) =$$

$$= \frac{4a_2 a_1}{a_2 - a_1} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + 80 \frac{a_2 - a_1}{a_2 a_1}} \right)$$

$$\text{Ответ: } v = \frac{4a_2 a_1}{a_2 - a_1} \left(1 + \sqrt{1 + 80 \frac{a_2 - a_1}{a_2 a_1}} \right) -$$

но! В силу того, что машины

примерно равны ($a_1 \approx a_2$), но это

побочный ответ.

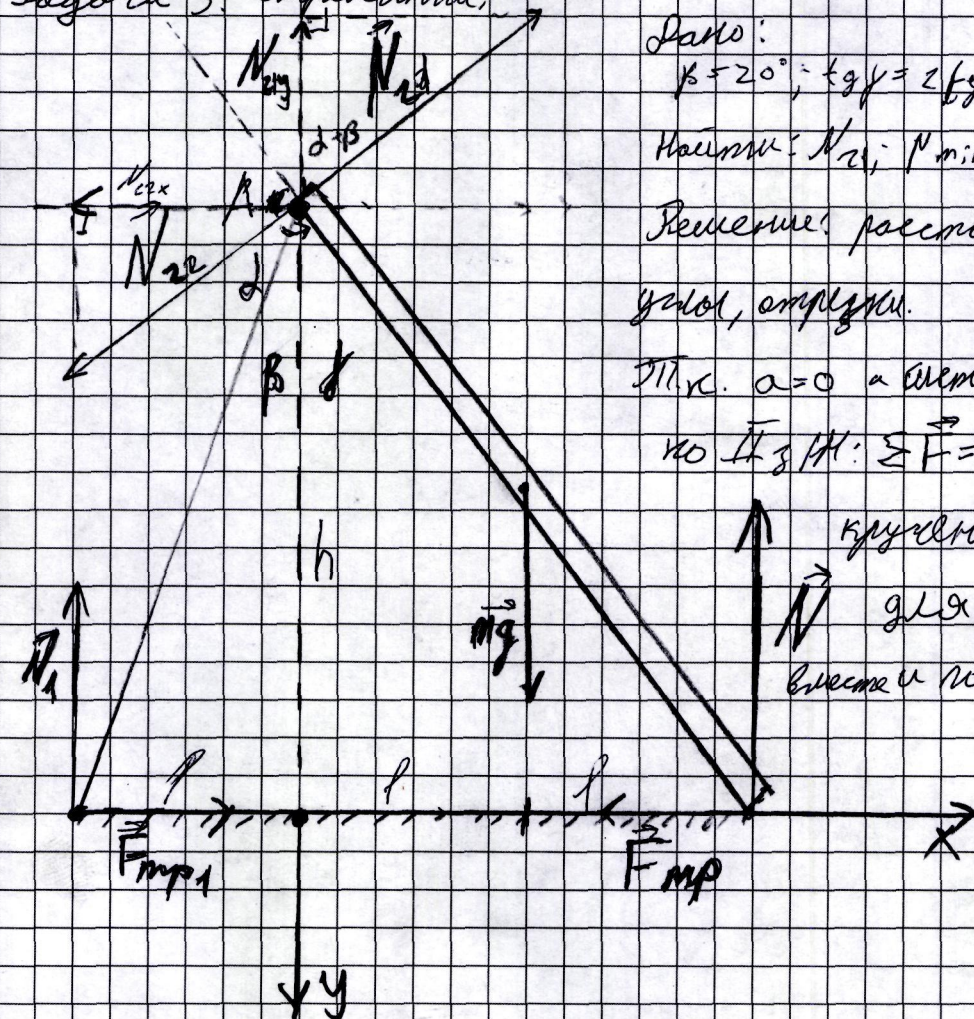
$$\text{Ответ: } v = 22,5 \text{ м/с}$$

и. 1-4 (4)

Страница

3 из 9

Задача 3. Сложная.



Дано:
 $\beta = 20^\circ$; $\tan \beta = 2 \tan 30^\circ$; $M = 20 \text{ Нм}$

Найти: N_{21} ; N_{22}

Решение: расставим силы, обозначим угол, отложим.

П.к. $\alpha = 0$ и выберем статички по II з.П.: $\sum \vec{F} = 0$, а т.к нет

крутящих, то $\sum M = 0$

для каждого тела введем по отдельности.

1	2
2	2 (4+)
3	-
4	0,5
5	0,5
6	1
7	-
	6

Рассмотрим отдельно из этих двух тел второе:

$\vec{N}_{22} = -\vec{N}_{21}$ по II з.П., тогда по Oy: $mg = N_1 + N_{22}$ (или

N_{21} и N_{22} пока не будем учитывать, т.к. они будут скомпенсированы)

по Ox: $F_{mp1} = F_{mp2}$. Рассмотрим наклонной силе ампл. м. А

$\sum M = 0 \Rightarrow F_{mp1} \cdot h - N_1 \cdot l - F_{mp2} \cdot h + 2l \cdot N - l \cdot mg$ + (учитывая)

$$N_1 \cdot l + mg \cdot l = 2l \cdot N$$

$$\begin{cases} N_1 + mg = 2N \\ mg = N_1 + N_2 \end{cases}$$

$$N_1 = N - N_2$$

$$N = 2N_1 \Rightarrow N_1 = \frac{mg}{3}, N_{22} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 8}{3}$$

справился

4 из 9

Теперь рассмотрим только массивные шарики:

$$\text{II з/н в проеме по } OY: mg = N + N_{21y} = \frac{2mg}{3} + N_{21y} \Rightarrow N_{21y} = \frac{mg}{3}$$

Заметим, что $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \Rightarrow \alpha + \beta = 90^\circ - \gamma \Rightarrow$ по омп.

$$N_{21} = \frac{N_{21y}}{\cos(\alpha + \gamma)} = \frac{N_{21y}}{\sin \gamma} = \frac{1}{\sin \gamma} \cdot N_{21y} = \frac{1}{\sin \gamma} \cdot \frac{mg}{3}$$

$$\text{ctg } \gamma = \frac{\cos \gamma}{\sin \gamma}$$

$$\text{ctg}^2 \gamma = \frac{1}{\sin^2 \gamma} - 1$$

$$\frac{1}{\sin^2 \gamma} = \text{ctg}^2 \gamma + 1 = \frac{1}{\text{tg}^2 \gamma} + 1 = \frac{\text{tg}^2 \gamma + 1}{\text{tg}^2 \gamma}$$

$$\frac{1}{\sin^2 \gamma} = \frac{\sqrt{\text{tg}^2 \gamma + 1}}{\text{tg} \gamma} = \frac{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \beta}}{2 \text{tg} \beta}$$

$$N_{21} = N_{22} = mg \cdot \frac{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \beta}}{2 \text{tg} \beta} \approx 200 \cdot 0,506 \approx 101,3 \text{ Н}$$

Условно назовем μ_{\min} , либо $F_{\text{мп}} = \mu_{\min} N_1$, либо $F_{\text{мп}} = \mu_{\min} N_2$, но $N_1 = 2N_2$, но если $F_{\text{мп}} = \mu_{\min} N_1$, то $F_{\text{мп}}$ будет меньше $F_{\text{мп}}$, чем не должно быть. \Rightarrow

$$F_{\text{мп}} = \mu_{\min} N_2$$

Тогда II з/н в проеме по O_x для ~~каждого~~ шарика

$$N_{22x} = F_{\text{мп}}, \text{ а по III з/н } N_{22x} = N_{21x} = \sin(\alpha + \beta) N_{21} = N_{21} \cdot \cos \gamma$$

$$N_{21x} = F_{\text{мп}} = N_{21} \cdot \cos \gamma = \mu_{\min} N_1$$

$$N_{21} \cdot \cos \gamma = \mu_{\min} \cdot \frac{mg}{3}$$

$$\mu_{\min} = \frac{3 N_{21} \cdot \cos \gamma}{mg} = \frac{3 \cdot \frac{mg}{3} \cdot \frac{\cos \gamma}{\sin \gamma}}{mg} = \text{ctg } \gamma = \frac{1}{\text{tg} \gamma} = \frac{1}{2 \text{tg} \beta} \approx 1,34$$

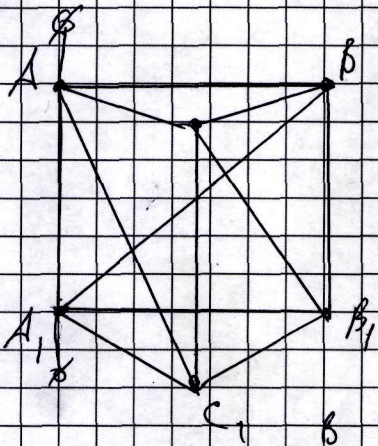
$$\text{Ответ: } \mu_{\min} = 1,34; N_{21} = N_{22} = 101,3 \text{ Н}$$

Страница

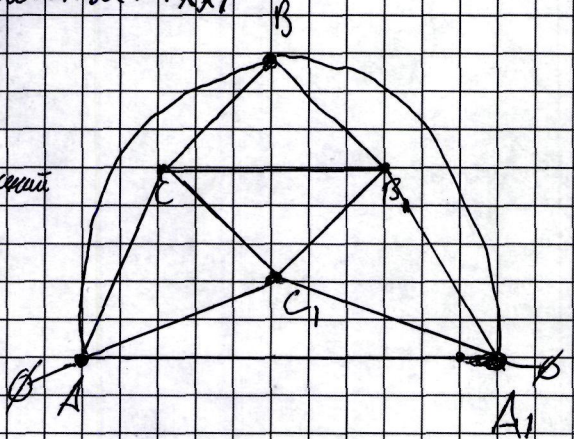
5 из 9

Задача 5. Треугольная призма.

① Перерисуем ее. Найдем: R_{AA_1} .

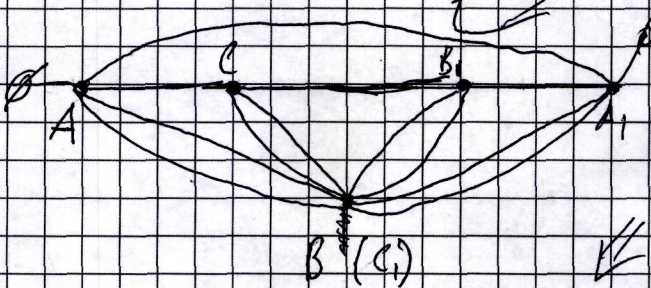
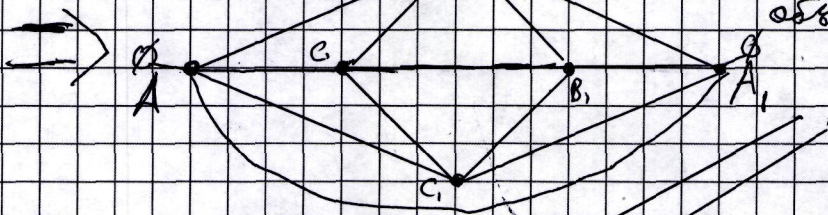


перерисуем
чтобы ее продолжить
⇒

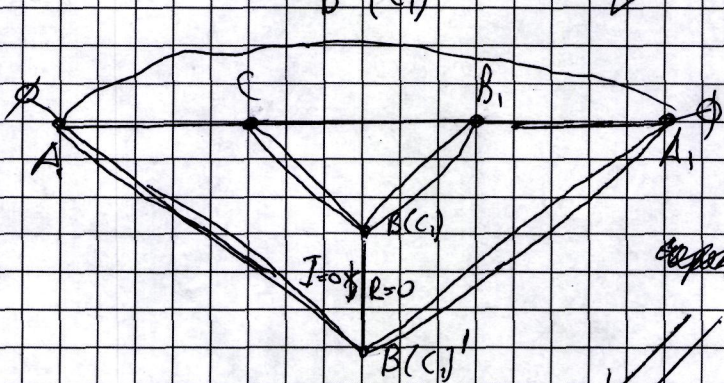


ось AA₁

Видно симметрично, поэтому
объемными точками с равными
потенциалами (B и C₁)

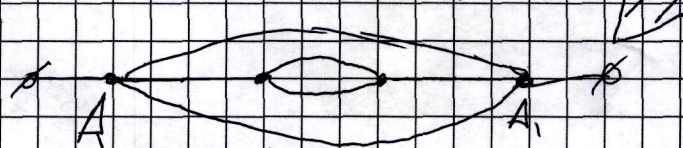


Сделаем разделение т. B(C₁) в
две точки соедин. с A продолжим
 $R=0$



ось B(C) B(C)¹

B видны симметрично, поэтому
т. B(C) и B(C)¹ равные потенциалы
⇒ разд. так же сделаем из B(C) в B(C)¹.



Сопоставим
B и C₁

$$\frac{1}{R_{AA_1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2.5R} = \frac{6}{2.5R} \Rightarrow R_{AA_1} = \frac{2.5R}{6} = \frac{12 \cdot 2.5}{6} = 5 \text{ Ом}$$

Задача 5. Пункт 2

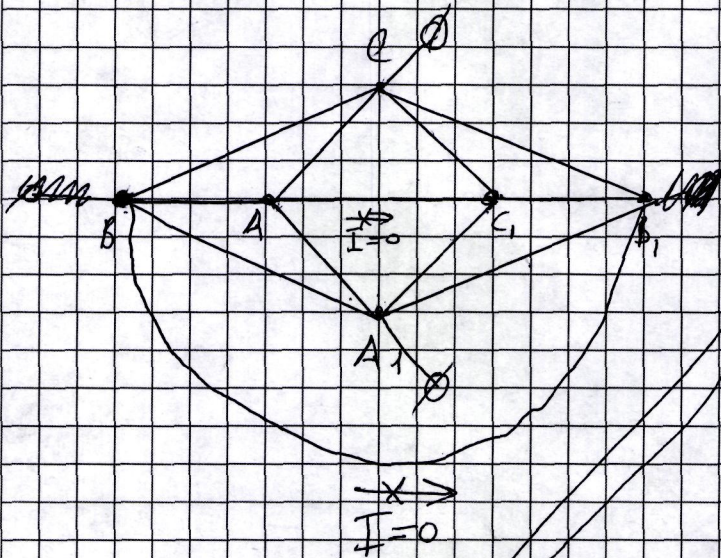
Переключим сеть:

Найти: R_{CA}

В силу симметрии относительно оси

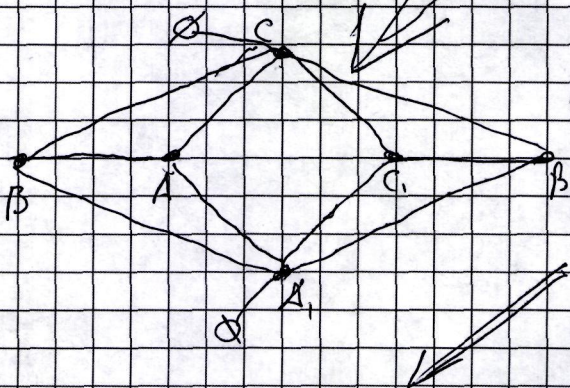
CA_1 видно, что через проводники AC_1 и BB_1 ток не течет.

(Можно переключить схему (B на B_1 ; A на C_1) в направлении тока не изменится \Rightarrow ток ток не течет)



В силу симметрии относительно оси CA_1 ,

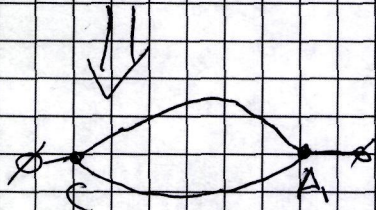
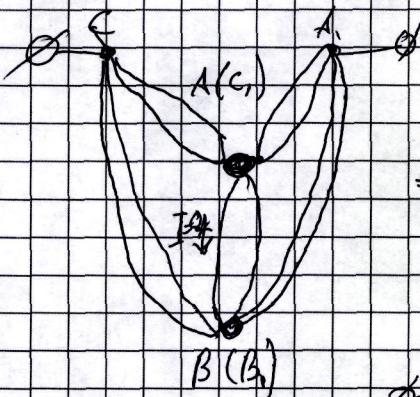
сложим в одну точку с равными потенциалами (A и C_1 ; B и B_1)



В силу симметрии относительно оси $A(C_1)B(B_1)$

видно, что потенциалы в т. A(C_1) и т. B(B_1) равны

\Rightarrow через проводники $A(C_1)B(B_1)$ ток не течет



$$R_{CA} = \frac{R}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ Ом}$$

Ответ: $R_{CA} = 6 \text{ Ом}$; $R_{AA} = 5 \text{ Ом}$.

Старинка
4 из 9

Задача 4. Четыре медных кубика поперечностью ^{каждый} 10 см и массой 10 г нагреваем, что вода не выливается, тогда:

$$1) (m_0 c_0 + m c) t_4 = k m c T$$

$$m_0 c_0 (T - t_4) = k m c$$

$$\frac{m_0 c_0}{m c} = \frac{(T - t_4) k}{T} = \text{const}$$

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

$t_1 = 10^\circ; k = 1$

$t_2 = 15^\circ; k = 1,6$

$$\frac{T - 10}{10} = \frac{(T - 15) \cdot 1,6}{15}$$

$$3T - 30 = 2,2T - 48$$

$0,2T = 18$

$T = 90^\circ \Rightarrow \frac{(T - t_1) k}{t_1} = \frac{1}{8}$

то $t_3 = 30^\circ; k = 3$, но $\frac{(T - t_3) k}{t_3} = \frac{1}{6} \neq \frac{1}{8} \Rightarrow$ ^{выливается} вода выливается потому на 3 и 4 раз,

а на 1-ый не выливается (иначе не было бы решения) тогда пусть

V — объем стакана m_3 — масса воды в этом эксперименте, тогда

$$V = \frac{m_3}{\rho_3} + \frac{m_4}{\rho_4} = \frac{3m}{\rho_3} + \frac{m}{\rho_4} \Rightarrow m_3 = m_4 + \frac{m}{5}, \text{ макс-мол}$$

$$m_0 c_0 t_1 = (T - t_1) m c$$

$$m_0 t_1 = (T - t_1) m n$$

$$m_2 c_0 t_2 = (T - t_2) \cdot 1,6 m c$$

$$m_2 t_2 = 1,6 (T - t_2) m n$$

$$m_3 c_0 t_3 = (T - t_3) \cdot 3 m c$$

$$m_3 t_3 = 3 (T - t_3) m n$$

$$m_4 c_0 t_4 = (T - t_4) \cdot 4 m c$$

$$m_4 t_4 = 4 (T - t_4) m n$$

У нас 5 гр-милл и 6 килограммилл \Rightarrow система не решается $\Rightarrow m_2 = m_0 \Rightarrow$

$T = 90^\circ \text{C}$

$$\begin{cases} m_0 t_1 = (T - t_1) m n \\ m_3 t_3 = 3 (T - t_3) m n \\ m_4 t_4 = 4 (T - t_4) m n \\ m_3 = m_4 + \frac{m}{5} \end{cases}$$

$$\frac{m_0 t_1}{T - t_1} = \frac{m_4 t_4}{T - t_4}$$

$$m_4 = \frac{4 m_0 t_1 (T - t_1)}{t_4 (T - t_4)} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 45}{45 \cdot 80} m_0 = 0,5 m_0$$

справедливо
8 кг 9

$$m_3 = \frac{3 m_0 t_1 (T - t_3)}{c_0 (T - t_1)} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 60}{80 \cdot 80} = 0,25 m_0$$

$$m_3 - m_u = 0,25 m_0 = \frac{m}{3} \Rightarrow m = 1,5 m_0 = 0,3 \text{ кг}$$

~~$$m_3 = \frac{3 m_0 t_1 (T - t_3)}{c_0 (T - t_1)} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 60}{80 \cdot 80} = 0,25 m_0$$

$$m_3 - m_u = 0,25 m_0 = \frac{m}{3} \Rightarrow m = 1,5 m_0 = 0,3 \text{ кг}$$~~

$$m_0 c_0 t_1 = (T - t_1) c m$$

$$m_0 t_1 = (T - t_1) n m$$

$$\frac{c}{c_0} n = \frac{m_0 t_1}{(T - t_1) m} = \frac{9,2 \cdot 10}{80 \cdot 0,3} = \frac{1}{2} \Rightarrow c_0 = 19 \text{ c}$$

Ответ: ~~19 c~~, $c_0 = 19 \text{ c}$; $m = 0,3 \text{ кг}$, $T = 90^\circ \text{C}$

Проверка! заметим что при заливании стакана аз 3 м в 4 м, м.е. м ~~равно~~ четверть воды изначальной выливается, поэтому если бы был цилиндр массой 2 м, то вода находилась бы ровно на краю стакана, весь объем был бы занят и вода еще ^{мало} бы выливалась. \Rightarrow при 1,5 м и м вода не выливалась.

$$V = \frac{2m}{\rho_0} + \frac{m_0}{\rho_0}$$

$$\sqrt{\frac{m_0}{\rho_0 V}} = \frac{m_0}{\frac{2m}{3} + m_0} = \frac{0,2}{0,1 + 0,2} = \frac{2}{3}$$

Ответ: $T = 90^\circ \text{C}$; $\sqrt{\frac{2}{3}}$; $m = 0,3 \text{ кг}$; $c_0 = 19 \text{ c}$

Страница

9 из 9