Министерство науки и высшего образования РФ

Совет ректоров вузов Томской области

Открытая региональная межвузовская олимпиада

2021-2022

ФИЗИКА

9 класс

1 Вариант. II этап.

Задача 1

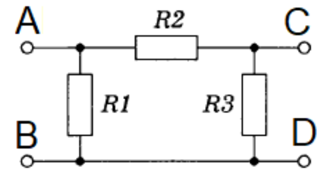
Расстояние между городами Вершки и Корешки составляет S_1=30 км. Воздушный шар, двигаясь равномерно со скоростью ветра, стартует из Вершков в направлении Корешков. Одновременно с этим, из Корешков с постоянной относительно воздуха скоростью вылетает дрон. Долетев до Вершков через t=90 минут, дрон разворачивается и летит в сторону Корешков. На обратном пути дрон поравнялся с воздушным шаром на расстоянии S_2=18 км от Корешков.

Определите скорость ветра, если он дует от Вершков в сторону Корешков. Определите скорость дрона относительно воздуха.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть V – скорость дрона относительно воздуха, U – скорость воздуха. Абсолютная скорость движения дрона V_1 определяется суммой его относительной и переносной скоростей с учётом направления (идея может использоваться неявно – балл ставить): 1) $V_1 = V - U$	2
2) $V - U = \frac{S_1}{t}$	3
Пусть t_1 – время, за которое дрон вернулся от Вершков до точки встречи: 3) $V + U = \frac{S_1 - S_2}{t_1}$	3
Для воздушного шара 4) $U = \frac{S_1 - S_2}{t + t_1}$	3
Преобразуем 2)+ 4) и 3) - 4): 5) $V = \frac{S_1 - S_2}{t_1} - \frac{S_1 - S_2}{t + t_1} = \frac{S_1}{t} + \frac{S_1 - S_2}{t + t_1}$	
Решать уравнение 5) можно численно, поскольку в условии не требуется общий вид: 6) $\frac{12}{t_1} = \frac{30}{1{,}5} + 2\frac{12}{1.5 + t_1} \rightarrow \frac{12}{t_1} = \frac{60}{3} + 2\frac{12}{1.5 + t_1} \rightarrow \frac{1}{t_1} = \frac{5}{3} + \frac{4}{3 + 2t_1} \rightarrow t_1^2 + 2.1t_1 - 0.9 = 0$	
7) Уравнение 6) имеет два вещественных корня, однако, один из них -2,465 ч – отрицательный и физического смысла не имеет.	1*
Второй корень: 8) $t_1 = 0{,}365\ \text{ч} = 21.9\ \text{мин}$	2*
При подстановке 8) в 4): 9) $U = \frac{S_1 - S_2}{t + t_1} = \frac{12}{1{,}865} = 6.4\ \text{км/ч}$	3
При подстановке 9) в 2): 10) $V = \frac{S_1}{t} + U = \frac{30}{1{,}5} + 6.4 = 26.4\ \text{км/ч}$	3
Итого	20
* Получать значения для t_1 не требуется по условию задачи, поэтому баллы за п. 7) и 8) являются промежуточными. Если участник разрешая систему 2), 3) и 4) избавился от t_1 и находил искомые скорости напрямую – такое решение тоже оценивается в полный балл.	

Задача 2



Если к контактам A и B в электрической цепи, подать напряжение U_1=230 В, то на контактах C и D можно снять напряжение U_3=44 В. Если же в этом случае на свой страх и риск подключить к контактам идеальный амперметр, то он покажет ток I=2 А. Если же к контактам C и D в электрической цепи, подать напряжение U_4=230 В, то на контактах A и B можно снять напряжение U_3=22 В. Определите по этим показаниям сопротивления резисторов.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть U_{R1}, U_{R2} и U_{R3} – напряжения на резисторах R_1, R_2 и R_3, соответственно.	
Без подключения амперметра к клеммам C и D: 1) $U_{R1} = U_1 = U_{R2} + U_{R3}$, $U_{R3} = U_3$	2
С учётом закона Ома для участка ACD: 2) $\frac{U_{R2}}{U_{R3}} = \frac{R_2}{R_3}$	2
Из 1) и 2) следует: 3) $U_1 = (1 + \frac{R_2}{R_3})U_3$, откуда $R_3 = \frac{R_2 U_3}{U_1 - U_3}$	1
Поскольку амперметр идеальный, при замыкании контактов CD амперметром, ток через резистор R_3 не пойдёт. Амперметр при этом будет показывать ток через резистор R_2. Согласно закону Ома для резистора R_2: 4) $R_2 = \frac{U_1}{I} = 115$ Ом	5
Из 3) с учётом 4): 5) $R_3 = \frac{R_2 U_3}{U_1 - U_3} = \frac{115 * 44}{230 - 44} = 27.2$ Ом	5
Проводя аналогичные рассуждения 1) и 2), при подключении источника к клеммам CD: 6) $U_4 = (1 + \frac{R_2}{R_1})U_5$, откуда $R_1 = \frac{R_2 U_5}{U_4 - U_5} = \frac{115 * 22}{230 - 22} = 12.16$ Ом	5
Итого	20

Задача 3

Ученики 9ого класса изучали тепловые свойства проводников, для этого взяли латунный и цинковый стержни и скрепили их с одного конца. Оказалось, что при нагревании или охлаждении в довольно широком диапазоне температур расстояние между вторыми концами стержней остаётся постоянным, и равным D=12.5 см (эталон длины). Чему равны длины стержней при 0 ^{0}C, если коэффициенты линейного теплового расширения для латуни α_1=19·10^{-6} 1/^{0}C, для цинка α_2=26·10^{-6} 1/^{0}C.

Решение:

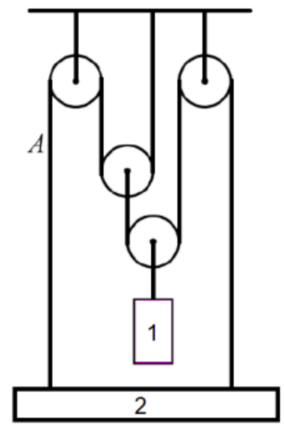
Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Зависимость длины латунного стержня $l_л = l_{л0}(1 + \alpha_1 t)$, где $l_{л0}$ – длина стержня при 0 ^{0}C , t – температура стержня. Аналогично для цинкового стержня, его длина $l_ц = l_{ц0}(1 + \alpha_2 t)$, где $l_{ц0}$ – длина стержня при 0 ^{0}C.	
Разница длин стержней: 1) $D = l_л - l_ц = l_{л0}(1 + \alpha_1 t) - l_{ц0}(1 + \alpha_2 t)$	5
Перепишем в виде: 2) $D = \left(l_{л0} - l_{ц0}\right) + (l_{л0}\alpha_1 - l_{ц0}\alpha_2)t$	
D будет одинаковым при любой температуре, если выполняется условие: 3) $l_{л0}\alpha_1 - l_{ц0}\alpha_2 = 0$, откуда $l_{л0} = l_{ц0}\alpha_2/\alpha_1$	5

При этом: 4) $D = l_{л0} - l_{ц0}$	5
Решая совместно 3) и 4): 5) $l_{ц0} = D\,/(\frac{\alpha_2}{\alpha_1} - 1)$ =33.9 см 6) $l_{л0} = D + l_{ц0}$ =46.4 см	5
Итого	20

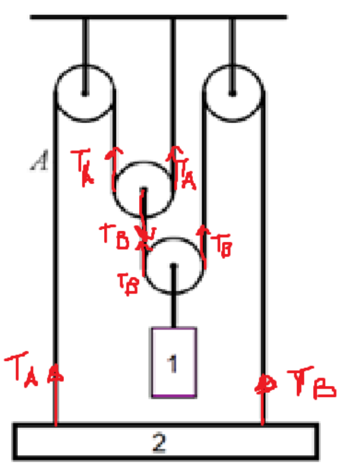
Задача 4

Из 5 невесомых нитей, 4 весомых блоков, груза и балки собрали систему, указанную на рисунке. Масса каждого блока $m_б$=1.0 кг.

При каких массах груза m_1 и балки m_2 система может находиться в равновесии, если показания динамометра, закреплённого в точке А, составляют $T_А$=20 Н?



Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
	
Условие равновесия для среднего блока: 1) $2T_A = m_б g + T_B$	4
Условие равновесия для нижнего блока: 2) $2T_B = m_б g + m_1 g$	4
Условие равновесия для балки: 3) $T_A + T_B = m_2 g$	4
Решая совместно 1) и 2): 4) $m_1 = 4T_A/g - 3m_б = 5$ кг	4
Решая совместно 1) и 3): 5) $m_2 = 3T_A/g - m_б = 5$ кг	4
Итого	20

Задача 5

В распоряжении лаборанта имеется набор одинаковых по массе, температуре и форме кусочков льда и теплоизолированный калориметр, полностью заполненный водой при температуре $t_1 = 50\ ^0$С. Лаборант аккуратно опустил один кусочек льда в калориметр. После установления теплового равновесия температура воды в калориметре понизилась на $\Delta t_1 = 18\ ^0$С. При погружении в калориметр второго кусочка льда температура понизилась ещё на $\Delta t_2 = 15\ ^0$С. На какую величину Δt_3 ещё понизится температура воды в калориметре, если поместить в него третий кусочек льда?

Ледяные кубики при плавании не касаются дна и стенок калориметра. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоёмкость воды $c_в = 4200$ Дж/кг^{0}С, удельная теплоёмкость льда $c_л = 2100$ Дж/кг·^{0}С, удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг. Ответ выразите в ^{0}С, округлив до десятых.

Решение:

Комментарии к возможному решению	Баллы
1) Поскольку калориметр полностью заполнен водой, а в воду погружают лёд, то **часть воды из сосуда выливается**, при этом объем вытесненной воды равна объему кусочка льда.	2
Также это означает, что при полном таянии льда, уровень воды в калориметре не изменяется.	
Пусть C – теплоёмкость воды в калориметре, за вычетом вытесненной после погружения кусочка льда, теплоёмкость воды, образованной после таяния кусочка льда, *Cк*, Q_0 – количество теплоты, необходимое для нагревания кусочка льда до температуры плавления и полного плавления льда.	
2) Исходя из того, что $t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 > \Delta t_2 > 0$, следует, что **первые два кусочка льда растаяли**, и есть основания полагать, что третий тоже растает полностью.	1
Исходя из того, что первый кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании первого кусочка льда: 3) $C\Delta t_1 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1)$	4
Исходя из того, что второй кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании второго кусочка льда: 4) $C\Delta t_2 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2)$	4
В предположении того, что третий кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании третьего кусочка льда: 5) $C\Delta t_3 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3)$	4
Решив 3), 4) и 5) совместно, получим: 6) $\Delta t_3 = (\Delta t_2)^2/\Delta t_1 = 12.5$℃	3
Например, из 3) и 4) $C\Delta t_1 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1) = (C + C_K)\Delta t_2$ из 4) и 5) $C\Delta t_2 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2) = (C + C_K)\Delta t_3$, откуда $$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}$$	
Выполнена проверка: 7) $t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3 = 50 - 18 - 15 - 12.5 = 4.5$ ℃ > 0	2
Итого	20

Оценка задания №№ 1 – 5 по 20 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения. Решение оценивается поэтапно.

Желаем успеха!

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2021-2022
ФИЗИКА

9 класс

2 Вариант. II этап.

Задача 1

Расстояние между городами Вершки и Корешки составляет S_1=30 км. Воздушный шар, двигаясь равномерно со скоростью ветра, стартует из Вершков в направлении Корешков. Одновременно с этим, из Вершков с постоянной относительно воздуха скоростью вылетает дрон. Долетев до Корешков через t=1 час, дрон разворачивается и летит в сторону Вершков. На обратном пути дрон поравнялся с воздушным шаром на расстоянии S_2=12 км от Корешков. Определите скорость ветра, если он дует от Вершков в сторону Корешков. Определите скорость дрона относительно воздуха.

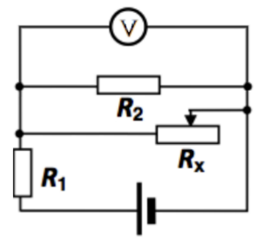
Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть V – скорость дрона относительно воздуха, U – скорость ветра. Абсолютная скорость движения дрона V_1 определяется суммой его относительной и переносной скоростей с учётом направления (идея может использоваться неявно – балл ставить): 1) $V_1 = V + U,\ V_2 = V - U$	2
2) $V + U = \frac{S_1}{t}$	3
Пусть t_1 – время, за которое дрон вернулся от Корешков до точки встречи: 3) $V - U = \frac{S_2}{t_1}$	3
Для воздушного шара 4) $U = \frac{S_1 - S_2}{t + t_1}$	3
Преобразуем 2) - 4) и 3) + 4): 5) $V = \frac{S_1}{t} - \frac{S_1 - S_2}{t + t_1} = \frac{S_2}{t_1} + \frac{S_1 - S_2}{t + t_1}$	
Решать уравнение 5) можно численно, поскольку в условии не требуется общий вид: 6) $\frac{30}{1} = \frac{12}{t_1} + 2\frac{18}{1+t_1} \rightarrow 5 = \frac{2}{t_1} + 2\frac{3}{1+t_1} \rightarrow 5t_1^2 + 5t_1 = 2 + 2t_1 + 6t_1 = 0$ $\rightarrow 5t_1^2 - 3t_1 - 2 = 0$	
7) Уравнение 6) имеет два вещественных корня, однако, один из них -0,4 ч – отрицательный и физического смысла не имеет.	1*
Второй корень: 8) $t_1 = 1$ ч	2*
При подстановке 8) в 4): 9) $U = \frac{S_1 - S_2}{t + t_1} = \frac{18}{2} = 9$ км/ч	3
При подстановке 9) в 2): 10) $V = \frac{S_1}{t} - U = \frac{30}{1} - 9 = 21$ км/ч	3
Итого	20
* Получать значения для t_1 не требуется по условию задачи, поэтому баллы за п. 7) и 8) являются промежуточными. Если участник разрешая систему 2), 3) и 4) избавился от t_1 и находил искомые скорости напрямую – такое решение тоже оценивается в полный балл.	

Альтернативное решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Пусть V – скорость дрона относительно воздуха, U – скорость ветра. В системе отсчёта, связанной с воздушным шаром. Скорость дрона при движении туда и обратно одинакова и равна V.	5
Дрон удалялся от воздушного шара в течение t =1 час, значит возвращался столько же. Пусть t_1 – время, за которое дрон вернулся от Корешков до точки встречи: 2) $t_1 = t$	5
Для воздушного шара 3) $U = \frac{S_1 - S_2}{t + t_1} = \frac{18}{2} = 9$ км/ч	5
Для дрона 4)$V + U = \frac{S_1}{t}$, откуда $V = \frac{S_1}{t} - U = \frac{30}{1} - 9 = 21$ км/ч	5
Итого	20

Задача 2



Из батарейки с ЭДС Ɛ=12 В, двух резисторов, реостата и вольтметра собрали схему, указанную на рисунке. При сопротивлении реостата R_a=30 Ом, показания вольтметра составляют U_a=6.0 В. При сопротивлении реостата R_b=60 Ом, показания вольтметра составляют U_b=7.2 В. Определите сопротивления резисторов. Сопротивление батарейки считать малым, а сопротивление вольтметра большим.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть U_{R1}, U_{R2} и U_{R3} – напряжения на резисторах R_1, R_2 и R_3, соответственно.	
По закону Ома для полной цепи: 1) $\mathcal{E} = I_1 R_1 + U_a$, где I_1 – ток, проходящий через резистор R_1.	2
Вольтметр подключён к двум резисторам, соединённым параллельно, и имеющим общее сопротивление: 2) $\frac{1}{R_{об}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_a}$	2
С учётом закона Ома для этого общего резистора: 3) $I_1 = \frac{U_a}{R_{об}} = U_a(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_a})$	2
С учётом 1) и 3): 4) $(\mathcal{E} - U_a)/R_1 = U_a(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_a})$	2
Аналогичными рассуждениями 1)-4) для сопротивлении реостата R_b: 5) $(\mathcal{E} - U_b)/R_1 = U_b(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_b})$	8
Решая совместно 4) и 5) (можно численно, поскольку требования получать общую формулу в задании нет) 6) $R_2 = 60$ Ом	2
7) $R_1 = 20$ Ом	2
Итого	20
Составление системы из 2х уравнений на R_1 и R_2 (без решения) оценивается в 16 баллов. Составление системы из более, чем двух уравнений (без решения) оценивается в 12 баллов	

Задача 3

Для исследования тепловых свойств проводников ученики взяли алюминиевый и вольфрамовый стержни и скрепили их с одного конца. Оказалось, что при нагревании или охлаждении в довольно широком диапазоне температур расстояние между вторыми концами стержней остаётся постоянным, и равным D=15.0 см (эталон длины). Чему равны длины стержней при 0 ^{0}C, если коэффициенты линейного теплового расширения для алюминия $\alpha_1=25\cdot10^{-6}$ 1/^{0}C, для вольфрама $\alpha_2=5\cdot10^{-6}$ 1/^{0}C.

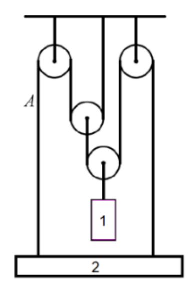
Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Зависимость длины алюминиевого стержня $l_{\text{ал}} = l_{\text{ал}0}(1+\alpha_1 t)$, где $l_{\text{ал}0}$ – длина стержня при 0 ^{0}C , t – температура стержня. Аналогично для вольфрамового стержня, его длина $l_{\text{В}} = l_{\text{В}0}(1+\alpha_2 t)$, где $l_{\text{В}0}$ – длина стержня при 0 ^{0}C.	
Разница длин стержней: 1 $D = l_{\text{В}} - l_{\text{ал}} = l_{\text{В}0}(1+\alpha_2 t) - l_{\text{ал}0}(1+\alpha_1 t))$	5
Перепишем в виде: 2) $D = (l_{\text{В}0} - l_{\text{ал}0}) + (l_{\text{В}0}\alpha_2 - l_{\text{ал}0}\alpha_1)t$	
D будет одинаковым при любой температуре, если выполняется условие: 3) $l_{\text{В}0}\alpha_2 - l_{\text{ал}0}\alpha_1 = 0$, откуда $l_{\text{В}0} = l_{\text{ал}0}\alpha_1/\alpha_2$	5
При этом: 4) $D = l_{\text{В}0} - l_{\text{ал}0}$	5
Решая совместно 3) и 4): 5) $l_{\text{ал}0} = D\,/(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1) = 3.75$ см 6) $l_{\text{В}0} = l_{\text{ал}0}\alpha_1/\alpha_2 = 18.75$ см	5
Итого	20

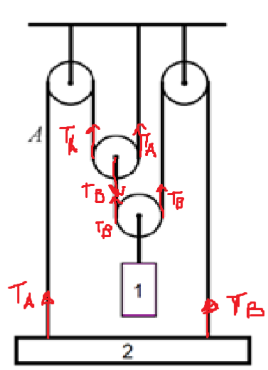
Задача 4

Из 5 невесомых нитей, 4 весомых блоков, груза и балки собрали систему, указанную на рисунке. Масса каждого блока $m_б$=4.0 кг.

1) При какой минимальной силе натяжения нити в точке A система может находиться в равновесии?
2) При каких массах груза m_1 и балки m_2 система может находиться в равновесии, если показания динамометра, закреплённого в точке А, составляют $T_{\text{А}}$=50 Н?



Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
	
Условие равновесия для среднего блока: 1) $2T_A = m_б g + T_B$	4
Условие равновесия для нижнего блока:	4

2) $2T_B = m_б g + m_1 g$	
Условие равновесия для балки: 3) $T_A + T_B = m_2 g$	4
Из 2) следует, что: 4) $T_B > m_б g/2$ Из 1) следует, что: 5) $T_A = m_б g/2 + T_B/2 > 3m_б g/4$=30Н	4
Решая совместно 1), 2) и 3): 6) $m_1 = 4T_A/g - 3m_б = 8$ кг 7) $m_2 = 3T_A/g - m_б = 11$ кг	4
Итого	20

Задача 5

В распоряжении лаборанта имеется набор одинаковых по массе, температуре и форме кусочков льда и теплоизолированный калориметр, полностью заполненный водой при температуре t_1 = 40 ^{0}С. Лаборант аккуратно опустил один кусочек льда в калориметр. После установления теплового равновесия температура воды в калориметре понизилась на Δt_1 = 16 ^{0}С. При погружении в калориметр второго кусочка льда температура понизилась ещё на Δt_2 = 12 ^{0}С. На какую величину Δt_3 ещё понизится температура воды в калориметре, если поместить в него третий кусочек льда?

Ледяные кубики при плавании не касаются дна и стенок калориметра. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоёмкость воды $c_в$ = 4200 Дж/кг^{0}С, удельная теплоёмкость льда $c_л$ = 2100 Дж/кг·^{0}С, удельная теплота плавления льда λ = 336 кДж/кг. Ответ выразите в ^{0}С, округлив до десятых.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Поскольку калориметр полностью заполнен водой, а в воду погружают лёд, то **часть воды из сосуда выливается**, при этом объем вытесненной воды равна объему кусочка льда.	2
Также это означает, что при полном таянии льда, уровень воды в калориметре не изменяется.	
Пусть C – теплоёмкость воды в калориметре, за вычетом вытесненной после погружения кусочка льда, теплоёмкость воды, образованной после таяния кусочка льда, *Cк, Q_0* – количество теплоты, необходимое для нагревания кусочка льда до температуры плавления и полного плавления льда.	
2) Исходя из того, что $t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 > \Delta t_2 > 0$, следует, что **первые два кусочка льда растаяли**, и есть основания полагать, что третий тоже растает полностью.	1
Исходя из того, что первый кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании первого кусочка льда: 3) $C\Delta t_1 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1)$	4
Исходя из того, что второй кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании второго кусочка льда: 4) $C\Delta t_2 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2)$	4
В предположении того, что третий кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании третьего кусочка льда: 5) $C\Delta t_3 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3)$	4
Решив 3), 4) и 5) совместно, получим: 6) $\Delta t_3 = (\Delta t_2)^2/\Delta t_1 = 9$℃	3
Например, из 3) и 4) $C\Delta t_1 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1) = (C + C_K)\Delta t_2$ из 4) и 5) $C\Delta t_2 = Q_0 + C_K(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2) = (C + C_K)\Delta t_3$, откуда	

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{\Delta t_3}{\Delta t_2}$$	
Выполнена проверка: 7) $t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3 = 40 - 16 - 12 - 9 = 3\ ℃ > 0$	2
Итого	20

Оценка задания №№ 1 – 5 по 20 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Решение оценивается поэтапно.

Желаем успеха!