

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.

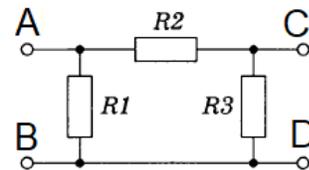
Определите скорость ветра, если он дует от Вершков в сторону Корешков. Определите скорость дрона относительно воздуха.

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) $t_1 = 0,365$ ч = 21,9 мин	2*
При подстановке 8) в 4): 9) $U = \frac{S_1 - S_2}{t + t_1} = \frac{12}{1,865} = 6,4$ км/ч	3
При подстановке 9) в 2): 10) $V = \frac{S_1}{t} + U = \frac{30}{1,5} + 6,4 = 26,4$ 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 А и В в электрической цепи, подать напряжение $U_1=230$ В, то на контактах С 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 С и D в электрической цепи, подать напряжение $U_4=230$ В, то на контактах А и В 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 С 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) $R_3 = \frac{R_2 U_3}{U_1 - U_3} = \frac{115 \cdot 44}{230 - 44} = 27.2$ 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 $R_1 = \frac{R_2 U_5}{U_4 - U_5} = \frac{115 \cdot 22}{230 - 22} = 12.16$ 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 °С, если коэффициенты линейного теплового расширения для латуни $\alpha_1=19 \cdot 10^{-6}$ 1/°С, для цинка $\alpha_2=26 \cdot 10^{-6}$ 1/°С.

Решение:

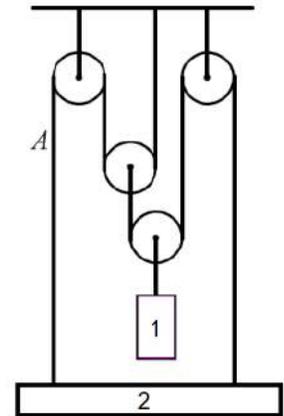
Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Зависимость длины латунного стержня $l_l = l_{l0}(1 + \alpha_1 t)$, где l_{l0} – длина стержня при 0 °С, t – температура стержня. Аналогично для цинкового стержня, его длина $l_{ц} = l_{ц0}(1 + \alpha_2 t)$, где $l_{ц0}$ – длина стержня при 0 °С.	
Разница длин стержней: 1) $D = l_l - l_{ц} = l_{l0}(1 + \alpha_1 t) - l_{ц0}(1 + \alpha_2 t)$	5
Перепишем в виде: 2) $D = (l_{l0} - l_{ц0}) + (l_{l0}\alpha_1 - l_{ц0}\alpha_2)t$	
D будет одинаковым при любой температуре, если выполняется условие: 3) $l_{l0}\alpha_1 - l_{ц0}\alpha_2 = 0$, откуда $l_{l0} = l_{ц0}\alpha_2/\alpha_1$	5

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

Задача 4

Из 5 невесомых нитей, 4 весомых блоков, груза и балки собрали систему, указанную на рисунке. Масса каждого блока $m_6 = 1.0 \text{ кг}$.

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



Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Условие равновесия для среднего блока: 1) $2T_A = m_6g + T_B$	4
Условие равновесия для нижнего блока: 2) $2T_B = m_6g + m_1g$	4
Условие равновесия для балки: 3) $T_A + T_B = m_2g$	4
Решая совместно 1) и 2): 4) $m_1 = 4T_A/g - 3m_6 = 5 \text{ кг}$	4
Решая совместно 1) и 3): 5) $m_2 = 3T_A/g - m_6 = 5 \text{ кг}$	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 $t_1 = 50$ °С. Лаборант аккуратно опустил один кусочек льда в калориметр. После установления теплового равновесия температура воды в калориметре понизилась на $\Delta t_1 = 18$ °С. При погружении в калориметр второго кусочка льда температура понизилась ещё на $\Delta t_2 = 15$ °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 $c_v = 4200$ Дж/кг·°С, удельная теплоёмкость льда $c_l = 2100$ Дж/кг·°С, удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг. Ответ выразите в °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, C_k , 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:	4
3) $C\Delta t_1 = Q_0 + C_k(t_1 - \Delta t_1)$	
Исходя из того, что второй кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании второго кусочка льда:	4
4) $C\Delta t_2 = Q_0 + C_k(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2)$	
В предположении того, что третий кусочек льда полностью растает, уравнение теплового баланса при опускании третьего кусочка льда:	4
5) $C\Delta t_3 = Q_0 + C_k(t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3)$	
Решив 3), 4) и 5) совместно, получим:	3
6) $\Delta t_3 = (\Delta t_2)^2 / \Delta t_1 = 12.5$ °С	
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:	2
7) $t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3 = 50 - 18 - 15 - 12.5 = 4.5$ °С > 0	
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:

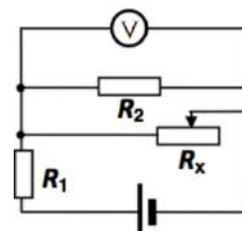
Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть V – скорость дрона относительно воздуха, U – скорость ветра. Абсолютная скорость движения дрона V_1 определяется суммой его относительной и переносной скоростей с учётом направления (идея может использоваться неявно – балл ставить): 1) $V_1 = V + U$, $V_2 = V - U$	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 $\mathcal{E} = 12$ 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_{R_1} , U_{R_2} и U_{R_3} – 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) $I_1 = \frac{U_a}{R_{об}} = U_a \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_a} \right)$	2
С учётом 1) и 3): 4) $(\mathcal{E} - U_a) / R_1 = U_a \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_a} \right)$	2
Аналогичными рассуждениями 1)-4) для сопротивления реостата R_b : 5) $(\mathcal{E} - U_b) / R_1 = U_b \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_b} \right)$	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°C , если коэффициенты линейного теплового расширения для алюминия $\alpha_1=25 \cdot 10^{-6} \text{ 1}^\circ\text{C}$, для вольфрама $\alpha_2=5 \cdot 10^{-6} \text{ 1}^\circ\text{C}$.

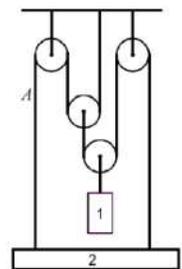
Решение:

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°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°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	5
6) $l_{\text{в}0} = l_{\text{ал}0}\alpha_1/\alpha_2 = 18.75$ см	
Итого	20

Задача 4

Из 5 невесомых нитей, 4 весоных блоков, груза и балки собрали систему, указанную на рисунке. Масса каждого блока $m_6=4.0$ кг.

- 1) При какой минимальной силе натяжения нити в точке А 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 $T_A=50$ Н?



Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Условие равновесия для среднего блока: 1) $2T_A = m_6 g + T_B$	4
Условие равновесия для нижнего блока:	4

2) $2T_B = m_6g + m_1g$	
Условие равновесия для балки: 3) $T_A + T_B = m_2g$	4
Из 2) следует, что: 4) $T_B > m_6g/2$ Из 1) следует, что: 5) $T_A = m_6g/2 + T_B/2 > 3m_6g/4 = 30\text{Н}$	4
Решая совместно 1), 2) и 3): 6) $m_1 = 4T_A/g - 3m_6 = 8\text{ кг}$ 7) $m_2 = 3T_A/g - m_6 = 11\text{ кг}$	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 $t_1 = 40^\circ\text{C}$. Лаборант аккуратно опустил один кусочек льда в калориметр. После установления теплового равновесия температура воды в калориметре понизилась на $\Delta t_1 = 16^\circ\text{C}$. При погружении в калориметр второго кусочка льда температура понизилась ещё на $\Delta t_2 = 12^\circ\text{C}$. 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 $c_v = 4200\text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$, удельная теплоёмкость льда $c_l = 2100\text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 336\text{ кДж/кг}$. Ответ выразите в $^\circ\text{C}$, 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, C_k , 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) $\Delta t_3 = (\Delta t_2)^2 / \Delta t_1 = 9^\circ\text{C}$	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) $t_1 - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3 = 40 - 16 - 12 - 9 = 3 \text{ } ^\circ\text{C} > 0$	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!