

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

8 класс

Вариант 1

Задача 1

Электромагнитный ледомер позволяет измерить толщину плавучего льда без бурения. Принцип действия ледомера заключается в том, что с поверхности льда по нормали испускается электромагнитная волна, которая отражается от нижней границы ледяного слоя и возвращается обратно. При этом измеряется время задержки между излучением волны и ее возвращением. Известно, что волна распространяется во льду со скоростью в $n=3.2$ раза меньшей, чем скорость света. Определите толщину льда, если время задержки составляет 64 нс.

Ученые предложили создать ультразвуковой ледомер, принцип действия которого основан на отражении ультразвука от обратной поверхности льда. Известно, что скорость ультразвука во льду составляет 3500 м/с. Определите задержку отраженного сигнала для слоя льда толщиной 2 метра, а также на сколько льдина такой толщины погружена в воду при плавании. Плотность морской воды $\rho_{\text{в}} = 1025 \text{ кг/м}^3$, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Возможное решение

Дано:

$$n = 3,2$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$t_1 = 64 \text{ нс}$$

$$v_2 = 3500 \text{ м/с}$$

$$L_2 = 2 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1025 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$$

Найти:

1) L_1 – ?

2) t_2 – ?

3) h – ?

Решение:

За время задержки t электромагнитная волна дважды проходит расстояние, равное толщине льда L .

1) Для электромагнитного ледомера:

$$L_1 = \frac{v_1 t_1}{2} = \frac{c t_1}{2n} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 64 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 3,2} = 3 \text{ м}$$

2) Для ультразвукового ледомера:

$$t_2 = \frac{2L_2}{v_2} = \frac{2 \cdot 2}{3500} = 1,1 \text{ мс}$$

3) Поскольку льдина плавает, то её сила тяжести равна по модулю силе

Архимеда: $mg = F_A$, т. е.

$$\rho_{\text{л}} S L_2 g = \rho_{\text{в}} g S h \Rightarrow h = \frac{\rho_{\text{л}} L_2}{\rho_{\text{в}}} = \frac{900 \cdot 2}{1025} = 1,76 \text{ м}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Критерии оценивания

1. Найдено L в случае электромагнитного ледемера – 50 баллов
2. Найдено t в случае ультразвукового ледемера – 50 баллов
3. Найдено h в случае ультразвукового ледемера – 50 баллов

Задача 2

Полярники живут на удаленной полярной станции и должны ежедневно производить измерение температуры воздуха на улице. К сожалению, во время снежной бури метеорологический модуль с автоматизированным оборудованием контроля погоды вышел из строя. Однако известно, что в жилых помещениях станции поддерживается постоянная температура $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Метеоролог придумал следующий способ измерения температуры на улице. В пенопластовую емкость калориметра массой $m_1 = 350\text{ г}$ он набрал снег. Масса емкости вместе со снегом составила $m_2 = 560\text{ г}$. Метеоролог стал медленно лить на снег воду из бутылки, которая долго находилась в жилом помещении, непрерывно помешивая. В момент, когда последние кристаллы снега растворились, он перестал наливать воду и взвесил емкость. Масса оказалась равна $m_3 = 1838\text{ г}$. Определите температуру воздуха на улице, полагая, что температура снега равна температуре воздуха. Теплоемкостью калориметра пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c_в = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, удельная теплоемкость льда (из кристаллов которого состоит снег) $c_л = 2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, а его удельная теплота плавления $\lambda = 340\text{ кДж}/\text{кг}$.

Возможное решение

Дано:

$$m_1 = 0,350\text{ кг}$$

$$m_2 = 0,560\text{ кг}$$

$$m_3 = 1,838\text{ кг}$$

$$t_1 = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_в = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$c_л = 2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$\lambda = 340000\text{ Дж}/\text{кг}$$

Найти:

$$t_3 = ?$$

Решение:

Уравнение теплового баланса:

$$c_в(m_3 - m_2)(t_2 - t_1) + c_л(m_2 - m_1)(t_2 - t_3) + (m_2 - m_1)\lambda = 0$$

$$t_3 = t_2 + \frac{(m_2 - m_1)\lambda + c_в(m_3 - m_2)(t_2 - t_1)}{c_л(m_2 - m_1)} =$$

$$= 0 + \frac{(0,560 - 0,350) * 340000 + 4200(1,838 - 0,560)(0 - 18)}{2100(0,560 - 0,350)} = -57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Критерии оценивания

1. Верно составлено уравнение теплового баланса – 60 баллов
2. Получена итоговая формула – 40 баллов
3. Получен верный численный ответ – 50 баллов

Задача 3

Планируется построить модульную обитаемую полярную станцию на дрейфующей льдине, на которой будут жить N полярников. Промышленность уже выпускает жилые модули разной вместимости, рассчитанные на 1, 2, 4 или 8 человек (блоков другой вместимости не бывает). Основной проблемой является то, что на обогрев каждого модуля тратится энергия, а станция должна быть максимально энергоэффективна. Причем большие модули более энергоэффективны по сравнению с модулями меньшей вместимости. Исходя из этого определены следующие требования к составу станции:

1. Состав станции, в который включено два блока одинаковой вместимости, менее энергоэффективен, чем состав, в котором эти два блока заменены на блок большей вместимости (например, два блока на 1 человека каждый менее энергоэффективны, чем один блок, рассчитанный на 2 человека).
2. Ни в одном блоке не должно быть пустующих мест (например, не стоит селить в 8-местный блок 7 человек, лучше выбрать нужное количество блоков поменьше).

Напишите программу, которая определит сколько модулей какого вида нужно включить в состав станции, а также обязательно опишите алгоритм и приведите вывод используемых формул для нахождения искомых величин.

Входные данные:

Число полярников на станции N .

Выходные данные:

- 1) целое число – количество одноместных блоков m_1 ;
- 2) целое число – количество двухместных блоков m_2 ;
- 3) целое число – количество четырехместных блоков m_4 ;
- 4) целое число – количество восьмиместных блоков m_8 .

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Возможное решение

1. Количество одноместных блоков m_1 может быть определено, как остаток от деления N на 2.
2. Количество двуместных блоков m_2 может быть определено, как остаток от деления $\frac{N-m_1}{2}$ на 2.
3. Количество четырехместных блоков m_4 может быть определено, как остаток от деления $\frac{N-2m_2-m_1}{4}$ на 2.
4. Количество восьмиместных блоков m_8 может быть определено, как $\frac{N-4m_4-2m_2-m_1}{8}$.

Реализация нахождения искомых величин на языке C++

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3
4 int main() {
5     int N;
6     cout << "N=";
7     cin >> N;
8     int m1, m2, m4, m8;
9     m1 = N % 2;
10    m2 = ((N - m1) / 2) % 2;
11    m4 = ((N - 2 * m2 - m1) / 4) % 2;
12    m8 = (N - 4 * m4 - 2 * m2 - m1) / 8;
13    cout << "m1=" << m1 << endl << "m2=" << m2 << endl << "m4=" << m4 <<
14    endl << "m8=" << m8;
15
16    return 0;
17 }
```

Критерии оценивания

1. Получена формула для числа одноместных блоков – 25 баллов
2. Получена формула для числа двухместных блоков – 25 баллов
3. Получена формула для числа четырехместных блоков – 25 баллов
4. Получена формула для числа восьмиместных блоков – 25 баллов
5. Реализация программы – 50 баллов
6. Синтаксические ошибки до -5 баллов за каждую

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Вариант 2

Задача 1

Электромагнитный ледомер позволяет измерить толщину плавучего льда без бурения. Принцип действия ледомера заключается в том, что с поверхности льда по нормали испускается электромагнитная волна, которая отражается от нижней границы ледяного слоя и возвращается обратно. При этом измеряется время задержки между излучением волны и ее возвращением. Известно, что волна распространяется во льду со скоростью в $n=3.2$ раза меньшей, чем скорость света. Определите толщину льда, если время задержки составляет 96 нс.

Ученые предложили создать ультразвуковой ледомер, принцип действия которого основан на отражении ультразвука от обратной поверхности льда. Известно, что скорость ультразвука во льду составляет 3500 м/с. Определите задержку отраженного сигнала для слоя льда толщиной 3 метра, а также на сколько льдина такой толщины погружена в воду при плавании. Плотность морской воды $\rho_{\text{в}} = 1025 \text{ кг/м}^3$, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Возможное решение

Дано:

$$n = 3,2$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$t_1 = 96 \text{ нс}$$

$$v_2 = 3500 \text{ м/с}$$

$$L_2 = 3 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1025 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$$

Найти:

1) L_1 – ?

2) t_2 – ?

3) h – ?

Решение:

За время задержки t электромагнитная волна дважды проходит расстояние, равное толщине льда L .

1) Для электромагнитного ледомера:

$$L_1 = \frac{v_1 t_1}{2} = \frac{c t_1}{2n} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 96 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 3,2} = 4,5 \text{ м}$$

2) Для ультразвукового ледомера:

$$t_2 = \frac{2L_2}{v_2} = \frac{2 \cdot 3}{3500} = 1,7 \text{ мс}$$

3) Поскольку льдина плавает, то её сила тяжести равна по модулю силе

Архимеда: $mg = F_A$, т. е.

$$\rho_{\text{л}} S L_2 g = \rho_{\text{в}} g S h \Rightarrow h = \frac{\rho_{\text{л}} L_2}{\rho_{\text{в}}} = \frac{900 \cdot 3}{1025} = 2,63 \text{ м}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Критерии оценивания

1. Найдено L в случае электромагнитного ледемера – 50 баллов
2. Найдено t в случае ультразвукового ледемера – 50 баллов
3. Найдено h в случае ультразвукового ледемера – 50 баллов

Задача 2

Полярники живут на удаленной полярной станции и должны ежедневно производить измерение температуры воздуха на улице. К сожалению, во время снежной бури метеорологический модуль с автоматизированным оборудованием контроля погоды вышел из строя. Однако известно, что в жилых помещениях станции поддерживается постоянная температура $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Метеоролог придумал следующий способ измерения температуры на улице. В пенопластовую емкость калориметра массой $m_1 = 210\text{ г}$ он набрал снег. Масса емкости вместе со снегом составила $m_2 = 500\text{ г}$. Метеоролог стал медленно лить на снег воду из бутылки, которая долго находилась в жилом помещении, непрерывно помешивая. В момент, когда последние кристаллы снега растворились, он перестал наливать воду и взвесил емкость. Масса оказалась равна $m_3 = 2238\text{ г}$. Определите температуру воздуха на улице, полагая, что температура снега равна температуре воздуха. Теплоемкостью калориметра пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, удельная теплоемкость льда (из кристаллов которого состоит снег) $c_{\text{л}} = 2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, а его удельная теплота плавления $\lambda = 340\text{ кДж}/\text{кг}$.

Возможное решение

Дано:

$$m_1 = 0,210\text{ кг}$$

$$m_2 = 0,500\text{ кг}$$

$$m_3 = 2,238\text{ кг}$$

$$t_1 = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{в}} = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$c_{\text{л}} = 2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$\lambda = 340000\text{ Дж}/\text{кг}$$

Найти:

$$t_3 = ?$$

Решение:

Уравнение теплового баланса:

$$c_{\text{в}}(m_3 - m_2)(t_2 - t_1) + c_{\text{л}}(m_2 - m_1)(t_2 - t_3) + (m_2 - m_1)\lambda = 0$$

$$t_3 = t_2 + \frac{(m_2 - m_1)\lambda + c_{\text{в}}(m_3 - m_2)(t_2 - t_1)}{c_{\text{л}}(m_2 - m_1)} =$$

$$= 0 + \frac{(0,500 - 0,210) \cdot 340000 + 4200(2,238 - 0,500)(0 - 18)}{2100(0,500 - 0,210)} = -53,8\text{ }^{\circ}\text{C}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Критерии оценивания

1. Верно составлено уравнение теплового баланса – 60 баллов
2. Получена итоговая формула – 40 баллов
3. Получен верный численный ответ – 50 баллов

Задача 3

Планируется построить модульную обитаемую полярную станцию на дрейфующей льдине, на которой будут жить N полярников. Промышленность уже выпускает жилые модули разной вместимости, рассчитанные на 1, 3 или 9 человек (блоков другой вместимости не бывает). Основной проблемой является то, что на обогрев каждого модуля тратится энергия, а станция должна быть максимально энергоэффективна. Причем большие модули более энергоэффективны по сравнению с модулями меньшей вместимости. Исходя из этого определены следующие требования к составу станции:

1. Состав станции, в который включено три блока одинаковой вместимости, менее энергоэффективен, чем состав, в котором эти три блока заменены на блок большей вместимости (например, три блока на 1 человека каждый менее энергоэффективны, чем один блок, рассчитанный на 3 человека).
2. Ни в одном блоке не должно быть пустующих мест (например, не стоит селить в 9-местный блок 8 человек, лучше выбрать нужное количество блоков поменьше).

Напишите программу, которая определит сколько модулей какого вида нужно включить в состав станции.

Входные данные:

Число полярников на станции N .

Выходные данные:

- 1) целое число – количество одноместных блоков m_1 ;
- 2) целое число – количество трехместных блоков m_3 ;
- 3) целое число – количество девятиместных блоков m_9 .

Перед кодом программы обязательно опишите алгоритм и вывод используемых формул для нахождения искомых величин.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Возможное решение

1. Количество одноместных блоков m_1 может быть определено, как остаток от деления N на 3.
2. Количество трехместных блоков m_3 может быть определено, как остаток от деления $\frac{N-m_1}{3}$ на 3.
3. Количество девятиместных блоков m_9 может быть определено, как $\frac{N-3m_3-m_1}{9}$.

Реализация нахождения искомых величин на языке C++

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3
4 int main() {
5     int N;
6     cout << "N=";
7     cin >> N;
8     int m1, m3, m9;
9     m1 = N % 3;
10    m3 = ((N - m1) / 3) % 3;
11    m9 = (N - 3 * m3 - m1) / 9;
12    cout << "m1=" << m1 << endl << "m3=" << m3 << endl << "m9=" << m9;
13
14    return 0;
15 }
```

Критерии оценивания

1. Получена формула для числа одноместных блоков – 35 баллов
2. Получена формула для числа трехместных блоков – 35 баллов
3. Получена формула для числа девятиместных блоков – 35 баллов
4. Реализация программы – 45 баллов
5. Синтаксические ошибки до -5 баллов за каждую