

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"

Междисциплинарные задачи

10 класс
Вариант 1

Задача 1

При работе исследовательского оборудования рабочая температура поддерживается при температуре окружающей среды -40°C за счет естественной теплопередачи в окружающую среду. Если мощность оборудования поднять на 10%, то через оборудование необходимо прокачивать 10 л/с окружающего воздуха. Если при прежней мощности температура окружающей среды поднимается до -30°C , то для поддержания рабочей температуры необходимо прокачивать 25 л/с окружающего воздуха.

1) Определите рабочую температуру оборудования. Считать, что естественный поток пропорционален разности температуры оборудования и окружающей среды.

2) Найдите мощность оборудования. Изменением плотности воздуха пренебречь.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"

Задача 2

С поверхности нагретого до абсолютной температуры T тела испускается энергия в виде электромагнитного излучения. Мощность излучения с площади S поверхности:

$$J = \epsilon \cdot \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

где $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ — постоянная Стефана-Больцмана, ϵ — степень черноты, степень черноты снега принять равной $\epsilon_s = 0,95$.

1) Определите мощность излучения с единицы поверхности снега, если его температура $T_s = -23^\circ \text{C}$.

Если одну сторону тела нагреть до одной температуры, а другую сторону нагреть до другой температуры, то энергия будет передаваться от более нагретого слоя к менее нагретому слою. Такое явление называется теплопроводностью. Явление теплопроводности можно описывать по аналогии с явлением электропроводности. По аналогии: заряд (q) — тепло (Q), напряжение (U) — разность температуры (ΔT), сила электрического тока (I) — мощность теплового потока (J), электрическое сопротивление (R) — тепловое сопротивление (R), удельная электрическая проводимость ($\sigma = 1/\rho$, где ρ — удельное сопротивление) — удельная теплопроводность (κ).

2) По аналогии с законом Ома и выражением для сопротивления через удельное сопротивление, длину и площадь сечения проводника найдите формулу связывающую мощность теплового потока (J) с удельной теплопроводностью (κ), толщиной теплоизоляционного слоя (d) и его площадью (S).

Рассмотрим плавающую в Арктическом регионе льдину состоящую из льда ($\kappa_{\text{л}} = 2,5 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) толщиной ($D = 1,0 \text{ м}$) покрытую небольшим слоем ($d = 20 \text{ см}$) снега ($\kappa_{\text{с}} = 0,33 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) под льдиной вода температурой 0°C , а над льдиной ясное небо полярной ночи.

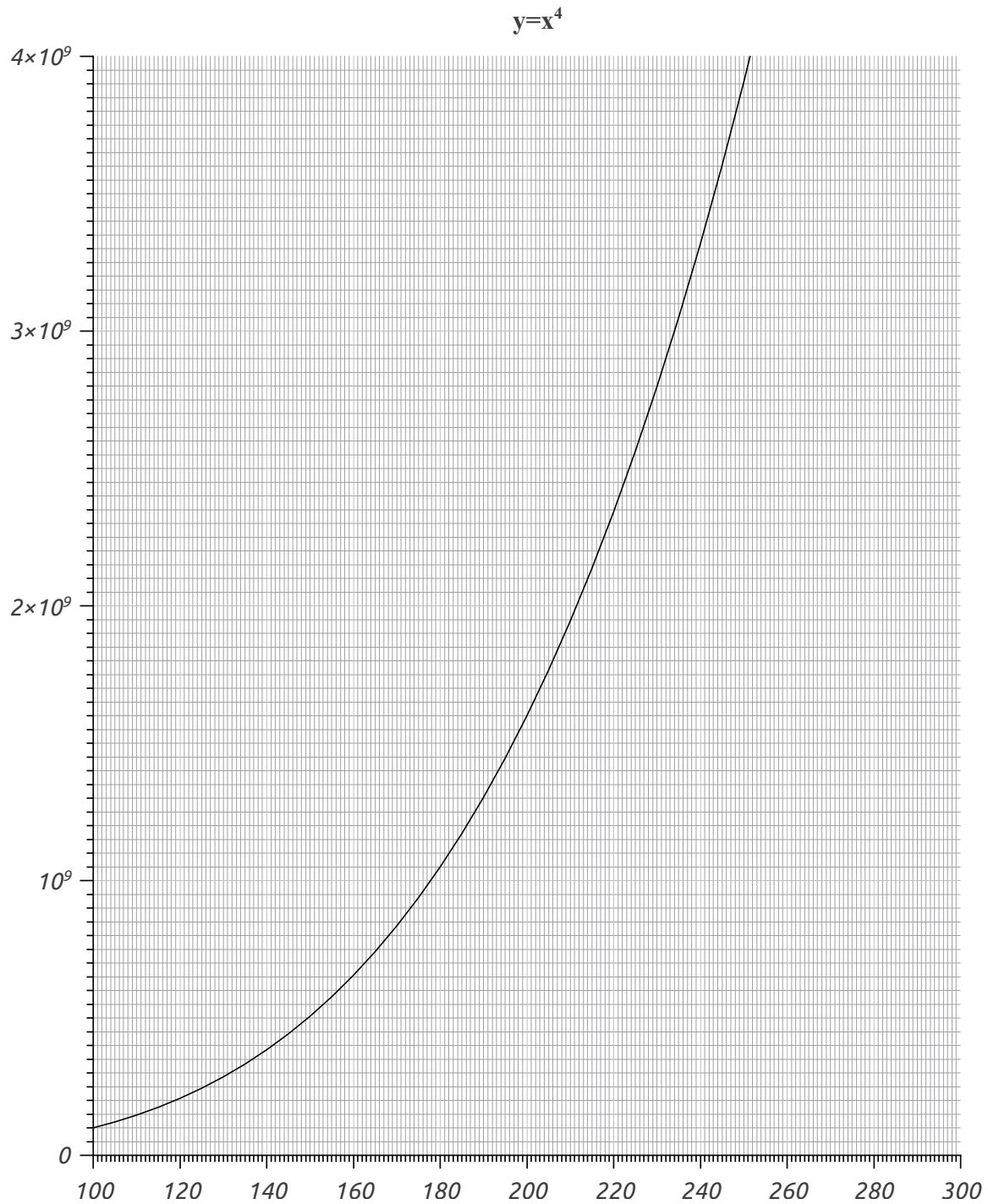
3) Найдите коэффициент (численно) между мощностью теплового потока (J) и разностью температур над льдиной и под льдиной учитывая тепловое сопротивление льда и снега.

4) Предположим, что температура поверхности снега устанавливается за счёт равновесия теплового потока от воды под льдиной и излучением в открытый космос. Найдите температуру поверхности снега. Для решения уравнения четвертой степени используйте приложенный график функции $y = x^4$ путем дополнительных построений.

5) Найдите температуру поверхности снега, если учесть, что половина излучения возвращается из-за атмосферы. Для решения уравнения четвертой степени используйте приложенный график функции $y = x^4$ путем дополнительных построений.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"
Междисциплинарные задачи



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"
Междисциплинарные задачи

Задача 3

Переохлаждённая жидкость — жидкость, имеющая температуру ниже температуры кристаллизации. Удивительный факт: дистиллированную воду можно охладить до $-48,3^\circ\text{C}$.

В арктической лаборатории проводят опыт: в калориметр, где находится 1 л переохлаждённой воды температуры T , бросают кусок льда массой $m_{\text{л}}$ такой же температуры и определяют по объёму оставшейся после кристаллизации жидкости температуру T .

Напишите программу для автоматизации обработки полученных результатов. Удельная теплоёмкость воды $c_B=4200$ Дж/(кг \cdot $^\circ\text{C}$), удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2100$ Дж/(кг \cdot $^\circ\text{C}$), удельная теплота плавления льда $\lambda=3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Формат входных данных:

Натуральное число $m_{\text{л}}$ — масса брошенного в калориметр куска льда (в граммах) и действительное число m — масса оставшейся в жидкой фазе воды (в граммах) после установления теплового равновесия.

Формат выходных данных:

Действительное число, равное температуре T воды в калориметре до опыта (в $^\circ\text{C}$).

Перед кодом программы обязательно опишите алгоритм и вывод используемой формулы для нахождения искомой величины.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"
Междисциплинарные задачи

Вариант 2

Задача 1

При работе исследовательского оборудования при температуре окружающей среды -40°C за счет естественной теплопередачи в окружающую среду поддерживается рабочая температура оборудования 10°C . Если мощность оборудования поднять на 10%, то через оборудование необходимо прокачивать 10 л/с окружающего воздуха.

1) Найдите какой объем окружающего воздуха надо прокачивать для поддержания рабочей температуры, если при прежней мощности температура окружающей среды поднимается до -30°C . Считать, что естественный поток пропорционален разности температуры оборудования и окружающей среды.

2) Найдите мощность оборудования. Изменением плотности воздуха пренебречь.

Задача 2

С поверхности нагретого до абсолютной температуры T тела испускается энергия в виде электромагнитного излучения. Мощность излучения с площади S поверхности:

$$J = \epsilon \cdot \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

где $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ — постоянная Стефана-Больцмана, ϵ — степень черноты, степень черноты снега принять равной $\epsilon_s = 0,95$.

1) Определите мощность излучения с единицы поверхности снега, если его температура $T_s = -23^\circ\text{C}$.

Если одну сторону тела нагреть до одной температуры, а другую сторону нагреть до другой температуры, то энергия будет передаваться от более нагретого слоя к менее нагретому слою. Такое явление называется теплопроводностью. Явление теплопроводности можно описывать по аналогии с явлением электропроводности. По аналогии: заряд (q) — тепло (Q), напряжение (U) — разность температуры (ΔT), сила электрического тока (I) — мощность теплового потока (J), электрическое сопротивление (R) — тепловое сопротивление (R), удельная электрическая проводимость ($\sigma = 1/\rho$, где ρ — удельное сопротивление) — удельная теплопроводность (κ).

2) По аналогии с законом Ома и выражением для сопротивления через удельное сопротивление, длину и площадь сечения проводника найдите формулу связывающую мощность теплового потока (J) с удельной теплопроводностью (κ), толщиной теплоизоляционного слоя (d) и его площадью (S).

Рассмотрим плавающую в Арктическом регионе льдину состоящую из льда ($\kappa_{\text{л}} = 2,5 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) толщиной ($D = 1,0 \text{ м}$) покрытую небольшим слоем ($d = 20 \text{ см}$) снега ($\kappa_{\text{с}} = 0,33 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) под льдиной вода температурой 0°C , а над льдиной ясное небо полярной ночи.

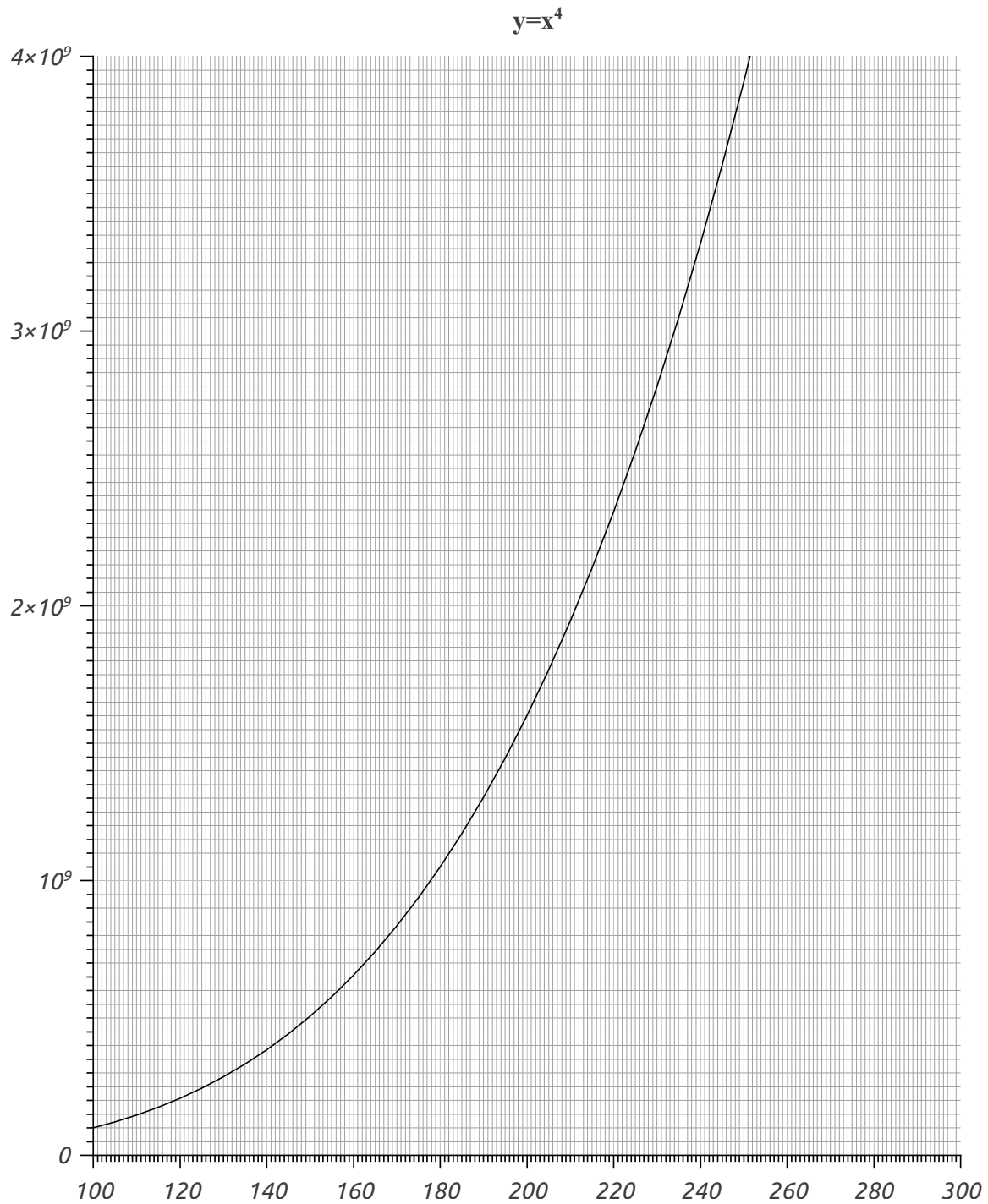
3) Найдите коэффициент (численно) между мощностью теплового потока (J) и разностью температур над льдиной и под льдиной учитывая тепловое сопротивление льда и снега.

4) Предположим, что температура поверхности снега устанавливается за счёт равновесия теплового потока от воды под льдиной и излучением в открытый космос. Найдите температуру поверхности снега. Для решения уравнения четвертой степени используйте приложенный график функции $y = x^4$ путем дополнительных построений.

5) Найдите температуру поверхности снега, если учесть, что половина излучения возвращается из-за атмосферы. Для решения уравнения четвертой степени используйте приложенный график функции $y = x^4$ путем дополнительных построений.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"
Междисциплинарные задачи



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль "Арктика"
Междисциплинарные задачи

Задача 3

Переохлаждённая жидкость — жидкость, имеющая температуру ниже температуры кристаллизации. Удивительный факт: дистиллированную воду можно охладить до $-48,3^{\circ}\text{C}$.

В арктической лаборатории проводят опыт: в калориметр, где находятся 2 л переохлаждённой воды температуры T , бросают кусок льда массой $m_{\text{л}}$ такой же температуры и определяют по объёму оставшейся после кристаллизации жидкости массу куска льда.

Напишите программу для автоматизации обработки полученных результатов. Удельная теплоёмкость воды $c_B = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Формат входных данных:

Действительное число T — температура воды в калориметре до опыта (в $^{\circ}\text{C}$) и действительное число m — масса оставшейся в жидкой фазе воды (в граммах) после установления теплового равновесия.

Формат выходных данных:

Действительное число $m_{\text{л}}$, равное массе брошенного в калориметр куска льда (в граммах).

Перед кодом программы обязательно опишите алгоритм и вывод используемой формулы для нахождения искомой величины.