

11 класс.

Задание 1. Плавление и кристаллизация.

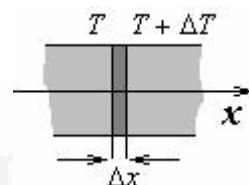
На «заре» изучения физики Вы познакомились с количественным описанием процессов плавления и кристаллизации, сейчас Вам предстоит более тщательно рассчитать характеристики этих явлений.

Начнем с «подсказок».

1. Пусть в плоскопараллельном слое однородного вещества температура зависит только от координаты x . Тогда плотность потока теплоты подчиняется закону Фурье

$$q = -\beta \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (1)$$

где q - плотность потока теплоты (количество теплоты, протекающее через площадку единичной площади в единицу времени), ΔT - изменение температуры при изменении координаты на величину Δx , β - коэффициент теплопроводности, зависящий от свойств вещества слоя.



2. При контакте двух веществ, находящихся при разных температурах T_1 и T_2 через площадку единичной площади в единицу времени перетекает количество теплоты, определяемое приближенным уравнением (в данной задаче считайте, что оно всегда выполняется)

$$q = -\gamma (T_1 - T_2), \quad (2)$$

где γ - коэффициент теплоотдачи, зависящий от свойств контактирующих материалов.



При решении задачи Вам могут понадобиться следующие численные данные.

Характеристика	Вода	Лед
Плотность	$\rho_0 = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho_1 = 0,90 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Температура плавления	-	$t_0 = 0,0^\circ\text{C}$
Удельная теплота плавления	-	$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Удельная теплоемкость	$c_0 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$	$c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$
Коэффициент теплопроводности	$\beta_0 = 0,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$	$\beta_1 = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$

Считайте коэффициенты теплоотдачи между водой и льдом и между водой и алюминием одинаковыми и равными $\gamma = 1,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$.

Будем считать, что плотность воды линейно зависит от ее температуры. Теперь условие задачи.

1. Пусть противоположные стороны однородной плоскопараллельной пластины толщиной h поддерживаются при постоянных температурах T_1 и T_2 . Найдите распределение температуры внутри пластины $T(x)$ в стационарном режиме (т.е. когда это распределение не зависит от времени).

2. Пусть пластина, описанная в пункте 1, первоначально находится при температуре T_1 . Вторую сторону пластины приводят в тепловой контакт с массивным телом, находящимся при температуре T_2 . Оцените время установления стационарного распределения температур в пластине.
Считайте, что температура второй поверхности пластины постоянна и равна T_2 .
 Дайте численное значение этого времени для ледяной пластинки толщиной $h = 30\text{ см}$, граничные температуры ниже температуры плавления льда.
3. «Осень». Пусть температура воздуха над тихим озером опустилась до $t_1 = -10^\circ\text{C}$ и далее остается постоянной. Считая температуру воды постоянной и равной $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$, найдите зависимость толщины льда, образующегося на поверхности озера, от времени. Чему будет равна толщина льда через неделю, после начала морозов?
Считайте, что температура верхней поверхности льда равна температуре воздуха.
4. «Весна». Пусть температура воздуха над тихим озером поднялась до $t_1 = +10^\circ\text{C}$ и далее остается постоянной. Считая температуру воды постоянной и равной $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$, найдите зависимость толщины льда, на поверхности озера, от времени, если начальная толщина слоя льда равна $h_0 = 30\text{ см}$. За какое время весь лед растает?
Считайте, что температура верхней поверхности воды равна температуре воздуха, и вся талая вода остается на поверхности льда. Нагревом льда за счет поглощения солнечного излучения пренебречь.
5. В широком вертикальном цилиндрическом алюминиевом сосуде (кастрюле) находится лед при температуре $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$. Толщина слоя льда равна $h_0 = 30\text{ см}$. Кастрюлю ставят на массивную плиту, температура которой поддерживается постоянной и равной $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Найдите зависимость толщины слоя льда в кастрюле от времени. За какое время весь лед растает?
Считайте, что температура дна кастрюли равна температуре плиты, и вся талая вода остается в кастрюле. Теплопередачей через боковые стенки и крышку кастрюли можно пренебречь.

Задание 2. Электростатические измерения.

Не секрет, что проведение электростатических измерений, представляет собой достаточно сложную экспериментальную проблему.

В данном задании Вам предстоит описать простой измерительный прибор, состоящий из двух круглых металлических пластин, расположенных параллельно друг другу. Пластины соединены с помощью непроводящих пружинок. Одна из пластин жестко закреплена, вторая может смещаться, оставаясь параллельной первой. В качестве непосредственно измеряемой величины служит величина смещения x подвижной пластины. Радиусы пластин $r = 2,0\text{ см}$, максимальное смещение подвижной пластинки равно $\Delta x = \pm 1,0\text{ мм}$, длина пружинок в недеформированном состоянии равна

