

Задача 10-1 Погреемся на солнышке?

Приятно ранней весной после продолжительной зимы погреться на ярком весеннем солнышке! Именно во время этого приятного времяпровождения и появилась идея этой задачи.

Для начала небольшая справка.

1. Солнечная постоянная (мощность энергии падающей на единицу площади при нормальном падении) равна $q_0 = 1,4 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$.

2. Число молекул газа, ударяющихся в единицу времени о единичную площадку определяется по формуле

$$\nu = \frac{1}{4} n \langle v \rangle = \frac{1}{4} n \sqrt{\frac{8 RT}{\pi M}}, \quad (1)$$

где n - концентрация молекул газа, $M = 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ - молярная масса воздуха,

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - универсальная газовая постоянная, T - абсолютная температура.

3. Будем считать, что температура воздуха постоянна и равна $t_0 = 10^\circ\text{C}$, атмосферное давление постоянно и равно $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Относительная влажность воздуха $\varphi = 60\%$.

3. Давление насыщенных паров воды при $t_0 = 10^\circ\text{C}$ равно $P_n = 1,3 \text{ кПа}$.

Удельная теплота испарения воды равна при этой температуре равна $L = 2,47 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Плотность воды $\rho_1 = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, Молярная масса воды $M_1 = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$.

4. Плотность стали $\rho = 7,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, теплопроводность стали $\alpha = 46 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Пусть температура одной стороны однородной пластинки равна t_1 , а второй t_2 , тогда поток теплоты (количество теплоты, протекающей через единичную площадку в единицу времени) через пластинку определяется законом Фурье:

$$q = \alpha \frac{t_1 - t_2}{h}, \quad (2)$$

где h - толщина пластинки.

Часть 1. Почему черное теплее?

Солнечный свет падает нормально на стальную пластинку толщиной $h = 2,0 \text{ см}$. Вторая сторона пластинки теплоизолирована. Требуется определить установившуюся температуру пластинки. Тяжело? - Поможем!

1.1 Если температура пластинки выше температуры воздуха, то теплота частично уходит от пластинки в воздух. Принято считать, что поток этой теплоты (количество теплоты в единицу времени с площадки единичной площади) пропорционален разности температур пластинки и воздуха

$$q = a \Delta t, \quad (3)$$

Коэффициент теплоотдачи a сложным образом зависит от материала пластинки, свойств воздуха и даже ориентации пластинки. Однако для его оценки используйте следующую модель: о поверхность пластинки ударяются молекулы, средняя энергия которых соответствует температуре воздуха, а отлетают от нее со средней энергией соответствующей температуре пластинки.

Определите значение коэффициента теплоотдачи в описанных условиях (получите формулу и рассчитайте его численное значение).

1.2 Пусть коэффициент поглощения солнечного излучения равен k . Найдите установившуюся температуру пластинки, нормально освещаемой солнечным светом. Рассчитайте численное значение этой температуры для черной ($k = 1$) и белой ($k = 0,2$) пластинки.

В частях 2-3 поглощение полное.

Часть 2. Почему в тени холоднее?

Пусть обе стороны пластинки находятся в воздухе. Одна сторона пластинки освещена.

2.1 Найдите разность температур освещенной и неосвещенной сторон пластинки.

Часть 3. Почему мокрое холоднее?

Покроем пластинку мокрой тканью (считайте, что она постоянно покрыта тонким слоем воды) и нормально освещается солнечным светом. Будем считать, что дует достаточно сильный ветер, так, что над водой все время находится воздух с указанной влажностью.

3.1 Рассчитайте поток теплоты, уносимый с пластинки вследствие испарения воды.

3.2 Найдите установившуюся температуру пластинки, если ее вторая сторона теплоизолирована.

Часть 4.

Возможно, вас удивят некоторые полученные вами результаты. Предложите возможные причины расхождения результатов расчетов с вашим повседневным опытом.