



Что может дать один человек другому, кроме капли тепла?
И что может быть больше этого?
Эрих Мария Ремарк

Опыты в Шестерочке

Часть 1. Термическое сопротивление

В этой задаче речь пойдет про Пашу Шишкина и его опыты в шестерочке.

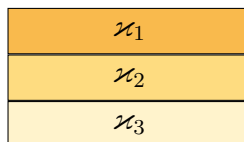
Рассмотрим узкий слой вещества толщиной Δx и площадью S такой, что с одной стороны он нагрет до температуры T_1 , а с другой – до температуры T_2 . Мощность, равная количеству теплоты, которое передается за небольшой интервал времени Δt от одной поверхности другой, равна:

$$P = \frac{\kappa}{\Delta x} S (T_2 - T_1),$$

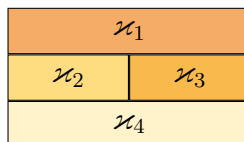
где κ – коэффициент теплопроводности. Разность температур называют температурным напором, а величину $\Delta x / \kappa S$ – термическим сопротивлением.

В первой части задачи нам надо найти различные параметры деталей, которые сделал Паша Шишкин.

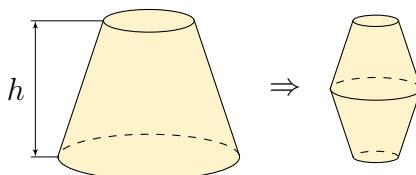
1. (0,5 балла) Три слоя одинаковой толщины b и площадью основания S лежат друг на друге так, как показано на рисунке. Коэффициенты теплопроводности слоев известны и равны κ_1 , κ_2 и κ_3 . Найдите общее термическое сопротивление такой системы.



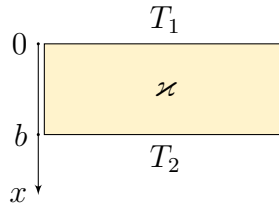
2. (0,5 балла) Две пары слоев площадью S и $S/2$ соответственно соединили так, как показано на рисунке. У всех слоев одинаковая толщина b . Найдите, чему равно термическое сопротивление такой системы, если коэффициенты теплопроводности κ_i этих слоев известны.



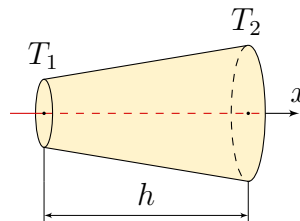
3. (1 балл) Деталь из чугуна в форме правильного усеченного конуса высоты h имеет термическое сопротивление теплопередачи R_0 . Деталь заменяют двумя подобными усеченными конусами размерами в два раза меньше, соединенными одинаковыми основаниями друг с другом так, как показано на рисунке. Помогите найти Паше Шишкину значение термического сопротивления такой системы.



4. (1 балл) Одна поверхность плоского чугуна слоя толщиной 10 мм имеет температуру $T_1 = 50^\circ\text{C}$, а другая $T_2 = 40^\circ\text{C}$. Считая, что температуры поверхностей поддерживаются постоянными, найдите распределение температуры внутри слоя чугуна.



5. (1 балл) Деталь из чугуна с известным коэффициентом теплопроводности κ имеет форму усеченного конуса с известными радиусами оснований R_1 и R_2 и высотой h . Основания поддерживаются при постоянной температуре T_1 и T_2 . Найдите зависимость $T(x)$. считайте что температура во всем сечении с постоянным x одинакова.



Примечание. Вам и Паше может помочь тот факт, что для силы гравитационного взаимодействия двух точечных тел массами m_1 и m_2 , можно ввести потенциальную энергию их взаимодействия, определяемую соотношением $U = -G(m_1 m_2)/r_{12}$, где r_{12} – расстояние между телами.

Часть 2. Поток жидкости и/или газов

Паша решил собрать разные виды охлаждающих (или нагревательных) систем вида слой жидкости – стенка – слой жидкости. В этой части задачи нас будут интересовать свойства таких систем.

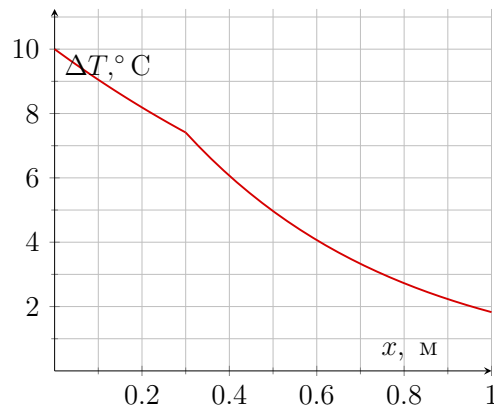
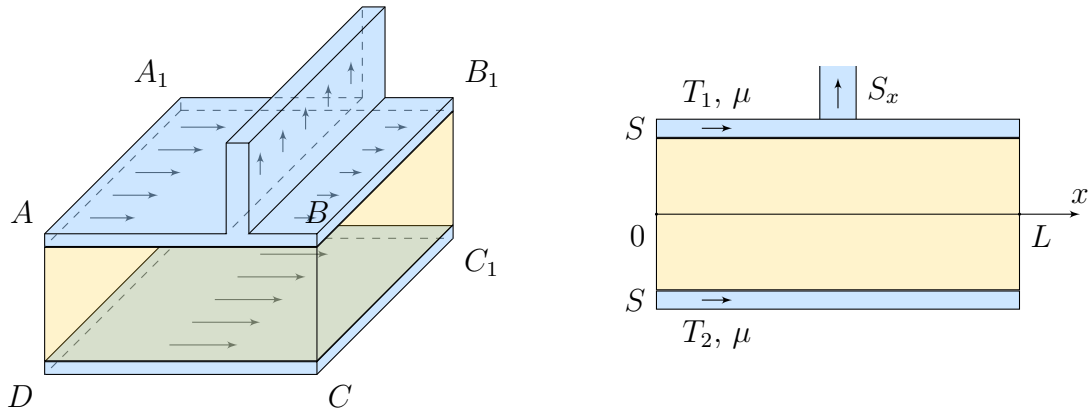
6. Слой чугуна, поверхность которого имеет форму квадрата со стороной L , омывается с двух сторон одинаковыми жидкостями так, что они текут в одну сторону по трубкам с одинаковой площадью сечения. Массовый расход жидкости на входе в систему в каждой трубке одинаковый. Во всех трубках скорости одинаковы.

Температуры жидкостей на входе в систему равны T_1 и $T_2 < T_1$. Считайте, что температура жидкости в вертикальном сечении отдельной трубки постоянна, а основной поток тепла направлен в плоскости рисунка перпендикулярно оси x . Поток тепла в других направлениях можно пренебречь.

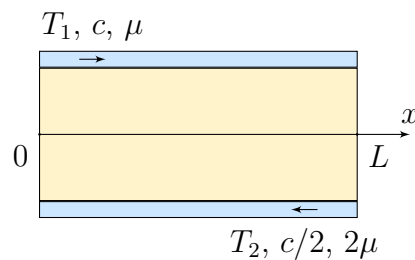
С одной стороны от чугунной стенки жидкость отводится по трубке с неизвестной площадью сечения. Скорость движения жидкости во всех трубках одинаковая. Зависимость разности температур жидкостей от координаты x представлена на рисунке. Найдите:

- (а) (1 балл) Где располагается трубка, по которой отводят жидкость.

- (b) (2 балла) Отношение площади сечения трубки, по которой отводится жидкость, к площади сечения трубки, прилегающей к чугуну.



7. (3 балла) Слой чугуна, поверхность которого имеет форму квадрата со стороной L , омывается с двух сторон одинаковыми жидкостями так, что они текут навстречу друг другу. Расстояние между плоскостями, которые омываются водой, равно b . Температуры жидкостей на входе в систему равны T_1 и $T_2 < T_1$. Температуру жидкости в вертикальном сечении трубки считайте постоянной, а основной поток тепла направлен в плоскости рисунка перпендикулярно оси x . Поток тепла в других направлениях можно пренебречь. Массовый расход первой жидкости известен и в два раза меньше массового расхода второй, в то время как удельная теплоемкость первой жидкости в два раза больше. Считая, что коэффициент теплопроводности равен κ , найдите зависимость $T(x)$ порции первой жидкости, которая поступает в систему за интервал времени Δt .



Первая подсказка — 09.05.2022 14:00 (МСК)

Вторая подсказка — 11.05.2022 14:00 (МСК)

Окончание четвертого тура — 13.05.2022 22:00 (МСК)