

# Численное решение задач теплофизики

## Неделя 08

Тема: Метод контрольного объема (МКО).  
Определение эффективной теплопроводности  
композитного материала

Преподаватель:  
Минко Константин Борисович

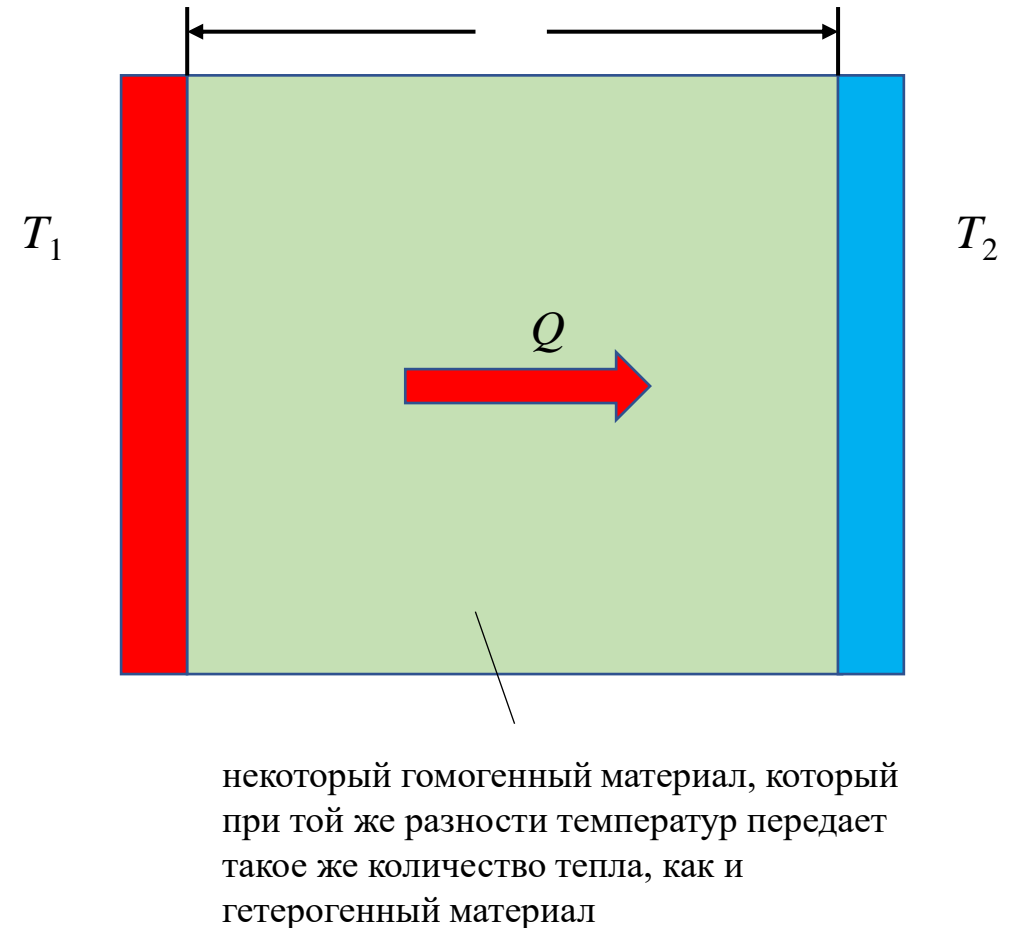
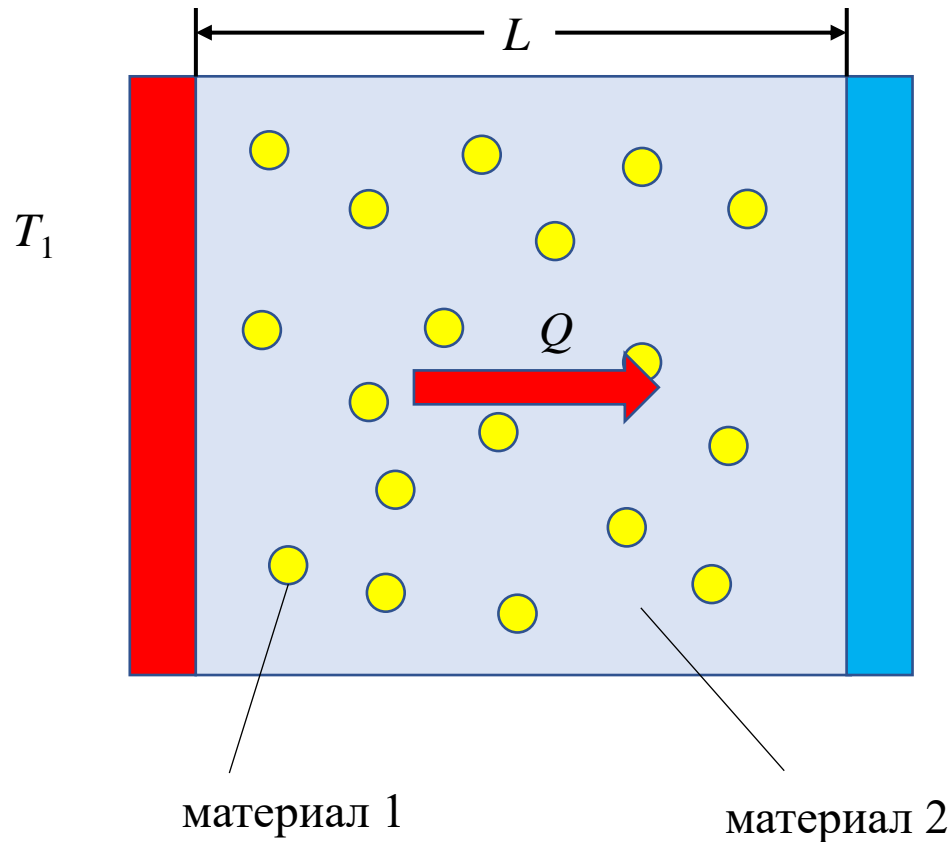
# Порядок сдачи КМЗ

## *Когда сдавать КМ№3 и что сдавать?*

1. Срок в БАРСе – до конца 12 недели (сейчас 8-я).
2. Внимание: Ждать 12 недели не следует, т.к на выполнение следующих работ отведено по 1 недели (но большинству потребуется большее количество времени).
3. Через несколько занятий. Вы пишете тест по КМ№3, содержащий вопросы и задачи на понимание теории (для сдачи теста отчет не обязателен).
4. После сдачи отчета и беседы ставится итоговая оценка.

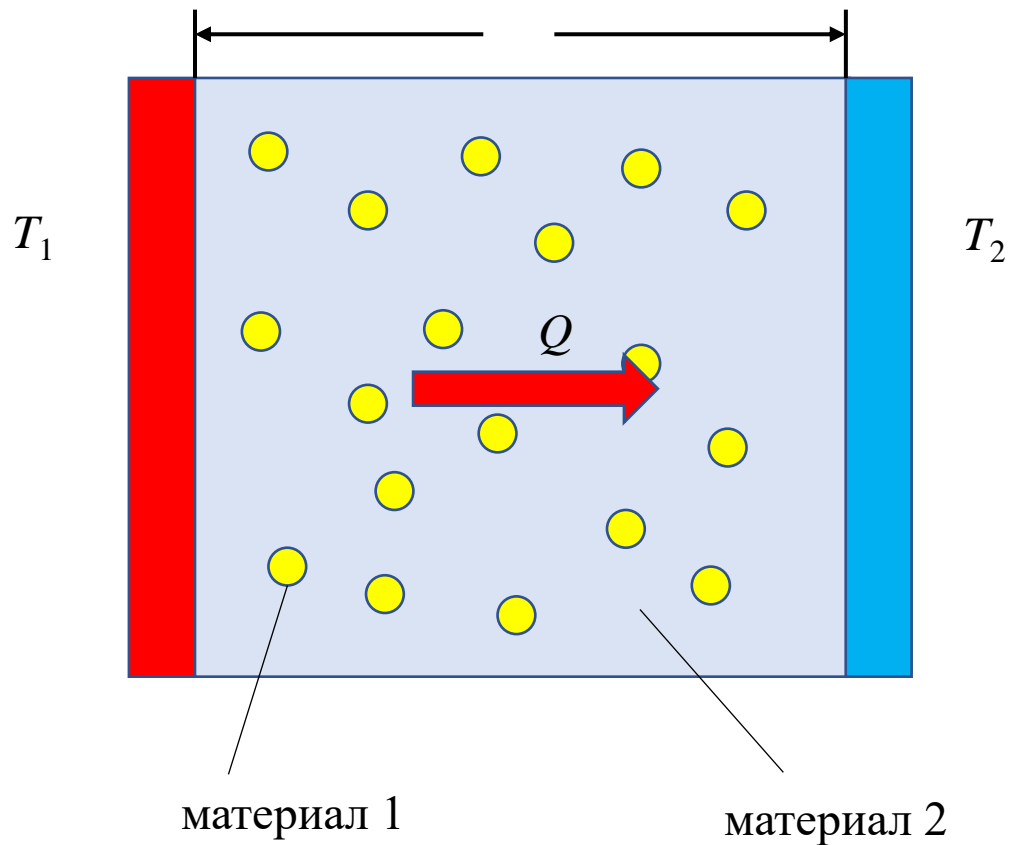
# Эффективная теплопроводность КОМПОЗИТНОГО материала

Современные искусственные материалы можно интерпретировать как сложные дисперсные среды, которые содержат включения с различными термическими свойствами и для которых соотношение матрица–включения может быть из категории твердое тело–твердое тело, твердое тело–жидкость, жидкость–жидкость. Одной из характеристик, описывающих физические свойства таких материалов, является эффективный коэффициент теплопроводности. Эта характеристика гетерогенной среды может быть использована для решения задачи разработки искусственных материалов с заданными свойствами или при рассмотрении теплопередачи в естественных материалах.

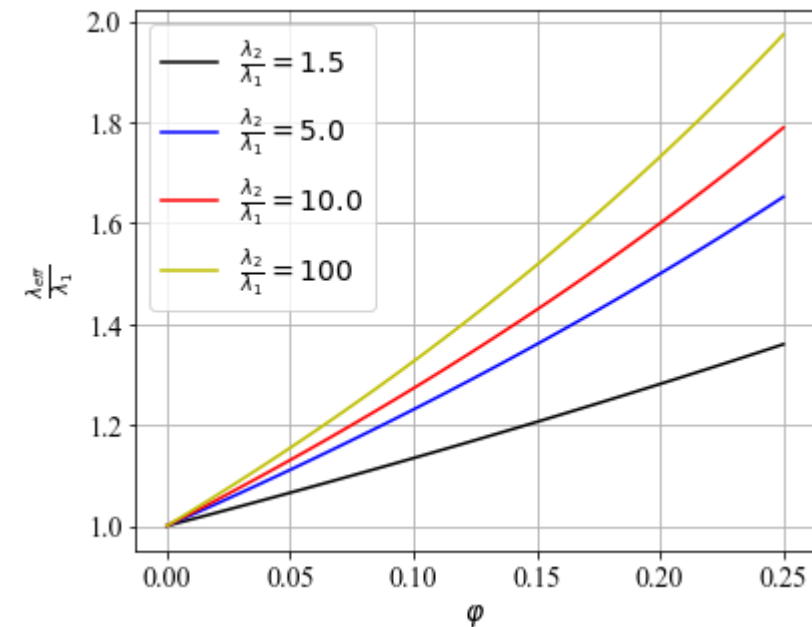


# Эффективная теплопроводность композитного материала

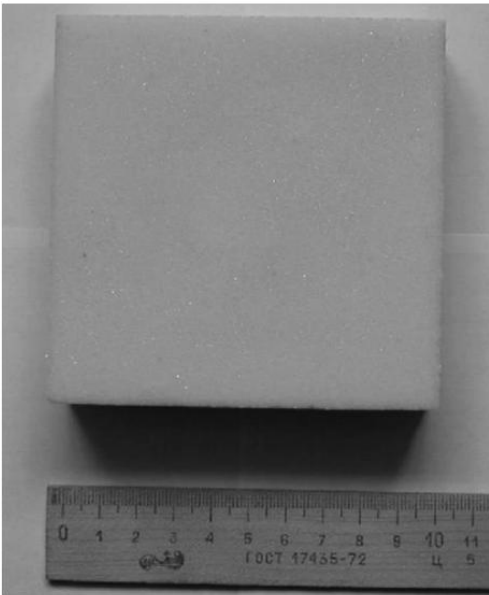
Когда концентрация включений мала (до 10-20% по объему), можно использовать соотношение Максвелла:



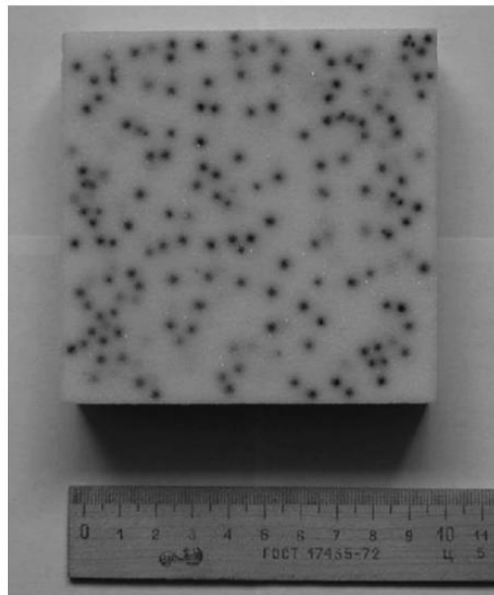
$$\frac{\lambda_{\text{эфф}}}{\lambda_1} = 1 + \frac{3\varphi}{\left(\frac{\lambda_2 + 2\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\right) - \varphi}$$



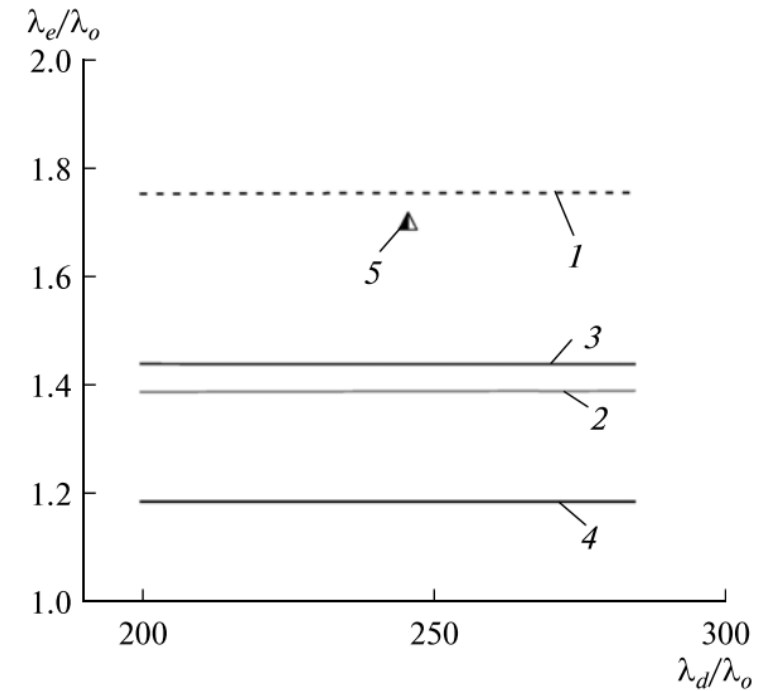
# Эффективная теплопроводность



Спечённый порошок оргстекла

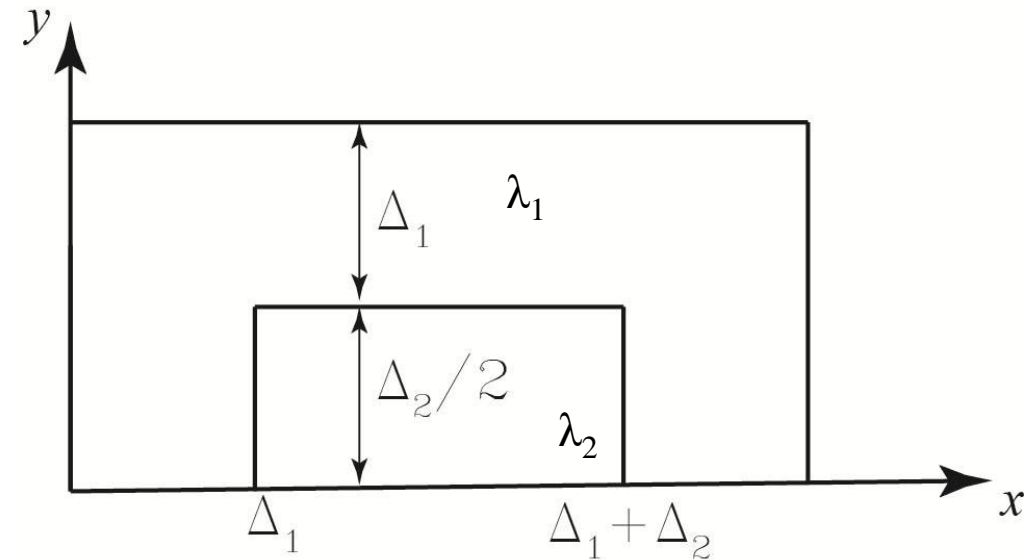


Спечённый порошок оргстекла с добавкой стальных шариков диаметром 3 мм и объемной долей 6,4%



Данные работы [\*]. 1 – численный расчет, 2-4 – расчет по различным соотношениям

# Постановка демонстрационной задачи



$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) = 0$$

ГУ:

$$x = 0, \quad 0 < y < \Delta_1 + \frac{\Delta_2}{2} \quad \text{ГУ 3-го рода } T_A \text{ и } \alpha_A = \alpha$$

$$x = 2\Delta_1 + \Delta_2, \quad 0 < y < \Delta_1 + \frac{\Delta_2}{2} \quad \text{ГУ 3-го рода } T_B \text{ и } \alpha_B = \alpha$$

$$0 < x < 2\Delta_1 + \Delta_2, \quad y = 0 \text{ или } y = \Delta_1 + \frac{\Delta_2}{2} \quad \text{ГУ 2-го рода } q = 0$$

Свойства материала  $\lambda = \lambda_1$  везде, кроме области:  $\Delta_1 < x < \Delta_1 + \Delta_2, \quad 0 < y < \frac{\Delta_2}{2}$

**Цель:** найти  $T(x,y)$  и, используя данное поле, определить эффективную теплопроводность  $\lambda_{эфф}$

# Цель расчета

$$\lambda_{\text{эфф}} = \bar{q}_x \frac{L}{T_A - T_B - \frac{2}{\alpha} \bar{q}_x}$$

$$\bar{q}_x = \frac{1}{L_y} \int_0^{L_y} q_x(x, y) dy$$

Смысл формулы

$$q = \lambda \Delta T / \Delta L \quad \Rightarrow \quad \lambda = q \Delta L / \Delta T$$

$\Delta T$  – из-за трех термических сопротивлений, одно из них мы ищем, два других термических сопротивления - это теплоотдача от окружающей среды к стенкам

$\Delta T_A = T_A - T_{\text{ст, A}} = \bar{q} / \alpha$ ,  $\Delta T_B = T_{\text{ст, B}} - T_B = \bar{q} / \alpha$ , а оставшийся перепад приходится на термическое сопротивление стенки

Зависит ли  $\bar{q}_x$  от  $x$ ? Ответ – нет!!! Данную величину можно считать в любом сечении.

# Пояснения к работе

Реализовать периодические граничные условия.

$y \uparrow$

29	30					35
22						
15						
8	9					
1 КО	2	3				7

Периодические ГУ по оси  $y$ : расчетная ячейка

для КО 2 выглядит ->

Он является  
внутренним!

сосед снизу - 30й КО

	9	
1	2	3
	30	