

Курсовой проект / зачетная задача.

При защите проекта / сдаче зачетной задачи студент

- 1) демонстрирует работоспособность написанного им программного кода, запуская его со значениями из полученного задания, а также изменяя параметры по усмотрению преподавателя;
- 2) отвечает на вопросы по программному коду (объясняет назначение функций и переменных, поясняет алгоритм работы программы), тем самым подтверждая самостоятельность выполнения работы;
- 3) сдает преподавателю отчет и код программы в электронном виде, и отвечает на вопросы по отчету.

Требования к отчету.

- 1) Записать разностную схему с выводом итоговых выражений, используемых в расчетах (рекуррентное соотношение; либо вид, удобный для прогонки + прогоночные соотношения).
- 2) Код программы включается в отчет. В электронном виде в заголовке программы укажите автора и опишите, какую задачу решает программа. Программа должна иметь возможность работать в последовательном и параллельном режиме (подсказка: изменяйте число потоков). Можно сделать 2 отдельные программы.
- 3) Представить результаты расчетов: значения искомой функции в виде двумерного/трехмерного графика для различных моментов времени: начального ($t=0$), конечного ($t=T$), и одного промежуточного. Вывести на экран общее время решения программой уравнений для последовательной и параллельной версии.

=====

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\frac{dc}{dt} = D \left(\frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} \right) + kc$$

Предусмотреть случаи $k < 0$, $k = 0$, $k > 0$. Константа скорости реакции k вводится пользователем. $D > 0$.

Выполнить расчеты для:

$k = 10^{-2}$, $D = 10^{-6}$. $v = 0,1$ м/с. $c(t=0, x, y) = 0$ кг/м³. $c(t, x=0, y) = c(t, x, y=0) = 1$ кг/м³. $D \frac{dc}{dx}(t, x=X, y)=0$, $D \frac{dc}{dy}(t, x, y=Y)=0$, $x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $y \in [0; Y]$, $Y = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101. Для решения данных задач используйте материал лекции 7 из учебника Э.М. Кольцовой cs.mustr.ru/html2

Вариант	1	2	3	4
Разностная схема	Расщепления	Расщепления	Предиктор-корректор	Предиктор-корректор
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

Вариант	23	24	25	26
Разностная схема	Со стабилизирующей поправкой	Со стабилизирующей поправкой	Переменных направлений	Переменных направлений
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

=====

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\frac{dc}{dt} + v \frac{dc}{dx} = D_L \frac{d^2c}{dx^2} + D_R \frac{d^2c}{dr^2} + \frac{D_R}{r} \frac{dc}{dr} + kc$$

Предусмотреть случаи $v < 0$, $v > 0$, $k < 0$, $k = 0$, $k > 0$. Константа скорости реакции k вводится пользователем. $D_L > 0$, $D_R > 0$.

Выполнить расчеты для:

$k = 10^{-2}$, $D_L = D_R = 10^{-6}$. $v = 0,1$ м/с. $c(t=0, x, r) = 0$ кг/м³. $c(t, x=0, r) = 1$ кг/м³. $D \frac{dc}{dx}(t, x=X, y)=0$, $D \frac{dc}{dr}(t, x, r=R)=0$, $\frac{dc}{dr}(t, x, r=0)=0$, $x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $r \in [0; R]$, $R = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101. Для решения данных задач используйте материал лекции 8.4 и 7 из учебника Э.М. Кольцовой cs.muctr.ru/html2

Вариант	5	6	7	8
Разностная схема	Расщепления	Расщепления	Предиктор-корректор	Предиктор-корректор
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

Вариант	27	28	29	30
Разностная схема	Со стабилизирующей поправкой	Со стабилизирующей поправкой	Переменных направлений	Переменных направлений
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

=====

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\frac{dc}{dt} + v_x \frac{dc}{dx} + v_y \frac{dc}{dy} = D \left(\frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} \right) + kc$$

Предусмотреть случаи $v_x < 0$, $v_x > 0$, $v_y < 0$, $v_y > 0$, $k < 0$, $k = 0$, $k > 0$. Константа скорости реакции k вводится пользователем. $D > 0$.

Выполнить расчеты для:

$k = 10^{-2}$, $D = 10^{-6}$. $v_x = v_y = 0,1$ м/с. $c(t=0, x, y) = 0$ кг/м³. $c(t, x=0, y) = c(t, x, y=0) = 1$ кг/м³. $D \frac{dc}{dx}(t, x=X, y)=0$, $D \frac{dc}{dy}(t, x, y=Y)=0$, $x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $y \in [0; Y]$, $Y = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101. Для решения данных задач используйте материал лекции 8.4 и 7 из учебника Э.М. Кольцовой cs.muctr.ru/html2

Вариант	9	10	11	12
Разностная схема	Расщепления	Расщепления	Предиктор-корректор	Предиктор-корректор
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

Вариант	31	32	33	34
Разностная схема	Со стабилизирующей поправкой	Со стабилизирующей поправкой	Переменных направлений	Переменных направлений
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\rho C_p \frac{dT}{dt} = \lambda \left(\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{d^2 T}{dy^2} \right) + q$$

Предусмотреть случаи $q < 0$, $q = 0$, $q > 0$. q вводится пользователем.

Выполнить расчеты для:

$C_p = 1005$ Дж/(кг*К), $\rho = 1,205$ кг/м³, $\lambda = 0,055$ Вт/(м*К), $q = 3000$ Дж/(м³*с). $T(t=0, x, y) = 273.15$ К, $T(t, x=0, y) = T(t, x, y=0) = 373.15$ К, $\lambda \frac{dT}{dx}(t, x=X, y) = 0$, $\lambda \frac{dT}{dy}(t, x, y=Y) = 0$, $x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $y \in [0; Y]$, $Y = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101. Для решения данных задач используйте материал лекции 7 из учебника Э.М. Кольцовой cs.muctr.ru/html2

Вариант	13	14	15	16
Разностная схема	Расщепления	Расщепления	Предиктор-корректор	Предиктор-корректор
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP	C++ Threads	OpenMP

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\frac{df}{dt} + v \frac{df}{dx} = -f(r)A(r) + \int_r^R A(\gamma)B(\gamma \rightarrow r)f(\gamma)d\gamma$$

Уравнение описывает дробление частиц (включений). f – функция распределения включений по размерам. Первое слагаемое в правой части характеризует дробление частиц размером r , а второе слагаемое отвечает за образование частиц размером r при дроблении частиц размером γ .

Использовать для решения следующую разностную схему:

$$\frac{f^{n+\frac{1}{2}}_{j,k} - f^n_{j,k}}{\Delta t} + v \frac{f^{n+\frac{1}{2}}_{j,k} - f^{n+\frac{1}{2}}_{j-1,k}}{h} = 0$$

$$\frac{f^{n+1}_{j,k} - f^{n+\frac{1}{2}}_{j,k}}{\Delta t} = -f^{n+1}_{j,k} \cdot A_k + \sum_{i=k}^{N_r} A_i B_{i,k} f^{n+\frac{1}{2}}_{j,i} \Delta r$$

Ядро дробления Ghadiri

$$A_m = \frac{\rho_s E^{\frac{2}{3}}}{\Gamma^{\frac{5}{3}}} v^2 (2r_m)^{5/3}$$

$$r_m = \Delta r \cdot m$$

Γ –поверхностная энергия, E – модуль упругости гранулы, v – скорость столкновения.

Параболическое ядро

$$B_{i,k} = 0.5 \left(\frac{C}{V_i} + \frac{1 - \frac{C}{2}}{V_i} \left(24 \frac{V_k^2}{V_i^2} - 24 \frac{V_k}{V_i} + 6 \right) \right)$$

$$V_k = \frac{4}{3} \pi r_k^3$$

для $0 < C < 2$ дает более вероятное образование неравномерных по размеру частиц, $2 < C < 3$ – вероятно образование близких по размеру частиц. При $C=2$ дробление частиц подчиняется равномерному распределению.

Выполнить расчеты для:

$C = 2.2$, MgO ($\rho_s = 3580 \text{ кг/м}^3$, $E = 24.82 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$, $\Gamma = 1,6 \text{ Дж/м}^2$, $v = 5,5 \text{ м/с}$. $x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. $r \in [0; R]$, $R = 10^{-6}$. $f(t=0, \forall x, r) = f(\forall t, x=0, r) = g(r=0, \dots, R) = [0, 0, 0, \dots, 0, 0.45, 0.55, 0, \dots, 0]^T$, где ненулевыми являются 50-й и 51-й элемент массива g . Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101. Разностная схема - из материала лекции 14 из учебника Э.М. Кольцовой cs.muctr.ru/html2

Первое уравнение разностной схемы распараллелить по j , второе – по j и по k .

Вариант	17	18
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP

=====

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\frac{df}{dt} + v \frac{df}{dx} = \frac{1}{2} \int_0^r a(\mu, r - \mu) f(\mu) f(r - \mu) d\mu - f(r) \int_0^R a(\mu, r) f(\mu) d\mu$$

Уравнение описывает агрегацию частиц (включений). f – функция распределения включений по размерам. Первое слагаемое в правой части характеризует получение частиц размером r при агрегации, а второе слагаемое отвечает за уменьшение числа частиц размером r при агрегации в более крупные частицы.

Использовать для решения следующую разностную схему:

$$\frac{f^{n+\frac{1}{2}}_{j,k} - f^n_{j,k}}{\Delta t} + v \frac{f^{n+\frac{1}{2}}_{j,k} - f^{n+\frac{1}{2}}_{j-1,k}}{h} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k a_{i,k-i} f^n_{j,i} f^n_{j,k-i} \Delta r$$

$$\frac{f^{n+1}_{j,k} - f^{n+\frac{1}{2}}_{j,k}}{\Delta t} = -f^{n+1}_{j,k} \cdot \sum_{i=1}^{N_r} a_{i,k} f^{n+\frac{1}{2}}_{j,i} \Delta r$$

Функция, характеризующая вероятность агрегации частиц размерами i и p

$$a_{i,p} = \frac{2k_B T (r_i + r_p)^2}{3\mu r_i r_p}$$

k_B – константа Больцмана.

Выполнить расчеты для $T = 298.15 \text{ K}$, $x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. $r \in [0; R]$, $R = 10^{-6}$.
 $f(t=0, \forall x, r) = f(\forall t, x=0, r) = g(r=0, \dots, R) = [0, 0, 0, \dots, 0, 0.45, 0.55, 0, \dots, 0]^T$, где ненулевыми являются 50-й и 51-й элемент массива g . Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101.

Разностная схема - из материала лекции 14 из учебника Э.М. Кольцовой cs.muctr.ru/html2

Первое уравнение разностной схемы распараллелить по j , второе – по j и по k .

Вариант	19	20
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP

=====

Написать программу, осуществляющую решение следующего уравнения:

$$\frac{dc}{dt} + v_x \frac{dc}{dx} = kc$$

Предусмотреть случаи $v_x < 0$, $v_x > 0$, $k < 0$, $k = 0$, $k > 0$.

Выполнить расчеты для:

$v_x = 0,1 \text{ м/с}$. $c(t=0, x, y) = 0 \text{ кг/м}^3$.

$k = -1 \times 10^{-3}$, -2×10^{-3} , ..., -100×10^{-3} , $c(t, x=0, y) = 1, 2, \dots, 100 \text{ кг/м}^3$ (всего 10000 различных расчетов, выполнять их в параллельном режиме. Использовать для этого число потоков, кратное 10).

$x \in [0; X]$, $X = 0.7$, $y \in [0; Y]$, $Y = 0.7$, $t \in [0; T]$, $T = 10$. Число узлов разностной сетки вдоль каждой оси равно 101. *Используйте материал лекции 5 из учебника из учебника Э.М. Кольцовой cs.muctr.ru/html2*

Вариант	21	22
Технология параллельных вычислений	C++ Threads	OpenMP