

**ОТЧЁТ
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5**

**Решение ОДУ
(Вариант 9)**

*Выполнил студент 3 курса ПМФИ
Кондратьев Виталий*

Цель работы: усвоить сущность и методы решения *обыкновенных дифференциальных уравнений*. Овладеть технологией решения обыкновенного дифференциального уравнения.

Численное решение дифференциального уравнения предполагает получение числовой таблицы приближенных значений y_i искомой функции $y = f(x)$ с заданной точностью для некоторых значений аргумента $x_i \in [a, b]$.

Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений возможно методами:

метод Эйлера (первого порядка точности),

модифицированный метод Эйлера-Коши (второго порядка точности)

методы Рунге-Кутты

методы Адамса.

Метод Рунге-Кутты четвертого порядка имеет вид.

$$k_1 = hf(x_k, y_k),$$

$$k_2 = hf(x_k + h/2, y_k + k_1/2),$$

$$k_3 = hf(x_k + h/2, y_k + k_2/2),$$

$$k_4 = hf(x_k + h, y_k + k_3),$$

$$\Delta y_k = 1/6(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad y_{k+1} = y_k + \Delta y_k, \quad x_{k+1} = x_k + h.$$

Методы Адамса третьего и четвертого порядков имеют вид

$$y_{i+1} = y_i + h (23y'_i - 16y'_{i-1} + 5y'_{i-2})/12;$$

$$y_{i+1} = y_i + h (55y'_i - 59y'_{i-1} + 37y'_{i-2} - 9y'_{i-3})/24.$$

Погрешность решения, найденного этими методами, оценивается величиной $O(h^m)$, где m - порядок метода.

Таким образом, метод Рунге-Кутта 4-го порядка и метод Адамса четвертого порядка имеют одинаковую оценку погрешности, но метод Адамса требует примерно вчетверо меньшего объема вычислений.

Задание.

Решить уравнение 1 методом Эйлера 2-го порядка и методом Рунге-Кутта 4-го порядка. Решить уравнение 2 методами Адамса 3-го порядка и 4-го порядка. Погрешность контролировать методом двойного пересчета. Сущность метода состоит в последовательных итерациях, каждая следующая из них соответствует удвоению числа точек разбиения. Сравниваются значения в совпадающих узлах. Вычисления прекращаются, когда модуль максимальной разности значений функции в совпадающих узлах становится меньше заранее заданной малой величины. Результаты вывести в виде таблиц для последней итерации, в которых первая колонка значения X_k , вторая колонка – значения найденных Y_k .

Решение:

Дано:

9	$y' = 1 - \sin(2x + y)$	$y'' = 1 + (1 - x)\sin y$
---	-------------------------	---------------------------

Погрешность контролировалась методом двойного пересчёта, то есть с начало бралось определённое кол-во точек и при нём высчитывались все значения Y , а после кол-во точек удваивалось, и алгоритм опять просчитывал все значения Y . После этого высчитывался максимум разности значений из первого массива и второго массива, который не должен превосходить заданной погрешности, если условие невыполнение, то кол-во точек опять удваивалось.

Первое уравнение:

Решение первого уравнения методом Эйлера:

Количество точек - 21

$$x = 0.0 ; y = 0$$

$$x = 0.025 ; y = 0.024$$

$$x = 0.05 ; y = 0.046$$

$$x = 0.075 ; y = 0.067$$

$$x = 0.1 ; y = 0.086$$

$$x = 0.125 ; y = 0.103$$

$$x = 0.15 ; y = 0.118$$

$$x = 0.175 ; y = 0.132$$

$$x = 0.2 ; y = 0.145$$

$$x = 0.225 ; y = 0.156$$

$$x = 0.25 ; y = 0.167$$

$$x = 0.275 ; y = 0.176$$

$$x = 0.3 ; y = 0.183$$

$$x = 0.325 ; y = 0.19$$

$$x = 0.35 ; y = 0.196$$

$$x = 0.375 ; y = 0.201$$

$$x = 0.4 ; y = 0.206$$

$$x = 0.425 ; y = 0.209$$

$$x = 0.45 ; y = 0.212$$

$$x = 0.475 ; y = 0.214$$

$$x = 0.5 ; y = 0.216$$

Первое уравнение метод Рунге-Кутта 4-го порядка:

Количество точек - 21

$$x = 0.0 ; y = 0$$

$$x = 0.025 ; y = 0.024$$

$$x = 0.05 ; y = 0.046$$

$$x = 0.075 ; y = 0.067$$

$$x = 0.1 ; y = 0.086$$

$$x = 0.125 ; y = 0.103$$

$$x = 0.15 ; y = 0.118$$

$$x = 0.175 ; y = 0.132$$

$$x = 0.2 ; y = 0.145$$

$$x = 0.225 ; y = 0.157$$

$$x = 0.25 ; y = 0.167$$

$$x = 0.275 ; y = 0.176$$

$$x = 0.3 ; y = 0.184$$

$$x = 0.325 ; y = 0.19$$

$$x = 0.35 ; y = 0.196$$

$$x = 0.375 ; y = 0.201$$

$$x = 0.4 ; y = 0.206$$

$$x = 0.425 ; y = 0.209$$

$$x = 0.45 ; y = 0.212$$

$$x = 0.475 ; y = 0.214$$

$$x = 0.5 ; y = 0.216$$

Второе уравнение:

Второе уравнение мы решаем через формулу:

$$\begin{cases} g'(x, y) = f(x, y) \\ y'(x, y) = g(x, y) \end{cases}$$

Или в итерационном виде:

$$\begin{cases} g(x_{i+1}, y_{i+1}) = g(x_i, y_i) + hf(x_i, y_i) \\ y(x_{i+1}, y_{i+1}) = y(x_i, y_i) + hg(x_i, y_i) \end{cases}$$

Решение второго уравнения методом Адамса 3-го порядка:

Количество точек - 201

$$x = 0.0 ; y = 0$$

$$x = 0.003 ; y = 0.003$$

$$x = 0.005 ; y = 0.005$$

$$x = 0.007 ; y = 0.008$$

$$x = 0.01 ; y = 0.01$$

$$x = 0.013 ; y = 0.013$$

$$x = 0.015 ; y = 0.015$$

$$x = 0.018 ; y = 0.018$$

$$x = 0.02 ; y = 0.02$$

$$x = 0.022 ; y = 0.023$$

$$x = 0.025 ; y = 0.025$$

$$x = 0.028 ; y = 0.028$$

$$x = 0.03 ; y = 0.03$$

$$x = 0.033 ; y = 0.033$$

$$x = 0.035 ; y = 0.036$$

$$x = 0.037 ; y = 0.038$$

$$x = 0.04 ; y = 0.041$$

$$x = 0.043 ; y = 0.043$$

$$x = 0.045 ; y = 0.046$$

$$x = 0.048 ; y = 0.049$$

$$x = 0.05 ; y = 0.051$$

$$x = 0.052 ; y = 0.054$$

x = 0.055 ; y = 0.057
x = 0.058 ; y = 0.059
x = 0.06 ; y = 0.062
x = 0.062 ; y = 0.064
x = 0.065 ; y = 0.067
x = 0.068 ; y = 0.07
x = 0.07 ; y = 0.072
x = 0.072 ; y = 0.075
x = 0.075 ; y = 0.078
x = 0.077 ; y = 0.081
x = 0.08 ; y = 0.083
x = 0.083 ; y = 0.086
x = 0.085 ; y = 0.089
x = 0.088 ; y = 0.091
x = 0.09 ; y = 0.094
x = 0.092 ; y = 0.097
x = 0.095 ; y = 0.1
x = 0.098 ; y = 0.102
x = 0.1 ; y = 0.105
x = 0.103 ; y = 0.108
x = 0.105 ; y = 0.111
x = 0.107 ; y = 0.113
x = 0.11 ; y = 0.116
x = 0.113 ; y = 0.119
x = 0.115 ; y = 0.122
x = 0.118 ; y = 0.125
x = 0.12 ; y = 0.127
x = 0.122 ; y = 0.13
x = 0.125 ; y = 0.133

$$x = 0.128 ; y = 0.136$$

$$x = 0.13 ; y = 0.139$$

$$x = 0.133 ; y = 0.142$$

$$x = 0.135 ; y = 0.144$$

$$x = 0.138 ; y = 0.147$$

$$x = 0.14 ; y = 0.15$$

$$x = 0.143 ; y = 0.153$$

$$x = 0.145 ; y = 0.156$$

$$x = 0.147 ; y = 0.159$$

$$x = 0.15 ; y = 0.162$$

$$x = 0.152 ; y = 0.165$$

$$x = 0.155 ; y = 0.168$$

$$x = 0.158 ; y = 0.171$$

$$x = 0.16 ; y = 0.173$$

$$x = 0.163 ; y = 0.176$$

$$x = 0.165 ; y = 0.179$$

$$x = 0.168 ; y = 0.182$$

$$x = 0.17 ; y = 0.185$$

$$x = 0.173 ; y = 0.188$$

$$x = 0.175 ; y = 0.191$$

$$x = 0.177 ; y = 0.194$$

$$x = 0.18 ; y = 0.197$$

$$x = 0.182 ; y = 0.2$$

$$x = 0.185 ; y = 0.203$$

$$x = 0.188 ; y = 0.206$$

$$x = 0.19 ; y = 0.209$$

$$x = 0.193 ; y = 0.212$$

$$x = 0.195 ; y = 0.215$$

$$x = 0.198 ; y = 0.218$$

$x = 0.2 ; y = 0.221$
 $x = 0.203 ; y = 0.224$
 $x = 0.205 ; y = 0.227$
 $x = 0.208 ; y = 0.23$
 $x = 0.21 ; y = 0.233$
 $x = 0.212 ; y = 0.237$
 $x = 0.215 ; y = 0.24$
 $x = 0.217 ; y = 0.243$
 $x = 0.22 ; y = 0.246$
 $x = 0.223 ; y = 0.249$
 $x = 0.225 ; y = 0.252$
 $x = 0.228 ; y = 0.255$
 $x = 0.23 ; y = 0.258$
 $x = 0.233 ; y = 0.261$
 $x = 0.235 ; y = 0.265$
 $x = 0.238 ; y = 0.268$
 $x = 0.24 ; y = 0.271$
 $x = 0.242 ; y = 0.274$
 $x = 0.245 ; y = 0.277$
 $x = 0.247 ; y = 0.28$
 $x = 0.25 ; y = 0.284$
 $x = 0.253 ; y = 0.287$
 $x = 0.255 ; y = 0.29$
 $x = 0.258 ; y = 0.293$
 $x = 0.26 ; y = 0.296$
 $x = 0.263 ; y = 0.3$
 $x = 0.265 ; y = 0.303$
 $x = 0.268 ; y = 0.306$
 $x = 0.27 ; y = 0.309$

$$x = 0.273 ; y = 0.313$$

$$x = 0.275 ; y = 0.316$$

$$x = 0.278 ; y = 0.319$$

$$x = 0.28 ; y = 0.323$$

$$x = 0.283 ; y = 0.326$$

$$x = 0.285 ; y = 0.329$$

$$x = 0.288 ; y = 0.332$$

$$x = 0.29 ; y = 0.336$$

$$x = 0.292 ; y = 0.339$$

$$x = 0.295 ; y = 0.342$$

$$x = 0.297 ; y = 0.346$$

$$x = 0.3 ; y = 0.349$$

$$x = 0.302 ; y = 0.352$$

$$x = 0.305 ; y = 0.356$$

$$x = 0.307 ; y = 0.359$$

$$x = 0.31 ; y = 0.363$$

$$x = 0.312 ; y = 0.366$$

$$x = 0.315 ; y = 0.369$$

$$x = 0.318 ; y = 0.373$$

$$x = 0.32 ; y = 0.376$$

$$x = 0.323 ; y = 0.38$$

$$x = 0.325 ; y = 0.383$$

$$x = 0.328 ; y = 0.386$$

$$x = 0.33 ; y = 0.39$$

$$x = 0.333 ; y = 0.393$$

$$x = 0.335 ; y = 0.397$$

$$x = 0.338 ; y = 0.4$$

$$x = 0.34 ; y = 0.404$$

$$x = 0.343 ; y = 0.407$$

x = 0.345 ; y = 0.411
x = 0.348 ; y = 0.414
x = 0.35 ; y = 0.418
x = 0.352 ; y = 0.421
x = 0.355 ; y = 0.425
x = 0.357 ; y = 0.428
x = 0.36 ; y = 0.432
x = 0.362 ; y = 0.435
x = 0.365 ; y = 0.439
x = 0.367 ; y = 0.442
x = 0.37 ; y = 0.446
x = 0.372 ; y = 0.449
x = 0.375 ; y = 0.453
x = 0.378 ; y = 0.457
x = 0.38 ; y = 0.46
x = 0.383 ; y = 0.464
x = 0.385 ; y = 0.467
x = 0.388 ; y = 0.471
x = 0.39 ; y = 0.475
x = 0.393 ; y = 0.478
x = 0.395 ; y = 0.482
x = 0.398 ; y = 0.486
x = 0.4 ; y = 0.489
x = 0.403 ; y = 0.493
x = 0.405 ; y = 0.497
x = 0.408 ; y = 0.5
x = 0.41 ; y = 0.504
x = 0.413 ; y = 0.508
x = 0.415 ; y = 0.511

x = 0.417 ; y = 0.515
x = 0.42 ; y = 0.519
x = 0.422 ; y = 0.523
x = 0.425 ; y = 0.526
x = 0.427 ; y = 0.53
x = 0.43 ; y = 0.534
x = 0.432 ; y = 0.538
x = 0.435 ; y = 0.541
x = 0.438 ; y = 0.545
x = 0.44 ; y = 0.549
x = 0.443 ; y = 0.553
x = 0.445 ; y = 0.557
x = 0.448 ; y = 0.56
x = 0.45 ; y = 0.564
x = 0.453 ; y = 0.568
x = 0.455 ; y = 0.572
x = 0.458 ; y = 0.576
x = 0.46 ; y = 0.58
x = 0.463 ; y = 0.583
x = 0.465 ; y = 0.587
x = 0.468 ; y = 0.591
x = 0.47 ; y = 0.595
x = 0.473 ; y = 0.599
x = 0.475 ; y = 0.603
x = 0.478 ; y = 0.607
x = 0.48 ; y = 0.611
x = 0.482 ; y = 0.615
x = 0.485 ; y = 0.619
x = 0.487 ; y = 0.622

$$x = 0.49 ; y = 0.626$$

$$x = 0.492 ; y = 0.63$$

$$x = 0.495 ; y = 0.634$$

$$x = 0.497 ; y = 0.638$$

$$x = 0.5 ; y = 0.642$$

Второе уравнение метод Адамса 4-го порядка:

Количество точек – 201

$$x = 0.0 ; y = 0$$

$$x = 0.003 ; y = 0.003$$

$$x = 0.005 ; y = 0.005$$

$$x = 0.007 ; y = 0.008$$

$$x = 0.01 ; y = 0.01$$

$$x = 0.013 ; y = 0.013$$

$$x = 0.015 ; y = 0.015$$

$$x = 0.018 ; y = 0.018$$

$$x = 0.02 ; y = 0.02$$

$$x = 0.022 ; y = 0.023$$

$$x = 0.025 ; y = 0.025$$

$$x = 0.028 ; y = 0.028$$

$$x = 0.03 ; y = 0.03$$

$$x = 0.033 ; y = 0.033$$

$$x = 0.035 ; y = 0.036$$

$$x = 0.037 ; y = 0.038$$

$$x = 0.04 ; y = 0.041$$

$$x = 0.043 ; y = 0.043$$

$$x = 0.045 ; y = 0.046$$

$$x = 0.048 ; y = 0.049$$

$$x = 0.05 ; y = 0.051$$

$$x = 0.052 ; y = 0.054$$

$$x = 0.055 ; y = 0.057$$

x = 0.058 ; y = 0.059
x = 0.06 ; y = 0.062
x = 0.062 ; y = 0.064
x = 0.065 ; y = 0.067
x = 0.068 ; y = 0.07
x = 0.07 ; y = 0.072
x = 0.072 ; y = 0.075
x = 0.075 ; y = 0.078
x = 0.077 ; y = 0.081
x = 0.08 ; y = 0.083
x = 0.083 ; y = 0.086
x = 0.085 ; y = 0.089
x = 0.088 ; y = 0.091
x = 0.09 ; y = 0.094
x = 0.092 ; y = 0.097
x = 0.095 ; y = 0.1
x = 0.098 ; y = 0.102
x = 0.1 ; y = 0.105
x = 0.103 ; y = 0.108
x = 0.105 ; y = 0.111
x = 0.107 ; y = 0.113
x = 0.11 ; y = 0.116
x = 0.113 ; y = 0.119
x = 0.115 ; y = 0.122
x = 0.118 ; y = 0.125
x = 0.12 ; y = 0.127
x = 0.122 ; y = 0.13
x = 0.125 ; y = 0.133
x = 0.128 ; y = 0.136
x = 0.13 ; y = 0.139

x = 0.133 ; y = 0.142
x = 0.135 ; y = 0.144
x = 0.138 ; y = 0.147
x = 0.14 ; y = 0.15
x = 0.143 ; y = 0.153
x = 0.145 ; y = 0.156
x = 0.147 ; y = 0.159
x = 0.15 ; y = 0.162
x = 0.152 ; y = 0.165
x = 0.155 ; y = 0.168
x = 0.158 ; y = 0.171
x = 0.16 ; y = 0.173
x = 0.163 ; y = 0.176
x = 0.165 ; y = 0.179
x = 0.168 ; y = 0.182
x = 0.17 ; y = 0.185
x = 0.173 ; y = 0.188
x = 0.175 ; y = 0.191
x = 0.177 ; y = 0.194
x = 0.18 ; y = 0.197
x = 0.182 ; y = 0.2
x = 0.185 ; y = 0.203
x = 0.188 ; y = 0.206
x = 0.19 ; y = 0.209
x = 0.193 ; y = 0.212
x = 0.195 ; y = 0.215
x = 0.198 ; y = 0.218
x = 0.2 ; y = 0.221
x = 0.203 ; y = 0.224
x = 0.205 ; y = 0.227

x = 0.208 ; y = 0.23
x = 0.21 ; y = 0.233
x = 0.212 ; y = 0.237
x = 0.215 ; y = 0.24
x = 0.217 ; y = 0.243
x = 0.22 ; y = 0.246
x = 0.223 ; y = 0.249
x = 0.225 ; y = 0.252
x = 0.228 ; y = 0.255
x = 0.23 ; y = 0.258
x = 0.233 ; y = 0.261
x = 0.235 ; y = 0.265
x = 0.238 ; y = 0.268
x = 0.24 ; y = 0.271
x = 0.242 ; y = 0.274
x = 0.245 ; y = 0.277
x = 0.247 ; y = 0.28
x = 0.25 ; y = 0.284
x = 0.253 ; y = 0.287
x = 0.255 ; y = 0.29
x = 0.258 ; y = 0.293
x = 0.26 ; y = 0.296
x = 0.263 ; y = 0.3
x = 0.265 ; y = 0.303
x = 0.268 ; y = 0.306
x = 0.27 ; y = 0.309
x = 0.273 ; y = 0.313
x = 0.275 ; y = 0.316
x = 0.278 ; y = 0.319
x = 0.28 ; y = 0.323

x = 0.283 ; y = 0.326
x = 0.285 ; y = 0.329
x = 0.288 ; y = 0.332
x = 0.29 ; y = 0.336
x = 0.292 ; y = 0.339
x = 0.295 ; y = 0.342
x = 0.297 ; y = 0.346
x = 0.3 ; y = 0.349
x = 0.302 ; y = 0.352
x = 0.305 ; y = 0.356
x = 0.307 ; y = 0.359
x = 0.31 ; y = 0.363
x = 0.312 ; y = 0.366
x = 0.315 ; y = 0.369
x = 0.318 ; y = 0.373
x = 0.32 ; y = 0.376
x = 0.323 ; y = 0.38
x = 0.325 ; y = 0.383
x = 0.328 ; y = 0.386
x = 0.33 ; y = 0.39
x = 0.333 ; y = 0.393
x = 0.335 ; y = 0.397
x = 0.338 ; y = 0.4
x = 0.34 ; y = 0.404
x = 0.343 ; y = 0.407
x = 0.345 ; y = 0.411
x = 0.348 ; y = 0.414
x = 0.35 ; y = 0.418
x = 0.352 ; y = 0.421
x = 0.355 ; y = 0.425

$$x = 0.357 ; y = 0.428$$

$$x = 0.36 ; y = 0.432$$

$$x = 0.362 ; y = 0.435$$

$$x = 0.365 ; y = 0.439$$

$$x = 0.367 ; y = 0.442$$

$$x = 0.37 ; y = 0.446$$

$$x = 0.372 ; y = 0.449$$

$$x = 0.375 ; y = 0.453$$

$$x = 0.378 ; y = 0.457$$

$$x = 0.38 ; y = 0.46$$

$$x = 0.383 ; y = 0.464$$

$$x = 0.385 ; y = 0.467$$

$$x = 0.388 ; y = 0.471$$

$$x = 0.39 ; y = 0.475$$

$$x = 0.393 ; y = 0.478$$

$$x = 0.395 ; y = 0.482$$

$$x = 0.398 ; y = 0.486$$

$$x = 0.4 ; y = 0.489$$

$$x = 0.403 ; y = 0.493$$

$$x = 0.405 ; y = 0.497$$

$$x = 0.408 ; y = 0.5$$

$$x = 0.41 ; y = 0.504$$

$$x = 0.413 ; y = 0.508$$

$$x = 0.415 ; y = 0.511$$

$$x = 0.417 ; y = 0.515$$

$$x = 0.42 ; y = 0.519$$

$$x = 0.422 ; y = 0.523$$

$$x = 0.425 ; y = 0.526$$

$$x = 0.427 ; y = 0.53$$

$$x = 0.43 ; y = 0.534$$

x = 0.432 ; y = 0.538
x = 0.435 ; y = 0.541
x = 0.438 ; y = 0.545
x = 0.44 ; y = 0.549
x = 0.443 ; y = 0.553
x = 0.445 ; y = 0.557
x = 0.448 ; y = 0.56
x = 0.45 ; y = 0.564
x = 0.453 ; y = 0.568
x = 0.455 ; y = 0.572
x = 0.458 ; y = 0.576
x = 0.46 ; y = 0.58
x = 0.463 ; y = 0.583
x = 0.465 ; y = 0.587
x = 0.468 ; y = 0.591
x = 0.47 ; y = 0.595
x = 0.473 ; y = 0.599
x = 0.475 ; y = 0.603
x = 0.478 ; y = 0.607
x = 0.48 ; y = 0.611
x = 0.482 ; y = 0.615
x = 0.485 ; y = 0.619
x = 0.487 ; y = 0.622
x = 0.49 ; y = 0.626
x = 0.492 ; y = 0.63
x = 0.495 ; y = 0.634
x = 0.497 ; y = 0.638
x = 0.5 ; y = 0.642

ПРИЛОЖЕНИЕ

```
"""
Лабораторная работа №5
Студент ОНК «ИВТ» ВШ КНИИИ направления ПМИИ 3 курса
Кондратьев Виталий
Вариант 9
"""

#Метод Эйлера 2-го порядка
import math
print ("Метод Эйлера 2-го порядка")
def f(x, y):
    return 1 - math.sin(2*x + y)

e = 0.001
a = 0
b = 0.5
y_0 = 0

n = 10
h = (b - a) / n

x_old = [a + i * h for i in range(n + 1)]
y_old = [0 for i in range(n + 1)]

for i in range(n):
    y_old[i + 1] = y_old[i] + h * f(x_old[i] + h / 2, y_old[i] + h / 2 *
f(x_old[i], y_old[i]))

flag = True

while flag:
    n *= 2
    h /= 2

    x = [a + i * h for i in range(n + 1)]
    y = [0 for i in range(n + 1)]

    for i in range(n):
        y[i + 1] = y[i] + h * f(x[i] + h / 2, y[i] + h / 2 * f(x[i], y[i]))

    flag = False

    for i in range(int((n + 1) / 2)):
        if abs(y[i * 2] - y_old[i]) > e:
            flag = True

    x_old = x
    y_old = y

x_answer = [round(i, 3) for i in x]
y_answer = [round(i, 3) for i in y]
print(x_answer)
print(y_answer)

print('кол-во точек:', n+1)
print()

for i in range(len(x_answer)):
    print('x = ', x_answer[i], '; y = ', y_answer[i])

#Метод Р-К 4-го порядка
print("Метод Р-К 4-го порядка")
```

```

def f(x, y):
    return 1 - math.sin(2*x + y)

e = 0.001
a = 0
b = 0.5
y_0 = 0

n = 10
h = (b - a) / n

def k1(x, y):
    return h * f(x, y)

def k2(x, y):
    return h * f(x + h / 2, y + k1(x, y) / 2)

def k3(x, y):
    return h * f(x + h / 2, y + k2(x, y) / 2)

def k4(x, y):
    return h * f(x + h, y + k3(x, y))

x_old = [a + i * h for i in range(n + 1)]
y_old = [0 for i in range(n + 1)]

for i in range(n):
    y_old[i + 1] = y_old[i] + 1 / 6 * \
        (k1(x_old[i], y_old[i]) + 2 * k2(x_old[i], y_old[i]) + 2 *
k3(x_old[i], y_old[i]) + k4(x_old[i], y_old[i]))

flag = True

while flag:
    n *= 2
    h /= 2

    x = [a + i * h for i in range(n + 1)]
    y = [0 for i in range(n + 1)]

    for i in range(n):
        y[i + 1] = y[i] + 1 / 6 * (k1(x[i], y[i]) + 2 * k2(x[i], y[i]) + 2 *
k3(x[i], y[i]) + k4(x[i], y[i]))

    flag = False

    for i in range(int((n + 1) / 2)):
        if abs(y[i * 2] - y_old[i]) > e:
            flag = True

    x_old = x
    y_old = y

x_answer = [round(i, 3) for i in x]
y_answer = [round(i, 3) for i in y]
print(x_answer)
print(y_answer)

```

```

print('кол-во точек:', n + 1)
print()

for i in range(len(x_answer)):
    print('x = ', x_answer[i], '; y = ', y_answer[i])

#Метод Адамса 3-го порядка
print("Метод Адамса 3-го порядка")

def f(x, y):
    return 1 + (1-x)*math.sin(y)

e = 0.001
a = 0
b = 0.5
y_0 = 0

n = 100
h = (b - a) / n

x_old = [a + i * h for i in range(n + 1)]
g_old = [1 for i in range(n + 1)]
y_old = [0 for i in range(n + 1)]

for i in range(n):
    if i < 3:
        g_old[i + 1] = g_old[i] + h * f(x_old[i], y_old[i])
        y_old[i + 1] = y_old[i] + h * g_old[i]
    else:
        g_old[i + 1] = g_old[i] + h * (
            23 * f(x_old[i], y_old[i]) - 16 * f(x_old[i - 1], y_old[i -
1]) + 5 * f(x_old[i - 2],
y_old[i - 2])) / 12
        y_old[i + 1] = y_old[i] + h * (23 * g_old[i] - 16 * g_old[i - 1] + 5
* g_old[i - 2]) / 12

flag = True

while flag:
    n *= 2
    h /= 2

    x = [a + i * h for i in range(n + 1)]
    g = [1 if i == 0 else 0 for i in range(n + 1)]
    y = [0 for i in range(n + 1)]

    for i in range(n):
        if i < 3:
            g[i + 1] = g[i] + h * f(x[i], y[i])
            y[i + 1] = y[i] + h * g[i]
        else:
            g[i + 1] = g[i] + h * (
                23 * f(x[i], y[i]) - 16 * f(x[i - 1], y[i - 1]) + 5 *
f(x[i - 2], y[i - 2])) / 12
            y[i + 1] = y[i] + h * (23 * g[i] - 16 * g[i - 1] + 5 * g[i - 2])
/ 12

    flag = False

```

```

        for i in range(len(y_old)):
            if abs(y[i * 2] - y_old[i]) > e:
                flag = True

        x_old = x
        y_old = y

x_answer = [round(i, 3) for i in x]
y_answer = [round(i, 3) for i in y]
print(x_answer)
print(y_answer)

print('кол-во точек:', n + 1)
print()

for i in range(len(x_answer)):
    print('x = ', x_answer[i], '; y = ', y_answer[i])

#4)Метод Адамса 4-го порядка
print("Метод Адамса 4-го порядка")

def f(x, y):
    return 1 + (1-x)*math.sin(y)

e = 0.001
a = 0
b = 0.5
y_0 = 0

n = 100
h = (b - a) / n

x_old = [a + i * h for i in range(n + 1)]
g_old = [1 for i in range(n + 1)]
y_old = [0 for i in range(n + 1)]

for i in range(n):
    if i < 4:
        g_old[i + 1] = g_old[i] + h * f(x_old[i], y_old[i])
        y_old[i + 1] = y_old[i] + h * g_old[i]
    else:
        g_old[i + 1] = g_old[i] + h * (
            55 * f(x_old[i], y_old[i]) - 59 * f(x_old[i - 1], y_old[i -
1]) + 37 * f(x_old[i - 2],
y_old[i - 2]) - 9 * f(
            x_old[i - 3], y_old[i - 3])) / 24
        y_old[i + 1] = y_old[i] + h * (55 * g_old[i] - 59 * g_old[i - 1] + 37
* g_old[i - 2] - 9 * g_old[i - 3]) / 24

flag = True

while flag:
    n *= 2
    h /= 2

    x = [a + i * h for i in range(n + 1)]
    g = [1 if i == 0 else 0 for i in range(n + 1)]
    y = [0 for i in range(n + 1)]

    for i in range(n):
        if i < 4:
            g[i + 1] = g[i] + h * f(x[i], y[i])
            y[i + 1] = y[i] + h * g[i]

```

```

        else:
            g[i + 1] = g[i] + h * (
                55 * f(x[i], y[i]) - 59 * f(x[i - 1], y[i - 1]) + 37
* f(x[i - 2], y[i - 2]) - 9 * f(x[i - 3],
y[i - 3])) / 24
            y[i + 1] = y[i] + h * (55 * g[i] - 59 * g[i - 1] + 37 * g[i - 2]
- 9 * g[i - 3]) / 24

            flag = False

            for i in range(len(y_old)):
                if abs(y[i * 2] - y_old[i]) > e:
                    flag = True

            x_old = x
            y_old = y

x_answer = [round(i, 3) for i in x]
y_answer = [round(i, 3) for i in y]
print(x_answer)
print(y_answer)

print('кол-во точек:', n + 1)
print()

for i in range(len(x_answer)):
    print('x = ', x_answer[i], '; y = ', y_answer[i])

```