**ОТЧЁТ**

**ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5**

**Решение ОДУ**

**(Вариант 9)**

*Выполнил студент 3 курса ПМиИ*

*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 *yi* искомой функции *y* = *f*(*x)* с заданной точностью для некоторых значений аргумента *xi Î* [*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*** четвёртого порядка имеет вид.

*k1* = *hf*(*xk*, *yk*),

*k2* = *hf*(*xk* + *h*/2, *yk* + *k1*/2),

*k3* = *hf*(*xk* + *h*/2, *yk* + *k2*/2),

*k4* = *hf*(*xk* + *h*, *yk* + *k3*),

*Dyk*=1/6(*k1* + *2k2* + *2k3* + *k4*), *yk* + 1=*yk* + D*yk*, *xk* + 1=*xk* + *h.*

***Методы Адамса*** третьего и четвертого порядков имеют вид

*yi + 1 = yi + h (23y'i - 16y'i-1 + 5y'i-2)/12;*

*yi + 1 = yi + h (55y'i - 59y'i-1 + 37y'i-2 - 9y'i-3)/24.*

Погрешность решения, найденного этими методами, оценивается величиной O(*hm*)*,* 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 Хk , вторая колонка – значения найденных Yk.

**Решение:**

**Дано:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 9 | *y¢* = 1 - s*in*(*2x* + *y*) | *y²* = 1 + (1 - *x*)s*in 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:

Или в итерационном виде:

**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])