

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРЫВНОГО МЕТОДА ЧАСТИЦ

ГРППА 404 / КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ
ГОРБАЧЕВ Д.С.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ
БОГОМОЛОВ С.В.



Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики

ЦЕЛИ РАБОТЫ

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Создать программный инструмент, который позволит увеличить эффективность разработки численного метода.

1

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Провести анализ применимости гетерогенных систем для разрывного метода частиц

2

ПОДЗАДАЧИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

АНАЛИЗ

1

Проведение анализа существующих модификаций на предмет целесообразности использования гетерогенных систем.

2

ТЕХНОЛОГИИ

Выбор и изучение технологий для достижения поставленной цели

3

РЕАЛИЗАЦИЯ

Подготовка кода программы, реализующей гетерогенный подход для РМЧ

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ

OpenCL

Фреймворк для написания компьютерных программ, связанных с параллельными вычислениями на различных графических (GPU) и центральных процессорах (CPU), а также FPGA.

OpenCL разрабатывается и поддерживается некоммерческим консорциумом **Khronos Group**

K H R O N O S™



ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ

OpenCL

Фреймворк для написания компьютерных программ, связанных с параллельными вычислениями на различных графических (GPU) и центральных процессорах (CPU), а также FPGA.



Обеспечивает возможность использовать параллельные вычисления с помощью веб-интерфейсов.



АНАЛИЗ АЛГОРИТМА

МОДИФИКАЦИЯ С ОКНОМ

Идеологически основан на методах типа
«частица-сетка» / Particle-In-Cell.



АНАЛИЗ АЛГОРИТМА

В рассматриваемом варианте алгоритма удалось выделить следующие этапы, которые представляют интерес при параллельной реализации.

2 СДВИГ ЦЕНТРОВ ЧАСТИЦ

В начале каждого шага происходит смещение частиц без учета соседей.

1 ПОСТРОЕНИЕ НАБОРА ЧАСТИЦ

Построение набора происходит на этапе инициализации метода и выполняется один раз.

3 ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТИЦ

Основной этап шага. Осуществляется перестройка частиц.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМА



1 ПОСТРОЕНИЕ НАБОРА ЧАСТИЦ

Построение набора происходит на этапе инициализации метода и выполняется один раз.

2 СДВИГ ЦЕНТРОВ ЧАСТИЦ

В начале каждого шага происходит смещение частиц без учета соседей.

Высота каждой частицы кладется равной отношению массы, попавшей в окно, к площади окна.

3 ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТИЦ

Основной этап шага.
Осуществляется перестройка частиц.

ПОДЗАДАЧИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

1

ТЕХНОЛОГИИ

1

Определение набора функциональных требований и выбор соответствующей им технологической базы приложения

2

ОБУЧЕНИЕ

Изучение технологий для реализации продукта

3

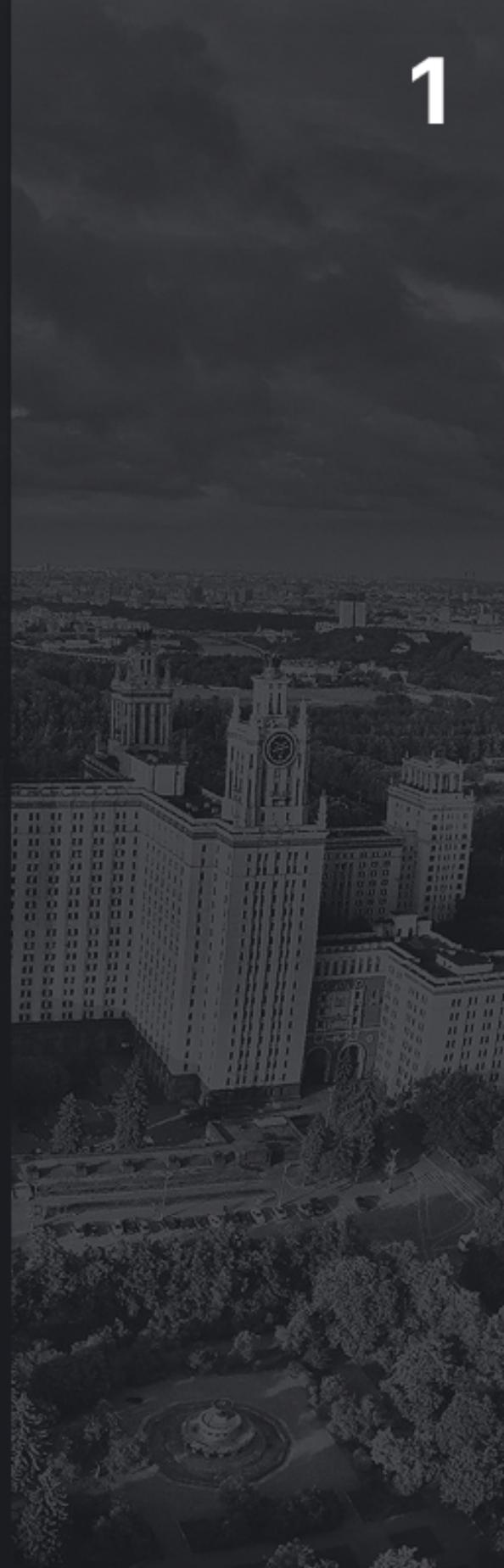
СОЗДАНИЕ

Разработка приложения с учетом итеративного тестирования и возможного пополнения множества функциональных требований

4

РЕЛИЗ

Подготовка релиза первой версии с базовым функционалом



ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ

БАЗОВЫЙ НАБОР ТЕХНОЛОГИЙ



HTML5

стандартизированный язык разметки документов во Всемирной паутине.



CSS3

таблицы для задания цветов, шрифтов, расположения отдельных блоков и т.д.



JavaScript

язык сценариев для интерактивности веб-страниц.

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ



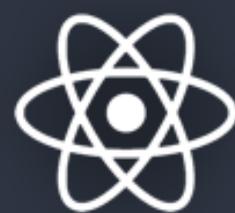
—
программная платформа,
основанная на движке V8,
транслирующем JavaScript
в машинный код.



HTML5



CSS3



React

three.js



socket.io



JavaScript

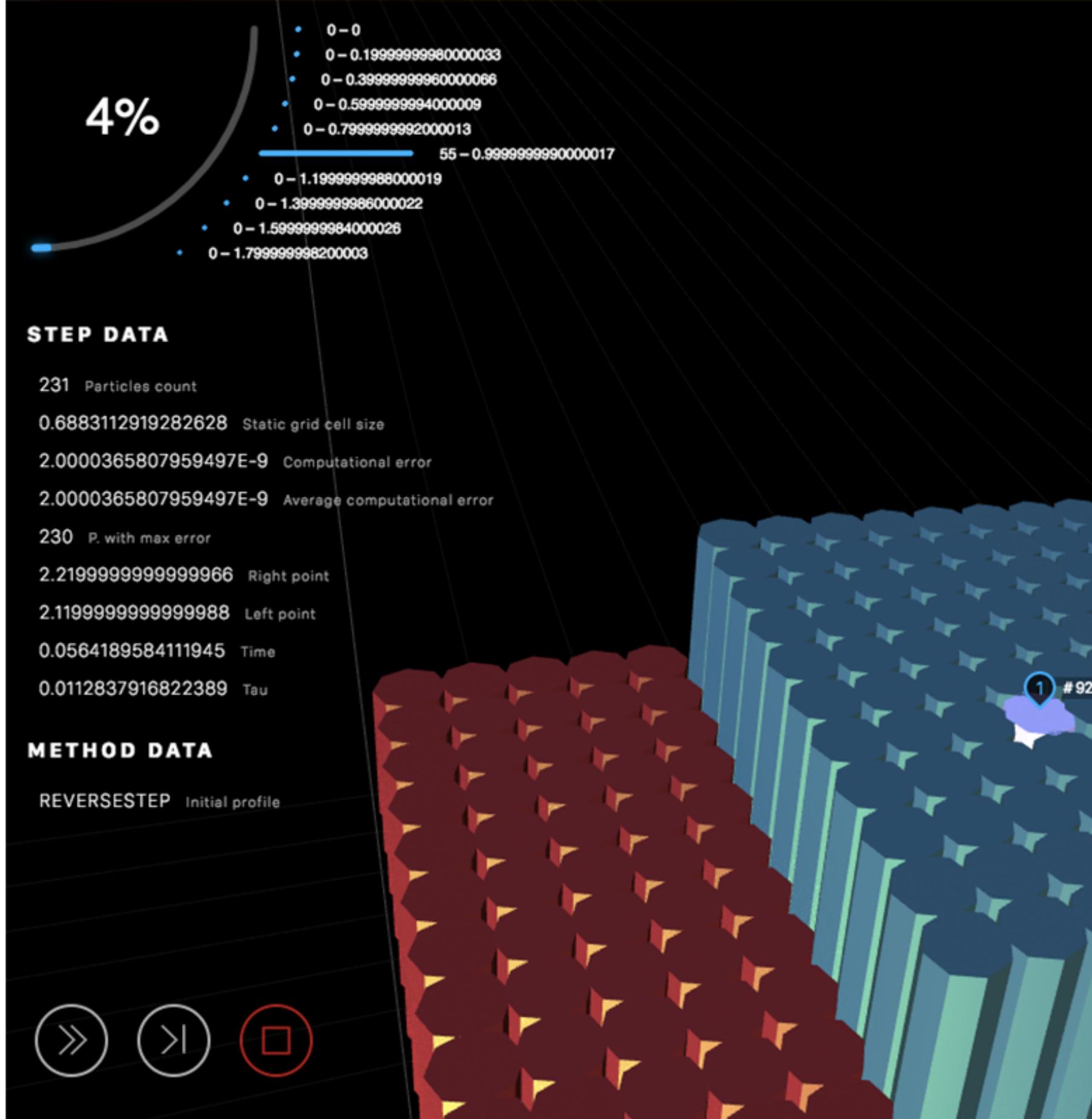
—
язык сценариев для
интерактивности
веб-страниц.

РЕЛИЗ

Результатом разработки является приложение, которое полностью удовлетворяет поставленным требованиям.



DISCONTINUOUS
PARTICLE METHOD



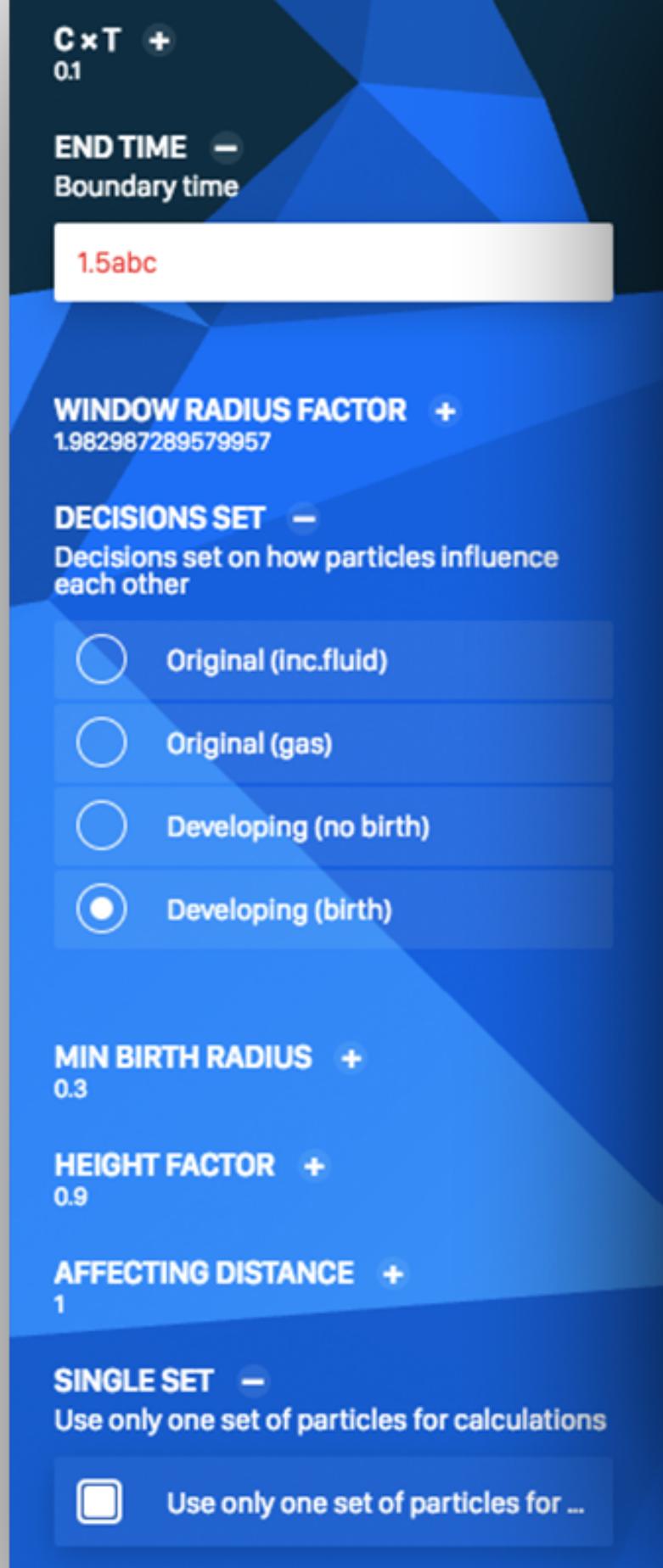
РЕЛИЗ

МОДУЛЬ ДЛЯ ВВОДА НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Данный модуль отвечает за интерпретацию начальных данных для работы численного метода, их автоматическую валидацию и рендеринг различных типов элементов.



DISCONTINUOUS
PARTICLE METHOD



1 Автоматическая проверка валидности начальных данных для текстовых полей

2 SELECT ассоциируется в том числе и с функциями

3 Поддерживает все необходимые типы полей ввода



29%

- 0 - 0
- 0 - 0.19999999980000033
- 0 - 0.39999999960000066
- 0 - 0.59999999940000099
- 0 - 0.7999999992000013
- 55 - 0.9999999990000017
- 22 - 1.1999999988000019
- 0 - 1.3999999986000022
- 0 - 1.5999999984000026
- 0 - 1.799999998200003

STEP DATA

- 242 Particles count
- 0.6883112919282628 Static grid cell size
- 0.3206516310136709 Computational error
- 0.24575420757533917 Average computational error
- 68 P. with max error
- 3.759999999999964 Right point
- 2.8899999999999824 Left point
- 0.44159964774661487 Time
- 0.00864789047896559 Tau

METHOD DATA

REVERSESTEP Initial profile

Position in array 56
Height 1.2907215872325999
Radius 0.22567583341910255
X 2.9641445635931603
Y 0.6000000000000001
Averaging "window"
Computational error 0.19907152759942726

Restructure info
accDelta: 0.22754614909448465affDistance: 0.22567583341910255Restruct type: Affecting particle:

Decisions
232: delta is greater than max delta (0.0394863122996079 2); velocity is less than current (1.2075538269896269); rvd is 0; added to set: 155: delta is equal to max delta (0.05135166683820502); velocity is equal to current (1.2907215872326039); rvd is 0; added to set: 157: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 167: delta is less than max delta (-0.06770306417866917); velocity is greater than current (1.999999980000023); rvd is 0; added to set: 0

Will be restructured as -1

Grid cell 41

Pre-sorted by static grid

Indexes: 44; 45; 231; 232; 46; 47; 233; 234; 55; 56; 57; 58; 66; 67; 77; 78; 68; 69; 79; 80;

Position in array 57
Height 1.2907215872325999
Radius 0.22567583341910255
X 2.9641445635931603
Y 1
Averaging "window"
Computational error 0.19907152759942726

Restructure info
accDelta: 0.22754614909448442affDistance: 0.22567583341910252Restruct type: Affecting particle:

Decisions
233: delta is greater than max delta (0.0394863122996078 6); velocity is less than current (1.2075538269896287); rvd is 0; added to set: 156: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 158: delta is equal to max delta (0.05135166683820491); velocity is equal to current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 168: delta is less than max delta (-0.06770306417866923); velocity is greater than current (1.999999980000032); rvd is 0; added to set: 0

Will be restructured as -1

Grid cell 42

Pre-sorted by static grid

Indexes: 44; 45; 231; 232; 46; 47; 233; 234; 48; 49; 235; 236; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 66; 67; 77; 78; 68; 69; 79; 80; 70; 71; 81; 82;

Position in array 68
Height 1.999999980000032
Radius 0.22567583341910252
X 3.4831992946100345
Y 1
Averaging "window"
Computational error 0.3206516310136709

Restructure info
accDelta: 0.22754614909448442affDistance: 0.22567583341910252Restruct type: birth, but too small distance 0.03385153208933461Affecting particle: 57

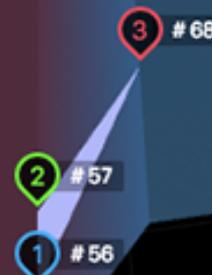
Decisions
67: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.999999980000023); rvd is 0; added to set: 169: delta is equal to max delta (0.05135166683820491); velocity is equal to current (1.999999980000032); rvd is 0; added to set: 179: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.999999980000032); rvd is 0; added to set: 157: delta is less than max delta (-0.06770306417866923); velocity is less than current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 3

Will be restructured as -1

Grid cell 52

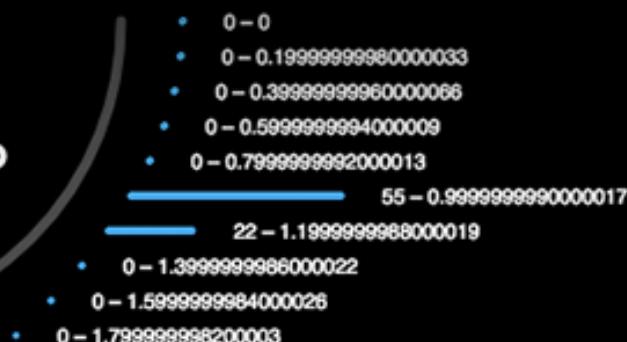
Pre-sorted by static grid

Indexes: 55; 56; 57; 58; 59; 60; 66; 67; 77; 78; 68; 69; 79; 80; 70; 71; 81; 82; 88; 89; 99; 100; 90; 91; 101; 102; 92; 93; 103; 104;





29%



ИНДИКАТОР ВРЕМЕНИ И ЗАВЕРШЕННОСТИ МЕТОДА

Индикатор создан с помощью тэга
<canvas/> описанного в стандарте
HTML 5.



STEP DATA

242 Particles count
0.6883112919282628 Static grid cell size
0.3206516310136709 Computational error
0.24575420757533917 Average computational error
68 P. with max error
3.7599999999999964 Right point
2.88999999999999824 Left point
0.44159964774661487 Time
0.00864789047896559 Tau

METHOD DATA

REVERSESTEP Initial profile

ОТЛАДЧИК ЗНАЧЕНИЙ ХОДА МЕТОДА

Позволяет отслеживать данные, как общие для метода, так и динамические значения для каждого шага.



КОНТРОЛЛЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Приложение позволяет совершать каждый шаг последовательно при отладке.
Дополнительно, есть возможность запустить / остановить анимацию хода вычислений.





ТРЕКИНГ ЭЛЕМЕНТОВ

Позволяет получать информацию по каждому элементу при наведении

Для различных ядер отрисовки указывается соответствующий набор доменов

Position in array 56
Height 1.2907215872325999
Radius 0.22567583341910255
X 2.9641445635931603
Y 0.6000000000000001
Averaging "window"

Computational error 0.19907152759942726

Restructure info

accDelta: 0.22754614909448465affDistance: 0.22567583341910255Restruct type: Affecting particle:

Decisions

232: delta is greater than max delta (0.0394863122996079 2); velocity is less than current (1.2075538269896269); rvd is 0; added to set: 155: delta is equal to max delta (0.05135166683820502); velocity is equal to current (1.2907215872326039); rvd is 0; added to set: 157: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 167: delta is less than max delta (-0.06770306417866917); velocity is greater than current (1.999999980000023); rvd is 0; added to set: 0

Will be restructured as -1

Grid cell 41

Pre-sorted by static grid

Indexes: 44; 45; 231; 232; 46; 47; 233; 234; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80;

Position in array 57
Height 1.2907215872325999
Radius 0.22567583341910252
X 2.9641445635931603
Y 1
Averaging "window"

Computational error 0.19907152759942726

Restructure info

accDelta: 0.22754614909448442affDistance: 0.22567583341910252Restruct type: Affecting particle:

Decisions

233: delta is greater than max delta (0.0394863122996078 6); velocity is less than current (1.2075538269896287); rvd is 0; added to set: 156: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 158: delta is equal to max delta (0.05135166683820491); velocity is equal to current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 168: delta is less than max delta (-0.06770306417866923); velocity is greater than current (1.999999980000032); rvd is 0; added to set: 0

Will be restructured as -1

Grid cell 42

Pre-sorted by static grid

Indexes: 44; 45; 231; 232; 46; 47; 233; 234; 48; 49; 235; 236; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 66; 67; 77; 78; 68; 69; 79; 80; 70; 71; 81; 82;

Position in array 68
Height 1.9999999800000032
Radius 0.22567583341910252
X 3.4831992946100345
Y 1
Averaging "window"

Computational error 0.3206516310136709

Restructure info

accDelta: 0.22754614909448442affDistance: 0.22567583341910252Restruct type: birth, but too small distance 0.03385153208933461Affecting particle: 57

Decisions

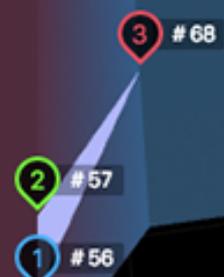
67: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.999999980000023); rvd is 0; added to set: 169: delta is equal to max delta (0.05135166683820491); velocity is equal to current (1.999999980000032); rvd is 0; added to set: 179: delta is equal to max delta (0.051351666838205134); velocity is equal to current (1.999999980000032); rvd is 0; added to set: 157: delta is less than max delta (-0.06770306417866923); velocity is less than current (1.2907215872325999); rvd is 0; added to set: 3

Will be restructured as -1

Grid cell 52

Pre-sorted by static grid

Indexes: 55; 56; 57; 58; 59; 60; 66; 67; 77; 78; 68; 69; 79; 80; 70; 71; 81; 82; 88; 89; 99; 100; 90; 91; 101; 102; 92; 93; 103; 104;





ВЫБОР ЯДРА ОТРИСОВКИ

Позволяет переключить режим
визуализации доменов

РЕЛИЗ

Каждое ядро для отрисовки создается с помощью наследования базового класса Core.

Необходимо переопределить следующий набор функций.

```
static setHover ( ... )
```

```
static setStatic ( ... )
```

```
setDomains ( domains )
```

```
createNewEEs ( )
```

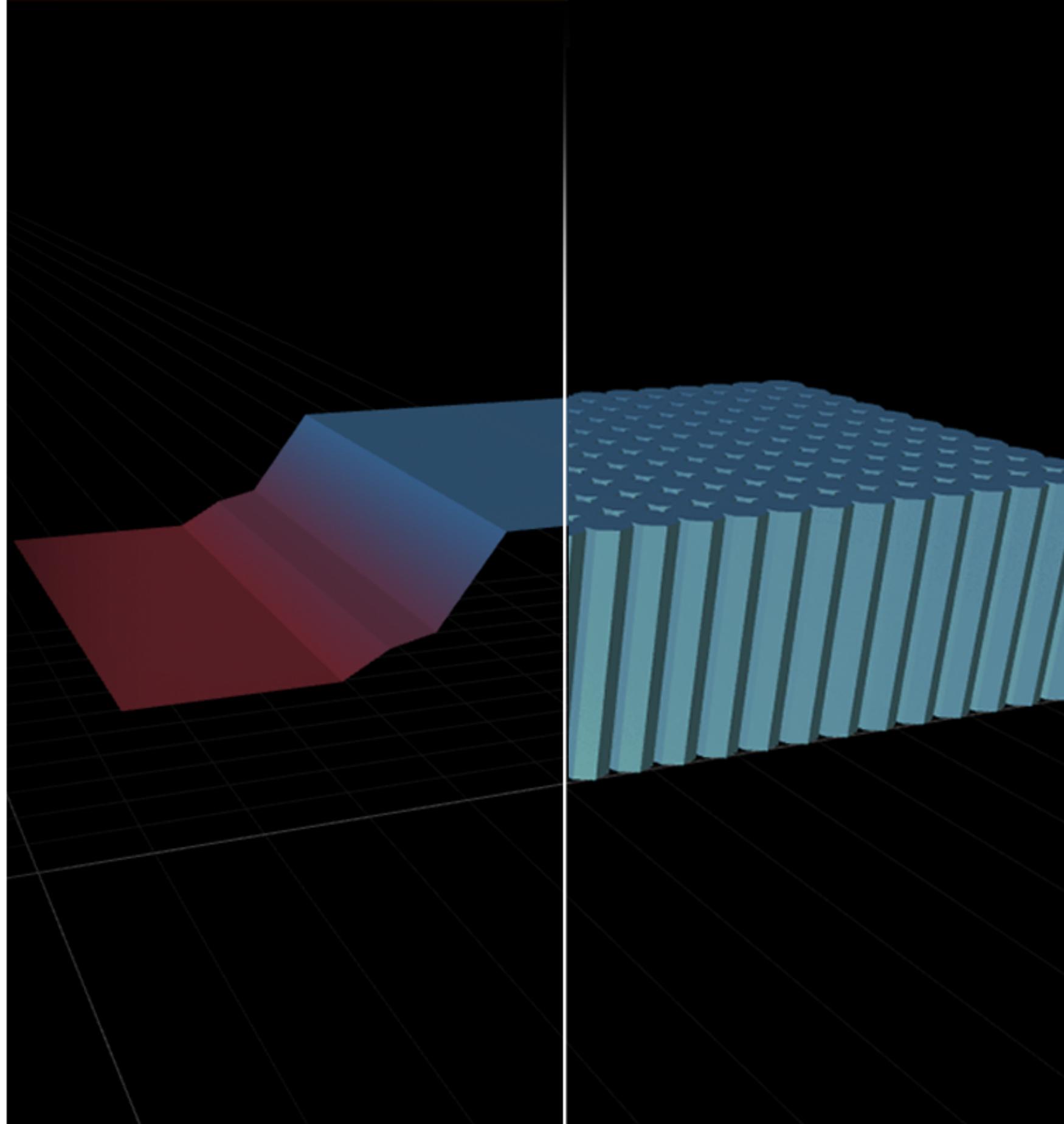
```
showEEs ( endIdx )
```

```
hideEEs ( startIdx )
```

```
_draw ( )
```



DISCONTINUOUS
PARTICLE METHOD



РЕЛИЗ

Каждое ядро для отрисовки создается с помощью наследования базового класса Core.

Необходимо переопределить следующий набор функций.

```
static setHover ( ... )
```

```
static setStatic ( ... )
```

```
setDomains ( domains )
```

```
createNewEEs ( )
```

```
showEEs ( endIdx )
```

```
hideEEs ( startIdx )
```

```
_draw ( )
```



DISCONTINUOUS
PARTICLE METHOD

.JSX **Настройка сцены**

```
<Scene ref={ ( scene ) => this.scene = scene }  
  cfg={ CFG.scene }  
  onIntersect={ ( e ) => emitter.emit( ... ) }  
  enableCoreSwitcher={ false }  
  enableTracker={ true }>  
  <RenderingCluster key="mycluster">  
    <RenderingProcessor core={  
      RenderingCores.Point } />  
    <RenderingProcessor core={  
      RenderingCores.Cylindrical } />  
    <RenderingProcessor core={  
      RenderingCores.Triangulation } />  
  </RenderingCluster>  
</Scene>
```

ДОПОЛНЕНИЕ

Временные затраты на приложение по визуализации аудио (.mp3) файла составили 2 дня.

Подключение сцены заняло около 5 минут.



DISCONTINUOUS
PARTICLE METHOD

- Points core
- Cylindrical core
- Triangulation core

AUDIO VISUALIZATION

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin ac convallis leo, in porttitor massa. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Vestibulum id aliquet sapien.

TRY IT NOW

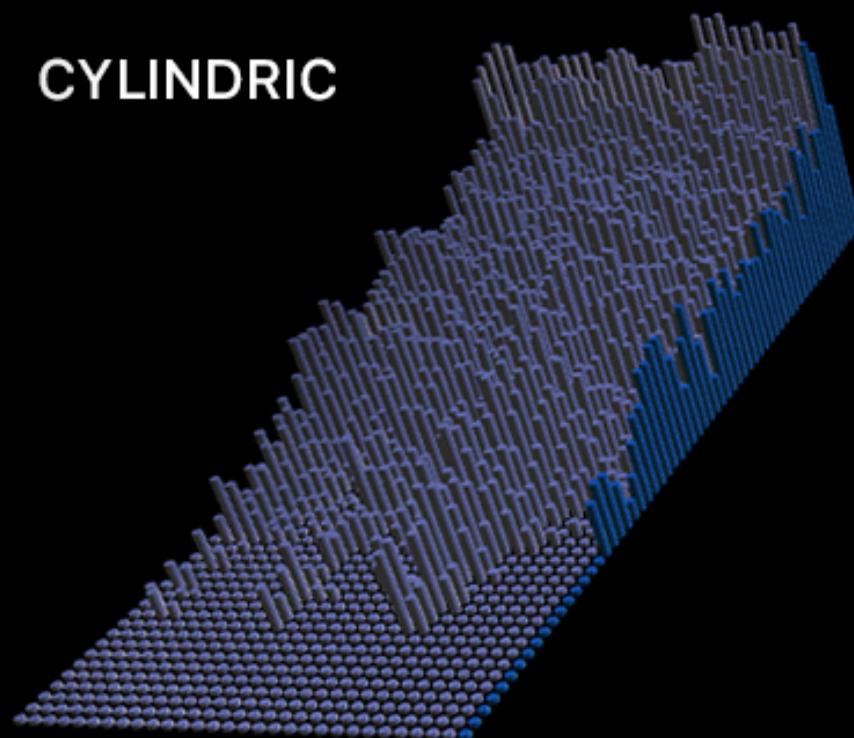
ДОПОЛНЕНИЕ

Результат виден на экране
одновременно со звуковым
рядом, в том числе на
современных мобильных
устройствах и компьютерах с
встроенной видеокартой



DISCONTINUOUS
PARTICLE METHOD

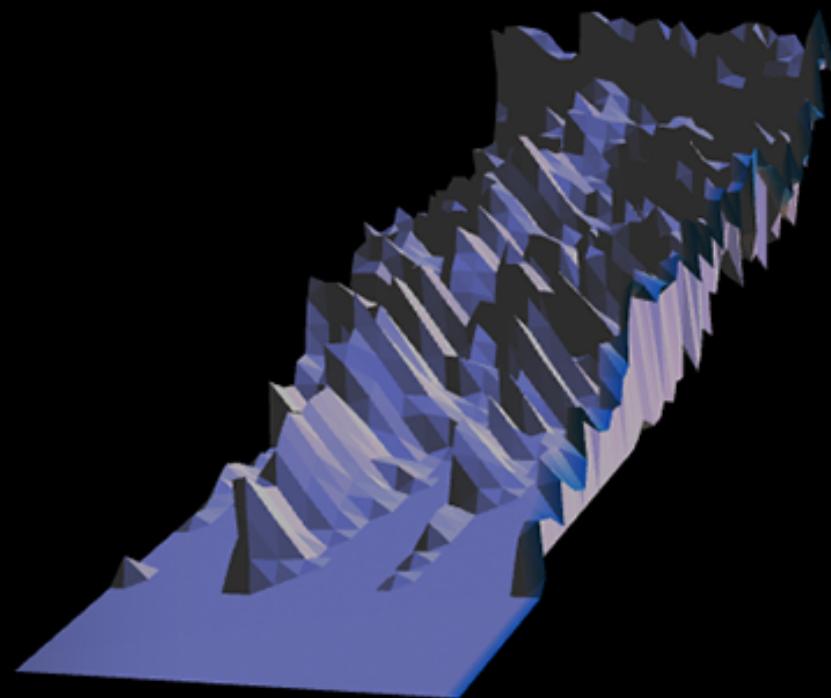
CYLINDRIC



POINT



TRIANGULATION



ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
РАЗРЫВНОГО МЕТОДА ЧАСТИЦ

ГРППА 404 / КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ
ГОРБАЧЕВ Д.С.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ
БОГОМОЛОВ С.В.

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ

