

# Документация к Vecield

DDR-crew

18 декабря 2020 г.

# Оглавление

1	Математическая модель	2
1.1	Моделирование движения . . . . .	2
1.2	Тела . . . . .	3
1.3	Поля . . . . .	4
1.3.1	Электрическое поле . . . . .	4
1.3.2	Магнитное поле . . . . .	4
1.3.3	Гравитационное поле . . . . .	5
2	Интерфейс программы	6
2.1	Запуск . . . . .	6
2.2	Использование . . . . .	7
2.2.1	Пауза/Возобновить . . . . .	8
2.2.2	Режим соединения: ... . . . .	8
2.2.3	Режим разъединения: ... . . . .	9
2.2.4	Режим добавления: . . . . .	9
2.2.5	Режим удаления: . . . . .	10
2.3	Выход . . . . .	10
3	Исходный код	11
4	Авторы	12

# Глава 1

## Математическая модель

В данной программе происходит симуляция движения материальных точек в различных полях с возможностью добавления связей между исследуемыми материальными точками.

Реализовано три вида полей: электрическое, магнитное и гравитационное. Каждое из полей влияет на все тела, присутствующие в симуляции, а также отображаются диаграммы напряженностей этих полей.

Движение всех материальных точек ограничивается одной плоскостью, однако пространство считается трёхмерным, за счёт чего реализовано векторное умножение и магнитное поле.

### 1.1 Моделирование движения

Каждая материальная точка в симуляции имеет набор параметров:

масса ( $m$ ), заряд ( $q$ ), положение ( $\vec{x}$ ), скорость ( $\vec{v}$ ), ускорение ( $\vec{a}$ ).

Симуляция происходит с наперёд заданным шагом по времени  $dt$ . Изменение кинематических величин свободных материальных точек задаётся следующими уравнениями:

$$\bar{x}_{i+1} = \bar{x}_i + \bar{v}_{i+1} \cdot dt$$

$$\bar{v}_{i+1} = \bar{v}_i + \bar{a}_{i+1} \cdot dt$$

Если же на точку действует сила  $\bar{F}$ , то

$$\bar{a}_{i+1} = \bar{a}_i + \bar{F} \cdot dt$$

где подстрочные индексы  $i$  обозначают значения параметров на предыдущем шаге,  $i + 1$  - на данном (рассчитываемые)

## 1.2 Тела

В симуляции имеется возможность объединять материальные точки в тела. Допустим материальные точки с номерами 1, 2, ...,  $n$  объединены в тело. Тогда положение центра масс тела определяется следующим образом:

$$\bar{x}_{\text{ц}} = \frac{\sum m_k \bar{x}_k}{\sum m_k}$$

У тела также имеются следующие параметры: линейная ( $\bar{v}_{\text{ц}}$ ), угловая ( $\omega$ ) скорости, линейное ( $\bar{a}_{\text{ц}}$ ) и угловое ( $\epsilon$ ) ускорения, момент инерции.

Момент инерции вычисляется следующим образом:

$$I = \sum m_k r_k^2$$

где  $r_k$  - расстояние от  $k$ -ой материальной точки данного тела до центра масс.

## 1.3 Поля

### 1.3.1 Электрическое поле

Электрическое взаимодействие реализовано следующим образом: Каждая материальная точка, находящаяся на сцене, обладает зарядом и создаёт электрическое поле, напряженность которого задается формулой:

$$\vec{E} = k \frac{q}{|\vec{r}|^3} \cdot \vec{r}$$

где  $E$  - напряженность поля в данной точке, создаваемая данным зарядом;  $k$  - электрическая постоянная;  $q$  - величина заряда;  $r$  - вектор с началом в точке с зарядом и концом в исследуемой точке пространства.

При этом сила, действующая на заряд  $q_1$  со стороны поля равна

$$\vec{F} = \vec{E}q_1$$

где  $E$  - напряженность электрического поля в данной точке

### 1.3.2 Магнитное поле

Магнитное поле реализовано аналогично: каждая материальная точка, участвующая в симуляции создаёт напряжённость магнитного поля по всей плоскости симуляции. Вектор напряжённости магнитного поля:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q(\vec{v} \times \vec{r})}{|\vec{r}|^3}$$

При этом на движущийся со скоростью  $v_1$  заряд  $q_1$  со стороны поля действует сила:

$$\vec{F} = \vec{v}_1 \times \vec{B}q_1$$

### 1.3.3 Гравитационное поле

Реализация гравитационного поля аналогична реализации электрического. Потенциал гравитационного поля рассчитывается по формуле:

$$\bar{g} = G \frac{m}{|\bar{r}|^3} \cdot \bar{r}$$

Сила, действующая на точку массой  $M$ :

$$\bar{F} = \bar{g}M$$

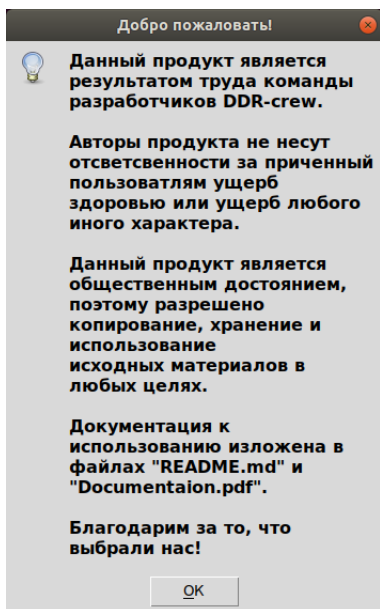
# Глава 2

## Интерфейс программы

### 2.1 Запуск

Для запуска программы убедитесь, что у вас установлен Python 3, и выполните одну из команд:

- `python3 vect_main.py`
- `python vect_main.py`



Перед Вами откроется стартовое диалоговое окно. Оно сообщает о лицензии данного продукта и коротких правилах его использования. Ознакомившись с предоставленной информацией, нажимайте на кнопку "ОК" или просто закройте диалоговое окно кнопкой в правом верхнем углу окна.

## 2.2 Использование

Окно программы делится на три области. В верхней области Вы можете видеть три вкладки:

- Электрическое поле
- Магнитное поле
- Гравитационное поле



Нажатие на вкладку переключает режим отображения на соответствующий тип поля. Выбранная вкладка подсвечивается соответствующим ей цветом.

Ниже Вы можете видеть основную область, в которой отображается выбранное Вами векторное поле. Электрическое и гравитационное поля отображаются стрелками, так как их вектора напряженности для всех точек лежат в плоскости экрана. Вектора напряженности магнитного поля в любой точке перпендикулярны экрану, вследствие чего оно отображается в виде Heatmap. Colorbar, на котором указана зависимость цвета от напряженности поля Вы можете видеть ниже:

$$[255\alpha, 26, 204\alpha] - \text{RGB формат, где } \alpha = \frac{1}{1 + 1.055^{-\frac{x}{c}}},$$

- $c = 50$  - электрическое поле
- $c = 100$  - магнитное поле
- $c = 200$  - гравитационное поле

В самой нижней части окна располагаются элементы управления симуляцией.

### 2.2.1 Пауза/Возобновить

Нажмите на кнопку "Пауза", чтобы приостановить симуляцию. При этом кнопка окрасится в зелёный цвет и надпись на ней изменится на "Возобновить".

Нажмите на кнопку "Возобновить", чтобы запустить приостановленную ранее симуляцию

### 2.2.2 Режим соединения: ...

Изначально режим соединения отключён. Нажмите на соответствующую кнопку, чтобы включить его. Затем щёлкните мышкой

на одну точку. При этом создастся линия с началом в выбранной точке, которая будет сопровождать мышку вплоть до выбора второй точки. Клините на другую точку, и между двумя выбранными материальными точками создастся жетская связь.

Если выбрать второй точкой ту же, что была выбрана первой, никакого соединения не произойдёт, но отменится выбор первой точки.

Вновь нажмите на кнопку, чтобы отключить данный режим.

### 2.2.3 Режим разъединения: ...

Изначально режим разъединения отключён. Нажмите на соответствующую кнопку, чтобы включить его. Затем выделите любую связь и нажмите на неё. Она удалится.

При наведении мышкой на линию, соединяющую две точки, она подсвечивается.

Вновь нажмите на кнопку, чтобы отключить данный режим.

Будьте осторожны! Симуляция не ставится на паузу при активировании данных режимов. Предупреждаем, что выбор точек или связей при активной симуляции может быть затруднителен, но данная возможность оставлена для самых ловких пользователей. Если вы не хотите испытывать данных трудностей, поставьте симуляцию на паузу до того, как включите один из данных режимов.

### 2.2.4 Режим добавления:

Изначально режим добавления отключён. Нажмите на соответствующую кнопку, чтобы включить его. Затем нажмите мышкой на любое место на экране. Там появится точка.

Вновь нажмите на кнопку, чтобы отключить данный режим.

Измените положения ползунков снизу под кнопкой, чтобы отрегулировать массу и заряд создаваемых точек.

### 2.2.5 Режим удаления:

Изначально режим удаления отключён. Нажмите на соответствующую кнопку, чтобы включить его. Затем выделите любую точку и нажмите на неё. Она удалится.

При наведении мышкой на точку, она подсвечивается.

Вновь нажмите на кнопку, чтобы отключить данный режим.

## 2.3 ВЫХОД

Нажмите на красный крестик в правом верхнем углу экрана, если хотите выйти. Нажмите в появившемся диалоговом окне "Да".

# Глава 3

## Исходный код

Данная программа является OpenSource программой. Поэтому весь исходный код доступен в открытом виде. Вы имеете полный доступ к изменению значений любых переменных констант.

Хотелсь бы обратить внимание на константы  $G$ ,  $k$ ,  $\mu_0$  - это мировые физические константы  $G, k, \mu_0$ . Их значения хранятся в модуле `vest.py` в классе `Field`. Измените их, если хотите рассмотреть иной характер взаимодействий.

Учтите, в программе считается, что все значения даются в СИ.

# Глава 4

## Авторы

Данный программный продукт был разработан волонтерской группой студентов первого курса Московского Физико-Технического Института физтех-школы "Ландау. Физика. Исследования":  
DDR-crew

Состав группы:

- Полозова Дарья Денисовна
- Авлиякулиев Руслан Сергеевич
- Валерьев Данила Андреевич