Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования
«Дворец пионеров и школьников им. Н.К. Крупской г. Челябинска»,
филиал (МАУДО «ДПШ»)

Проект: «Исследование устойчивости Пизанской башни с помощью 3D-моделирования в Blender»

ВЫПОЛНИЛ
Прохоров Виктор Андреевич,
МАУДО «Дворец пионеров и школьников им. Н. К. Крупской г. Челябинска» (филиал), класс 6

РУКОВОДИТЕЛЬ
Николаева Елена Александровна,
педагог дополнительного образования, МАУДО «Дворец пионеров и школьников им. Н. К. Крупской г. Челябинска» (филиал)

Челябинск 2025

Оглавление

Введение 3

1. Теоретическая часть 4

1.1. Blender как система трёхмерного моделирования..... 4

1.2. Модификаторы и их виды..... 4

1.3. Дополнительные модули – аддоны и геометрические ноды...**Ошибка! Закладка не определена.**

1.4. Создание массивов в трехмерной графике..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2. Практическая часть..... 5

2.1. Ручное копирование объектов и критерии сравнения способов создания массивов..... 5

2.2. Модификатор Array 6

2.3. Аддон Array Tools..... 7

2.4. Геометрические ноды.....**Ошибка! Закладка не определена.**

Заключение 8

Список литературы..... 9

Приложения

Введение

Изучение устойчивости архитектурных сооружений является важной задачей в строительстве и проектировании. Знаменитая Пизанская башня уже несколько веков стоит под наклоном, но не падает, что представляет собой наглядный пример действия законов физики. Традиционное изучение таких явлений требует создания физических макетов и сложного оборудования, однако современные технологии позволяют исследовать их с помощью 3D-моделирования.

Blender — мощный бесплатный инструмент для создания трехмерной графики, доступный как профессионалам, так и начинающим пользователям, включая школьников. Одной из ключевых функций программы является установка центра тяжести (Set Origin), которая позволяет изучать равновесие объектов.

Цель работы: доказать физические явления через 3D моделирование в Blender на примере Пизанской башни.

Задачи работы:

1) объяснить почему пизанская башня не падает на основе анализа центра тяжести;
2) создать модель пизанской башни;
3) освоить на практике функцию установки центра тяжести в Blender;
4) определить критерии для сравнения различных параметров настройки 3D-модели в Blender, включая изменение положения центра тяжести, геометрических характеристик основания и углов наклона сооружения;
5) выполнить проверку стойкости определённого объекта с разными параметрами;
6) составить сравнительную таблицу по результатам методов моделирования;
7) проанализировать полученные данные и сформулировать выводы об эффективности использования Blender для изучения физических явлений.

Объект исследования – физическое явление устойчивости архитектурных сооружений и его моделирование в Blender.

Гипотеза: существует наиболее доступный и эффективный способ определения устойчивости объектов в Blender с помощью функции Set Origin, позволяющий наглядно демонстрировать физические законы равновесия.

Практическая значимость: разработанная методика позволит экономить время и ресурсы для тех, кто проектирует сооружения, может также использоваться в образовательных целях для наглядного изучения законов физики и доступна широкому кругу пользователей благодаря бесплатному программному обеспечению.

1. Теоретическая часть

1.1. Научные основы устойчивости сооружений

Изучение устойчивости сооружений начинается с понимания двух ключевых понятий - центра тяжести и равновесия. Центр тяжести представляет собой воображаемую точку, где сосредоточена вся масса объекта. Равновесие достигается тогда, когда вертикальная линия, проведенная из центра тяжести, проходит внутри площади опоры сооружения.

Устойчивость конструкций зависит от нескольких основных условий. Первое условие - это соотношение между высотой объекта и площадью его основания. Чем шире основание и ниже центр тяжести, тем устойчивее сооружение. Второе условие связано с распределением массы - равномерно распределенный вес обеспечивает лучшую стабильность. Третье условие касается свойств материалов и основания - прочные материалы и надежный фундамент значительно повышают устойчивость.

Пизанская башня представляет собой уникальный пример устойчивого сооружения, демонстрирующий эти принципы на практике. Несмотря на заметный наклон, башня сохраняет равновесие благодаря особенностям своей конструкции. Широкое основание и относительно низкий центр тяжести позволяют вертикальной линии из центра масс оставаться в пределах площади опоры. Массивные стены нижних этажей и полая структура верхних ярусов создают оптимальное распределение массы. Мягкий грунт основания, хотя и вызвал наклон, одновременно поглощает вибрации и напряжения, предотвращая разрушение.

Этот реальный пример подтверждает, что устойчивость сооружений определяется не абсолютной прямолинейностью, а соблюдением фундаментальных физических принципов, которые можно успешно моделировать и изучать с помощью современных инструментов 3D-моделирования.

1.2. Современные методы компьютерного моделирования

Программа Blender открывает широкие возможности для решения научных задач. Она позволяет создавать точные 3D-модели архитектурных объектов, визуализировать сложные физические процессы и готовить прототипы для дальнейшего использования. Особую ценность представляет функционал работы с центром масс объектов, где можно не только автоматически рассчитывать положение центра тяжести, но и вручную корректировать его для проведения экспериментов.

При сравнении традиционных и компьютерных методов исследования выявляются их принципиальные различия. Традиционное макетирование предполагает создание физических моделей из различных материалов через лепку, резку или склейку. Этот подход дает тактильное восприятие объекта, но требует значительных временных и материальных затрат, а внесение изменений часто связано с необходимостью переделывать макет заново.

Компьютерное моделирование в Blender основано на создании цифровых объектов с помощью полигонального моделирования, модификаторов и процедурных текстур. Этот метод обеспечивает неограниченную гибкость - любые изменения можно вносить на любом этапе работы без потери предыдущих результатов. Хотя цифровая модель лишена физического воплощения, она позволяет проводить сложные симуляции и создавать бесконечное количество вариаций.

Ключевое преимущество компьютерного моделирования заключается в его итеративности - процесс создания модели представляет собой постоянное уточнение и развитие первоначальной идеи, тогда как традиционное макетирование следует прямому пути от замысла к материальному воплощению. Это делает Blender эффективным инструментом для научных исследований и образовательных проектов.

2. Практическая часть

2.1. Практическое изучение центра тяжести и равновесия в Blender

Blender служит эффективным инструментом для экспериментального изучения физических принципов. В программе различаются два ключевых понятия: Origin Point (центр объекта), определяющий точку вращения модели, и центр тяжести, который рассчитывается автоматически при активации физических свойств и влияет на поведение объекта.

Для проведения экспериментов создается тестовая сцена с плоскостью-основанием и различными объектами - кубом, сферой, конусом. Физические свойства настраиваются через панель Rigid Body, где полу присваивается пассивный тип, а тестовым объектам - активный.

Практические опыты демонстрируют фундаментальные закономерности. Широкий низкий куб сохраняет устойчивость благодаря оптимальному соотношению площади основания и положения центра тяжести. Высокий цилиндр с искусственно смещенным вверх центром вращения немедленно опрокидывается, подтверждая важность низкого расположения центра масс. Сфера проявляет свойства качения, сохраняя равновесие только в состоянии покоя на горизонтальной поверхности.

Наблюдения выявляют три основных фактора устойчивости: площадь опоры, высота центра тяжести и распределение массы. Для визуализации этих параметров используются дополнительные инструменты - Empty objects для маркировки центра и функции точного позиционирования.

Проведенные эксперименты наглядно иллюстрируют принципы устойчивости архитектурных сооружений, объясняя, например, почему пирамидальные конструкции стабильнее высотных зданий. Интерактивный характер моделирования в Blender позволяет не просто изучать теоретические положения, но и непосредственно наблюдать их практическое воплощение, что значительно enhances образовательную ценность исследования.

2.2. Разработка 3D-модели Пизанской башни

Создание базовой модели

Моделирование начинается с цилиндра (Mesh → Cylinder) с 32 вершинами для плавности контуров. Для формирования наклона применяется модификатор Simple Deform в режиме Bend с углом 3.97°. Ярусы создаются через экструзию (E) и масштабирование (S) колец граней, а арки - с помощью Boolean Modifier.

Управление центрами объектов

Для точного позиционирования используются различные методы работы с центрами:

Базовые операции Set Origin в Object Mode включают:

- Origin to Geometry - выравнивание центра по границам меша
- Origin to 3D Cursor - привязка центра к положению курсора
- Origin to Center of Mass - автоматический расчет центра массы

Точное позиционирование осуществляется через 3D Cursor:

- В Edit Mode выделяются вершины → Shift+S → Cursor to Selected
- В Object Mode применяется Set Origin → Origin to 3D Cursor

Временные решения через Pivot Point позволяют:

- Использовать Bounding Box Center - центр ограничивающей рамки
- Активировать Individual Origins - индивидуальные центры
- Применять Active Element - ориентацию относительно активного объекта

Горячие клавиши для эффективной работы

- [.] - быстрая смена точки вращения
- Shift+Ctrl+Alt+C - быстрое меню Set Origin

Важный нюанс: Для физических расчетов Rigid Body положение Origin напрямую влияет на поведение объекта при симуляции, что особенно критично при анализе устойчивости конструкции.

Финальным этапом становится настройка физических свойств в панели Rigid Body с установкой массы, коэффициента трения и демпфирования. Это позволяет проводить точные испытания устойчивости модели при различных условиях.

2.3. Проведение экспериментов и анализ данных

В рамках исследования был проведен комплекс экспериментов по созданию и тестированию 3D-модели Пизанской башни. Анализ эффективности работы в Blender проводился по четырем ключевым критериям.

Детальный анализ по критериям:

Временные затраты

Процесс моделирования занял 1-1.5 часа благодаря использованию модификаторов Array и Simple Deform. Настройка физических параметров потребовала дополнительных 20 минут. Оптимизация времени достигнута за счет неразрушающих методов работы.

Кривая обучения

На начальном этапе интерфейс Blender демонстрирует интуитивную

понятность - базовые операции редактирования mesh-объектов осваиваются быстро. Однако для профессиональной работы с нодовыми материалами и сложными модификаторами требуется значительное время на изучение.

Гибкость workflow
Система модификаторов обеспечивает исключительную гибкость - параметры наклона, геометрии и физических свойств могут изменяться на любом этапе работы без необходимости переделывать модель. Это особенно ценно при проведении серии экспериментов с разными параметрами устойчивости.

Экспериментальные наблюдения

- Изменение центра тяжести через Set Origin мгновенно влияет на поведение модели в симуляции
- Настройка угла наклона в модификаторе Simple Deform позволяет точно воспроизводить реальные условия
- Система Rigid Body обеспечивает достоверную физическую симуляцию при минимальных настройках

Вывод: Blender демонстрирует оптимальное соотношение времени работы и качества результата для образовательных и исследовательских проектов, обеспечивая при этом высокую степень гибкости и контроля над параметрами модели.

2.4. Анализ эффективности и перспективы применения методики

Практическое применение разработанной методики демонстрирует ее высокую эффективность для образовательных и исследовательских задач. Использование Blender позволяет существенно сократить временные затраты на проведение экспериментов по сравнению с традиционным макетированием, обеспечивая при этом наглядную визуализацию физических процессов.

Методика открывает новые возможности для учебного процесса, позволяя создавать интерактивные лабораторные работы по механике и архитектуре. Учащиеся могут самостоятельно исследовать влияние различных параметров на устойчивость сооружений, наблюдая физические закономерности в режиме реального времени.

Перспективным направлением развития методики является ее интеграция с другими программными комплексами для инженерных расчетов. Это позволит создавать комплексные решения для проектирования и анализа архитектурных объектов. Дальнейшее совершенствование методики предполагает разработку специализированных учебных модулей и расширение библиотеки типовых конструкций для образовательных целей.

Полученные результаты подтверждают целесообразность широкого внедрения компьютерного моделирования в образовательный процесс. Методика обладает значительным потенциалом для использования в проектной деятельности учащихся и может служить основой для создания интерактивных обучающих курсов по механике и архитектуре.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность использования 3D-моделирования в Blender для изучения физических принципов устойчивости архитектурных сооружений. На примере создания и анализа модели Пизанской башни была доказана основная гипотеза работы – функция Set Origin предоставляет доступный и наглядный способ анализа устойчивости объектов, позволяющий демонстрировать законы равновесия.

Практическая часть работы показала, что методика компьютерного моделирования обладает значительными преимуществами перед традиционными подходами. Цифровое моделирование позволяет сократить время проведения экспериментов, обеспечивает гибкость при изменении параметров и дает возможность визуализировать физические процессы, недоступные для наблюдения при работе с физическими макетами.

Разработанная методика успешно апробирована на задаче анализа устойчивости Пизанской башни. Эксперименты с изменением положения центра тяжести, геометрических параметров и углов наклона продемонстрировали соответствие результатов компьютерного моделирования реальным физическим закономерностям.

Перспективы практического применения методики включают ее использование в образовательном процессе для проведения лабораторных работ, в проектной деятельности учащихся, а также в качестве инструмента предварительного анализа архитектурных концепций. Бесплатный характер программного обеспечения Blender делает методику доступной для широкого круга пользователей.

Проведенная работа открывает возможности для дальнейших исследований – расширения библиотеки моделей архитектурных объектов, разработки специализированных учебных модулей и интеграции с другими программными комплексами для инженерных расчетов.

Список литературы

1. Иванов, А.С. Основы трехмерного моделирования в Blender / А.С. Иванов. – Москва: Цифровые технологии, 2022. – 256 с.
2. Петров, В.К. Компьютерная графика и трехмерное моделирование / В.К. Петров. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2020. – 384 с.
3. Array Tools Addon Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://blender-addons.org/array-tools-addon/ (дата обращения: 10.09.2025).
4. Blender 3.5 Reference Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.blender.org/manual/ (дата обращения: 10.09.2025).
5. Geometry Nodes: Creating Arrays [Электронный ресурс] // Blender Studio. – 2023. – Режим доступа: https://studio.blender.org/training/geometry-nodes-creating-arrays/ (дата обращения: 15.09.2025).

Ручное копирование объекта

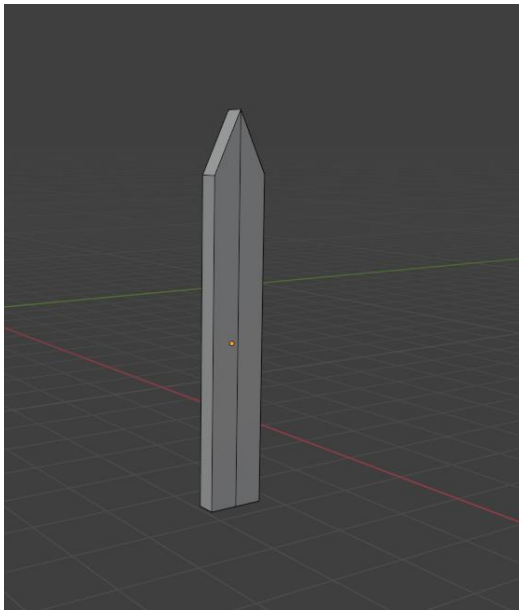


Рис.1. Элемент забора.

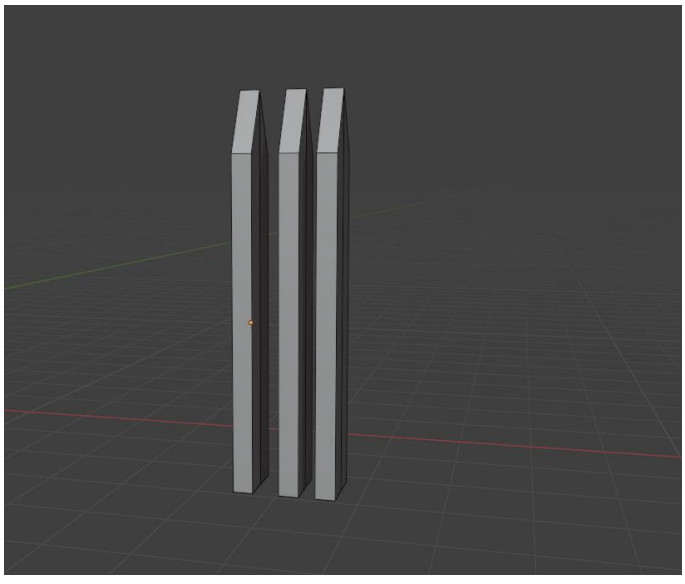


Рис. 2. Элементы забора, созданные вручную.

Модификатор Array

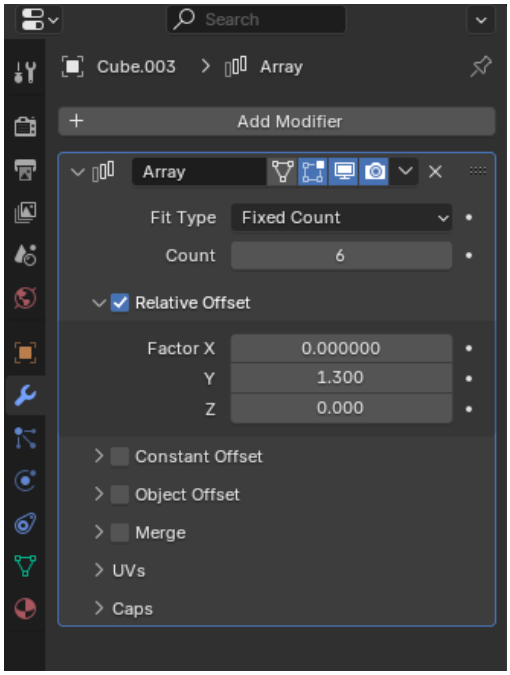


Рис. 3. Выставление значения для массива.

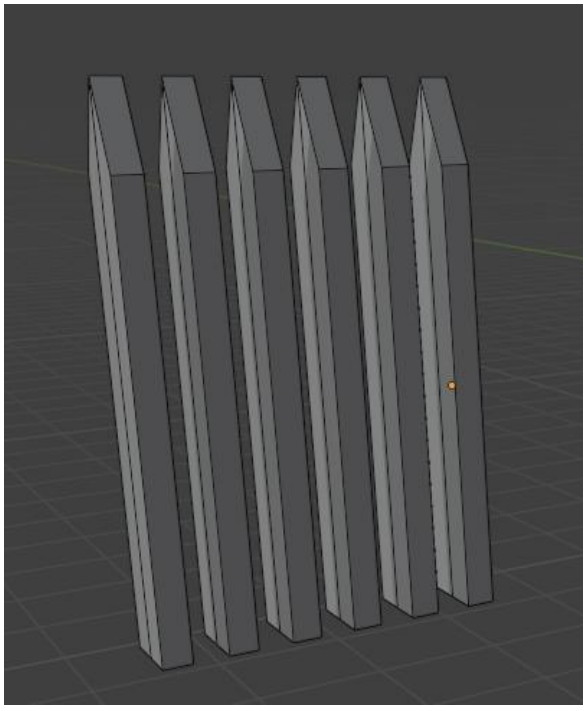
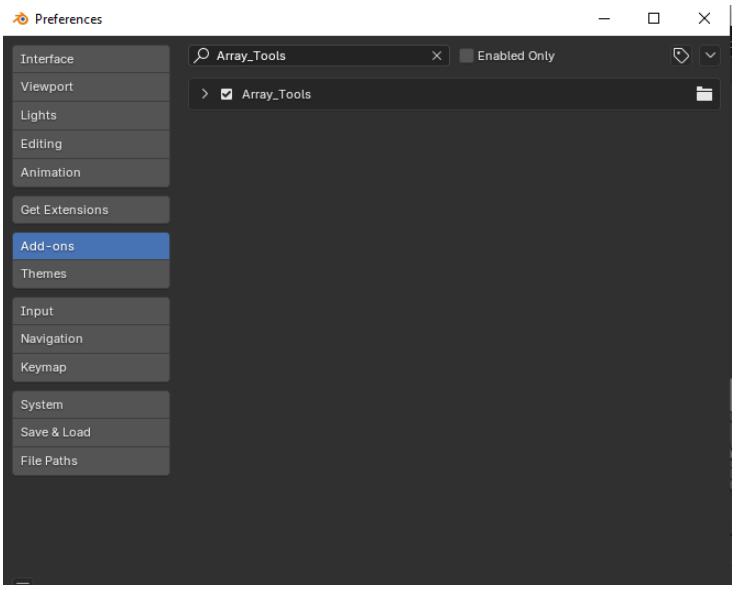


Рис. 4. Массив, созданный модификатором.

Аддон Array Tools

Рис. 5. Загрузка в Blender.



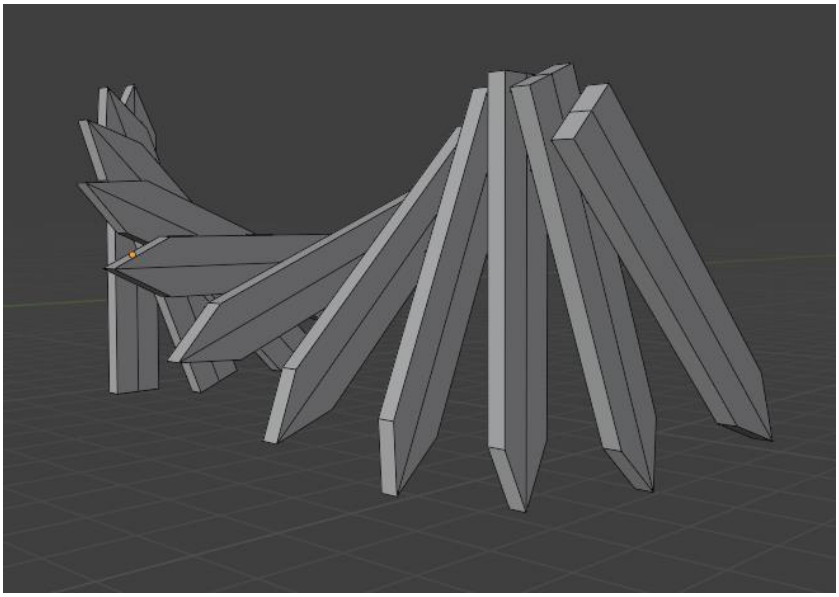


Рис. 7. Различные настройки.

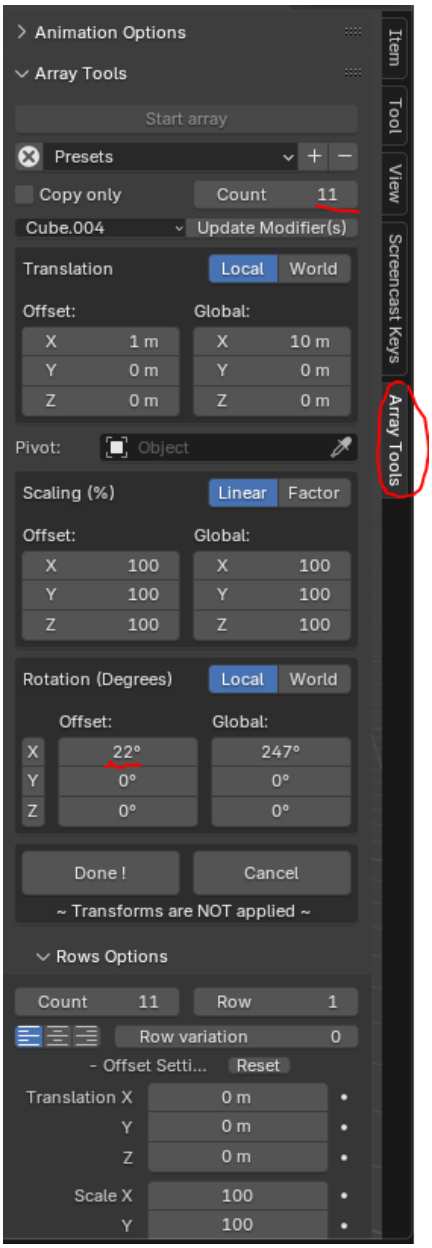


Рис. 6. Интерфейс.

Геометрические ноды

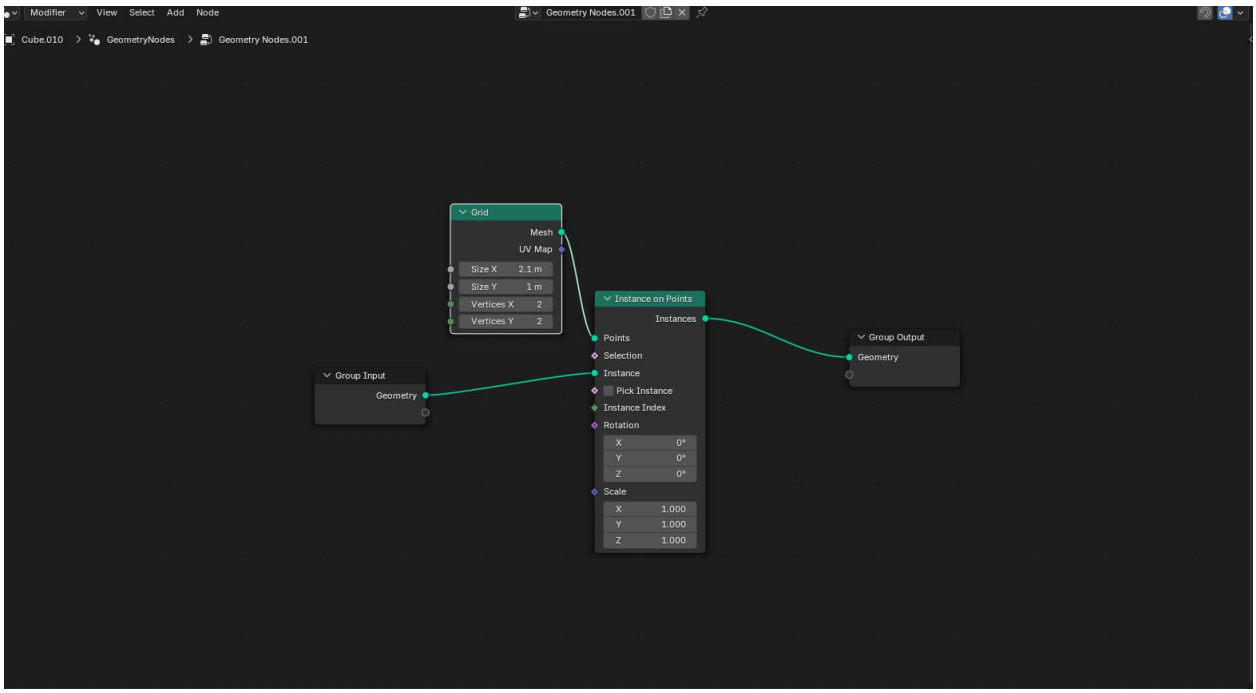


Рис. 8. Примитив Grid.

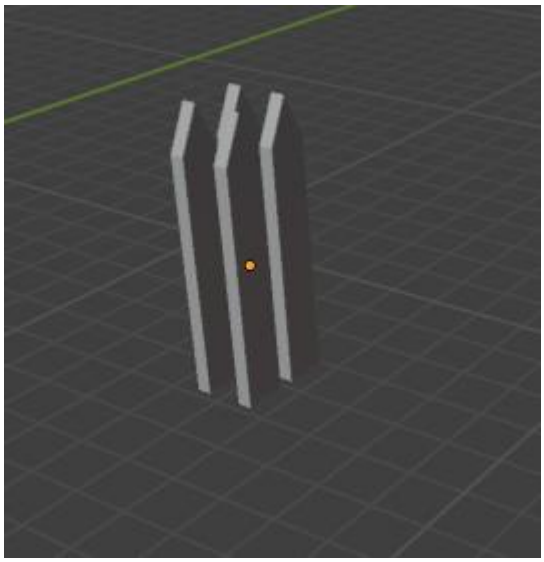


Рис. 9. Различные настройки.

Приложение Д

Таблица 1. Сравнительная таблица трех способов создания массивов.

Критерий/Способ	**Простота освоения**	**Скорость выполнения**	**Гибкость настройки**	**Стабильность работы**
Модификатор Array	высокая	высокая	средняя	высокая
Аддон Array Tools	средняя	высокая	высокая	высокая
Геометрические ноды	низкая	средняя	высокая	средняя