

# Исследование одномерной схемы Йе на устойчивость

---

Гимназия №1562, МГУ им. М.В Ломоносова

## Автор

Андрониченко Даниил Артёмович

## Научные руководители

Домбровская Жанна Олеговна, аспирант физического факультета МГУ

Белов Александр Александрович, аспирант физического факультета МГУ

Мангура Полина Александровна, студент физического факультета МГУ

Хворостова Марина Вадимовна, учитель математики Гимназии №1562

14 апреля 2017 года

# Проблемный вопрос

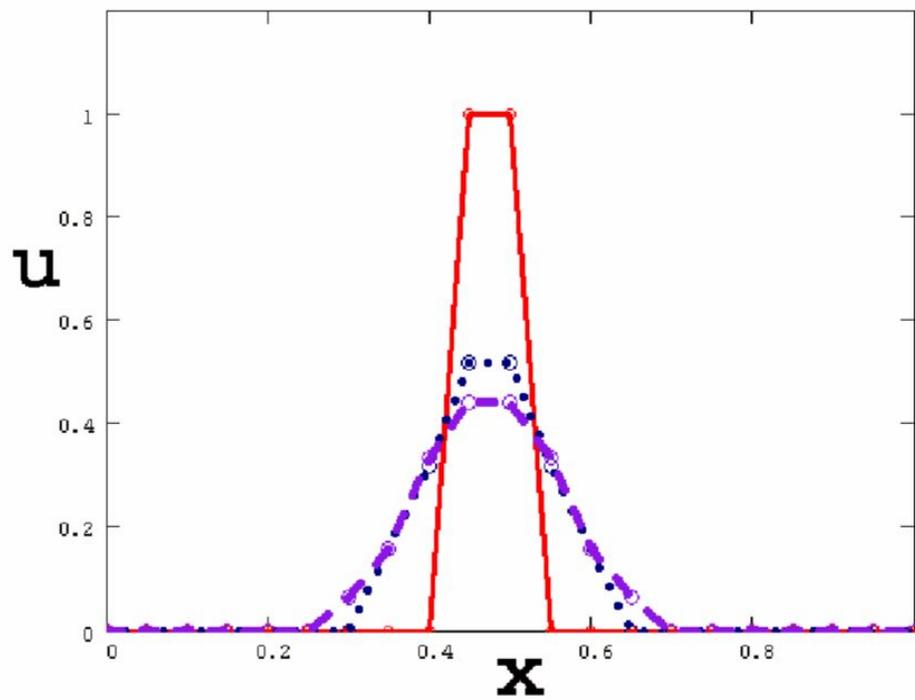
---

При произведении расчетов на разностных схемах, важен показатель устойчивости схемы, так-как при отсутствии устойчивости схемы, расчет не будет сводиться к решению разностного уравнения, будет накапливаться большая ошибка в измерениях.

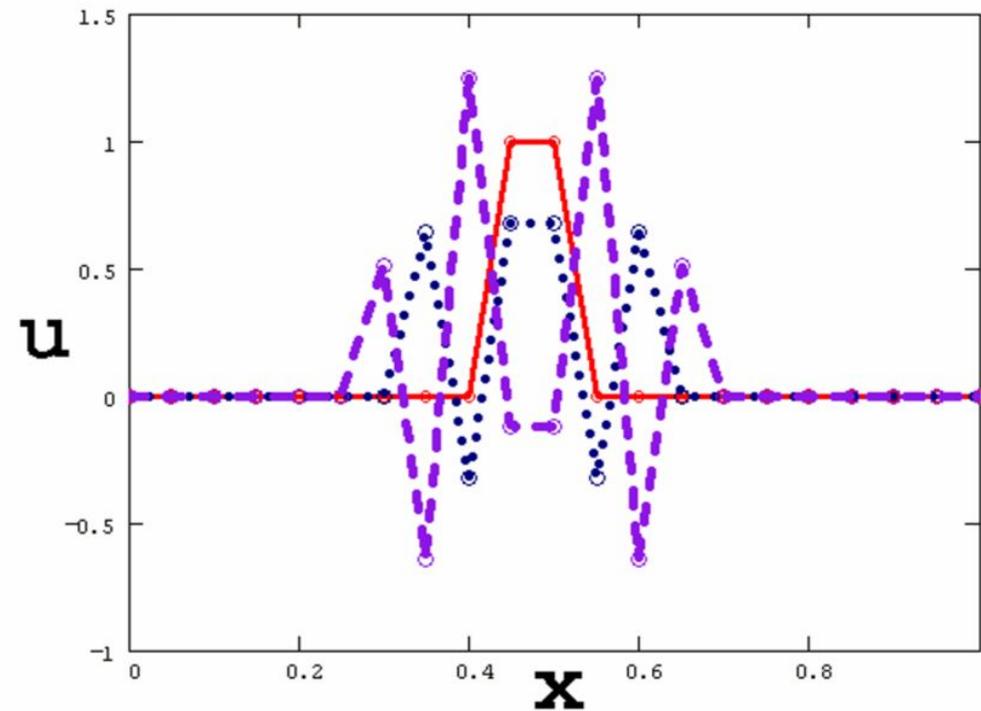
Метод FDTD(Конечных разностей во временной области) основывается на разностной схеме Йе, устойчивость которой обеспечивается за счёт выполнения условия (условия Куранта), для этого необходимо, чтобы множитель в его условии был меньше или равен единице.

В моей работе, передо мной стоит задача доказать путем численных экспериментов, влияние множителя на распространение электромагнитной волны в пространстве.

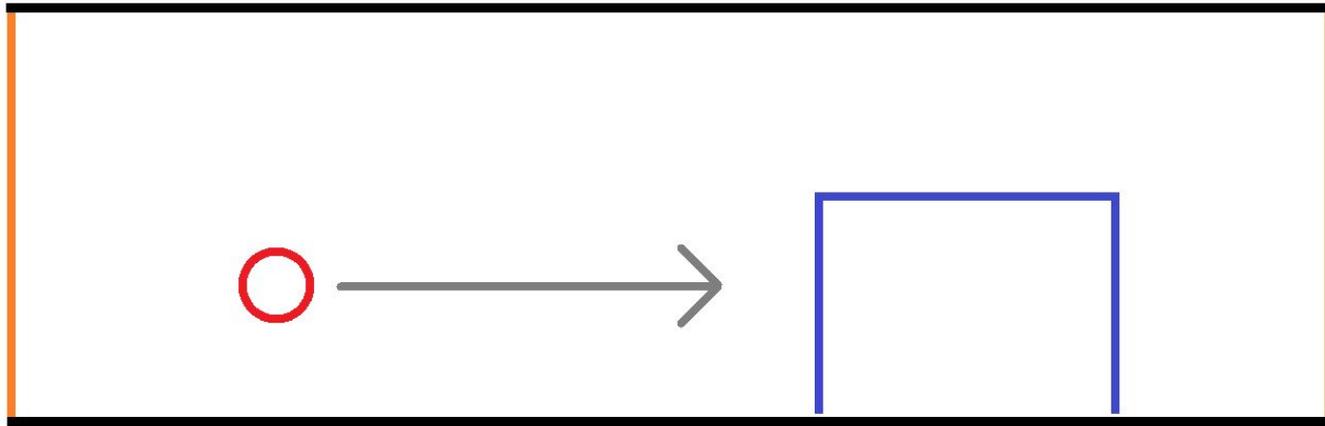
# Понятие устойчивости. Условие Куранта



$$\tau \leq \frac{h}{c_0}$$



# Метод конечной разности во временной области



- – PML
- – материальный объект
- – источник
- – волна

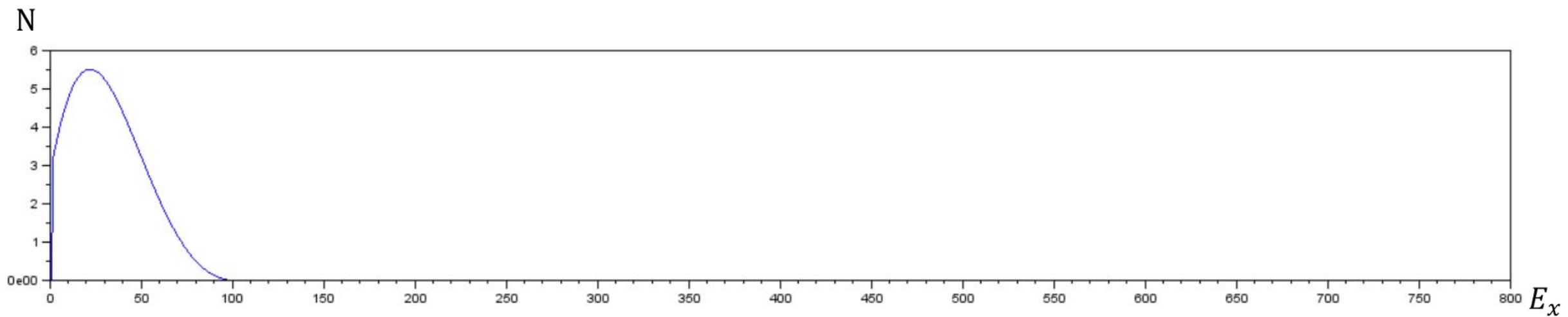
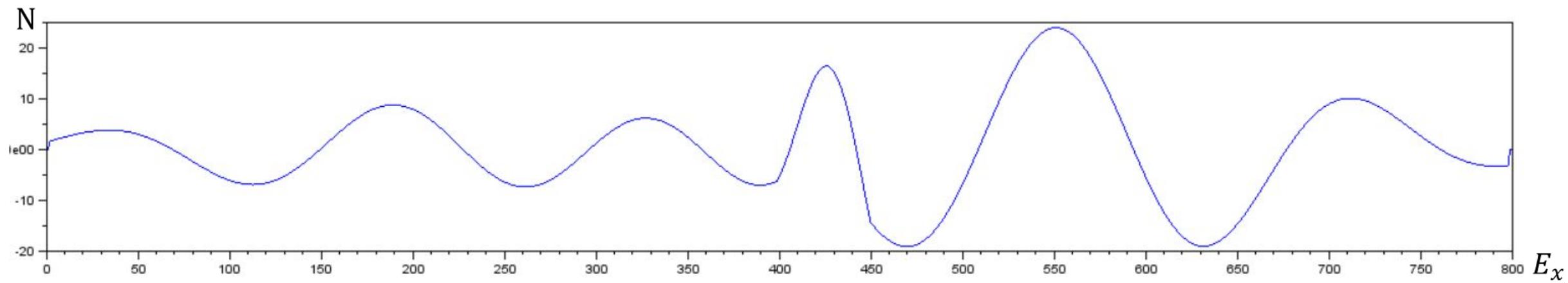
$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = -\frac{1}{\epsilon_0} * \frac{\partial H_y}{\partial z}$$
$$\frac{\partial H_y}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} * \frac{\partial E_x}{\partial z}$$

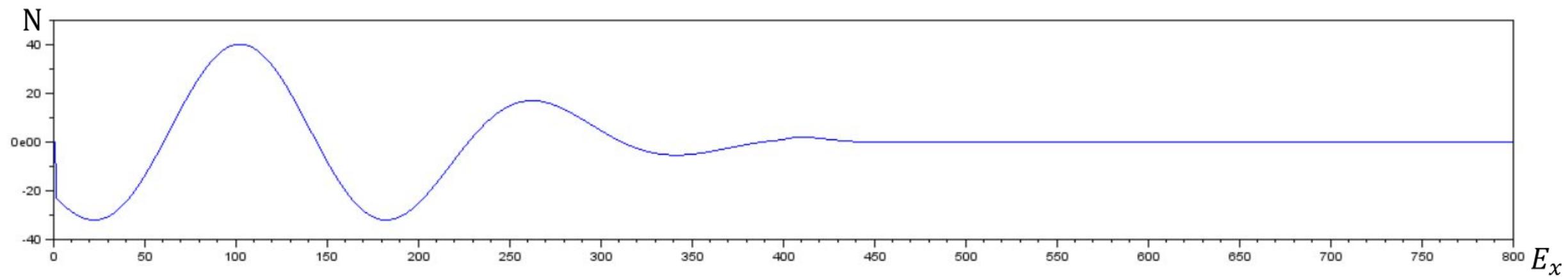
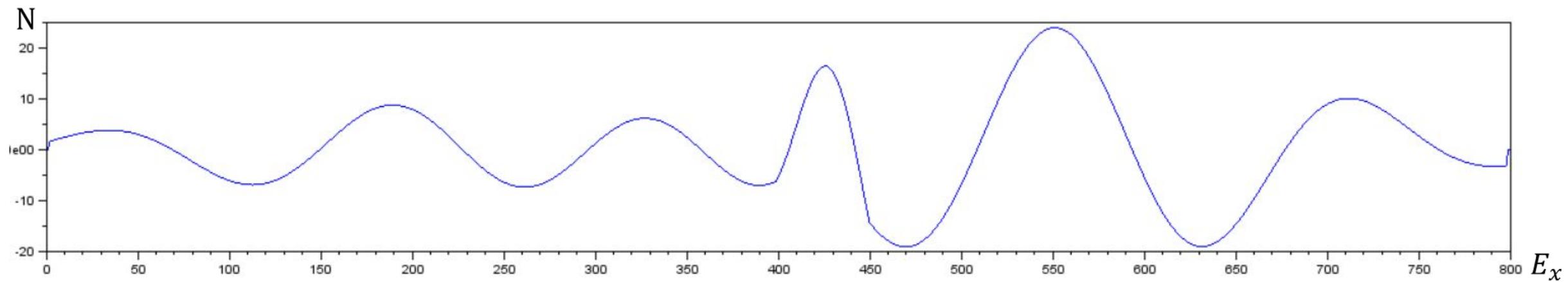
## Цель

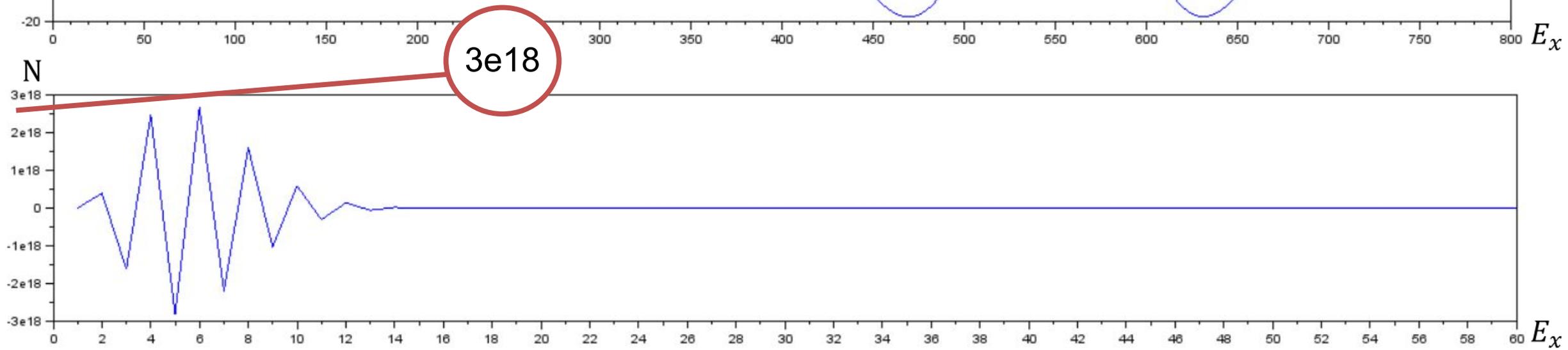
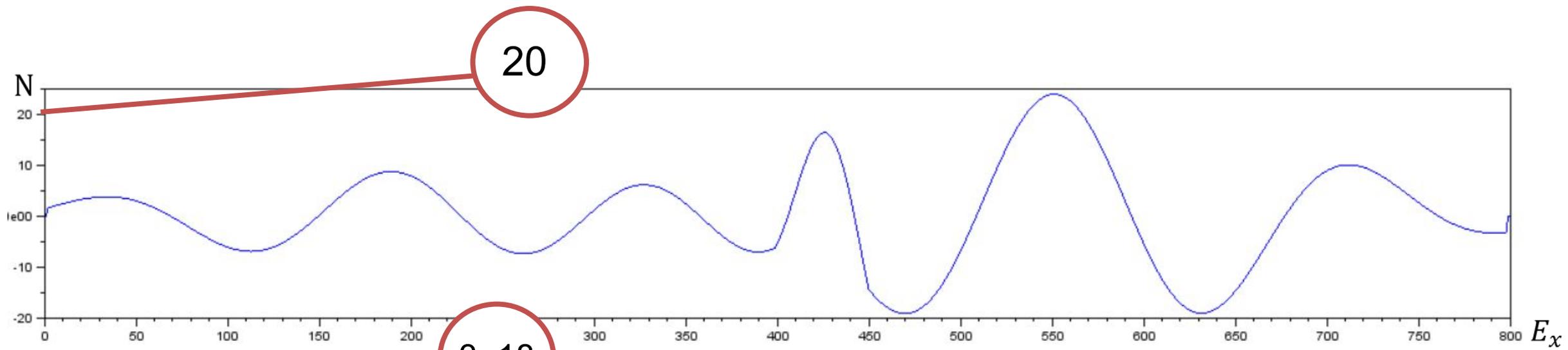
Провести численное исследование устойчивости одномерной схемы Йе

## Содержание проекта

1. Математическая постановка задачи о распространении электромагнитного импульса в свободном пространстве
2. Применение метода конечной разности во временной области (FDTD)
3. Численные эксперименты с разными множителями в условии Куранта
4. Результаты и их обсуждения



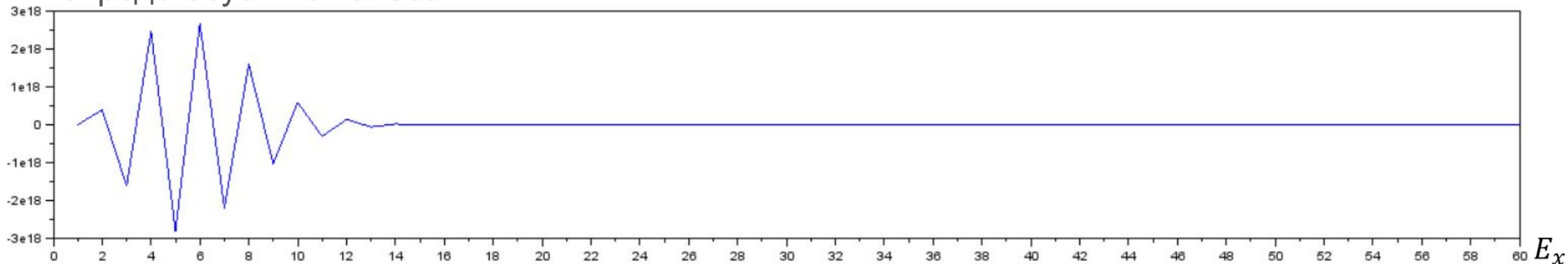




# Вывод



## Непредсказуемые колебания



# Итоги работы

- Изучилось влияние множителя, входящего в условие Куранта, на устойчивость разностной схемы
- Были изучены свойства разностной схемы
- Был реализован метод конечных разностей во временной области
- Была изучена научная литература
- Были проведены расчеты
- Были построены графики
- Были численно решены уравнения Максвелла

# Спасибо за внимание!

---

## Список литературы

- Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко
- Electromagnetic simulation using the FDTD method / Dennis M. Sullivan.
- *Максвелл Дж. К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. — М.: ГИТТЛ, 1952. — 687 с. — 4000 экз.
- *Баранов А. М., Овчинников С. Г., Золотов О. А., Паклин Н. Н., Титов Л.* С. Теоретическая физика: Электродинамика. Электродинамика сплошных сред. Учебное пособие по курсу «Электродинамика и основы электродинамики сплошных сред». — Красноярск: СФУ, 2008. — 198 с.
- *Шапиро И. С.* К истории открытия уравнений Максвелла // УФН. — 1972. — Т. 108, № 2. — С. 319-333.
- *Баскаков С. И.* Основы электродинамики. — М.: Советское радио, 1973. — 248 с.