

# Качественные свойства решений уравнения осцилляций нейтрино в среде

Данеко И.И.

20 октября 2025

Научный руководитель: Ломов В.П.

Иркутск, ФГБОУ ВО ИГУ

- ▶ Нейтрино — одна из самых необычных частиц в нашем мире.

- ▶ Нейтрино — одна из самых необычных частиц в нашем мире.
- ▶ Она обладает нулевым зарядом, полуцелым спином и участвует только в слабом взаимодействии.

- ▶ Нейтрино — одна из самых необычных частиц в нашем мире.
- ▶ Она обладает нулевым зарядом, полуцелым спином и участвует только в слабом взаимодействии.
- ▶ Есть два типа нейтрино: флейворные нейтрино и массивные. Первые рождаются, тогда как вторые — распространяются.

- ▶ Нейтрино — одна из самых необычных частиц в нашем мире.
- ▶ Она обладает нулевым зарядом, полуцелым спином и участвует только в слабом взаимодействии.
- ▶ Есть два типа нейтрино: флейворные нейтрино и массивные. Первые рождаются, тогда как вторые — распространяются.
- ▶ В данной работе мы разбираем качественные характеристики численного решения уравнения осцилляции нейтрино в среде.

Уравнение осцилляций в среде

$$i \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = H(\xi) \Psi(\xi).$$

Уравнение осцилляций в среде

$$i \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = H(\xi) \Psi(\xi).$$

Здесь  $H(\xi)$  — эрмитова матрица

$$H(\xi) = H_0 + v(\xi)W$$

Уравнение осцилляций в среде

$$i \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = H(\xi) \Psi(\xi).$$

Здесь  $H(\xi)$  — эрмитова матрица

$$H(\xi) = H_0 + v(\xi)W$$

Матрица  $W$  имеет вид:

$$W = \begin{pmatrix} c_{13}^2 c_{12}^2 & c_{12} s_{12} c_{13}^2 & c_{12} c_{13} s_{13} \\ c_{12} s_{12} c_{13}^2 & s_{12}^2 c_{13}^2 & s_{12} c_{13} s_{13} \\ c_{12} s_{13} c_{13} & s_{12} c_{13} s_{13} & s_{13}^2 \end{pmatrix}.$$



Уравнение осцилляций в среде

$$i \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = H(\xi) \Psi(\xi).$$

Здесь  $H(\xi)$  — эрмитова матрица

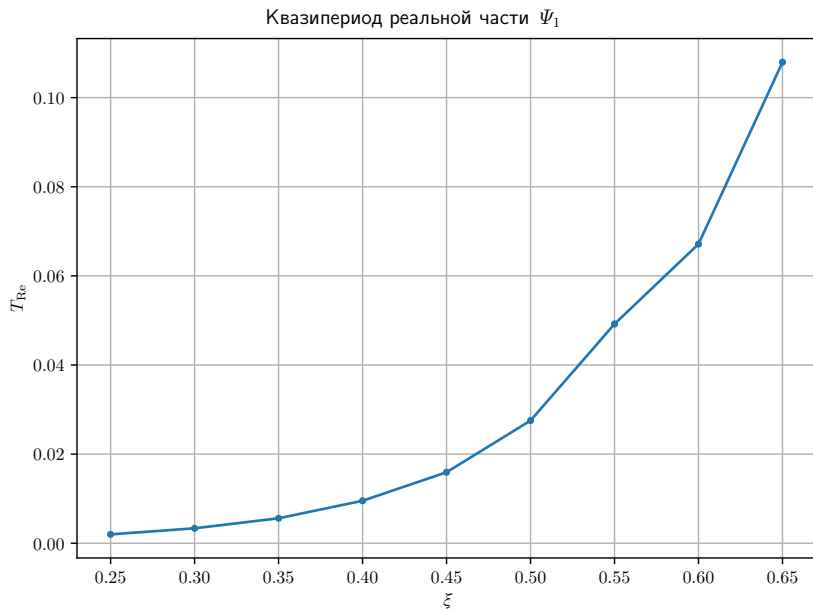
$$H(\xi) = H_0 + v(\xi)W$$

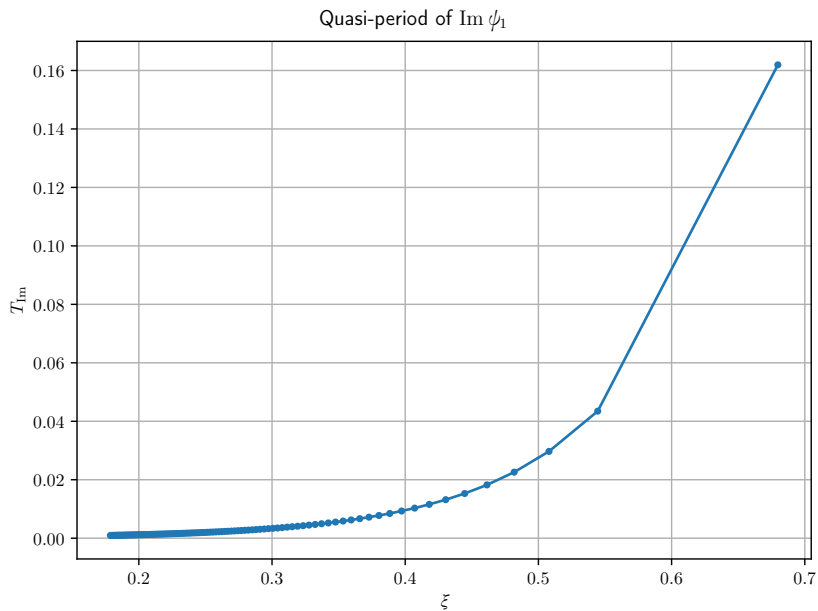
Матрица  $W$  имеет вид:

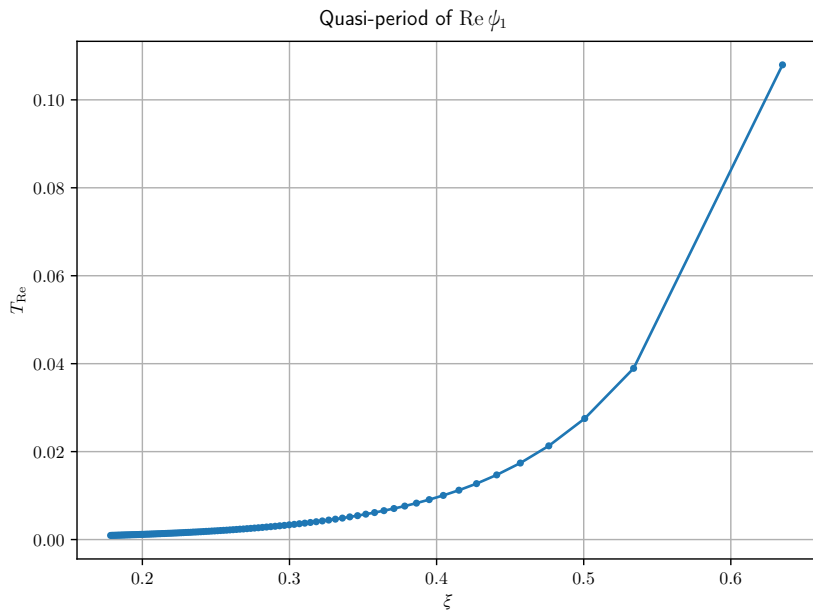
$$W = \begin{pmatrix} c_{13}^2 c_{12}^2 & c_{12} s_{12} c_{13}^2 & c_{12} c_{13} s_{13} \\ c_{12} s_{12} c_{13}^2 & s_{12}^2 c_{13}^2 & s_{12} c_{13} s_{13} \\ c_{12} s_{13} c_{13} & s_{12} c_{13} s_{13} & s_{13}^2 \end{pmatrix}.$$

Профиль плотности для солнечной модели

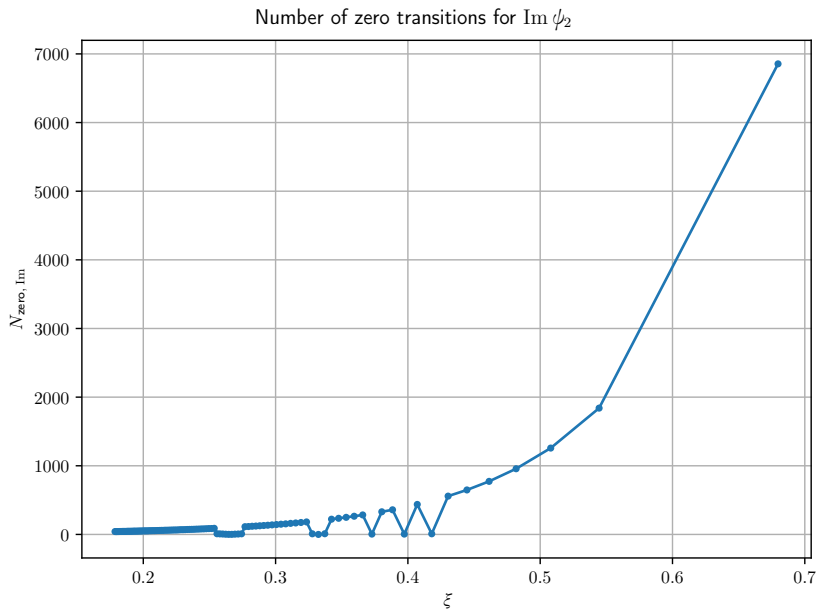
$$v(\xi) = \gamma e^{-\eta \xi}$$



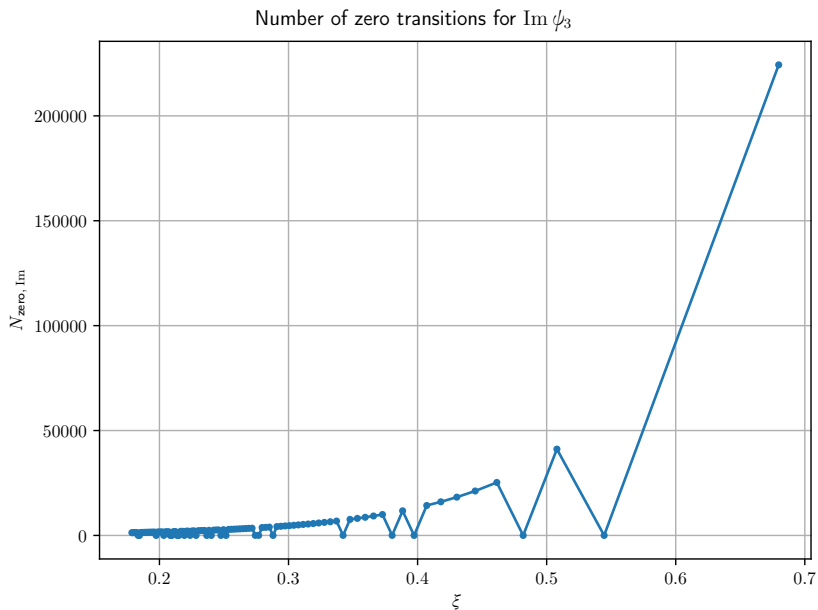


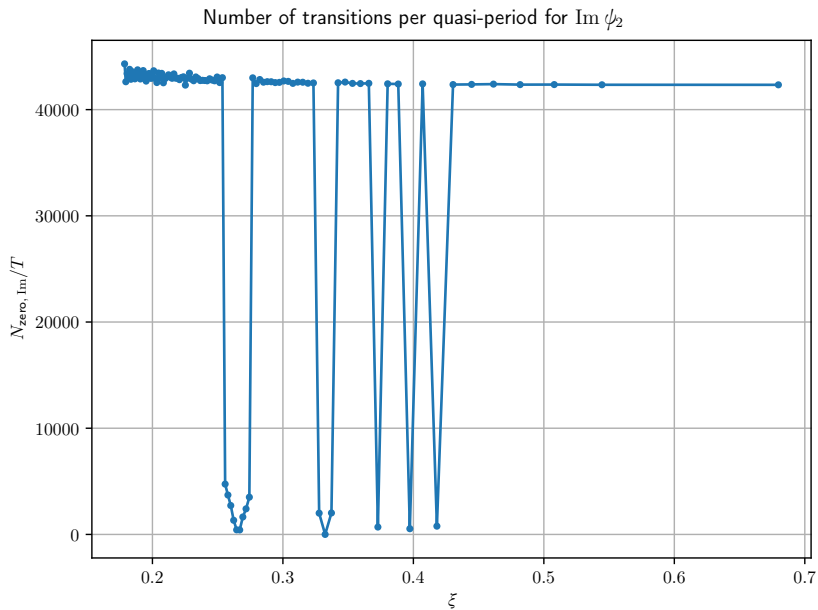


# Качественные свойства решения

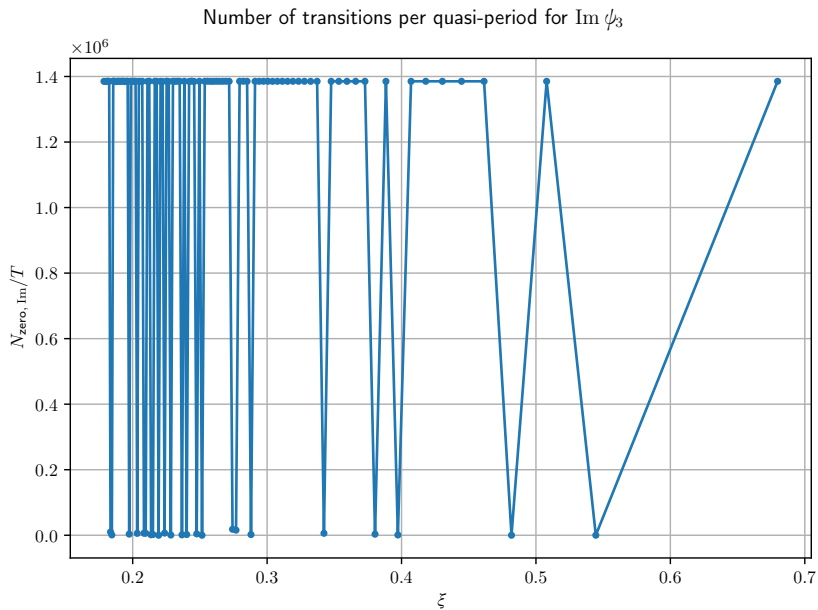


# Качественные свойства решения

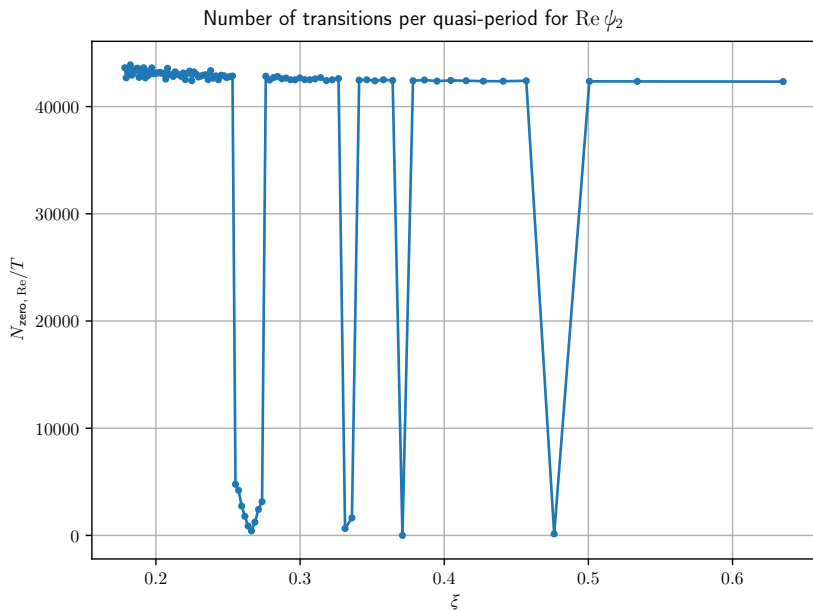




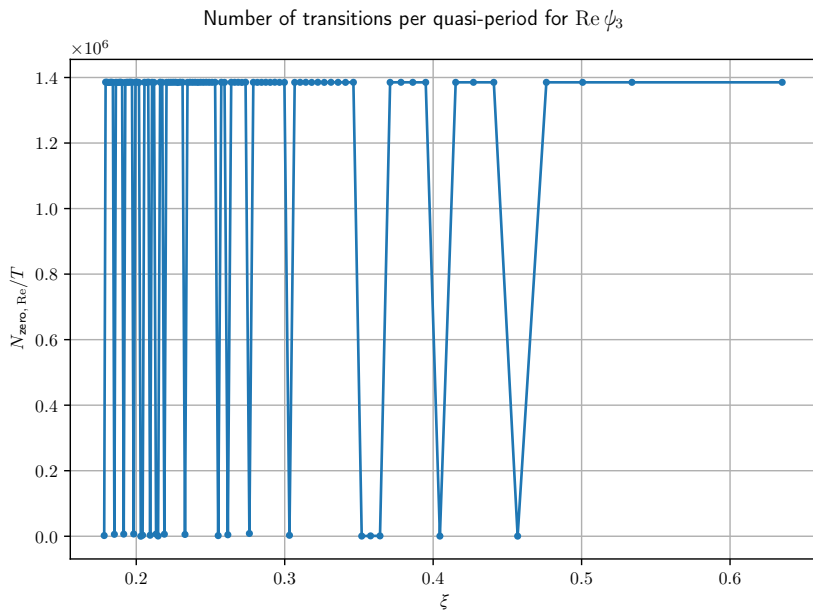
# Качественные свойства решения







# Качественные свойства решения



Мы разработали и проверили схему получения качественных характеристик численного решения. Она показала, что применяемые в Mathematica метод интерполяции численного интегрирования ДУ не всегда дают удовлетворительный результат.

Мы разработали и проверили схему получения качественных характеристик численного решения. Она показала, что применяемые в Mathematica метод интерполяции численного интегрирования ДУ не всегда дают удовлетворительный результат.

- ▶ В дальнейшем мы применим разработанную схему к другому интегратору уравнения осцилляций.

Мы разработали и проверили схему получения качественных характеристик численного решения. Она показала, что применяемые в Mathematica метод интерполяции численного интегрирования ДУ не всегда дают удовлетворительный результат.

- ▶ В дальнейшем мы применим разработанную схему к другому интегратору уравнения осцилляций.
- ▶ Мы надеемся, что этот подход поможет повысить доверие к методу Магнуса и контролировать численные расчёты на его основе.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**