

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.

Осцилляции нейтрино в веществе

Уравнение осцилляций в среде

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

Осцилляции нейтрино в веществе

Уравнение осцилляций в среде

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

Здесь $H(\xi)$ — эрмитовая матрица

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

Осцилляции нейтрино в веществе

Уравнение осцилляций в среде

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

Здесь $H(\xi)$ — эрмитовая матрица

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

Матрица W имеет вид:

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

Осцилляции нейтрино в веществе

Уравнение осцилляций в среде

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

Здесь $H(\xi)$ — эрмитовая матрица

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

Матрица W имеет вид:

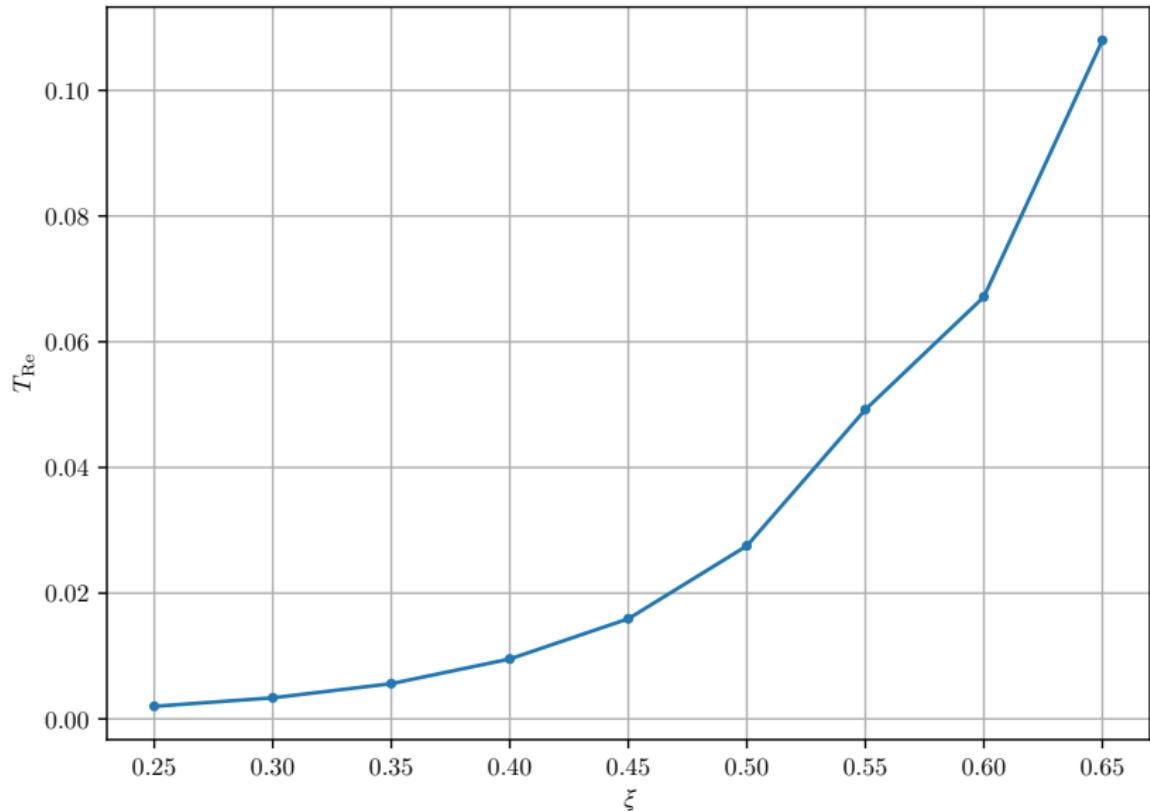
$$W = \begin{pmatrix} c_{13}^2 c_{12}^2 & c_{12} s_{12} c_{13}^2 & c_{12} c_{13} s_{13} \\ c_{12} s_{12} c_{13}^2 & s_{12}^2 c_{13}^2 & s_{12} c_{13} s_{13} \\ c_{12} s_{13} c_{13} & s_{12} c_{13} s_{13} & s_{13}^2 \end{pmatrix}.$$

Профиль плотности для солнечной модели

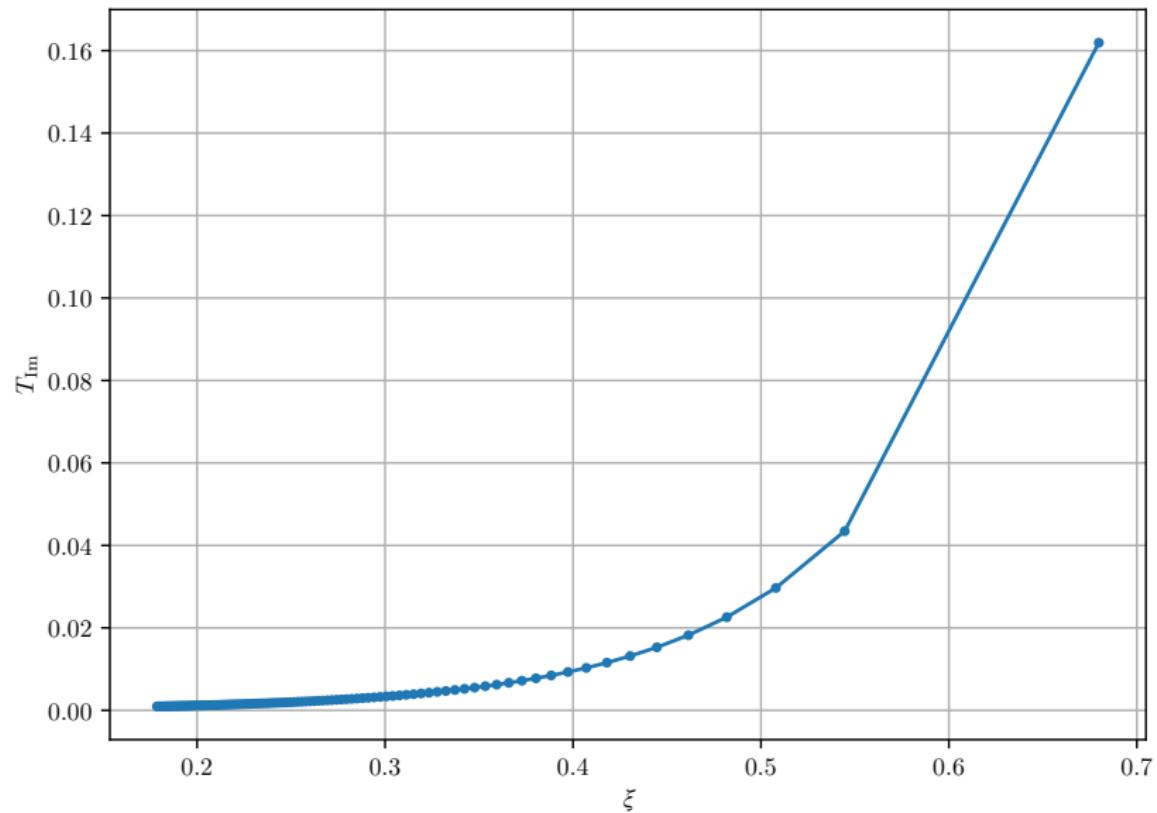
$$v(\xi) = \gamma e^{-\eta \xi}$$

Качественные свойства решения

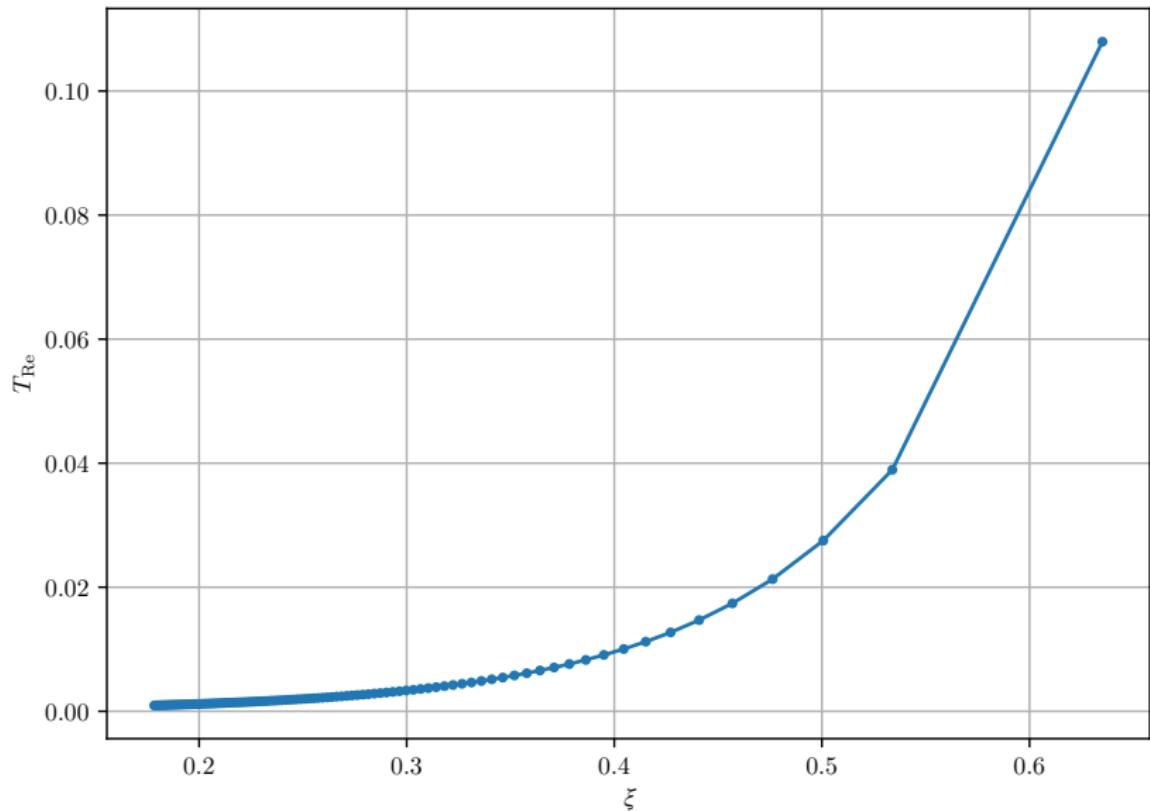
Квазипериод реальной части Ψ_1



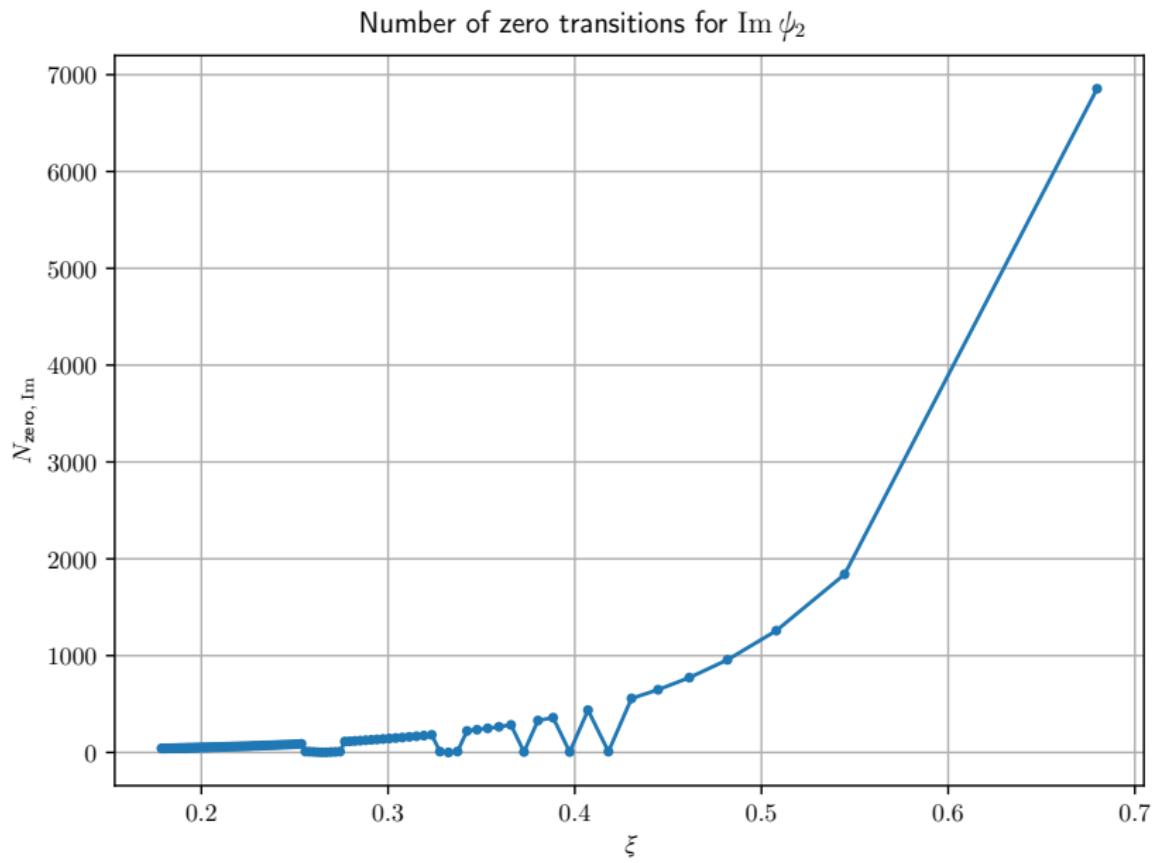
Quasi-period of $\text{Im } \psi_1$



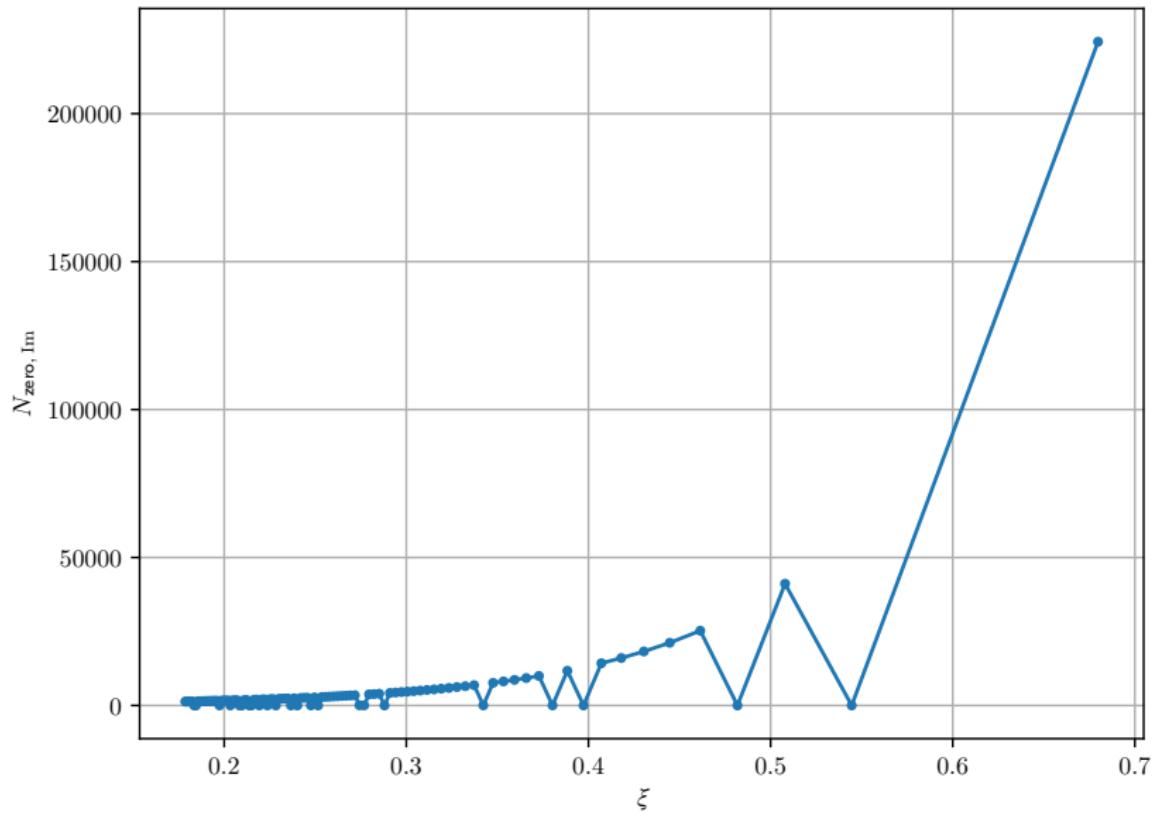
Quasi-period of $\operatorname{Re} \psi_1$



Качественные свойства решения

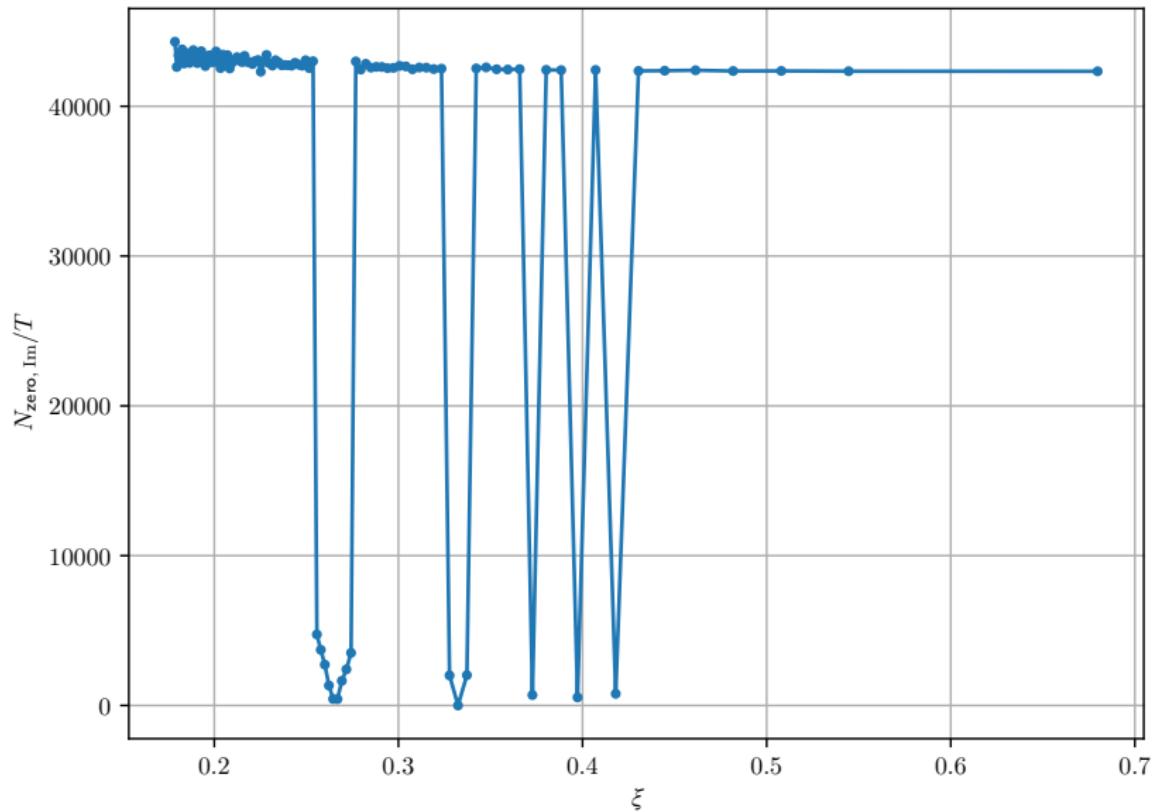


Number of zero transitions for $\text{Im } \psi_3$

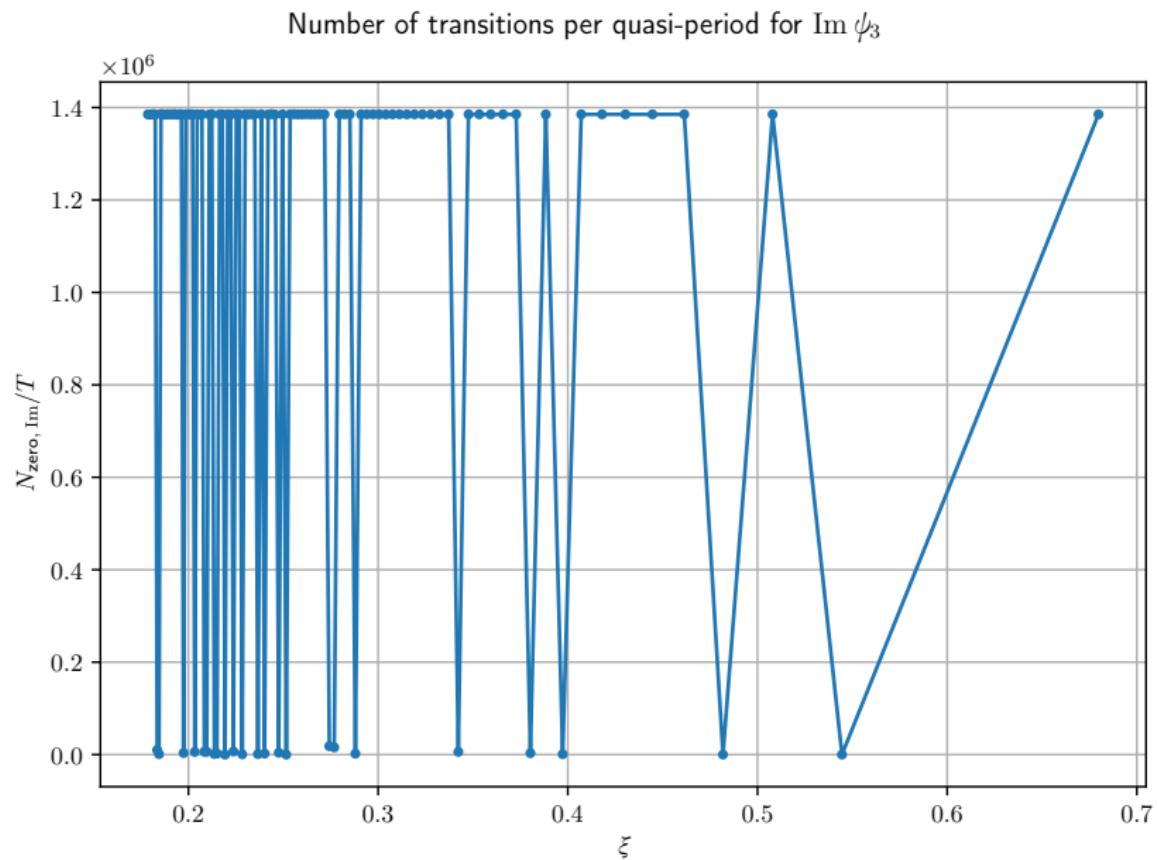


Качественные свойства решения

Number of transitions per quasi-period for $\text{Im } \psi_2$

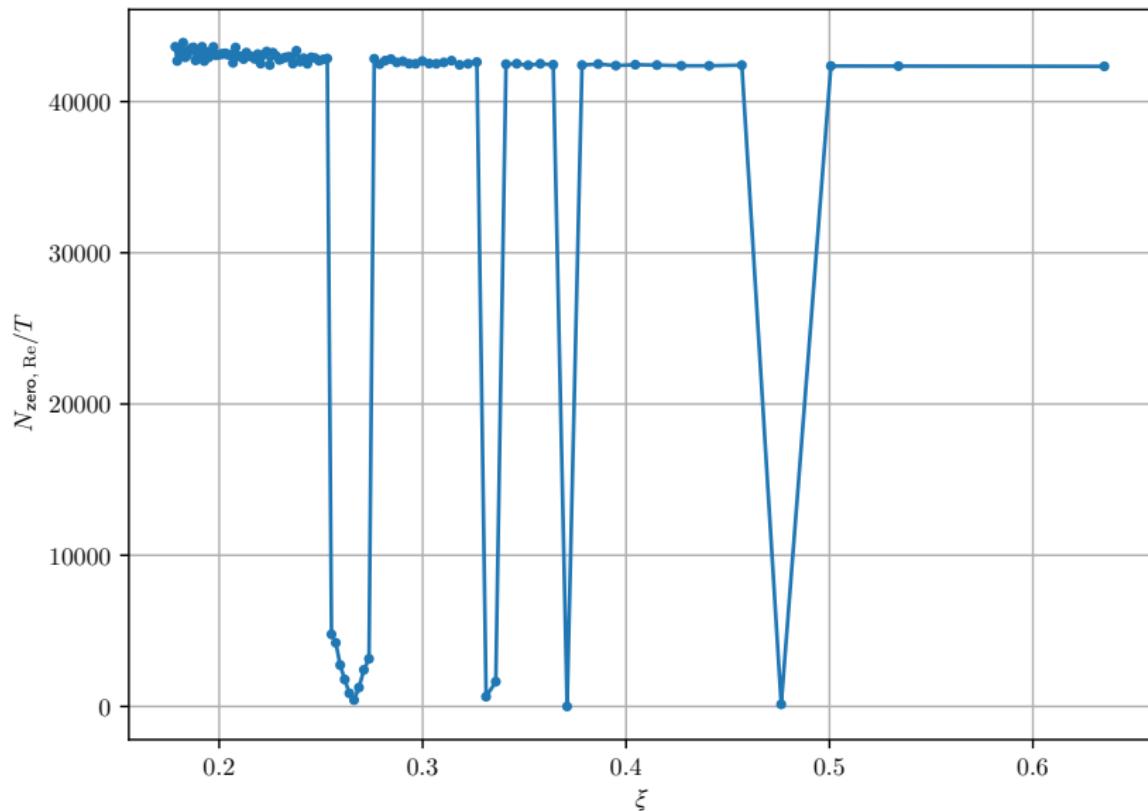


Качественные свойства решения

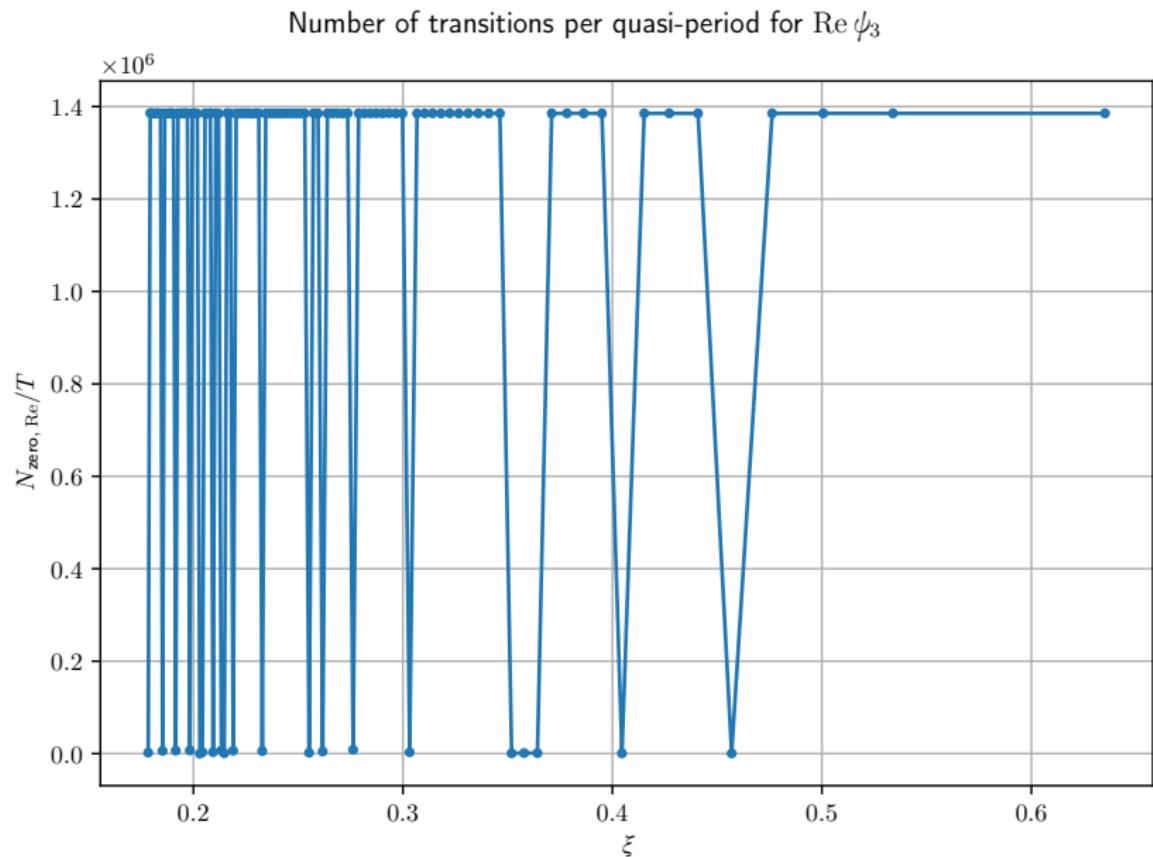


Качественные свойства решения

Number of transitions per quasi-period for $\operatorname{Re} \psi_2$



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.

КОНЕЦ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ