Факультет физики и информационных технологий

А. Б. Волотовский
Науч. рук. ***К. С. Бабич****,*
ст. преподаватель

РАБОТА С ЯДРОМ WOLFRAM MATHEMATICA ПО ПРОТОКОЛУ WSTP

Система аналитических вычислений Wolfram Mathematica предоставляет возможности обмена выражениями на языке Wolfram через Wolfram Symbolic Transfer Protocol (WSTP) [1], который реализован в виде библиотеки на языке C. Это позволяет использовать WSTP в любом языке программирования, совместимом с C через Foreign Function Interface (FFI). Мы использовали C, а также Haskell для демонстрации возможностей чисто функционального программирования.

Для работы с WSTP, нами были разработаны *сервер*, который имеет доступ к функциям ядра Mathematica, и *клиент*, который отправляет запросы серверу на вычисление. В качестве сервера может выступать либо программа со встроенным вычислительным движком Wolfram Engine, либо NB-файл, либо WLS-скрипт (Wolfram Language Script). Для простоты мы использовали последний вариант. Фрагмент серверного кода представлен на рисунке 1.

```
...
While[True,
    ...
    (* При разрыве соединения сервер прекратит свою работу. *)
    request  = Quiet[Check[LinkRead[link], Break[]]];
    response = ToString[ToExpression[request]];
    LinkWrite[link, response];
];
```

Рисунок 1 – Фрагмент серверной логики

На рисунке 2 представлены примеры клиентского кода на C и Haskell, содержащим запрос к серверу на вычисление одного выражения. Можно заметить, что код на Haskell оказался намного короче, т. к. логика обработки ошибок и управления соединением была «вынесена в контекст» при помощи трансформера монад `LinkT`.

```c
// Отправка запроса.
if (!WSPutString(request))
    goto err;
if (!WSEndPacket(link))
    goto err;
if (!WSFlush(link))
    goto err;

// Получение ответа.
const char *response;
if (!WSGetString(link, &response))
    goto err;
puts(response);
WSReleaseString(link, response);
```

```haskell
client :: String -> LinkT IO ()
client request = do
    -- Отправка запроса.
    putString request
    endPacket
    flush

    -- Получение ответа.
    liftIO . putStrLn =<< getString
```

Рисунок 2 – Сравнение фрагментов клиентского кода на C (слева) и Haskell (справа)

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Литература

1 Wolfram Symbolic Transfer Protocol [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.wolfram.com/wstp/. – Дата доступа : 19.04.2021.

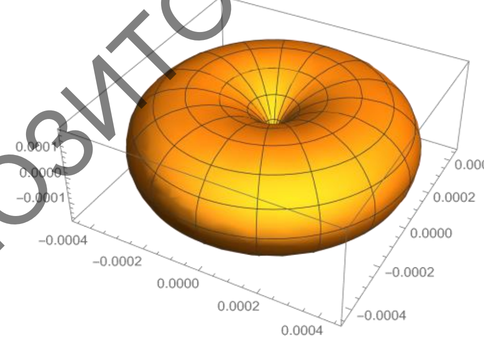
Е. Д. Головин
Науч. рук. ***В. Н. Капшай****,*
канд. физ.-мат. наук, доцент

ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ О ГЕНЕРАЦИИ СУММАРНОЙ ЧАСТОТЫ В НЕЛИНЕЙНОМ СФЕРИЧЕСКОМ СЛОЕ В ПРИБЛИЖЕНИИ ВЕНТЦЕЛЯ - КРАМЕРСА - БРИЛЛЮЭНА

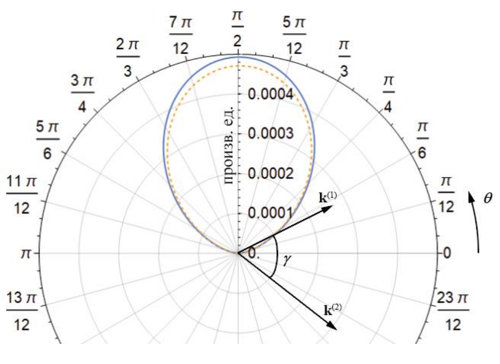
Компоненты вектора электрической напряжённости излучения суммарной частоты в задаче о генерации суммарной частоты в нелинейном сферическом слое в приближении Вентцеля - Крамерса - Бриллюэна (ВКБ) записываются в виде

$$E_i^{(12)}(\mathbf{x}) = \mu_{12}\frac{(\omega_{12})^2}{c^2}\frac{\exp(ik_{12}r)}{r}d_0 a^2 E_1 E_2(\delta_{im} - e_{r,i}e_{r,m})\mathrm{X}_{mjk}^{(12)}e_j^{(1)}e_k^{(2)}, \tag{1}$$

где μ_{12} – магнитная проницаемость среды на частоте ω_{12}, $\mathrm{X}_{ijk}^{(12)}$ – эффективная восприимчивость. Введем функцию $\mathbf{f}^{(12)}$, компоненты которой задаются формулой $f_i^{(12)} = (\delta_{im} - e_{r,i}e_{r,m})\mathrm{X}_{mjk}^{(2)}e_j^{(1)}e_k^{(2)}$. Квадрат модуля полученной функции пропорционален модулю вектора Умова–Пойнтинга генерируемого излучения. Построим трехмерный график зависимости $|\mathbf{f}^{(12)}|^2$ от углов θ и φ для приближения ВКБ и двумерный график зависимости от угла наблюдения θ для приближений Рэлея–Ганса–Дебая (РГД) [1] и ВКБ. Выберем следующие значения параметров: $k_1 a = 0.1$, $k_2 a = 0.1$, $\gamma = 0.5$, $\sigma_1 = 0.5$, $\sigma_2 = 0.5$, $\varphi_1 = 1$, $\varphi_2 = -1$, $\xi = 1.34/1.33$, $\chi_2^{(2)} \neq 0$, $\chi_{1,3-7}^{(2)} = 0$, $\eta_1 = 1.3$, $\eta_2 = 1.3$, $\eta_{12} = 1.3$. Диаграммы направленности представлены на рисунке 1.



а)



б)

Рисунок 1 – а) трехмерный график зависимости функции $|\mathbf{f}^{(12)}|^2$ от углов θ и φ в сферических координатах; б) двумерный график зависимости функции $|\mathbf{f}^{(12)}|^2$ от угла наблюдения θ в полярных координатах: штриховая линия – зависимость для модели ВКБ, сплошная линия – для модели РГД; азимутальный угол: $\varphi = 0$.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ