

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА «DIFFRACTION_YOUNG» ДЛЯ ДВУХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ: «ОПЫТ ЮНГА» И «ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА»

Александр Николаевич Тюшев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики, тел. (383)343-29-33, e-mail: tyushev@ngs.ru

Петр Юрьевич Бугаков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: peter-bugakov@yandex.ru

В статье показывается, как получается полная формула дифракционной решетки на основе дифракции Фраунгофера на щели и многолучевой интерференции. Также приводится описание компьютерной программы «Diffraction_Young», разработанной в Центре трансфера технологий СГУГиТ в рамках проекта по поддержке преподавания курса физики.

Ключевые слова: компьютерная программа, рабочая формула определения длины волны, определение начальных параметров.

COMPUTER PROGRAM “DIFFRACTION_YOUNG” FOR TWO LABORATORY WORKS: “EXPERIMENT OF YOUNG” AND “DIFFRACTION GRATING”

Alexander N. Tyushev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Physics, phone: (383)343-29-33, e-mail: tyushev@ngs.ru

Petr Yu. Bugakov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: peter-bugakov@yandex.ru

The article shows how to obtain the full formula of the diffraction grating based on Fraunhofer diffraction on the slit and multipath interference. It also provides a description of the computer program "Diffraction_Young", developed at the SSUGT Technology Transfer Center as a part of a project to support teaching of Physics courses.

Key words: computer program, working formula for determining the wavelength, determination of initial parameters.

Компьютерная программа «Diffraction_Young» была разработана в Центре трансфера технологий СГУГиТ в рамках проекта по поддержке преподавания курса физики. Она предназначена для использования на практических занятиях по физике при выполнении лабораторных работ «Опыт Юнга» и «Дифракционная решетка».

Дифракция Фраунгофера на щели. Пусть на длинную тонкую щель шириной b падает плоская монохроматическая волна с длиной λ . Если размер щели $b \sim \lambda$, и расстояние до экрана наблюдения $L \gg b$, то это дифракция Фраунгофера на щели.

В компьютерной программе «Diffraction_Young» реализована модель установки, в которой максимальное значение периода решетки составляет $d = a + b = 19$ мкм (a – расстояние между щелями), источник света находится от экрана на расстоянии $L = 1,5$ м, собирающая линза не предусматривается. Схематическое изображение моделируемой установки показано на рис. 1.

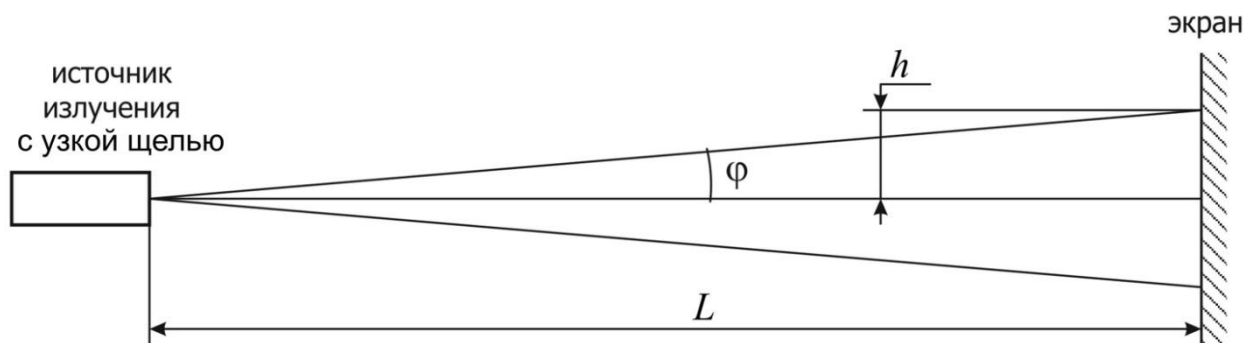


Рис. 1. Схема моделируемой установки

Угловое распределение интенсивности света при дифракции на щели. Вектор $A_{щ}$, замыкающий эту дугу, является амплитудой результирующего колебания от щели при произвольном угле φ (рис. 2).

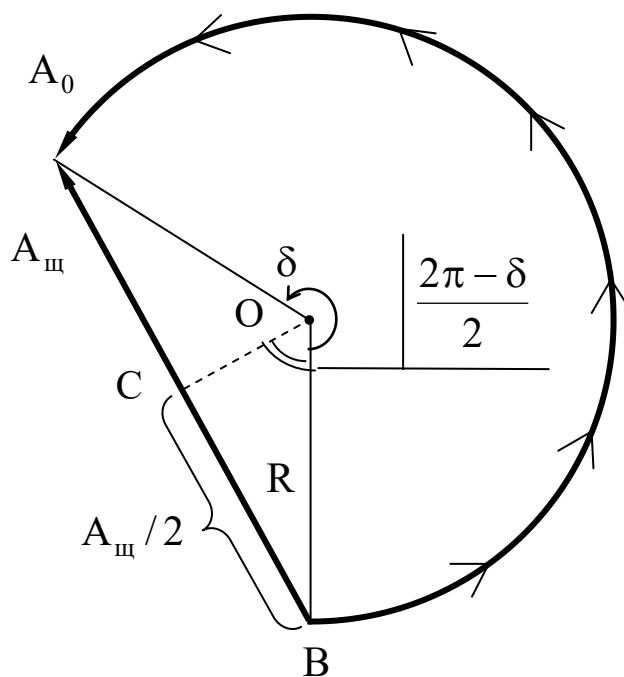


Рис. 2. Геометрическое построение вектора $A_{щ}$

Величину вектора $A_{\text{щ}}$ найдем из геометрических соображений по формуле

$$I_{\text{щ}}(\varphi) = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin(\varphi)\right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin(\varphi)\right)^2} \quad (1)$$

Таким образом, мы получили первую часть дифракционной решетки. График этой функции в осях $I-h$ имеет вид, показанный на рис. 3.

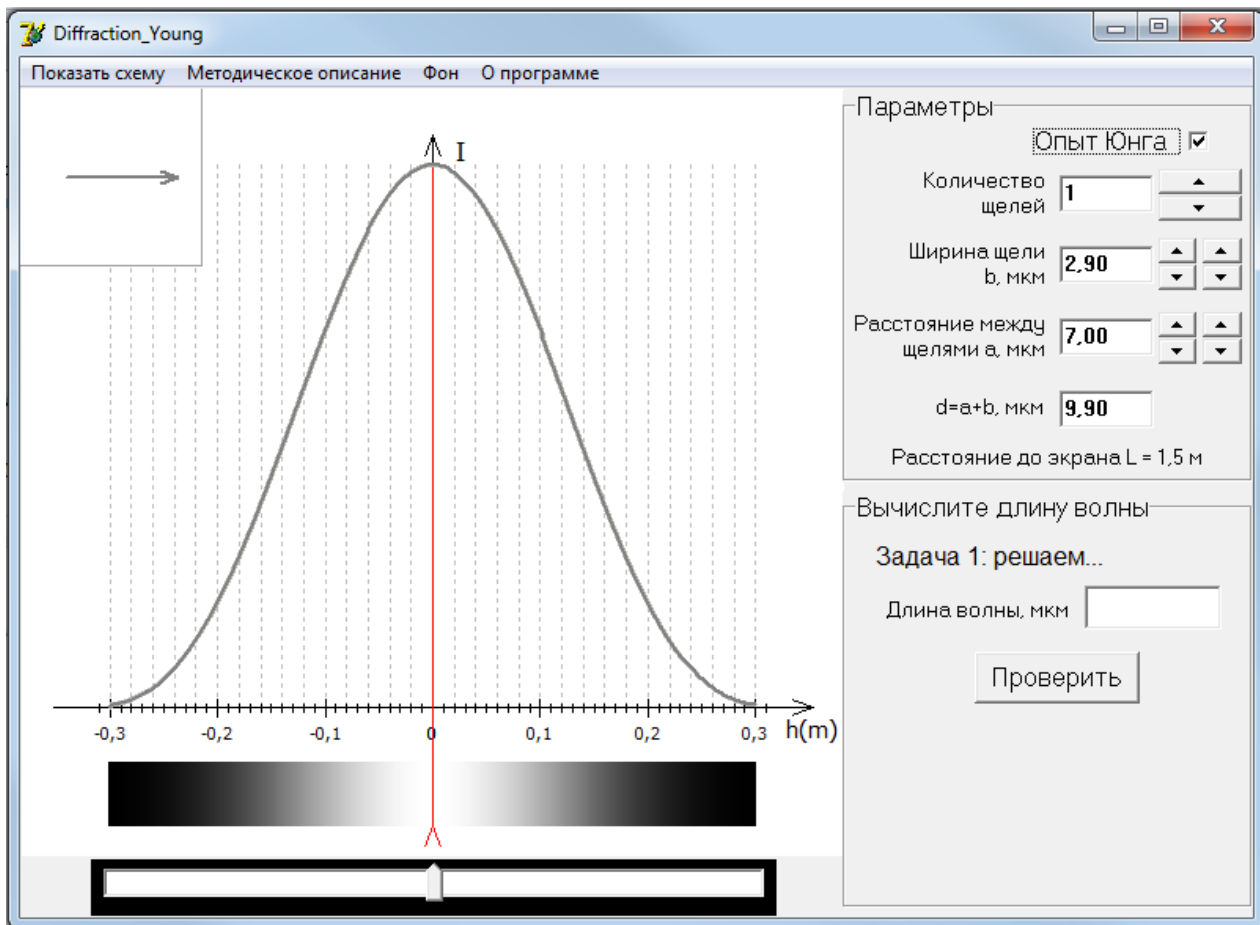


Рис. 3. График интенсивности при ширине щели $b = 2,90$ мкм, расстоянии до экрана $1,5$ м, координате $h = 0$ м

Этот график мы наблюдаем при одной щели. Кроме графика в виде полосы переменной яркости моделируется соответствующая дифракционная картина, которая наблюдалась бы на экране в реальном эксперименте. В самом низу окна программы, под дифракционной картиной находится белая полоса с указателем, который можно перетаскивать мышью влево и вправо. В левом верхнем углу окна программы отображается векторная диаграмма сложения колебаний от щелей.

На рис. 4 мы увеличили ширину щели до $7,00$ мкм, координата $h = 0,045$ м.

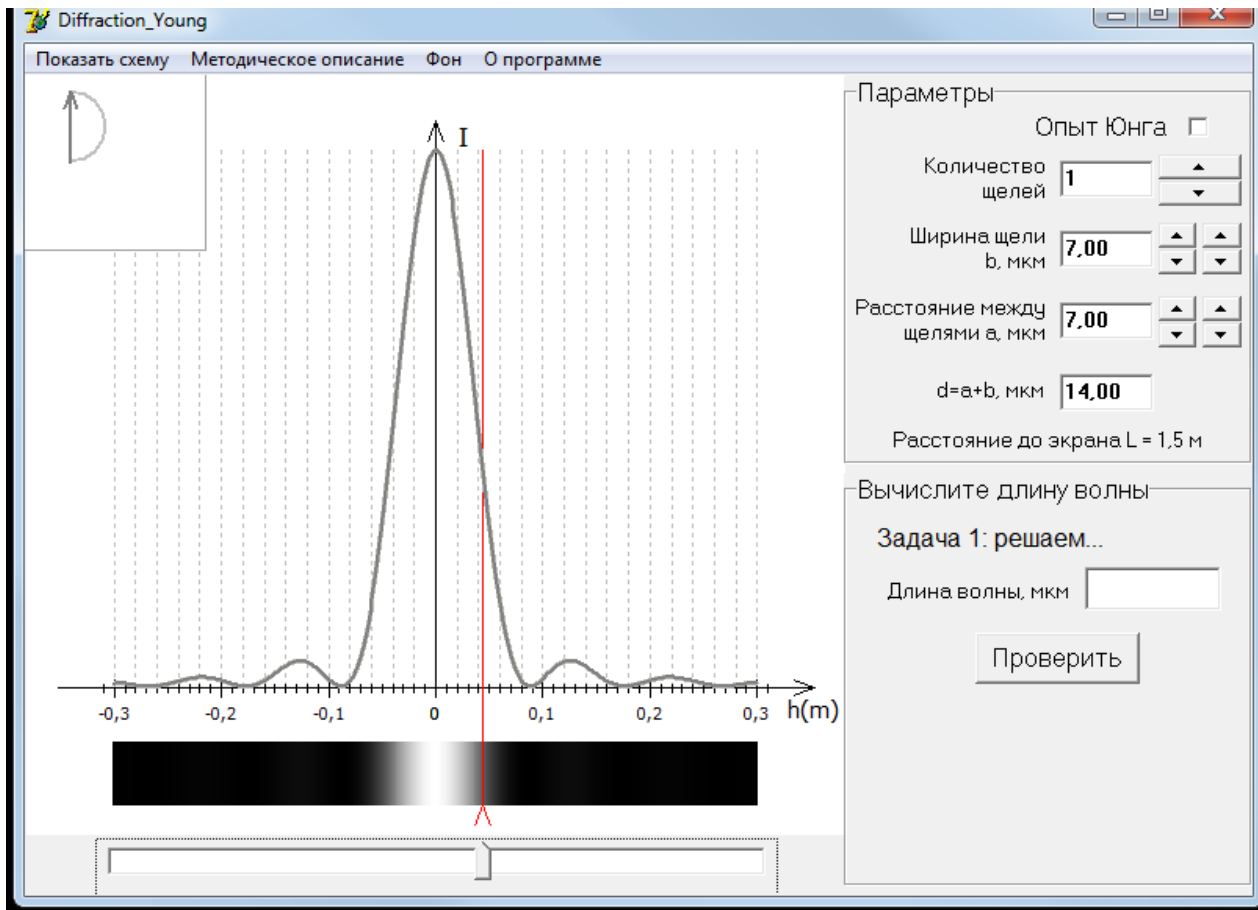


Рис. 4. График интенсивности при ширине щели 7,00 мкм

Для полной формулы дифракционной решетки нужна многолучевая интерференция:

$$A_p^2 = A_{щ}^2 \frac{\sin^2\left(N \frac{\pi d}{\lambda} \sin(\varphi)\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin(\varphi)\right)}. \quad (2)$$

Если добавить «Угловое распределение интенсивности света», получим полную формулу дифракционной решетки (3).

$$I_p(\varphi) = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin(\varphi)\right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin(\varphi)\right)^2} \cdot \frac{\sin^2\left(N \frac{\pi d}{\lambda} \sin(\varphi)\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin(\varphi)\right)}. \quad (3)$$

На основе формулы дифракционной решетки в компьютерной программе была сделана самая важная часть – график зависимости интенсивности I ($\text{Вт}/\text{м}^2$) от координаты точки наблюдения на экране h (рис. 5).

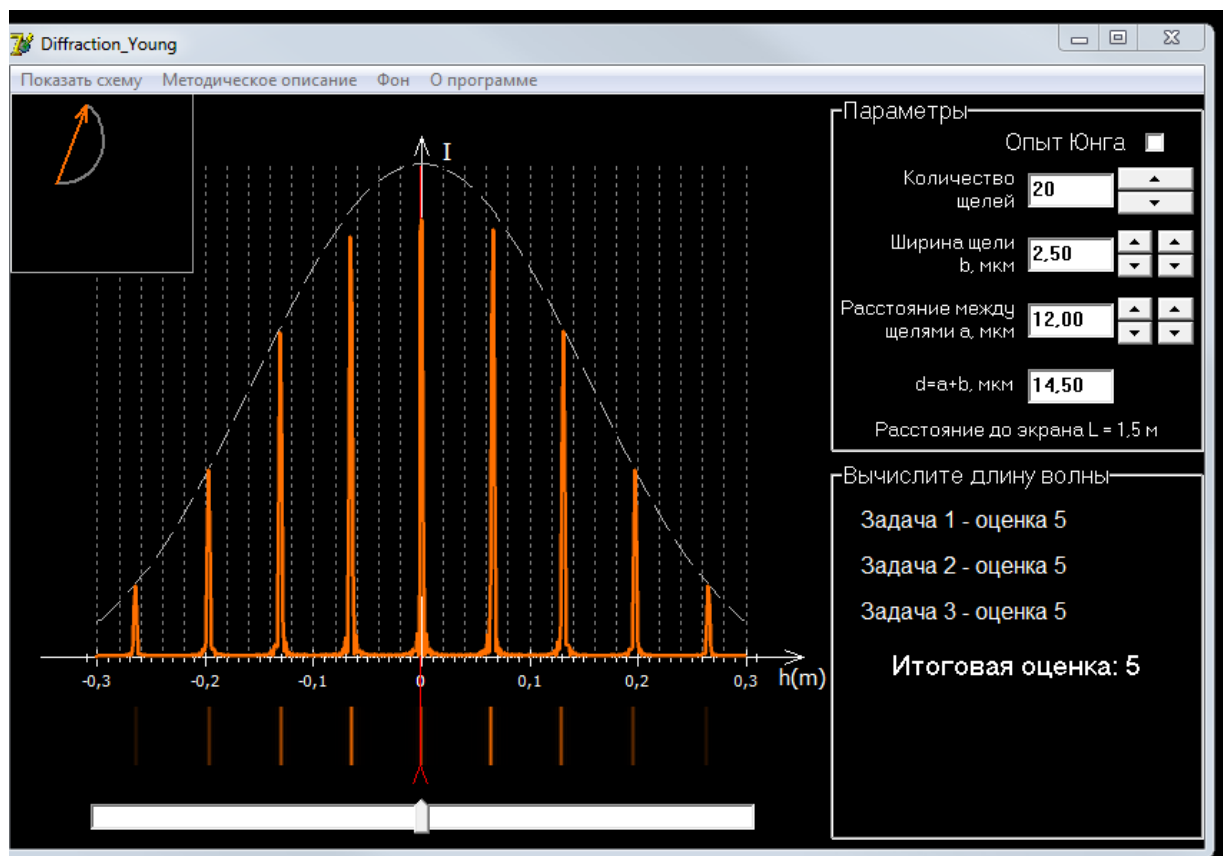


Рис. 5. График зависимости интенсивности I ($\text{Вт}/\text{м}^2$) от координаты точки наблюдения на экране h

Лабораторные работы «Опыт Юнга» и «Дифракционная решетка» выполняются с помощью одной и той же программы «Diffraction_Young». Разница состоит в том, что в работе «Опыт Юнга» мы задействовали только одну или две щели, а в работе «Дифракционная решетка» используется любое предусмотренное программой число щелей (до 20). Целью обоих лабораторных работ является определение длины волны света.

Выведена рабочая формула определения длины волны света:

$$\lambda = \frac{d}{L} \cdot \frac{h_m}{m}. \quad (4)$$

Вычисления результата выполняются автоматически. Всего за сеанс работы программы обучающийся решает три задачи. Если текущая задача решена правильно, график становится цветным и окрашивается в цвет, соответствующий правильному значению длины волны.

© А. Н. Тюшев, П. Ю. Бугаков, 2020