

УДК 378.14

## Опыт использования универсального программного обеспечения в лаборатории атомной физики НИЯУ МИФИ

Николай Альбертович Клячин, Алексей Юрьевич Матрончик,  
Елена Владимировна Хангулян

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
115409, Москва, Каширское ш., 31; e-mail: nklyachin@mephi.ru,  
matronchik2004@mail.ru, EVKhangulyan@mephi.ru

Рассматривается использование программного обеспечения «PowerGraph» в лабораторной работе «Изучение спектра натрия» физического практикума. Приводится схема лабораторной установки. Обсуждаются спектрограммы натрия, полученные с помощью звуковой карты компьютера.

*Ключевые слова:* физический практикум, лабораторная работа, программа «PowerGraph», спектр натрия.

### 1. Введение

Компьютеризация лабораторного физического практикума сможет удовлетворить требованиям сегодняшнего, а во многом, и завтрашнего дня к лабораторной базе курса общей физики в технических университетах. В рамках создания научно-образовательного центра по курсу общая физика в НИЯУ МИФИ [1] проводится модернизация как технического оснащения лабораторий, так и программного обеспечения физических установок. В данной работе рассматривается пример использования программного обеспечения «PowerGraph» в лабораторной работе «Изучение спектра натрия» физического практикума 5 семестра кафедры общей физики НИЯУ МИФИ.

### 2. Программа POWERGRAPH

Программное обеспечение «PowerGraph» предназначено для регистрации, визуализации, обработки и хранения аналоговых сигналов, записанных с помощью различных устройств сбора данных, и позволяет использовать персональный компьютер в качестве стандартных измерительных и регистрирующих приборов (вольтметров, самописцев, осциллографов, спектроанализаторов и др.) [2]. Назначение программного обеспечения «PowerGraph» состоит в сборе данных с различных измерительных устройств и приборов с помощью компьютера. Далее проводится регистрация, визуализация и обработка сигналов в режиме реального времени; редактирование, математическая обработка и анализ данных; хранение, импорт и экспорт данных. В

этом отношении программное обеспечение «PowerGraph» идеально подходит для обработки данных учебного физического эксперимента.

### 3. Лабораторная установка

Спектр излучения атомов натрия состоит из нескольких частично перекрывающихся серий спектральных линий с систематически убывающими расстояниями между линиями и уменьшающейся интенсивностью. Главная серия с яркими линиями и хорошо известной головной желтой линией (дублет 589,0–589,6 нм) обусловлена переходами атома Na из возбуждённых  $nP$ -состояний в основное состояние  $3S$ , где  $n = 3, 4, 5, \dots$ .

Эта серия наблюдается также и в спектрах поглощения, обнаруживая большое сходство со спектром поглощения атома водорода (серия Лаймана). В спектрах испускания Na наблюдаются ещё три интенсивные серии: диффузная серия с размытыми линиями; резкая серия с резко очерченными краями линий; а также основная или серия Бергмана, расположенная в инфракрасной области спектра.

Общий вид установки для изучения спектра натрия представлен схематично на рис. 1 [3].

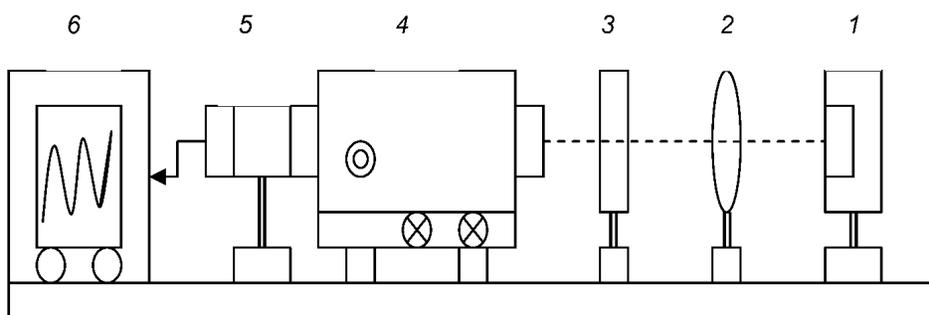


Рисунок 1. Установка для изучения спектра натрия.

Лабораторная установка включает в себя: 1 – спектральную лампу ДНаС-18; 2 – конденсорную линзу; 3 – светофильтр; 4 – дифракционный монохроматор МДР-3; 5 – фотоприставку к монохроматору; 6 – компьютер с звуковой картой.

Источником излучения, в спектре которого есть линии натрия, служит спектральная лампа 1. Лампа состоит из разрядной трубки, помещенной в колбу. Разрядная трубка, изготовленная из стекла, не взаимодействующего с натрием, наполнена парами металла и инертным газом. Лампу через дроссель включают в сеть переменного тока. Спектр излучения возникает в результате возбуждения атомов натрия электронным ударом. Электроны, ускоренные электрическим полем разряда, при

неупругих столкновениях с атомами натрия передают им часть своей кинетической энергии. При этом внутренняя энергия атома возрастает, так как его оптический электрон переходит из основного в возбужденное состояние, в котором он может находиться примерно 10 нс. Затем оптический электрон переходит с верхнего возбужденного уровня энергии либо прямо в основное состояние (если это не запрещено правилами отбора), либо на какой-нибудь нижерасположенный уровень, а уже с него в основное состояние. При этих переходах излучаются фотоны той или иной длины волны. Так возникает эмиссионный линейчатый спектр в натриевой лампе.

Монохроматор МДР-3 позволяет изучать спектры излучения и поглощения в широкой области – от ультрафиолетовой до инфракрасной, т.е. в интервале длин волн от 200 до 2000 нм. Свет из источника излучения 1 проходит через конденсор 2 и светофильтр 3 и через входную щель монохроматора 4 параллельным пучком падает на дифракционную решетку, находящуюся внутри монохроматора. После разложения в спектр пучок фокусируется сферическим зеркалом в плоскости выходной щели монохроматора. Сканирование (развертка) спектра осуществляется автоматически, путем поворота дифракционной решетки. При этом на выходную щель последовательно проектируются различные участки исследуемого спектра. Цифровой счетчик на передней панели прибора автоматически показывает длину волны в ангстремах, наблюдаемую в данный момент. Прибор имеет четыре скорости сканирования, а также позволяет сканировать спектр вручную.

Приемником излучения является фотоумножитель ФЭУ-39, установленный в фотоприставке 5 (рис. 1). Фотоумножитель чувствителен к излучению в диапазоне длин волн 300–600 нм. Аналоговый сигнал с ФЭУ подается на вход звуковой карты компьютера 6, а затем оцифровывается и обрабатывается с помощью программы PowerGraph 3.3.

#### **4. Результаты измерений**

Спектрограмма натрия получается в диапазоне длин волн от 455,0 нм до 605,0 нм в режиме автоматического сканирования на монохроматоре. При показании цифрового счетчика 550 нм был убран светофильтр. В канале 1 (верхняя кривая) записывается сигнал с ФЭУ, а в канале 2 (нижняя кривая) отображаются метки: 600 нм, 590 нм, 580 нм, 570 нм, 560 нм, 550 нм, 540 нм, 530 нм, 520 нм, 510 нм, 500 нм, 490 нм, 480 нм, 470 нм и 460 нм. На рис. 2–7 представлены шесть участков спектрограммы натрия в с двумя метками на нижних кривых: 1) 600 нм и 590 нм (рис. 2), 2) 570 нм и 560 нм (рис. 3), 3) 520 нм и 510 нм (рис. 4), 4) 500 нм и 490 нм (рис. 5), 5) 480 нм и 470 нм (рис. 6), 6) 470 нм и 460 нм (рис. 7). На этих участках спектрограммы натрия отчетливо отображаются хорошо известные дублеты натрия.

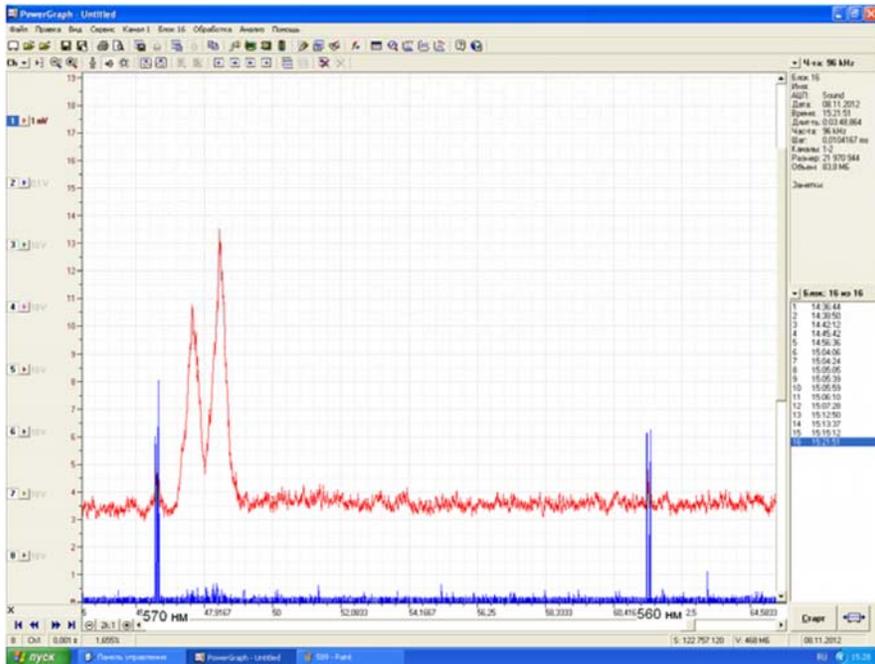


Рисунок 2. Спектрограмма натрия на участке 580–590 нм.

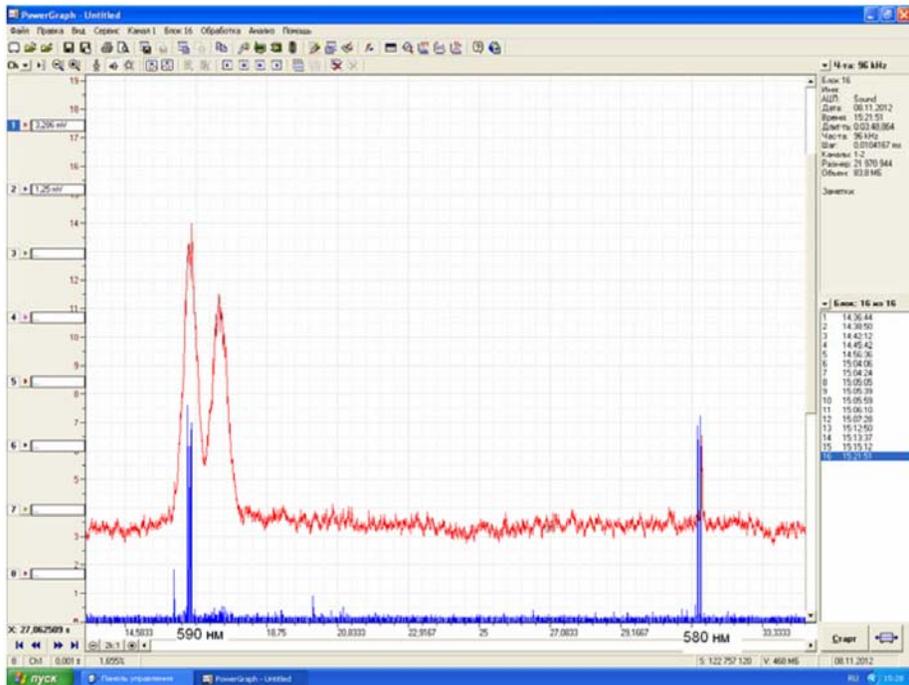


Рисунок 3. Спектрограмма натрия на участке 560–570 нм.

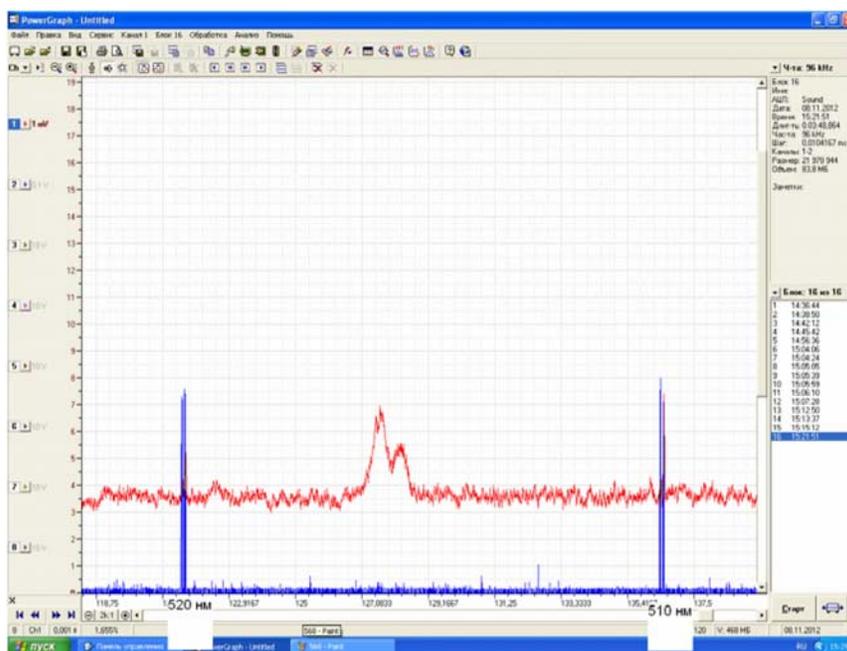


Рисунок 4. Спектрограмма натрия на участке 510–520 нм.

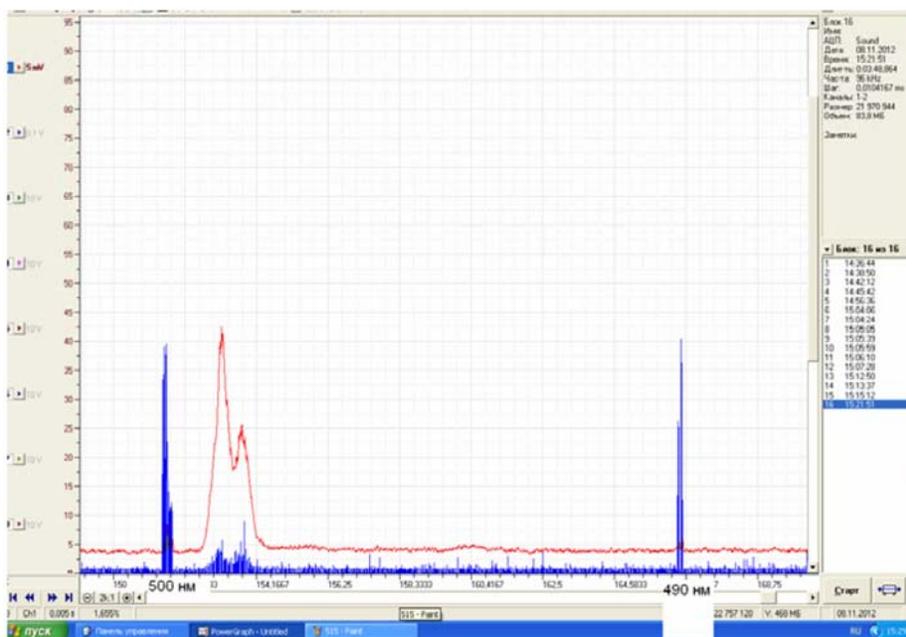


Рисунок 5. Спектрограмма натрия на участке 490–500 нм.

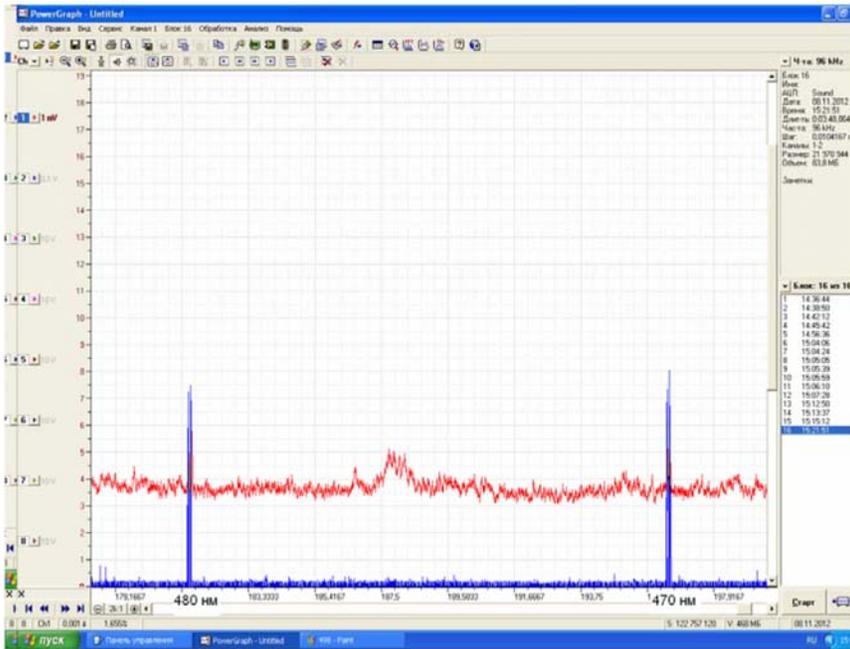


Рисунок 6. Спектрограмма натрия на участке 470–480 нм.

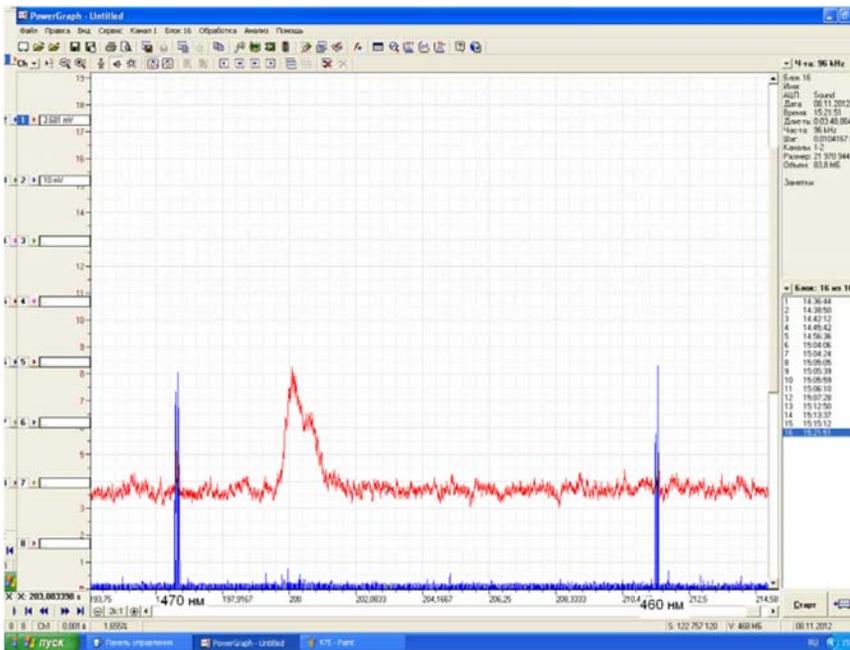


Рисунок 7. Спектрограмма натрия на участке 460–470 нм.

Для сравнения в табл. 1 приведены длины волн соответствующих дублетов натрия. Наблюдается удовлетворительное согласие между измеренными и табличными значениями.

Таблица 1

*Дублеты натрия*

Длина волны, нм	Переход
589,59	$3^2S_{1/2} - 3^2P_{1/2}$
588,99	$3^2S_{1/2} - 3^2P_{3/2}$
568,82	$3^2P_{3/2} - 4^2D_{3/2,5/2}$
568,26	$3^2P_{1/2} - 4^2D_{3/2}$
515,34	$3^2P_{3/2} - 6^2S_{1/2}$
514,88	$3^2P_{1/2} - 6^2S_{1/2}$
498,28	$3^2P_{3/2} - 5^2D_{3/2,5/2}$
497,85	$3^2P_{1/2} - 5^2D_{3/2}$
475,18	$3^2P_{3/2} - 7^2S_{1/2}$
474,79	$3^2P_{1/2} - 7^2S_{1/2}$
466,86	$3^2P_{3/2} - 6^2D_{3/2,5/2}$
466,48	$3^2P_{1/2} - 6^2D_{3/2}$

## 5. Заключение

Использование программного обеспечения «PowerGraph» в лабораторной работе «Изучение спектра натрия» позволяет доступным способом получить наглядные представления о спектре излучения натрия, проанализировать его тонкую структуру, получить количественные данные по длинам волн и их относительной интенсивности. Оцифрованную спектрограмму натрия можно использовать для дальнейших исследований. Применение такого программного обеспечения возможно во многих лабораторных работах физического практикума 5 семестра кафедры общей физики НИЯУ МИФИ.

## Литература

1. А.Н. Долгов, С.О. Елютин, В.Н. Игнатов, Н.А. Клячин, А.Ю. Матрончик, Б.Н. Мещерин, С.С. Муравьев-Смирнов, М.В. Пентегова, В.Ф. Фёдоров, Е.В. Хангулян. Научно-образовательный центр непрерывного физического образования (НОЦ НФО) на базе инновационного лабораторного и исследовательского оборудования. Физическое образование в вузах. Т.19, № 2, 2013.
2. <http://www.powergraph.ru>
3. Лабораторный практикум «Спектры атомов и молекул». Под ред. Суркова В.В. М.: МИФИ, 2007.

## Usage of Multipurpose Software at Laboratory Lessons of “Atomic Physics” Department of MEPHI

N.A. Klyachin, A.Yu. Matronchik, E.V. Khangulyan

*National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute),*

*Kashirskoe shosse 31, Moscow, 115409, Russia;*

*e-mail: nklyachin@mephi.ru, matronchik2004@mail.ru,*

*EVKhangulyan@mephi.ru*

Received April 1, 2016

PACS 01.55.+b

One considers usage of “PowerGraph” software in laboratory exercise “Study of Sodium Spectrum” of physical experiment lessons. Together with the design of experiment setup, one discusses the sodium spectra digitized with computer audio chip.

*Keywords:* physical experiment lessons, laboratory work, “PowerGraph” software, sodium spectrum.

### References

1. A.N. Dolgov, S.O. Elyutin, V.N. Ignatov, N.A. Klyachin, A.Yu. Matronchik, B.N. Mesherin, S.S. Muraviev-Smirnov, M.V. Pentegova, V.F. Fedorov, E.V. Khangulyan, *Physics in Higher Education* **19**(2), 3–15 (2013).
2. PowerGraph Software, available at <http://www.powergraph.ru>.
3. Laboratory workshop “Spectra of atoms and molecules” edited by V.V. Surkov (MEPHI Publishing, Moscow, 2007).