

УДК 372.853

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ АТОМОВ

Девяткин Е.М.

к.ф.-м.н., доцент

*ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (Национальный
исследовательский университет)»*

Москва, Россия

Аннотация: В статье представлены инновационные авторские модели виртуальных интерактивных лабораторий, обеспечивающие возможность изучения спектров излучения и поглощения различных химических элементов в реальном времени. Модели, представленные в работе, созданы с помощью мультипарадигменного языка программирования JavaScript. Для автоматизации анализа спектров испускания и поглощения разработано приложение для аппроксимации графиков функций на основе метода наименьших квадратов.

Ключевые слова: виртуальные лаборатории, спектры, JavaScript.

CREATION OF VIRTUAL LABORATORIES FOR THE ANALYSIS OF ATOMIC SPECTRA

Devyatkin E.M.

candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Moscow Aviation Institute (National Research University)

Moscow, Russia

Abstract: The article presents innovative author's models of virtual interactive laboratories that provide the opportunity to study the emission and absorption spectra of various chemical elements in real time. The models presented in this paper are created using the multi-paradigm JavaScript programming language. To automate the analysis of emission and absorption spectra, an application has been developed for approximating graphs of functions based on the least squares method.

Keywords: virtual labs, spectra, JavaScript.

Электронные и дистанционные формы обучения в настоящее время широко применяются при реализации образовательных программ независимо от форм получения образования [1, 2]. При выборе этих форм обучения по физике наиболее эффективным способом визуализации экспериментов и введения интерактивных элементов являются виртуальные лаборатории. Они представляют собой онлайн-ресурсы, которые позволяют студентам проводить опыты и изучать физические явления в виртуальной среде. Эти лаборатории предоставляют доступ к различным инструментам и симуляциям, которые помогают понять и исследовать различные аспекты физики [3-5]. В современном мире технологий и образования виртуальные лаборатории становятся неотъемлемой частью обучения и исследований. Их роль особенно важна в области науки и техники, где доступ к реальным лабораториям и дорогостоящему оборудованию может быть ограниченным. [6,7]. В данной статье мы обратим внимание на виртуальные лаборатории, предназначенные для исследования линейчатых спектров испускания и поглощения различных химических элементов. Квантовая оптика играет ключевую роль в понимании строения атомов, и виртуальные лаборатории

предоставляют уникальную возможность исследовать эти физические теории, используя визуализацию и интерактивные инструменты.

Одним из ключевых методов анализа атомных спектров является спектральный анализ. Спектральный анализ позволяет определить энергетические уровни атомов, а также связанные с ними спектральные линии. Эта информация не только позволяет узнать состав и структуру атомов, но и помогает в исследовании физических и химических свойств веществ. Виртуальные лаборатории для анализа спектров атомов позволяют проводить различные эксперименты и исследования без необходимости использования дорогостоящего оборудования. Это особенно актуально для студентов и научных сотрудников, которым не всегда доступны реальные лаборатории с необходимым оборудованием.

Одним из преимуществ виртуальных лабораторий является возможность проведения экспериментов в различных условиях и с разными параметрами. Это позволяет исследователям получать более широкий спектр данных и анализировать их с точностью, которая иногда недостижима в реальных условиях. Виртуальные лаборатории улучшают процесс обучения квантовой оптике, предоставляя ученикам, студентам и исследователям средства для экспериментов и изучения оптических явлений без ограничений, связанных с доступом к реальному оборудованию. С некоторыми виртуальными лабораториями можно ознакомиться на авторском сайте, посвященном виртуальным лабораторным работам по физике [8].

В современной физике и астрономии исследование спектров света играет ключевую роль в понимании свойств материи и далеких космических объектов. Спектроскопия позволяет анализировать свет, излучаемый или поглощаемый различными веществами, и раскрывает множество важных

закономерностей. В представленных виртуальных лабораториях мы будем изучать два типа спектров - линейчатые спектры и спектры поглощения.

Линейчатые спектры – это характерные спектры, состоящие из узких линий различных цветов. Они возникают при дисперсии света и позволяют нам анализировать состав и химический состав источников света. Спектры поглощения, с другой стороны, представляют собой обратное явление, где определенные длины волн входящего света поглощаются веществом. Эти спектры являются уникальными «отпечатками пальцев» для различных веществ и используются в химии, физике и астрономии для идентификации элементов и соединений.

На рис. 1 представлен внешний вид первой из виртуальных лабораторий. Она представляет собой интерактивную модель спектроскопа. На странице приложения виртуальной лаборатории, находящейся по адресу <https://efizika.ru/html5/170/index.html>, находится поле для выбора спектра испускания некоторых химических элементов, а также сплошного спектра. Основным интерактивным элементом виртуальной лаборатории является барабан спектроскопа, вращение которого приводит к горизонтальному смещению спектра относительно первоначального положения. Наблюдая в окуляр спектр излучения паров ртути, требуется сместить указатель шкалы монохроматора, совмещая наблюдаемую линию спектра с визирным остриём, находящимся в поле зрения окуляра. Полученные значения деления шкалы монохроматора, цвета линий и соответствующие им длины волн излучения нужно записать в таблицу. По полученным данным необходимо построить градуировочный график. По оси абсцисс отложить число делений шкалы спектроскопа, по оси ординат – длины волн наблюдаемых спектральных линий ртути. Провести плавную кривую с минимальным отклонением от нанесённых на график экспериментальных точек.

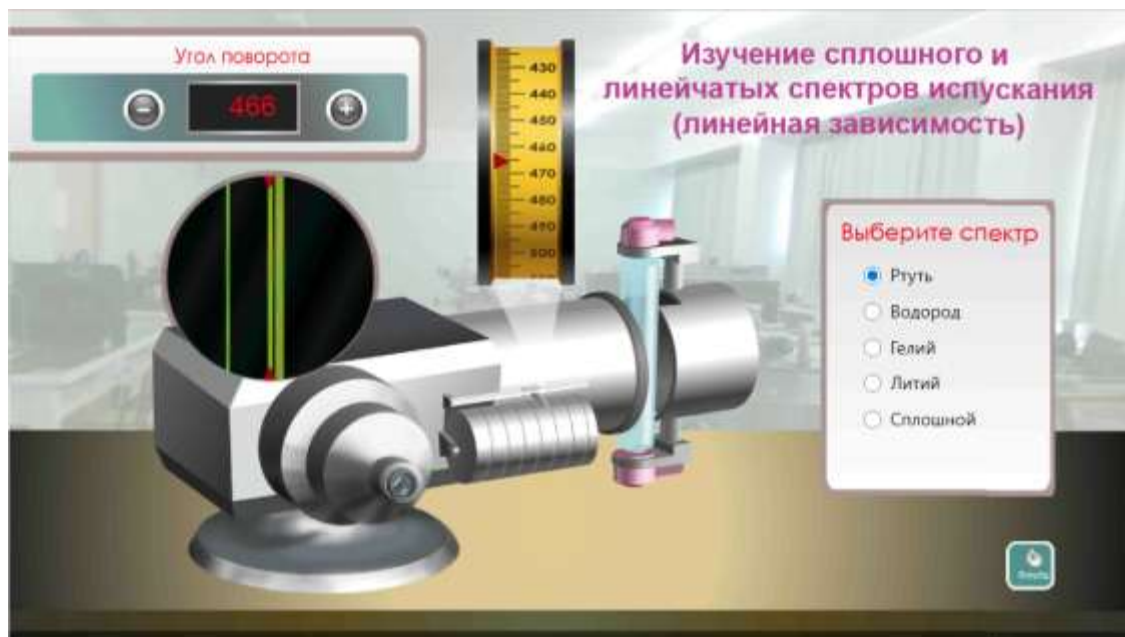


Рис.1. Виртуальная интерактивная лаборатория «Изучение сплошного и линейчатого спектров испускания (линейная зависимость)»

Выбирая поочерёдно газоразрядные трубки с неизвестными газами, записать по показаниям шкалы монохроматора положение линий спектров этих газов. Затем, используя градуировочный график, необходимо найти значения длин волн излучения.

Для автоматизации процесса нахождения длин волн спектральных линий некоторых газов, написано приложение на языке JavaScript на основе метода наименьших квадратов. Для перехода к приложению нужно нажать кнопку «Вперёд» на поле виртуальной лаборатории. С её помощью находится функциональная зависимость длин волн спектральных линий от угла поворота барабана данного спектроскопа для градуировочного спектра ртути, и на её основе определяются длины волны спектральных линий других химических элементов (водород, гелий и литий). В зависимости от типа спектроскопа предоставляется выбор зависимости длины волны

рассматриваемых излучений от угла поворота барабана спектроскопа линейная или квадратичная.

На рис. 2 представлены поля виртуальной лаборатории для ввода данных поворота барабана спектроскопа и соответствующих им известных значений длин волн спектра атомов ртути. В нижней части рисунка выводится функциональная градуировочная зависимость длины волны от угла поворота барабана спектроскопа, а также поле для ввода углов поворота барабана спектроскопа для спектральных линий некоторых газов с неизвестными длинами волн спектральных линий. Нажатие на кнопку «Расчитать» выводит значения длин волн этих спектральных линий.

The screenshot shows a web-based application interface with a dark blue background. It contains several input fields and buttons. At the top, there is a text prompt 'Введите значения точек φ_1 через пробел' followed by an input field containing the values '4 80 253 268 422 538 577 593 597 656 669 739'. Below this is another text prompt 'Введите значения точек λ_1 через пробел' followed by an input field containing '404.6 407.7 435.8 439.8 491.6 546 567.5 576.9 5'. Underneath are two radio button options for approximation: 'Линейная аппроксимация' (unselected) and 'Квадратичная аппроксимация' (selected). A green 'Расчитать' button is positioned below the options. The result of the calculation is displayed as the equation $\lambda = 0.0005 \cdot \varphi^2 + 0.0004 \cdot \varphi + 404.5432$. Below this is a third text prompt 'Введите значения точек φ_2 через пробел' followed by an input field containing '109 255 408 717'. A second green 'Расчитать' button is located below this field. At the bottom of the interface, the calculated wavelength values are shown as $\lambda_2: 410.4, 436.4, 486, 656$.

Рис.2. Приложение для расчёта длин волн спектральных линий на основе метода наименьших квадратов

Кроме того для визуализации градуировочной зависимости и всех точек с координатами углов поворота барабана спектроскопа и соответствующим им длин волн предусмотрено построение графика, внешний вид которого представлен на рисунке 3.

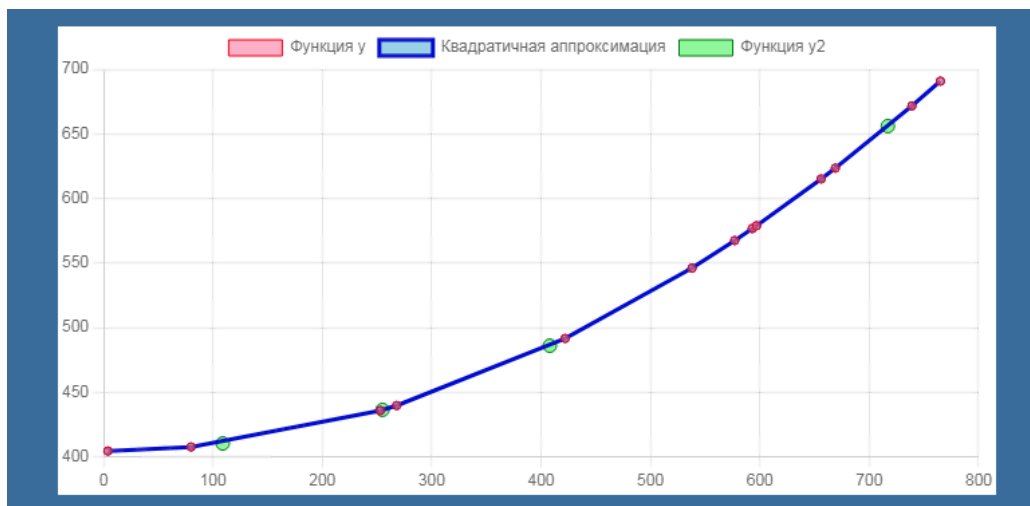


Рис.3. График градуировочной зависимости угла поворота барабана спектроскопа от длины волны

Отличительной особенностью виртуальной лаборатории, находящейся по адресу <https://efizika.ru/html5/196/index.html> является тип спектроскопа, дающий квадратичную зависимость длины волны рассматриваемых излучений от угла поворота барабана монохроматора, что лучше соответствует характеристикам реальных спектроскопов. Для градуирования спектроскопа данного типа предусмотрено использование квадратичной аппроксимирующей функции.

На рис. 4 представлена вторая виртуальная лабораторная установка «Изучение спектров поглощения», которая по своему функционалу практически аналогична первой виртуальной лаборатории. На странице приложения виртуальной лаборатории, находящейся по адресу <https://efizika.ru/html5/186/index.html> находится поле для задания и изменения параметров установки. Отличительной особенностью представленной виртуальной лаборатории является изучение спектров поглощения, а не испускания. Спектры поглощения (абсорбционные спектры) возникают,

когда вещество поглощает свет на определенных длинах волн. Когда свет проходит через вещество, атомы или молекулы вещества могут поглотить фотоны, что приводит к уменьшению интенсивности света на определенных длинах волн. Спектры поглощения помогают идентифицировать, какие энергетические уровни в атомах или молекулах могут поглощать свет.



Рис. 4. Виртуальная интерактивная лаборатория
«Изучение спектров поглощения»

Для создания наших лабораторных установок ранее использовалась функциональные возможности программы Macromedia Flash. Эта программа включает в себя мощный графический редактор и интегрированную среду программирования [9]. Однако в настоящее время все ранее разработанные программные продукты, моделирующие виртуальные лаборатории по физике, созданные с использованием Flash-технологии, перестали поддерживаться во всемирной сети Internet. Из-за этого были использованы возможности HTML5-технологии, где ключевую роль играет популярный язык программирования JavaScript [10-11]. Приложения, созданные с Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

использованием комбинации HTML+CSS+JavaScript, легко интегрируются в веб-ресурсы и доступны для широкого круга пользователей.

В современной образовательной среде использование компьютерных моделей имеет большую ценность. Виртуальные модели позволяют проводить эксперименты в различных условиях, что недоступно с использованием реального оборудования. Интерактивность программных средств активно вовлекает учащихся в моделирование физических процессов, помогая им лучше понять природные явления. Некоторые визуальные модели позволяют строить графики изменения параметров в реальном времени, что делает обучение более наглядным и эффективным.

Библиографический список:

1. Кочергина Н.В., Машиньян А.А. Методология построения дистанционной общеобразовательной среды // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2016. – № 1 (103). – С. 4-20.
2. Машиньян А.А., Кочергина Н.В. Принципы и механизмы построения дистанционной общеобразовательной среды // Открытое и дистанционное образование. – 2016. – № 2 (62). – С. 19-34.
3. Машиньян А. А., Кочергина Н. В., Бирюкова О. В., Бабаев Д. Д. Виртуальные лабораторные работы по физике в техническом вузе // Перспективы науки и образования. – 2022. – № 4 (58). – С. 209-224.
4. Баранов А.В., Петров Н.Ю. Натурный эксперимент и компьютерное моделирование в комплексном элективном курсе по физике // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2016. – № 6 (108). – С. 78-88.
5. Тарасова Л.И. Применение цифровых образовательных ресурсов на уроках физики / Тарасова Л.И., Гришин М.Ю.// Вестник Марийского государственного университета, 2009. – №3.

6. Devyatkin E.M. Virtual interactive laboratory assignments and experiments in physics in the system of education // Proceedings of the 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE). Novosibirsk: NSTU NETI, 2018. Vol. 1. P. 255-258. doi:10.1109/APEIE.2018.8545019.

7. Девяткин Е.М., Хасанова С.Л. Реализация интерактивного обучения при решении физических задач повышенной сложности // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29499> (дата обращения: 01.03.2024).

8. Виртуальные лабораторные работы по физике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://efizika.ru> (дата обращения: 23.09.24).

9. Гарифуллин Р.И. Электронный комплекс виртуальных лабораторных установок по механике и молекулярной физике/ Гарифуллин Р.И. Девяткин Е.М. // Сборник научных статей международной молодежной школы-семинара «Ломоносовские чтения на Алтае», Барнаул, 5-8 ноября, 2013: в 6 ч. - Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – Ч. III. – С. 309-311.

10. Вильданов, А.Н. Построение объектов двумерной графики в HTML5 с помощью Canvas / А.Н. Вильданов, Е.П. Шафеева // Информатика в школе. – 2015. – № 4(107). – С. 24-28.

11. Вильданов А.Н. Построение интерактивных тестовых заданий по высшей алгебре с помощью mathjax / А.Н. Вильданов // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 12-2. – С. 301-305.

Оригинальность 80%