

: <http://www.youtube.com/watch?v=7kAXQbVgNFY>. – Назва з екрана.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Кенєва Ірина Петрівна** – магістр фізики, аспірант кафедри фізики та методики її

викладання Запорізького національного університету

*Коло наукових інтересів:* математична пропедевтика університетського курсу фізики; особистісно-орієнтовані технології навчання

## ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ПРИЕМ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

**Валерий Клюка, Александр Купо, Валентина Шолох**

*У рамках компетентнісно-діяльнісного підходу на прикладі віртуальної лабораторної роботи «Дифракція електронів на кристалі» розроблений, впроваджений у навчальний процес та апробован методичний комплекс, який забезпечує підвищення ефективності вивчення теми «Хвильові властивості частинок» і сприяє формуванню у студентів професійних компетенцій.*

*In the framework of competence-active approach on the example of the virtual laboratory work "Diffraction of electrons in a crystal is developed, implemented in the educational process and approved the complex, which provides efficiency study of the topic" The wave properties of particles and promotes the formation of students' professional competencies.*

Компетентностный подход как методология обучения занимает в настоящее время лидирующие позиции в инновационных преобразованиях вузов. Методически грамотное использование этого подхода в обучении обеспечивает реализацию дидактической цепочки: усвоение знаний, приобретение умений, выработка навыков, формирование способности самостоятельной практической деятельности.

При деятельностном подходе в обучении основополагающими являются такие способы учебно-познавательной деятельности студентов, при котором они являются не пассивными потребителями информации, а сами активно участвуют в учебном процессе, то есть студент рассматривается как *субъект деятельности*, формирующийся в процессе этой деятельности и в общении с другими людьми и определяющий характер этой деятельности и общения [1].

Для специальностей естественно-научного профиля в качестве основных форм обучения, в рамках которых реализации деятельностного подхода является логически обусловленной, следует выделить: лабораторные работы; экспериментальные исследования, проводимые в рамках заданий по учебно-исследовательской работе, курсовое и дипломное проектирование; самостоятельная работа студентов над заданиями исследовательского характера; производственная практика по профилю специальности.

Цель методических мероприятий, сопровождающих данные формы обучения, состоит в том, чтобы при выполнении заданий студенты не только усваивали знания, приобретали навыки работы с экспериментальным оборудованием, но и вырабатывали умения системного восприятия изучаемого явления, анализа самостоятельно полученных результатов, приобретали способность обобщать и формулировать выводы, решать задачи исследовательского характера.

Среди важных для усвоения изучаемого материала тем немало экспериментальных работ, выполнение которых сопряжено с различного рода техническими трудностями и требуют обеспечения мер безопасности. К ним относятся работы, связанные с использованием рентгеновского и проникающего излучений, мощного лазерного излучения, с использованием небезопасных химикатов. Кроме того, проведение многих экспериментов не представляется возможным ввиду отсутствия специального дорогостоящего оборудования. В таких случаях постановка виртуального исследования, предусматривающего многоплановость заданий, и его профессиональное методическое сопровождение дают студентам возможность всестороннего изучения явления в результате их самостоятельного общения с компьютерной техникой. Немаловажным позитивным фактором является интерес студентов к новой для них форме обучения, основанной на использовании современных интегральных технологий.

В данной работе представлены результаты разработки и внедрения в учебный процесс виртуальной лабораторной работы «Дифракция электронов на кристалле». В качестве прототипа разработки использовалась лабораторная работа с одноименным названием, в которой реализован метод Томсона [2]. В эксперименте по методу Томсона электронная пушка формирует тонкий пучок электронов, ускоренных

напряжением несколько десятков киловольт. Электроны проходят через исследуемый тонкопленочный образец и регистрируются посредством флуоресцирующего экрана или фотопластинки. В результате на фотопластинке образуется дифракционная картина в виде концентрических колец, которая носит название электронограммы.

Разработка данного программного приложения осуществлялась согласно методологии MSF в среде визуального программирования DELPHI 7 [3], и включала в себя следующие этапы:

*Управление программой (program management).* На данной стадии проведен анализ метода, положенного в основу виртуальной лабораторной работы по дифракции электронов на кристалле железа, сформулирована цель, поставлены задачи и разработан алгоритм.

*Архитектура продукта (architecture).* Компьютерная программа, предназначенная для этой цели, действует следующим образом. Генератор случайных чисел последовательно задает полярные координаты определенного количества точек, каждая из которых соответствует попаданию на экран электрона, испытавшего дифракцию на тонкопленочном образце. После каждого срабатывания генератора случайных чисел осуществляется коррекция радиальной координаты, в результате чего точка попадания электрона, отображаясь на экране графического дисплея, оказывается либо в центральном кружке, либо в одном из колец электронограммы. По мере увеличения количества выпущенных «электронов-точек» на экране монитора все более отчетливо проступают дифракционные кольца, соответствующие структуре реальной электронограммы. Разработано ядро программы, посредством которого осуществляется моделирование электронограммы. Несмотря на относительную простоту, алгоритм содержит несколько массивных циклов, и для работы программы требуются значительные ресурсы памяти. В связи с этим проведена оптимизация программы по ряду параметров.

*Разработка (development).* Одной из задач данной работы было получить в результате моделирования электронограмму, структура которой максимально приближена к экспериментальной. При этом положение каждого отдельно взятого электрона определялось порядком максимума и конкретным набором индексов Миллера кристалла. С целью приближения результатов виртуального эксперимента к реальному, в программу была искусственно внедрена расчетная погрешность. Данная погрешность

была достигнута за счёт случайного отклонения значения периода кристаллической решётки. Отклонение лежит в пределах от 0 до 5 процентов. Для каждого электрона данная величина подбирается случайным образом. В программе учтено также влияние ускоряющего напряжения на масштаб электронограммы в соответствии с фундаментальным соотношением де Бройля. В результате данных корректив электронограмма приобрела сходство с реальной дифракционной картиной.

Разработан интерфейс программы, удовлетворяющий всем функциональным требованиям, с одной стороны, и характеризующийся лаконичностью и простотой управления, с другой стороны.

На панели управления расположены регуляторы, посредством которых устанавливаются параметры виртуального эксперимента: количество выпущенных электронов, скорость их подачи и величина ускоряющего напряжения. В левом верхнем углу находится экран, на котором в процессе работы программы формируется электронограмма, вид которой приведен на рис. 1. Над панелью регуляторов расположены экраны, на которых отображаются диаграмма распределения электронов по кольцам дифракционной картины (рис. 2) и значения радиусов колец.

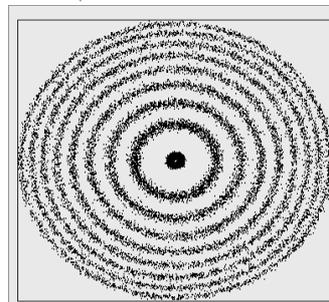


Рис. 1 – Электронограмма, полученная в результате компьютерного моделирования

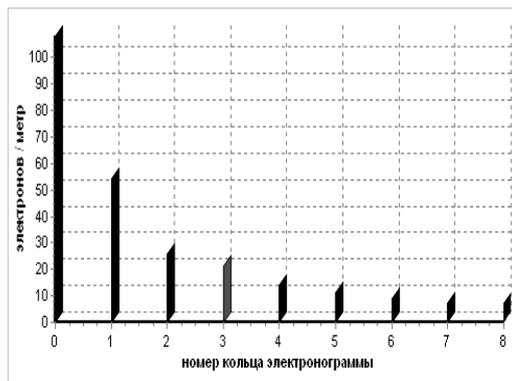


Рис. 2 – Диаграмма распределения электронов в электронограмме

*Тестирование (test).* Тестирование программного продукта осуществлялось в УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины». В ходе тестирования данного программного продукты были выявлены проблемы, после решения которых виртуальная лабораторная работа была внедрена в учебный процесс.

При запуске программы на экране монитора появляется главное меню программы, в котором предусмотрены следующие пункты: «Помощь», в котором даны рекомендации по управлению программой; «Теория», в котором изложены теоретические сведения по изучаемой теме и задание на лабораторную работу; «Моделирование», в котором непосредственно осуществляется виртуальный эксперимент.

В разработанном методическом руководстве сформулирована цель выполнения работы, изложены теоретические основы темы «Волновые свойства частиц», приведено описание виртуальной лабораторной установки, указан порядок выполнения работы, сформулированы задания по исследованию и вопросы для самоконтроля знаний.

Студенты предварительно самостоятельно изучают теоретические основы указанной темы, сущность экспериментальных методов, подтверждающих наличие волновых свойств частиц, усваивают порядок работы с виртуальной установкой и содержание заданий, после чего проходят тест-контроль, предусмотренный в компьютерной программе, и в случае положительного результата тестирования получают доступ к работе. Данный этап стимулирует студентов к углубленному изучению учебного материала, в результате которого формируется понимание физической сущности исследуемого явления.

Далее студенты изучают устройство виртуальной установки и задание на выполнение исследований. Поскольку в задании содержится несколько пунктов, студентам ставится задача проанализировать все пункты работы в комплексе и составить рациональную программу проведения эксперимента. Предложенная программа обсуждается и корректируется совместно с преподавателем, после чего студенты приступают к выполнению лабораторной работы. В процессе выполнения этой задачи студенты приобретают навыки структурирования, анализа и обобщения материала, поиска рационального алгоритма решения проблемы, развивают способность творческого взаимодействия в коллективе.

В первом пункте задания изучается статистический характер дифракции

электронов на кристалле. При нескольких значениях ускоряющего потенциала проводится анализ дифракционной картины и определяется относительное количество

электронов  $k_i/k$  в различных ( $i$  –ых)

дифракционных максимумах в зависимости от общего числа электронов  $k_0$ . Полученные результаты заносятся в таблицу и используются для построения графиков

зависимости  $k_i/k$  от  $\lg k_0$  для двух

дифракционных колец. Результаты эксперимента анализируются на основе вероятностных представлений.

Во втором пункте задания проводится проверка соотношения де Бройля, для чего студенты определяют значения радиусов двух (например, второго и третьего) дифракционных колец при 5 – 7 значениях ускоряющего потенциала. Далее, используя релятивистское и нерелятивистское приближение, они определяют при заданных значениях потенциала значения длины волны де Бройля  $\lambda_p$  и  $\lambda_n$ , а также функции

$$f = \frac{1}{\sqrt{V\left(1 + \frac{eV}{2mc}\right)}}$$

Поскольку в эксперименте по методу Томсона в соответствии с теорией де Бройля значения радиуса дифракционного кольца линейно связаны со значениями функции  $f$ , в данном пункте задания необходимо, построив графики зависимости  $R = R(f)$  для каждого из рассматриваемых дифракционных колец, проанализировать характер этой зависимости и сформулировать выводы относительно выполнения соотношения де Бройля в данном эксперименте. Кроме этого студенты проводят сравнительный анализ значений длины волны де Бройля, полученных в рамках релятивистского и нерелятивистского приближений.

В третьем пункте задания на основании электронограммы железа студенты производят расчёт межплоскостных расстояний и индексов Миллера.

В результате использования данной разработки в учебном процессе, в ходе подготовки и проведения виртуальных экспериментов, а также последующего анализа и обсуждения полученных результатов студенты приобретают навыки самостоятельной исследовательской деятельности. При этом оригинальность

форми проведення заняття, використання комп'ютерної техніки в новому для студентів ракурсі викликає їх изначальний інтерес к предложенному заданню і мотивує к осознанному і відповідальному отношению к его выполнению. Використання в учебном процесі данної розробки сприяє формуванню у студентів таких важких професійних компетенцій як базові знання, здатність к плануванню, навички роботи с комп'ютером, навички управління інформацією, здатність к аналізу і синтезу, письмова і усна комунікація, творча цілеспрямованість дій.

### БИБЛІОГРАФІЯ

1. Калитина В.В. Организация самостоятельной работы студентов на основе компетентного подхода. Материалы Международной научно-практической конференции «Компетентно-деятельностный подход в современной системе образования». Сб. под ред. А.В.Петрова, А.И.Гурьева. – [Электр. ресурс] Режим доступа <http://www.amnko.ru/konf2010/sbornik.pdf>. Дата доступа 25.01.2011.

2. Граков В. Е., Соколовский А. А., Стельмах Г.Ф. Физика атома: лабораторный практикум для студентов физ. фак. / Под ред. А.П.Клищенко. – Мн.: БГУ, 2006. – 200 с.

3. Фаронов, В. В. DELPHI. Программирование на языке высокого уровня : учебник для вузов / В. В. Фаронов. – СПб. : Питер, 2006. – 193 с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Клюка Валерий Игоревич** - студент 5-го курса физического факультета учреждения образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины» (Беларусь)

**Купо Александр Николаевич** - ассистент кафедры общей физики учреждения образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины» (Беларусь)

**Шолох Валентина Григорьевна** - кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры оптики учреждения образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

*Круг научных интересов:* использование ИКТ в обучении физике.

## ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛ ПО ПЕРІОДУ КОЛИВАНЬ НА УГНУТІЙ ПОВЕРХНІ

**Володимир КОРНІЧ, Володимир МАНЬКО**

*Одержана теоретична формула періоду коливань тіл на угнутий поверхні, яка використана для експериментального знаходження моменту інерції. Одержані значення порівняні з теоретично розрахованими моментами інерції суцільного та тонкостінного циліндрів.*

*The theoretical formula of the oscillation period of bodies on a concave surface is obtained, which is used for the experimental finding moments of inertia. The obtained values are compared with theoretically calculated moments of inertia of solid- and thin-walled cylinders.*

У багатьох випадках коливання різних тіл відбуваються відносно положення стійкої рівноваги (ПСР). У ПСР кожна система має мінімальне значення потенціальної енергії і тому при відхиленні від нього виникає зворотна сила, внаслідок чого тіло здійснює коливальний рух. Знайдемо період цих коливань. Розглянемо випадок, коли у ПСР знаходиться циліндр на угнутий поверхні. На рис. 1 показаний циліндр, який відкотили від ПСР на кут  $\varphi$ . Вважаємо, що ковзання відсутнє. На циліндр діють три сили, які

показані на рис.1: сила тяжіння  $mg$ , сила тертя  $F_{\text{тер}}$  і сила реакції  $N$ . Відносно осі обертання, яка співпадає з лінією дотику між циліндром та угнутою поверхнею (на рис.1, точка В), із цих трьох сил тільки сила тяжіння створює обертальний момент  $M = mgr \cdot \sin\varphi$ , який повертає циліндр у ПСР. При відсутності ковзання циліндр буде скочуватись у ПСР

з кутовим прискоренням:

$$\varepsilon = -\frac{M}{J}, \quad (1)$$

де  $J$  – момент інерції циліндра відносно осі В,  $\varepsilon$  – кутове прискорення циліндра відносно осі В. Знак мінус враховує, що напрямок відхилення та напрямок дії моменту протилежні. Внаслідок того, що момент сили тяжіння  $mgr \cdot \sin\varphi$  являється функцією кута  $\varphi$ , необхідно кутове прискорення  $\varepsilon$  теж виразити через другу похідну за часом від кута  $\varphi$ .