

2. Р у б и н Ю. E-learning в России: от хаоса к глубокому укоренению // Высшее образование в России. 2006. № 3. С. 16 – 23.
3. Alexandros Paramythis, Sussane Loidl-Reisinger Adaptive Learning Environments and e-Learning Standards // Electronic Journal on e-Learning. February 2004. Vol. 2. Issue 1. P. 181 – 194.
4. Demetrios Sampson, Charalampos Karagiannidis. Personalised Learning: Educational, Technological and Standardisation Perspective // Interactive Educational Multimedia. April 2002. № 4. P. 24 – 39.

© 2013 г. А.А. Атрошкина
Поступила 22 октября 2013 г.

УДК 378.6.001.85

В.В. Коваленко, С.В. Коновалов

Сибирский государственный индустриальный университет

НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ЯВЛЕНИЯ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Физика – наука, составляющая фундамент естественно-научного образования и теоретического мышления будущих специалистов. Известный физик академик Л.А. Арцимович довольно лаконично и образно определил знание физической науки для человечества, подчеркивая ее мировоззренческий и политехнический характер: «Современная физика – это своего рода двуликий Янус. С одной стороны – это наука с горящим взором, которая стремится проникнуть вглубь великих законов материального мира. С другой стороны – это фундамент новой техники, мастерская смелых технических идей, опора и движущая сила непрерывного индустриального прогресса». Вместе с тем колоссальный объем знаний, накопленный физикой сегодня, делает задачу обучения необычайно трудной. В этих условиях единственный путь решения – интенсификация процесса обучения на основе исключения дублирующего среднюю школу материала, приближение учебного курса физики к действительному содержанию ее как науки, модернизация и структурирование программы, использование достижений современных технологий обучения. Обучение может быть признано успешным, если обучаемый активно овладел комплексом базовых стандартных физических моделей; конструктивно ими пользуется, раскрывая механизмы физических явлений и структуры физических объектов; владеет культурой физического мышления.

Отмеченные факты предполагают поиск возможностей решения различного уровня физических задач через виртуализацию реально-

сти физического макро- и микромира в форме проведения лабораторного практикума со студентами 1 курса инженерных специальностей, профилей бакалавриата. Следует констатировать, что такая сложившаяся в течение многих лет традиция реализации учебного процесса в системе высшего политехнического образования была и остается потенциальной и наиболее значимой результативной компонентой естественно-научной, общей профессиональной и специальной подготовки в области техники и технологий.

Сказанное позволяет конкретизировать направления развития технического сопровождения студенческого лабораторного практикума:

- модернизация и использование действующего лабораторного оборудования и отдельных комплексов и установок;
- широкое внедрение информатизации (ИТ-технологий) через использование как виртуальных, так и совмещенных с реальными установками лабораторных комплексов.

Установка, разработанная НПО «ТулаНаучПрибор» и внедренная в учебный процесс на кафедре физики Сибирского государственного индустриального университета для изучения явления внешнего фотоэффекта, представлена в виде блока облучения, содержащего светодиоды; фотоприемник с фотоэлементом СЦВ-3 на основе сурьмяно-цезиевого (Cs_3Sb) катода; блок измерения со специально настроенной чувствительной схемой усиления слабых фототоков; два универсальных мультиметра с цифровым отображением результатов измерений напряжения на фотоэлементе.

Такая установка является универсальной с точки зрения реализации одновременной фиксации, регистрации результатов измерений при применении дублирующих независимых методов оценки постоянной Планка, работы выхода электронов из материала фотокатода и красной границы фотоэффекта.

Практическая реализация поставленных задач с использованием предлагаемой методики является во многом новаторской в работе со студентами и с точки зрения современности и технологичности используемого оборудования, и с точки зрения методик количественного описания наблюдаемых результатов.

Известные типовые зависимости напряжения – сила тока, вольт-амперные характеристики (ВАХ) изображаются графически в виде монотонных плавных кривых, состоящих из двух ветвей: прямой (лежащей в положительной полуплоскости декартовой системы координат) и обратной (в отрицательной полуплоскости) [1, 2]. Такая форма ВАХ соответствует двум режимам измерений – при прямом и обратном подключении электродов фотоэлемента. Получение реальной обратной ветви для четырех различных длин волн приводит к возможности нахождения задерживающей разности потенциалов, при которой фотоэффект прекращается. При этом увеличение напряжения на катоде сопровождается уменьшением тока, который при достижении нуля изменяет направление и увеличивается по модулю с постепенным выходом кривой на насыщение. Такой интересный факт объясняется действием механизма эмиссии электронов с анода под действием рассеянного в фотоэлементе света. Можно говорить о работе двух подключенных антипараллельно (основного и побочного) фотоэлементов, индуцирующих фотоэлектрический ток I_{ϕ} , который представляет собой «суперпозицию» антинаправленных токов. Таким образом, значение модуля задерживающей разности потенциалов (U_z) будет определяться не в точках, где $I_{\phi} = 0$ (традиционный подход), а там, где кривая переходит в участок со слабым наклоном для отдельных значений длин полихроматической волны, что устанавливается в реальном эксперименте.

Для полноценной интерпретации явления фотоэлектрического эффекта особенно в случаях его исследования в условиях облучения фотоэлемента электромагнитными волнами различной частоты (длины волны) и различной интенсивности светового потока необходимо получение отдельной зависимости сила фототока – напряжение – прямой ветви ВАХ. Именно раздельное рассмотрение и анализ ви-

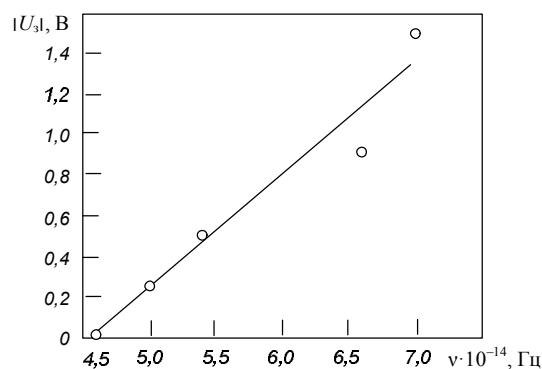


Рис. 1. Зависимость задерживающей разности потенциалов от частоты света

да кривых распределения способствует понять, когда, в какой момент фототок, достигая насыщения (выхода на стабильные значения), сигнализирует о достижении и прекращении процесса вырывания фотоэлектронов с поверхности катода в независимости от значений интенсивности падающего излучения.

Сложившаяся за многие годы вузовская практика изучения явлений квантовой физики (таких как внешний фотоэффект) предполагает идентификацию количественных параметров, входящих в уравнение А. Эйнштейна: постоянной М. Планка, работы выхода электронов из металла, граничной частоты – красной границы фотоэффекта, задерживающей разность потенциалов [1, 2].

Следует отметить, что описанный выше современный формат выполнения лабораторного эксперимента в этом смысле является классическим [3], но одновременно предоставляет широкие возможности более глубокого осмысления получаемых результатов как на качественном, так и количественном уровнях на основе сопоставления данных независимых экспериментов. Предлагаемые методы складываются из процессов построения зависимости задерживающая разность потенциалов – частота света (ν) и кривой спектральной чувствительности материала фотокатода фототок – длина волны света (λ).

Полученные графические данные (рис. 1, 2), проведенные на их основе тестирующие оценки параметров фотоэффекта, полученные при первичном анализе результатов эксперимента, дают их значения с достаточно высокой точностью относительно известных табличных данных.

Для более точных оценок значений работы выхода электронов, минимальной частоты (максимальной длины волны) света, падающего на фотокатод фотоэлемента, постоянной М. Планка методика предполагает применение ме-

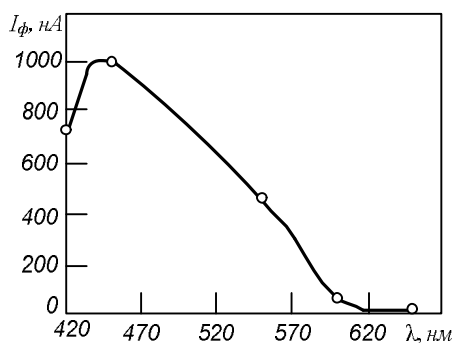


Рис. 2. Кривая спектральной чувствительности – зависимость фототока от напряжения на фотоэлементе

тогда наименьших квадратов для прямопропорциональной зависимости (рис. 1) [3].

Таким образом, комплекс современных методик моделирования квантово-оптических явлений и интерпретации количественных данных лабораторного эксперимента по их изучению позволяет получать достоверные результаты фундаментальных закономерностей и характеристик квантового фотоэлектрического эффекта.

Сегодня открыты необъятные возможности, серьезные перспективы для более глубокого понимания сущности окружающего нас мироздания. Несомненно, именно физическая наука, являющаяся бесспорным фундаментом в его изучении и сформулированная великим русским мыслителем, талантливым ученым М.В. Ломоносовым как наука о природе, позволяет наиболее полно ощутить всю ее гармонию. Э. Резерфорд недвусмысленно разделил все науки на Земле «на физику и коллекционирование марок», тем самым подтверждая величественность и красоту физики. Без постороннего пафоса следует понимать, что педагогическое сообщество должно отдавать себе отчет в том, что, несмотря на все общественно-политические и финансово-экономические перипетии, неестественным путем иногда дискредитирующие фундаментальность, традиции, незыблемые устои и принципы ес-

тественно-научного познания мира, оно превращается тем самым в невольного апологета физической науки, порой забывающего о своем профессиональном предназначении – обучении и воспитании специалиста, человека, гражданина. Преподаватели бывают разными, методики обучения разнообразными, качественными и некачественными, но всегда важно помнить, что каждый новый этап в профессиональной деятельности педагога, ученого предполагает его совершенствование, развитие через расширение своего научного кругозора, внедрение новых технологий обучения, образования, познания окружающего мира. Поэтому обучение, с нашей точки зрения, естественным наукам (физике) с широким применением современных технологий (информационных, компьютерных) должно способствовать более интенсивному процессу интеллектуального, духовного, эстетического роста молодого человека (студента).

В связи с этим изложенные тезисы могут восприниматься как попытка некоторого осмысления и обобщения опыта педагогической деятельности сотрудников коллектива кафедры физики одного из крупнейших вузов политехнического профиля в части применения современных технологий физического образования одного из интереснейших разделов физики – квантовой оптики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. С а в е л ь е в И.В. Курс общей физики. Т. 5. – СПб.: Лань, 2007. – 327 с.
2. И р о д о в И.Е. Квантовая физика. – М.: Физматлит, 2002. – 271 с.
3. Б а р с у к о в а К.А., У х а н о в Ю.И. Лабораторный практикум по физике: учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 350 с.

© 2013 г. В.В. Коваленко, С.В. Коновалов
Поступила 22 октября 2013 г.