

діл) інформаційно-методичного фонду кафедри, факультету, служити джерелом їхнього поповнення і відновлення. Більш ретельно відібрані і прорецензовані сценарії, програми можуть послужити основою формування централізованих учбово-методичних інформаційних сховищ.

The article is devoted to consideration and decision of problems of the effective use of evident in teaching of physics.

Key words: evident, principles of studies, computer demonstrations, physics.

Отримано: 29.06.2005.

УДК 378

В.В.Баракин, Ю.Е.Бушуев, Р.Б.Лысенко, А.А.Слободянюк

Севастопольский национальный технический университет

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ОРГАНИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ

Рассмотрены некоторые аспекты организации физического практикума с использованием оригинального оборудования.

Ключевые слова: физический практикум, организация, специальное оборудование, повышение эффективности обучения.

Национальная доктрина развития образования Украины в XXI веке определила приоритетные направления его дальнейшего совершенствования, в частности, создание индустрии учебных средств, применение образовательных и информационных технологий [1]. Представляет интерес, в данном контексте рассмотреть некоторые вопросы организации физического практикума, его состояние и перспективы дальнейшего развития. Так, на кафедре физики Севастопольского национального технического университета (СевНТУ) получило широкое распространение использование цифровой измерительной техники. Именно многофункциональность последней позволяет сегодня обеспечить, без больших затрат, качественное проведение фронтальных лабораторных работ, демонстрационного эксперимента, студенческих научных исследований [2].

Другой важной причиной необходимости использования измерительной техники является практически полное отсутствие целенаправленного снабжения школ и вузов оборудованием для физического практикума. Положение усугубляется еще и тем, что в большинстве школ ликвидированы слесарные и столярные мастерские, которые ранее использовали для изготовления учебного оборудования для физических кабинетов, а измерительная техника и электроизмерительные приборы в школах давно устарели и поэтому многие лабораторные работы часто проводятся формально, без должного обеспечения физическим оборудованием. Имеет место также некоторая инертность и консервативность преподавателей, которые не спешат адаптироваться к условиям перехода школ на новые многоуровневые программы.

Между тем на рынке появились новые достаточно дешевые измерительные цифровые приборы, среди которых, прежде всего, многофункциональные цифровые мультиметры (тестеры) типа М-838, ДТ-830В, электронные термометры и другие приборы, позволяющие обеспечить качественный физический эксперимент, выполнять многие лабораторные работы по различным частям курса физики.

В качестве иллюстрации возможностей использования новой цифровой измерительной техники приведем несколько примеров реально действующих лабораторных работ по курсу «Теория и методика обучения физике». В работе [3] описано три варианта проведения лабораторного практикума по определению ЭДС и внутреннего сопротивления источника постоянного тока. В предлагаемом нами примере ход указанной выше работы мы разбиваем на три этапа: предварительный, основной и контрольный.

На первом этапе желательно провести решение физической задачи по теме лабораторной работы, которое можно для наглядности продемонстрировать с помощью мультимедийного проектора [4]. Далее (этап 2) собираем модернизированную нами электрическую

схему с использованием мультиметра (рис. 1) и измеряем сопротивления R_1 и R_2 , а затем напряжение на резисторе R_1 ($U_1 = I_1 R_1 = \frac{ER_1}{R_1 + r}$) и на резисторе R_2 ($U_2 = I_2 R_2 = \frac{ER_2}{R_2 + r}$). Решая систему этих уравнений, можно рассчитать ЭДС источника постоянного тока E и его внутреннее сопротивление r по формулам

$$r = \frac{(U_1 - U_2)R_1R_2}{U_2R_1 - U_1R_2}, \quad E = \frac{(R_1 - R_2)U_1U_2}{U_2R_1 - U_1R_2}. \quad (1)$$

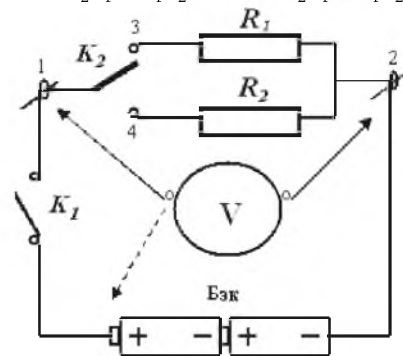


Рис. 1. Электрическая схема установки

Затем (этап 3) проводим проверку найденного значения ЭДС при непосредственном подключении высокоомного мультиметра (10 МОм) к источнику постоянного напряжения. Результаты измерений и расчетов оказываются достаточно близкими.

В качестве второго примера использования цифровых электроизмерительных приборов рассмотрим лабораторную работу по определению средней силы удара двух стальных шаров (подобная работа, как правило, выполняется в курсе общей физики вузов, однако с некоторыми упрощениями она может быть использована и в физическом практикуме средней школы) [2]. На рисунке 2 приведена схема электрической цепи данной лабораторной работы, а далее дается подробное описание математических преобразований для получения формулы по определению времени соударения шаров (метод конденсаторного хронометра).

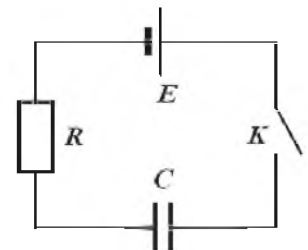


Рис. 2. Электрическая цепь с ЭДС

При включении тумблера K по цепи потечет ток, конденсатор будет заряжаться и в момент выключения

тумблера напряжение на пластинах конденсатора будет равно U . При этом $U = q/C$, где q – заряд конденсатора за время прохождения тока (время включения тумблера K). Взяв дифференциал от левой и правой частей последнего соотношения, получим $dU = \frac{1}{C} dq$.

Так как $I = \frac{dq}{dt}$ и $dq = Idt$, то $dU = \frac{Idt}{C}$. Отсюда найдем ток $I = \frac{CdU}{dt}$. С другой стороны, по второму

закону Кирхгофа сила тока в цепи равна $I = \frac{E - U}{R}$.

Приравняв правые части последних выражений для силы тока, получим дифференциальное уравнение для определения времени зарядки конденсатора в момент соударения шаров $C \frac{dU}{dt} = \frac{E - U}{R}$. Отсюда

$dt = RC \frac{dU}{E - U} = -RC \frac{d(E - U)}{E - U}$. Интегрируя последнее

соотношение, найдем время τ зарядки конденсатора:

$$\tau = t = -RC \int_E^{E-U} \frac{d(E - U)}{E - U} = -RC \ln \frac{E - U}{E} = RC \ln \frac{E}{E - U}. \quad (2)$$

На *рисунке 3* изображена модернизированная нами электрическая схема лабораторной работы, а на *рисунке 4* изготовленная на кафедре физики лабораторная установка (здесь и далее приведены лабораторные установки, изготовленные на кафедре физики под руководством доц. Баракина В.В. совместно со студентами).

Роль ключа K в данном случае выполняют взаимодействующие шары, подвешенные на опорах 3 и 4.

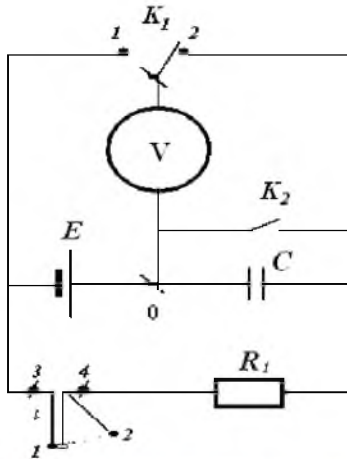


Рис. 3. Электрическая схема установки

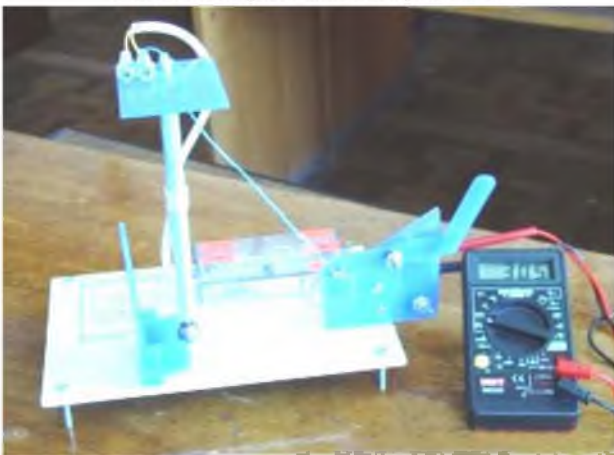


Рис. 4. Внешний вид установки для определения средней силы удара шаров

Тумблер K_2 предназначен для нейтрализации накопленного конденсатором заряда перед измерениями.

Электродвижущая сила (ЭДС) применяемой батареи и напряжение на конденсаторе после зарядки определялась с помощью высокоомного цифрового мультиметра М 838. Как показали расчеты, время соударения шаров оказалось примерно равным нескольким десяткам микросекунд, что получило также подтверждение при определении времени соударения осциллографическим методом и прямым методом на частотомере.

Еще одним примером использования цифровых электроизмерительных приборов в лабораторном практикуме может быть работа по определению постоянной Планка.

Для ее выполнения нами была изготовлена установка, электрическая схема которой представлена на *рисунке 5*, а внешний вид установки на *рисунке 6*. В качестве фотоэлемента в работе применяли фотоэлектронный умножитель ФЭУ-1, который работал как вакуумный фотоэлемент (два рабочих электрода). В качестве вольтметра использовали мультиметры типа М-838 или ДТ-830В.

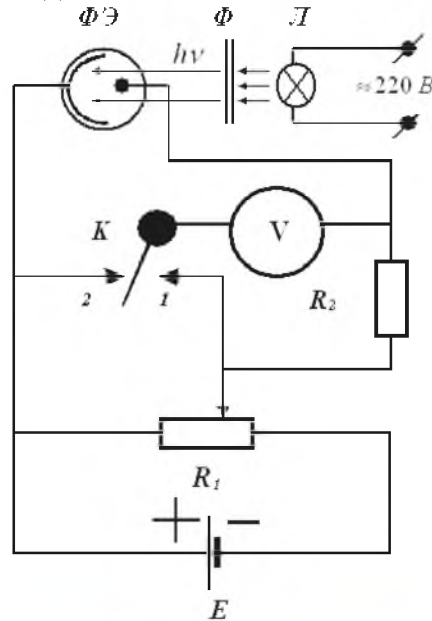


Рис. 5. Электрическая схема установки



Рис. 6. Лабораторная установка для изучения внешнего фотоэффекта

Расчет постоянной Планка проводили с помощью формулы Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + eU_{31}, \quad \frac{hc}{\lambda_2} = A + eU_{32},$$

где λ_1 и λ_2 – длины волн и соответствующие им запирающие напряжения U_{31} и U_{32} . Исключив из этих уравнений работу выхода, получим следующую формулу для расчета постоянной Планка:

$$h = \frac{e\lambda_1\lambda_2(U_{32} - U_{31})}{c(\lambda_1 - \lambda_2)}$$

В качестве светофильтров в данной работе использовали обычное стекло трех цветов: красного, зеленого и синего, максимумы пропускания которых вначале определяли визуально с точностью до 30-100 нм. Для синего светофильтра максимум пропускания выбрали 400 нм, зеленого — 490 нм, красного — 650 нм.

Проведенные расчеты постоянной Планка дали значение примерно равное $1,4 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, что в несколько раз меньше табличного значения этой постоянной. Было высказано предположение, что это связано с неверным определением максимумов пропускания. Последнее дало нам возможность подчеркнуть не только значимость использования современной измерительной техники, но, что не менее важно, мотивировать наиболее успевающих студентов к проведению дополнительных измерений и расчетов исследовательского характера. В частности, для уточнения характеристик фильтров были проведены измерения коэффициентов их пропускания с помощью спектрофотометра СФ-26. Результаты измерений коэффициентов пропускания используемых светофильтров представлены на рисунке 7.

Из рисунка видно, что зеленый цвет светофильтра обусловлен наложением волн длиной 400 нм и 530 нм. По всей вероятности, зеленый цвет получался за счет смешивания двух красителей с максимумами пропускания в области этих длин волн. Поэтому такой фильтр мы не использовали в дальнейших исследованиях.

Для расчетов постоянной Планка использовали синий и красный фильтры с максимумами пропускания соответственно 450 и 600 нм. Качественно работу установок определяли по величине задерживающих потенциалов для данных светофильтров, оказавшихся равными примерно 0,19 для красного и 0,37 В для синего фильтров. Однако, и в этом случае рассчитанное значение постоянной Планка оказалось равным $1,7 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, что также меньше табличного значения.

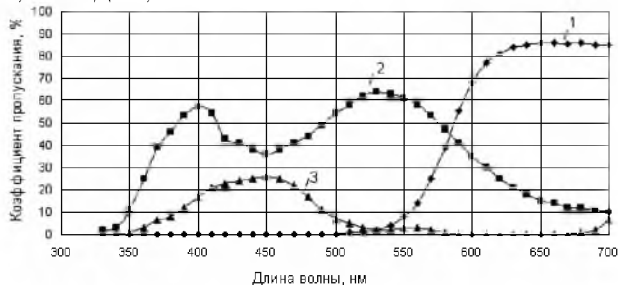


Рис. 7. Зависимость коэффициента пропускания от длины волны: 1-красный фильтр; 2-зеленый фильтр; 3-синий фильтр

Это различие на наш взгляд обусловлено селективными свойствами фотоэлемента, спектральная характеристика которого представлена на рисунке 8 кривой 4.

Можно предположить, что фототок пропорционален произведению коэффициента прозрачности светофильтра и относительной чувствительности фотокатода. Поэтому спектральная характеристика светофильтра с учетом селективной характеристики фотоэлемента для синего светофильтра может быть представлена кривой 6, максимум пропускания которой соответствует 470 нм, а для красного — кривой 5, максимум пропускания которой 570 нм.

Расчеты постоянной Планка, проведенные с данными светофильтрами (синим и красным), без учета селективных свойств фотоэлемента дали значение равное $1,7 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, а с учетом селективных свойств — $4,5 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, что удовлетворительно совпадает с табличным значением постоянной Планка.

В курсе средней школы обсуждение такого рода должно носить, на наш взгляд, только качественный анализ, а исследования по изучению внешнего фото-

эффекта желательно проводить только для определения работы выхода электронов из материала катода (сурьмяно-цезиевый катод) [5].

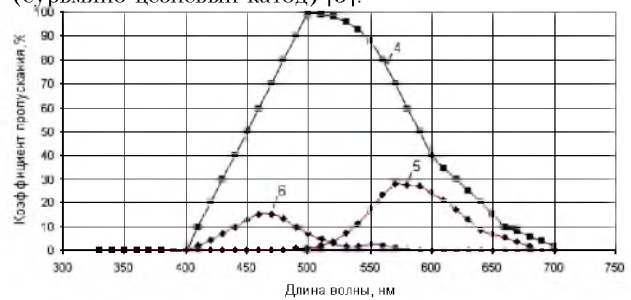


Рис. 8. Зависимость коэффициента пропускания от длины волны: 4-спектральная чувствительность фотокатода; 5-красный фильтр; 6-синий фильтр

Определение работы выхода электронов проводили по формуле Эйнштейна для фотоэффекта. Расчеты работы выхода для тех же значений задерживающих потенциалов с учетом и без учета селективных свойств фотоэлемента дали следующие значения:

- без учета селективных свойств фотоэлемента для красного светофильтра — 2,4 эВ, для синего — 1,8 эВ (среднее значение 2,1 эВ);
- с учетом селективных свойств фотоэлемента для красного светофильтра — 2,3 эВ, для синего — 2,0 эВ (среднее значение 2,15 эВ).

Заметим также, что если мультиметр (включенный как вольтметр с пределом измерения 200 мВ) подключить к аноду и катоду исследуемого фотоумножителя, то при естественном или искусственном освещении без всяких дополнительных приспособлений и устройств он даст показания от 40 до 100 мВ и больше. При уменьшении освещенности показания вольтметра уменьшаются вплоть до нуля. Этот чрезвычайно наглядный опыт весьма полезен для демонстрации явления внешнего фотоэффекта.

Таким образом, использование в школьном и вузовском физическом практикуме современных цифровых электроизмерительных приборов позволяет достаточно точно и полно исследовать физические явления и процессы и способствует приобретению студентами навыков планирования, проведения и обработки результатов экспериментальных исследований. Последнее особенно актуально в свете решений Минобразования и науки Украины о приоритетных направлениях в сфере образования и науки в 2005 году, в частности поддержание высокого европейского уровня качества подготовки специалистов в высшей школе.

Список использованных источников:

1. Національна доктрина розвитку освіти України у XXI столітті. — К.: Шкільний світ, 2001. — 24 с.
2. Механика. Термодинамика и молекулярная физика: Практикум по физике / Под ред. А.Н.Веселкова. — Севастополь: Изд-во СевГУ, 1999. — 184 с.
3. Лободюк Т.В., Жигулина О.Д. Зошит для лабораторних робіт з фізики: 10 клас. — Х.: Світ дитинства, Ранок, 1999. — 64 с.
4. «Ваш Репетитор. Физика» (Teach Pro) — 2CD, изданной ООО «Мультимедия Технологии и Дистанционное Обучение» 7-11 класс, разработка 2003.
5. Бондаренко Н.В., Евадлова Е.Н., Роненко Л.П., Тарасова Л.А. Тетрадь для лабораторных и практических работ по физике. 11 класс. — Харьков: Ранок, 2001. — 96 с.

Some aspects of organization of physical practical work with the use of original equipment are considered.

Key words: physical practical work, organization, special equipment, increase of efficiency of teaching.

Отримано: 25.05.2005.