

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ

Материалы IV Республиканской
научной конференции
студентов, магистрантов и аспирантов

(Гомель, 15 апреля 2015 года)

В трёх частях

Часть 1

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2015

В материалах республиканской конференции рассматриваются актуальные общетеоретические и прикладные проблемы физики и техники.

Издание состоит из трех частей. В первой части опубликованы доклады и сообщения по итогам исследования новых материалов и технологий, даются рекомендации по использованию их в промышленности, обсуждаются вопросы моделирования физических процессов. Один из разделов посвящен методике преподавания физики в школе и вузе, в частности, особое внимание уделяется использованию мультимедийных и компьютерных технологий, проектному обучению.

Статьи участников конференции размещены в алфавитном порядке по отдельным секциям.

Издание предназначено для студентов, учителей школ, гимназий, колледжей, преподавателей вузов.

Редакционная коллегия:

А. В. Рогачев (главный редактор),
О. М. Демиденко, И. В. Семченко, С. А. Хахомов,
А. Н. Сердюков, Ю. В. Никитюк,
А. Н. Купо (ответственный секретарь),
В. В. Андреев, Е. А. Дей, В. Д. Левчук, А. В. Воруев,
В. Н. Мышковец, В. Е. Гайшун, Е. Б. Шершнев, Т. П. Желонкина

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

Рогачев А. В. – ректор УО «ГГУ им. Ф. Скорины», д-р хим. наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

ЧЛЕНЫ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА

Хахомов С. А. – первый проректор УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент

Демиденко О. М. – проректор по научной работе УО «ГГУ им. Ф. Скорины», д-р техн. наук, профессор

Семченко И. В. – проректор по учебной работе УО «ГГУ им. Ф. Скорины», д-р физ.-мат. наук, профессор

Максименко Н. В. – профессор кафедры теоретической физики УО «ГГУ им. Ф. Скорины», д-р физ.-мат. наук, профессор

Никитюк Ю. В. – проректор по воспитательной работе УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент

Бойко А. А. – проректор по научной работе ГГТУ им. П.О. Сухого, канд. физ.-мат. наук, доцент

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

Сердюков А. Н. – профессор кафедры оптики УО «ГГУ им. Ф. Скорины», д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Коваленко Д. Л. – декан физического факультета УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Дерюжкова О. М. – заместитель декана физического факультета УО «ГГУ им. Ф. Скорины» по научной работе, канд. физ.-мат. наук, доцент

Самофалов А. Л. – заместитель декана физического факультета УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент

Алешкевич Н. А. – заведующий кафедрой оптики УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент

Андреев В. В. – заведующий кафедрой теоретической физики УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент

- Левчук В. Д.** – заведующий кафедрой АСОИ УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. техн. наук, доцент
- Мышковец В. Н.** – заведующий кафедрой радиофизики и электроники УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. физ.-мат. наук, доцент
- Шершнев Е. Б.** – заведующий кафедрой общей физики УО «ГГУ им. Ф. Скорины», канд. техн. наук, доцент
- Бабич А. А.** – заведующий кафедрой «Высшая математика» ГГТУ им. П.О. Сухого, канд. физ.-мат. наук, доцент
- Астахов П. В.** – начальник кафедры естественных наук Гомельского инженерного института МЧС Республики Беларусь, канд. физ.-мат. наук, доцент
- ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ**
- Купо А.Н.** – заместитель декана физического факультета УО «ГГУ им. Ф. Скорины» по НИРС

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

1. «Новые материалы и технологии»

Председатели:

Мышковец Виктор Николаевич, канд. физ.-мат. наук, доцент.
Алешкевич Николай Александрович, канд. физ.-мат. наук, доцент.

2. «Моделирование физических процессов»

Председатели:

Андреев Виктор Васильевич, канд. физ.-мат. наук, доцент.
Дей Евгений Александрович, канд. физ.-мат. наук, доцент.

3. «Автоматизация исследований»

Председатели:

Левчук Виктор Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент.
Воруев Андрей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент.

4. «Методика преподавания физики»

Председатели:

Шершнев Евгений Борисович, канд. техн. наук, доцент.
Желонкина Тамара Петровна, ст. преподаватель.

ПОРЯДОК РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

15 апреля 20145г.

9⁰⁰ – 11⁰⁰ – регистрация участников – корпус 5, фойе второго этажа (ул. Советская, 102).

11⁰⁰–12⁰⁰ – открытие конференции, пленарное заседание – корпус 5, ауд. 2-25 (ул. Советская, 102).

12⁰⁰–15⁰⁰ – работа секций.

Регламент

Доклады на пленарном заседании	–	до 30 минут.
Доклады и сообщения в секциях	–	до 10 минут.
Участие в дискуссиях	–	до 5 минут.

МЕСТА РАБОТЫ СЕКЦИЙ

1. **«Новые материалы и технологии»**
Корпус 5, ул. Советская, 102, ауд. 2-11.
2. **«Моделирование физических процессов»**
Корпус 5, ул. Советская, 102, ауд. 2-25.
3. **«Автоматизация исследований»**
Корпус 5, ул. Советская, 102, ауд. 4-16.
4. **«Методика преподавания физики»**
Корпус 5, ул. Советская, 102, ауд. 4-28.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

1. Рогачев А.В. Ректор Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины, член-корреспондент НАН Беларуси.

Открытие конференции.

2. Сердюков А.Н. Член-корреспондент НАН Беларуси.

Тёмная энергия во Вселенной.

Секция 1 «Новые материалы и технологии»

Председатели:

Мышковец Виктор Николаевич, канд. физ.-мат. наук, доцент,
Алешкевич Николай Александрович, канд. физ.-мат. наук, доцент

Д.В. Адамчук (БГУ, Минск)

Науч. рук. **В.К. Ксенович**, канд. физ.-мат. наук

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТОНКИХ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК SnO₂

Большое влияние на электрические характеристики полупроводниковых пленок на основе SnO₂ оказывает нарушение трансляционной симметрии – вакансии, междоузельные атомы [1]. В диоксиде олова существуют дефекты, которые отвечают за n-тип проводимости (вакансии в подрешетке кислорода, междоузельное олово), а также за p-тип проводимости (вакансии в подрешетке олова). Сопротивление пленок зависит от концентрации кислородных вакансий. Основными факторами, которые определяют электрофизические свойства пленок SnO₂, являются отклонение от стехиометрии и поликристаллическая структура. Таким образом, понимание взаимосвязи между стехиометрическим составом, кристаллической структурой и электрофизическими свойствами тонких пленок имеет важное практическое и теоретическое значение. Целью настоящей работы является установление основных механизмов электронного транспорта в тонких нестехиометрических пленках SnO₂.

В представляемой работе тонкие пленки SnO₂ получали методом магнетронного распыления на постоянном токе в плазме аргона. В качестве мишени использовалось металлическое олово чистотой 99,99%. Затем полученные пленки олова подвергались двухстадийному окислительному отжигу на воздухе. Первая стадия включала нагрев пленки (со скоростью $\approx 10^\circ\text{C}/\text{мин}$) до температуры 200°C (около точки плавления Sn) и изотермический отжиг на протяжении 2 часов. Вторая стадия заключалась в нагреве (со скоростью $\approx 10^\circ\text{C}/\text{мин}$) до температур 400°C , 500°C , 600°C и 700°C и изотермическом отжиге в течение 1 часа. Пленки окислялись при различных температурах, в результате чего варьировался их стехиометрический состав и поликристаллическая структура за счет различной степени окисления исходной металлической пленки.

Для выяснения механизмов электронного транспорта были исследованы температурные зависимости сопротивления тонких пленок SnO₂. Температурная зависимость сопротивления определяется преимущественным механизмом электронного транспорта, который в сильной степени зависит от стехиометрического состава и поликристаллической структуры. На рисунке 1 приведены зависимости сопротивления пленок SnO₂ от температуры в диапазоне 2-300 К (светло-серые кривые).

Аппроксимация экспериментальных кривых теоретическими зависимостями (пунктирные кривые на рисунке 1) показала, что в высокотемпературной области для всех экспериментальных зависимостей наиболее подходящей является модель флуктуационно-индуцированного туннелирования. Температурная зависимость сопротивления для этого механизма описывается законом [2]:

$$R(T) = R_0 \exp\left(\frac{T_0}{T + T_1}\right), \quad (1)$$

где R_0 – коэффициент,

T_0 – температура, при которой флуктуации напряжения на протяжении потенциального барьера становятся достаточно большими, чтобы повысить энергию электронов до высоты барьера,

T_1 – температура, выше которой становится возможной термоактивационная проводимость поверх барьера.

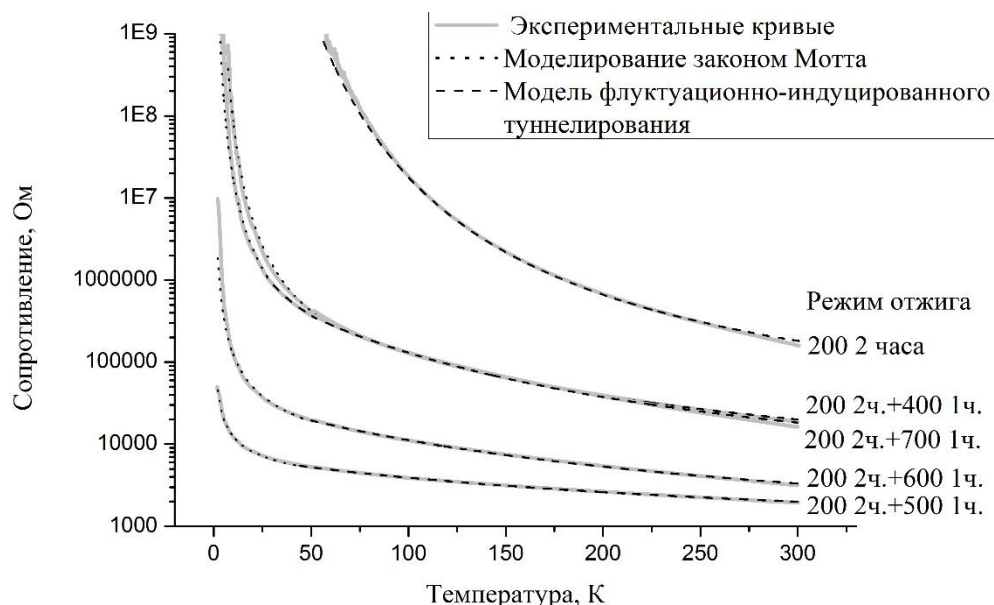


Рисунок 1 – Зависимость сопротивления от температуры пленок SnO₂

В низкотемпературной области образец, полученный отжигом в течение 2 часов, имел слишком большое сопротивление для измерения.

При анализе экспериментальных данных для низкотемпературной области образцов, полученных двухступенчатым отжигом, было установлено, что зависимость $R(T)$ наилучшим образом аппроксимируется законом Мотта для объемной прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка [2]:

$$R(T) = R_o \exp\left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/4}, \quad T_0 = \gamma_p a^3 / N_F, \quad (2)$$

где R_o – коэффициент,

a – радиус локализации,

N_F – плотность состояний на уровне Ферми,

γ_p – численный коэффициент.

Проведенные ранее исследования микроструктуры пленок показали, что пленки характеризуются поликристаллическим строением. Значительный вклад в электрическое сопротивление оказывают барьеры между отдельными кристаллитами. Механизм флуктуационно-индуцированного туннелирования носителей заряда заключается в том, что в результате теплового движения электронов вблизи потенциальных барьеров возникают флуктуации напряжения, которые, из-за малых размеров этих барьеров, могут существенным образом изменить вероятность туннелирования электронов. При дальнейшем уменьшении температуры увеличивается вклад от электронного транспорта внутри кристаллитов, осуществляемый посредством прыжков электронов по локализованным состояниям, которыми могут выступать кислородные вакансии.

На основании приведенных экспериментальных данных температурной зависимости сопротивления можно сделать вывод о том, что при температурах окисления 200 °С происходит формирование поликристаллической пленки диоксида олова, электронный транспорт в которой определяется межкристаллитными энергетическими барьерами по флуктуационно-индуцированной модели. Дополнительный высокотемпературный отжиг такой пленки приводит к постепенному изменению стехиометрического состава, повышению степени кристалличности пленок, в результате чего изменяются температурные зависимости сопротивления. При этом при низких температурах экспериментальные зависимости имеют вид, характерный для прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка. При аппроксимации температурной зависимости сопротивления пленок, полученных при температурах отжига 400 °С, 500 °С, 600 °С, 700 °С, законом Мотта в низкотемпературной области получены значения T_0 , соответственно, равные $2,7 \cdot 10^5$ К, 530 К, $2,9 \cdot 10^4$ К, $2,5 \cdot 10^5$ К. Полученные значения

связываются с тем, что при температурах отжига 400 °С – 500 °С происходит увеличение концентрации кислородных вакансий, что, соответственно, приводит к уменьшению радиуса локализации и увеличению плотности состояний на уровне Ферми, а при отжиге при более высоких температурах 600 °С – 700 °С происходит доокисление пленки, что выражается в снижении концентрации кислородных вакансий и обуславливает увеличение радиуса локализации и уменьшение плотности состояний на уровне Ферми.

Литература

1. Кофстад, П. Отклонение от стехиометрии, диффузия и электропроводность в простых окислах металлов / Пер. с английского; под редакцией академика Н.Н. Семенова. – М. Мир, 1975. – 400 с.
2. Алешин, А.Н. Транспорт носителей заряда в проводящих полимерах вблизи перехода металл-диэлектрик: автореф. дис. ... доктора физ-мат. наук: 01.04.10 / А.Н Алешин; ФТИ им. А.Ф. Иоффе. – Санкт-Петербург, 2009. – 34 с.

И.М. Андрухович (Институт физики НАН Беларуси, Минск)
Науч. рук. **И.В. Гасенкова**, д-р физ.-мат. наук, доцент

ФОРМИРОВАНИЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ С РАЗЛИЧНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ

Анодный оксид алюминия с наноразмерными порами востребован в науке и технике в качестве шаблонов для получения металлических, полупроводниковых и полимерных нанопроволок, для изучения квантовых эффектов и приборов на их основе, подготовки эффективных термоэлектрических генераторов на основе массивов нанопроводов.

В настоящей работе рассмотрено влияние диэлектрической проницаемости электролита на морфологию анодного оксида алюминия и показана возможность получения анодного оксида алюминия с диаметром пор порядка 10 - 20 нм.

Анодный оксид алюминия формировали по двухстадийной методике анодирования. В качестве электролитов использовали водный раствор 1М H₂SO₄ и раствор 1М H₂SO₄, содержащий 50 % воды и 50 % этиленгликоля. Напряжение анодирования в водном электролите серной кислоты варьировали от 11 В до 24 В, в электролите с этиленгликолем от 19 до 36 В. Температура электролита составляла 1 °С.

Установлено, что добавка этиленгликоля приводит к уменьшению плотности тока при одном и том же значении напряжения анодирования для рассматриваемых электролитов. Это позволяет повысить напряжение анодирования алюминия без пробоя по сравнению с аналогичными условиями в водном электролите серной кислоты. Так при 50 % добавке этиленгликоля в электролит возможно анодирование алюминия без пробоя при значении напряжения 36 В вместо 24 В. Расширение диапазона напряжений позволяет получать анодный оксид алюминия в умеренных режимах анодирования с большим размером межпорового расстояния, которое пропорционально приложенному напряжению.

На рисунках 1, 2 представлены электронно-микроскопические изображения поверхности пористого анодного оксида алюминия полученного в различных режимах анодирования. Анодный оксид алюминия, сформированный при напряжении 17 В в водном электролите серной кислоты, характеризуется сильно развитой поверхностью, при этом имеет неупорядоченное расположение пор. Добавка этиленгликоля позволяет повысить размер области упорядочения до 1,5 мкм (рисунок 2). Диаметр пор составляет порядка 20 нм в электролите на основе серной кислоты при напряжении формирования 23 В и 24 В. В электролите с этиленгликолем наблюдается уменьшение размера пор при аналогичных условиях: при 19 В размер поры составляет 13 нм, при 25 В – 18 нм (рисунок 2 (b)), при 31 В – 24 нм, при 36 В – 27 нм. Уменьшение диэлектрической проницаемости электролита приводит к снижению электрического поля и, следовательно, диаметра пор.

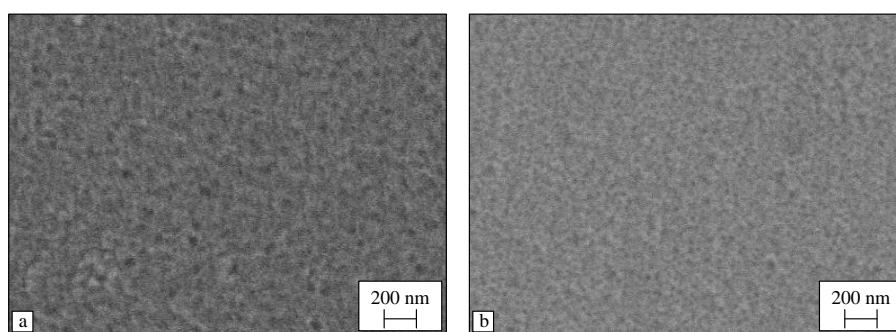


Рисунок 1 – РЭМ-изображение поверхности анодного оксида алюминия, полученного в электролите 1М H₂SO₄ при напряжении 17 В (a) и в электролите 1М H₂SO₄ с этиленгликолем при напряжении 19 В (b)

Установлена линейная зависимость межпорового расстояния от приложенного напряжения (рисунок 3). Коэффициент пропорциональности для оксида, полученного в электролите на основе серной

кислоты, составляет $2,52$ при напряжении 23 В и $2,5 \text{ нм} \cdot \text{В}^{-1}$ при 24 В.

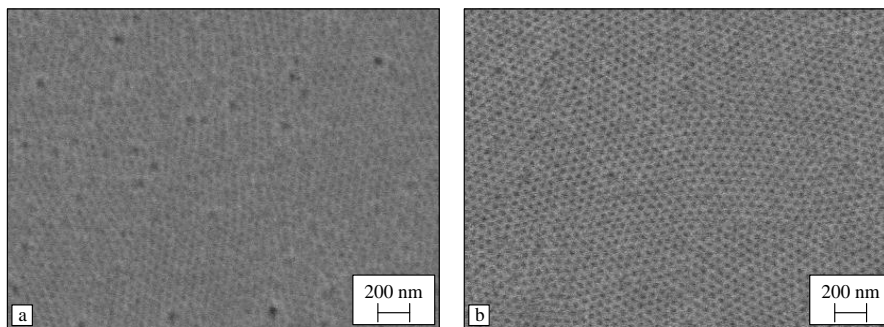


Рисунок 2 – РЭМ-изображение поверхности анодного оксида алюминия, полученного в электролите $1\text{M H}_2\text{SO}_4$ (a) и в электролите $1\text{M H}_2\text{SO}_4$ с этиленгликолем (b) при напряжении 23 В

Для анодного оксида, полученного в $1\text{M H}_2\text{SO}_4$ с этиленгликолем, при напряжении $21, 23, 25, 29, 31, 33, 35, 36$ В коэффициент пропорциональности равен $2,48, 2,49, 2,54, 2,46, 2,50, 2,53, 2,48, 2,51 \text{ нм} \cdot \text{В}^{-1}$ соответственно. Что согласуется с литературным данным [1, 2] согласно которым коэффициент пропорциональности равен $2,5 \text{ нм} \cdot \text{В}^{-1}$.

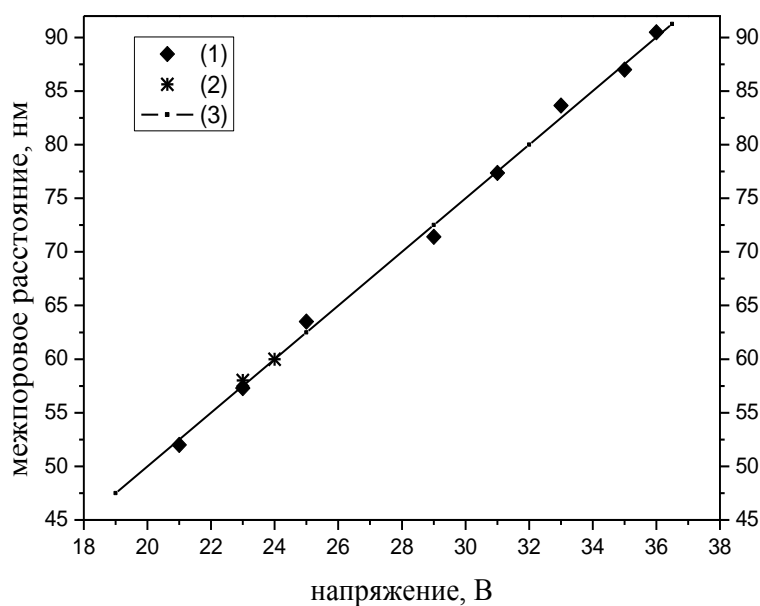


Рисунок 3 – Зависимость межпорового расстояния от напряжения анодирования: 1 – экспериментальные данные для $1\text{M H}_2\text{SO}_4$ с этиленгликолем; 2 – экспериментальные данные для $1\text{M H}_2\text{SO}_4$; 3 – данные [1, 2]

Таким образом, уменьшение диэлектрической проницаемости приводит к формированию анодного оксида алюминия с меньшим диаметром пор. Получен упорядоченный анодный оксид алюминия

с диаметром пор от 13 до 27 нм в растворе 1М H₂SO₄, содержащий 50% воды и 50% этиленгликоля при напряжении 19–36 В. Формирование АОА при напряжении менее 19 В приводит к уменьшению размера пор, но ухудшает степень упорядоченности и значительно увеличивает время процесса анодирования, что нетехнологично.

Литература

1. Lee, W. Structural engineering of nanoporous anodic aluminium oxide by pulse anodization of aluminium / W. Lee, K. Steinhart, E. Pippel, R. Scholz // Nature Nanotechnology. – 2008. – Vol. 3. – P. 234–239.

2. Sulka, G.D. Highly ordered anodic porous alumina formation by self-organized anodizing / G.D. Sulka // Nanostructured Materials in Electrochemistry. Edited by Ali Eftekhari. – Weinheim. : WILEY-VCH, 2008. – P. 1–116.

Е.А. Блоцкий (УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», Гомель)

Науч. рук. **А.Т. Бельский**, канд. техн. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ КОГЕЗИИ ПОКРЫТИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Нанесение покрытий методами обработки металлов давлением представляет собой определенный интерес до настоящего времени. Учитывая, что волочение является высокопроизводительным процессом, была разработана технология нанесения защитных покрытий на длинномерное изделие в процессе волочения.

Формирование порошкового покрытия осуществлялось на волочильном стане барабанного типа следующим образом.

Длинномерное изделие протягивалось через волочильный инструмент, в рабочий конус которого подавался порошковый материал. Активными силами трения порошок увлекается проволокой в деформационную зону волоки, где происходит его деформация.

Схватывание частиц порошка друг с другом, а также адгезия к материалу длинномерного изделия происходит вследствие совместной деформации частиц порошка и длинномерного изделия.

Так как работа деформации в основном переходит в тепло, то в результате этого явления происходит как локальный, так и общий нагрев деформируемых тел. Увеличение температуры способствует развитию металлических связей за счет увеличения подвижности атомов и протеканию процессов диффузии соединяемых металлов.

Деформация отдельных частиц порошка имеет место по всей длине рабочей зоны волокна. Однако в первой стадии волочения преимущественное значение в уплотнении порошкового материала имеет относительное перемещение частиц, а во второй стадии преобладает их деформация.

Адгезия покрытия из металлического порошкового материала идет с высоким уровнем активации частиц в результате их деформации, которая приводит к увеличению и обновлению поверхности, повышению потенциальной энергии атомов и выделению тепла. Весь комплекс физико-химических явлений, происходящих как внутри порошкового слоя, так и на поверхности проволоки, приводит к получению соединения в твердой фазе.

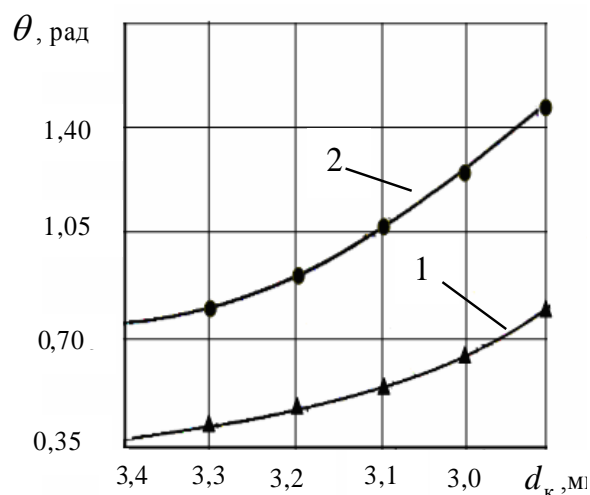
Одним из видов испытаний образцов с покрытиями из порошков различных металлов было проведение испытаний на определение величины когезии порошкового покрытия.

Когезия покрытия, в отличие от адгезии, характеризует сцепление частиц порошка друг с другом внутри самого покрытия, обусловленное химическими связями и межмолекулярным взаимодействием. Прочность этих связей, или когезионная прочность, зависит от многих причин, и при этом всегда меньше прочности исходного материала покрытия. В настоящее время практически не существует единого метода оценки когезионной прочности покрытия непосредственно на изделии.

Анализируя различные методы испытаний на прочность покрытий, был выбран способ навивки образца на сердечник определенного диаметра. С этой целью была спроектирована и изготовлена установка, позволяющая определять угол загиба образца до появления признаков разрушения покрытия.

Исследованию на когезию подвергались покрытия из порошков металлов на длинномерном изделии, полученные при различных условиях формирования и последующей термической обработки. При исследовании покрытий из порошка олова марки ПО2 и порошка свинца марки ПС2 на проволоке с исходным диаметром $d_f = 5,53$ мм при одинаковых параметрах волочения было замечено, что с увеличением степени деформации при волочении когезия покрытия увеличивается (рисунок 1).

Как показали результаты исследований, величина адгезии формируемого покрытия увеличивается примерно одинаково для различных покрытий с увеличением деформации протягиваемого образца. Эта зависимость наблюдалась при различных условиях формирования покрытий с использованием различных порошков металлов.



1 – покрытия из оловянного порошка;
2 – покрытие из свинцового порошка

Рисунок 1 – Результаты исследования когезии покрытия

Влияние термообработки на значение когезии осуществляли на образцах, когда формирование покрытия происходило в процессе волочения длинномерного изделия с диаметра 3,53 мм до диаметра 3,20 мм.

Для исследования влияния термообработки покрытий, полученных из порошков металлов в процессе волочения, образцы нагревали до заданной температуры и выдерживали их определенное время.

На рисунке 2 показаны зависимости углов загиба образца с покрытием на медной проволоке в зависимости выдержки их при определенной температуре. Зависимость изменения значения когезии покрытия из порошка олова марки ПО2 на медной проволоке в зависимости от времени выдержки при температуре, равной 0,7 температуры плавления олова, отображена кривой 1. При увеличении температуры до 0,8 температуры плавления олова (кривая 2) видно, что увеличение когезии происходит более интенсивно.

При более длительных испытаниях при температуре 0,9 температуры плавления олова было установлено, что уже при выдержке, равной 2 часа, разрушения покрытия образца не происходит даже при загибе образца на угол 180° .

Используя для формирования покрытий порошков различной дисперсности, было замечено, что лучшей когезией обладают покрытия, полученные из мелкодисперсных порошков.

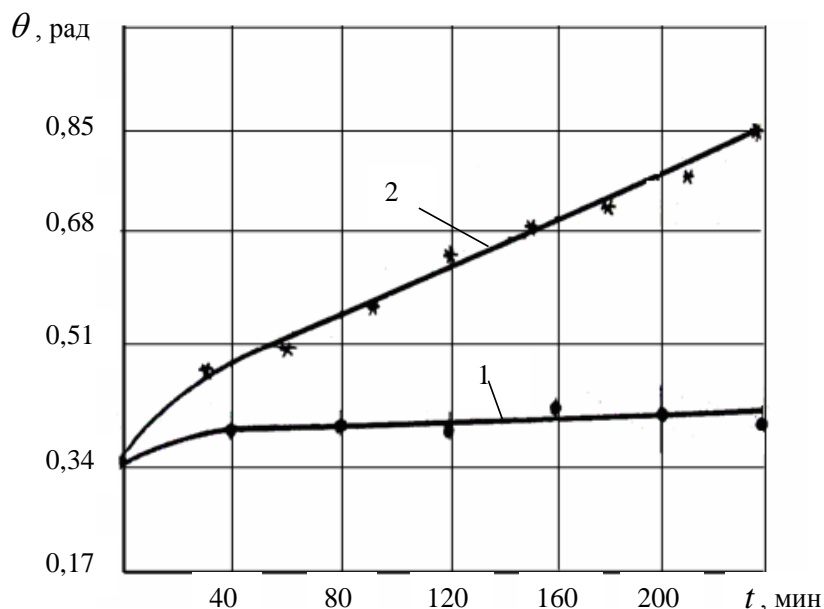
В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) при увеличении степени деформации при формировании покрытия наблюдается повышение когезии покрытия;

2) увеличение температуры нагрева образцов с покрытием, а также продолжительность выдержки при повышенной температуре улучшает когезионные свойства покрытия;

3) для получения покрытия с лучшими когезионными свойствами необходимо использовать мелкодисперсные порошки металлов;

4) увеличение скорости волочения при формировании покрытия оказывает незначительное влияние на когезионные свойства покрытия.



1 – температура 354 °К; 2 – температура 404 °К

Рисунок 2 – Зависимость углов загиба образца от выдержки

П.С. Богдан (БНТУ, Минск)

Науч. рук. **М.Г. Киселев**, д-р техн. наук, профессор

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСПИЛОВОЧНЫХ ДИСКОВ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В ходе ранее проведенных исследований был предложен новый способ придания режущей способности непрофилированному инструменту, заключающийся в электроконтактной обработке его рабочей поверхности, в результате чего происходило формирование специфического рельефа, обладающего режущими свойствами. Данное предположение было проверено и успешно подтверждено на таких режущих инструментах, как проволочная пила [1] и штрипса [2], которые после проведения электроконтактной обработки их поверхностей

успешно распиливали такие материалы, как дерево, текстолит, кость и др., твердость которых была ниже твердости материала инструмента.

В то же время предложенный способ формирования режущей поверхности может быть применен еще к одному типу инструмента – распиловочному диску. В отличие от существующих способов придания режущей способности, предлагаемый может применяться к дискам малой толщины (0,2–0,3 мм), технологически прост и не требует расхода дорогостоящего материала – алмазного абразивного порошка.

Однако по сравнению с уже рассмотренными инструментами (проволочная пила и штрипса) распиловочные диски имеют некоторые особенности: в процессе распиливания диск вращается с высокой скоростью, обуславливая тем самым высокую скорость распиливания и большую температуру в зоне резания; из-за конструктивных особенностей невозможно распиливание заготовок большой толщины.

Поэтому для комплексного исследования процесса формирования режущей поверхности с помощью электроконтактной обработки необходимо получить экспериментальные сведения о возможности и особенностях применения такой методики к распиловочным дискам.

Для проведения лабораторных исследований была разработана технологическая схема (рисунок 1), обеспечивающая электроконтактную обработку поверхности диска.

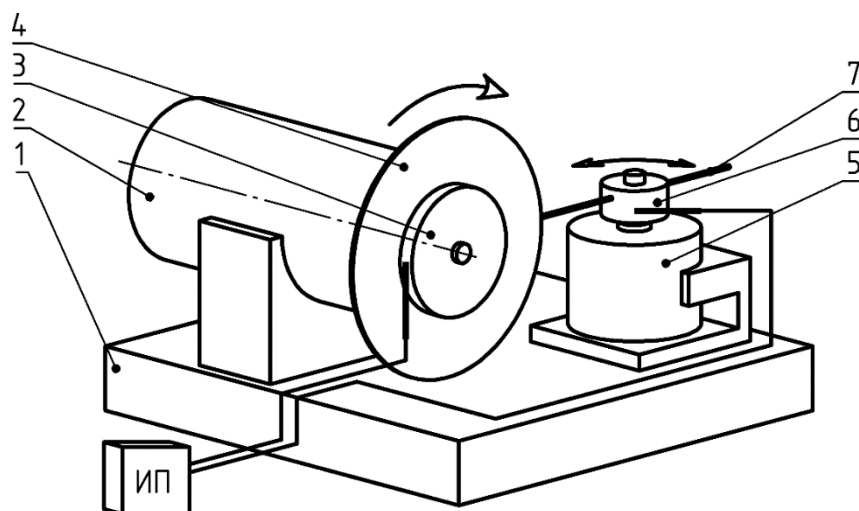


Рисунок 1 – Технологическая схема электроконтактной обработки диска

На достаточно массивном для поставленных задач основании 1 закреплен электродвигатель постоянного тока 2, на валу которого с помощью оправки 3 установлен и жестко закреплен обрабатываемый диск 4. В процессе обработки электродвигатель с заданной скоростью вращает диск, подключенный к источнику питания с помощью

скользящего контакта. Между собой вал электродвигателя и оправка с инструментом электрически изолированы.

Напротив центра вращения оправки 3 установлен второй электродвигатель 5, на валу которого с помощью оправки 6 закреплены проволочные электроды-инструменты 7, длина которых подобрана с учетом необходимости обработки края диска, равномерно расположенные по окружности и подключенные к источнику питания. Во время обработки электродвигатель 5 будет вращать оправку, обеспечивая поочередные соударения проволочных электродов с диском-заготовкой, вследствие чего между ними будет происходить электрический контакт. Частотой протекания электрических разрядов в этом случае можно управлять за счет изменения скорости вращения электродвигателя 5.

Данная технологическая схема характеризуется возможностью простого управления получаемым на поверхности диска рельефом. Размер и глубина лунок, образующихся на поверхности, зависят от напряжения обработки, регулируемого источником питания, а частоту их нанесения при неизменной скорости вращения электродвигателя 2 определяет скорость вращения электродвигателя 5. При этом совершенно очевидно, что полученный на поверхности рельеф будет иметь односторонний характер, то есть лунки будут располагаться на стороне обработки, определяемой направлением вращения электродвигателя 5. Для получения симметричного двухстороннего рельефа необходимо производить реверсирование двигателя и повторную обработку.

Для проведения испытаний полученных после электроконтактной обработки дисков планируется использовать отдельную установку (рисунок 2), которая бы позволила распиливать с помощью полученных дисков заготовки из различных материалов.

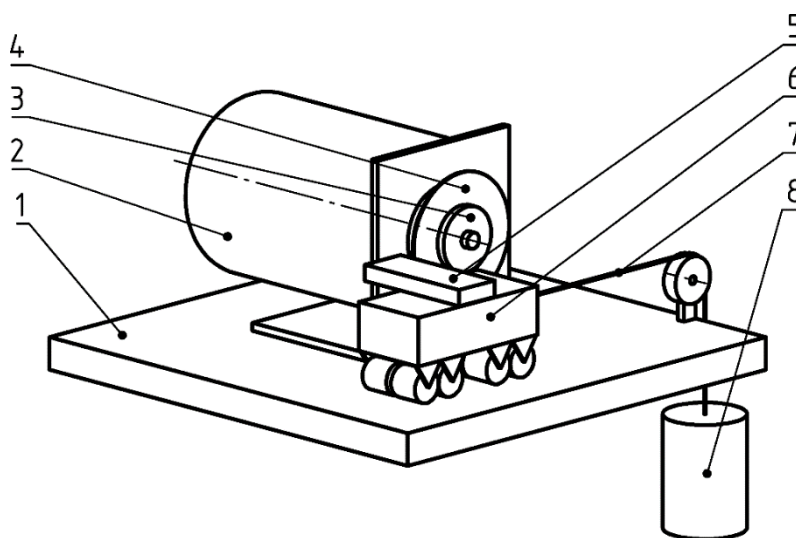


Рисунок 2 – Технологическая схема распиливания заготовки диском

На достаточно массивном для поставленных задач основании 1 закреплен высокооборотистый электродвигатель постоянного тока 2, на валу которого с помощью оправки 3 установлен и жестко закреплен используемый диск 4. Заготовка 5 закреплена на платформе 6, установленной на основании 1 с помощью направляющих качения. Платформа 6 нитью 7 связана со свободно висящим грузом 8.

Таким образом в данной технологической схеме реализована гравитационная подача заготовки, которая по мере углубления в ней пропила под действием массы груза будет продвигаться к диску, тем самым обеспечивая его внедрение в материал. Скорость распиливания и силу прижима заготовки предполагается регулировать путем изменения массы груза.

Литература

1. Киселев М.Г., Дроздов А.В., Москаленко А.В., Богдан П.С. Влияние режимов электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента на величину сил резания в процессе распиливания им материалов без использования абразивной суспензии. Вестник БРУ, № 1(42), 2014.

2. Киселев М.Г., Дроздов А.В., Габец В.Л., Богдан П.С. Экспериментальная оценка режущей способности штрипс с модифицированной путем электроконтактной обработки рабочей поверхностью. Механика машин, механизмов и материалов, № 3(28), 2014.

О.С. Валюкевич (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)

Науч. рук. **А.С. Антонов**, ст. преподаватель

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ ПОЛИАМИДОВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

Введение. Основным критерием надежности и долговечности работы машин и механизмов является работоспособность пар трения. Износ движущихся элементов приводит к преждевременному выходу их из строя. Для создания надежной техники требуется наличие износостойких материалов и покрытий, эксплуатируемых в широком диапазоне нагрузок, скоростей, температур и работоспособных в различных средах, и климатических условиях.

В современном машиностроении при создании узлов трения наибольшую значимость приобретают полимерные материалы и композиты

на их основе. Среди наиболее применяемых полимерных материалов являются алифатические полиамиды разных марок, имеющие благоприятное сочетание комплекса вязкостно-прочностных и триботехнических характеристик [1, 2].

Целью работы являлась разработка составов и технологий композиционных материалов на основе алифатических полиамидов для триботехнических покрытий металлополимерных систем.

Методика исследований. Объектом исследований являлись триботехнические покрытия шлицевых втулок карданных валов производства ОАО «Белкард». По традиционной технологии на ОАО «Белкард» применяют покрытия из импортного материала на базе полиамида 11 торговой марки Rilsan® (Arkema, Франция), в качестве подслоя используют эпоксидный состав Primgreen® (Франция). Материал Rilsan® поставляется в виде порошка с дисперсностью частиц до 80 мкм.

Для разработки составов композиционных материалов в качестве матричного компонента использовали полиамид 6, промышленно выпускаемый ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот». Порошок из ПА 6 получали измельчением гранулята по криогенной технологии в мельнице роторного типа. С помощью набора вибросит выделяли необходимую для формирования качественного покрытия фракцию порошка из ПА 6 (80-180 мкм). В качестве модификатора применяли пылевидный графит ТУ 48-4802-20-90 производства ООО «ГрафитЭл – Московский Электродный Завод». Компоненты композиционного материала перемешивали в смесителе барабанного типа до получения однородного состава. Композиты на основе полиамида 6 формировали следующих составов: 1) ПА6 + 0,1 масс.% графита; 2) ПА6 + 0,5 масс.% графита. С целью образования на поверхности образцов антикоррозионной пленки и улучшения адгезионных свойств полимерного покрытия предварительно наносили фосфатный слой. Толщина формируемых композиционных покрытий составляла 250-350 мкм. Формирование покрытий осуществляли в псевдооживленном слое порошка.

Физико-механические характеристики покрытий оценивали по общепринятым методикам [3, 4].

Результаты и их обсуждение. Измерения адгезионных характеристик полимерных покрытий (таблица 1) свидетельствуют о том, что наилучшими значениями адгезионной прочности обладает полиамид 6 и композит ПА6 + 0,1 масс.% графита. При введении в композиционный материал более 1 масс.% графита происходит отслаивание покрытий в результате снижения их адгезионных характеристик.

Результаты исследований энергетических характеристик покрытий показаны в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты испытаний на адгезионную прочность

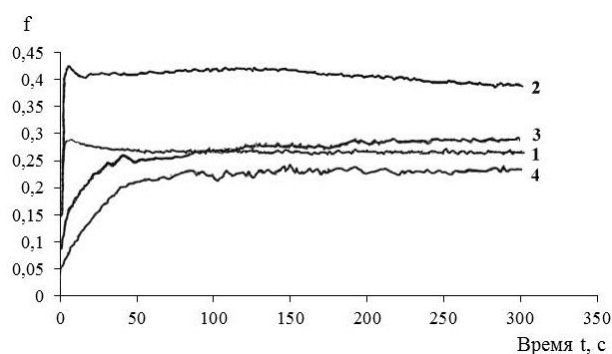
№ п/п	Материал покрытия	Балл
1	ПА 6	1
2	ПА 11	2
3	ПА6 + 0,1 масс.% графита	1
4	ПА6 + 0,5 масс.% графита	3

Результаты триботехнических испытаний (рисунки 1, 2) показали, что введение графита в матричный компонент полиамида 6 оказывает благоприятное модифицирующее воздействие на коэффициент трения и износостойкость функциональных покрытий.

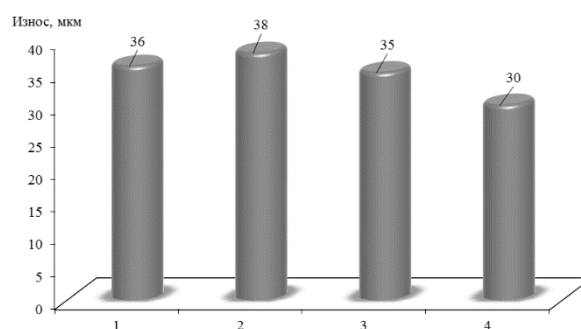
Таблица 2 – Энергетические характеристики покрытий

№ п/п	Материал подложки	θ_1 , град	θ_2 , град	дисперсный компонент $\times 10^{-5}$, Дж/м ²	полярный компонент $\times 10^{-5}$, Дж/м ²	поверхностная энергия $\times 10^{-5}$, Дж/м ²
1	ПА 6	52	62	11,2	204,1	215,3
2	ПА 11	46	48	41,6	170,5	212,1
3	ПА6 + 0,1 масс.% графита	62	55	72,3	88,7	161,0
4	ПА6 + 0,5 масс.% графита	65	56	82,1	73,6	155,7

Примечание: θ_1 – краевой угол смачивания дистиллированной воды; θ_2 – краевой угол смачивания глицерина



а)



б)

1 – ПА11; 2 – ПА6; 3 – ПА6 + 0,1 масс.% графита;
4 – ПА6 + 0,5 масс.% графита
а – коэффициент трения; б – износ

Рисунок 1 – Зависимость триботехнических характеристик от времени для покрытий из алифатических полиамидов по схеме «три индентора – по неподвижному диску» на микротрибометре FT-2 при скорости скольжения $V = 0,016$ м/с и нагрузке $N = 20$ Н

Заключение. Разработаны составы и технологии триботехнических покрытий на основе полиамида 6, модифицированного графитом в количестве до 1 масс.%, которые могут заменить импортные аналоги Rilsan® для шлицевых втулок карданных валов.

Литература

1. Кравченко, В.И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В.И. Кравченко, Г.А. Костюкович, В.А. Струк; под ред. В.А. Струка. – Мн.: Тэхналогія, 2006. – 409 с.
2. Структура и технология триботехнических покрытий на деталях трения металлополимерных систем / В.А. Струк [и др.] // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Я. Купалы. Серыя 6, Тэхніка. – 2011. – №1 (116), – С. 62–68.
3. ГОСТ 8832-76, RU. Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытания. – Переизд. октябрь 2010. – Взамен ГОСТ 8832-58; введ. РБ 17.12.92. – Минск: БелГИСС, 2010. – 12 с.
4. Напреев, И.С. Управление трибологическими характеристиками подшипниковых узлов методом эпиламирания: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.02.04 / Ин-т механики металлополимер. систем им. В.А. Белого Нац. Акад. наук Беларуси. – Гомель, 1998. – 112 с.

Г.В. Василевский (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Н. Н. Федосенко**, канд. техн. наук, доцент

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ПРИ ИЗГИБАХ ОПТОВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ

При изгибе оптоволокна появляются дополнительные потери энергии. Эти потери быстро растут после достижения определенного критического радиуса изгиба. Этот критический радиус может быть очень мал (всего несколько миллиметров) у волокон с высокой числовой апертурой, тогда как допустимый радиус изгиба гораздо больше (часто десятки сантиметров) для волокон в одномодовом режиме с большой площадью поперечной моды.

В большинстве случаев потери при изгибе сильно возрастают при больших длинах волн. Зависимость потерь от длины волны сильно определяется наличием интерференции света, отраженного от оболочки / границы покрытия и/или от внешней поверхности покрытия. Увеличение потерь при изгибе волокна на больших длинах волн

ограничивает диапазон пропускания одномодовых волокон. Например, волокно с одномодовым режимом с длиной волны отсечки 800 нм, которое можно использовать в диапазоне до 1 мкм, он не может быть использовано для 1500 нм, так как потери при изгибе на этой длине волны будут очень большими.

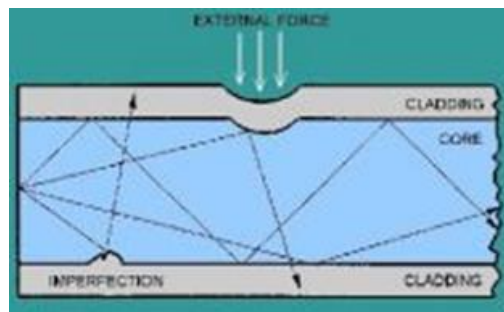


Рисунок 1 – Прохождение волны при микроизгибе

Известно, что даже при отсутствии макроскопических изгибов волокна, все равно могут быть потери, вызванные микроизгибами, то есть микроскопическими неровностями (нарушениями структуры) в волокне, которые объясняются несовершенством технологии изготовления.

В многомодовых волокнах критический радиус изгиба, как правило, меньше для поперечных мод более высокого порядка. При правильном определении радиуса изгиба можно внести значительные потери для мод более высоких порядков, не затрагивая моды низших порядков. Это свойство часто используется при конструировании волоконных усилителей и волоконных лазеров большой мощности, где может быть достигнута большая эффективная площадь поперечной моды, когда используется волокно с множеством поперечных мод.

Для оценки величины потерь при изгибе используется метод эквивалентного индекса. Основная идея этого метода состоит в вычислении распределения мод для эффективного индекса, который показывает темп изменения длины пути в разных поперечных точках выходной апертуры. Он удобен и, как правило, хорошо аппроксимируется, однако предусматривается, что это не отраженный свет, например, от поверхности внешней оболочки обратно в ядро волокна. Более сложные методы включают такие эффекты, и таким образом выявляют полную зависимость от длины волны, однако они сложнее в использовании.

Величина потерь при изгибе в некоторой степени зависит от поляризации излучения. Это используется, например, для получения стабильного линейно-поляризованного излучения в волоконных лазерах.

Замечено, что изгибы являются причиной не только потерь, но и уменьшения эффективной площади поперечной моды. Это особенно заметно для волокон со ступенчатым профилем, которые имеют большую площадь поперечной моды. Также изгибы вызывают двулучепреломление.

Фотоннокристаллические волокна могут иметь низкие потери при изгибе, даже превышая длину волны отсечки одномодовых волокон. Поэтому они могут работать в «бесконечно одномодовом режиме» (endlessly single-mode), то есть они имеют хорошие характеристики в одномодовом режиме в очень большом волновом диапазоне.

Литература

1. Лазерный Портал [Электронный ресурс] / Потери при изгибе оптоволокна – URL: http://www.laserportal.ru/content_303___ – дата доступа: 11.05.2015.

2. Хайдаров К. Теоретические основы электротехники и электроники [Электронный ресурс] – 2008. – 24 мая. – URL:<http://bourabai.kz/toe/radio6.htm> – дата доступа: 24.05.2014.

Е.В. Вилейшикова (БГУ, Минск)

Научн. рук. **П.А. Лойко**, канд. физ.-мат. наук (БНТУ, Минск);

О.С. Дымшиц, канд. хим. наук (НИТИОМ ВНЦ

«ГОИ им. С.И. Вавилова, Санкт-Петербург)

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЕВРОПИЯ В СТЕКЛОКЕРАМИКЕ С НАНОКРИСТАЛЛАМИ НИОБАТОВ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ (Eu, Yb)NbO₃

Наноразмерные кристаллы, активированные редкоземельными ионами, обладают специфическими спектральными свойствами, которые оказываются полезными в многочисленных приложениях нанофотоники. В работе исследуются спектрально-люминесцентные свойства ап-конверсионных стеклокерамик с нанокристаллами (Eu, Yb)NbO₄. Материалы были созданы и их структура исследована в НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова (И.П. Алексеева, О.С. Дымшиц, А.А. Жилин). Ранее исследованные стеклокерамики с нанокристаллами (Er, Yb)NbO₄ демонстрировали высокую эффективность возбуждения люминесценции ионов эрбия [1]. Новые стеклокерамики получены на основе стекла системы Li₂O–Al₂O₃–SiO₂ с добавлением Eu₂O₃, Yb₂O₃ и Nb₂O₅. Стекло синтезировано при 1560 °С. С целью удаления гидроксогрупп

в процессе варки стекломасса барботировалась кислородом на протяжении 0,5 ч. После охлаждения стекло было термообработано в диапазоне температур 640–1100 °С, что привело к выделению и росту нанокристаллов редкоземельных ортониобатов, $(Eu, Yb)NbO_4$, в объеме стеклофазы. Размер этих кристаллов по данным РФА составляет 7–15 нм и увеличивается с ростом температуры и времени вторичной обработки. Методом РФА установлено, что кристаллы $(Eu, Yb)NbO_4$ тетрагональной симметрии перекристаллизуются в кристаллы моноклинной симметрии при температуре термообработки выше 950 °С. Кристаллы $(Eu, Yb)NbO_4$ служат нуклеаторами объемной кристаллизации твердых растворов β -кварца размером 70–80 нм.

Для исследования процесса кристаллизации редкоземельных ортониобатов зарегистрированы спектры электронного поглощения образцов, полученных термообработкой при различных температурах. Ион Eu^{3+} имеет электронную конфигурацию $4f^6$ с глубоколежащим термом 7F_1 (в области 0–5000 cm^{-1}), а также высоколежащими состояниями, начиная с 5D_0 , расположенными выше 17000 cm^{-1} . Yb^{3+} , в свою очередь, имеет полосы поглощения только в области 10000 cm^{-1} . На рисунке 1 приведены спектры поглощения образцов, относящиеся к переходу Eu^{3+} из основного состояния 7F_0 в высоколежащий мультиплет 5L_6 (а), и полоса, соответствующая переходу иона иттербия $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ (б). С увеличением температуры вторичной термообработки полосы поглощения Eu^{3+} смещаются в длинноволновую область спектра.

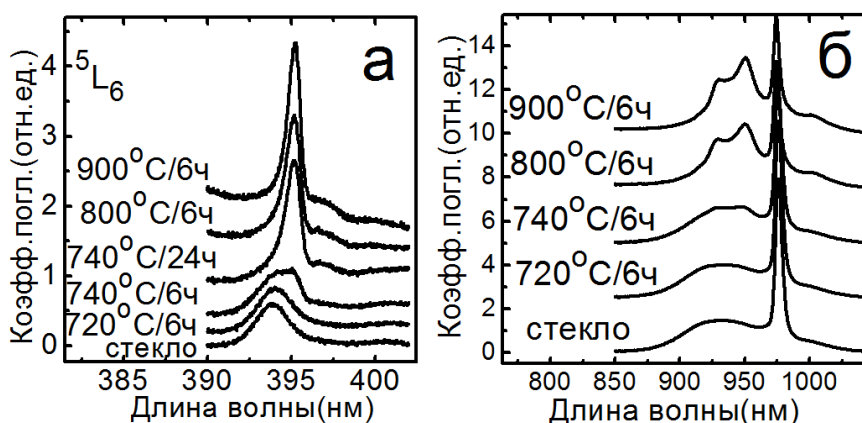


Рисунок 1 – Спектры поглощения исходного стекла и стеклокерамик

На рисунке 1 (а) прослеживается увеличение интенсивности, сужение и смещение положения максимума полосы от ~393 нм к 395 нм. Такое смещение связано с образованием кристаллической фазы

EuNbO_4 . Увеличение сечения поглощения Eu^{3+} на этих переходах в стеклокерамике может свидетельствовать об изменении природы лигандов за счет кристаллизации ортониобатов редких земель. Заключение о вхождении ионов иттербия в нанокристаллы сделано на основании структурирования полосы поглощения Yb^{3+} , наблюдаемого в спектрах образцов при увеличении температуры термообработки, рисунок 1 (б).

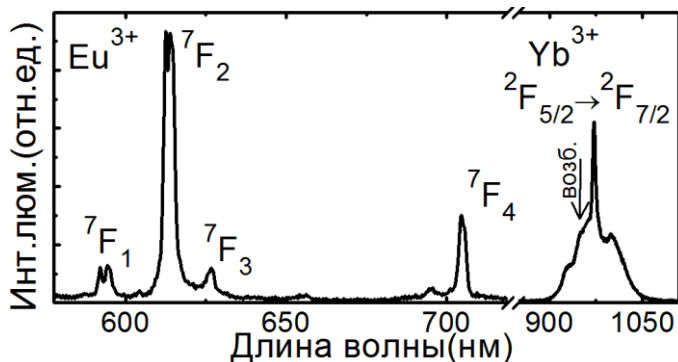


Рисунок 2 – Спектр ап-конверсионной люминесценции стеклокерамики (термообработка при 1000 °С)

Кооперативная люминесценция ионов иттербия и высокое сечение поглощения ионов европия позволяют наблюдать в такой системе перенос энергии от возбужденной пары ионов $\text{Yb}^{3+} - \text{Yb}^{3+}$ к иону Eu^{3+} . На рисунке 2 приведен спектр ап-конверсионной люминесценции ионов Eu^{3+} при возбуждении люминесценции в полосу поглощения ионов иттербия ${}^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$. Интенсивная антистоксова люминесценция является результатом эффективного заселения состояния 5D_0 за счет переноса энергии от возбужденной пары $\text{Yb}^{3+} - \text{Yb}^{3+}$ с удвоенной энергией перехода ${}^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$. В спектрах люминесценции наблюдается сужение и структурирование полос по сравнению со спектром стекла, а также увеличение эффективности ап-конверсии, объясняемое кристаллизацией $(\text{Eu}, \text{Yb})\text{NbO}_4$. При увеличении температуры термообработки слабая уширенная полоса полносимметричного перехода ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_0$ с максимумом в области 578 нм исчезает. В то же время возрастает интенсивность электрических дипольных переходов ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_{2,4}$. Это говорит об изменении симметрии окружения ионов Eu^{3+} [2]. Действительно, согласно данным РФА симметрия кристаллов изменяется с тетрагональной на моноклинную.

Для исследования процесса образования нанокристаллов $(\text{Eu}, \text{Yb})\text{NbO}_4$ при термообработке была измерена кинетика затухания люминесценции образцов при возбуждении в полосу ${}^7F_0 \rightarrow {}^5D_1$ (532 нм)

и при регистрации люминесценции в канале ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ (610 нм). В исходном стекле кинетика затухания имела моноэкспоненциальный характер. После термообработки на кривой затухания люминесценции образца появляется быстрая компонента, относящаяся к затуханию люминесценции Eu^{3+} сначала в аморфных областях неоднородности, обогащенных оксидами Eu, Yb и Nb (700 °C), а затем в кристаллах $(Eu, Yb)NbO_4$ (740 °C), кривые затухания приобретают двухэкспоненциальный характер (рисунок 3(а)). Среднее время жизни состояния 5D_0 уменьшается от 500 мкс до 160 мкс. Кривая затухания люминесценции образцов, полученных термообработкой при 1000 °C, вновь становится моноэкспоненциальной (рисунок 3(б)). Основной вклад в люминесценцию вносят ионы Eu^{3+} в кристаллах $(Eu, Yb)NbO_4$ с меньшим временем жизни состояния 5D_0 , чем в исходном стекле, что означает, что практически все ионы Eu^{3+} переходят в кристаллическую фазу.

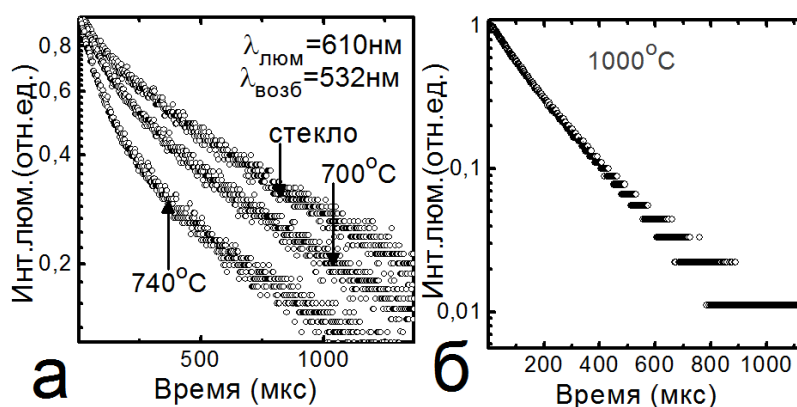


Рисунок 3 – Кривые затухания люминесценции стеклокерамики

Литература

1. Dymshits O. S. et al. // J. Lumin. – 2015. – V. 160. – P. 337–345.
2. Binnemans K., Görller-Walrand C. // J. Rare Earths. – 1996. – V. 14. – №. 3. – P. 173–180.

М.М. Войтович (УО ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

Научн. рук. **А.А. Казьмин**, преподаватель

СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОРА КИСЛОРОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

При дополнительной подаче кислорода в цилиндры значительно повышается мощность двигателя. Мощность повышается за счёт сгорания

дополнительной порции топлива, окисленный дополнительной подачей кислорода.

В некоторые моменты водитель нуждается в резком ускорении и таком же сбросе скорости, например, при обгоне или резком старте, или других аналогичных случаях. Однако специально тюнинговать и полностью переделывать двигатель своего автомобиля ради этого желает не каждый, а если и желает, то не всегда желания совпадают с возможностями, в данном случае с финансовыми. Именно для таких людей, жаждущих скорости, существует более дешевый альтернативный вариант увеличить мощность двигателя под названием – подача дополнительного кислорода.

Задачей разработки является создание оборудования для получения и подачи кислорода.

Поставленная задача достигается применением специального оборудования (например, АРМЕД 7F-5) для получения кислорода из воздуха. Полученный кислород хранится в баллонах под давлением до 1 МПа. Для увеличения мощности двигателя, что влечёт за собой лучшее ускорение автомобиля, необходимо нажать на кнопку подачи кислорода. Кислород подаётся вместе с топливом.

Принцип работы прибора – выделение кислорода из воздуха. Далее полученный кислород заполняет баллон объёмом 20 литров, и под давлением 1 МПа. Для повышения мощности ДВС на 50 % необходимо повысить концентрацию кислорода в воздухе до 30 %. В атмосферном воздухе содержание кислорода равно 21 %. Продолжительность непрерывной подачи дополнительного кислорода в двигатель – приблизительно 10 с. Безопасным для современных ДВС считается повышение мощности, не превышающее 50 %. Количество топлива, расходуемое за 10 с – 0,15 л. Количество воздуха – 500 л. Количество необходимого дополнительного кислорода – 210 л. Используемый прибор: концентратор кислорода АРМЕД 7F-5: производительность – 5 л в минуту. Концентрация кислорода 90 %. Размер: 430 мм х 360 мм х 595 мм. Вес: 24,5 кг. [1]

В результате применения прибора концентратора кислорода добывается кислород, который обогащает топливо-воздушную смесь автомобиля – повышается динамичность автомобиля.

Литература

1. Концентратор кислорода АРМЕД 7F-5 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.armed.ru/catalog/763/3586/>. Дата доступа: 29.12.2014

А.В. Гуненко (УО «МГПУ им. И.П. Шамякина», Мозырь)
Науч. рук. **В.С. Савенко**, д-р техн. наук, профессор

ЭЛЕКТРОННО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ СТАТИСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ РАСТЯЖЕНИИ

Основной задачей современного машиностроения является получение материалов с новыми комплексами физико-механических характеристик, удовлетворяющих высоким эксплуатационным свойствам при обработке металлов давлением в условиях действия внешних энергетических воздействий, например электропластической деформации металлов. При реализации явления электропластичности улучшается микроструктура металла, что как правило реализуется созданием микрозернистого строения при уменьшении размера зерна. Значительный интерес представляют нанокристаллические материалы [1–2].

Для экспериментальных исследований была создана установка позволяющая нагружать образец статической силой с равномерным ростом деформации во времени. Образцы испытывались на разрыв с записью зависимости величины растягивающей силы от времени. В первой серии экспериментов для реализации электропластической деформации через образцы пропускался импульсный ток 10^3 А/мм² длительностью 10^{-5} с. При пропускании тока в образце наблюдались динамические деформации с осцилляциями деформирующих усилий (рисунок 1).

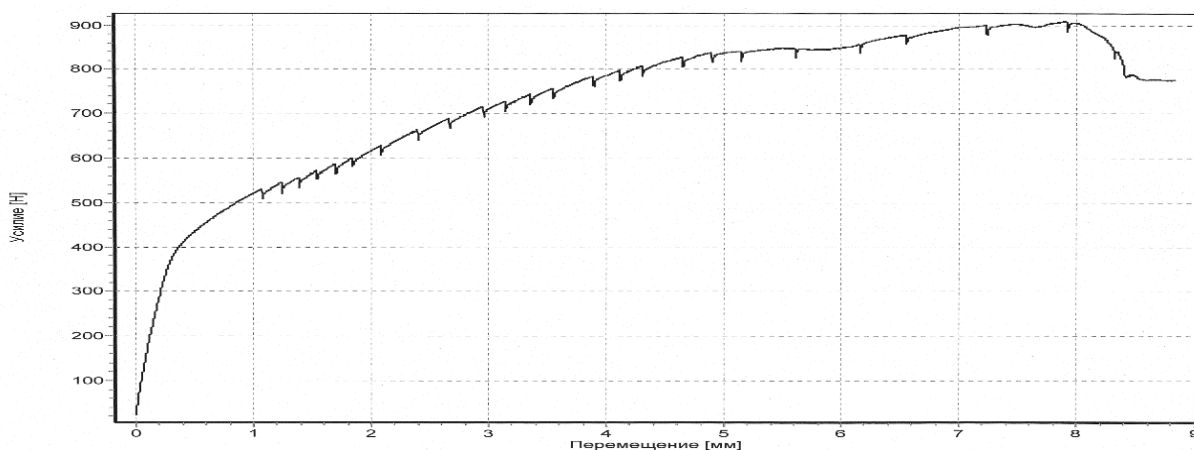


Рисунок 1 – Осцилляции деформирующих усилий при статическом нагружении образцов при прохождении импульсов тока.

Контроль динамических воздействий выполнялся измерением ускорений образца с применением трехосевого пьезоэлектрического датчика,

сигналы с которого записывались через устройство сбора данных. В контрольной серии экспериментов образцы деформировались без тока. Исследование микроструктуры образцов проведено с использованием растрового электронного микроскопа LEO 1455VP (Carl Zeiss). Наблюдение осуществлялось

В ходе исследований был проведен морфологический анализ с выделением гистограмм по классам, с определением контроля физико-механических свойств материала, основанного на измерении микротвердости. Произведен анализ экспериментальных и теоретических данных с учетом коэффициентов парной корреляции и регрессии для верности. При помощи программного пакета Matlab 7.1 была проведена интерполяция бикубическими сплайнами экспериментальных данных с целью усреднения трехмерных графиков.

Морфологический анализ микроструктуры образцов по различным параметрам показал существенную зависимость от внешних энергетических воздействий, при пропуске импульсов тока.

Расчет по параметру: Площадь

Объекты распределены по параметру Площадь на 10 интервалов.

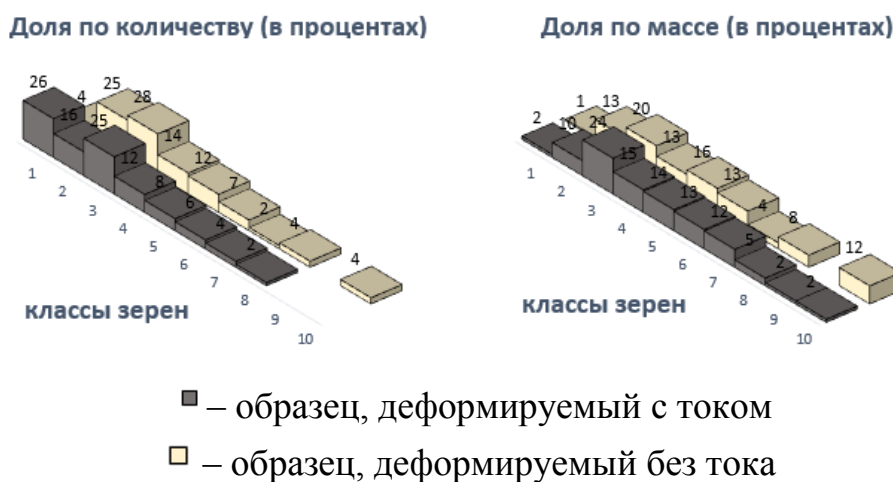
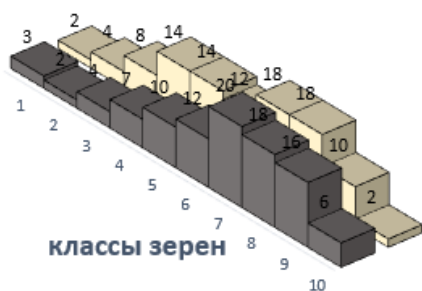


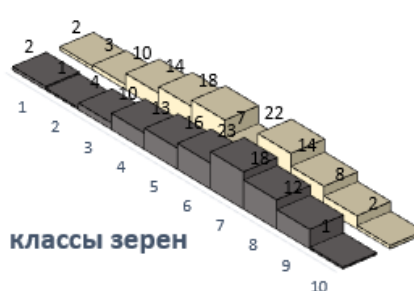
Рисунок 2 – Сравнительный график по параметру площади

В условиях реализации электропластической деформации наблюдается модификация микроструктуры с уменьшением площади и периметра зёрен (рисунок 2), т. е. происходит дробление зёрен и микроструктура деформационной части образца становится мелкозернистой, зерна принимают более округлую форму с уменьшением удлинения зерна, с преимущественной ориентацией аксиальной структуры, существенно уменьшается длина, ширина и удлинение зерен, вертикальная и горизонтальная проекция зерен (рисунки 3, 4).

Доля по количеству (в процентах)



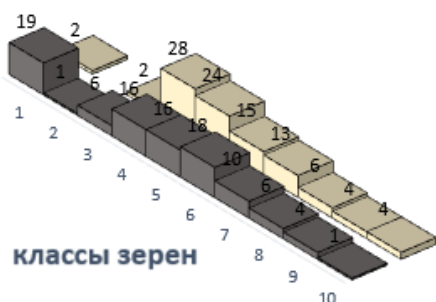
Доля по массе (в процентах)



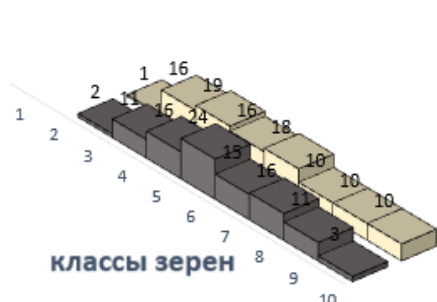
■ – образец, деформируемый с током
 □ – образец, деформируемый без тока

Рисунок 3 – Сравнительный график по параметру фактор формы

Доля по количеству (в процентах)



Доля по массе (в процентах)



■ – образец, деформируемый с током
 □ – образец, деформируемый без тока

Рисунок 4 – Сравнительный график по параметру длина

Исследования по параметру длина зерна показали, что наибольшему деформационному влиянию подвержены образцы с направлением импульса тока от плюса к минусу.

Литература

1. Савенко, В.С. Фундаментальные и прикладные исследования электропластической деформации металлов: монография / О.А. Троицкий, В.С. Савенко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 375 с.
2. Троицкий, О.А. Физические основы и технологии обработки современных металлов: в 2 т. / О.А. Троицкий [и др.]. – Ижевск – Москва: Изд-во РХД, Т 1. – 590 с., Т 2. – 467 с.
3. M. Molotskii, V. Fleurov // J Phys. Chem. B. – 2000. – v. 104. – P. 3812–3816.
4. A.F. Sprecher, S.L. Mannan, H. Conrad // Acta Met. 34,1145 (1986).

А.А. Гуца (УО «ПГУ», Новополоцк)
Науч. рук. **А. В. Дудан**, канд. техн. наук, доцент

НАНОРАЗМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, ПОВЫШАЮЩИЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Повышение износостойкости и срока службы трибосопряжений машин и механизмов является важной народнохозяйственной проблемой, решаемой на всех стадиях их изготовления, монтажа, эксплуатации и ремонта.

Одним из перспективных и интенсивно развивающихся направлений повышения износостойкости поверхностей трения является разработка смазочных материалов, содержащих наноразмерные добавки, представляющие собой твёрдые нерастворимые вещества с характерными размерами от 0,1 нм до нескольких десятков нм, которые поддерживают высокие антифрикционные и противоизносные свойства базового смазочного материала в процессе трения.

Зарубежными и отечественными учёными разработано множество различных композиций на основе минералов естественного и искусственного происхождения, получивших наименование геомодификаторы трения (ГМТ). Попадая на поверхности трения вместе с маслом или в составе пластичной смазки, они инициируют процесс формирования на трущихся поверхностях наноразмерной структуры с высокой износостойкостью и малым коэффициентом трения. В результате применения концентрированной взвеси ГМТ на основе серпентина с дисперсностью природного минерала 0,01–5 мкм в механизмах и устройствах на 50–70 % снижаются износ узлов трения, в 1,5–2 раза потери на трение и на 50–100 % виброактивность [1]. Это обусловлено увеличением фактической площади контакта и формированием на исходной структуре динамического ультратонкого слоя углеводородных цепочек, частиц ГМТ и продуктов износа менее микрометра (квасисжиженный слой).

На основе серпентина и сопутствующих ему примесей разработан состав для обработки пар трения, который включает мелкодисперсный порошок алмаза или шунгита и металлосодержащую добавку – смесь мелкодисперсных порошков металлов, выбранных из металла основы и металлов, образующих устойчивые системы с материалом основы, взятые из ряда Cr, Ni, Mo, Nb, Ti и их сплавы [2]. Такое сочетание компонентов обеспечивает формирование прочносвязанного с поверхностью трения модифицированного упрочненного поверхностного

слоя заданного состава, и за счет этого достигается стабильное уменьшение износа и коэффициента трения механизмов и машин. Например, для пары трения сталь45 – сталь45, поверхности которой обработаны таким составом, характерны следующие технико-эксплуатационные показатели: твердость 390–410 НРС, коэффициент трения 0,006–0,008, компенсация износа 1–3 мм [2].

К современным наноразмерным добавкам также относится ультрадисперсный алмазографитовый порошок (УДП-АГ). Алмаз исполняет роль абразивного материала, за счет чего в процессе эксплуатации происходит субмикрорезание одиночных микровыступов, что приводит к заметному увеличению фактической площади контакта пар трения, чем обеспечивается противоизносная эффективность. Представленные в работе [3] результаты исследований показывают, что введение УДП-АГ в пластичную смазку ЦИАТИМ-201 повышает её антифрикционные свойства, позволяет снизить рабочую температуру узла трения на 13–15 %, коэффициент трения скольжения на 25–32 % и уменьшить шероховатость трущихся поверхностей в 1,5–2 раза.

При совместном использовании УДП железа и УДП алмазографита на поверхности трения образуется алмазо-металлический композит, сочетающий высокую твердость, плакирующие свойства (толщина слоя до 4 мкм), а также обеспечивающий синергетический эффект (коэффициент трения на стадии приработки не превышает 0,23 для пары сталь3 – сталь3) [4].

В качестве полимеробразующей композиции в смазочных материалах широко используется политетрафторэтилен (ПТФЭ) и его модификации. В результате на поверхностях трения формируется тонкое (около 1 мкм) структурированное покрытие, обеспечивающее повышенную адгезию, противоизносный и антифрикционные эффекты. Эффективность препаратов определяется уровнем ультрадисперсности ПТФЭ, диспергированием частиц в растворителе, наличием поверхностно-активных веществ (ПАВ), усиливающих механическое взаимодействие.

Также в настоящее время известно большое число смазочных средств, в состав которых введены дисперсные ферромагнетики. Практическое значение имеют переходные металлы, а также некоторые их интерметаллические соединения, например железо-никель, железо-кобальт. Наиболее широко применяют магнетит. Он имеет хорошую адсорбционную способность по отношению к ПАВ, а также способен образовывать коллоидные дисперсии с высокой намагниченностью. Магнетит входит в состав многих металлоплакирующих смазок. Разделительный слой, препятствующий взаимодействию деталей

узла трения в таких смазках, формируют частицы металлов или металлосодержащие соединения, заполняя микронеровности поверхностей трения и уменьшая тем самым величину контактного давления. В качестве таких добавок используют высокодисперсные порошки цинка, бронзы, меди, свинца и некоторые др. с размером частиц 10–40 мкм, соли монокарбоновых кислот с металлами или металлический. При формировании мелаллоплакирующей плёнки в зоне контакта происходит ускорение переноса магнитоактивных частиц из объёма смазки, что обеспечивает снижение износа, момента трения и повышения противозадирной стойкости узлов трения [5].

Рассмотренные в статье наноразмерные добавки позволяют значительно повысить износостойкость поверхностей трения (до 70 %), технико-эксплуатационные показатели в 1,5–2 раза, сократить продолжительность и улучшить качество их приработки, понизить температуру работающих узлов (до 15 %), уровень шума и вибрации, что существенно влияет на повышение надёжности и срока службы механизмов и машин.

Литература

1. Состав для повышения износостойкости узлов трения при эксплуатации: патент 2176267 РФ МПК С10М125/26. / Лавров Ю. Г., Половинкин В. Н.; заявитель Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова. – заявл. 22.02.2000; опубл. 27.11.2001, бюл. № 36.

2. Состав для обработки пар трения и способ его изготовления: патент 2168662 РФ, МПК С10М 125/02. / Александров С. Н. [и др.]; заявитель С. Н. Александров. – №2000115545/04; заявл. 15.06.2000; опубл. 10.06.2001, бюл. № 16.

3. Повышение свойств пластичных смазочных материалов применением ультрадисперсного наполнителя / Докшанин С.Г. / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, – 2011. – Т.13, № 1(2), С. – 365–368.

4. Металлоплакирующая присадка: патент 2178803 РФ МПК С 10М 125/02. / Никитин Е. В. [и др.]; заявитель Государственное предприятие «Комбинат «Электрохимприбор». – Заявл. 16.12.1999; опубл. 27.01.2002, бюл. № 3.

5. Теоретические основы использования пластичных смазок с ферромагнитными присадками в узлах трения / Михайлов В.В. [и др.] / Докл. Акад. воен. наук. – 2006. – № 6, С. – 60–66.

С.В. Денисюк (Институт физики НАН Беларуси, г. Минск)
Науч. рук. **Н.И. Мухуров**, д-р техн. наук, профессор

МОРФОЛОГИЯ ПЛЕНОК ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ПО ДАННЫМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Газовые сенсоры адсорбционно-резистивного типа на основе тонких пленок оксидов металлов, обладающих полупроводниковыми свойствами, выгодно отличаются от других типов сенсоров простотой конструкции, технологичностью, низкими себестоимостью и энергопотреблением, улучшенными метрологическими характеристиками [1]. Помимо традиционных газочувствительных оксидов (SnO_2 , In_2O_3 , WO_3) ведется поиск новых материалов [2]. Исследование оксидов железа представляет интерес в связи со свойством Fe образовывать ряд смешанных оксидов, состав которых зависит от условий окисления. Данная особенность позволяет путем варьирования параметров формирования металлооксидной пленки получать набор газочувствительных элементов с разными свойствами.

В данной работе методом РЭМ изучалась поверхность тонких пленок железа и оксидов железа, сформированных на подложках из анодного оксида алюминия (АОА). Формирование пленок Fe толщиной 0,3–0,4 мкм осуществлялось ионно-плазменным напылением в среде аргона. Пленки оксидов были получены путем термического окисления на воздухе пленки металла. Окисление осуществлялось на воздухе со скоростью нагрева 2 °С/мин в интервале температур 500–750 °С. Проведено исследование поверхности исходной пленки железа и пленок, подвергнутых термическому окислению при температурах 550, 580, 650 и 750 °С.

Пленка железа имеет мелкозернистую структуру (рисунок 1а), повторяющую морфологию поверхности подложки АОА. РЭМ-изображение поверхности образца (рисунок 1б), полученного окислением при температуре 550 °С, демонстрирует образование поликристаллической пленки с размерами отдельных зерен от 50 до 100 нм. Методом рентгенофазового анализа установлен фазовый состав полученной оксидной пленки: α -фаза Fe_2O_3 (гематит). Изображение поверхности образцов, полученных окислением тонкой пленки Fe при температурах 580 °С (рисунок 1в) и 650 °С (рисунок 1г), также демонстрирует поликристаллическую оксидную пленку с размером зерен от 50 до 100 нм. При температуре 750 °С происходит образование поликристаллической пленки с размерами отдельных зерен от 300 до 400 нм, что может быть объяснено агломерацией более мелких зерен (рисунок 1д).

Помимо основной фазы в интервале температур 550–650 °С наблюдается образование дополнительной фазы (предположительно Fe_3O_4) в виде игольчатых кристаллитов, количество и размеры которых зависят от температуры окисления (рисунки 1б–1г). Так при 550 °С кристаллиты имеют размер 200–300 нм, а с увеличением температуры окисления до 580 °С их размеры достигают 1 мкм. При 650 °С уменьшается размер кристаллитов (менее 100 нм) и их количество на поверхности пленки, а при 750 °С образование игольчатых кристаллитов не наблюдается.

Результаты исследования методом РЭМ поверхности пленок оксидов железа, полученных окислением на воздухе при разных температурах, демонстрируют заметные отличия в их структуре и составе. Поскольку свойства поверхности оксидных пленок непосредственно влияют на процессы абсорбции, то можно сделать вывод и о существенных отличиях в газочувствительных свойствах полученных образцов.

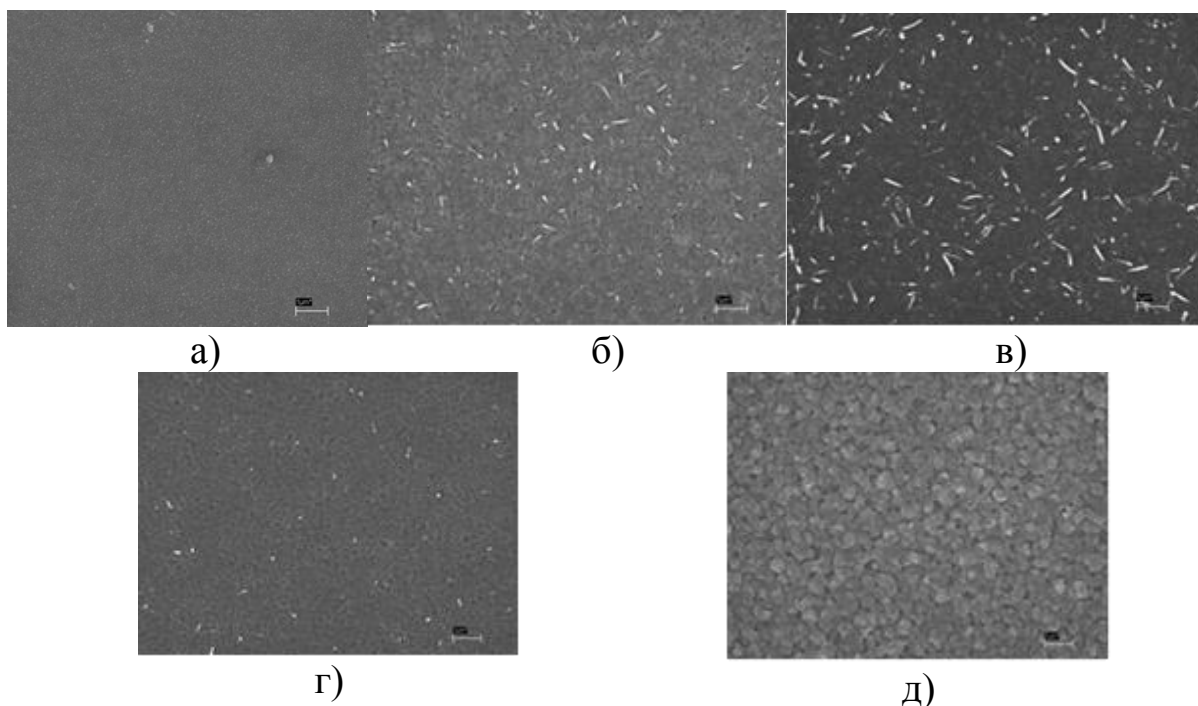


Рисунок 1 – РЭМ-изображения: а) исходной пленки Мо; пленка Мо, окисленная при температуре б) 550 °С, в) 580 °С, г) 650 °С, д) 750 °С.

Литература

1. Мухуров, Н.И. Устройства микромеханики и микросенсорики на нанопористом оксиде алюминия / Н.И. Мухуров, Г.И. Ефремов, О.Н. Куданович. – Мн.: Бестпринт, (2005), 112.
2. Yu-Feng Sun [et. al]. Sensors, (2012), 12(3), 2610–2631.

В.В. Зайковский, А.Ю. Жук
(УО «ГрГУ им. Янки Купалы», Гродно)
Науч. рук. П.И. Шупан, ст. преподаватель

ИМПУЛЬСНАЯ ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА В ЖИДКОСТИ

В настоящее время полимерные материалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в частности, машино- и автомобилестроения. Это обусловлено тем, что по ряду показателей, как низкая плотность, коррозионная стойкость, диэлектрические, антифрикционные, электротехнические, а также технологические свойства, пластмассы значительно превосходят традиционные материалы, используемые, например, при изготовлении элементов автомобиля. Для обеспечения перечисленных показателей и свойств необходимо создание новых функциональных материалов и композитов, содержащих в своем составе наночастицы [1;2]. Создание полимерных материалов с наночастицами является перспективным в связи с разнообразием размеров, формы, особенностями состава и строения нанобъектов, получаемых различными методами, что позволяет варьировать физические свойства композитных материалов, полученных с использованием наночастиц.

Наряду с такими методами получения наночастиц, как химические и биологические, перспективным является метод импульсной лазерной абляции (ИЛА) [3].

Под термином «лазерная абляция» понимают процесс удаления вещества под воздействием лазерного излучения с поверхности твердой мишени. Как правило, в качестве лазерной абляции рассматривают импульсное воздействие, что исторически связано с появлением первых импульсных лазеров. С тех пор в многочисленных экспериментах была осуществлена лазерная абляция как в газовых, так и в жидких средах, а также в разреженном состоянии и в вакууме [4].

Практический интерес представляет ИЛА твердых тел в жидкости, в частности, фторопласта 4, так как наночастицы генерируются в окружающей жидкости, вследствие чего образуется коллоидный раствор [5].

В работах [5-6] описана методика проведения ИЛА политетрафторэтилена (ПТФЭ) марки Ф-4 в дистиллированной воде.

Для проведения ИЛА использовался наносекундный Nd: YAG лазер марки LS-2147.

Схема установки при проведении ЛА представлена на рисунке 1.

Таким образом, метод импульсной лазерной абляции ПТФЭ в дистиллированной воде позволяет получать коллоидные растворы с содержанием частиц нанометрового и субмикронного уровня.

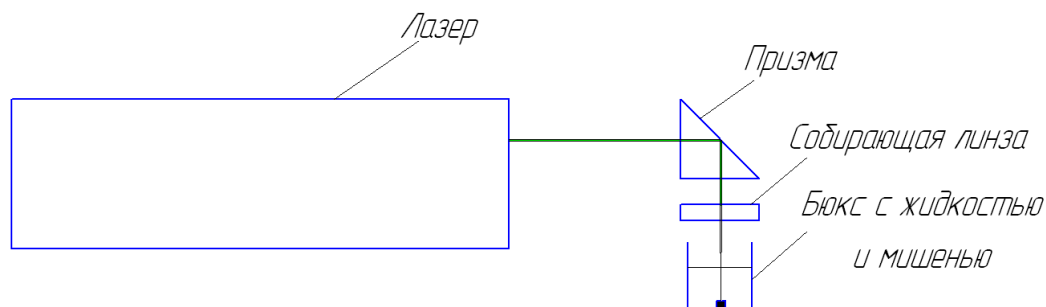


Рисунок 1 – Схема установки для получения наночастиц при импульсной лазерной абляции

С помощью атомно-силовой микроскопии получены изображения продуктов абляции ПТФЭ в дистиллированной воде (рисунок 2).

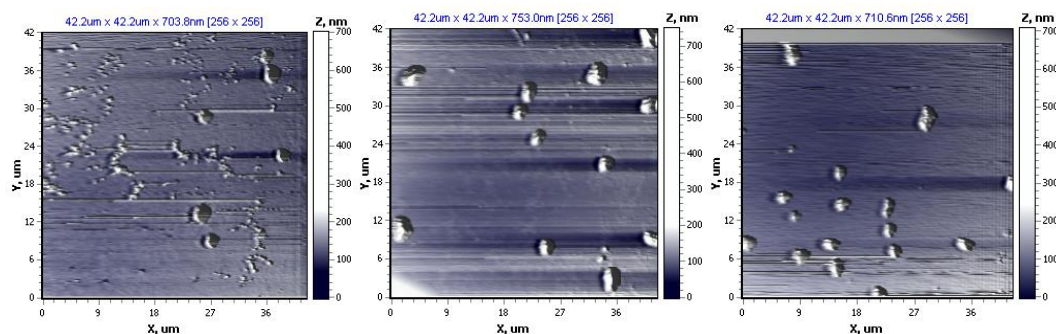


Рисунок 2 – АСМ-изображения частиц, полученные импульсной лазерной абляцией ПТФЭ в дистиллированной воде

Полученные суспензии с наночастицами могут использоваться для создания новых материалов, обладающих уникальными, ранее не известными, свойствами и эксплуатационными характеристиками. Например, для увеличения ресурса и улучшения энергоэкономических показателей двигателей внутреннего сгорания используются присадки к моторным маслам, содержащие наночастицы ПТФЭ в смеси с наноалмазами [7].

Литература

1. Серенко, О.А. Макромолекулярные наночастицы и полимерные наноконкомпозиты / О.А. Серенко, А.М. Музафаров // К 300-летию М.В. Ломоносова. – Вестник МИТХТ. – 2011. – Том 6, №5. – С. 47–52.

2. Филиппов, Ю.К. Полимеры в автомобилестроении. Учебное пособие по курсу «Полимеры в автомобилестроении» для студентов, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» / Ю.К. Филиппов, А.В. Рагулин, А.В. Сновалов // М., МГТУ «МАМИ». – 2007. – 66 с.

3. Макаров, Г.Н. Применение лазеров в нанотехнологии: получение наночастиц и наноструктур методами лазерной абляции и лазерной нанолитографии / Г.Н. Макаров // Успехи физических наук. – Июль 2013. – Том 183, №7. – С. 673–718.

4. Пячин, С.А. Новые технологии получения функциональных наноматериалов: лазерная абляция, электроискровое воздействие / С.А. Пячин, М.А. Пугачевский // Хабаровск, 2013. – 38 с.

5. Лещик, С.Д. Получение наночастиц лазерной абляцией твердых тел в жидкости в режиме наносекундных импульсов / С.Д. Лещик [и др.] // материалы Междунар. науч.-техн. конф., 1-5 декабря 2014 г. – Москва, МИРЭА. – INTERMATIC-2014. – Ч.2. – С. 84-87.

6. Шупан, П.И. Структура и свойства модифицированных наночастицами гальванических функциональных покрытий, наносимых на детали автомобильных компонентов: дис. ... магистр. техн. наук: 1-37 80 01 / П.И. Шупан; УО «Гродненский гос. ун-т им. Я. Купалы». – Гродно, 2014. – 55 с.

7. Балабанов, В.И. Автомобильные присадки и добавки / В.И. Балабанов, В.Ю. Болгов // М.: Эксмо, 2011. – 340 с.

С.А. Исаков, А.М. Полякова, Д.В. Повидайко
(УО «ГрГУ им. Я. Купалы» г. Гродно)
Науч. рук. **И.Г. Сергиенко**, преподаватель

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ

Смачивание представляет собой физическое взаимодействие жидкости с поверхностью твёрдого тела или другой жидкости. Смачивание, как известно, зависит от соотношения между силами сцепления молекул жидкости с молекулами (или атомами) смачиваемого тела и силами взаимного сцепления молекул жидкости.

Существует два варианта взаимодействия жидкости с поверхностью. При первом сила притяжения молекул жидкости больше притяжения молекулы жидкости к молекулам твёрдого тела. В результате образуется капелька. Примером такой капельки могут служить капли ртути на стекле. Во втором случае молекулы жидкости притягиваются

друг к другу слабее, чем к молекулам твёрдого тела. В результате жидкость стремится прижаться к поверхности, расплывается по ней (спирт на стеклянной поверхности). В таком случае говорят, что жидкость смачивает поверхность.

Точное определение краевого угла смачивания экспериментальным путем представляет определенные трудности. Поверхностное и межфазное натяжение жидкости измеряется несколькими методами, среди которых статические (метод отрыва кольца, метод вращающейся капли, метод висящей капли) и динамические (метод объема капли). Для определения степени смачивания твердых поверхностей используют метод лежащей капли, динамический метод Вильгельми или метод Вильгельми с единичным волокном[1].

Степень смачивания поверхности характеризуется краевым углом смачивания. Краевой угол θ смачивания является характеристикой гидрофильности (гидрофобности) поверхности. Используя метод лежащей капли, как показано на рисунке 1, данный угол определяется как угол между касательной АВ, проведенной к поверхности смачивающей жидкости, и смачиваемой поверхностью твердого тела.

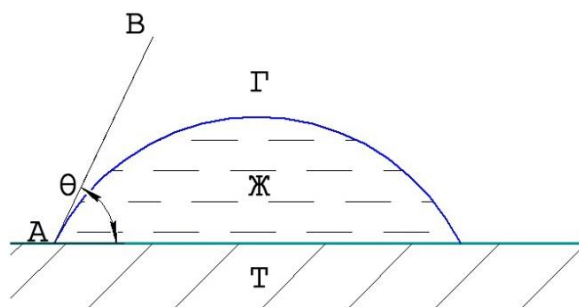


Рисунок 1 – Метод растекающейся капли

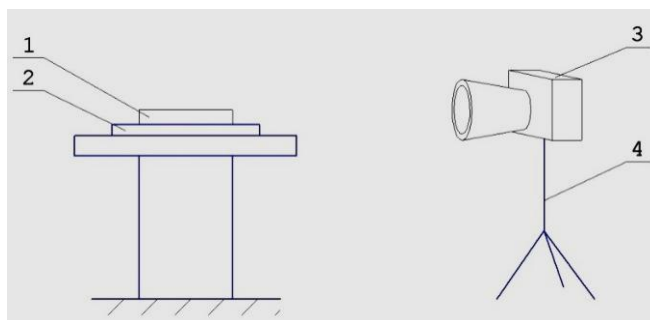
При этом θ всегда отсчитывается от касательной в сторону жидкой фазы. Касательную проводят через точку соприкосновения трех фаз: твердой фазы, жидкости и газа (воздух)[2].

Равновесный краевой угол θ_0 находят из условия механического равновесия на линии трехфазного контакта по основным размерам капель жидкости, наносимых на твердые поверхности: высоте h и диаметру основания капли d . Значения $\cos\theta$ рассчитывают по формуле [2]:

$$\cos\theta = \frac{(d/2) - h^2}{(d/2) + h^2}.$$

Таким образом, для определения краевого угла смачивания необходимо измерить названные ранее параметры h и d . Для этого необходимо

зафиксировать профиль капли. Безусловно, существуют специальные приборы и установки для измерения краевого угла смачивания (прибор для измерения краевого угла расплавов DSAHT, Прибор для измерения краевого угла смачивания DSA100, портативный MobileDrop), однако ряд литературных источников [3,4], предлагает варианты реализации данного метода без специального оборудования. Для исследований был выбран метод фиксации профиля капли при помощи цифрового фотоаппарата (рисунок 2).



1 – предметное стекло, 2—платформа, 3 – фотоаппарат, 4 – штатив

Рисунок 2 – Оборудование, для экспериментального определения краевого угла смачивания

Каплю жидкости (~0,6 мл) наносили на заранее подготовленное предметное стекло 1, установленное на площадке 2. Затем фотоаппаратом 3 (в данном случае Nikon D5100, x4 оптическое, 16,2 МПксл), закрепленным на штативе 4 таким образом, что бы предметное стекло располагалось посередине объектива, делался снимок. Профиль капли, как видно на рисунке 3а, достаточно четкий. Обработка в графическом редакторе позволяет провести касательную к профилю капли смачивающей жидкости, а также определить высоту и диаметр капли (рисунок 3б) для определения фактического и расчетного углов смачивания.

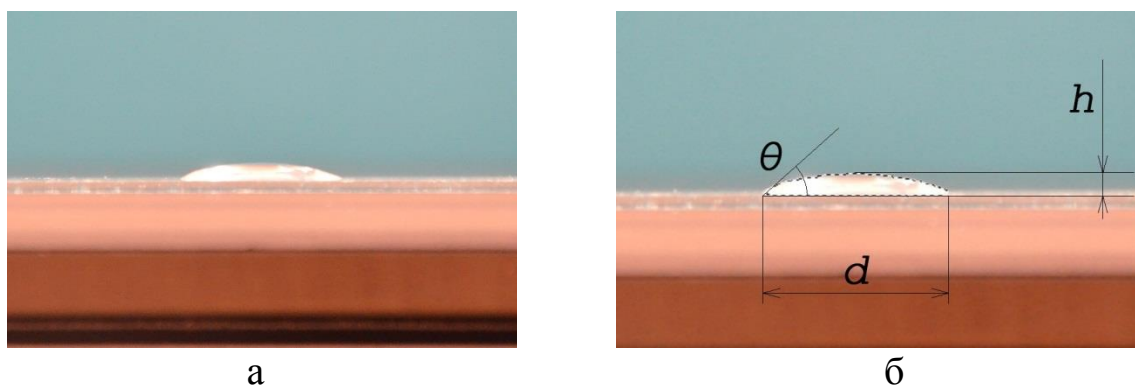


Рисунок 3 – Изображение, полученное методом лежащей капли

Таким образом, метод лежащей капли для измерения краевого угла смачивания можно реализовать при помощи общедоступных приспособлений. Однако данный способ позволяет провести только сравнительные измерения при соблюдении одинаковых параметров проведения исследования. К таким параметрам стоит отнести температуру в помещении, одинаковую шероховатость и чистоту поверхности твердого тела (в случае сравнения характеристики жидкостей), а также одинаковый объем капаемой жидкости.

Литература

1. Лабораторное и промышленное оборудование [Электронный ресурс] / Поверхностная химия. – Режим доступа: http://tirit.org/tenz_kruss/pov_him.php. Дата доступа: 01.03.2015.

2. Южный мембранный центр [Электронный ресурс] / Измерение краевого угла смачивания поверхности мембран методами растекающейся капли и прикреплённого пузырька – Режим доступа: <http://www.mtc.kubsu.ru/Method4.html>. Дата доступа: 16.02.2015.

3. Киселев, М.Г. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях / М.Г. Киселев, В.В. Савич, Т.П. Павич // Приборостроение. Информатика. Вестник БНТУ, № 1, 2006. С. 38–41.

4. Матюхин, С.И. Измерение краевого угла смачивания как метод исследования адгезионных свойств поверхности и энергетического состояния молекул на границе раздела двух фаз / С.И. Матюхин, К.Ю. Фроленков // Конденсированные среды и межфазные границы. Орловский государственный технический университет. 2003, Т. 5, № 2. С. 216–220.

М.А. Ковалевич (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **В.Е. Гайшун**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЭТОКСИДА ТИТАНА, ЛЕГИРОВАННЫЕ ИОНАМИ Се

В настоящее время наряду с увеличением темпов роста промышленного производства и хозяйственной деятельности обостряется проблема очистки воды. Применяемые в настоящее время такие технологии очистки, как сорбционные (сорбция на угле и коагулянтах), разделительные (мембранные технологии и продувка воздухом) и деструктивные (озонирование и хлорирование, биохимический метод), имеют свои слабые стороны. Сорбционные и разделительные методы

предусматривают дополнительное обезвреживание и захоронение отходов, скапливающихся на поверхности сорбентов или фильтров в процессе очистки. Это не решает проблему, так как загрязнение просто передается от одного носителя к другому. Применение деструктивных методов связано с выбросом в атмосферу окислителей типа хлора и озона. Фотокаталитический метод выгодно выделяется на фоне указанных технологий и обладает комплексом положительных свойств.

Наноструктурированные материалы создают благоприятные предпосылки для эффективного решения задач по очистке воды от органических загрязнений, бактерий и вирусов. Установлено, что окислительно-восстановительные реакции на поверхности плёнок на основе диоксида титана разлагают загрязнения до экологически безопасных составляющих. Стимулирующим фактором в данных процессах выступает фотоэлектрический катализ, протекающий под воздействием излучения видимого и ультрафиолетового диапазона.

В этой связи актуальной представляется разработка и внедрение систем очистки воды и комбинированной очистки водно-воздушных смесей на основе фотокаталитических покрытий. В качестве таковых выступают тонкоплёночные системы на основе оксида титана.

Среди наиболее перспективных технологических подходов к созданию фотокаталитически активных покрытий на основе оксидов тугоплавких металлов выделяется золь-гель метод, позволяющий формировать наноструктурированные материалы повышенной чистоты. Основанный на осаждении гидроксидов либо этоксидов металлов с последующей кристаллизацией оксидов при термической обработке, данный метод позволяет в широких пределах варьировать физико-химические свойства получаемых покрытий и достигать значительного взаимодействия компонент плёнокообразующего раствора. В то же время золь-гель синтез фотокаталитических покрытий является более энергоэффективной технологией по сравнению с вакуумными и плазменными методами.

Можно выделить три стадии золь-гель процесса: приготовление коллоидного раствора – золя, формирование геля на поверхности подложки, удаление растворителя и формирование твердой пленки (термообработка).

Для формирования покрытий на поверхности подложки из стекла, монокристаллического кремния или алюминия могут использоваться методы центрифугирования, окунания или распыления в зависимости от формы и размеров подложки, а также необходимой толщины покрытия.

Для получения фотокаталитических покрытий были приготовлены устойчивые пленкообразующие растворы на основе диоксида титана, легированные ионами церия.

Синтезированы покрытия, и проведены исследования влияния Се на структуру и свойства сформированных покрытий. Показано, что однородное прозрачное покрытие формируется на поверхности подложки после термообработки при температуре 200–500 °С. Полученные покрытия, имеют хорошую адгезию к поверхности металлов и сплавов, композиционных материалов, стеклу и керамике.

На рисунке 1 представлены результаты микроскопических исследований покрытий на основе растворов из диоксида титана. Титановые покрытия, легированные ионами Се, характеризуются игольчатой структурой. Анализ статистических данных, полученных по результатам исследования морфологии поверхности плёнок методом атомно-силовой микроскопии, приведен в таблице 1.

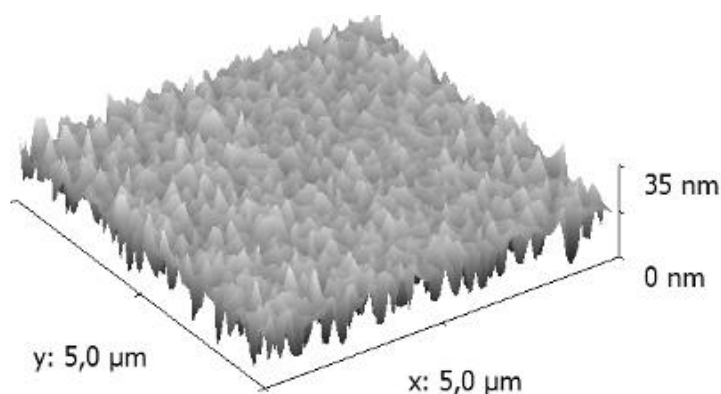


Рисунок 1 – Трёхмерное изображение морфологии поверхности образца

Таблица 1 – Результаты измерения толщины и шероховатости покрытий, сформированных на основе TiO_2

№ образца	Допант	Содержание допанта масс. %	Толщина, нм	Шероховатость Ra, нм
1. $\text{Ti}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4$	Се	5	141	4,32
2. $\text{Ti}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4$	Се	2	126	3,28
3. $\text{Ti}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4$	Се	1	–	5,69

Так как с пористой структурой покрытия угол смачивания больше, что даёт больший процент адсорбции, следовательно в процессе фотокатализа увеличивается количество разрушаемых органических загрязнителей, поверхность хорошо смачивается, и вода, попадающая на такую поверхность, не собирается в капельки, а растекается по поверхности.

Фотокаталитические покрытия на основе оксидов титана используются в устройствах для очистки воды и воздуха. Наиболее перспективно их использование для очистки сточных вод в накопительных резервуарах и отстойниках.

П.Л. Коленко, А.В. Ситак
(УО «ГрГУ имени Янки Купалы», Гродно)
Науч. рук. **В.И. Кравченко**, канд. техн. наук, профессор

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПРУЖИН ЭНЕРГОАККУМУЛЯТОРОВ ТОРМОЗНОЙ КАМЕРЫ

В работе отражены результаты испытаний на коррозионную стойкость покрытий на основе полиамида 6 и полиамида 11 на пружины энергоаккумуляторов тормозной камеры. Дана оценка долговечности и коррозионной стойкости формируемых покрытий, осаждаемых из разработанных композиционных составов методом флюодизации.

Введение и цель. Роль тормозных устройств возрастает в связи с интенсификацией производства автомобильных агрегатов, увеличением движущихся масс, скоростей перемещения и частоты торможений. В течение короткого периода времени для тормозных устройств требуется преобразование в тепловую энергию значительного количества механической энергии и возникает необходимость в передаче ее в окружающую среду без снижения работоспособности как устройства, так и машины в целом [1, 4].

Наиболее дефектным элементом тормозных камер является пружина энергоаккумулятора, на поверхности которой возможно зарождение микротрещин ввиду появления коррозионных повреждений, обусловленных агрессивными условиями эксплуатации. Пружина энергоаккумулятора представляет собой пружину сжатия, которая рассчитана на уменьшение своей длины под нагрузкой, поэтому витки пружин в ненагруженном состоянии не касаются друг друга.

Материал для пружин должен удовлетворять требованиям высокой статической, динамической, ударной и усталостной прочности и требованиям стабильности упругих свойств во времени, и, кроме того, он должен обладать достаточной пластичностью.

Учитывая, что пружина работает в агрессивных средах, материал должен обладать высокой коррозионной стойкостью. Для предотвращения данного характера поражения используют различные покрытия: винилхлоридные, фторопластовые, пентапластовые, полиолефиновые,

полиуретановые, фенолформальдегидные, кремнийорганические, каучуковые, эпоксидные и др. [2].

Полимерные покрытия не только призваны защищать металлы от воздействия агрессивных сред, но и повышают их износостойкость, снижая прилипаемость различных веществ к рабочим поверхностям, позволяют экономить цветные металлы и другие дефицитные материалы, используемые в качестве металлических покрытий [3–4].

Целью данной работы является придание повышенной коррозионной стойкости и увеличение долговечности пружин энергоаккумулятора за счет применения полимерных покрытий на основе ПА6 и ПА11.

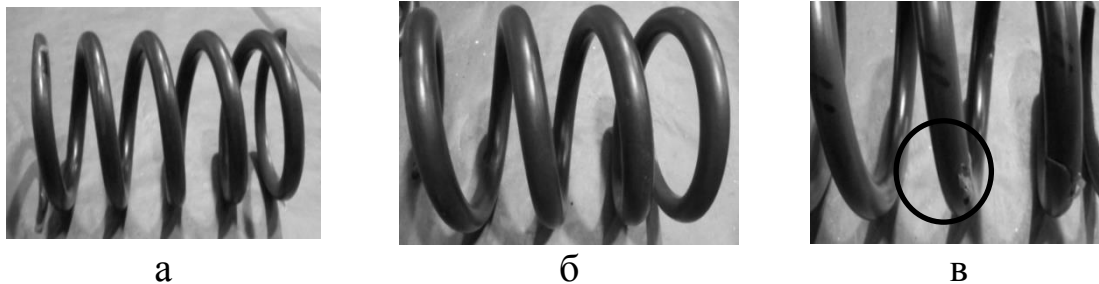
Методы исследования и материалы. В качестве материалов использовали составы на основе дисперсных порошков промышленно выпускаемых отечественных и импортных термопластов – ПА 6 (210/310 низковязкий) и ПА 11 (Rilsan) соответственно. Фракционный состав порошков составлял 80-200 мкм, контроль осуществляли методом виброситового просеивания. Пружина изготовлена из стали 60С2А ГОСТ 14959-79.

Пружины с нанесенными полимерными покрытиями исследовали на испытательных стендах НС-1874, НС-1687 на долговечность и на коррозионную стойкость в камере соляного тумана (ПАА ОАО «Белкард»). Метод формирования полимерных покрытий – осаждение из псевдооживленного слоя.

Результаты и обсуждения. На долговечность пружину энергоаккумулятора с полимерным покрытием испытывали на стенде в течение 300 тыс. циклов, что определяется техническим регламентом на данное изделие.

Пружина, покрытая полимерным покрытием ПА6, выдержала испытания в течение 300 тыс. циклов без проявления дефектных признаков и отслоений покрытия не отмечено (рисунок 1а). Пружина, покрытая ПА11, выдержала испытания на долговечность в течение не менее 280 тыс. циклов. При дальнейших испытаниях на пружине с покрытием ПА11 в месте прилегания края опорного витка к соседнему (второму витку), наблюдалось незначительное отслоение (рисунок 1в).

Лабораторные испытания на коррозионную стойкость проводили на аттестованном оборудовании – камере соляного тумана в течение 72 часов в соответствии с ГОСТ 9.308-85. Пружины с полимерными покрытиями на основе ПА6 и ПА11 выдержали испытания. Следов коррозионного повреждения не наблюдали, что свидетельствует о высокой эффективности покрытий, выполняющих защитную антикоррозионную функцию.



а – покрытие ПА 6; б – покрытие ПА11 (до испытаний);
в – покрытие ПА11 (после испытаний)

Рисунок 1 – Пружины энергоаккумуляторов после проведения испытаний на усталостную долговечность

Полученные результаты свидетельствуют о том, что полимерные покрытия на основе ПА6 и ПА11 способны увеличить ресурс эксплуатации пружины энергоаккумулятора за счет увеличения коррозионной стойкости, не уменьшая при этом параметр усталостной долговечности. При этом полимерное покрытие на основе ПА6, характеризуется лучшей долговечностью, чем покрытие на основе ПА11.

Выводы. Полимерные покрытия на основе ПА6 и ПА11 улучшают коррозионную стойкость, а, следовательно, увеличивают ресурс работы пружины энергоаккумулятора. Полиамид 6 является отечественным продуктом и по своим характеристикам не уступает импортному аналогу ПА11, в качестве материала, обладающего защитными функциями. Себестоимость производства порошкообразного ПА6 в 2,5–3 раза ниже производства порошка ПА11.

Полимерные покрытия на основе ПА6 могут быть нанесены по технологии осаждения из псевдооживленного слоя и применяться для формирования защитных коррозионностойких покрытий на деталях автомобилей (пружины, рессоры, элементы амортизаторов).

Литература

1. Александров, М. П. Тормозные устройства: Справочник / М. П. Александров, А.Г. Лысяков, В.Н. Федосеев, М.В. Новожилов. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
2. Радчик, А.С. Пружины и рессоры / А.С. Радчик. – М.: Техника, 1973. – 120 с.
3. Конспект лекций по дисциплине «Новые материалы в металлургии» / авт. Зборщик А.М. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2008. – 253 с.
4. Прогрессивные технологии нанесения покрытий / С.В. Авдейчик [и др.]; серия: Машиностроение: технологии, оборудование,

кадры. Издательский дом «Спектр»; под общ. ред. В.А. Струка – Москва, 2012. – 272 с.: ил.

Е.А. Колесов (БГУ, Минск)

Науч. рук. **М.С. Тиванов**, канд. физ.-мат. наук, доцент

СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ПЛЕНОК ГРАФЕНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ГАЗОФАЗНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Актуальность исследований графена обусловлена уникальностью его физических свойств [1]. Исследуемые в данной работе образцы получены наиболее популярным методом синтеза графена – химическим осаждением из газовой фазы (CVD) на металлическую подложку, которая выступает в качестве катализатора для снижения энергетического барьера реакции разложения углеводорода [2].

Использование H_2 для получения графена методом CVD обусловлено тем, что в процессе синтеза водород выступает в качестве сокатализатора разложения углеводорода [3]. При этом в различных работах сообщается о таких возможных эффектах использования H_2 , как блокирование областей поверхности подложки, затруднение транспорта углеводородных групп вблизи поверхности подложки и др. [4] Такие эффекты приводят к понижению качества полученного графена и росту дополнительных слоев [5]. Таким образом, влияние водорода в процессе синтеза графена требует дополнительных исследований.

Целью настоящей работы является определение методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) структурных свойств графеноподобных слоев, синтезированных методом CVD на меди, при различных концентрациях водорода. Исследованные образцы получены с расходом H_2 150 куб.см/мин, 60 куб.см/мин и в отсутствие H_2 при прочих одинаковых условиях (температура 1050 °С, расход $C_{10}H_{22}$ 30 мкл/мин, расход N_2 100 см³/мин, время синтеза 10 мин).

На рисунке 1 приведено сравнение характерных спектров КРС исследованных образцов. Рассчитанные значения соотношения интенсивностей пиков $I(2D)/I(G)$, $I(D)/I(G)$, а также значения ширины пика 2D на полувысоте (FWHM) представлены в таблице 1. Значения $I(2D)/I(G)$ соответствуют графену с числом слоев 5 и менее [6]. Величина FWHM пика 2D также подтверждают наличие графена в образцах [7]. Значение $I(D)/I(G)$ увеличивается с увеличением расхода H_2 , свидетельствуя о понижении качества графена [8].

Из соотношения площадей под пиками D и G характерных для образцов спектров были рассчитаны средние размеры зерен L_A (в нм) графена в области пятна лазера по формуле [9] (см. таблицу 1)

$$L_A = (2,4 \times 10^{-10}) \lambda_L^4 \left(\frac{S_D}{S_G} \right)^{-1},$$

где λ_L – длина волны лазера (в нм),

S_D и S_G – площади под пиками D и G соответственно.

Исходя из значений L_A , между средними размерами зерен и расходом водорода обнаруживается корреляция.

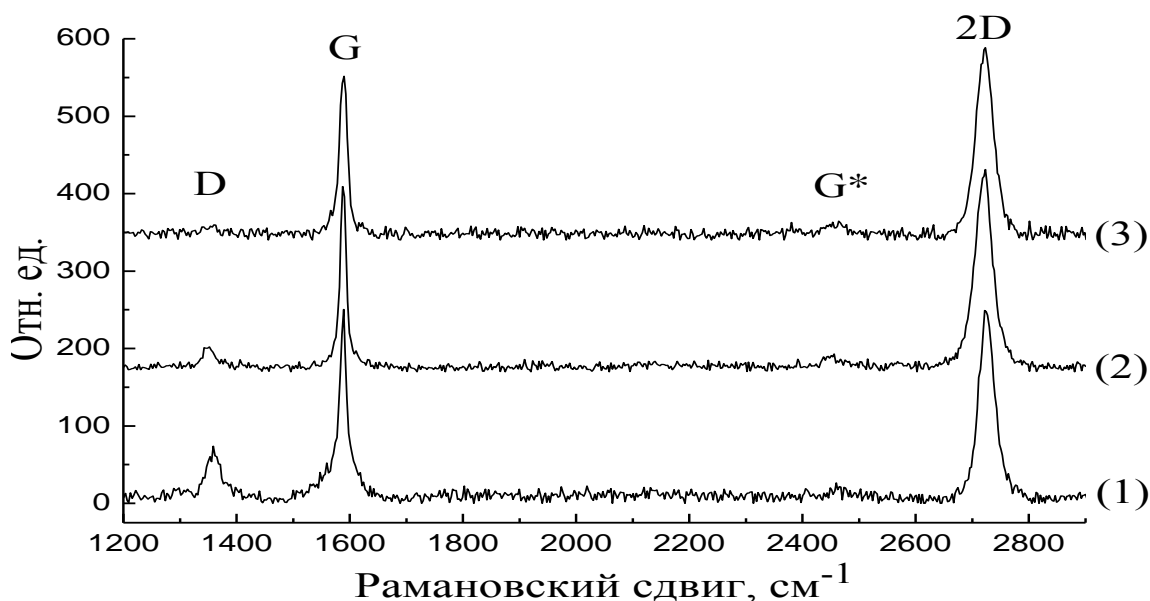


Рисунок 1 – Спектры КРС образцов графена, полученных при расходе H_2 (1) $150 \text{ см}^3/\text{мин}$, (2) $60 \text{ см}^3/\text{мин}$ и (3) в его отсутствие

Таблица 1 – Расчетные параметры образцов графена из спектров КРС

Номер образца	1	2	3
Расход водорода ($\text{см}^3/\text{мин}$)	150	60	0
$I(2D)/I(G)$	0,99	1,09	1,18
$I(D)/I(G)$	0,29	0,13	0,08
FWHM (2D), см^{-1}	34	31	38
L_A , нм	34	60	814

Изменение качества и средних размеров зерен с изменением расхода H_2 можно объяснить несколькими причинами. В процессе синтеза при высоком расходе H_2 адсорбированный водород может блокировать области поверхности подложки, препятствуя равномерной адсорбции углеводородных групп, а также может затруднять

транспорт углеводородных групп вблизи поверхности подложки [4]. Данные процессы могут способствовать зарождению и росту множественных зерен.

На стадии роста графенового слоя происходит пассивация края слоя поверхностью меди, предотвращая рост дальнейших слоев [10]. Водород может уменьшать степень пассивации, затрудняя дальнейшую адсорбцию и приводя к росту последующих слоев графена.

Зависимость дефектности графена от расхода H_2 можно связать с образованием связей C-H с sp^3 -гибридизацией [11], играющих роль точечных дефектов, число которых в результирующем материале возрастает с повышением расхода H_2 . К такому же результату приводит уменьшение L_A .

Кроме того, во время охлаждения образца происходит изменение значения растворимости H_2 в меди, из-за чего происходит выход растворенного водорода на поверхность подложки [5]. Это также может являться причиной возникновения дефектов в образце, синтезированном с использованием водорода.

Литература

1. Raman Spectroscopy in Graphene Related Systems / A. Jorio, R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus; Weinheim: WILEY-VCH, 2011. – 354 p.
2. Zhang Y. Review of Chemical Vapor Deposition of Graphene and Related Applications / Y. Zhang, L. Zhang, C. Zhou // Acc. Of Chem. Res. – 2013. – Vol. 46, № 10. – P. 2329–2339.
3. Role of Hydrogen in Chemical Vapor Deposition Growth of Large Single-Crystal Graphene / Vlassiouk I.V. [et al.] // ACS Nano. – 2011. – Vol. 5, №7. – P. 6069–6076.
4. Graphene CVD growth on copper and nickel: role of hydrogen in kinetics and structure / M. Losurdo [et al.] // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2011. – Vol. 13. – P. 20836–20843.
5. Garaj, S. Graphene synthesis by ion implantation / S. Garaj, W. Hubbard, J.A. Golovchenko // Appl. Pys. Lett. – 2010. – Vol. 97, № 18. – P. 183103.
6. Ferrari, A.C. Raman spectroscopy as a versatile tool for studying the properties of graphene / A.C. Ferrari, D.M. Basko // Nat. Nanotech. – 2013. – Vol. 8. – P. 235–246.
7. Probing Layer Number and Stacking Order of Few-Layer Graphene by Raman Spectroscopy / Y. Hao [et al.] // Small. – 2010. – Vol. 2. – P. 195–200.
8. Quantifying Defects in Graphene via Raman Spectroscopy at Different Excitation Energies / L.G. Cancado [et al.] // Nano Lett. – 2011. – Vol. 11. – P. 3190–3196.

9. Measuring the degree of stacking order in graphite by Raman spectroscopy / L.G. Cancado [et al.] // Carbon. – 2008. – Vol. 46. – P. 272–275.

10. Role of Hydrogen in Graphene Chemical Vapor Deposition Growth on a Copper Surface / X. Zhang [et al.] // J. Am. Chem. Soc. – 2014. – Vol. 136. – P. 3040–3047.

11. Graphene CVD growth on copper and nickel: role of hydrogen in kinetics and structure / M. Losurdo [et al.] // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2011. – Vol. 13. – P. 20836–20843.

Ю.А. Кондратьева (БГУ, Минск)

Науч. рук. **М.Ю. Покотило**, канд. физ.-мат. наук, доцент

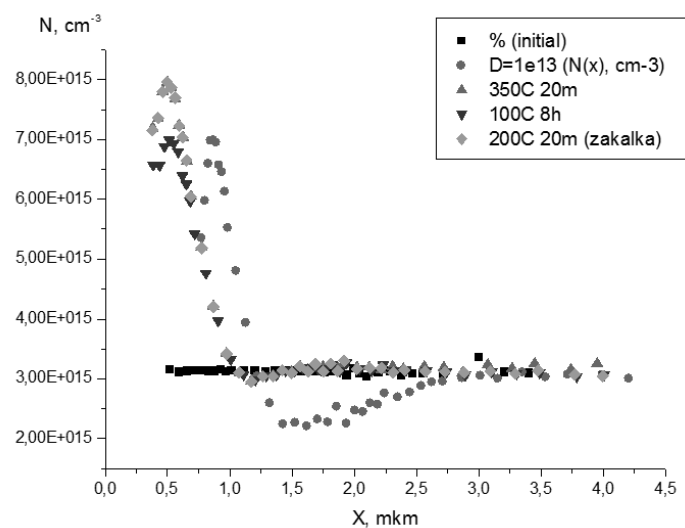
**ФОРМИРОВАНИЕ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ДОНОРОВ
В ЭПИТАКСИАЛЬНОМ КРЕМНИИ,
ИМПЛАНТИРОВАННЫМИ РАЗЛИЧНЫМИ ДОЗАМИ
НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОТОНОВ**

Имплантация ионами водорода широко используется в радиационной технологии производства полупроводниковых приборов, так позволяет модифицировать электрофизические свойства кристаллов и пленок кремния не только по глубине, но и по поверхности путем варьирования энергии [1]. Одним из наиболее интересных свойств внедренного водорода является то, что при взаимодействии его с радиационными дефектами в процессе термообработки в тонком слое, локализованном в области проецированной длины пробега ионов, формируются мелкие водородосодержащий доноры (H-доноры) [2]. В настоящей работе исследуются влияние дозы облучения на максимальную концентрацию H-доноров.

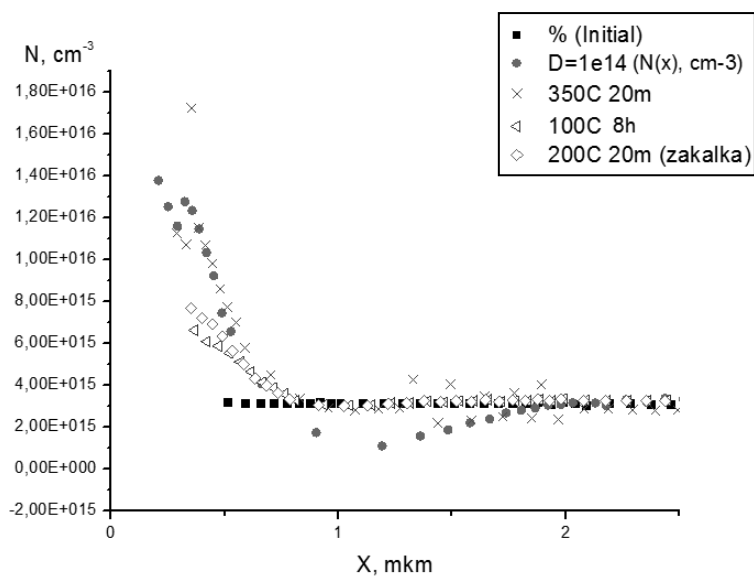
Исследования проводились на кремниевых (Ag-Si) структурах Шот-тки (удельное сопротивление базы, легированной фосфором $\sim 1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$), имплантированных ионами водорода с энергией 300 кэВ через металлический (Ag) контакт. Измерения профилей осуществлялось стандартным методом C-V характеристик (рабочая частота – 1 МГц) при комнатной температуре. Образцы отжигались в кварцевой трубке на воздухе.

На рисунке 1 представлены профили распределения электронов в кристаллах кремния. В исходных образцах наблюдается однородное распределение электронов. После облучения образцов и последующего отжига при температуре 350 °С в течение 20 мин при всех дозах формируются избыточные доноры.

a)



б)



в)

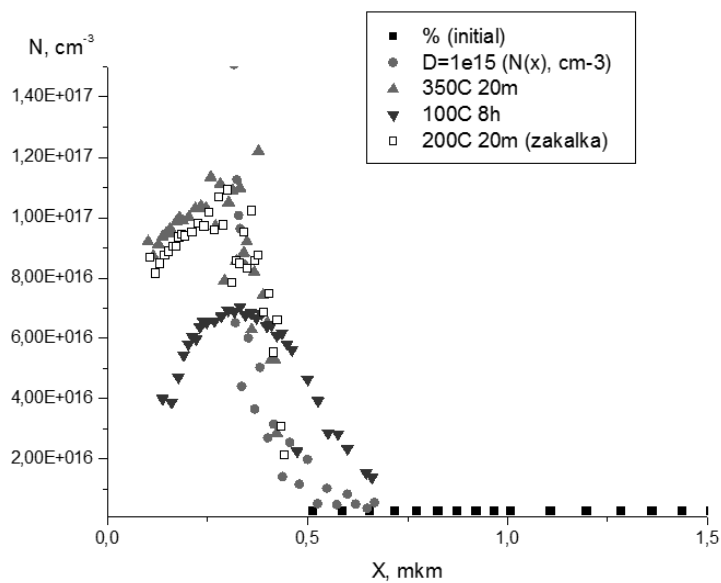


Рисунок 1 – Профили распределения водородосодержащих доноров в кристаллах Si, облученных ионами водорода и обработанных при различных температурах

В исходных образцах наблюдается однородное распределение электронов. После облучения образцов и последующего отжига при температуре 350 °С в течение 20 мин при всех дозах формируются избыточные доноры. Эти доноры распределены неоднородно (профиль распределения доноров близок к профилю распределения внедренных ионов водорода). Это свидетельствует о том, что в их состав входят внедренные атомы водорода. Термообработка при 100 °С в течение 20 мин 8 часов уменьшает концентрацию Н-доноров, а последующая закалка 200 °С восстанавливает исходную концентрацию Н-доноров. Этот процесс может быть повторен многократно. Следовательно, формируется, по крайней мере, два типа доноров, один из которых обладает свойством бистабильности. Обращает на себя внимание, что непосредственно после облучения также наблюдаются доноры, происхождение которых требует дальнейших исследований.

Максимальные концентрации Н-доноров зависят от дозы облучения (рисунок 2).

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что в кремнии, имплантированном протонами, формируются два типа водородосодержащих доноров, один из которых является бистабильным. Установлена дозовая зависимость концентрации обоих типов доноров. Полученные результаты могут быть использованы в радиационной технологии производства приборов.

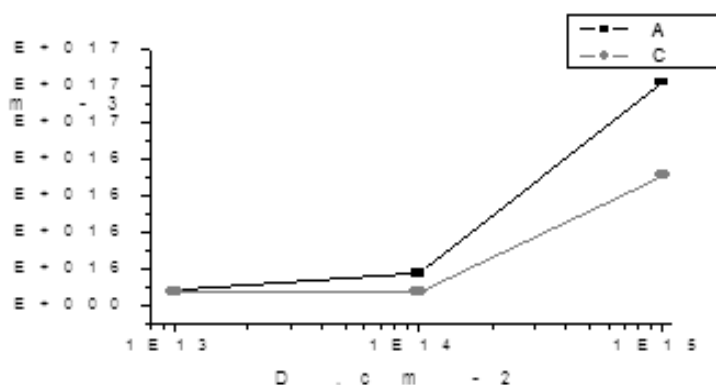


Рисунок 2 – Зависимость концентрации Н-доноров от дозы облучения.
А – при 350 °С, С – при 100 °С

Литература

- 1.Абдулин, Х.А. / Х.А. Абдулин [и др.] // ФТП. – 2002. – Т. 36. – № 3. – С. 257.
2. Покотило, Ю.М. / Ю.М. Покотило [и др.] // Неорганические материалы. – 2009. – Т.45. – № 11 – С.1285.

И.Г. Сергиенко, С.А. Исаков, А.М. Полякова, Д.В. Повидайко
(УО «ГрГУ им. Я. Купалы» г. Гродно)
Науч. рук. С.Д. Лещик, канд. техн. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ НАНОСУСПЕНЗИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В ЖИДКОСТИ

В процессе приготовления образцов для исследования размерных характеристик частиц, получаемых методом импульсной лазерной абляции (ИЛА) [1], неоднократно отмечалось различное поведение капли, наносимой на предметное стекло. Капли некоторых образцов заметно растекались по стеклу, другие же имели форму близкую к сферической. Данное явление вызвало интерес, так как одной из задач исследования получения наносuspензий и наноразмерных частиц методом ИЛА является возможность применения их в качестве технологических жидкостей.

Для измерения краевого угла смачивания выбран метод лежащей капли [2]. Изображение капли получали при помощи цифрового фотоаппарата и дальнейшей обработки в графических редакторах. В качестве эталона, для сравнительной характеристики, использовали изображение капли воды (рисунок 1) объемом ~0,6 мл нанесенной на предметное стекло, предварительно очищенное спиртом, при комнатной температуре.

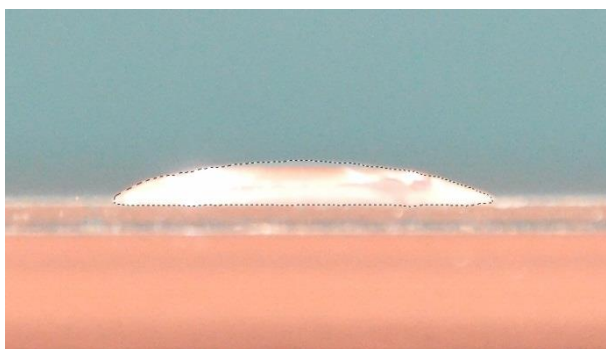


Рисунок 1 – Капля воды, обработанная в графическом редакторе

Далее была проведена серия исследований, с образцами наносuspензий политетрафторэтилена и графита на основе дистиллированной воды, полученных при разных режимах лазерной обработки (рисунок 2). Фактические значения краевого угла смачивания исследуемых жидкостей и режимы их получения сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения краевого угла смачивания для образцов наносуспензий

Образец	Режимы получения	Фактический краевой угол смачивания, °
Вода (эталон)	–	27,6
а) ПТФЭ	$E = 21 \text{ мДж}, \lambda = 532 \text{ нм}$	40,1
б) ПТФЭ	$E = 60 \text{ мДж}, \lambda = 532 \text{ нм}$	21,6
в) ПТФЭ	$E = 120 \text{ мДж}, \lambda = 532 \text{ нм}$	20,73
г) Графит	$E = 21 \text{ мДж}, \lambda = 532 \text{ нм}$	22,55
д) Графит	$E = 60 \text{ мДж}, \lambda = 532 \text{ нм}$	24,5
е) Графит	$E = 120 \text{ мДж}, \lambda = 532 \text{ нм}$	33,4
ж) Графит	$E = 35 \text{ мДж}, \lambda = 355 \text{ нм}$	31,1
з) ПТФЭ	$E = 35 \text{ мДж}, \lambda = 355 \text{ нм}$	25,7

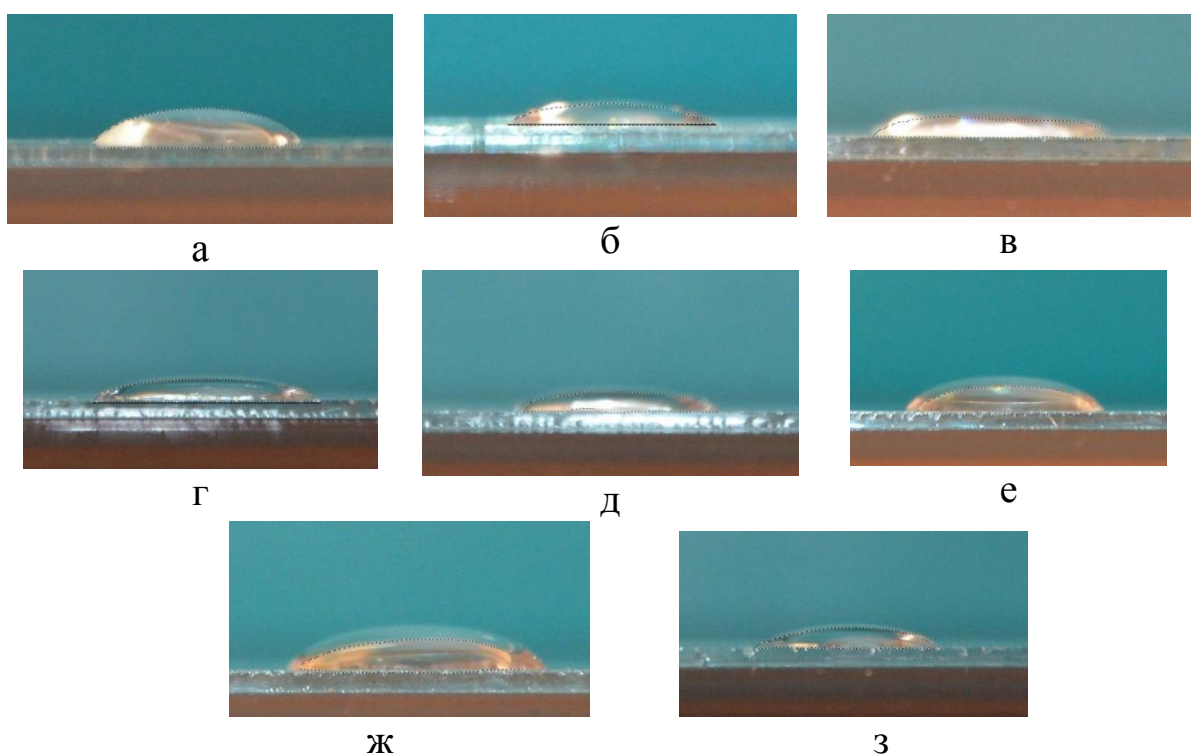


Рисунок 2 – Капли наносуспензий, полученных методом импульсной лазерной абляции

Результаты измерений показывают, что значения краевых углов смачивания суспензий с наночастицами отличаются от значения краевого угла смачивания воды. Три суспензии имеют показатель больший эталонного (образцы «а», «е» и «ж»), в то время как остальные значения незначительно меньше значения капли воды. Установлено, что прямой зависимости между режимом получения наносуспензии и значением краевого угла смачивания не наблюдается. Однако, опираясь на исследования размерных характеристик частиц в получаемых

суспензиях [1], стоит отметить тот факт, что в образце «а» концентрация частиц размером от 0 до 60 нм составляет 74 %, в образце «е» – 77,3 %, а в образце «ж» соответственно 66,1 %. В то же время значения концентрации частиц с данными размерами в остальных образцах не превышает 50 %, более того в них преобладают значительно более крупные частицы (свыше 100 нм).

Таким образом, можно сделать заключение, что повышенная концентрация наноразмерных частиц в диапазоне от 0 до 60 нм в суспензии, полученной методом импульсной лазерной абляции, увеличивает краевой угол ее смачивания. Дальнейшее изучение данной темы позволит определить режимы получения суспензий с требуемым значением данного угла, а как следствие и требуемыми характеристиками жидкости.

Литература

1. Лещик, С.Д. Получение наночастиц лазерной абляцией твердых тел в жидкости в режиме наносекундных импульсов / С.Д. Лещик, К.Ф. Знос-ко, И.Г. Сергиенко, М.Ю. Серенко // Фундаментальные проблемы радио-электронного приборостроения: материалы междунар. науч.-техн. конф. INTERMATIC – 2014, Москва. 1–5 декабря 2014 г. / Российская академия наук; ред. кол.: А.С. Сигов (отв. ред.) [и др.]. – Москва, МГТУ МИРЭА, 2014, часть 2. – С. 84–87.

2. Южный мембранный центр [Электронный ресурс] / Измерение краевого угла смачивания поверхности мембран методами растекающейся капли и прикреплённого пузырька. – Режим доступа: <http://www.mtc.kubsu.ru/Method4.html>. – Дата доступа: 16.02.2015.

М.А. Копть (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)

Науч. рук. А.С. Антонов, ст. преподаватель

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ И ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СМЕСЕВЫХ ПОЛИАМИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Введение. В настоящее время интенсивно ведутся исследования и разработки в области создания функциональных композиционных материалов. Особое внимание в данном направлении уделяется разработке новых материалов и модифицированию известных полимеров, перерабатываемых в промышленных масштабах. Создание модифицированных полимерных материалов является наиболее актуальным вопросом для отечественной индустрии полимеров и композиционных

материалов на их основе при формировании альтернативы импортной высокотехнологичной наукоемкой продукции с большой долей инновационной составляющей. Для модифицирования основных типов полимерных материалов существует большое разнообразие методов, осуществляемых различными способами на разных стадиях технологического процесса.

Весьма перспективным является использование в качестве наполнителей совместимых и несовместимых с материалом основы полимерных материалов, то есть создание смесей полимеров, обладающих уникальными антифрикционными свойствами. Важнейшим фактором при получении полимер-полимерных смесей или композитов является термодинамическое состояние композиционной системы, так как использование простых физических смесей полимеров, состоящих из ингредиентов с взаимодополняющим комплексом свойств, не всегда приводит к желаемым результатам вследствие термодинамической несовместимости большинства сочетаний полимеров, которая вызвана малой энтропией их смешения [1, 2].

Целью работы являлось исследование влияния состава полимерных смесей на базе алифатических полиамидов на триботехнические и защитные свойства функциональных покрытий.

Методика исследований. В качестве объекта исследований использовали триботехнические покрытия шлицевых втулок карданных валов производства ОАО «Белкард». Для разработки смесевых композиций на основе термопластов использовали порошки полиамида 11 и полиамида 6. В качестве полиамида 6 использовали продукт ПА6-210/310, промышленно выпускаемый ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот», в качестве полиамида 11 – материалы фирмы Arkema (Франция), выпускаемые под торговой маркой Rilsan®. Дисперсные частицы полиамидов применяли в состоянии поставки (Rilsan®) или после криогенного измельчения в мельнице роторного типа при температурах жидкого азота (-198 °С) для фракций полиамида 6. С помощью набора вибросит выделяли необходимую для формирования качественного покрытия фракцию порошка из ПА 6 (80–180 мкм). Компоненты композиций перемешивали в смесителе барабанного типа до получения однородного состава. Композиционные материалы из механических смесей полиамидов формировали следующих составов: 1) ПА6/ПА11 (50:50); 2) ПА6/ПА11 (60:40); 3) ПА6/ПА11 (70:30). Толщина формируемых композиционных покрытий составляла 250–350 мкм. Формирование покрытий осуществляли в псевдооживленном слое порошка. Полимерные покрытия наносились на металлическую подложку без подслоя.

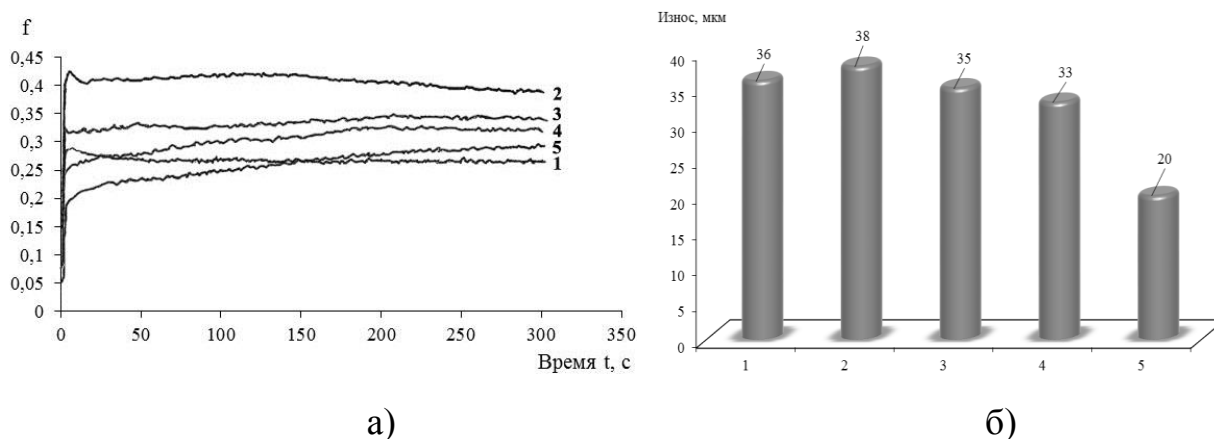
Адгезионную прочность покрытия оценивали методом решетчатых надрезов. Триботехнические характеристики определяли по схеме «три индентора – по неподвижному диску» на микротрибометре FT-2 при скорости скольжения $V = 0,016$ м/с и нагрузке $N = 20$ Н. Испытания на коррозионную стойкость проводили при воздействии соляного тумана в соответствии с ГОСТ 28207-89.

Результаты и их обсуждение. Измерения адгезионных характеристик полимерных покрытий (таблица 1) свидетельствуют о том, что благоприятное влияние на адгезионную прочность покрытий оказывает полиамид 6 (при условии отсутствия подслоя).

Таблица 1 – Результаты испытаний на адгезионную прочность

№	Материал покрытия	Балл
1	ПА 6	1
2	ПА 11	4
3	ПА6 + ПА11 (50:50)	3
4	ПА6 + ПА11 (60:40)	1
5	ПА6 + ПА11 (70:30)	1

Результаты триботехнических испытаний (рисунок 1) показали, что введение полиамида 11 в матричный компонент полиамида 6 оказывает благоприятное модифицирующее воздействие на коэффициент трения и износостойкость смесевой композиции.



1 – ПА11; 2 – ПА6; 3 – ПА6/ПА11 (70:30); 4 – ПА6/ПА11 (60:40);
5 – ПА6/ПА11 (50:50)

а – коэффициент трения; б – износ

Рисунок 1 – Зависимость триботехнических характеристик от времени для покрытий из алифатических полиамидов

Испытания на коррозионную стойкость (таблица 2) также подтвердили эффективность применения смесей полимеров. Лучшими показателями коррозионной стойкости по результатам испытаний обладает покрытие из смеси полиамидов ПА6 + ПА11 (50:50).

Таблица 2 – Результаты испытаний на коррозионную прочность

№	Материал покрытия	Балл
1	ПА 6	2
2	ПА 11	3
3	ПА6 + ПА11 (50:50)	1
4	ПА6 + ПА11 (60:40)	2
5	ПА6 + ПА11 (70:30)	5

Заключение. Разработаны составы и технологии функциональных покрытий на основе смесей алифатических полиамидов, обладающие благоприятным сочетанием триботехнических, защитных и адгезионных свойств.

Работа выполнялась при финансовой поддержке БРФФИ в рамках договора № Т14М-079 «Разработка составов и технологий композиционных материалов на основе смесевых полимер-полимерных систем и исследование зависимости свойств композитов от их состава и фазовой структуры» от 23.05.2014 г.

Литература

1. Кравченко, В.И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В.И. Кравченко, Г.А. Костюкович, В.А. Струк; под ред. В.А. Струка. – Мн.: Тэхналогія, 2006. – 409 с.
2. Антонов, А.С. Влияние наполнителей на триботехнические свойства смесевых композиций на основе термопластов / А.С. Антонов, Г.С. Кондрашова, А.А. Скаскевич // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Я. Купалы. Серыя 6, Тэхніка. – 2013. – № 4. – С. 36–42.

Е.Ю. Куликовский (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)

Науч. рук. **А.А. Казьмин**, преподаватель

ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА С СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕЕЙ НА БАЗЕ РЕФРИЖЕРАТОРА

Для транспортировки и временного хранения скоропортящихся грузов используются магистральные автопоезда с полуприцепами-рефрижераторами. Обслуживание и поддержание оптимальной

температуры в рефрижераторе обеспечивается использованием ДВС, работающего на дизельном топливе.

Использование электроэнергии вместо дизельного топлива позволит снизить расход топлива и, соответственно, цену на транспортные услуги.

Введение. Транспорт обеспечивает производственно-экономические связи различных отраслей народного хозяйства. Он играет важную роль в экономическом и культурном развитии Республики Беларусь, в экономических связях с зарубежными странами. Транспорт принадлежит важная роль в процессе общего производства, так как он занимается перевозкой материалов, полуготовой и готовой продукции.

Расходы на перемещение грузов называются транспортными расходами. В конечном результате транспортные расходы увеличивают стоимость продукции. Основную часть транспортных расходов при осуществлении автомобильных перевозок составляют затраты на топливо. Таким образом, снижение расхода топлива – один из главных факторов снижения себестоимости продукции.

Цель работы. Задачей разработки является снижение расхода топлива на транспортные перевозки путем установки солнечных батарей, преобразующих солнечную энергию в электричество, и использование электромотора вместо ДВС.

Результат обсуждения. Поставленная задача достигается путем установки на крышу полуприцепа – рефрижератора солнечных батарей, содержащих панель с углублениями на верхней поверхности, в которых размещены фотоэлектрэлементы, последовательно соединенные токопроводниками. Накопленная солнечная энергия передается на преобразователь, который в процессе работы заряжает уже электрической энергией аккумуляторы (рисунок 1). Те же, в свою очередь, питают электромотор, который и обслуживает полуприцеп-рефрижератор и поддерживает необходимую температуру в нем.

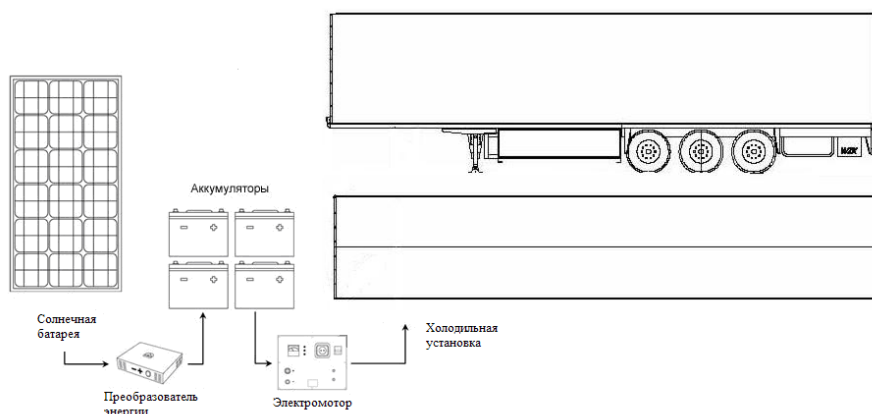


Рисунок 1 – Последовательность передачи энергии от солнечной батареи к холодильной установке через дополнительные приборы

Выводы. В результате реализации данного технического решения существенно снизятся расходы на транспортные перевозки, за счет снятия дополнительного бака и ДВС, повысится масса перевозимого груза, а также уменьшится количество выбросов вредных веществ в атмосферу.

Литература

1. Солнечная батарея: пат. 2099648 РФ, МПК F24JH01L / заявитель Криворотов Александр Семенович; заявка 2099648, 15.11.1995; дата публикации заявки: 20.12.1997.

2. Контейнеровоз – рефрижератор: пат. 2046044 РФ, МПК B60P3/20 / заявитель Филипов Владлен Гаврилович; заявка 2046044; дата публикации заявки: 20.11.1995.

Н. Н. Курьян, Д.Р. Лобанов, В.С. Юдин
(УО «ГрГУ им. Янки Купалы», Гродно)

Науч. рук. **С.С. Ануфрик.**, канд. физ.-мат. наук, профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АНТИПИРЕНА ХМФС МЕТОДАМИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Дерево является самым востребованным строительным материалом. Для защиты древесины от грибков и предотвращения пожаров в последнее время большое внимание уделяется применению покрытий и пропиток, которые способны максимально предохранить древесину от воздействия грибков и огня. [1].

При использовании огнезащитной пропитки, следует знать, к какой группе защиты она относится и что входит в ее состав. Наиболее точно и быстро элементный химический состав пропитки можно определить с помощью метода лазерно-эмиссионного анализа. Также следует учесть тот факт, что при проведении лазерно-эмиссионного анализа, не происходит изменение химического состава либо повреждения поверхности исследуемого объекта.

Для проведения спектрального химического анализа использовался лазерный анализатор элементного состава (LIBS). Установка работает в двух импульсном режиме. Параметры излучения: длина волны 1064 нм, стабильность энергии $\pm 3\%$, абсолютная длительность 7–8 нс и частота повторения импульсов генерации 15 Гц, соответственно, диаметр пучка составлял 6 мм, расходимость 0,8 мрад [2].

Анализ литературных и интернет источников [3],[4] показал, что основой антипиренов в большинстве случаев являются следующие вещества: фосфорнокислый аммоний, сернокислый аммоний, фтористый аммоний, нитрат аммония, хлористый аммоний, фосфорнокислый натрий, сернокислый натрий, тетраборат натрия, соединения сурьмы, некоторые хлорированные углеводороды, карбонат калия.

Таким образом, потенциальными индикаторами антипиренов могут быть следующие элементы фосфор, хлор, сера, бор, сурьма, калий и натрий (при значительном содержании исходных веществ). Небольшие количества фтора и азота также всегда содержатся в древесине, однако их определение методом LIBS затруднено т. к. в атмосфере находится ~75,6 % азота, а фтор является очень трудноопределимым элементом для эмиссионного анализа.

В качестве исследуемых образцов был взят препарат (антипирен ХМФС) двух марок: с бифторид-фторидом аммония и с фторидом аммония. Следует отметить, что методом LIBS достаточно сложно определять содержание органических веществ в материалах, по этой причине все исследованные спектрограммы антипиренов получились идентичными (рисунок 1).

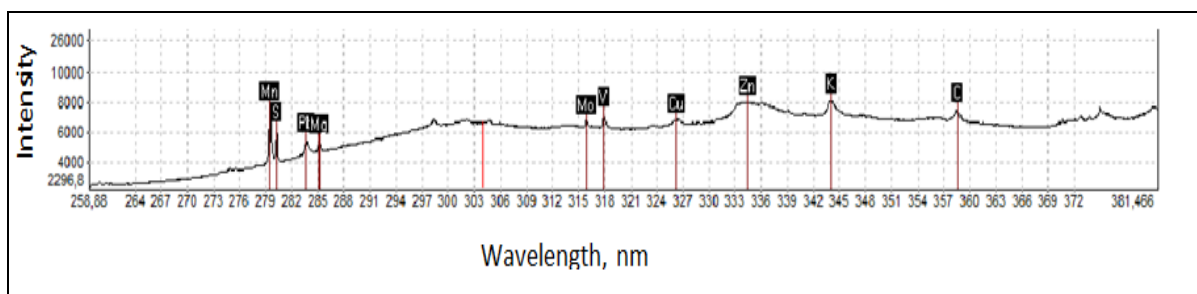


Рисунок 1 – Спектр антипирена

Анализ, полученных спектрограмм исследованных образцов антипирена показал, что в них содержатся следующие химические элементы: сера (S), молибден (Mo), ванадий (V), марганец (Mn), медь (Cu), цинк (Zn), калий (K), углерод (C), магний (Mg). Из которых, молибден (Mo), ванадий (V), марганец (Mn), медь (Cu), цинк (Zn), углерод (C), магний (Mg) являются примесями древесины. Такие легкие элементы как: хлор, бор, сурьма, натрий, в образцах антипиренов, с помощью метода LIBS, не были обнаружены.

По таким зарегистрированным элементам, как: фосфор, хлор, сера, бор, сурьма, калий и натрий можно утверждать о наличии компонентов антипирена в исследованных образцах (таблица 1) ГОСТ 28815-96.

Таблица 1 – Содержание компонентов антипиренов

Препарат	Марка препарата	Содержание компонентов препаратов в частях массы				
		натрия бихромата ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) по ГОСТ 2651 или калия бихромата по ГОСТ 2652	купороса медного ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) по ГОСТ 19347	аммония бифторид-фторида ($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF} \pm \text{NH}_4\text{F}$) по нормативной документации и	соды кальцинированной (Na_2CO_3) по ГОСТ 5100	аммония фторида $[(\text{NH}_4\text{F})]$ по ГОСТ 4518
ХМ ФС	С бифторид-фторидом аммония	1,0	1,0	1,0	4,0	–
	фторидом аммония	1,0	1,0	–	3,0	2,0

В связи с отсутствием эталонов, необходимых для определения количественного состава образца, по методу LIBS, использовался метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Измерение проводилось на приборе «ElvaX».

При проведении рентгенофлуоресцентного спектрального анализа был выявлен количественный состав пропитки, представленный на диаграмме 1. Как видно из диаграммы антипирен состоит из следующих химических элементов: Na (30,52 %), P(23,57 %), В(16,35 %), Sb(14,30 %), S(6,35 %), К(6,89 %), Cl(2,03 %).

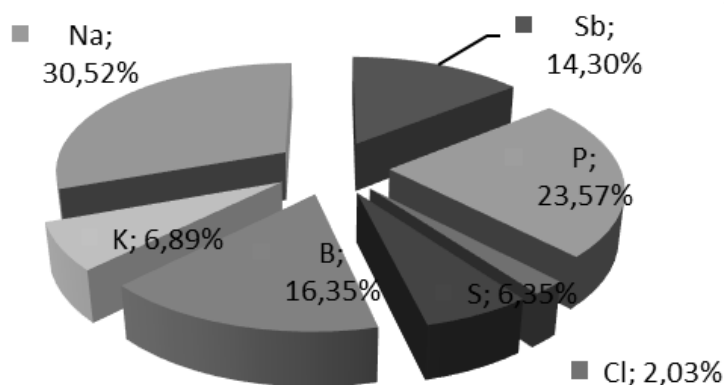


Диаграмма 1 – Элементный химический состав антипирена

Таким образом, при сравнительном анализе, полученных экспериментальных данных (с помощью метода LIBS и рентгенофлуоресцентного анализа) и данных, взятых из государственного стандарта

ГОСТ 28815-96 (Таблица 1), можно утверждать о полном соответствии компонентного состава исследуемых марок антипиренов.

Литература

1. Пропитка огнезащитным составом [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: http://www.krassp.ru/Public/Page_139. – Дата доступа: 16.01.2015.
2. Радиемски, Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия / Л. Радиемски, Д. Кремерс. – 2009. – 306 с.
3. Огнезащитная пропитка древесины. Описание и применение – физика. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа http://build-chemi.ru/ognezashitnaya-propitka-drevesiny-opisanie-i-primenenie-articles_415.html. – Дата доступа: 16.01.2015.
4. Химический состав древесины [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new2530.html>. – Дата доступа: 16.01.2015.

А.В. Лагодич, А.В. Семижон (УО «БГУИР», Минск)

Науч. рук. **В.Т. Першин**, канд. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПК

Работа современных компьютеров сопровождается значительным тепловыделением, особенно при эксплуатации их в форсированных режимах разгона (overclocking). Стабильная работа компьютера в таком режиме требует нестандартных средств охлаждения, способных справиться с повышенным тепловыделением, одним из таких является модуль Пельтье.

Для выполнения эксперимента и снятия показаний датчика температур ЦПУ был собран лабораторный стенд на основе ЦПУ AMD Sempron 2500+, а показания датчика температур снимались с помощью утилиты SIW.

Основной сложностью при создании лабораторного стенда была установка элемента Пельтье на ЦПУ, для этого пришлось изменять систему крепления стандартной системы охлаждения, которая не рассчитана на установку дополнительных элементов.

Опытным путем была проверена эффективность систем охлаждения современных ПК с модулем Пельтье и без него. Показания датчика

температур лабораторного стенда снимались в трех рабочих режимах: режиме «простоя», режиме «работы» и «100 % нагрузки».

На рисунке 1 приведена линейчатая диаграмма, отображающая результаты проведенных опытов:

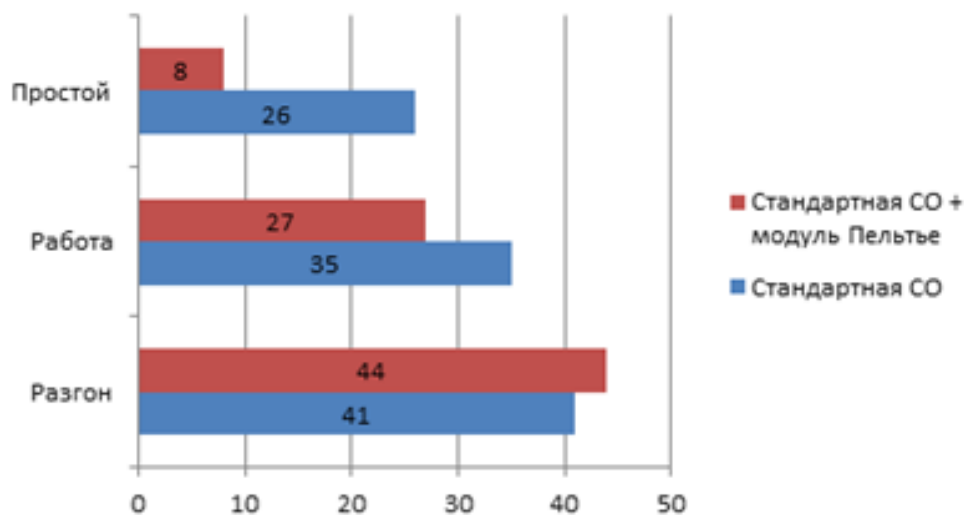


Рисунок 1 – Сравнение систем охлаждения

Полученный результат подразумевает три основных вывода: охлаждение ПК с помощью элемента Пельтье наиболее эффективно при относительно невысокой нагрузке ЦПУ; «горячая» сторона элемента Пельтье обладает повышенным тепловыделением, для предотвращения перегрева которой требуется дополнительная система охлаждения; системы охлаждения оснащенные элементами Пельтье обладают повышенным энергопотреблением, что значительно снижает их КПД.

Литература

1. Зегря, Г. Основы физики полупроводников / Г. Зегря. – Москва : Физматлит, 2009. – 336 с.
2. Шишкин Г. Электроника / Г. Шишкин. – Москва : Дрофа, 2009. – 702 с.
3. Наркевич, И.И. Физика : учебник / И.И. Наркевич. – Минск : Новое знание, 2004. – 680 с.
4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : в 10 т. / Л. Д. Ландау. – Москва : Физматлит, 2003. – Т. 8. – 624 с.
5. Джонс, М. Электроника : практический курс / М. Джонс. – Москва : Техносфера, 2006. – 504 с.
6. Прохоров, Ю.В. Физика: Энциклопедия / Ю.В. Прохоров. – Москва : Большая Российская Энциклопедия, 2003. – 944 с.

В.В. Лейбович (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **В.А. Гольдаде**, д-р техн. наук, профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ШУМОПНИЖАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КАБИН ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Основной целью применения звукопоглощающих материалов является подавление шумов в промышленных и общественных зданиях, а также в кабинах транспортных средств.

Звукопоглощающие материалы должны обладать следующими свойствами: высоким звукопоглощением в требуемом диапазоне частот; малым удельным весом; негорючестью и стойкостью по отношению к агрессивным средам; безвредностью; долговечностью; экономичностью. В наибольшей мере этим требованиям соответствуют нетканые материалы. В настоящей работе исследовано звукопоглощение волокнистых композитных материалов на основе льняных и полимерных волокон. В качестве полимерных использованы полипропиленовые и полиэфирные (лавсан) волокна с содержанием в образцах от 30 до 70 % масс.

Использованная в работе система для проведения акустических испытаний материалов (производства компании «Брюль и Кьер», Дания) представляет собой комплекс средств измерений, предназначенный для экспериментального анализа акустических характеристик материалов и компонентов композитов. Измерение звукопоглощающей способности проводили при помощи метода «двух микрофонов», основанного на разложении широкополосного стационарного случайного сигнала на падающую и отраженную составляющие.

Образцы в форме кругового цилиндра были вырезаны из материалов, изготовленных в рамках выполнения научно-технической программы Союзного государства по теме «Разработка звукопоглощающих композитов на основе льняных и полимерных волокон для шумопоглощающих конструкций салонов транспортных средств и строительных сооружений» в ИММС НАН Беларуси.

Экспериментально установлено, что нормальный коэффициент звукопоглощения α всех исследованных образцов возрастает с увеличением частоты. При малых толщинах образцов для всех составов наблюдается линейная зависимость коэффициента α от частоты, при этом величина α не превышает 0,4 на высоких частотах, а на низких частотах (50 Hz) α не превышает 0,05 для любого состава.

Показано, что при низких частотах (до ~ 600 Hz) α резко возрастает с толщиной образцов примерно до 0,6, а затем медленно увеличивается до значений порядка 0,7 – 0,8. В частотном диапазоне от 300 до 600 Hz наблюдаются максимумы, наличие которых можно объяснить образованием воздушной прослойки между слоями образцов.

Установлено, что коэффициент звукопоглощения растет с увеличением толщины образцов и концентрации полимерных волокон. Наилучшими звукопоглощающими характеристиками обладают материалы толщиной 120 мм, содержащие 30 % льна и 70 % полиэфирного волокна.

Показано, что из тонких образцов (толщина 20 мм) наилучшими показателями звукопоглощения обладают материалы состава (70% лен и 30% полипропилен) на частоте 60 Hz и состава (60% лен и 40% полиэфирного волокна) на частоте 700 Hz.

С.С. Леоновец, А.Н. Микита, В.И. Шейкин, А.И. Сенибабнов
(УО «БГУИР», Минск)

Науч. рук. С.А. Павлюковец, канд. техн. наук,
зав. каф. химии БГУИР

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ In_2S_3 И FeIn_2S_4 СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ

Алмазоподобные полупроводники завоевали широкую известность благодаря сочетанию ряда важных полупроводниковых свойств – высокой подвижности носителей тока, фото- и термоэлектрических свойств, малой теплопроводности. Одновременно с изучением свойств полупроводниковых соединений с нормальной структурой типа шпинели проводят изучение соединений с обращенной структурой. В настоящее время полупроводниковые соединения широко исследуются на предмет использования их при создании высокоэффективных радиационно-стойких солнечных элементов в тонкопленочном исполнении. Значительный интерес представляют такие соединения как In_2S_3 и FeIn_2S_4 . Указанные соединения кристаллизуются в структуру типа шпинели [1, 2].

В работе представлены результаты исследования спектров пропускания в области края собственного поглощения монокристаллов In_2S_3 и FeIn_2S_4 .

Монокристаллы соединений In_2S_3 и FeIn_2S_4 выращивали направленной кристаллизацией расплава (метод Бриджмена) [3, 4].

Состав кристаллов определяли с помощью микрозондового рентгеноспектрального анализа на установке «Самса – МВХ100».

Структуру и параметры элементарной ячейки монокристаллов устанавливали рентгеновским методом. Дифрактограммы записывали на рентгеновском дифрактометре ДРОН–3 М ($\text{CuK}\alpha$ – излучение).

На выращенных монокристаллах были исследованы спектры пропускания в области края собственного поглощения при температуре 300 К. Образцы для измерений получали скалыванием тонких пластинок толщиной ~ 20 мкм, перпендикулярно оси роста.

Данные микрозондового рентгеноспектрального анализа показали, что содержание элементов в выращенных монокристаллах In_2S_3 и FeIn_2S_4 хорошо согласуется с заданным составом в исходной шихте и не наблюдается значительных отклонений состава в различных точках полученных слитков, что свидетельствует об однородности выращенных кристаллов.

Проведенные рентгеновские исследования показали, что на дифрактограммах соединений In_2S_3 и FeIn_2S_4 присутствуют индексы отражений, характерные для кубической структуры шпинели. Разрешение высокоугловых линий свидетельствует о равновесности полученных соединений. Параметры элементарной ячейки, рассчитанные методом наименьших квадратов, равны $a = 10,612 \pm 0,005 \text{ \AA}$ для FeIn_2S_4 и $a = 10,772 \pm 0,005 \text{ \AA}$ для In_2S_3 .

Спектры пропускания монокристаллов In_2S_3 и FeIn_2S_4 при 300 К представлены на рисунке 1.

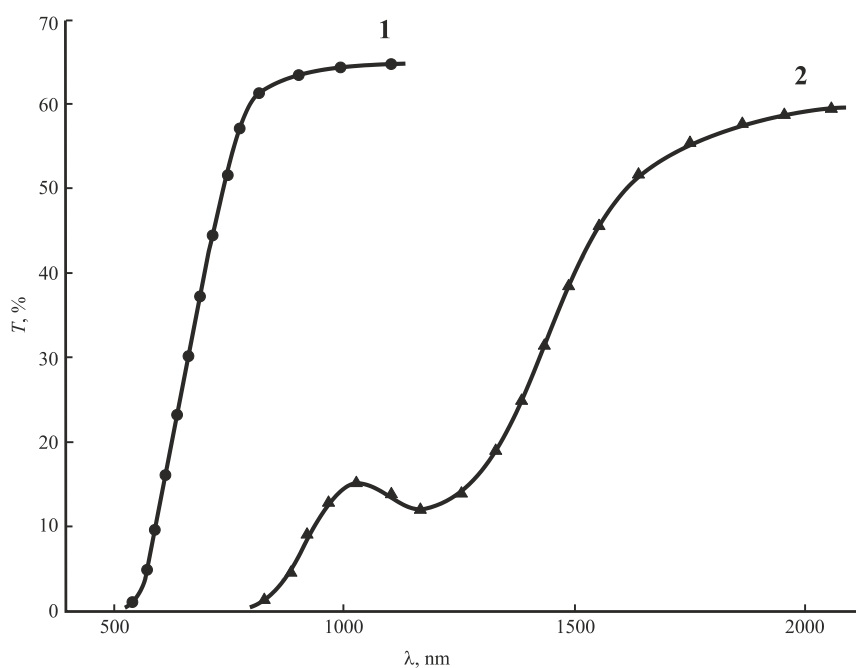


Рисунок 1 – Спектры пропускания монокристаллов:
1 – In_2S_3 , 2 – FeIn_2S_4

По зарегистрированным спектрам пропускания рассчитывали коэффициент поглощения по общепринятой формуле, учитывающей многократное внутреннее отражение в плоскопараллельном образце:

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \left\{ \frac{(1-R)^2}{2T} + \sqrt{\left[\frac{(1-R)^2}{2T} \right]^2 + R^2} \right\},$$

где T – коэффициент пропускания,

α – коэффициент поглощения,

d – толщина образца,

R – коэффициент отражения, равен 0,27.

На рисунке 2 представлены спектральные зависимости $(\alpha \times \hbar\omega)^2$ от энергии фотонов ($\hbar\omega$). Видно, что указанные зависимости имеют четко выраженные прямолинейные участки, что свидетельствует (как и рентгеновские данные) о равновесности и качестве полученных монокристаллов. Ширину запрещенной зоны (E_g) определяли экстраполяцией прямолинейного участка зависимости $(\alpha \times \hbar\omega)^2$ от ($\hbar\omega$) до пересечения с осью абсцисс. Полученные нами значения E_g для соединения FeIn_2S_4 составляют 1,377 эВ и 2,09 эВ для соединения In_2S_3 .

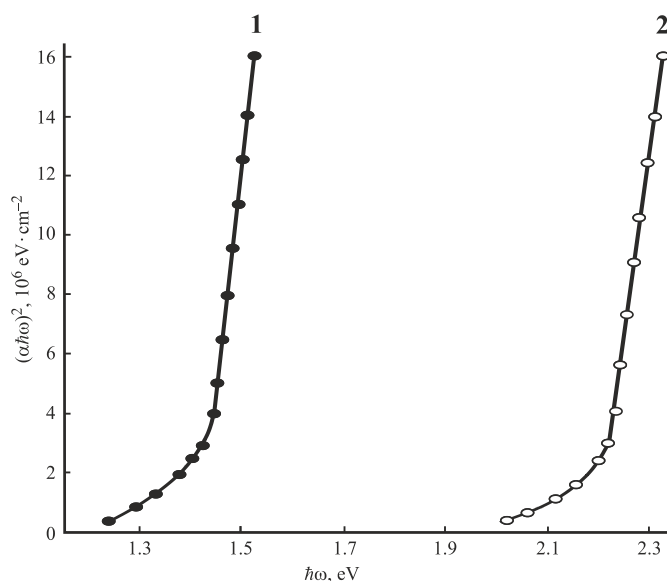


Рисунок 2 – Спектральные зависимости $(\alpha \times \hbar\omega)^2$ от $\hbar\omega$ для монокристаллов: 1 – FeIn_2S_4 , 2 – In_2S_3

Методом Бриджмена из расплава выращены однородные монокристаллы соединений In_2S_3 и FeIn_2S_4 диаметром 14 и длиной 40 мм, определен их состав, структура и параметры элементарной ячейки. По спектрам пропускания определена ширина запрещенной зоны указанных монокристаллов.

Литература

1. Кристаллические структуры неорганических соединений / Ф.Г. Донника [и др]; под общ. ред. С.И. Радауцану. – Кишинев: Штиинца, 1974. – 125 с.
2. Defect engineering in II–III₂–VI₄ and related compounds / S.I. Radautsan [et al.] // Jpn. J. Appl. Phys. – 1993. – Vol. 32, suppl. 32–3. – P. 5–9.
3. Фоточувствительные структуры на кристаллах In₂S₃ / И.В. Боднар, В.А. Полубок, В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь // Физика и техника полупроводников. – 2003. – № 37. – С. 1346–1348.
4. Growth and properties of FeIn₂S₄ single crystals / I.V. Bodnar, S.A. Pavlyukovets, K.V. Charnyakova, Yu.A. Fedotova, I.A. Victorov // Physics, chemistry and application of nanostructures: Reviews and Short Notes: Proc. of the Inter. Conf. «Nanomeeting – 2009», Minsk, Belarus, 26–29 May 2009 / Belarusian State Univ. of Inf. and Radioelectron.; ed. V.E. Borisenko, S.V. Gaponenko, V.S. Gurin. – Minsk, 2009. – P. 295–298.

О.А. Липницкий (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)

Науч. рук. А.С. Антонов, ст. преподаватель

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РОТОРНОГО ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАПРОЛАКТАМА

Введение. Капролактамы – один из наиболее востребованных продуктов нефтехимии, используется для получения полиамида-6. При получении капролактама могут образовываться до 50 различных органических примесей, которые накапливаются в капролактамосодержащих продуктах. Попадая в товарный капролактамы, они снижают его качество; отрицательно влияют на процесс полимеризации и способствуют снижению качества полиамидных продуктов. В связи с этим к качеству капролактама предъявляют жесткие требования [1, 2].

На действующих производствах капролактама образуется значительное количество жидких отходов. Загрязненные капролактамосодержащие потоки, образующиеся при выпарке и дистилляции капролактама, рециркулируют. При этом в цикл возвращаются и примеси, содержащиеся в потоках, что отрицательно сказывается на качестве полупродуктов и товарного капролактама. От условий и четкости проведения дистилляции зависит количество образующихся примесей,

загрязняющих готовый продукт. Поэтому стадия дистилляции капролактама является одной из важнейших, отвечающих за качество получаемого товарного продукта [3].

Решение проблемы видится в поиске новых, эффективных подходов на стадии дистилляции капролактама.

Целью работы являлась оптимизация конструкторско-технологических решений роторного тонкопленочного испарителя, применяемого в процессах дистилляции капролактама на ОАО «Гродно Азот».

Методика исследований. Объектом исследований являлась конструкция испарителя «Сако» (рисунок 1, а), применяемого при производстве капролактама на ОАО «Гродно Азот».

В производстве капролактама, разработанном фирмой Stamicarbon (Голландия), для стадии очистки капролактама используется испаритель «Сако» (в вертикальном исполнении).

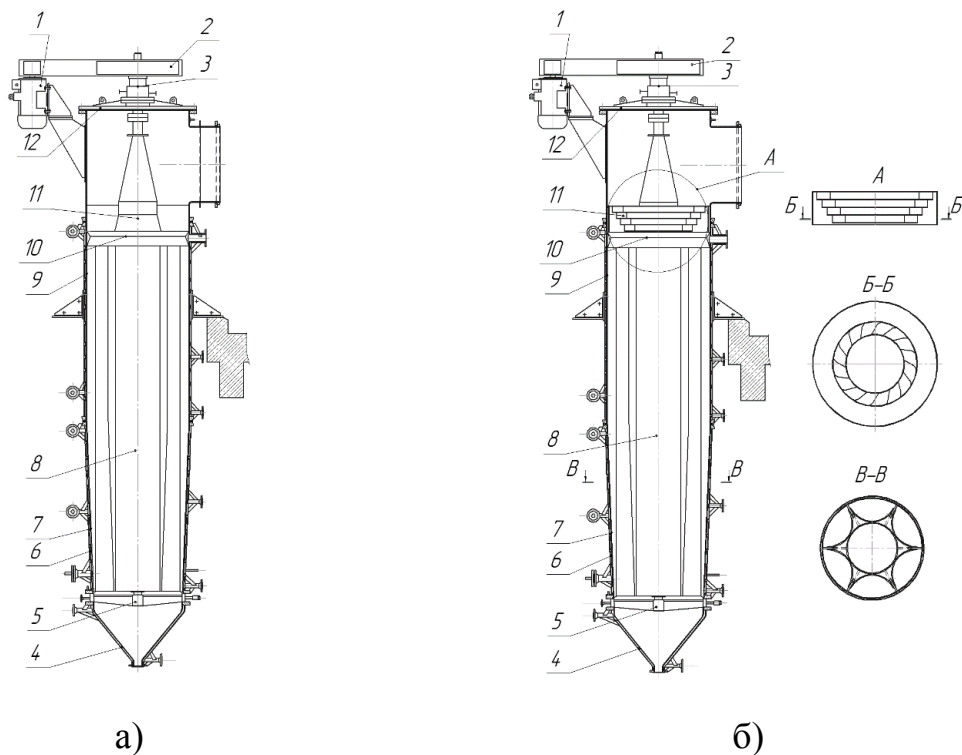
Испарители в вертикальном исполнении изготавливаются с поверхностью нагрева до 24 м^2 при среднем внутреннем диаметре корпуса до 1,4 м. Если в вертикальном аппарате «Сако» время пребывания продукта составляет от 1,6 до 7 с, то в горизонтальных аппаратах оно может достигать до нескольких минут.

Для оптимизации конструкторских решений роторного тонкопленочного испарителя и оформления конструкторской и технологической документации применяли методы компьютерного моделирования и проектирования технических объектов на базе программного продукта Компас-3D. Прочностные и технологические расчеты оптимизированной конструкции роторного тонкопленочного испарителя проводили по стандартным методикам [4–7].

Результаты и их обсуждение. Основной аппарат для получения готового продукта – капролактама – является пленочный роторный испаритель. Проведенный химический анализ товарного капролактама производства ОАО «Гродно Азот» выявил высокое содержание щелочи и не соответствующий показатель оптической плотности. Щелочь кипит при температуре $128 \text{ }^\circ\text{C}$ и попадает в готовый продукт в виде капель. Для предотвращения капельного уноса была разработана конструкция роторно-кольцевого центробежного сепаратора (рисунок 1, б).

Использование центробежного сепаратора позволяет уменьшить капельный унос в 5-6 раз и обеспечивает полное удаление влаги из готового продукта. Кроме того, применение разработанной конструкции сепаратора позволяет получать отбор товарного капролактама с 70 % до 75 %, уменьшая, тем самым, выход его в виде кубовой жидкости на повторную переработку.

Заключение. Разработка и внедрение конструкции роторно-кольцевого центробежного сепаратора на установке дистилляции капролактама показали высокую эффективность работы тонкопленочного испарителя в широком диапазоне газо-жидкостных нагрузок, позволили интенсифицировать процесс дистилляции и ректификации капролактама, улучшить показатели готового продукта и обеспечить его стабильное высокое качество.



1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – торцевое уплотнение; 4 – коническое днище; 5 – подпятник; 6 – рубашка;
 7 – конический корпус; 8 – ротор; 9 – царга цилиндрическая;
 10 – распределительное устройство; 11 – сепарирующее устройство;
 12 – плоская крышка

а – применяемая конструкция; б – оптимизированная конструкция

Рисунок 1 – Конструкция роторного тонкопленочного испарителя

Литература

1. Оптимизация стадии дистилляции капролактама / И. Л. Глазко [и др.] // Российский Химический Журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2006. – Т. L, № 3. – С. 59–64.

2. Дружинина, Ю.А. Способы переработки капролактамосодержащих продуктов на основе исследования их химического состава: автореф. дис. канд. хим. наук: 02.00.13 / Юлия Александровна Дружинина;

Самарский государственный технический университет. – Самара, 2009. – 23 с.

3. Производство капролактама / А.С. Бадриан [и др.]; под ред. В.И. Овчинникова и В.Р. Ручинского. – М.: «Химия», 1977. – 264 с.

4. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496с.

5. ГОСТ Р 52857.2-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. – Введ. 01.04.2008. – М.: Стандартиформ, 2008. – 45 с.

6. ГОСТ Р 52857.3-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер. – Введ. 01.04.2008. – М.: Стандартиформ, 2008. – 30 с.

7. ГОСТ Р 52857.7-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты. – Введ. 01.04.2008. – М.: Стандартиформ, 2008. – 51 с.

**Д.Р. Лобанов, В.С. Юдин, Н.Н. Курьян
(УО «ГрГУ им. Янки Купаль», Гродно)**

Науч. рук. **С.С. Ануфрик**, канд. физ.-мат. наук, профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТРОИТЕЛЬНОГО ПЕСКА МЕТОДАМИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Песок в строительной отрасли является хорошим основанием для изготовления различных строительных изделий, в частности, цементных растворов. Основная масса песков состоит из кварца и полевых шпатов. Применимость песков находится в зависимости от крупности частиц, а также от примесей, таких как слюда, соли, гипс, глинистые минералы, гумус. Эти примеси в ряде случаев ограничивают использование песков [1].

Строительный песок подразделяется на карьерный и речной. Карьерный песок содержит в себе примеси: глину, пыли и кристаллы кварца. Перед применением карьерный песок проходит стадии очистки проточной водой. Размеры песчинок находятся в диапазоне от 0,7 до 3,2 миллиметра [2].

Речной песок может быть серого или желтого цвета. Данный вид песка не требует промывки в отличие от карьерного. Одна из его особенностей – различные по диаметру песчинки (от 0,3 до 5 миллиметров). Единственный недостаток – большая стоимость из-за способа добычи [3].

Наличие в песке примесей: пылевидных частиц, органических примесей, сернистых и сернокислых соединений негативно влияют на качество бетона (вызывают коррозию бетона и стальной арматуры, уменьшают прочность бетона, ухудшают сцепление с цементным камнем). С целью выявления и в дальнейшем исключения негативно влияющих примесей был проведён спектральный анализ строительных песков.

Исследование проводилось при помощи двух методов: лазерно-эмиссионного (LIBS) и рентгенофлуоресцентного спектрального анализа (РФА). Метод лазерно-эмиссионной спектроскопии позволяет за минимальный промежуток времени получить наиболее полную информацию об элементном составе исследуемого материала. Принцип действия данного метода состоит в том, что при воздействии лазерного излучения анализируемое вещество претерпевает фазовые превращения, образуется плазма. Анализ спектра свечения плазмы позволяет выделить и идентифицировать спектральные линии элементов исследуемого вещества и как следствие провести качественный спектральный анализ [4].

Для определения элементного состава использовалось 4 образца карьерного песка: д. Беяны (1,2), д. Санники (4), д. Гожа (5) и один образец речного песка жёлтого цвета из р. Неман (3).

При проведении классификации строительных песков используется такой параметр как модуль крупности песка. Модуль крупности – это показатель крупности зёрен в песке (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация образцов строительного песка по модулю крупности

Группа песка	Модуль крупности	№ образца
Очень крупный	Св. 3,5	–
Повышенной крупности	>> 3,0 до 3,5	–
Крупный	>> 2,5 >> 3,0	–
Средний	>> 2,0 >> 2,5	–
Мелкий	>> 1,5 >> 2,0	3
Очень мелкий	>> 1,0 >> 1,5	4
Тонкий	>> 0,7 >> 1,0	1,2
Очень тонкий	До 0,7	5

В связи с отсутствием эталонов в методе LIBS, необходимых для определения количественного состава образца, использовался рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Данный метод основан на анализе характеристического спектра вторичного флуоресцентного излучения пробы, возникающий под действием более жесткого рентгеновского излучения (2,5–3 кэВ). Спектр вторичного излучения отражает элементный состав анализируемого вещества (атомам химических элементов присущи индивидуальные характеристические линии). Наличие в спектре характеристических линий позволяет качественно определить состав вещества, а их интенсивность количественно оценить концентрацию.

Над каждым образцом проводилось 5 опытов. Полученные в ходе эксперимента, среднестатистические показания по лазерно-эмиссионному (LIBS) и рентгенофлуоресцентному спектральному анализам, а так же анализ интернет источников, указывают на наличие в строительном песке основной части кремния (Si) – 96 %. Химический состав оставшихся 4 % практически идентичен, но в зависимости от карьера обнаруживаются определённые химические элементы. В результате исследования было идентифицировано 32 химических элемента, 28 из которых присутствуют в каждом образце песка. В пробе № 1 отсутствует свинец (Sb), в пробе № 2 – никель (Ni), в пробе № 3 вольфрам (W), в пробе № 5 – бром (Br). Больше всего во всех образцах строительного песка было обнаружено кальция (Ca) – 25124,23 мкг/г, серы (S) – 19103,34 мкг/г, хлора (Cl) – 14616,17 мкг/г, калия (K) – 9205,05 мкг/г и железа (Fe) – 4065,05 мкг/г. Так же были обнаружены следы ртути (Hg) и урана (U).

Содержание серы (S) для образца №1 составило 1,095 %, для образца № 2 – 1,084 %, для образца № 3 – 1,103 %, для образца № 4 – 0,928 %, для образца № 5 – 0,999 %. Согласно ГОСТ 10268-80 для бетона гидротехнических и транспортных сооружений массовая доля сернистых соединений в песке не должна превышать 1 %.

В образцах под номерами 1, 2, 3 содержание серы (S) незначительно превышает допускаемое количество по выше указанному ГОСТу.

Анализ ранее полученных данных указывают на то, что качество бетона, получаемого при использовании строительного песка из карьера д. Беляны и из р. Неман будет хуже, чем при использовании строительного песка из карьеров д. Санники и д. Гожа. Строительный песок, добытый из р. Неман согласно модулю крупности может применяться при изготовлении кирпичей, а остальные для приготовления сухих строительных смесей (штукатурных, шпаклёвочных и клеевых).

Литература

1. Строительный песок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://softtech.far.ru/mater/mater4.html>. – Дата доступа: 02.03.2015
2. Виды песка и его применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://global-stroy.net/vidy-peska-i-ego-primenenie>. – Дата доступа: 02.03.2015
3. Классификация строительного песка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusarticles.com/tehnologii-statya/stroitelnyj-pesok-6593017.html>. – Дата доступа: 02.03.2015
4. Семёнов, Л.П. Бесконтактный дистанционный элементный анализ вещества / Л.П. Семёнов, А.М. Скрипкин // Труды ИЭМ. 1997. Вып 29(164). – С. 86–96.

А.В. Макаревич (УО «МГПУ им. И.П. Шамякина», Мозырь)
Науч. рук. **В.В. Шепелевич**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ЗАВИСИМОСТЬ ДИФРАКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПУСКАЮЩИХ ГОЛОГРАММ ОТ ТОЛЩИНЫ КРИСТАЛЛА $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$

Как правило, при изучении зависимости дифракционной эффективности голограмм от толщины фоторефрактивного кристалла, обсуждаются только результаты теоретического анализа без их экспериментального подтверждения (см., например, [1, 2]). Поэтому, значительный интерес представляет практическая реализация такого эксперимента, который ранее был проведен в [3–5] с использованием трапециевидной геометрии перекрытия в кристалле световых пучков с плоским волновым фронтом при их двухволновом взаимодействии, причём основное внимание уделялось теоретическому и экспериментальному изучению зависимости процесса энергообмена световых волн от толщины фоторефрактивных кристаллов. Данная геометрия является уникальной, поскольку ее использование не требует для проведения вышеописанных исследований набора кристаллических образцов различной толщины. Следует отметить, что в работах [3–5] измерение перекачки энергии проводилось только для двух пространственных ориентаций кристаллов, при которых влиянием пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов можно пренебречь ($\vec{K} \parallel [001]$ и $\vec{K} \perp [001]$, где \vec{K} – вектор голографической решетки).

На основании этого ниже будет также уделено внимание рассмотрению ориентаций кристалла BSO среза $(\bar{1}\bar{1}0)$ толщины 8 мм, при которых пьезоэлектрический и фотоупругий эффекты оказывают существенное влияние на величину дифракционной эффективности голограмм как при учете, так и без учета естественной гиротропии кристалла.

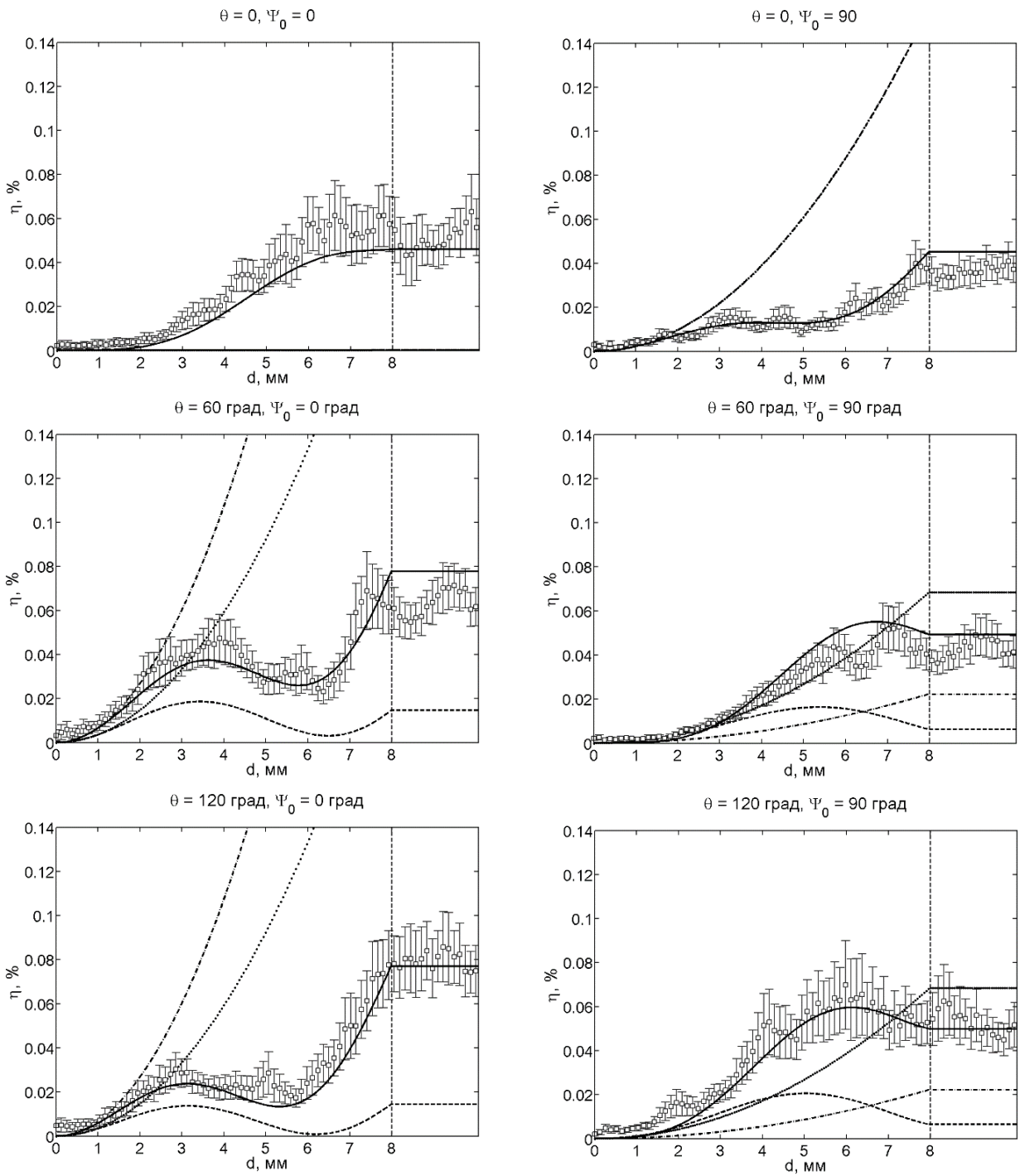
Результаты экспериментальных исследований и теоретического анализа для некоторых фиксированных значений ориентационного угла кристалла θ и двух значений азимута линейной поляризации считывающего пучка $\Psi_0 = 0$ и $\Psi_0 = 90^\circ$ представлены на рисунке.

При расчете были использованы параметры кристалла BSO из [6] и его коэффициент поглощения α , равный 25 м^{-1} из [7]. В обоих случаях амплитуда напряженности электрического поля пространственного заряда E_{sc} выбиралась равной $37,9 \times 10^3 \text{ В/м}$. Ориентация кристаллической пластинки относительно рабочей системы координат, связанной с плоскостью распространения световых пучков, и направление отсчета ориентационного угла кристалла θ от кристаллографического направления $[001]$ к вектору голографической решетки \vec{K} также представлены в [6].

Вертикальной штриховой линией на рисунке отмечена «граница» между участками «изменения» и «насыщения» значений дифракционной эффективности, которые образуются при использовании вышеуказанной геометрии. Из этого рисунка видно, что при $\theta = 0$ ($\vec{K} \parallel [001]$, как в [1–3]) возможно проведение теоретической интерпретации экспериментальных данных без учета пьезоэлектрического эффекта (кривые, учитывающие и не учитывающие влияние пьезоэлектрического эффекта, совпадают), который во всех других случаях оказывает весьма существенное влияние на значения дифракционной эффективности голограмм. При этом в отсутствие оптической активности для $\theta = 0$ и $\Psi_0 = 0$ дифракционная эффективность на исследованном интервале толщины кристалла BSO принимает нулевые или практически нулевые значения.

Таким образом, впервые экспериментально установлена зависимость дифракционной эффективности голограмм в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ от его толщины с помощью кристаллического образца среза $(\bar{1}\bar{1}0)$ с фиксированной толщиной 8 мм для различных значений ориентационных углов θ . Дана теоретическая интерпретация полученных экспериментальных данных.

Показано, что при некоторых значениях ориентационных углов кристалла только учет вклада пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов в теоретических расчётах приводит к удовлетворительному согласованию их результатов с экспериментом.



сплошная линия – с учетом пьезоэлектрического эффекта и оптической активности, штриховая линия – без учета пьезоэлектрического эффекта, штрихпунктирная линия – без учета оптической активности, пунктирная линия – без учета оптической активности и пьезоэлектрического эффекта, \square – экспериментальные данные

Рисунок – Зависимость дифракционной эффективности голограмм η , записанных в кристалле BSO среза $(\bar{1}\bar{1}0)$ толщины 8 мм, от толщины кристалла d

Литература

1. Garsía, E.A. Optimization of the diffraction efficiency of $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ under strong modulation and applied electric fields / E.A. Garsía, I. Casar, L.F. Magaña // J. Opt. Soc. Am. B. – 2000. – Vol. 17, № 12. – P. 1961–1966.
2. Casar, I. Influence of fringe bending on the enhancement of the diffraction efficiency of bismuth silicate gratings recorded under strong modulation and applied electric fields / I. Casar, L.F. Magaña // J. Opt. Soc. Am. B. – 2003. – Vol. 20, № 4. – P. 736–740.
3. Dynamic holography with none plane waves in sillenites / E. Shamonina [et al.] // Opt. Quant. Electron. – 1996. – Vol. 28. – P. 25–42.
4. Investigation of two-wave mixing in arbitrary oriented sillenite crystals / E. Shamonina [et al.] // Appl. Phys. B. – 1997. – Vol. 64. – P. 49–56.
5. Optical activity in photorefractive $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ / E. Shamonina [et al.] // Opt. Comm. – 1998. – Vol. 146. – P. 62–68.
6. Шепелевич, В.В. Голография в фоторефрактивных оптически активных кристаллах: монография / В.В. Шепелевич. – Минск: Изд. центр БГУ, 2012. – 254 с.
7. Акустические кристаллы / А.А. Блисталов [и др.]; под ред. М.П. Шаскольской. – М.: Наука, 1982. – 632 с.

С.Г. Монич (БНТУ, Минск)

Науч. рук. **М.Г. Киселев**, д-р техн. наук, профессор

ОЦЕНКА ЦИТОТОКСИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ ОТ СПОСОБОВ ЕЕ ОБРАБОТКИ

С целью обеспечения благоприятных условий взаимодействия поверхности металлического имплантата с биологическими средами в процессе его интеграции в организме человека применяют ее модификацию. Для этого используют травление поверхности кислотами, а также струйно-абразивную и дробеструйную обработки [1–3]. В результате выполнения этих операций производят модификацию исходной поверхности имплантата с формированием на ней характерного для данного способа обработки микрорельефа. Так, после струйно-абразивной обработки он представляет собой совокупность лунок, образовавшихся в результате пластического деформирования металла поверхностного слоя абразивными частицами [2]. Как известно [4], в ходе выполнения ЭКО в поверхностном слое заготовки происходят химико-термические и термические изменения состояния исходной

поверхности, что определяет его свойства, включая биологические. Поэтому применительно к имплантатам важно, чтобы при контактировании с биологическими средами их модифицированная поверхность обладала биоинертностью, биосовместимостью и биоактивностью [5].

В этой связи, цель данной работы состояла в определении влияния различных способов обработки поверхности металлических имплантатов и на ее цитотоксичность и адсорбционные свойства.

Образцы в виде цилиндра диаметром 5 мм и длиной 40 мм изготавливались из титанового сплава ВТ1-0 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т, т. е. из материалов, применяемых в имплантационной технологии. Одна группа образцов имела поверхность, полученную после токарной обработки, вторая – после выполнения последующей пескоструйной обработки и третья – после выполнения последующей электроконтактной обработки.

Для проведения цитологических исследований образцы металлических имплантатов после ЭКО были очищены от загрязнений, выдержаны в печи при температуре +150 °С, помещены в стерильные пакетики и переданы в ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси».

С целью удобства последующего описания результатов исследований и их сравнительного анализа испытуемым образцам были даны условные обозначения, учитывающие материал образца и способ обработки его поверхности, которые приведены в таблице 1. Буквами Ti обозначены образцы из титана и буквами Ст – образцы из нержавеющей стали.

В таблице 1 приведены режимы и условия ЭКО поверхности металлических имплантатов.

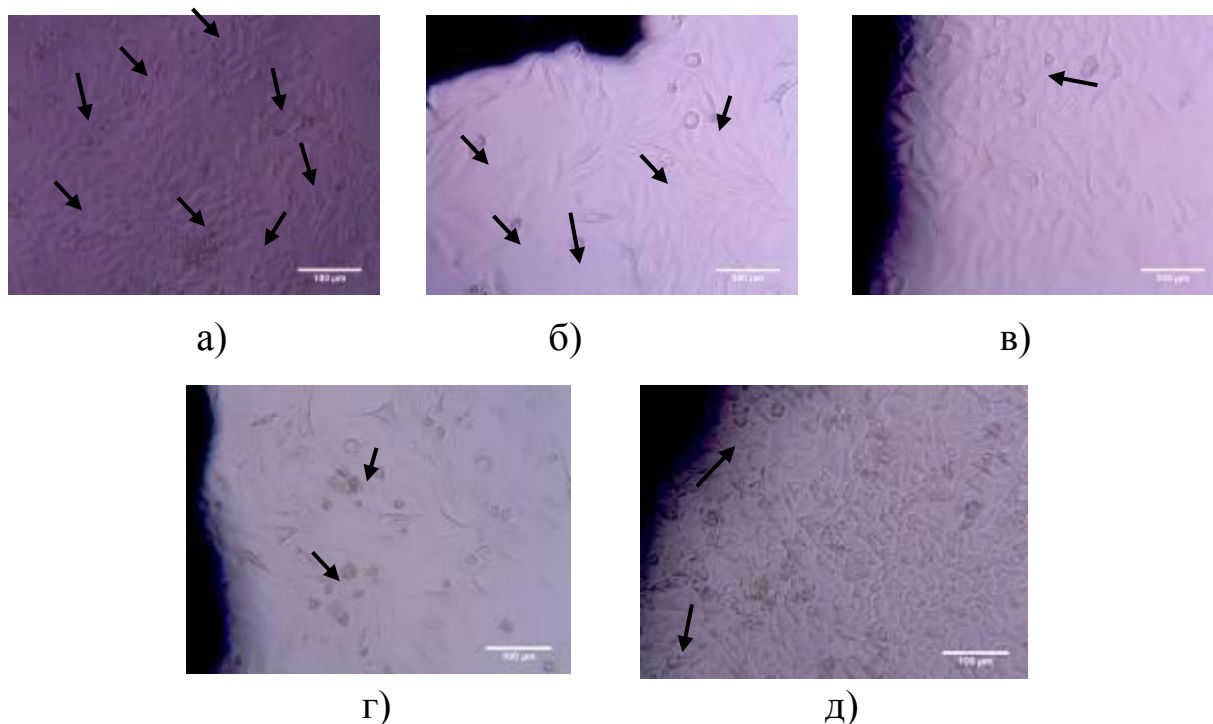
Таблица 1 – Условные обозначения испытуемых образцов

Условное обозначение образца	Способ обработки поверхности образца
Ti 1, Ст 1	Токарная обработка
Ti 2, Ti 6, Ст 2	ЭКО с применением диэлектрической жидкости
Ti 3, Ti 4, Ст 3	ЭКО на воздухе
Ti 5, Ст 5	Пескоструйная обработка

Превиваемые клетки культуры фибробластов человека (FLv) были получены из Российской коллекции клеточных культур позвоночных (Институт цитологии РАН, г. Санкт-Петербург). Их культивировали (концентрация 2×10^5 клеток/мл) в чашках Петри диаметром 35 мм в среде Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) с добавлением 10 %-ной эмбриональной телячьей сыворотки и 10^{-4} г/мл раствора сульфата гентамицина. Чашки размещали в CO₂-инкубаторе при 5 %

CO₂ и температуре 37 °С [12,13]. На наружную поверхность дна чашек Петри по периметру наносили разметку по часовой стрелке. Размещение анализируемых образцов осуществляли вблизи одной из зафиксированных меток у края чашки.

На рисунке 1 представлены примеры фотографий монослоя клеток, полученных через 10 суток в чашках с интактной культурой, на которых темными стрелками обозначены места с мертвыми клетками.



а – монослой клеток без имплантатов, б – монослой клеток с Ti 1 имплантатом, в – монослой клеток с Ti 2 имплантатом, г – монослой клеток с Ст 3 имплантатом, д – монослой клеток с Ст 5 имплантатом

Рисунок 1 – Изображение монослоя клеток с имплантатами на 10-е сутки наблюдения

В результате проведенных исследований установлено, что жизнеспособность клеток в чашках без образцов составила $96\pm 2\%$, а при помещении в них титановых образцов получены следующие данные. Для образца Ti 1 жизнеспособность клеток составила $95\pm 1\%$, для образца Ti 2 – $93\pm 2\%$, для образца Ti 3 – $95\pm 2\%$, для образца Ti 4 – $92\pm 2\%$, для образца Ti 5 – $10\pm 2\%$ и для образца Ti 6 – $95\pm 2\%$. Кроме того, была определена конфлюэнтность монослоя клеток через 10 дней экспозиции имплантатов на культуру клеток. Конфлюэнтность представляет собой отношение площади, занимаемой клетками к площади поверхности, на которой они растут. Установлено, что в культуре без образцов значение конфлюэнтности составило 90% , в культуре с образцом

Ti 1 – 75 %, в культуре с образцом Ti 2 – 70 %, в культуре с образцом Ti 3 – 85 %, в культуре с образцом Ti 4 имплантатом – 85 %, в культуре с образцом Ti 5 – 7 %, в культуре с Ti 6 имплантатом – 60 %.

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что образцы имплантатов, поверхность которых обработана пескоструйным способом, проявляет наибольшую цитотоксичность *in vitro* на клетки культуры фибробластов человека (Flv). Меньшую цитотоксичность имеют титановые образцы после токарной обработки их поверхности, а наименьшей цитотоксичностью обладают образцы, поверхность которых сформирована электроконтактной обработкой на воздухе.

Литература

1. Szmukler-Moncler, S. Etched implants: a comparative surface analysis of four implant systems / S. Szmukler-Moncler, T. Testori, J. Bernard // J Biomed Mater Res B Appl Biomater. – 2004. – 69: 1. – P. 46–57.
2. Ercoli, C. Alternative procedure for making a metal suprastructure in a milled bar implant-supported overdenture / C. Ercoli, G. Graser, R. Talents, M. Hagan // J Prosthet Dent. 1998. – 80. – P. 253–258.
3. Boyan, D. Role of material surfaces in regulating bone and cartilage cell response / D. Boyan [et.al.] // J. Biomaterials. – 1996. – № 17 (2). – P. 137–146.
4. Соколов, И.А. Механизация процесса электроискрового легирования / И.А. Соколов // Электронная обработка материалов. – Кишинев. – 1975. – № 1. – С. 33–34.
5. Савич, В.В. Модификация поверхности титановых имплантатов и ее влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах / В.В. Савич, Д.И. Сарока, М.Г. Киселев, М.Г. Макаренко; под науч. ред. В.В. Савича. – Мн.: «Беларуская навука». – 2012. – 244 с.

М.И. Москвичев (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **В.Е. Гайшун**, канд. физ.-мат. наук, доцент

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР

Требования к созданию новых композиционных материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях – под действием высоких температур, химически активных сред, излучений и т. д. постоянно возрастают.

Многие технические проблемы, где требуется снижение веса при низкой теплопроводности, повышенной устойчивости к эрозии и агрессивным средам могут быть решены с применением полых стеклянных микросфер. Использование такого регенерата в качестве наполнителя стройматериалов позволяет расширить температурные, прочностные, радиационные, теплофизические, экологические, влажностные рамки эксплуатации изделий и конструкций на их основе.

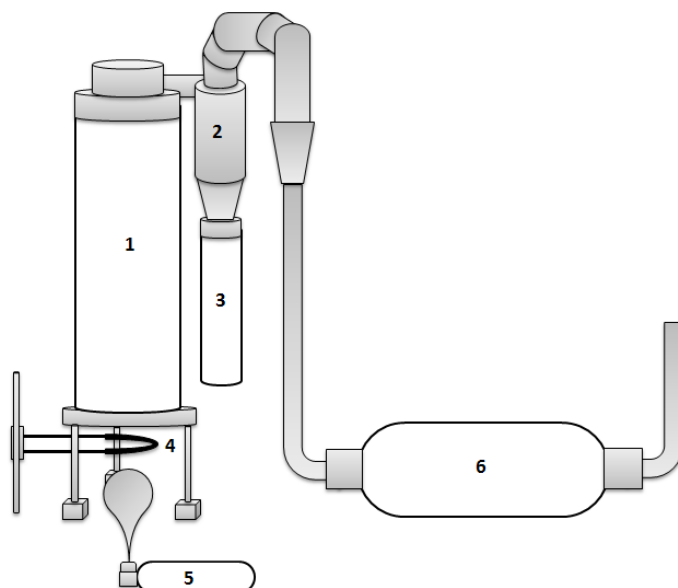
Полые стеклянные микросферы представляют собой белый или сыпучий порошок, состоящий из крошечных тонкостенных шариков диаметром 1–700 мкм. Состав стекла и почти правильная форма микросфер обеспечивают их очень высокую прочность при сжатии, низкое водопоглощение, малую теплопроводность, высокую химическую стойкость и радиопрозрачность. Хорошая адгезия полых стеклянных микросфер к полимерным связующим позволяет создавать композиты на их основе с уникальным комплексом свойств. Все эти факторы определили большое разнообразие областей применения стеклянных микросфер.

В Проблемной лаборатории УО «ГГУ имени Франциска Скорины» разработан способ получения полых микросфер из наноразмерных аэросилов. Разработанный способ не требует больших энергозатрат. В качестве исходных материалов использовали аэросилы А-380 (Украина), А-175 (Украина) и других марок. Размер частиц аэросилов составляет 5–15 нм и 10-40 нм соответственно.

Способ получения микросфер включает несколько этапов. На начальном этапе готовится водно-спиртовая суспензия (золь) на основе одного из вышеуказанных аэросилов с использованием ультразвуковой активации. Количество спирта по отношению к воде составляет от 50 до 90 объемных %. Концентрация аэросила в золе – до 100 г/л. На втором этапе золь с помощью распылителя подается на разогретую спираль. Нагрев спирали доводится до красного каления. Попадая в зону раскаленной спирали, спирт, содержащийся в каплях золя, воспламеняется и выгорает. В результате образуется гель-крупка.

Чтобы образующаяся гель-крупка не улетала на большие расстояния, пространство в зоне расположения спирали и над ней ограждается кварцевой трубой с внутренним диаметром около 150 мм. Температура в центре трубы достигает несколько сотен градусов (до 700 °С), благодаря чему из гель-крупки удаляется вода. Улавливание частиц, выносимых тепловым потоком вверх, осуществляется с помощью циклопа, расположенного над трубой.

Сформированные частицы имеет форму шариков внутри полых, размер которых зависит от диаметра диффузора распылителя. На заключительном этапе проводят спекание этих частиц при температуре 1100–1200 °С на воздухе до стеклообразного состояния.



1 – кварцевая труба; 2 – улавливатель; 3 – емкость для накопления сфер;
4 – спираль нагрева; 5 – распылитель; 6 – компрессор

Рисунок 1 – Схема установки для получения тонкостенных микросфер

Разработанный способ позволяет получать пустотелые микросферы широкого размерного диапазона: от 2 мкм до 200 мкм. Благодаря таким свойствам как легкость, низкая тепло- и электропроводность, высокая термостойкость, химическая и биологическая инертность, физическая и химическая стабильность и др. полые микросферы могут найти широкое применение в качестве наполнителей различного рода композиционных материалов, в том числе в машиностроительной, химической, строительной и других отраслях.

Д.М. Пилецкая (БГУ, г. Минск)

Науч. рук. **Ю.М. Покотило**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ИЗОВАЛЕНТНОЙ ПРИМЕСИ КРЕМНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ И ОТЖИГ КОМПЛЕКСА ДОНОР-ВАКАНСИЯ В ГЕРМАНИИ

Методом нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней исследовался энергетический спектр и сечения захвата электронов радиационными дефектами в твердых растворах $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$, и кристаллах чистого Ge, облученных высокоэнергетическими электронами и ионами водорода. Установлено, что примесь кремния и внедренные

при имплантации атомы водорода не влияют на процессы радиационного дефектообразования в германии.

В связи с актуальностью проблемы повышения быстродействия приборов микроэлектроники была высказана идея о замене кремния другим полупроводниковым материалом, обладающим более высокой подвижностью. Оказалось, что наиболее подходящим материалом является германий. Кроме того, германий образует непрерывный ряд твердых растворов с кремнием, и при создании КМОП транзисторов на основе Ge в значительной степени может быть использована кремниевая технология [1]. Однако, по сравнению с кремнием, электрофизические свойства германия значительно менее изучены. В связи с этим в настоящей работе исследуются особенности радиационного дефектообразования в германии с изовалентной примесью кремния.

Исследования были проведены на образцах твердых растворов $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ ($0 \leq x \leq 0,031$), выращенных модифицированным методом Чохральского с низким ($< 10^{15} \text{ см}^{-3}$) содержанием кислорода. Для сравнения использовались также кристаллы чистого германия. Кристаллы $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ были легированы фосфором, а кристаллы Ge сурьмой. Удельное сопротивление обоих типов кристаллов $\rho \approx 1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. Для измерений были изготовлены диоды Шоттки путем напыления золота через маску на полированную поверхность кристаллов. Толщина слоя золота составляла 200 нм. Образцы $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ были имплантированы ионами водорода, а Ge облучены быстрыми электронами с энергией 6 МэВ дозой $1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Параметры радиационных дефектов определялись из измерений нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS).

На рисунке 1 представлены спектры DLTS для $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ ($x = 0,012$) (1) и Ge (2) при одинаковых значениях окон регистрации $t_r = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$.

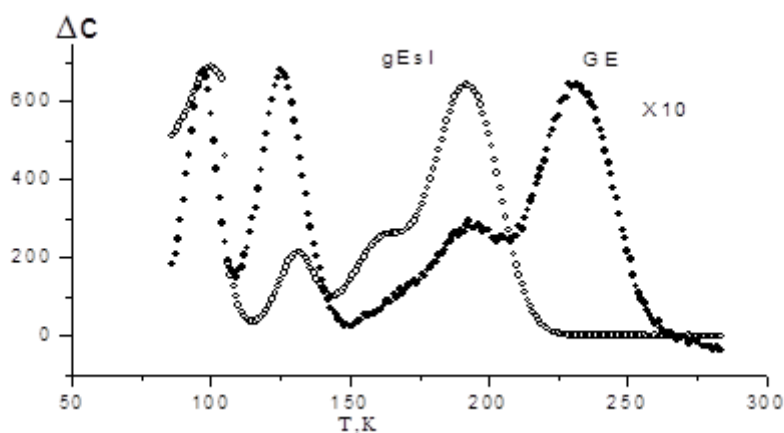


Рисунок 1 – Спектры DLTS для $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ ($x = 0,012$) (1) и Ge (2) при одинаковых значениях окон регистрации $t_r = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$

Из анализа полученных данных следует, что максимумы пиков DLTS в основном практически совпадают, а самых высокотемпературных существенно отличаются.

Измерения спектров при различных значениях окон регистрации позволили из смещения максимумов пиков на основе зависимостей Аррениуса определить энергию E и сечение σ ионизации радиационных дефектов для обоих типов образцов. Данные приведены в таблице.

Таблица – Параметры радиационных дефектов в $Ge_{1-x}Si_x$ ($x = 0,012$), облучённом ионами электронами, и Ge, имплантированном ионами водорода

Пик 1	Пик 2	Пик 3	Пик 4	Тип образца	Вид облучения
$E_I = 0,15$ эВ $\sigma = 1,5 \cdot 10^{-14}$ см ²	$E_{II} = 0,22$ эВ $\sigma = 1,1 \cdot 10^{-14}$ см ²	$E_{III} = 0,32$ эВ $\sigma = 6,6 \cdot 10^{-14}$ см ²	$E_{IV} = 0,4$ эВ $\sigma = 6,6 \cdot 10^{-14}$ см ²	Ge	электроны
$E_I = 0,15$ эВ $\sigma = 1,5 \cdot 10^{-14}$ см ²	$E_{II} = 0,22$ эВ $\sigma = 3,8 \cdot 10^{-16}$ см ²	$E_{III} = 0,21$ эВ $\sigma = 4,2 \cdot 10^{-14}$ см ²	$E_{IV} = 0,3$ эВ $\sigma = 1,6 \cdot 10^{-16}$ см ²	$Ge_{1-x}Si_x$	ионы водорода

На рисунке 2 представлены данные изохронного отжига E-центра.

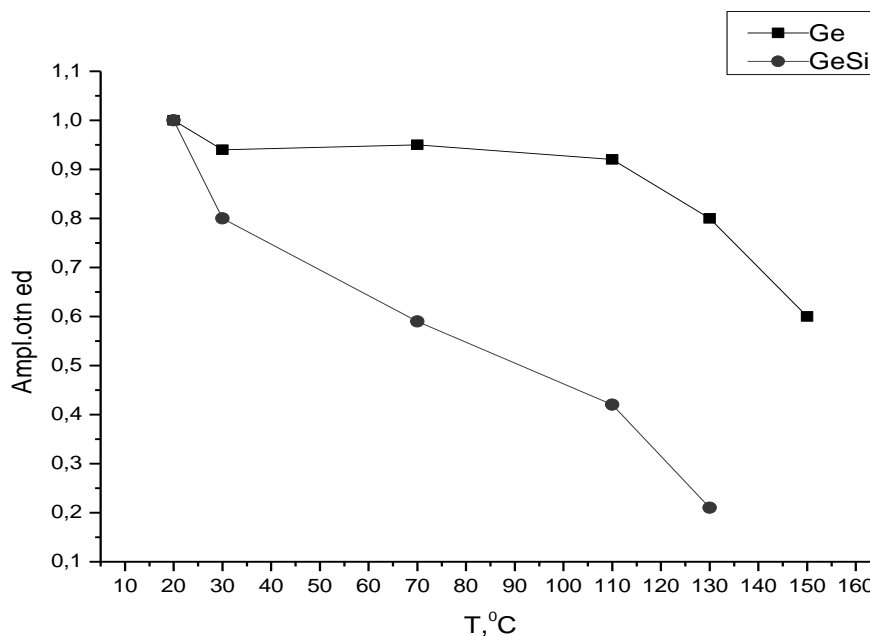


Рисунок 2 – Изохронный отжиг (20 мин.) E-центра в Ge и GeSi

Из анализа полученных результатов следует, что примесь кремния существенно влияет на механизм отжига E-центра.

Таким образом, существенное различие параметров дефекта E_1 может быть связано с примесью Si или водорода внедренного в $Ge_{1-x}Si_x$ при имплантации. Однако анализ литературных данных [1] позволил установить, что дефект E_1 является комплексом донор-вакансия, так называемым E-центром, энергия ионизации которого зависит от природы атома донора. Действительно, согласно [1], энергия ионизации комплекса V–P составляет $E_1 = 0,293$ эВ, а V–Sb– $E_1 = 0,38$ эВ.

Следовательно, на основании проведенных исследований можно заключить, что примесь кремния и внедренные при имплантации атомы водорода существенно влияют на параметры и энергию ионизации E-центра.

Литература

1. Vacancy-group-V-impurity atom pairs in Ge crystals with doped P, As, Sb and Bi. / V.P. Markevich, I.D. Howkins, A.R. Pieker, K.V. Emtsev, V.V. Litvinov, L.I. Murin, L.Dobaczewski. Phys. Rev. B, 70, 2004. – 235213(1–7).

А.Г. Проневский (БГУ, Минск)

Науч. рук. **М.С. Тиванов**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ G-ЛИНИИ В СПЕКТРЕ КРС БИСЛОЯ ГРАФЕНА НА МЕДНОЙ ПОДЛОЖКЕ

Для приложений наноэлектроники необходимо создание слоев графена на подложках, при этом подложки могут влиять на физические свойства графена. В данной работе исследовалась температурная зависимость положения G-линии в спектре КРС бислоя графена на медной подложке. Анализ поведения этой характерной линии имеет важное практическое значение для определения теплофизических свойств графена [1, 2].

Исследуемый образец был получен методом химического газофазного осаждения (CVD) [3]. Синтез осуществлялся в атмосфере инертного газа при температуре 1050 °С за счет каталитического разложения углеводорода $C_{10}H_{22}$ на медной подложке в присутствии H_2 .

На спектрах КРС изучаемого образца обнаружены известные линии для углеродных материалов: D , G , $2D$ ($\omega_D \approx 1372$ см⁻¹, $\omega_G \approx 1604$ см⁻¹, $\omega_{2D} \approx 2733$ см⁻¹) [4, 5]. Соотношение интенсивностей

пиков $2D$ и G составляет $I_{2D}/I_G \approx 1,06$, что характерно для бислоя графена [1–5].

На рисунке 1 представлена экспериментальная температурная зависимость положения G -пика исследуемого бислоя графена.

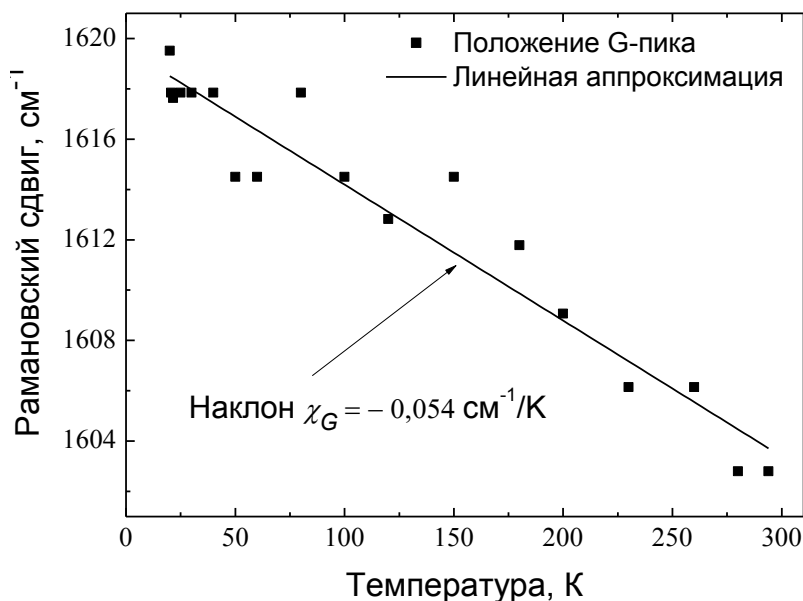


Рисунок 1 – Температурная зависимость положения G -пика бислоя графена на медной подложке в интервале 20–294 К.

В рассматриваемом температурном интервале с уменьшением температуры положение G -пика смещается в сторону больших значений см^{-1} . Полученная зависимость положения G -пика (в см^{-1}) от температуры может быть аппроксимирована линейной функцией.

Расчет коэффициента сдвига G -пика бислоя графена на медной подложке дает значение $\chi_G = -(5,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}\text{К}^{-1}$. Т. е. зависимость положения G -пика от температуры можно записать как

$$\omega_G(T) = \omega_G(0) + \chi_G T, \quad (1)$$

где $\omega_G(0) = (1619,6 \pm 0,6) \text{ см}^{-1}$ – экстраполированное положение G -пика при абсолютном нуле температуры.

Как следует из работ [6, 7], наблюдаемый температурный эффект смещения G -линии χ_G в спектре КР бислоя графена может быть объяснен изменением энергии фононов симметрии E_{2g} за счет: изменения внутренней энергии χ_T ; теплового расширения (сжатия) χ_V ; деформации, обусловленной различием коэффициентов теплового расширения бислоя графена и подложки χ_{str} :

$$\chi_G = \chi_T + \chi_V + \chi_{str}. \quad (2)$$

На наш взгляд, наиболее сильное влияние на значение χ_G должен оказывать коэффициент χ_{str} , обусловленный механическими напряжениями в бислое графена за счет взаимодействия с подложкой при различии коэффициентов теплового расширения образца и подложки [8]:

$$\chi_{str} = \frac{\beta}{\Delta T} \int_{297K}^T (\alpha_{sub}(T') - \alpha_{BLG}(T')) dT', \quad (3)$$

где $\beta = \partial\omega_G / \partial\varepsilon$ – коэффициент двухосной деформации,

ε – относительная деформация (%),

$\alpha_{sub}(T')$ и $\alpha_{BLG}(T')$ – коэффициенты теплового расширения как функции температуры T' медной подложки и бислоя графена, соответственно.

Полученное нами значение коэффициента χ_G существенно выше, чем в работе [2] для бислоя графена на SiO_2/Si . Это связывается с тем, что для меди объемный коэффициент теплового расширения, который для твердых тел в три раза прерывает линейный коэффициент теплового расширения, значительно превосходит аналогичный параметр для кремния и оксида кремния [9, 10]. Согласно (5) это обуславливает существенное различие в значениях χ_{str} для различных подложек.

Результаты представленной работы свидетельствуют о существенном влиянии материала подложки на температурную зависимость положения линий в спектрах КР графеноподобных структур, что в свою очередь отражает изменение теплофизических свойств данных структур за счет взаимодействия с подложкой.

Литература

1. Balandin, A.A. Superior Thermal Conductivity of Single-Layer Graphene / A.A. Balandin, S. Ghosh, W. Bao, et al. // Nano Lett. Vol. 8. – 2008. – № 3. – P. 902–907. – Refer.: P. 907.
2. Galizo, I. Temperature Dependence of the Raman Spectra of Graphene and Graphene Multilayers / I. Calizo, A.A. Balandin, W. Bao, et al. // Nano Lett. Vol. 7. – 2007. – № 9. – P. 2645–2649. – Refer.: P. 2649.
3. Borysiak, M. Graphene synthesis by CVD on copper substrate / M. Borysiak // The NNIN REU Research Accomplishments. – 2009. – P. 70–71. – Refer.: P. 71.
4. Ferrari, A.C. Raman Spectrum of Graphene and Graphene Layers / A.C. Ferrari, J.C. Meyer, V. Scardaci, et al. // Phys. Rev. Lett., Vol. 97. – 2006. – P. 187–401. – Refer.: P. 401.
5. Ferrari, A.C. Raman spectroscopy as a versatile tool for studying the properties of graphene / A.C. Ferrari, D.M. Basko // Nature Materials,

Vol. 8. –2013. – P. 235–246. – Refer.: P. 246.

6. Postmus, C. Pressure Dependence of Infrared Eigenfrequencies of KCl and KBr / C. Postmus, J.R. Ferraro // Phys. Rev. Vol. 174. – 1968. – №. 2. – P. 983–987. – Refer.: P. 987.

7. Lin, J. Anharmonic phonon effects in Raman spectra of unsupported vertical graphene sheets / J. Lin, L. Guo, Q. Huang, et al. // Phys. Rev. B, Vol. 83. – 2011. – P. 125–430. – Refer.: P. 430.

8. Yoon, D. Negative Thermal Expansion Coefficient of Graphene Measured by Raman Spectroscopy / D. Yoon, Y.-W. Son, H. Cheong // Nano Lett., Vol. 11. – 2011. – №. 8. – P. 3227–3231. –Refer.: P. 3231.

9. Hidnert, P. Thermal expansion of some copper alloys / P. Hidnert, H. S. Krider // JRNBS, Vol. 39. – 1947. – P. 419–424. – Refer.: P. 424.

10. Tada, H. Thermal expansion coefficient of polycrystalline silicon and silicon dioxide thin films at high temperatures / H. Tada, A. Kumpel, R. Lathrop, et al. // Journal of App. Phys. Vol. 87. – 2000. – P. 4189–4193. – Refer.: P. 4193.

Н.А. Романюк, И.М. Якушевич (УО “БГУИР”, Минск)

Науч. рук. **И.В. Боднарь**, д-р хим. наук, профессор

ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА

Кристаллы соединения $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$ выращивали направленной кристаллизацией расплава в вертикальной однозонной печи (метод Бриджмена). Исходными веществами служили медь, цинк, германий и селен чистотой $> 99,999\%$. Элементные компоненты, взятые в соотношениях $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4 = 2:1:1:4$ в количестве $\sim 25\text{--}30$ г, загружали в двойные кварцевые ампулы с оттянутым в виде конуса дном. Перед загрузкой компонентов ампулы проходили предварительную химико-термическую обработку, состоявшую в травлении сначала в концентрированной плавиковой кислоте в течение 15–20 мин, затем в «царской водке» ($\text{HNO}_3:\text{HCl} = 1:3$) – 30 мин, после чего их многократно промывали в дистиллированной воде, а затем отжигали в вакууме при температуре 1270 К на протяжении 2–3 ч. Такая обработка ампул способствует устранению посторонних примесей, содержащихся на поверхности кварцевого стекла и от неконтролируемых центров кристаллизации. После вакуумирования внутренней ампулы до остаточного давления $\sim 10^{-3}$ Па ее помещали во вторую кварцевую ампулу большего диаметра, которую также вакуумировали. Это предохраняет

синтезируемое вещество от окисления на воздухе, если внутренняя ампула при кристаллизации случайно растрескается из-за анизотропии теплового расширения кристаллов $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$.

К наружной ампуле снизу приваривали кварцевый стержень, служивший держателем, который присоединяли к вибратору. В процессе нагревания ампулы в печи применяли вибрационное перемешивание, которое в значительной мере ускоряет образование соединения и препятствует взрыву ампулы.

В начальный период температуру в печи повышали со скоростью ~ 50 К/ч до ~ 1000 – 1020 К. При указанных температурах проводилась изотермическая выдержка в течение ~ 2 ч с включением вибрации. Это необходимо для того, чтобы наиболее летучее вещество – селен при этой температуре, когда давление пара его не превышает 1 атм, успело прореагировать частично или полностью с медью, цинком и германием. Дальнейшее нагревание после такой выдержки становится практически безопасным. Затем с той же скоростью температуру повышали до ~ 1200 К (без выключения вибрационного перемешивания) и снова выдерживали 2 ч. При больших скоростях нагрева происходило неконтролируемое повышение давления паров селена в ампуле, что приводило к ее взрыву и потере шихты. После этого вибрацию отключали и проводили направленную кристаллизацию расплава, понижая температуру печи со скоростью ~ 2 К/ч до ~ 1020 К и при этой температуре проводили гомогенизирующий отжиг полученных слитков в течение 300 ч.

Выращенные в таких условиях кристаллы тройного соединения $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$ имели диаметр ~ 20 мм и длину ~ 40 мм, были гомогенными и однородными, что было установлено с помощью микрозондового рентгеноспектрального и рентгеновского анализов.

Поэлементный состав указанных кристаллов и пленок производился на установке «Stereoscan-360». В качестве анализатора рентгеновского спектра использовали рентгеновский спектрометр «AVALON-8000». Результаты микрозондового рентгеноспектрального анализа показали, что содержание элементов в выращенных кристаллах составляет (Cu:Zn:Ge:Se = 26,21:11,30:13,66:48,83 ат. %) и удовлетворительно согласуется с заданным составом в исходной шихте (Cu:Zn:Ge:Se = 25,00:12,50:12,50:50,00 ат. %).

Равновесность и структуру кристаллов соединения $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$ устанавливали с помощью рентгеновского анализа. Угловые положения линий дифракционного спектра записывали на рентгеновском аппарате ДРОН – 3М в CuK_α – излучении с графитовым монохроматором.

Данные рентгеновских исследований представлены на рисунке 1 и таблице. Видно, что на дифрактограмме и в таблице для соединения $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$ присутствуют индексы отражения, характерные для тетрагональной структуры. Параметры элементарной ячейки, рассчитанные методом наименьших квадратов, равны $a = 5,607 \pm 0,005 \text{ \AA}$, $c = 11,04 \pm 0,01 \text{ \AA}$. Полученные нами данные согласуются с результатами работ авторов [1–3].

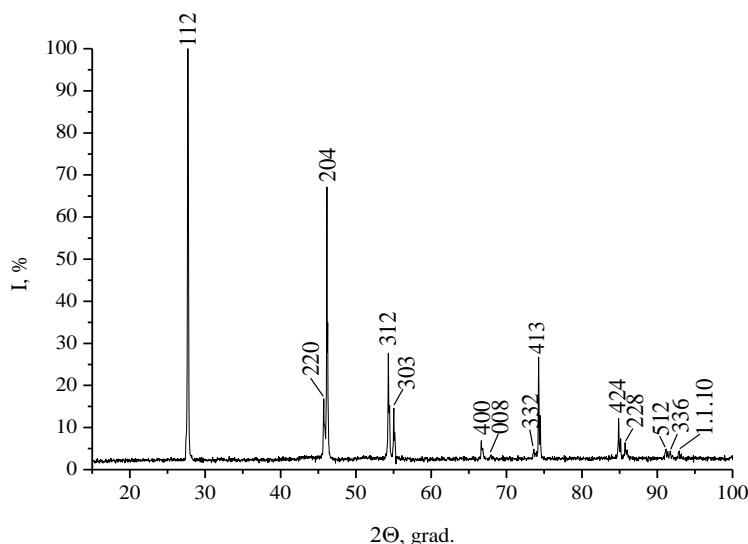


Рисунок 1 – Дифрактограмма кристалла соединения $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$

Таблица – Результаты рентгеновского анализа кристаллов $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$

$2\theta_{\text{obs}}$	$2\theta_{\text{cal}}$	d_{obs}	d_{cal}	I	hkl
27,71	26,68	3,2166	3,2198	100	112
45,74	45,74	1,9820	1,9820	15	220
46,14	46,11	1,9658	1,9666	60	204
54,30	54,30	1,6879	1,6879	25	312
55,02	55,06	1,6675	1,6662	14	116
66,66	66,66	1,4018	1,4015	7	400
73,62	73,64	1,2855	1,2850	5	332
74,26	74,29	1,2758	1,2754	23	413
84,88	84,88	1,1414	1,1414	11	424
85,70	85,70	1,1326	1,1327	6	228
91,17	91,17	1,0783	1,0783	5	512
91,72	91,72	1,0733	1,733	4	336
92,91	92,88	1,0627	1,0630	4	1,1,10

Литература

1. Parasyuk O.V., Gulay L.D., Romanyuk Ya.E., Piskach L.V. // J. Alloys and Compounds. 2001. – V. 329. – P. 202.
2. Nitsche R., Sargent D.F., Wild P. // J. Cryst. Growth. – 1967. – V. 1. – P. 52.
3. Matsushita H., Katsui A. // J. Phys. Chem. Sol. – 2005. – V. 66. – P. 1933.

Е.Н. Садовский (УО БГУИР, Минск)

Науч. рук. **А.А. Хмыль**, д-р техн. наук, профессор

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Существующие механические методы полировки трудоемки, сложны и часто приводят к нежелательным структурным изменениям в поверхностном слое изделий, созданию дополнительных напряжений, оказывающих отрицательное влияние на эксплуатационные свойства. Широко применяемые электрохимические методы полировки металлических изделий имеют высокую стоимость, в основном из-за использования дорогостоящих кислотных электролитов, которые к тому же наносят большой экологический вред окружающей среде. В связи с этим важнейшее значение придается разработке и внедрению новых технологических процессов полировки, имеющих высокую производительность, хорошие экологические и экономические показатели.

В данной работе описаны особенности одного из перспективных методов полировки, получившего уже довольно широкое распространение в различных отраслях. Им является электролитно-плазменный метод (ЭПМ) обработки поверхности металлических изделий в водных растворах солей низкой концентрации. Данная технология удовлетворяет современным техническим, экономическим, экологическим и социальным требованиям. Полирование металлов происходит в области напряжений от 200 до 350 В и плотностей тока от 0,2 до 0,5 А/см², длительность полировки от 2 до 5 минут. Вокруг обрабатываемого изделия образуется тонкая (около 70 мкм) паро-плазменная оболочка (ППО), в которой протекает сложный комплекс физико-химических процессов (пленочное кипение в электрическом поле, теплоперенос, ионизация паров, движение электрических зарядов). Газовая оболочка обладает проводимостью, поскольку в результате электролитических

процессов в приэлектродной области, она насыщается ионами водорода, растворенных солей и металлов. Вблизи микровыступов на обрабатываемой поверхности изделия напряженность электрического поля возрастает до 10^5 В/см и на этих участках поверхности возникают импульсные искровые разряды, во время которых выделяется значительная энергия, оплавливающая вершины выступов, уменьшающая шероховатости, способствующая образованию блеска, снятию заусенцев, притуплению острых кромок и др.

В результате экспериментальных и теоретических исследований получены основные закономерности процессов и явлений, протекающих на границе металла с электролитом. Исследованиями установлено, что устойчивость и покрытие площади поверхности изделия ППО, определяются совокупностью различных физико-химических параметров: электрическими характеристиками цепи, тепловыми и структурными условиями на обрабатываемой поверхности, химическим и фазовым составом обрабатываемого материала, молекулярными свойствами электролита и гидродинамическими параметрами жидкости в приэлектродной области [1].

К важнейшим условиям формирования ППО следует отнести величину тепловой нагрузки на обрабатываемой поверхности, обеспечивающей режим пленочного кипения. Вследствие этого температурные условия в приэлектродной зоне и в электролите играют существенную роль в процессе полировки металлов и сплавов, причем высокого качества поверхности можно достичь только в определенном диапазоне температур электролита.

Электролитно-плазменный метод обработки поверхности применяется для полировки металлических изделий на многих предприятиях России, Украины, Беларуси, при этом успешно конкурирует с широко распространенными механическими и электрохимическими способами полировки в кислотах.

Таким образом, электролитно-плазменная технология имеет более высокие технические характеристики процесса, такие как скорость обработки изделия, класс чистоты его поверхности, отсутствие внедрения частичек абразива и обезжиривание поверхности. Процесс может быть полностью автоматизирован, для размещения оборудования не требуются большие производственные площади [2].

Литература

1. Гончар В.И., Товарков А.К. Образование паровой оболочки при прохождении тока через электролит // Электронная обработка материалов. – 1991. – № 1. – С. 49–52.

2. Куликов, И.С. Особенности электроимпульсного полирования металлов в электролитной плазме / И.С. Куликов, С.В. Ващенко, В.И. Василевский // ВЕСЦІ АНБ сер. физ-техн. наук. – 1995. – № 4. – С. 93–98.

Е.Н. Садовский (УО БГУИР, Минск)

Науч. рук. **А.А. Хмыль**, д-р техн. наук, профессор

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

В середине 80-х гг. XX века был предложен метод электролитно-плазменной обработки металлов (ЭПО). Метод ЭПО основан на физико-химических явлениях, протекающих вблизи поверхности электродов, погруженных в водный раствор минеральных солей, при подаче на них высокого напряжения постоянного тока от 180 до 340 В. Применяемые напряжения обеспечивают выделение газообразных продуктов электролиза на поверхности обрабатываемой детали, возникновение электростимулированного пленочного кипения электролита и частичную ионизацию парогазовой оболочки вокруг полируемой детали, которые приводят к комплексному воздействию электрохимических, физических и диффузионных процессов на поверхность детали. В результате этого происходит съём металла и очистка поверхности от загрязнений и окислов[1].

Исследования влияния режимов ЭПО проводились на установке мощностью 10 кВт. Обработка проводилась в анодном режиме при постоянной и импульсной подаче напряжения на электроды в диапазоне 220–340 В, частота импульсов ν изменялась от 5 до 15 кГц. Шероховатость поверхности измерялась профилографом-профилометром М 252.

Влияние импульсного режима ЭПО было исследовано в сравнении с режимом выпрямленного постоянного тока (ВПТ). На плотность тока, а значит и на энергоёмкость процесса в целом для режима ВПТ основное влияние оказывают такие параметры как рабочее напряжение (U) и температура электролита (T), для импульсного режима помимо указанных параметров необходимо учитывать влияние частоты импульсов (ν) и коэффициента заполнения (D).

Для двух режимов основные закономерности изменения плотности тока в зависимости от технологических параметров (U , T) коррелируют. С увеличением температуры электролита происходит снижение

плотности тока для обоих режимов, при этом видно, что чем ниже коэффициент заполнения, тем выше плотность тока. Так в растворе с температурой 72°C для режима ВПТ при рабочем напряжении в 250 В значение плотности тока составляет $0,5\text{ А/см}^2$, для импульсного режима при $D = 15\%$ значение плотности тока составляет $0,9\text{ А/см}^2$, а для $D = 60\%$ плотность тока уменьшается до $0,6\text{ А/см}^2$. Такая зависимость говорит о том, что для импульсного протекания ЭПО необходимо больше энергии для поддержания парогазовой оболочки. Схожие результаты проявляются при изучении влияния рабочего напряжения. С увеличением U наблюдается тенденция к снижению плотности тока.

Снижение энергоемкости процесса ЭПО может быть реализовано при двухстадийном способе обработки металла при разных рабочих напряжениях.

Применение источника питания с возможностью регулирования напряжения позволяет часть времени обработки в электролите (очистку и обезжиривание поверхности) проводить при высоком напряжении 320 В, а полировку поверхности выполнять при более низком напряжении 260 В. Второй этап происходит после переключения регулятора напряжения в соответствующее положение, при этом изделие не вынимается из рабочей ванны. В зависимости от металла и состояния поверхности подбираются соответствующие значения напряжения на каждой стадии и их длительность. Поскольку двухстадийный метод позволяет, как правило, сократить общую продолжительность процесса обработки в электролите, то появляется дополнительная возможность экономии электроэнергии.

Таким образом, в работе показано влияние импульсного режима обработки на протекание процесса электролитно-плазменного полирования в зависимости от частоты следования импульсов, коэффициента заполнения, рабочего напряжения и температуры электролита. Обнаружено, что применение импульсного режима обработки приводит к снижению энергоемкости процесса в 2-4 раза по сравнению с режимом постоянного выпрямленного тока при сохранении качества обработанной поверхности. Уменьшение энергоемкости процесса ЭПО также может быть достигнуто в результате применения двухстадийного метода с понижением рабочего напряжения от 320 В до 260 В во время обработки. Это приводит к снижению энергоемкости процесса до 58 %.

Литература

1. Багаев, С.И. Совершенствование плазменно-электролитного способа обработки металлов / С.И. Багаев, И.С. Куликов, Э.П. Кревсун //

Современные методы и технологии создания и обработки материалов : в 4 книгах. Кн. 2 : сб. материалов III Международной научно-технической конференции. – Минск. – 2008. – С. 57–61.

А.А. Симаньков (УО «БГУИР», Минск)

Науч. рук. **Е.В. Телеш**, ст. преподаватель

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЗРАЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ С НИЗКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

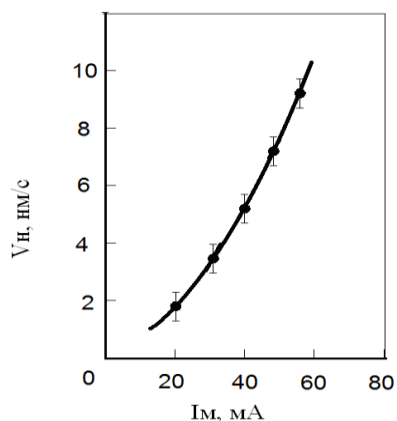
В последнее десятилетие наблюдается взрывной рост производства и развития технологий сенсорных экранов в потребительской электронике, планшетах, смартфонах, мобильных телефонах, киосках оплаты услуг, автомобильных системах, настольных мониторах. Прозрачные проводящие покрытия с использованием оксида индия давно и широко используются в технике. Наиболее часто применяется смесь In_2O_3 и SnO_2 (ITO) [1]. Для современных устройств отображения информации и оптоэлектроники (ЖК-дисплеи, OLED, солнечные элементы, сенсорные панели) требуется удельное поверхностное сопротивление ρ_s прозрачных электродов ниже 50 Ом/□. Для снижения ρ_s можно использовать тонкие пленки серебра. При этом пропускание композиции Ag/ITO не должно сильно меняться.

Экспериментальные исследования проводились на модернизированной установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017, оснащенной ионным источником на базе ускорителя с анодным слоем. Внешний вид ионного источника приведен на рисунке 1, а. С целью снижения удельного поверхностного сопротивления пленок ITO наносился полупрозрачный тонкий подслой серебра. Пленки серебра наносились на подложки из стекла ионно-лучевым распылением серебряной мишени чистотой 99,9 %. Режимы нанесения были следующими: остаточное давление $3 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст., напряжение анода – 3 кВ, ток мишени – 20–55 мА. Перед нанесением металла осуществлялась ионная очистка поверхности подложек. На рисунке 1, б приведена зависимость скорости нанесения V_n покрытий из серебра от тока мишени. Были сформированы пленки Ag с толщинами 3,0–13,0 нм с V_n 0,33 и 0,66 нм/с. Затем на слой серебра наносились пленки из ITO толщиной около 150 нм. Остаточный вакуум при нанесении не превышал значения $2 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст., рабочий составлял $5 \cdot 10^{-4}$ мм.рт.ст., температура подложки – около 40 °С, ускоряющее напряжение на аноде – 3,0 кВ, ток мишени – 60 мА, время напыления – 5 мин. Парциальное

давление кислорода в рабочем газе составляло $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.



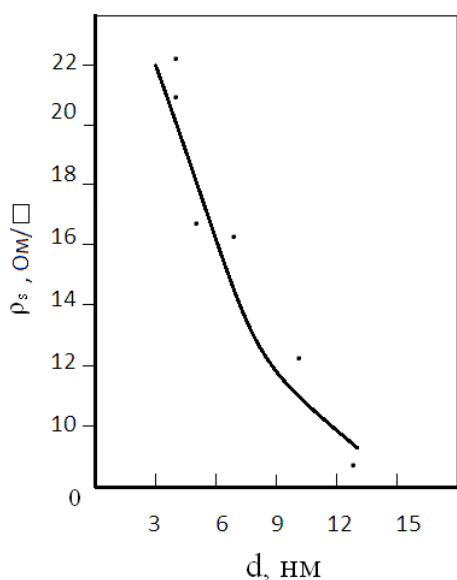
а



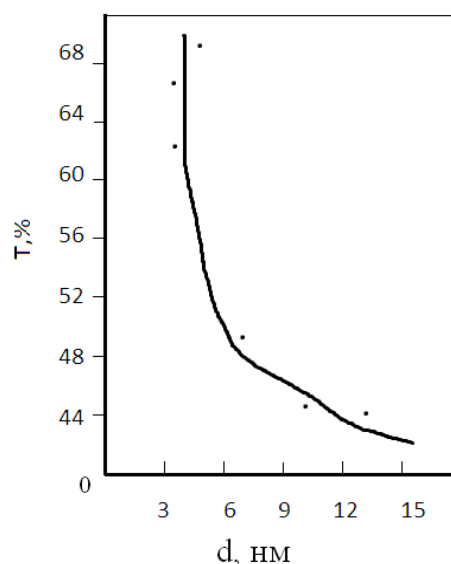
б

Рисунок 1 – Внешний вид ионного источника (а) и зависимость скорости нанесения слоя Ag от тока мишени (б)

На рисунке 2, а приведена зависимость ρ_s системы Ag/ITO от толщины пленки серебра. Удельное поверхностное сопротивление пленки ITO составляло 50–52 Ом/□. Пленка серебра толщиной около 3 нм позволила снизить ρ_s системы Ag/ITO почти в два раза. Однако наличие пленки металла приводит к уменьшению пропускания системы. На рисунке 2, б приведена зависимость пропускания на $\lambda = 555$ нм от толщины слоя серебра. Установлено, что оптимальная толщина Ag не должна превышать 2–3 нм, чтобы обеспечить приемлемый уровень прозрачности системы.



а



б

Рисунок 2 – Зависимость удельного поверхностного сопротивления (а) и пропускания (б) системы Ag/ITO от толщины слоя серебра

На рисунке 3, а представлена спектральная зависимость пропускания пленки ИТО на подложке из стекла без подслоя серебра, а на рисунке 3, б – спектральная зависимость пропускания пленки ИТО на подложке из стекла с подслоем серебра толщиной ~ 2,5 нм.

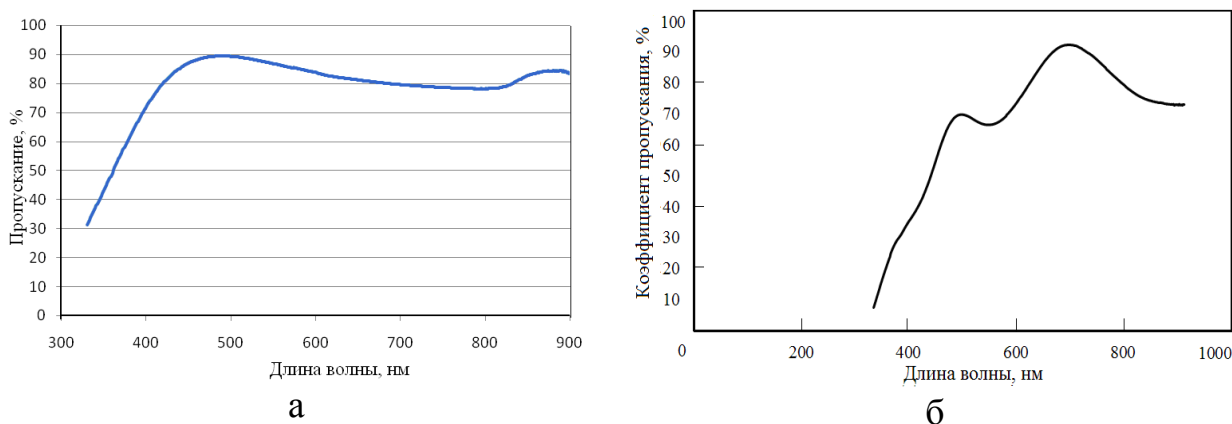


Рисунок 3 – Спектральная зависимость пропускания системы ИТО/стекло (а) и системы ИТО/Ag/стекло (б)

Были получены прозрачные электропроводящие покрытия с пропусканием в видимом диапазоне 70–85 % и с $\rho_s = 20\text{--}30 \text{ Ом}/\square$. Покрытия успешно прошли испытания на адгезию методом отрыва липкой ленты. Таким образом, применение слоев серебра позволило значительно снизить уровень ρ_s , оптические характеристики при этом изменились незначительно.

Литература

1. Singh, V. Indium Tin Oxide (ITO) films on flexible substrates for organic light emitting diodes /V. Singh, C.K. Suman and S. Kumar // Proc. Of Thirteenth International Workshop on The Physics of Semiconductor Devices, 2006. – P. 388–391.

И.В. Подмаско, А.В. Ситак (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)
 Науч. рук. **А.С. Воронцов**, канд. техн. наук

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ИОНИЗИРОВАННОГО ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ

Одним из эффективных путей решения актуальной проблемы повышения качественных показателей продукции является применение новых технологических решений применительно к полимерным материалам.

На современном этапе развития науки и техники с высокой степенью эффективности в промышленности находят применение изделия с функциональными покрытиями [1].

Поверхностный слой (покрытие) выполняет определяющую роль в формировании эксплуатационных свойств изделий. Нанесение функциональных покрытий позволяет увеличивать жизненный цикл изделия. Для обеспечения заданных показателей используются полимерные покрытия различного состава, которые наносят на детали узлов машин и механизмов [2].

Изучение технологических особенностей формирования функциональных покрытий на основе дисперсных полимерных материалов из псевдооживленного слоя, а также проведение сравнительного анализа различных по исполнению методов нанесения покрытий является целью настоящей работы.

В качестве объекта исследования был выбран материал полиамид 11 («Rilsan»). Благодаря стабильным механическим показателям, прочности на сжатие и ударопрочности во влажной и в сухой среде ПА11 нашёл своё применение в качестве материала для покрытий [3].

Формирование покрытий на металлических субстратах проводили на установке псевдооживленного нанесения с электростатически активизированным слоем полимерного дисперсного порошка ПА11.

Образцы представляли собой стальные пластины размером 2x70x150 мм, предварительно подготовленные механическим и химическим способами.

В качестве подслоя для формирования полимерных покрытий на основе ПА11 использовали эпоксидный олигомер французского производства PRIMGREEN LAT 12035, который способствует увеличению адгезионной прочности, улучшая стойкость покрытия к коррозионным повреждениям.

Подготовленный образец помещали в ионизированный псевдооживленный слой, где выдерживали в течение контролируемого интервала времени. При соблюдении условий постоянства разницы потенциалов на электроде, которое оставалось неизменным и составляло 20 кВ. Толщину покрытий измеряли с помощью толщиномера магнитного МТЦ-3.

Зависимость характера осаждения порошка ПА11 (Rilsan) от величины подаваемого напряжения и времени окунания субстрата из стали 08 кп в псевдооживленный слой представлена на рисунке 1.

Приведенные результаты исследований отражают нелинейный характер изменения количества осаждаемого порошкообразного материала на поверхность стального субстрата. Показано, что при увеличении

степени ионизации порошка при приложении постоянного напряжения до 25 кВ в псевдооживленном слое и с увеличением времени воздействия на субстрат за счет электростатических сил формируется слой порошка, толщина которого увеличивается (рисунок 2).

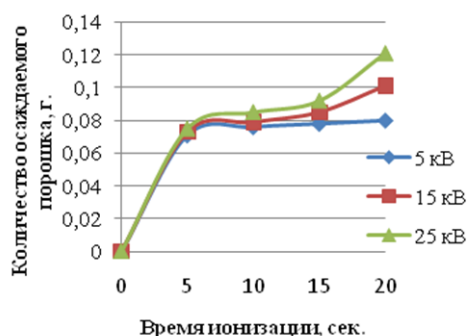


Рисунок 1 – Зависимость количества осаждаемого порошка ПА11 на стальном субстрате при различных режимах формирования из псевдооживленного слоя

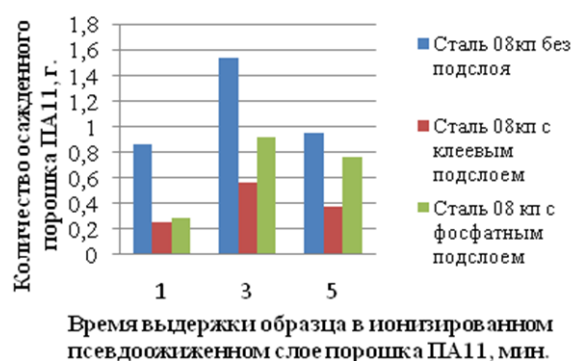


Рисунок 2 – Зависимость количества осаждаемого порошка ПА11 на стальном субстрате

Однако, характерный вид зависимости свидетельствует о том, что величина разницы потенциалов на состав ионизированного порошка ПА11 начинает оказывать влияние с увеличением продолжительности ионизации по законам, отличающимся от линейного характера зависимости.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что при увеличении времени выдержки субстрата в электростатически активизированном псевдооживленном слое полимерного дисперсного порошка ПА11, объём осажденного порошка увеличивается. Присутствие на субстратах из стали промежуточных адгезионных слоев приводит к ухудшению осаждаемости порошкообразных частиц. Наибольшее значение толщины полимерного покрытия наблюдается на стальной пластине с фосфатным подслоем и имеет значение около 420 мкм. На рисунке 3 показана зависимость изменения толщины покрытия при различном времени выдержки его в электростатически заряженном псевдооживленном слое.

Качество формируемых функциональных покрытий на основе полимерных матриц определяется технологическими параметрами процесса формирования покрытий (качество поверхности субстрата, его энергетическая активность, способ формирования подслоев, а также технологические особенности стадии нанесения). На количественный состав осажденного ионизированного слоя порошка определяющее влияние оказывает состояние поверхности субстрата.



Рисунок 3 – Зависимость толщины покрытия на стальном субстрате при различном времени выдержки его в ионизированном псевдооживленном слое

При исследовании функциональных покрытий на основе полиамида 11 (ПА11) определены оптимальные технологические режимы формирования: температура нагрева электропечи – 300 ± 5 °С, напряжение ионизатора – 20 кВ, время ионизации – 3 минуты, время выдержки субстрата с осажденным порошком в печи до оплавления – 3 минуты.

Литература

1. Гун, Г.С. Оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями: монография / Г.С. Гун, М.В. Чукин. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – 323 с.
2. Бобров, Г.В. Нанесение неорганических покрытий (теория, технология, оборудование) : учеб, пособие для студентов вузов / Г.В. Бобров, А.А. Ильин. – М., 2004. – 624 с.
3. Конструкционные пластмассы [Электронный ресурс] / Полиамид 11 – ПА11. – Режим доступа: <http://omniaplastica.ru/pall.html>. – Дата доступа: 03.03.2014.

И.М. Якушевич, Н.А. Романюк (УО «БГУИР», Минск)
 Науч. рук. **И.В. Боднарь**, д-р хим. наук, профессор

ВЫРАЩИВАНИЕ И СТРУКТУРА МОНОКРИСТАЛЛОВ In_2Se_3

Монокристаллы соединения In_2Se_3 , выращивали направленной кристаллизацией расплава в озонной вертикальной печи (метод Бриджмена). Исходными веществами служили, индий и селен чистотой

> 99,999 %. Элементарные компоненты (индий и селен) в количестве ~ 25 г, загружали в двойные кварцевые ампулы с оттянутым в виде конуса дном. Перед загрузкой компонентов ампулы проходили предварительно химико – термическую обработку (травлении в концентрированной HF в течение 15–20 мин, затем в «царской водке» – 30 мин, после чего их многократно промывали в дистиллированной воде, а затем отжигали в вакууме при 1270 К на протяжении 3 ч). Такая обработка ампул способствует устранению примесей, содержащихся на поверхности кварцевого стекла и от неконтролируемых центров кристаллизации. После вакуумирования внутренней ампулы до остаточного давления $\sim 10^{-3}$ Па ее помещали во вторую кварцевую ампулу большего диаметра, которую также вакуумировали. Это предохраняет синтезируемое вещество от окисления на воздухе, в случае нарушения целостности внутренней ампулы. К наружной ампуле снизу приваривали кварцевый стержень, служивший держателем, который присоединяли к вибратору. В процессе нагревания ампулы в печи применяли вибрационное перемешивание, которое в значительной мере ускоряет образование соединения и препятствует взрыву ампул.

В начальный период температуру в печи повышали со скоростью ~ 50 К/ч до ~ 1000 – 1020 К. При указанных температурах проводилась изотермическая выдержка в течение ~ 2 ч с включением вибрации. Это необходимо для того, чтобы наиболее летучее вещество – селен при этой температуре, когда давление пара его не превышает 1 атм, успело прореагировать частично или полностью с медью и индием. Дальнейшее нагревание после такой выдержки становится практически безопасным. Затем с той же скоростью температуру повышали до ~ 1250 К (без выключения вибрационного перемешивания) и снова выдерживали 2 ч. После этого вибрацию отключали и проводили направленную кристаллизацию расплава, понижая температуру печи со скоростью ~ 2 К/ч до ~ 1020 К и при этой температуре проводили гомогенизирующий отжиг полученных слитков в течение 150 ч. Выращенные в таких условиях монокристаллы соединений In_2Se_3 , имели диаметр ~ 20 мм и длину ~ 40 мм, были гомогенными и однородными, что было установлено с помощью микрозондового рентгеноспектрального и рентгеновского анализов.

Поэлементный состав указанных монокристаллов проводили на установке «Stereoscan-360». В качестве анализатора рентгеновского спектра использовали рентгеновский спектрометр «AVALON-8000».

Данные микрозондовых рентгеноспектральных измерений показали, что содержание элементов в выращенных монокристаллах составляет $\text{In}:\text{Se} = 49,32:59,68$, что согласуется с заданным составом

в исходной шихте In:Se = 40,00:60,00 и не наблюдается существенных отклонений в составе в различных точках монокристаллов.

Равновесность монокристаллов устанавливали рентгеновским методом. Дифрактограммы записывали на автоматически управляемом с помощью ЭВМ рентгеновском аппарате ДРОН–3 М в $\text{CuK}\alpha$ – излучении с графитовым монохроматором. Образцы для измерений готовили путем измельчения кристаллов и их последующей запресовки в специальном держателе. Для снятия механических напряжений, возникших при растирании монокристаллов, проводилась их термообработка при 650 К в течение 2 ч.

Данные рентгеновских исследований представлены на рисунке 1.

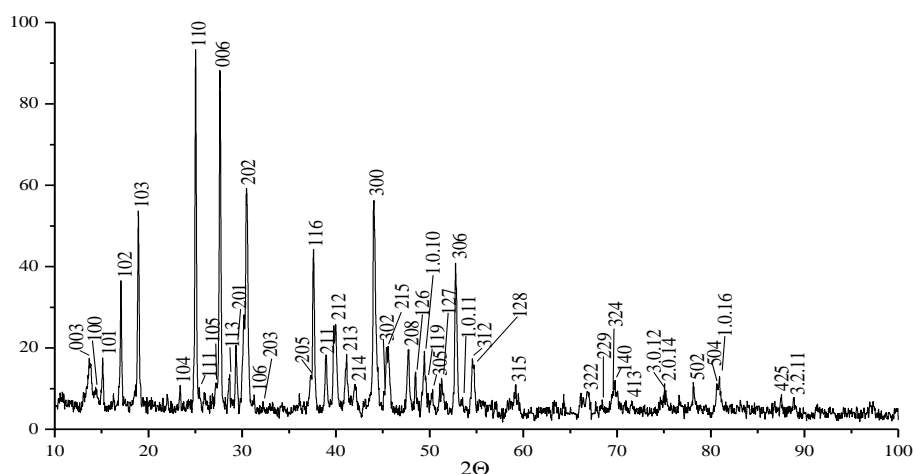


Рисунок 1 – Дифрактограмма кристаллов соединения In_2Se_3

Видно, что на всех представленных дифрактограммах присутствуют индексы отражения, характерные для гексагональной структуры. Параметры элементарной ячейки, рассчитанные методом наименьших квадратов по рефлексам для которых $2\theta > 60^\circ$ для соединения In_2Se_3 равны – $a = 7,112 \pm 0,002 \text{ \AA}$ и $c = 19,337 \pm 0,005 \text{ \AA}$.

А. Л. Ситкевич (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)

Науч. рук. **В. А. Лиопо**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НАНОЧАСТИЦ КАК МОДИФИКАТОРОВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Современные технологии требуют использования материалов с определенными свойствами, отличными от тех, которые характерны для уже известных веществ. Теория и практика последних лет показывают,

что такими материалами могут являться композиты с наполнителями-модификаторами, частицы которого имеют размеры в нанодиапазоне [1]. Принято считать, что размерная граница нанообъектов составляет от 1 до 100 нм. Иногда к нанообъектам относят дисперсные наночастицы от 5 до 200–300 нм [2]. Однако соответствие линейных размеров указанному диапазону не позволяет отнести определенный объект к наночастице, поскольку к наноразмерным системам предъявляются дополнительные требования: численные значения параметров физических свойств зависят от их размера (r). Установлено, что размерная граница между нано- и макросостоянием зависит от физико-химических свойств вещества и не может быть принятой в качестве одинакового значения для всех веществ.

В работе предложен способ определения размерной границы (L_0) для различных веществ. Расчет величины L_0 , при которой происходят изменения механизмов протекания физических процессов в низко-размерных частицах, основан на тех же принципах, что и расчет температуры Дебая (θ_D) [3].

Температура Дебая позволяет ввести и другие Дебаевские параметры: энергию (E_D), циклическую частоту (ω_D), квазиимпульс (P_D), длину волны (λ_D), частоту (ν_D). Указанные параметры взаимосвязаны между собой соотношениями:

$$E_D = h\nu_D = \hbar\omega_D = k\theta_D = \frac{P_D^2}{2m} = \frac{h^2}{\lambda_D^2 2m}, \quad (1)$$

где m – масса электрона.

Дебаевский квазиимпульс P_D является характеристикой в рамках адиабатического приближения для свободного электрона. Так как λ_D определяется для конкретного направления, например, для оси x , то

с учетом $P_D = \left[\sum_i P_i^2 \right]^{1/2} = (2E_D m)^{1/2}$ для изотропной среды следует

$\left(\frac{2k\theta_D m}{3} \right)^{1/2} L_0 = h$. Отсюда предельное значение размера наночастицы

равно:

$$L_0 = \frac{h\sqrt{1,5}}{\sqrt{km}} (\theta_D)^{-1/2} = \frac{\sqrt{3}h}{\sqrt{2mk}} \theta_D^{-1/2} = 230 \cdot \theta_D^{-1/2} [\text{Å}]. \quad (2)$$

При $r \leq L_0$ меняется механизм поведения электрона. Одноэлектронное приближение нужно заменить на модель «электронного желе».

В ряде работ указывается на то, что λ_D определяет среднюю длину свободного пробега фонона. То есть при $r \leq L_0$ в частице наблюдается состояние фононного вакуума. Изменение динамики электронных и фононных процессов при переходе размерной границы L_0 объясняет изменения значений параметров физических свойств, а иногда и появление свойств не имеющих у макроскопических аналогов того же вещества.

Точечная симметрия объемных полуфабрикатов, диспергирование которых позволяет получать наночастицы, влияет на форму этих частиц. Возможные формы наночастиц для кристаллов различных сингоний приведены в таблице 1. Знак + указывает на возможность возникновения соответствующей формы.

Таблица 1 – Формы наночастиц для кристаллов разных сингоний

Форма сингония	сфера	одноосный эллипсоид (вращения)	трехосный эллипсоид	вискер (наностержень, нанопроволка)	чешуйка
кубическая	+				
средние	+	+		+	+
низшие	+	+	+	+	+

Сфера с радиусом $r < L_0$ – трехмерная наночастица. Наностержень с линейным размером $l > L_0$ и диаметром $d < L_0$ – это двумерная наночастица. Чешуйка с толщиной $h < L_0$ и с линейными размерами в плоскости $S > L_0$ является одномерной наночастицей. Следует учитывать, что и Θ_D и λ_D зависят от скорости фононов – скорости звука, которая является табличной величиной. Скорость звука в анизотропных кристаллах величина анизотропная [1]. Следовательно, дебаевские параметры в общем случае – анизотропные величины.

Типичными представителями одномерных нанокристаллов являются слоистые силикаты с совершенной или весьма совершенной спайностью. Все они имеют структуры, описываемые двумя основными сетками, сформированными на основе плотнейшей упаковки атомов кислорода. Следовательно, слоистые силикаты представляют собой блоки из октаэдрических и примыкающих к ним тетраэдрических сеток, например ...ТОТОТО... – двуслойные слоистые силикаты, ...ТОТТОТТОТ... – трехслойные слоистые силикаты, образующие группу слюд (рисунок 1). В пределах этих блоков связи между атомами носят выраженный валентный характер. Межблочная связь является

Ван дер Ваальсовской, что и определяет совершенную спайность слоистых силикатов. В межслоевые промежутки могут внедряться различные атомы и молекулы воды. Последнее объясняет наличие различных гидратированных типов кристаллов слоистых силикатов. Диспергирование кристаллов слоистых силикатов создает чешуйчатые кристаллы с одномерной наноразмерностью.

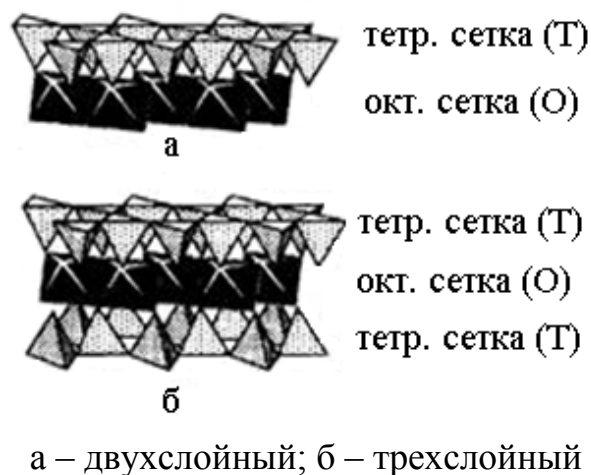


Рисунок 1 – Два типа пакетов в слоистых силикатах [4]

Поверхности таких чешуек созданы основаниями тетраэдров (слюды), либо тетраэдров и октаэдров (каолинит и т. п.). В каолините, как и в отдельных слоистых силикатах, на их поверхности формируются участки электростатической (зарядовой) мозаики, обусловленной дефектами замещения и смещения. Наличие полярного гидроксила в структуре каолинита и отсутствие центра симметрии способствует возникновению активных поверхностных центров.

Для повышения модифицирующей активности необходимо провести такую обработку наночастиц, чтобы в них уменьшить структурные дефекты, которая приведет к усилению зарядовой активности центров. Для этих целей могут быть использованы, например, метод ионной имплантации, лазерная обработка и механическая активация.

Литература

1. Макаров, Г.Н. / Г.Н. Макаров // Успехи физических наук. 2006. Т. 176, № 2. – С. 121–1744.
2. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – М.: Мир, 1979. – Т. 2. – 422 с.
3. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Физматгиз, 1963. – 696 с.

4. Слоистые (листовые) силикаты и алюмосиликаты [Электронный ресурс] // Общая минералогия. – Режим доступа: <http://swimcincinnati.com/str320.htm>. – Дата доступа: 19.12.2014.

А.В. Станчик

(ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», Минск)

Науч. рук. **В.Ф. Гременок**, д-р физ.-мат. наук, доцент

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ СТЕНКИ

Сульфиды олова и свинца являются перспективными полупроводниковыми соединениями, которые могут выступать в качестве поглощающего материала в фотоэлектрических устройствах, а также в термоэлектрике. Тем не менее, их оптические, электрические и термоэлектрические свойства практически не изучены.

Сложная кристаллическая структура сульфидов [1] общей формулы $(\text{Me}^+, \text{Me}^{2+} \text{ и др.})_x[(\text{Bi}, \text{Sb}, \text{As})^{3+}, \text{Te}^{4+}]_y[(\text{S}, \text{Se}, \text{Te})^{2-}]_z$ позволяет использовать широкий спектр различных замен, например, Sn на Pb или Bi на Sb. Их структуры основаны на модели SnS и/или PbS.

Твердые растворы SnS (герценбергит)–PbSnS₂ (тиллит) образуются при взаимных $\text{Pb}^{2+}/\text{Sn}^{2+}$ заменах [2]. SnS имеет энергию запрещенной зоны 1,3 эВ [3], что близко к оптимальному требуемому значению 1,5 эВ для поглощения в фотоэлементах. SnS является полупроводником *p*-типа, кристаллизуется в ромбическую структуру: $a_0 = 0,3980$ нм, $b_0 = 0,4330$ нм, $c_0 = 1,1180$ нм, пространственная группа *Pm3n* [3]. PbS имеет энергию запрещенной зоны 0,37 эВ и в основном *n*-типа проводимости [4]. Параметр решетки PbS при комнатной температуре $a_0 = 0,59315$ нм и принадлежит пространственной группе *Fm3m* [4].

Целью данной работы является исследование кристаллической структуры тонких пленок $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ ($0,00 < x < 0,16$) полученных с помощью метода горячей стенки вакуумного осаждения (HWVD). Эта технология показала высокую эффективность и экономичность, что обусловлено ростом пленок в условиях, близких к термодинамическому равновесию и минимальной потерей материала мишени [5].

Поликристаллические слитки $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$, используемые в качестве исходного материала, были синтезированы по реакции стехиометрической смеси материалов Sn, S высокой чистоты (99,999 %) и природного галенита (PbS) в кварцевых стеклянных ампулах. Пленки $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ ($0,00 < x < 0,16$) были выращены методом горячей стенки

вакуумного осаждения на стеклянных подложках. Напыление пленок производилось при давлении в вакуумной камере около $3 \cdot 10^{-4}$ Па и температуре стенок 600 °С. Температура подложек варьировалась в интервале от 270 до 380 °С.

Кристаллическая структура и фазовый состав материалов исследовались методом дифракции рентгеновских лучей с использованием дифрактометра Siemens D-5000 на излучении CuK_α (1,5418 Å). Анализ фазового состава проводился с использованием базы Joint Center of Powder Diffraction Studies (JCPDS).

Толщина пленок $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ изменялась от 2,0 до 4,0 мкм. Влияние температуры подложки и содержания свинца на фазообразование и кристаллическую структуру $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ было определено рентгенографическими измерениями. Карточки тиллит (PDF # 44-1437) использовались в качестве справочного материала для качественного анализа образцов.

Согласно результатам рентгеноструктурного анализа, все полученные пленки были однофазными по природе и имели ромбическую кристаллическую структуру. Все структуры показали преимущественную ориентацию вдоль [001] оси с 004 пиком (рисунок 1). Для того чтобы определить влияние инструментальной погрешности, образцы были покрыты взвесью кремния в ацетоне.

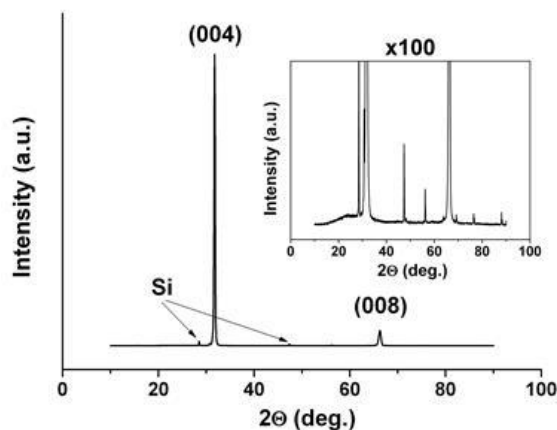


Рисунок 1 – Типичный спектр дифракции рентгена тонких пленок $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ (вставка показывает в сто раз увеличенный спектр)

Установлена линейная зависимость между параметрами решетки и составом тонких пленок $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$. Эти отношения, математически рассчитанные методом наименьших квадратов:

$$\begin{aligned} a &= 4,333 - 0,0745 \cdot x \text{ (Å)}, \\ b &= 3,977 + 0,1435 \cdot x \text{ (Å)}, \\ c &= 11,219 + 0,4402 \cdot x \text{ (Å)}. \end{aligned} \quad (1)$$

Значение параметра a постепенно уменьшается с увеличением содержания Pb в пленках, в то время как значение параметров b и c увеличивается, что согласовывается с полученными ранее данными герценбергит-тиллит, представленных в литературе [2]. Изменение параметров решетки с температурой подложки незначительны.

Показано, что пленки $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ ($0,00 < x < 0,16$), полученные методом «горячей стенки», являются однофазными с ромбической кристаллической структурой, и показывает преимущественную ориентацию вдоль [001] оси перпендикулярно поверхности подложки.

Литература

1. Lobe, S. From SnS and PbS towards complex sulfosalts: thin films growth and properties / S. Lobe, G. Wagner, K. Bente // *Physica Status Solidi*. – 2013. – Vol. 10C. – P. 1139–1144.
2. Hayashi, K. A re-examination of herzenbergite-teallite solid solution at temperatures between 300 and 700°C / K. Hayashi, A. Kitakaze, A. Sugaki // *Mineral. Magazine*. – 2001. – Vol. 65. – P. 645–652.
3. Structure and optical properties of PbS-SnS mixed crystal thin films / D.M. Unuchak [et al.] // *Phys. Status Solidi*. – 2009. – Vol. C6. – P. 1191–1194.
4. Microstructure and Composition of $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$ Films and Whiskers Grown by Hot Wall Technique / V.V. Lazenka [et al.] // *J. Adv. Microsc. Res.* – 2011. – Vol. 6. – P. 53–57.
5. Lopez-Otero, A. Hot wall epitaxy / A. Lopez-Otero // *Thin Solid Films*. – 1978. – Vol. 49. – P. 3–57.

В.А. Талан (БГУ, Минск)

Науч. рук. **А.А. Минько**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ИЗЛУЧАЮЩИЕ В ЗЕЛЕННОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

ЖК-материалы представляют собой композиции жидкокристаллических соединений, характеризующихся невысокой температурой образования мезофазы, небольшой ее вязкостью, с одной стороны, обеспечивающих высокую температуру перехода из мезофазы к изотропной жидкости и высокое значение положительной или отрицательной диэлектрической анизотропии – с другой.

Люминесцентные ЖК-материалы дополнительно к указанным компонентам содержат дихроичные флуоресцентные красители, излучающие в определенной области спектра. Молекулы этих красителей хорошо смешиваются с молекулами ЖК-матрицы и имеют стержнеобразную форму, аналогичную мезоморфным соединениям. При планарной ориентации молекул жидкого кристалла, например, с положительной диэлектрической анизотропией в матрицу вводят дихроичный краситель с положительным дихроизмом. В этом случае рабочее поле в электрооптической ячейке выглядит окрашенным. Однако данный материал малоэффективен, потому что, как правило, такая смесь быстро теряет свои эксплуатационные свойства. Наличие ЖК-свойств у флуоресцентных красителей способствуют сохранению температурных, электрооптических и динамических параметров базового ЖК-материала.

Нами изучались люминесцентные ЖК-материалы, полученные в лаборатории оптики конденсированных сред НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ, в которых люминесцировали отдельные компоненты ЖК смеси, т. е. одна из компонент выбранной смеси являлась люминесцентным ЖК соединением в определенном интервале температур. При исследовании люминесцентных ЖК-композиций, излучающих в зеленой области спектра, были приготовлены смеси с различными значениями диэлектрической и оптической анизотропией. Для достижения требуемых параметров были выбраны следующие ЖК соединения: производные 3,4,9,10-тетра-(*n*-алкоксикарбонил) перилена и 9,10-бис-(4-замещенные фенилэтинил) антрацена, обладающих жидкокристаллическими свойствами и люминесцирующих в зеленой области спектра.

Анализ основных параметров люминесцентных ЖК соединений показал, что в случае использования больше 30 % цианопроизводных в любой матрице наблюдается быстрое тушение люминесценции. В случае использовании 3-кольчатых соединений, содержащих атом F в качестве полярной группы, также наблюдается быстрое тушение люминесценции. В то время как для 2-кольчатых соединений, содержащих атом F в качестве полярной группы, можно подобрать матрицы, в которых тушение не наблюдается в течении довольно длительного времени. Было установлено, что для достижения необходимой интенсивности флуоресценции и высокого контраста изображения, наиболее перспективным оказались ЖК-материалы содержащие изотиоцианаты (40–50 %), 2-кольчатые соединения (10–15 %), цианопроизводные (15–20 %) и неполярные эфиры Демуса (10–15 %). Исследования показали, что для достижения хорошей яркости и долгого времени

жизни, в выбранную ЖК-матрицу необходимо вводить 1–2 % люминесцентные ЖК соединения наиболее перспективных композиций : ВВЛ-72а (I), ВВЛ-78 (II).

Таким образом, наиболее перспективными с практической точки зрения оказались ЖК материалы, обладающие рядом характеристик: широким температурным интервалом существования мезофазы (от -30 до +100 °С), небольшой вязкостью нематической фазы (~15÷20 Спз), положительной диэлектрической анизотропией ($\Delta\epsilon = +(10\div 20)$ или (5÷10)). В состав выбранных материалов входят ЖК соединения I и II, люминесцирующие в зелёной области спектра.

Литература

1. Безбородов, В.С. Люминесцентные жидкокристаллические материалы, излучающие в зеленой области спектра / В.С. Безбородов, В.И. Лапаник, А.А. Минько, Г.М. Сасновский, С.Н. Тимофеева // Вест. БГУ. Сер. 1, Физ., Мат., Информ. 2011, №1. С. 14–17.

2. Bezborodov, V. Sand Dabrowski, R., 1997 Mol. Cryst. liq. Cryst., 299, 1.

Н.И. Тюленкова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Я.А. Косенок**, ассистент кафедры оптики

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПОКРЫТИЙ

Значительная активизация работ в области опто- и наноэлектроники, систем отображения информации сделала оксид цинка(ZnO), относящийся к классу широкозонных полупроводников и характеризующийся широким спектром физических свойств, объектом большого числа прикладных исследований. Всплеск интереса к тонким пленкам ZnO связан, в частности, с поиском альтернативы дорогостоящим прозрачным электродам на основе $\text{In}_2\text{O}_3\text{--SnO}_2$ [1]. Оксид цинка является хорошо изученным прозрачным полупроводником с широкой запрещенной зоной (3,37 эВ), большой энергией связи экситона (~ 60 мэВ), прямыми межзонными переходами и низким удельным сопротивлением. Интенсивные исследования ZnO в настоящее время можно объяснить огромными потенциальными возможностями его применения в качестве материала для фотосопротивлений, полупроводниковых светодиодов, прозрачных контактов, солнечных элементов и других элементов для прозрачной тонкопленочной электроники

и оптоэлектроники. Пленки ZnO получают методами химического осаждения, спрей-пиролиза, вакуумного испарения и магнетронного напыления [2]. Особый интерес вызывают исследование возможностей получения ZnO пленок путем легирования различными металлами, в частности, алюминием, используя золь-гель осаждение. Для получения золь-гель методом слоев на основе пленок ZnO:Al за основу был взят метод центрифугирования. Пленки ZnO:Al были синтезированы золь-гель методом на основе изопропилового спирта с содержанием 1,5 ат. % нитрата алюминия. Пленкообразующий раствор был приготовлен следующим образом: требуемое количество ацетата цинка и нитрата алюминия, заливали абсолютным изопропиловым спиртом и перемешивали. Затем раствор помещали в ультразвуковую ванну на 30 мин. Для созревания раствора его выдерживали при температуре окружающей среды (22 ± 2) °C 2–3 дня. После нанесения золя на поверхность пластин стекла, они были помещены в печь, где были нагреты в течении 10 мин. пошагово с интервалом 20 °C до температуры 350 °C. Процесс нанесения и сушки повторялся до получения нужной толщины. На последней стадии подложки помещали в печь и нагревали пошагово с интервалом 20 °C до 550 °C. Схема получения пленок ZnO:Al представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема синтеза золь-гель методом слоев на основе пленок ZnO:Al

Чтобы определить влияние температуры синтеза на оптические свойства пленок ZnO:Al, полученные пленки отжигали при температуре

350 °С, 450 °С, 500 °С. Спектры пропускания плёнок ZnO:Al в зависимости от температуры обработки изображены на рисунке 2.

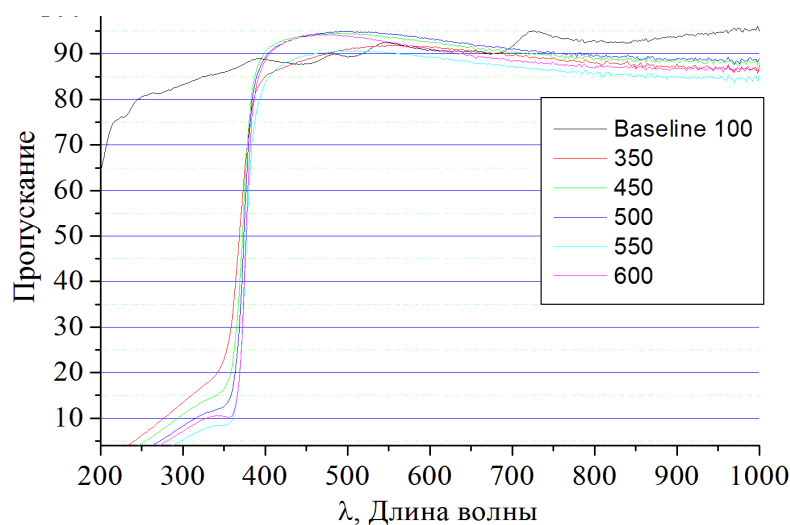


Рисунок 2 – Спектры пропускания в зависимости от температуры обработки плёнок ZnO:Al на основе изопропилового спирта

Полученные плёнки ZnO:Al характеризуются высокой (~ 88 %) величиной пропускания в области 400–1000 нм и поглощением в коротковолновой области спектра. С увеличением температуры обработки пропускная способность плёнок ZnO:Al увеличивается. На рисунке можно выделить две области: в первой области энергия квантов падающего излучения больше, чем ширина запрещенной зоны ZnO:Al, ($\lambda < 400$ нм), здесь поглощение света резко увеличивается. Вторая область лежит в интервале длин волн ($400 \text{ нм} < \lambda < 1000 \text{ нм}$), здесь энергия падающих фотонов низкая, в результате пленка ZnO:Al практически прозрачна для этого диапазона длин волн. Оптимальной температурой формирования золь-гель методом плёнок ZnO:Al является 450 °С. Эта температура формирования обеспечивает высокое пропускание в оптическом диапазоне.

Литература

1. Singh, P. Growth and characterization of ZnO nanocrystalline thin films and nanopowder via low_cost ultrasonic spray pyrolysis / P. Singh, A. Kumar, Deepak, D. Kaur // *Journal of Crystal Growth*. – 2007. – Vol. 306, No 2. – P. 303–310.
2. Новодворский, О.А. Оптические и структурные характеристики пленок оксида цинка, легированных галлием / О.А. Новодворский, Л.С. Горбатенко, В.Я. Панченко и др. // *Физика и техника полупроводников*. – 2009. – Т. 4, № 43. – С. 439–444.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ ПЛЕНОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАНОТРУБОК

Интерес, проявляемый в последние годы к исследованию гибридных материалов на основе наноструктурированного углерода (графена, графеноподобных слоев, нанотрубок) и неорганических наноразмерных структур (графеноподобных слоев, нанотрубок и фуллереноподобных частиц дихалькогенидов металлов, в частности, WS_2 и MoS_2), вызван их уникальными электрическими, механическими, оптическими и тепловыми свойствами [1]. Одним из преимуществ неорганических наноструктурированных материалов (слоев и нанотрубок) по сравнению с углеродными является то, что они значительно дешевле в производстве. В настоящее время разработаны методы получения наноструктурированных материалов на основе WS_2 и MoS_2 в масштабе, близком к промышленному [2]. Целью настоящей работы является исследование электрических свойств гибридных пленок из органических однослойных углеродных нанотрубок (ОУНТ) и неорганических нанотрубок (НТ) дисульфида вольфрама WS_2 .

Гибридные пленки из углеродных и неорганических нанотрубок были получены методом фильтрации через пористые мембраны 1 %-го водного раствора поверхностно-активного вещества додецилсульфата натрия, содержащего ОУНТ и WS_2 -НТ в соотношении 1:1. Для однородного распределения нанотрубок перед процессом фильтрации раствор был подвергнут ультразвуковой обработке при частоте 44 кГц в течение 1 часа. Электрические контакты к пленкам были сделаны при помощи серебряной пасты. Для характеристики электрических свойств образцов были проведены измерения импеданса в частотном диапазоне 20 Гц–1 МГц при температурах 4,2, 77 и 300 К, а также зависимостей сопротивления пленок от температуры $R(T)$ в температурном интервале 2–300 К. Измерения частотных зависимостей действительной и мнимой частей (Z' и Z'') импеданса $Z = Z' + iZ''$ были проведены при помощи измерителя импеданса Agilent 4284A. Амплитуда синусоидального сигнала составляла 40 мВ. Моделирование экспериментальных результатов проводилось при помощи программы EIS Spectrum Analyser 1.0. Измерения зависимостей $R(T)$ проводились в гелиевом криостате с замкнутым циклом охлаждения Cryogenics.

Предварительно были проведены измерения электрических свойств пленок ОУНТ. Было обнаружено, что по сравнению с гибридными

пленками они характеризуются существенно меньшими (примерно на 1 порядок по величине при комнатной температуре и более чем на 2 порядка при $T = 2$ К) значениями сопротивления. Кроме того, для пленок ОУНТ при комнатной температуре мнимая составляющая импеданса пленок намного меньше действительной составляющей (активного сопротивления). При уменьшении температуры наблюдался рост мнимой составляющей импеданса (реактивного сопротивления), вызванный вкладом электрической емкости от контактов между отдельными нанотрубками. Для гибридных пленок, состоящих из ОУНТ и нанотрубок WS_2 , мнимая составляющая импеданса была обнаружена уже при комнатной температуре. Зависимости действительной Z' и мнимой Z'' частей импеданса гибридных пленок от частоты, измеренные при температурах 4,2, 77 и 300 К, показаны на рисунке 1, а и 1, б. Построенные из этих зависимостей годографы импеданса гибридных пленок показаны на рисунке 2.

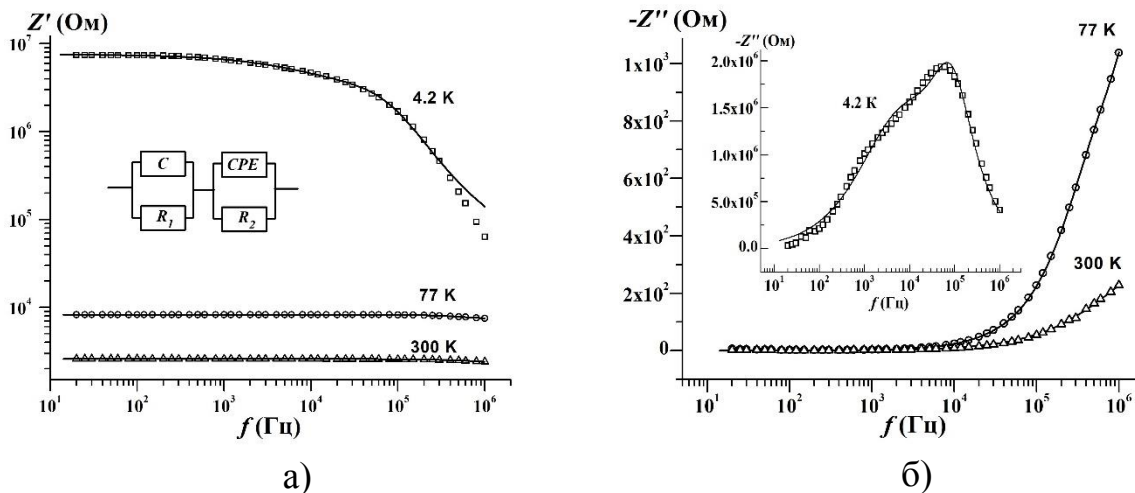


Рисунок 1 – Зависимости действительной (Z') и мнимой (Z'') частей импеданса гибридных пленок от частоты, измеренные при температурах 4,2, 77 и 300 К. Сплошные линии – аппроксимация экспериментальных данных эквивалентной схемой, показанной на вставке к рисунку 1, а

Установлено, что во всем температурном интервале 4,2–300 К, импеданс гибридных пленок может быть промоделирован показанной на вставке к рисунку 1, а эквивалентной схемой, включающей два последовательно соединенных контура. Первый контур состоит из параллельно соединенных резистора R_1 и емкости C , а второй – из параллельно соединенных резистора R_2 и элемента постоянной фазы CPE .

В силу низкой проводимости неорганических нанотрубок WS_2 по сравнению с ОУНТ можно предположить что величины R_1 и C соответствуют усредненным значениям сопротивления и емкости ОУНТ,

величина R_2 моделирует сопротивление контактных участков между углеродными нанотрубками, а элемент CPE учитывает разброс значений сопротивлений и емкостей этих контактных участков [3]. Таким образом, можно сделать вывод, что роль высокоомных неорганических нанотрубок WS_2 в гибридных пленках в основном связана с увеличением влияния контактных барьеров между ОУНТ.

Это предположение подтверждается при сравнительном анализе вида зависимостей $R(T)$ пленок ОУНТ и гибридных пленок, показанных на рисунке 3.

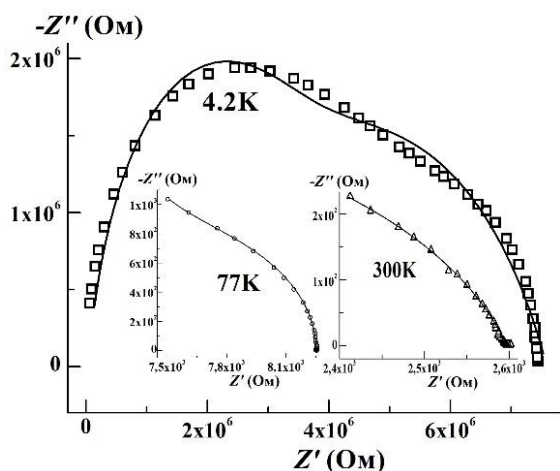


Рисунок 2 – Годографы импеданса гибридных пленок, построенные для температур 4,2, 77 и 300 К. Сплошные линии – аппроксимация экспериментальных данных

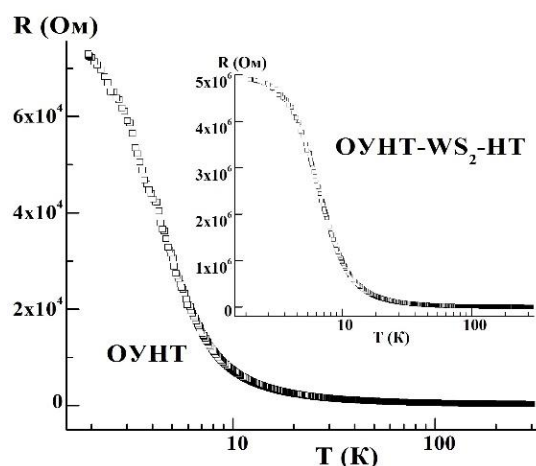


Рисунок 3 – Зависимости сопротивления от температуры $R(T)$ пленок ОУНТ и гибридных пленок (на вставке)

Как видно из рисунка, оба типа пленок характеризуются отрицательным температурным коэффициентом сопротивления ТКС ($dR/dT < 0$), однако, величина ТКС существенно выше для гибридных пленок.

Литература

1. Naffakh, M. New hybrid nanocomposites containing carbon nanotubes, inorganic fullerene-like WS_2 nanoparticles and poly(ether ether ketone) (PEEK) / M. Naffakh, A.M. Diez-Pascual, M.A. Gomez-Fatou // J. Mater. Chem. – 2011. – Vol. 21. – P. 7425–7433.
2. Zak, A. Large-scale Synthesis of WS_2 Multiwall Nanotubes and their Dispersion, an Update / A. Zak [et al.] // Sens. Transducers J. – 2011. – Vol. 12. – P. 1–10.
3. Barsoukov, E. Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment and Applications / Edited by E. Barsoukov, J. Ross Macdonald – Second Edition. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005. – 595 p.

Е. В. Черненко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
 Науч. рук. **А.Н. Сердюков**, член-корреспондент НАН Беларуси,
 д-р физ.-мат. наук, профессор

РЕЗОНАНСНОЕ ФОТОАКУСТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ БЕССЕЛЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В МАГНИТОАКТИВНЫХ СВЕРХРЕШЕТКАХ

Проведено исследование фотоакустического преобразования ТЕ-моды бесселевого светового пучка (БСП) для случая пьезоэлектрической детекции результирующего сигнала в магнитоактивных сверхрешетках.

Рассчитана скорость диссипации энергии [1]:

$$Q^{TE} = \frac{\omega k_0^4 I_0}{8\pi} |V_0| (x\varepsilon_1 + (1-x)\varepsilon_2) \sqrt{(x\varepsilon'_1 + (1-x)\varepsilon'_2)} \sqrt{(x\varepsilon''_1 + (1-x)\varepsilon''_2)} \times \\ \times \left(\frac{m^2}{\rho^2} J_m^2(q\rho) + J_m'^2(q\rho) \right) \cdot \exp\left[-2k'_0 \sqrt{(x\varepsilon''_1 + (1-x)\varepsilon''_2)} z\right], \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность падающего на образец светового пучка,

$$V_0 = \frac{\sqrt{x\varepsilon_1 + \varepsilon_2(1-x)}}{k_0'^2 - [G_1 x + G_2(1-x)]^{-1} k_0^2},$$

$J_m(q\rho)$ – функция Бесселя первого рода m -го порядка,

$$q = k_0 \sqrt{\varepsilon_{ef}} \sin \alpha,$$

$k_0 = \omega/c$ – волновое число,

$$k_z = k_0 \sqrt{\varepsilon_{ef}} \cos \alpha, \quad k'_0 = k_0 \cos \alpha,$$

α – параметр конусности БСП, равный половине угла при вершине конуса волновых векторов, определяющих спектр пространственных частот пучка, $x = d_1/D$, $\varepsilon_{1,2}^{ef} = \varepsilon'_{1,2} + i\varepsilon''_{1,2}$, $G_{1,2}^{ef} = G'_{1,2} + iG''_{1,2}$.

Используя граничные условия для случая попеременно нагруженных граней системы образец-пьезодетектор

$$\begin{cases} \sigma(0) = 0 \\ U_p(l_1) = 0 \end{cases}, \quad (2a)$$

$$\begin{cases} \sigma_p(l_1) = 0 \\ U(0) = 0 \end{cases}, \quad (2б)$$

найлены выражения для разности потенциалов, считая, что напряжение холостого хода V^{TE} на пьезопреобразователе пропорционально разности амплитуд смещения U_p его границ,

$$V^{TE} = \frac{e}{\varepsilon^S} (U_P|_{z=l_1} - U_P|_{z=0}) = \frac{e}{\varepsilon^S} U^{TE}. \quad (3)$$

Используя граничные условия (2а) получены выражение для U^{TE}

$$U^{TE} = \frac{A_1' C_2' - A_2' C_1'}{A_1' B_2' + A_2' B_1'} (e^{-2ik_1 l_1} e^{ik_1 l} - e^{-ik_1 l}). \quad (4a)$$

В (3) и (4а) введены следующие обозначения:

e – пьезомодуль,

ε^S – диэлектрическая проницаемость пьезокристалла,

$$A_1' = 2kc^T \sin kl,$$

$$A_2' = 2\cos kl,$$

$$B_1' = ik_1 c^D (e^{-2ik_1 l_1} e^{ik_1 l} + e^{-ik_1 l}),$$

$$B_2' = (e^{-2ik_1 l_1} e^{ik_1 l} - e^{-ik_1 l}),$$

$$C_1' = G_3' e^{ikl} - G_1',$$

$$C_2' = -\frac{iG_3'}{kc^T} e^{ikl} + G_2',$$

$$c^T = \lambda_l + \frac{2}{3}\mu_l,$$

λ_l, μ_l – коэффициенты Ламэ,

$$c^D = c^E (1 + e^2 / \varepsilon^S c^E),$$

c^E – коэффициент жесткости пьезоэлектрика,

$k = \Omega / v_s$ – волновое число в образце,

$k_1 = \Omega / v_p$ – волновое число в пьезопреобразователе,

v_s и v_p – скорости упругих продольных волн в образце и пьезопреобразователе соответственно,

Ω – частота звука,

$$G_1' = E' B_0 \alpha_t \left(\alpha \left(\frac{\alpha e^{-\alpha l}}{\alpha^2 + k^2} - \frac{\sigma_s e^{-\sigma_s l}}{\sigma_s^2 + k^2} \right) + \left(\frac{\alpha}{\sigma_s} e^{-\sigma_s l} - e^{-\alpha l} \right) \right),$$

$$G_2' = E' \frac{B_0 \alpha_t \alpha}{c^T} \left(\frac{e^{-\alpha l}}{\alpha^2 + k^2} - \frac{e^{-\sigma_s l}}{\sigma_s^2 + k^2} \right),$$

$$G'_3 = E'B_0\alpha_t \left(\alpha \left(\frac{\alpha}{\alpha^2 + k^2} - \frac{\sigma_s}{\sigma_s^2 + k^2} \right) + \left(\frac{\alpha}{\sigma_s} - 1 \right) \right),$$

$$E' = Q^{TE} / (\alpha^2 - \sigma_s^2),$$

B_0 – объемный модуль упругости,

α_t – коэффициент объемного теплового расширения,

$$\sigma_s^2 = i \frac{\Omega}{\beta_s},$$

β_s – эффективный коэффициент температуропроводности образца.

Для граничных условий (2б) получено следующее выражение U^{TE} :

$$U^{TE} = \frac{A_1''C_2'' + A_2''C_1''}{A_1''B_2'' - A_2''B_1''} \left(2e^{-2ik_1l} - e^{-2ik_1l}e^{ik_1l} - e^{-ik_1l} \right), \quad (4б)$$

где $A_1'' = 2ikc^T \cos kl$,

$$A_2'' = 2i \sin kl,$$

$$B_1'' = ik_1c^D \left(e^{-2ik_1l}e^{ik_1l} - e^{-ik_1l} \right),$$

$$B_2'' = \left(e^{-2ik_1l}e^{ik_1l} + e^{-ik_1l} \right),$$

$$C_1'' = ikc^T G_3''e^{ikl} + G_1'',$$

$$C_2'' = -G_3''e^{ikl} + G_2'',$$

$$G_1'' = G'_1, \quad G_2'' = G'_2,$$

$$G_3'' = E'B_0\alpha_t \alpha \left(\frac{1}{\alpha^2 + k^2} - \frac{1}{\sigma_s^2 + k^2} \right).$$

Отметим, что в области мегагерцовых частот модуляции падающего излучения возникают резонансные явления, аналогичные ранее обнаруженным при экспериментальном исследовании фотоакустического эффекта в термически толстых объектах с пьезоэлектрической детекцией результирующего сигнала [2]. Характер резонансных кривых весьма существенно зависит от геометрических размеров исследуемого образца и пьезодетектора, а также граничных условий, и, как видно из рисунков 1, 2, поляризационных свойств БСП и угла конусности.

Полученные результаты по резонансному измерению разности потенциалов, определяемых соотношениями (3), (4а) и (4б), могут быть использованы для повышения разрешающей способности пьезофотоакустической спектроскопии, а также предложить метод контроля геометрических параметров магнитоактивной сверхрешетки, ее диссипативных и теплофизических параметров.

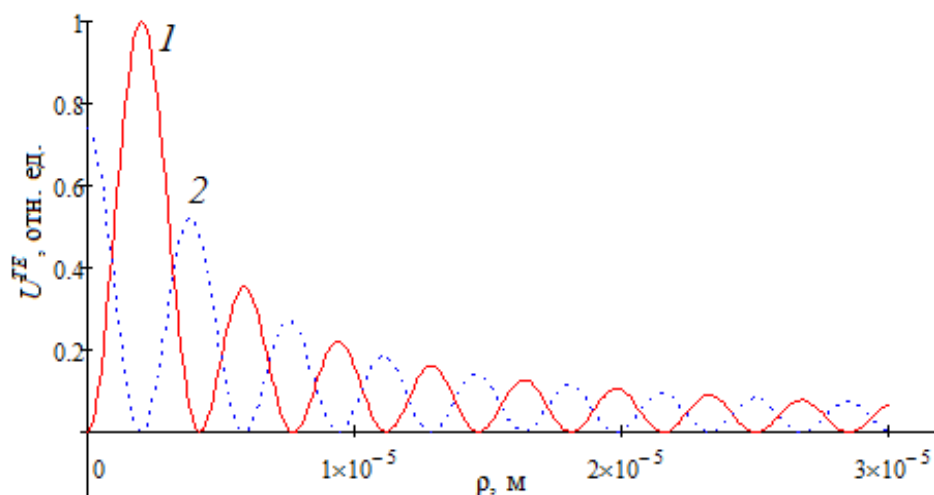


Рисунок 1 – Зависимость U^{TE} от радиальной координаты ρ
(1 – $m = 0$; 2 – $m = 1$)

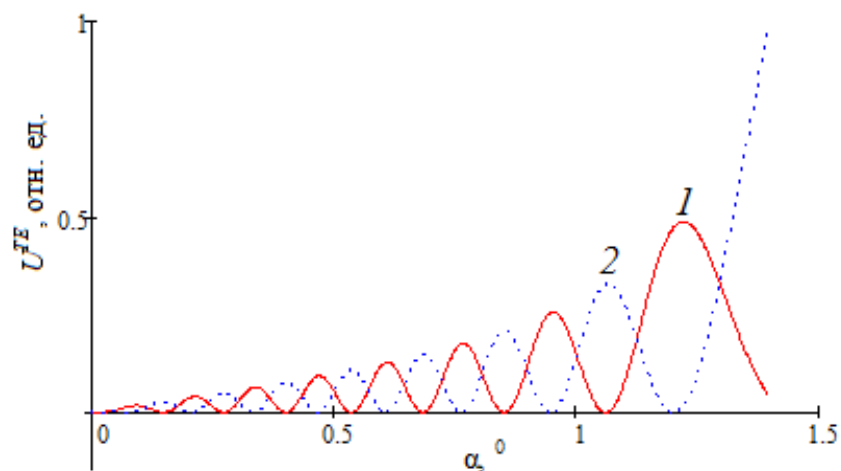


Рисунок 2 – Зависимость U^{TE} от угла конусности α
(1 – $m = 0$; 2 – $m = 1$)

Литература

1. Митюрин, Г.С. Фотоакустическое преобразование бesselевых световых пучков в магнитоактивных сверхрешетках / Г.С. Митюрин, Е.В. Черненко, В.В. Свиридова, А.Н. Сердюков // Кристаллография. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 284–291.

2. Гуляев, Ю.В., Резонансные явления при пьезоэлектрической регистрации фотоакустического сигнала / Ю.В. Гуляев, А.И. Морозов, В.Ю. Раевский // Письма в ЖТФ. – 1984. Т. 10, № 6. – С. 363–367.

В.А. Черчук (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **В.Е. Гайшун**, канд. физ.-мат. наук, доцент

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА СВЕРХТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БОРА, АРМИРОВАННЫХ МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ПОРОШКАМИ МЕТАЛЛОВ

Повышение прочности или упрочнение материала – условно необратимое повышение прочностных характеристик при механическом, химическом, тепловом воздействии на материал. Упрочнение может достигаться, во-первых, при обработке уже полученного материала, и, во-вторых, при его получении. Данная методика повышения прочности – это выход на новый класс сверхтвердых материалов качественно лучшими свойствами. Повышение прочности будет способствовать созданию нового поколения материалов конкретного назначения с выгодными преимуществами в категориях «цена», «качество» по сравнению с существующими сверхтвердыми материалами. В используемой методике кристаллы кубического нитрида бора растут в среде углеродных материалов и наночастиц. Наночастицы армируют весь материал, образуя прочные связи между группами кристаллов на больших расстояниях. В настоящее время существует широчайший выбор таких покрытий, получаемых вакуумными либо химическими методами [1–3].

Одним из перспективных и экономически выгодных методов получения сверхтвердых материалов на основе нитрида бора является золь-гель метод. Этот метод имеет преимущества, так как он не требует энергоёмкого, дорогого оборудования, является гораздо более экономичным и экологически чистым и позволяет получать материалы сложного химического состава и структуры.

В данной работе с использованием золь-гель метода получены наноструктурные мелкодисперсные порошки на основе Fe, Co, Ni, используемые для синтеза материалов на основе нитрида бора. При формовании образцов керамики, содержащих мелкодисперсные порошки Fe, Co, Ni. Использовали метод холодного прессования. Это наиболее удобный способ формования заготовок керамических изделий. Полученные образцы порошков на основе Fe, Co, Ni, смешивали с порошком гексагонального нитрида бора, полученную смесь увлажняли водой и помещали в пресс для формирования заготовок диаметром 10 и 13 мм.

На рисунке 1 представлен внешний вид полученных композиционных материалов, содержащих порошки на основе оксидов Fe, Co, Ni.

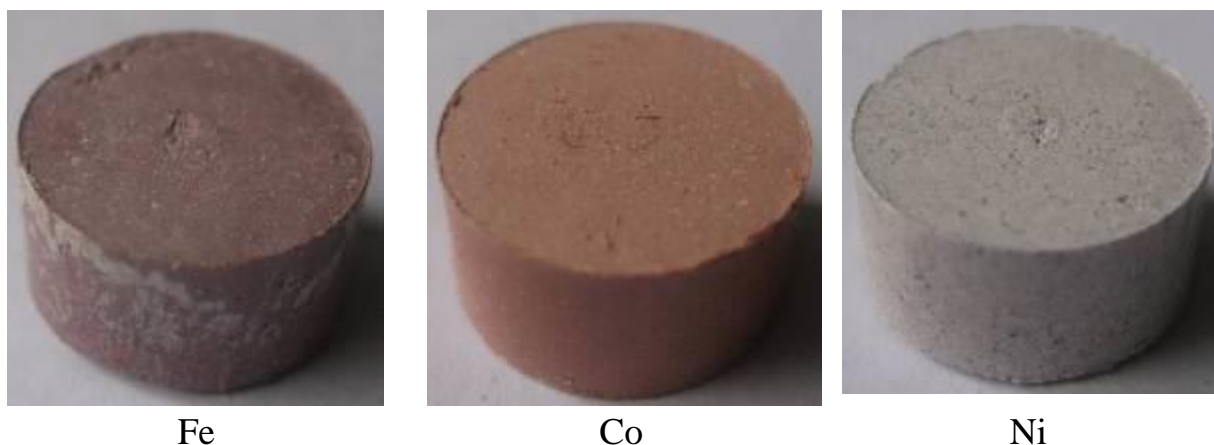


Рисунок 1 – композиционные материалы, содержащих порошки на основе оксидов Fe, Co, Ni. После формирования заготовок, образцы помещались в печь, где производилась термообработка материалов при температуре 600–800 °С. После термообработки на воздухе, образцы в реакторе спекались при критических условиях ($T = 1000$ °С, 4–7 атмосфер) в атмосфере азота

На рисунке 2 представлен внешний вид композиционных материалов, содержащих порошки на основе оксидов Fe, Co, Ni после термообработки и спекания в реакторе.

Для исследования механической прочности сверхтвёрдых материалов на основе бора, армированных мелкодисперсными порошками металлов было проведено исследования твердости по Виккерсу на микротвердомере ПМТ-3.

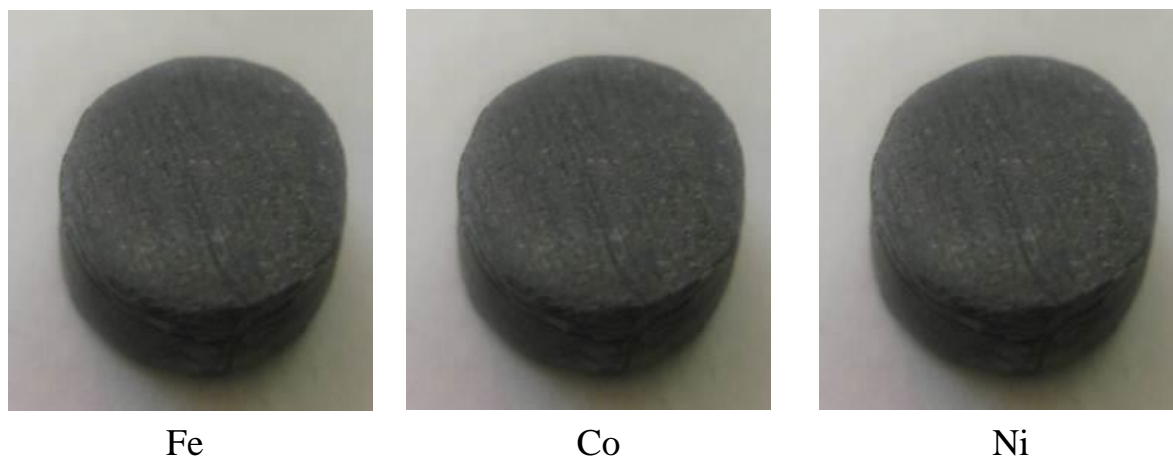


Рисунок 2 – композиционные материалы, содержащих порошки на основе оксидов Fe, Co, Ni после термообработки и спекания

В таблице 1 представлены результаты измерения твердости в полученных заготовках композиционного материала, при оказываемой нагрузке равной 100 г. Для сравнения был сформирован образец без добавок мелкодисперсных порошков металлов.

Таблица 1 – Результаты измерения твердости образцов композиционных материалов, содержащих порошок на основе оксидов Fe, Co, Ni

Номер образца	Используемая добавка, оксидов металлов	Твердость по Виккерсу, МПа
1	без добавок	332
2	мелкодисперсный порошок на основе оксида Fe	515
3	мелкодисперсный порошок на основе оксида Co	471
4	мелкодисперсный порошок на основе оксида Ni	394

На основе проделанной работы проведен обзор основных процессов формования керамических заготовок композиционных материалов на основе кубического и гексагонального нитрида бора, содержащих Fe, Co, Ni.

Особенно неоспоримое преимущество борсодержащих композиционных материалов содержащих оксиды металлов перед другими видами химико-термической обработки проявляется при измерении твердости данных материалов. Было установлено, что, при добавление мелкодисперсных порошков металлов в синтезированные мной материалы на основе бора их прочность увеличивается.

Литература

1. Бородин, И.Н. Упрочнение деталей композиционными покрытиями / И.Н. Бородин. – М.: Машиностроение, 1982. – 141 с.
2. Пермяков, В.Г. Влияние циркония, ванадия и титана на кинетику роста и микротвердость борированного слоя / В.Г. Пермяков. – Киев, 1975. – С. 57–61.
3. Труш, И.Х. Термостойкость борированного слоя железа, легированного ванадием / И.Х. Труш, Б. С. Кирчев, И. Р. Атанасова. – М.: МиТОМ, 1974, № 10.

П.И. Шупан (УО «ГрГУ им. Янки Купалы», Гродно)
Науч. рук. С.Д. Лещик, канд. техн. наук, доцент

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ХРОМОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТОВ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

Для повышения твердости, износостойкости, коррозионной стойкости металлических поверхностей, а также для восстановления

изношенных деталей машин и механизмов используются электролитические хромовые покрытия. Перспективным направлением является создание композиционных электрохимических покрытий (КЭП) на основе хрома, что позволяет улучшить эксплуатационные и физико-механические свойства различных изделий и деталей. Определяющая роль при формировании покрытий с улучшенными характеристиками принадлежит веществам второй фазы (модификаторам), в качестве которых могут использоваться различные наноструктуры металлических и неметаллических веществ. В настоящее время наноструктурированные материалы все шире используются в различных областях машиностроения. Среди широкого перечня методов получения наночастиц и наноструктур перспективным является метод лазерной абляции твердых тел в жидкостях.

Существенный интерес представляют наночастицы, полученные при лазерной абляции неметаллических веществ в дистиллированной воде, используемые в качестве модификатора.

Наиболее перспективным является процесс лазерной абляции графита в жидкости, так как наночастицы образуют коллоидный раствор, который можно использовать для получения КЭП различного назначения.

Материалом матрицы при электрохимическом осаждении композиционных электрохимических покрытий является гальванический хром. В качестве наполнителя хромовой матрицы используют наночастицы, полученные при лазерной абляции (ЛА) графита в дистиллированной воде.

В качестве мишеней для лазерной абляции используют графит марки МГ-1 ОСЧ по ТУ 48-20-90-82 размером 5×5×5 мм. Мишень помещают на дно кюветы (бюкса), которая заполняется дистиллированной водой в определенном количестве. Абляцию проводят неодимовым лазером LS-2147 (режим абляции и характеристики полученных частиц подробно описаны в работах 2; 4).

КЭП на основе хрома получают из наноэлектролитов, представляющих собой стандартный электролит хромирования, содержащий в своем составе высокодисперсные частицы, полученные при ЛА графита в дистиллированной воде (суспензии с частицами). При хромировании используют стандартный электролит сульфатного типа, состав которого представлен в таблице 1.

Композиционные покрытия на основе хрома получают без перемешивания, так как наноэлектролит считается устойчивым (частицы второй фазы в электролите кинетически устойчивы) [2].

Покрытия на основе хрома осаждают на поверхности образцов, изготовленных из стали 45 ГОСТ 1050-74.

Таблица 1 – Концентрация веществ электролита на основе шестивалентного хрома

Компоненты	Концентрация, г/л	Температура, (диапазон температур), °С	Плотность тока i , А/дм ²
CrO ₃ ГОСТ 2548-77	230÷270	55±1 (20÷70)	50
H ₂ SO ₄ ГОСТ 4204-77	2,3÷2,7		

Для изготовления анодов используют сплав свинец-сурьма Ссу 1 (содержание олова 4–6 %) ГОСТ 1292-81.

Перед тем, как получать покрытия, необходимо подготовить образцы. Процесс подготовки образцов состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

1. Получение образцов под покрытия. Стальные пластины нарезаются в соответствии с необходимыми размерами.

2. Механическая обработка. Поверхность деталей (пластин) перед нанесением покрытий (хромированием) подвергалась шлифовке обычно применяемыми в гальванике методами [5]. Перед хромированием поверхность шлифовалась до шероховатости $R_a = 0,16 - 0,08$, $R_z = 0,04 - 0,08$.

3. Обезжиривание. Химическое: в качестве органического растворителя применялся спирт (также используется керосин или бензин) [5].

4. Изоляция не хромируемых поверхностей.

5. Монтаж стальных образцов на подвески.

6. Анодное декапирование. Производится с целью удаления с поверхности обезжиренных деталей окисных пленок и выявления структуры детали; выполняется в электролите того же состава, который применяется для хромирования; при этом деталь является анодом, а катодом служат свинцовые электроды. Время декапирования – 30–60 сек, плотность тока – 30–50 А/дм².

7. Получение КЭП. Хромирование. Детали к началу электролиза подвергают нагреву до температуры электролита. В начале процесса осаждения производят «толчек тока», т. е. процесс осаждения начинают при плотности тока в 2 раза больше расчетного; спустя 1–2 мин. значение ее постепенно снижают до номинального. Продолжительность процесса зависит от необходимой толщины покрытия и скорости его наращивания при выбранном режиме хромирования и составе электролита.

8. По окончании процесса детали подвергаются промывке и сушке.

В дальнейшем структуру и свойства полученных композиционных электрохимических покрытий можно исследовать с помощью таких методов, как атомно-силовая микроскопия (АСМ), оптическая микроскопия, физико-механические методы, например, как описано в работе 4.

Данная методика получения наноэлектролита и технология нанесения покрытий могут быть использованы в лабораторных работах по дисциплине «Триботехника на автомобильном транспорте».

Литература

1. Гракович, П.Н. Лазерная абляция политетрафторэтилена / П.Н. Гракович [и др.] // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. LII: Фторполимерные материалы. Современное состояние и перспективы. – № 3. – С. 97–105.

2. Лещик, С.Д. Размерные характеристики частиц, полученных методом импульсной лазерной абляции твердых тел в жидкости / С.Д. Лещик [и др.] // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития: материалы III междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 16–17 мая 2013 г. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.]; редкол.: В.А. Струк (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2013. – С. 72–74.

3. Лещик, С.Д. Получение наночастиц методом импульсной лазерной абляции политетрафторэтилена в жидкости и исследование их размерных характеристик / С.Д. Лещик [и др.] // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: материалы междунар. науч.-техн. конф., Брест, 29–30 октября 2014 г. – Брест: БрГТУ, 2014. – С. 153–155.

4. Шупан, П.И. Структура и свойства модифицированных наночастицами гальванических функциональных покрытий, наносимых на детали автомобильных компонентов: дис. ... магистра технич. наук: 1-378001 / П.И. Шупан; УО «ГрГУ имени Я. Купалы». – Гродно, 2014. – 55 с.

5. Богорад, Л.Я. Хромирование / Л.Я. Богорад // изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 97 с.

П.И. Шупан, И.Г. Сергиенко (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)
Науч. рук. **С.Д. Лещик**, канд. техн. наук, доцент

РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИЦ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА В ЖИДКОСТИ

В настоящее время для создания наноструктурированных материалов существенный интерес представляют наночастицы, которые

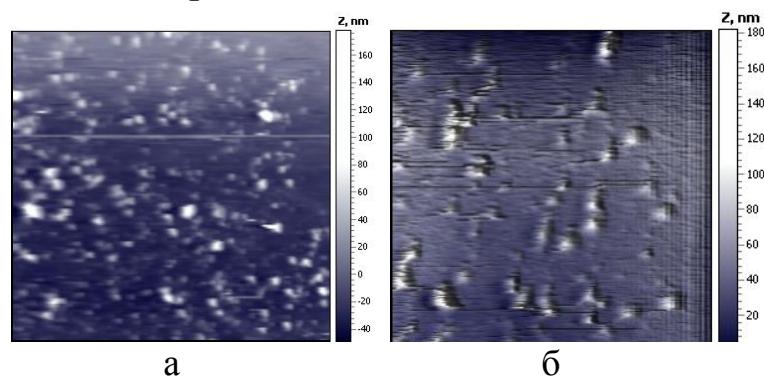
обладают уникальными свойствами. Наряду с такими методами получения наночастиц, как химические, плазмохимические и другие, актуальным является метод импульсной лазерной абляции (ИЛА) твердых тел в жидкостях. Данный метод позволяет получать наночастицы без побочных продуктов, в отличие от абляции в газовых средах, а также возможность получать суспензии с различной концентрацией наночастиц в зависимости от режимов абляции [1]. Известно, что размерные характеристики получаемых продуктов абляции зависят от длительности импульсов, длины волны, мощности лазерного излучения и других параметров [2].

В процессе работы экспериментально были получены наночастицы политетрафторэтилена в жидкостях методом ИЛА.

При проведении ИЛА в качестве мишени использовали политетрафторэтилен марки Ф-4 по ГОСТ 10007-80; в качестве жидкой среды использовали дистиллированную воду и этанол. Абляцию проводили неодимовым лазером Nd: YAG марки LS-2147 с длиной волны 532 нм; частота импульсов – 1 Гц. Энергия в импульсе составляла 75 мДж. Количество импульсов – 300, длительность импульсов – 30 нс (16 нс на полувисоте импульса). Лазерное излучение фокусировалось на мишени, находящейся под слоем жидкости на глубине 6 мм. При лазерной абляции ПТФЭ в дистиллированной воде и этаноле наблюдалось незначительное помутнение жидкости.

Для получения информации об общем виде и размерных характеристиках продуктов абляции пробы суспензий в виде капель наносились на подложку из кварцевого стекла. После того, как суспензия высыхала, образцы изучали на атомно-силовом микроскопе NT-206. Сканирование проводили на воздухе, при нормальных условиях и комнатной температуре с использованием кантилевера CSC 38/AIBS жесткостью 0,03 Н/м.

На рисунке 1 показаны изображения частиц, полученных методом ИЛА ПТФЭ в дистиллированной воде и этаноле.



а – в дистиллированной воде; б – в этаноле

Рисунок 1 – АСМ-изображения частиц, полученных импульсной лазерной абляцией ПТФЭ в жидкости (поле сканирования 20×20 мкм)

Полученные изображения могут свидетельствовать как об образовании частиц нанометрового, субмикронного и микронного уровня, так и их агломератов.

Распределение частиц, полученных при лазерной абляции ПТФЭ в дистиллированной воде и этаноле, по размерам показано на рисунке 2.

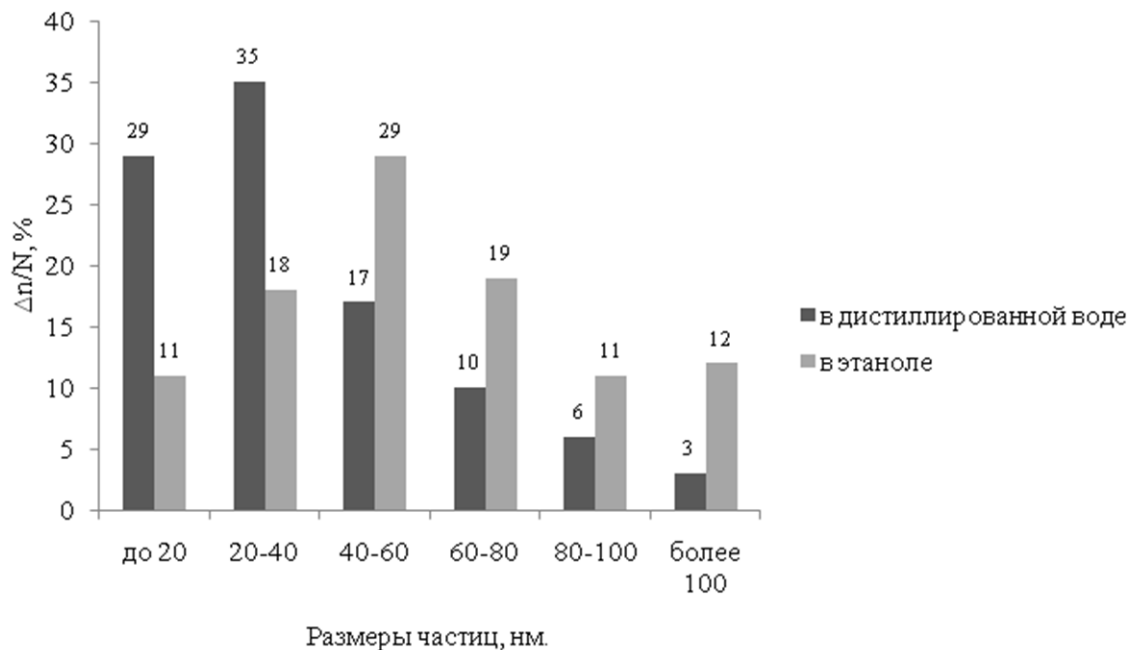


Рисунок 2— Гистограмма распределения частиц, полученных при лазерной абляции политетрафторэтилена в дистиллированной воде и этаноле, по размерам, %

Установлено, что основное количество продуктов лазерной абляции ПТФЭ в воде представляет собой устойчивые агрегаты размером от 20 до 40 нм (по оси Z на АСМ-изображениях). Доля более крупных частиц незначительна.

Для случая абляции политетрафторэтилена в этаноле пик распределения частиц приходится на 40–60 нм, причем доля более крупных продуктов абляции достаточна.

Таким образом, установлено, что импульсная лазерная абляция ПТФЭ в дистиллированной воде и этаноле позволяет получать кинетически устойчивые суспензии с содержанием частиц нанометрового и субмикронного уровня. Атомно-силовая микроскопия позволяет определять размерные характеристики частиц. Различия в размерных характеристиках полученных частиц при ИЛА ПТФЭ в дистиллированной воде и этаноле может свидетельствовать о зависимости образующихся продуктов абляции не только от параметров ИЛА, но и от рода и физических свойств жидкостей.

Литература

1. Макаров, Г.Н. Применение лазеров в нанотехнологии: получение наночастиц и наноструктур методами лазерной абляции и лазерной нанолитографии / Г.Н. Макаров // Успехи физических наук. – Июль 2013. – Т. 183, № 7. – С. 673–718.

2. Лещик, С.Д. Получение наночастиц методом импульсной лазерной абляции политетрафторэтилена в жидкости и исследование их размерных характеристик / С.Д. Лещик [и др.] // материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Новые технологии и материалы, автоматизация производства», Брест, 29–30 октября 2014 г. – Брест: БрГТУ, 2014. – С. 153–155.

В.С. Юдин, Д.Р. Лобанов, Н.Н. Курьян
(УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)

Науч. рук. **К.Ф. Зноско**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Вода является неотъемлемой частью человеческого существования. Большая часть организма человека состоит из воды и все биологические процессы в нём происходят при её участии. Суточное потребление воды человеком составляет около 2,5 л. Кроме того, значительное количество воды расходуется на поддержание надлежащего санитарного состояния тела человека, предметов обихода и жилища. Безвредность воды обеспечивается регламентацией содержания в ней химических веществ, встречающихся в природных водах и добавляемых в процессе обработки на водопроводных станциях, а также предельно допустимых концентраций веществ, появляющихся в результате промышленного, сельскохозяйственного или иного загрязнения источников водоснабжения [1]. Это говорит о том, что наше здоровье напрямую зависит от качества и состава употребляемой воды.

Рост промышленного производства, ухудшение состояния окружающей среды, изнашивающаяся инфраструктура, недостаточная очистка, человеческий и геологический факторы неблагоприятно влияют на качество воды. По данным Всемирной организации здравоохранения 80 % всех заболеваний связано с плохим качеством питьевой воды и нарушением санитарно-гигиенических норм водоснабжения. Из-за болезней, вызванных употреблением некачественной питьевой воды, ежедневно умирает более 4 000 человек. Эта проблема усугубляется

во всем мире по мере роста численности населения, урбанизации, а также возрастания потребностей в воде для сельского хозяйства, промышленности и домашнего хозяйства [2].

Для определения химического состава питьевой воды используются фотометрические, спектрометрические, люминесцентные, нейтронно-активационные и другие методы. В данном исследовании, для определения качества воды из разных микрорайонов города Гродно (Форты, Фолюш, БЛК, Зарица, Девятровка), был использован рентгенофлуоресцентный спектральный анализ (РФА).

Метод РФА является одним из наиболее эффективных методов анализа, позволяющих за минимальный период времени получить полную и достоверную информацию об элементном составе сложных образцов, независимо от их агрегатного состояния и происхождения. Данный метод позволяет одновременно определять более 70 элементов от серы до урана и может быть использован для контроля содержания, как элементов матрицы, так и микропримесей элементов в различных по составу материалах. Неоспоримым достоинством метода РФА является возможность получения данных о составе сложного материала без его разрушения, с сохранением его физико-химических свойств, что особенно важно при работе с дорогостоящими и новыми экспериментальными образцами. Конструктивные особенности современных рентгенофлуоресцентных спектрометров дают возможность проводить анализ не только в стационарных лабораторных условиях, но и непосредственно в технологическом процессе, что исключает многие проблемы, связанные с отбором, подготовкой и хранением проб анализируемых материалов. Сочетание всех выше указанных достоинств метода РФА делает его наилучшим спектральным анализатором для материалов, используемых в металлургии и медицине, веществ высокой степени чистоты, применяемых в оптике и оптоэлектронике, материалов для микроэлектроники и современных инновационных технологий [3].

Т. к. концентрации элементов в пробе воды слишком малы, то для того, чтобы можно было выполнить его анализ, необходимо использовать методики, позволяющие перевести концентрацию элемента в диапазон обнаружения спектрометра. Для этого перед проведением исследований необходимо провести пробоподготовку собранных образцов. Пробоподготовка осуществлялась самым простым и доступным методом – выпариванием.

Выпаривание проб производилось при температуре 190 °С в печи, в которую помещают фарфоровые чашки с 50 мл исследуемой воды. Так как для получения требуемого количества сухого остатка простым

выпаривание воды очень долго, при повторном выпаривании в чашки с водой добавлялось по 10 мг целлюлозы. После двух выпариваний полученный осадок прессуется в таблетки, которые в дальнейшем и исследуются.

В ходе эксперимента в образцах питьевой воды было обнаружено наличие следов ртути (Hg), кадмия (Cd) и селена (Se). Зарегистрированные концентрации данных элементов в большинстве проб ниже величины погрешности измерений и поэтому не могут быть определены количественно (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение полученных концентраций с ПДК по санитарным нормам и правилам

Показатели	Предельно-допустимые концентрации (ПДК), мг/л	Образцы		
		1, 6, 8	4, 5	2, 3, 7
		Концентрация, мг/л		
Железо (Fe, суммарно)	0,3 (1,0) ₂	6,87	7,67	6,80
Кадмий (Cd, суммарно)	0,001	–	–	–
Марганец (Mn, суммарно)	0,1 (0,5)	0,79	0,88	0,58
Медь (Cu, суммарно)	1,0	4,74	3,36	2,07
Молибден (Mo, суммарно)	0,25	0,17	0,20	0,26
Мышьяк (As, суммарно)	0,05	0,06	0,04	0,06
Никель (Ni, суммарно)	0,1	0,53	0,64	0,56
Ртуть (Hg, суммарно)	0,0005	–	–	–
Свинец (Pb, суммарно)	0,03	0,19	0,16	0,18
Селен (Se, суммарно)	0,01	–	–	–
Стронций (Sr ²⁺)	7,0	9,79	8,98	7,56
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	500	575,73	633,43	518,53
Хлориды (Cl)	350	736,96	873,93	673,93
Хром (Cr ⁶⁺)	0,05	0,06	0,07	0,09
Цинк (Zn ²⁺)	5,0	6,51	4,54	5,63

Количество стронция (Sr) превышает нормы ПДК в ~ 1,25 раза. Концентрации железа (Fe), марганца (Mn), хлора (Cl), меди (Cu) и свинца (Pb) в несколько раз превышают ПДК (концентрация железа в ~ 7 раз; марганца в ~ 1,5 раза; хлора в ~ 2,2 раза; меди в ~ 3,4 раза; свинца в ~ 5,9 раз).

Полученные данные указывают на то, что концентрации таких элементов, как железа (Fe), марганца (Mn), хлора (Cl), меди (Cu) и свинца (Pb), не соответствуют нормам ПДК и превышают их в несколько раз. Данное несоответствие может быть вызвано состоянием

водопровода в жилых домах, устаревшими очистительными системами в домах и на водозаборах, загрязнением окружающей среды.

Литература

1. Состав питьевой воды и бытовые методы ее очистки от загрязнителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=610&id=620910. – Дата доступа: 02.03.2015
2. Чистая вода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nprvo.ru/water/> – Дата доступа: 03.03.2015
3. Черноруков, Н.Г. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа : электронное учеб.-метод. пособие / Н.Г. Черноруков, О.В. Нипрук. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012.

**М.А. Яковлева (УО «БГУ», НИУ «НИИ ЯП БГУ», Минск),
E. Ivanov, I. Petrova, R. Kotsilkova
(Institute of Mechanics, BAS, Sofia, Bulgaria)
Науч. рук. Д.С. Быченко, канд. физ.-мат. наук**

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТРЕХФАЗНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

Уникальные свойства углеродных нанотрубок (УНТ) позволяют использовать их в качестве наполнителя при получении композитов с контролируемыми электромагнитными параметрами. Как известно, добавление УНТ в непроводящую матрицу может приводить к изменению ее электромагнитного отклика [1]. Свойства композитов зависят от того, насколько хорошо диспергированы наночастицы, а также от параметров матрицы и добавок, входящих в состав композита. Степень дисперсии и распределение нанотрубок в полимерной матрице является одним из важнейших факторов, определяющих свойства композита.

Использование частиц глины в полимерных композитах может влиять на дисперсию в них УНТ, и изменять их электромагнитный отклик. Особый интерес представляет сравнение электромагнитных свойств композитов с добавлением и без добавления глины.

В данной работе были исследованы электромагнитные свойства композитов, в которых в качестве полимерной матрицы использовался полипропилен (ПП), а в качестве наполнителя – многостенные

УНТ и частицы глины (Cloisite®30B Clay). Были получены двух- (ПП + 3 %МУНТ (по массе)) и трехкомпонентные (ПП + 3 %МУНТ + 3 % Clay (по массе)) композиты толщиной 1,00 мм. На рисунке 1 представлены изображения композитов, полученные методами ПЭМ.

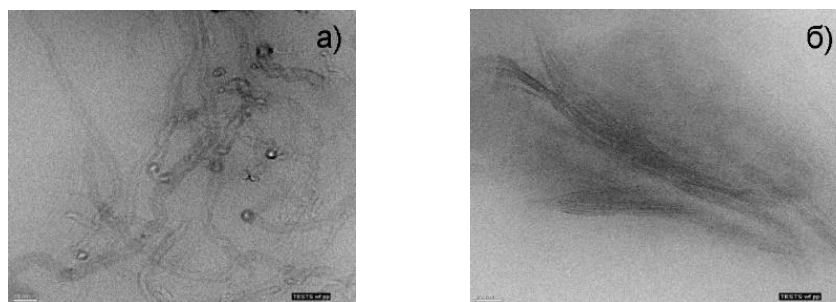


Рисунок 1 – Изображения композитов, полученные с помощью просвечивающей электронной микроскопии (размер шкалы 20 нм): агломерат многосленных УНТ(а), наночастицы глины(б)

Исследования электромагнитного отклика проводились в микроволновом диапазоне частот (26–37 ГГц). При помощи скалярного анализатора цепей P2-408P измерялись S -параметры матрицы рассеяния композитов в волноводе, по значениям которых были рассчитаны коэффициенты пропускания и отражения. На рисунке 2 изображены зависимости коэффициентов отражения (R), прохождения (T) и поглощения (A) исследуемых образцов толщиной 1,0 мм с наночастицами глины и без.

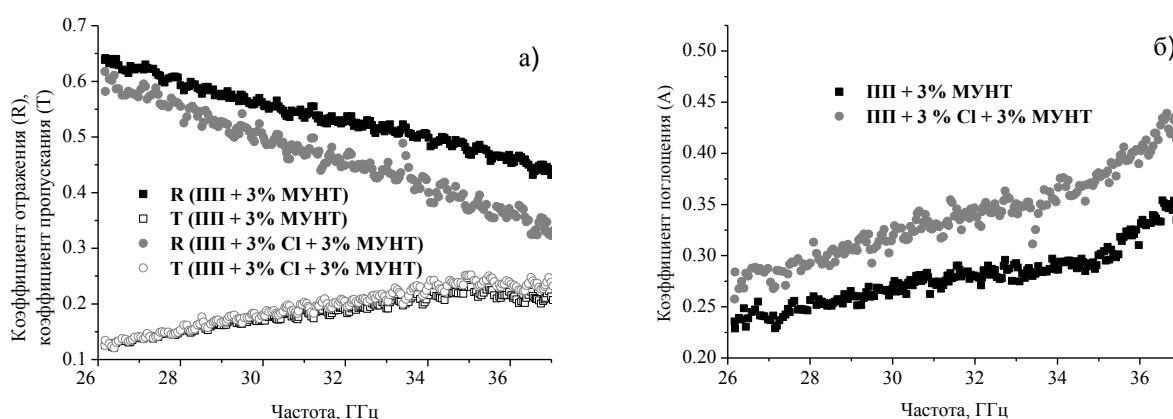


Рисунок 2 – Частотные зависимости коэффициентов отражения (R), пропускания (T) (а) и поглощения (A) (б) исследуемых композитов

Как видно из рисунка 2, а, коэффициенты пропускания композитов с наночастицами глины и без практически совпадают. В то же время коэффициент отражения образца без содержания глины существенно

превышает отражение образца с содержанием глины, то есть трехкомпонентные композиты лучше поглощают электромагнитное излучение (рисунок 2, б). Данный факт может являться косвенным доказательством лучшей дисперсии УНТ в объеме композита. Также стоит отметить, что коэффициент поглощения чистой полимерной матрицы без включений в данном диапазоне частот близок к нулю.

Результаты расчетов комплексной диэлектрической проницаемости композитов по измеренным S-параметрам (по методике [2]) представлены на рисунке 3.

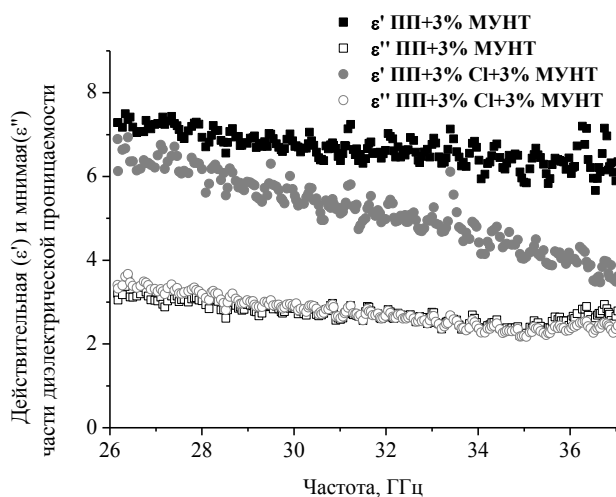


Рисунок 3 – Частотные зависимости действительной (закрашенные значки) и мнимой (пустые значки) частей диэлектрической проницаемости исследуемых композитов

Из рисунка 3 видно, что добавление частиц глины в композит приводит к уменьшению значений вещественной части ϵ' и, соответственно, к росту тангенса угла диэлектрических потерь, поскольку мнимая часть диэлектрической проницаемости остается практически неизменной. Также стоит отметить, что значение действительной части для чистой матрицы составляет 2,1–2,2, а мнимая часть ϵ'' практически равна нулю.

Таким образом, можно заключить, что добавление глины в композиты типа ПП+МУНТ позволяет существенно влиять на их электромагнитные свойства, что особенно важно при создании материалов с контролируемым электромагнитным откликом.

Литература

1. Microwave probing of nanocarbon based epoxy resin composite films: Toward electromagnetic shielding / P. Kuzhir, A. Paddubskaya,

D. Bychanok et al. // *Thin Solid Films*. – 2011. – Vol. 519, № 12. – P. 4114–4118.

2. Особенности электромагнитного отклика композитов на основе углеродных нанотрубок в микроволновом частотном диапазоне / Д. Быченко [и др.] // Труды Международной школы-конференции молодых ученых и специалистов «Современные проблемы физики», Минск, 9–11 июня 2010 г. / НАН Беларуси, Инст. физики им. Б.И. Степанова; редкол.: В.В. Машко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 125–128.

Секция 4 «Методика преподавания физики»

Председатели:

Шершнев Евгений Борисович, канд. техн. наук, доцент,
Желонкина Тамара Петровна, ст. преподаватель

Т.А. Аннагельдыева (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)
Науч. рук. **И.М. Елисеева**, д-р техн. наук, профессор

ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

Для классификации графических учебных задач используют разные основания. Однако, во всех случаях встречаются две основные операции: построение графика некоторой функциональной зависимости (выражение физической ситуации в графическом виде) и чтение графика зависимости (определение параметров процессов или объектов). Эти две операции трудно разделить, но могут быть некоторые особенности, зависящие от типа задач.

Можно выделить такие типы задач, как например: задачи на чтение графика и задачи на построение графика. Это могут быть: задачи, в которых требуется графически выразить заданную ситуацию, причём условия могут быть заданы текстом, формулой или графически; задачи на нахождение некоторого параметра процесса по заданному графику; задачи на анализ процесса по графику; комбинированные задачи, сочетающие чтение, анализ и построение графиков процессов.

Умение читать простейшие функциональные зависимости начинают формировать в уроках математики. На уроках по физике эти умения учащихся развивают при изучении таких зависимостей, как например: координаты точки от времени $x(t)$, скорости или проекции скорости от времени $v(t)$, пути от времени $s(t)$, силы тока от напряжения $I(U)$, напряжения на концах участка проводника от сопротивления участка $U(R)$, давления от площади поверхности $p(S)$, давления от силы $p(F)$, давления от высоты столба жидкости $p(h)$, массы тела от его объёма $m(V)$, силы упругости от величины деформации $F_{\text{упр}}(x)$.

В результате учащиеся знают алгоритм построения графика зависимости: записать аналитическое выражение зависимости с числовыми коэффициентами для конкретной ситуации; выбрать оси координат, определить масштаб по каждой оси и начало отсчёта; составить таблицу значений координат точек для построения; нанести точки

на координатную плоскость; определить области погрешности и изобразить их на координатной плоскости; провести экстраполяцию графика по полученным точкам.

Рассмотрим следующую задачу: постройте график зависимости общего сопротивления реостата от положения его движка для схемы, изображённой на рисунке 1. Полное сопротивление реостата равно сопротивлению резистора R .

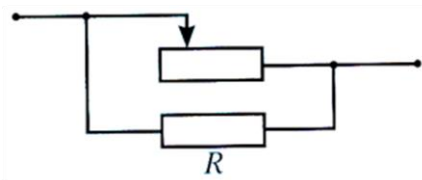


Рисунок 1 – Схема включения реостата

Решение. Для построения графика выберем переменные величины. В качестве зависимой переменной возьмём общее сопротивление реостата R_0 . В качестве независимой переменной удобно взять сопротивление r реостата при промежуточном положении движка (в крайнем правом положении движка $r = 0$). Найдём аналитическую зависимость общего сопротивления R_0 от r . Часть реостата сопротивлением r и резистор соединены параллельно, их общее сопротивление определяется по формуле: $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{r} + \frac{1}{R}$, отсюда $R_0 = \frac{r \cdot R}{R + r} = r \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{R}\right)}$. По-

строим график полученной функции по точкам, выбирая удобные для расчета значения r :

r	0	$R/4$	$R/2$	$3R/4$	R
R_0	0	$R/5$	$R/3$	$3R/7$	$R/2$

Результат построения показан на рисунке 2.

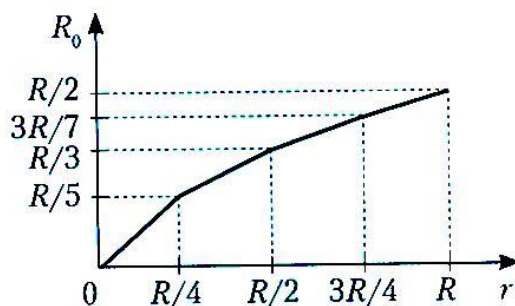


Рисунок 2 – Зависимость общего сопротивления от сопротивления реостата

Задачи на нахождение по графику физического процесса параметров можно условно разделить на две группы. К первой относят задачи, в которых искомый параметр отложен на одной из осей, а известный параметр либо отложен на другой оси, либо вычисляются по данным графика, либо он известен по условиям задачи. Такие задачи решают на первых этапах обучения физике. Более сложны задачи, в которых на одной координатной плоскости изображают графики нескольких физических процессов. Искомые параметры определяют из условий по совокупности значений параметров нескольких процессов. Наиболее известны задачи на нахождение места и времени встречи движущихся тел. Например, задача: два пешехода выходят из одного пункта одновременно и движутся во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями: $v_1 = 3$ км/ч, $v_2 = 4$ км/ч. Как определить расстояние между ними в любой момент времени?

Решение. В любой произвольно взятый момент времени t пройденные пешеходами пути будут соответственно равны: $s_1 = v_1 t = 3t$ (км), $s_2 = v_2 t = 4t$ (км), где t выражено в часах. Изобразим их траектории.

Из рисунка 3 следует, что расстояние s между пешеходами в любой момент времени равно: $s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} = \sqrt{9t^2 + 16t^2} = 5t$. Построив график зависимости расстояния между пешеходами от времени, можно сказать, каково расстояние между ними в любой момент времени (рисунок 4).

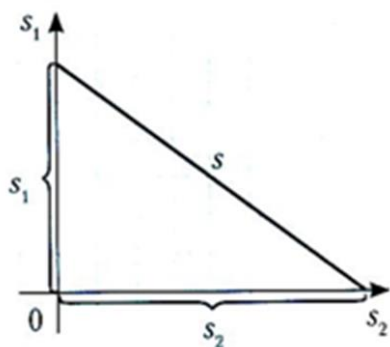


Рисунок 3

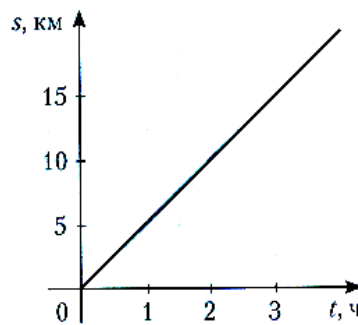


Рисунок 4

Другую группу составляют задачи, в которых используют зависимости интегрируемых параметров процесса. Например, задача: тело свободно падает с некоторой достаточно большой высоты с начальной скоростью, равной нулю. Сопротивление воздуха отсутствует, ускорение свободного падения постоянно. Во сколько раз путь, пройденный телом за 4-ю секунду, больше, чем за 2-ю?

Решение. Решать такую задачу аналитически, с применением формул, сложно, поскольку, прежде чем применить уравнение

равноускоренного движения для расчёта пути, придётся рассчитывать начальные скорости для пути, пройденного за 2-ю и за 4-ю секунды движения. Построим график зависимости скорости падающего тела от времени. Отметим на оси времени секундные интервалы, проведём к ней перпендикуляры (пунктир) (рисунок 5).

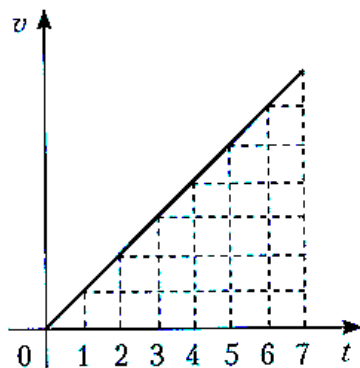


Рисунок 5

Понятно, что путь, пройденный за каждую секунду, численно равен площади трапеции под соответствующим участком графика скорости. Разобьём всю площадь под графиком на треугольники. Видно, что на площади фигуры, соответствующей пройденному за 4-ю секунду пути, уместится 7 треугольников, а за 2-ю секунду – только 3. Следовательно, первый путь меньше второго в 2,33 раза. Это отношение не зависит от значения ускорения, так что и масштаб на графике можно не указывать. Обратим внимание на то, что построенные линии представляют собой графики движения тел, отпущенных с интервалом в 1 с. Следовательно, по приведённому графику можно легко решать ещё один класс задач – где из одной точки последовательно начинают движение несколько тел, а искомым является, например, расстояние между телами в какой-либо конкретный момент времени.

Ю.Б. Борисова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
 Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ЗНАЧЕНИЕ ШКОЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В физике источником знаний и методом исследования является эксперимент. Школьный учебный эксперимент представляет собой отражение научного метода изучения физических явлений, поэтому

ему (хотя он и не тождествен научному) должны быть присущи основные элементы физического эксперимента, по которым учащиеся смогут получить представление о научном экспериментальном методе.

Учебный эксперимент – это воспроизведение с помощью специальных приборов физического явления на уроке в условиях, наиболее удобных для его изучения. Поэтому он служит одновременно источником знаний, методом обучения и видом наглядности.

Общепризнано, что изложение курса физики в средней школе должно опираться на эксперимент. Это обусловлено тем, что основные этапы формирования физических понятий – наблюдение явления, установление его связей с другими, введение величин, его характеризующих, – не могут быть эффективными без применения физических опытов. Демонстрация опытов на уроках, показ некоторых из них с помощью кино и телевидения, выполнение лабораторных работ учащимися составляют основу экспериментального метода обучения физике в школе.

Будучи средством познавательной информации, учебный эксперимент одновременно является и главным средством наглядности при изучении физики; он позволяет наиболее успешно и эффективно формировать у школьников конкретные образы, адекватно отражающие в них сознании реально существующие физические явления, процессы и законы, их объединяющие.

Физический эксперимент представляет собой не только иллюстрацию тех или иных явлений и закономерностей: он служит средством доказательства справедливости различных теоретических положений, способствует выработке убежденности в познаваемости явлений природы, развивает умения и навыки учащихся.

Правильно организованный школьный физический эксперимент служит также действенным средством воспитания таких черт характера личности, как настойчивость в достижении поставленной цели, тщательность в получении фактов, аккуратность в работе, умение наблюдать и выделять в рассматриваемых явлениях их существенные признаки и др.

Чтобы дать учащимся глубокие и прочные знания, сформировать у них важные практические умения и навыки, необходима координация в применении различных видов учебного эксперимента (схема 1).

Все эти виды учебного эксперимента обеспечивают осуществление принципов наглядности, сознательности, активности познавательной деятельности учащихся, политехнизма в преподавании физики [1].

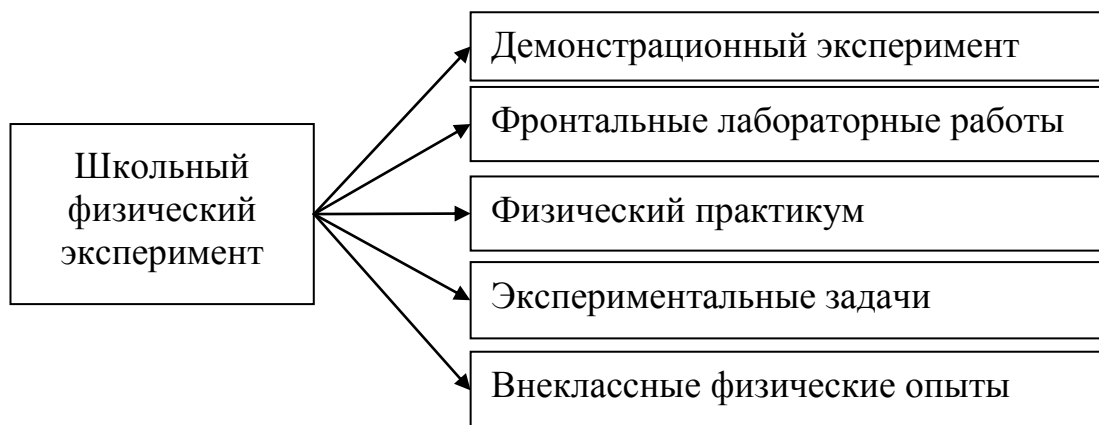


Схема 1 – Виды школьного физического эксперимента

В физической науке различают исследовательский и критериальный эксперимент. Такое деление возможно и в учебном физическом эксперименте. При постановке опытов в исследовательском плане учащиеся будут получать данные, имеющие субъективную новизну. Критериальный эксперимент нацеливает на получение ожидаемого результата, который подтверждает или опровергает высказанное предположение или дедуцированные теории, следствия.

Любому виду эксперимента присущи следующие черты:

- вмешательство в явления, процессы внешнего мира специальными приборами;
- выделение реально изучаемых связей и устранение побочных и случайных влияний;
- воспроизведение и неоднократное повторение изучаемых явлений в определенных условиях;
- планомерное изменение условий протекания явления или процесса;
- организованность и направленность с целью сведения к минимуму элементов случайности.

Структурно физический эксперимент можно представить в виде следующих взаимосвязанных и тем самым расчленить эксперимент на три составляющие:

- экспериментатор и его деятельность как познающего субъекта;
- объект или предмет экспериментального исследования;
- средства экспериментального исследования (инструменты, приборы, экспериментальные установки и т. д.).

Во взаимосвязи данных трех структурных элементов первый из них представляет собой субъективную, а второй и третий – объективную сторону эксперимента.

Ю.Б. Борисова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», г. Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

УЧЕБНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, ЕГО ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА

По большому счёту обучение ведётся для того, чтобы «научившийся» мог применять свои знания на практике. Традиционно при изучении физики эксперименты разделяются на две большие группы: демонстрационные эксперименты, выполняемые обычно учителем, и практические (экспериментальные) работы, выполняемые школьниками самостоятельно. Демонстрационные эксперименты нужны в следующих случаях:

1. Когда нужно познакомить учеников с физическими явлениями и обстоятельствами, послужившими отправной точкой для формулировки основных физических законов их первооткрывателями.

2. Когда рассматривается устройство и принципы действия измерительных приборов, основанных на различных физических явлениях.

3. При изучении сложных технических устройств или процессов, в которых используются в комбинации различные физические явления.

Практические самостоятельные экспериментальные работы тоже могут быть разделены на группы по назначению:

Качественные эксперименты: соберите – включите – посмотрите – зарисуйте – сделайте вывод (словесная формулировка). Такие эксперименты нужны для непосредственного ознакомления с физическими явлениями. Например, в таком эксперименте проверяется «закон сообщающихся сосудов».

Количественные эксперименты: соберите – измерьте – вычислите – постройте график – запишите результат в тетрадь. Этот тип экспериментов предназначен для выработки навыков применения простейших измерительных приборов и оформления экспериментальных работ.

Творческие эксперименты: дан некий набор оборудования, которое можно использовать в эксперименте, дан объект исследования, сформулирована конечная цель, однако не даны чёткие однозначные инструкции, следуя которым можно было бы добраться до конечной цели. Именно последний тип экспериментальных творческих работ в подробностях рассматривается на страницах книги.

Работы этого типа «заставляют» учеников самостоятельно искать пути, ведущие к конечному результату, разрабатывать план действий, учитывать возможности предоставленных приборов и оборудования и добиваться получения максимально возможной точности не за счёт высокой точности приборов, а за счёт того, что выбран оптимальный

метод измерений. Такие работы позволяют ученикам реализовывать и развивать свои творческие способности, которые в других видах учебной деятельности используются в малой степени.

А.В. Бурлысенко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Е.Л. Тихова**, ст. преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Интерес к интегрированному обучению обусловлен рядом причин.

Одной из важнейших проблем современной школы является заметное снижение интереса учащихся к предметам естественно-математического цикла, что во многом обусловлено объективной сложностью данных дисциплин. Сама специфика физики на современном уровне побуждает к комплексному подходу в обучении школьников этому предмету, т. е. логика данной науки ведёт к объединению, интеграции.

Следующей проблемой, которая может быть решена в процессе интегрированного обучения, является несогласованность, разобщённость этапов формирования у учащихся общих понятий физики, математики, информатики, биологии, химии, и т. д., проблема выработки у них обобщённых умений и навыков.

Интеграция физики и информатики как двух учебных дисциплин совпадает с инновационным направлением – информатизацией процесса преподавания физики. Интеграция информатики и физики может осуществляться в двух направлениях: первое – расширение круга физических задач, решаемых на уроках информатики с целью закрепления текущего материала, второе – разработка задач создания обучающих физике компьютерных систем силами учеников, изучающих информатику и заинтересованных в повышении своей квалификации.

В настоящей работе рассмотрено применение метода интегрированного обучения на уроке физики-информатики при изучении тем: «Решение задач по теме «Закон Ома для полной электрической цепи. Коэффициент полезного действия источника тока»», «Использование формул. Абсолютные и относительные ссылки в табличном процессоре MS Excel». Тип урока: комбинированный.

Цели урока:

– приобретение практических навыков решения задач по теме «Закон Ома для полной электрической цепи. Коэффициент полезного действия источника тока»;

– приобретение практических навыков использования формул и абсолютных ссылок в табличном процессоре MS Excel.

Рассмотрим пример решения задачи с использованием табличного процессора MS Excel.

Условие задачи. Реостат подключен к источнику тока с ЭДС $\varepsilon = 4$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом. Постройте график зависимости силы тока от сопротивления части реостата, по которой проходит ток $I = I(R)$.

Дано
 $\varepsilon = 4$ В
 $r = 1$ Ом
 $I = I(R)$

Решение

Запишем закон Ома для полной электрической цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$

Сила тока обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи $I \sim \frac{1}{R + r}$, графиком обратной пропорциональности $y = \frac{1}{x}$ является гипербола.

Сопротивление реостата определяется его геометрическими размерами $R = \rho \frac{l}{s}$.

Максимальному значению силы тока (току короткого замыкания) соответствует положение ползунка реостата в крайнем минимальном положении $l = 0$: $I_{\text{кз}} = \frac{\varepsilon}{r}$.

Минимальному значению силы тока в цепи соответствует максимальное значение сопротивление реостата

$$I_{\text{min}} = \frac{\varepsilon}{R_{\text{max}} + r}.$$

Вид графика представлен на рисунке 1.

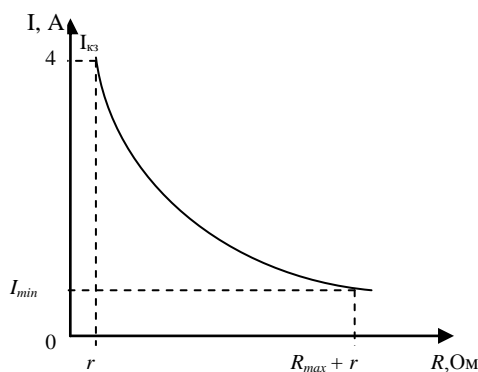


Рисунок 1 – график зависимости $I = I(R)$

Ученикам предлагается открыть файл с подготовленным учителем заданием (рисунок 2) и внести исходные данные в ячейки, выделенные серым цветом.

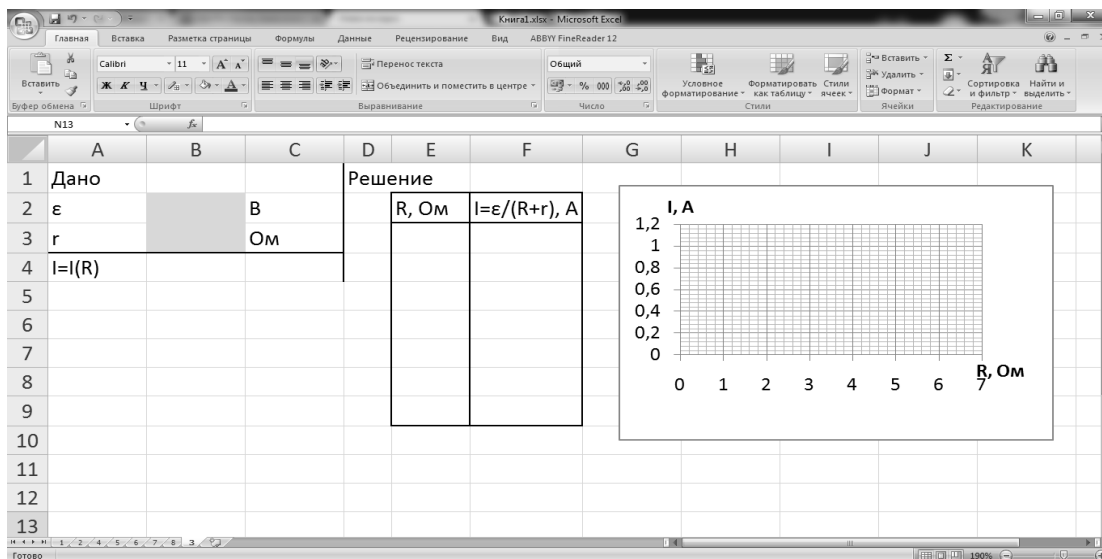


Рисунок 2 – Файл с заданием

Таблицу заполнить, используя функцию автозаполнения и формулу с абсолютными ссылками (например: $\$B\$2/(\$E3 + \$B\$3)$), график запрограммирован учителем в исходном файле и строится автоматически.

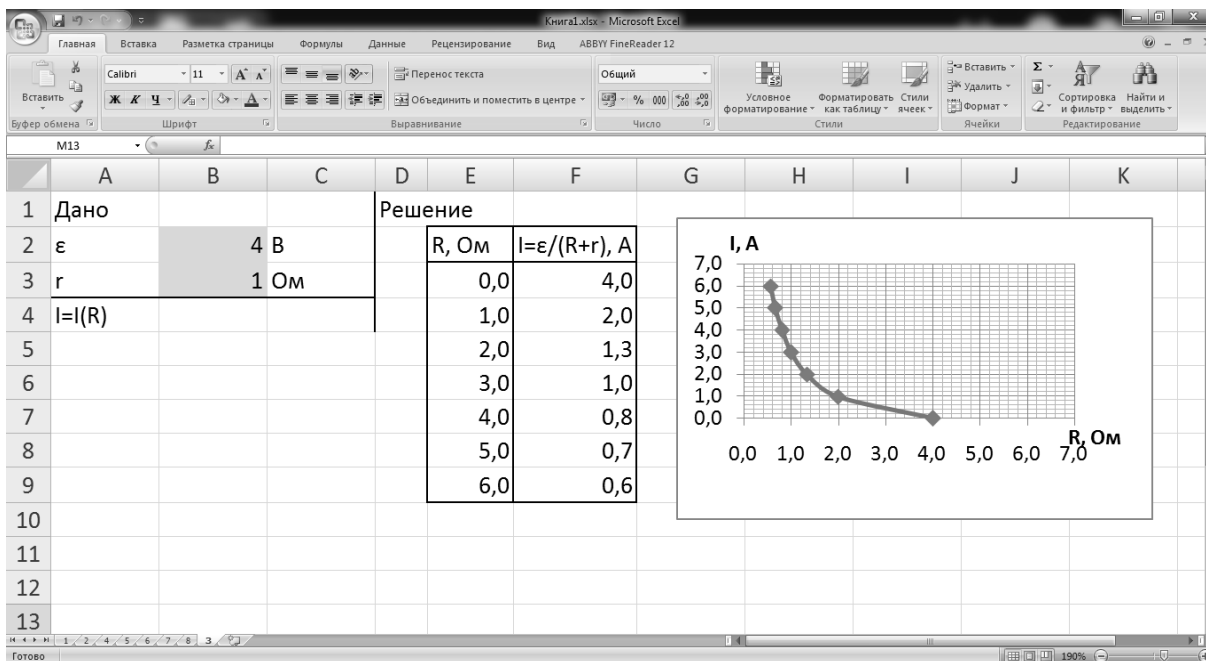


Рисунок 3 – Файл с выполненным заданием

На интегрированном уроке создаются благоприятные условия для развития самых разных интеллектуальных умений учащихся, через

него можно выйти на формирование более широкого синергетического мышления, научить применению теоретических знаний в практической жизни, в конкретных жизненных ситуациях.

Е.Н. Васильева (Головинская средняя школа)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СОВРЕМЕННОГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ

Актуальность интеграции инновационных личностно-ориентированных и информационно-коммуникационных технологий в системе профессиональной подготовки будущего учителя физики в высшем учебном заведении определена концепцией развития высшей школы в Республике Беларусь, ее направленностью на гуманизацию, индивидуализацию, многопрофильность, многоуровневость и непрерывность педагогического образования. В связи с этим назрела необходимость создания целостной системы управления учебной, учебно-исследовательской и научно-исследовательской работой студентов, основанной на интеграции инновационных личностно-ориентированных и информационно-коммуникационных технологий подготовки специалистов с высшим образованием в условиях стандартизации педагогического образования. Это обусловлено тем, что, с одной стороны образовательные стандарты второго поколения, регламентируют процесс подготовки специалистов на основе принципа стабильности, а с другой стороны, этот процесс должен быть направлен на решение основных задач, вытекающих из концепции развития национальной системы образования Республики Беларусь, поскольку от качества профессиональной подготовки специалистов педагогического профиля, уровня их компетентности в значительной степени зависит сохранение и приумножение интеллектуального потенциала общества.

В настоящее время большое внимание уделяется такой стороне образования, как освоение современных способов получения, обработки и представления информации. Это вызывает необходимость использования на учебных занятиях по физике информационно-коммуникационных технологий как средства, организующего экспериментальную и исследовательскую деятельность учащихся.

Огромный выбор цифровых образовательных ресурсов позволяет учителю выбрать программное обеспечение для реализации любых образовательных задач. Компьютерные программы по физике разнообразны:

источники дополнительной информации; демонстрации; тренажеры; виртуальные лаборатории; мультимедийные и интерактивные приложения; обучающие игры и многие другие. Для измерения физических величин все шире используют принципы оцифровывания аналоговых сигналов цифровых датчиков физических величин, компьютерную обработку информации, полученной с датчиков.

При дидактически правильном подходе компьютер активизирует внимание учащихся, усиливает их мотивацию, развивает познавательные процессы, мышление, внимание, воображение и фантазию, проводит моделирование сложных физических объектов; осуществляет автоматизированный контроль качества полученных знаний; реализует технологию дистанционного и личностно-ориентированного обучения.

Проанализируем возможности использования оборудования и средств информационно-коммуникационных технологий в ходе проведения экспериментальных работ различного плана.

На начальных этапах обучения проведению учебных исследований используют наблюдение реальных явлений. Учащиеся должны понимать основные методы проведения научных наблюдений и качественных; экспериментов (принципиальных различий между ними нет): выделение наиболее существенных черт изучаемого явления; разложение сложного явления на простые составляющие; осмысление результатов; выдвижение гипотез, объясняющих явление; поиск способов проверки этих гипотез; выявление существенных факторов, влияющих на изучаемое явление.

В настоящее время имеются наборы оборудования, которые созданы для внеурочной работы или домашнего пользования с целью повышения мотивации учащихся к исследованиям по физике. Например, наборы фирмы «Научные развлечения». Каждый из таких наборов содержит методические рекомендации к выполнению нескольких десятков экспериментов, позволяет построить систему самостоятельных исследований учащихся.

Использование датчиков, web-камеры, позволяет работы, посвященные наблюдению и качественным измерениям, перевести на новый уровень. Например, фиксация изменения направления индукционного тока при прохождении магнита через замкнутую катушку, мнимого изображения в зеркале или наблюдения качественных изменений температуры жидкости при её испарении.

В работах такого типа ранее учащийся просто описывал свои наблюдения, сопровождал их рисунками или констатацией числовых значений физической величины, которые ему удавалось получить.

В настоящее время учащийся включает в свой электронный отчет фотографию установки или наблюдаемой картины явления или показания датчика. Это позволяет повысить доказательность наблюдения, установить и сформулировать причинно-следственные связи.

К нормативно регламентируемым видам экспериментальной деятельности при обучении в учреждениях общего среднего образования Республики Беларусь относят демонстрационный эксперимент фронтальные лабораторные работы и экспериментальные исследования.

При проведении учебного демонстрационного физического эксперимента для укрупнения зоны опыта демонстрации её в укрупнённом виде через мультимедиа проектор на экран возможно использование web-камеры. Например, демонстрация спектров магнитного поля тока.

Многие физические величины могут быть измерены цифровыми датчиками, причём во многих случаях чувствительность и пределы измерений цифровых датчиков превосходят чувствительность аналоговых приборов, а инертность (время реакции на меняющуюся величину) оказывается существенно меньше. Это позволяет выводить также на экран фрагмент установки малого размера и показания датчика.

Интерактивная доска позволяет не только выводить на экран фрагменты демонстрационных установок и показания датчиков, но и делать наглядным весь процесс обработки полученных данных. Для этого можно использовать наборы оборудования по механическим, тепловым, электромагнитным явлениям и газовым законам и компьютерную программу для проведения демонстрационного эксперимента в режиме обучения этапам экспериментального исследования и в режиме проведения совместного исследования.

Работы, представленные как работы фронтального эксперимента, за счёт простоты оснастки и возможности выведения показаний датчика на экран интерактивной доски могут быть использованы и в качестве демонстраций. Так, работа по изучению явления электромагнитной индукции, проводимая на II ступени получения общего среднего образования как лабораторная, на III ступени получения общего среднего образования может вполне стать демонстрацией. Таким образом, благодаря современным технологиям происходит сближение лабораторного и демонстрационного экспериментов. Фронтальный лабораторный эксперимент является формой учебных занятий, в то время как проектная форма экспериментальной деятельности учащихся предполагает использование внеучебного времени.

Поскольку образовательные стандарты нового поколения требуют в результате преподавания предмета добиваться и профорientации учащихся, то использование средств информационно-коммуникационных

технологий при организации и проведении экспериментальных работ целесообразно при обучении физике на профильном уровне.

Использование средств информационно-коммуникационных технологий при проведении физических экспериментов постепенно размывает границы между демонстрационным лабораторным экспериментом, между фронтальной работой и исследовательской работой, и выводит лабораторные работы, проводимые с их помощью на уровень учебных исследований различной глубины и трудности.

А.В. Галёта (Войсковая часть 1235, г. Пинск)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

НЕТРАДИЦИОННЫЕ УРОКИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА

Для того, чтобы добиться определенных успехов в обучении учащихся физике, необходимо пробудить у них соответствующий интерес к этому предмету. С этой целью можно проводить нетрадиционные уроки, в основе которых лежат проблемные дидактические игры. Дидактическая игра – это методические приёмы, способы и средства учителя, которые, воздействуя на чувства ученика, способствуют созданию положительного настроения к учению и готовности к активной мыслительной деятельности у всех обучаемых, независимо от их знаний, способностей и интересов. Если в содержание познавательной игры включен занимательный материал, то она является проблемной.

Ситуация неожиданности в проблемных дидактических играх (ПДИ) создается использованием в них явлений, выводов и фактов, вызывающих удивление, кажущихся парадоксальными, поражающими своей необычностью. Примером ПДИ может служить игра «Восхождение на пик Знаний», в которой продвижение к пику знаний обеспечивается правильным ответом на проблемные вопросы. В каждом классе игра имеет свое конкретное название, отражающее пройденную тему, например, в VII классе – Восхождение на пик Архимеда», VIII – «Восхождение на пик Ома», в IX – «Восхождение на пик Энергия» и т. д.

Основой создания проблемной ситуации могут служить не только проблемные вопросы, но и загадки, задачи – шутки, рассказы и картинки с ошибками. Подобные задания могут быть составлены самими учащимися. Это, несомненно, повышает их ценность. Обязательным в преподавании физики для развития устойчивого интереса к ней

должно быть использование любой возможности показа применения физических законов в различных отраслях жизни человека. Поэтому в проблемных дидактических играх мы должны использовать такие книги: «Физика в бою», «Физика в музыке», «Физика в сельском хозяйстве», «Физика в природе», «Физика вокруг нас», «Физика в медицине» и т. д.

Интерес учащихся к предмету можно повысить не только при изучении нового материала. Опрос уже изученного можно вести не на репродуктивном уровне, как это часто делается, а на третьем уровне трудности. Для этого с успехом можно использовать «Сборник качественных задач», автор Тучильский А.М. Таким образом, использование ПДИ в процессе преподавания физики повышает и стимулирует познавательный интерес к предмету и на этой основе обеспечивается более высокий уровень осмысления и усвоения ими программного материала. ПДИ органично дополняют распространенную в настоящее время форму обучения – традиционный урок.

В.В. Гнётова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Н.А. Алешкевич**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ДИАГНОСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Один из основных элементов образовательной деятельности в рамках системы менеджмента качества (СМК) учреждений высшего образования является диагностика профессиональных компетенций выпускников. Состав и структура профессиональных компетенций формируется для каждой специальности в соответствии с требованиями образовательного стандарта.

Банк контрольных и учебных заданий необходимо ежегодно обновлять, пополнять заданиями в соответствии с возникающими вновь требованиями рынка труда и коррективами, внесенными при реализации учебного процесса. Методологическим ключом к построению банка заданий является связь между компетенциями и успешным решением задач профессиональной деятельности, социальным участием и личным ростом.

Способность решать те или иные задачи, в свою очередь, может быть инструментально измерена через способность выпускника результативно выполнять учебные задания, моделирующие комплексное решение реальных задач, или отдельные аспекты их решения.

В настоящее время нами разрабатываются средства диагностики профессиональных компетенций выпускников инженерно-технического профиля. Мы рассматриваем основные требования к структуре фонда оценочных средств в системе современного оценивания и определяем, на наш взгляд, основные диагностические средства оценки уровней сформированности профессиональных компетенций физиков-метрологов.

При диагностировании компетенций выпускника будут выявлены и оценены следующие компетенции:

- академические;
- социально-личностные;
- профессиональные.

Результаты проводимых исследований будут использоваться для диагностики компетенций студентов-выпускников, с целью предоставления руководству нанимателя информацию о навыках, способностях, умениях и компетенциях исследуемого.

В.А. Головенько (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)

Науч. рук. **О.Н. Белая**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ОПТИКА»

Одной из важнейших целей применения историко-методологических знаний в обучении физике является формирование у учащихся научного мировоззрения, но его нельзя сформировать, знакомя только с отдельными явлениями, законами, открытиями. Учащиеся должны получать представление о движущих силах развития самой науки, о причинах появления тех или иных научных трудов, о причинах изменения воззрений и методов познания.

Историзм в преподавании физики – это одно из важных средств развития у учащихся интереса к науке; одно из средств формирования научного мировоззрения учащихся в процессе преподавания физики; одно из средств нравственного и общественно-политического воспитания учащихся. Применение историко-методологических знаний способствует повышению качества знаний учащихся, характеризуя основные функции преподавания физики.

В образовательном процессе обобщение знаний учащихся осуществляется на различных уровнях: на уровне понятий, законов, теорий. Завершая изучение каждой теории, важно переосмыслить основной

материал с определенных позиций, установить взаимосвязь между изученными теориями, а также выявить взаимное влияние их в историческом процессе развития научного физического знания. Такое повторение учебного материала, проводимое на обобщающих уроках, способствует формированию современной научной картины мира, ознакомлению учащихся с методами научного познания.

Обобщение и систематизация учебного материала могут быть успешными при соблюдении, по крайней мере, двух педагогических требований. Одно из них состоит в том, что обобщение должно осуществляться на основе фундаментальной научно идеи, выполняющей роль систематизирующего фактора. Второе требование состоит в том, что обобщение, поскольку оно связано с повторением изученного, должно обязательно содержать элемент новизны.

Например, история развития взглядов на природу света может быть изложена в виде заключительного обобщающего обзора, подводящего итог изучению оптики в 11 классе.

План изложения заключительного обобщающего обзора:

1. Накопление знаний о свете в начальный период развития оптики.
2. Волновая теория света Гюйгенса.
3. Корпускулярная теория света Ньютона.
4. Развитие и утверждение волновой оптики.
5. Возникновение квантовой теории света.

Изложенный материал по такому плану позволяет отобрать основные вопросы для обобщения знаний.

Наиболее важными вопросами обзора является раскрытие причин, в силу которых отдавалось предпочтение той или иной гипотезе о природе света на разных этапах развития физики, трудностей решения проблем, путей преодоления этих трудностей. В этом отношении чрезвычайно поучительным для учащихся является история решения проблемы изучения давления света П.Н. Лебедевым. Сама идея опыта была простой. Свет от мощного источника (дуговой лампы) надо было сфокусировать на легкоподвижной крыльчатке, подвешенной на нити в баллоне, из которого откачан воздух, и изменить энергию света, а по углу закручивания нити – силу давления. Опыты П.Н. Лебедева принесли ему всемирную известность и славу выдающегося экспериментатора. Крупный немецкий ученый В. Вин писал: «Лебедев владеет искусством экспериментирования в такой мере, в какой едва ли кто другой владеет в наше время».

В процессе обобщения знаний учебный материал предстает перед учащимися в систематизированном виде, чему способствует установление связи между историческими данными, изученными понятиями,

законами и теориями, а интересные факты из жизни ученых делают уроки более насыщенным и интересным.

Таким образом, использование историзма как средства обобщения может осуществляться в двух формах: во-первых, в виде исторического обзора развития взглядов по какой-либо фундаментальной физической проблеме, которая обсуждалась и развивалась на протяжении длительного периода развития науки, и, во-вторых, в виде исторического обзора, содержащего описание отдельных фундаментальных физических экспериментов или биографии ученых.

Особое место среди форм использования принципа историзма принадлежит биографиям ученых, которые могут быть даны либо в достаточно полном изложении, либо в виде отдельных фрагментарных сведений. Например, в заключительном обобщающем обзоре, подводящего итог изучению оптики в 11 классе при обсуждении истории развития взглядов на природу света целесообразно обратить внимание учащихся на биографию П.Н. Лебедева. Родился в Москве 8 марта 1866 года. В юношеские годы увлекся физикой, но доступ в университет для него, выпускника реального училища, был закрыт, поэтому он поступил в Императорское Московское техническое училище. Впоследствии П. Н. Лебедев говорил, что знакомство с техникой оказалось ему очень полезным при конструировании экспериментальных установок. В 1887 году, не закончив ИМТУ, Лебедев направился в Германию, в лабораторию известного физика Августа Кундта, у которого работал вначале в Страсбурге, а затем в Берлине. В 1891 году написал диссертацию «Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссотти – Клаузиуса» и сдал экзамен на первую ученую степень. По возвращении в Россию получил в 1892 году в Московском университете место ассистента в лаборатории профессора А. Г. Столетова.

Цикл выполненных у Кундта работ вошел в представленную Лебедевым в 1900 году магистерскую диссертацию за которую ему была сразу присуждена степень доктора физики. Вскоре он был утвержден профессором Московского университета.

Использование элементов истории было и остается одним из тех вопросов методики преподавания физики в школе, решение которого позволяет расширить представления у учащихся о физике и науке в целом. Поэтому принцип историзма в обучении физике может выступать в качестве ориентира в расширении знаний учащихся по физике. Введение в образовательный процесс исторического материала способствует более глубокому пониманию эстетики творческого труда исследователя, рождает творческое отношение к процессу познания.

История науки физики дает возможность показать науку как общественную деятельность, формы которой могут меняться на разных этапах развития общества. Она раскрывает перед учащимися величественную физическую картину мира, сложного и диалектически-противоречивого процесса познания, формирует представления об основных закономерностях развития науки и методах научного познания.

Литература

1. Дягиле, Ф.М. Из истории физики и жизни её творцов / Ф.М. Дягиле. – М.: Просвещение, 1986.
2. Ильин, В.А. История физики / В.А. Ильин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.
3. Мощанский, В.Н. История физики в средней школе / В.Н. Мощанский, Е.В. Савелова. – М.: Просвещение, 1981.
4. Мощанский, В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики / В.Н. Мощанский. – М.: Просвещение, 1989.
5. Храмов, Ю.А. Физики (биографический справочник) / Ю.А. Храмов. – М.: «Наука», 1983.

М.О. Григоренко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. С.А. Лукашевич, ст. преподаватель

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

В настоящее время количество компьютерных программ, предназначенных для изучения физики, исчисляется десятками, только лазерных дисков выпущено более десяти. Эти программы уже можно классифицировать в зависимости от вида их использования на уроках: обучающие программы; демонстрационные программы; компьютерные модели; компьютерные лаборатории; лабораторные работы; пакеты задач; контролирующие программы; компьютерные дидактические материалы.

Разумеется, приведённая классификация является достаточно условной, так как многие программы включают в себя элементы двух или более видов программных средств, тем не менее, она полезна тем, что помогает учителю понять, какой вид деятельности учащихся можно организовать, используя ту или иную программу.

Когда же следует использовать компьютерные программы на уроках физики? Прежде всего, необходимо осознавать, что применение компьютерных технологий в образовании оправдано только в тех случаях, в которых возникает существенное преимущество по сравнению

с традиционными формами обучения. Одним из таких случаев является преподавание физики с использованием компьютерных моделей.

Следует отметить, что под компьютерными моделями автор понимает компьютерные программы, имитирующие физические опыты, явления или идеализированные модельные ситуации, встречающиеся в физических задачах. Компьютерные модели позволяют получать в динамике наглядные запоминающиеся иллюстрации физических экспериментов и явлений, воспроизвести их тонкие детали, которые могут ускользать при наблюдении реальных экспериментов. Компьютерное моделирование позволяет изменять временной масштаб, варьировать в широких пределах параметры и условия экспериментов, а также моделировать ситуации, недоступные в реальных экспериментах. Некоторые модели позволяют выводить на экран графики временной зависимости величин, описывающих эксперименты, причём графики выводятся на экран одновременно с отображением самих экспериментов, что придаёт им особую наглядность и облегчает понимание общих закономерностей изучаемых процессов. В этом случае графический способ отображения результатов моделирования облегчает усвоение больших объёмов получаемой информации.

При использовании моделей компьютер предоставляет уникальную, не реализуемую в реальном физическом эксперименте, возможность визуализации не реального явления природы, а его упрощённой теоретической модели с поэтапным включением в рассмотрение дополнительных усложняющих факторов, постепенно приближающих эту модель к реальному явлению. Кроме того, не секрет, что возможности организации массового выполнения разнообразных лабораторных работ, причём на современном уровне, в средней школе весьма ограничены по причине слабой оснащённости кабинетов физики. В этом случае работа учащихся с компьютерными моделями также чрезвычайно полезна, так как компьютерное моделирование позволяет создать на экране компьютера живую, запоминающуюся динамическую картину физических опытов или явлений.

В то же время использование компьютерного моделирования не должно рассматриваться в качестве попытки подменить реальные физические эксперименты их симуляциями, так как число изучаемых в школе физических явлений, не охваченных реальными демонстрациями, даже при блестящем оснащении кабинета физики, очень велико. Несколько условный характер отображения результатов компьютерного моделирования можно компенсировать демонстрацией видеозаписей натуральных экспериментов, которые дают адекватное представление о реальном протекании физических явлений.

Значительное число компьютерных моделей, достаточно полно охватывающих такие разделы физики, как механика, молекулярная физика и термодинамика, содержится в первой части мультимедийного компьютерного курса «Открытая физика 1.0».

Некоторые модели курса позволяют одновременно с ходом эксперимента наблюдать в динамическом режиме построение графических зависимостей от времени ряда физических величин, описывающих эксперимент. Подобные модели представляют особую ценность, так как учащиеся, как правило, испытывают значительные трудности при построении и чтении графиков.

Компьютерные модели курса «Открытая физика 1.0» легко вписываются в традиционный урок и позволяют учителю организовывать новые, нетрадиционные виды учебной деятельности учащихся.

Можно провести урок решения задач с последующей компьютерной проверкой. Учитель предлагает учащимся для самостоятельного решения в классе или в качестве домашнего задания задачи, правильность решения которых они могут проверить, поставив затем компьютерные эксперименты. Возможность самостоятельной последующей проверки в компьютерном эксперименте полученных результатов усиливает познавательный интерес, делает работу учащихся творческой, а зачастую приближает её по характеру к научному исследованию. В результате многие учащиеся начинают придумывать свои задачи, решать их, а затем проверять правильность своих рассуждений, используя компьютерные модели.

Необходимо отметить, что сильно усложняет работу с компьютерным курсом «Открытая физика 1.0» ограниченное число задач и вопросов, которыми авторы сопровождают модели. Опыт работы показывает, что каждая модель должна сопровождаться, по крайней мере, десятком задач различной сложности, тогда работа с курсом даст действительно высокий учебный эффект.

М.О. Григоренко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. С.А. Лукашевич, ст. преподаватель

ФОРМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ИКТ) В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ

Самой распространенной формой использования ИКТ на уроках являются *мультимедийные возможности компьютера* (компьютерные

презентации с включёнными в них видеофрагментами, интерактивными моделями явлений и устройств, задачами и вопросами, анимациями, звуком, статическими изображениями) при представлении материала.

На теоретических и практических занятиях целесообразно использовать *компьютерные справочники, энциклопедии, словари, электронные учебные материалы* [1]:

- библиотеку электронных наглядных пособий (ООО «Кирилл и Мефодий»);
- библиотеку электронных наглядных пособий «Физика» (ЗАО «1С»);
- электронное издание «Физика» («Илекса – Москва»);
- 1С репетитор. Физика;
- полный интерактивный курс «Открытая физика» и др.

В процессе выполнения лабораторных работ по физике учащиеся приобретаются экспериментальные навыки, первоначальные навыки научного эксперимента [2], [3]. В процессе оформления отчета у каждого ученика появляется возможность научиться самостоятельно делать выводы из полученных опытных данных и, тем самым, более глубоко и полно усваивать теоретический материал. Этому способствуют выполнение *виртуальных интерактивных лабораторных работ* иногда с применением мультимедиа-диска компании «Физикон» – «Физика 7–11 классы», «Лабораторные работы по физике 10 и 11 класс» (ООО «Дрофа»), библиотеки электронных наглядных пособий «Физика» (ЗАО «1С») и др.

Моделирование некоторых физических явлений, в силу ряда причин, невозможно провести в процессе урока физики. Например, невозможно использовать на уроках физики радиоактивные материалы. Поэтому один из выходов – это *моделирование соответствующих экспериментов на компьютере*. Использование различных компьютерных технологий позволяет нам понять очень сложные физические процессы: заглянуть внутрь атома, рассмотреть процесс кипения жидкости, смоделировать прохождение электрического тока в проводнике, решать сложные задачи.

При контроле знаний возможно использование *обучающих и контролирующих программ*. Современные компьютерные технологии позволяют использовать разнообразные обучающие программы по физике, которые дают возможность изучать новый материал, решать задачи с интерактивным выбором ответа и разбором решения, выполнять занимательные тесты в картинках, проверять свои знания и т. п. В настоящее время, при подготовке учащихся к централизованному тестированию стала популярной тестовая система контроля знаний, и компьютер полностью может использовать возможности этой системы. Компьютерные технологии позволяют эффективно решать проблему более полного

погружения в специфику особенностей тестовых заданий ЦТ, быстрой подготовки учащихся. Для этого учитель может самостоятельно создавать проверочные работы, содержащие вопросы в тестовом виде и сложные задачи из группы «С» из имеющейся базы данных вопросов и задач. Имеется также возможность воспользоваться готовыми тематическими подборками и тестами в режиме онлайн.

Одной из главных на сегодняшний день технических возможностей использования информационных технологий в образовании является использование в обучении *интернет-технологий* [4]. Глобальная сеть Интернет сама по себе и информационные технологии, основанные на ее использовании, на сегодня являются одним из самых доступных средств получения информации. В процессе обучения физике учащимся можно предложить выполнение самостоятельных работ с материалами сайтов Интернета, участие в конференциях, Интернет-форумах и Интернет-олимпиадах.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение ИКТ на уроках физики расширяет возможности для творчества, как в процессе обучения, так и развития обучаемых. Обучение становится более индивидуализированным. Необходимо также отметить, что новые информационные технологии превращают обучение в увлекательный процесс, способствуют развитию исследовательских, информационных, коммуникативных навыков учащихся, а учителя стимулируют к освоению исследовательских проектных методик.

Литература

1. Камалеева, А.Р. Из опыта создания электронного учебного пособия / А.Р. Камалеева // Новые технологии в образовании. – 2009. – № 3. – С. 50–52.
2. Камалеева, А.Р. Компьютерная поддержка в проведении физического практикума в средней школе / А.Р. Камалеева // Новые технологии в образовании. – 2009. – № 6. – С. 147–149. (дата обращения: 15.11.2014)
3. Камалеева, А.Р. Технология формирования у обучаемых самообразовательных измерительных и экспериментальных умений и навыков / А.Р. Камалеева, В.М. Сарро // Вестник Челябинского педагогического государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 122–130. (дата обращения: 15.11.2014)
4. Камалеева, А.Р. Информатизация образования – путь к решению глобальной экологической проблемы / А.Р. Камалеева, Т.З. Мухутдинова, Л.Р. Храпаль, Г.М. Низамутдинова // Вестник КНИТУ. – № 22. – С. 224–228. (дата обращения: 10.12.2014)

Е.С. Гришенкова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ

Технология проблемного обучения наиболее популярна во всех сферах образования. Получила свое распространение в 20–30-х годах в советской и зарубежной школе. Основано было на теоретических положениях американского философа, психолога и педагога Дж. Дьюи. Систематизаторами этого обучения в России стали И.Л. Лернер, М.Н. Скаткин. Проблемное обучение получило свое название в связи с тем, что его моделирование направлено на создание инновационной познавательной среды.

Выделены четыре главных условия успешности проблемного обучения: обеспечение достаточной мотивации, способной вызвать интерес к содержанию проблемы; обеспечение посильности работы с возникающими на каждом этапе проблемами (рациональное соотношение известного и неизвестного); значимость информации, получаемой при решении проблемы, для обучаемого; необходимость диалогического доброжелательного общения педагога с учащимися, когда с вниманием и поощрением относятся ко всем мыслям, гипотезам, высказанным учащимися.

Главные психолого-педагогические цели проблемного обучения: развитие мышления и способностей учащихся, развитие творческих умений; усвоение учащимися знаний, умений, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем, в результате эти знания, умения более прочные, чем при традиционном обучении; воспитание активной творческой личности учащегося, умеющего видеть, ставить и разрешать нестандартные проблемы; развитие профессионального проблемного мышления – в каждой конкретной деятельности имеет свою специфику.

В отечественной педагогике различают три основные формы проблемного обучения: проблемное изложение учебного материала в монологическом режиме лекции, либо диалогическом режиме семинара; проблемное изложение учебного материала на лекции, когда преподаватель ставит проблемные вопросы, выстраивает проблемные задачи и сам их решает; учащиеся лишь мысленно включаются в процесс поиска решения; частично-поисковая деятельность при выполнении эксперимента, на лабораторных работах, в ходе проблемных семинаров, эвристических бесед. Преподаватель продумывает систему проблемных вопросов, ответы на которые опираются на имеющуюся базу

знаний, но при этом не содержатся в прежних знаниях, т. е. вопросы должны вызывать интеллектуальные затруднения учащихся и целенаправленный мыслительный поиск. Преподаватель должен придумать возможные «косвенные подсказки» и наводящие вопросы; самостоятельная исследовательская деятельность, когда учащиеся самостоятельно формулируют проблему и решают ее.

И.В. Дылюк (БГПУ, Минск)

Науч. рук. **О.Н. Белая**, канд. физ.-мат. наук, доцент

РЕШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ РИСУНКА (ЧЕРТЕЖА)

В практике обучения физической задачей называют, небольшую проблему, которая решается на основе методов физики с использованием в процессе решения логических умозаключений, физического эксперимента и математических действий [1]. Решение физических задач, как вид учебной деятельности – углубление знаний учащихся, развитие их мышления, формирование умения анализировать задачу ситуацию и находить пути её решения, а также умения творчески подходить к возникающим проблемам. Наблюдения и эксперимент позволяют создать соответствующие образы и представления, уточнить условия задачи, получить недостающие данные, установить зависимости между величинами. Для той же цели служат рисунки, чертежи, схемы.

Обычно физическая задача состоит из двух компонентов: условия и требования. Условие – часть задачи, содержащая сведения о физических объектах, явления, процессах, их состояниях и др. Требование – эта та часть задачи, в которой указана цель ее решения, т. е. все то, что необходимо установить в результате решения (найти неизвестную величину, доказать наличие или отсутствие какого либо свойства или отношения, построить, составить, преобразовать объекты задачи). Таким образом, условие и требование задачи составляют ее структуру, в которую входят исходные объекты, подвергающееся определенному преобразованию, и продукты этого преобразования.

В методике преподавания физики стоит проблема, каким образом активизировать мышление учащихся и стимулировать актуализацию знаний, необходимых для решения задач, т. к. сущность процесса решения задачи заключается в выявлении соответствующих физических закономерностей (законов), лежащих в основе явлений, представленных

в задаче, и их применение к конкретной задачной ситуации с целью определения ее требования [2].

Процесс решения задачи рассматривается как выбор стратегии решения, ее логики и структуры, определение общих и частных правил, которые можно применить для решения задачи. Под стратегией понимают исчерпывающий план действий, который складывается в процессе формирования замысла решения конкретной задачи. Обычно стратегия решения физической задачи состоит из следующих этапов: предварительного (изучение условия задачи и его анализа); планирующего (формирования замысла и принятия плана решения); реализующего (осуществление решения задачи); проверки и анализа выполненного решения.

Существует множество алгоритмов помогающих учащимся найти решение физической задачи. Изучив их, можно сделать вывод, что после записи краткого условия задачи следует сделать чертеж или рисунок. Именно чертеж или рисунок должен помочь учащемуся понять суть задачи.

Например, рассмотрим решение задач по теме «Сложение сил. Равнодействующая сила» (7 класс). Тема «Сложение сил» не является тяжелой для понимания и объяснения, но как оказывается на практике, учащимся сложно понять в какую сторону будет двигаться тело после взаимодействия нескольких сил, как найти их равнодействующую, сложить или отнять силы, действующие на тело.

В учебнике «Физика 7» [3] представлена задача: чему равна равнодействующая сил $F_1 = 2$ Н и $F_2 = 5$ Н, направленных противоположно? Будет ли тело находиться в состоянии покоя? Почему?

После прочтения условия данной задачи у учащихся появляются некоторые затруднения, которые поможет решить схематический рисунок (рисунок 1).

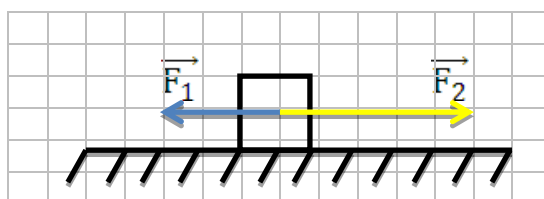


Рисунок 1 – Схематический рисунок к задаче

По рисунку сразу можно сказать, что сила \vec{F}_2 больше чем \vec{F}_1 и тело вследствие действия двух сил будет двигаться слева на право.

Остается найти равнодействующую этих сил. Тут же появляется вопрос, отнять или сложить эти силы. Для ответа еще раз воспользуемся рисунком, совместим эти силы (рисунок 2).

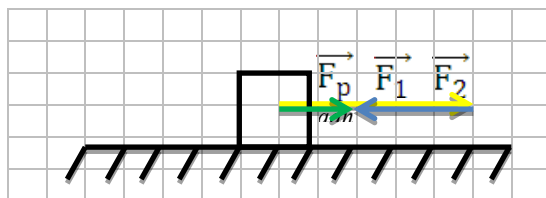


Рисунок 2

По рисунку очевидно, что равнодействующая сила, эта часть силы \vec{F}_2 значит, для того что бы найти равнодействующую силу, необходимо от силы \vec{F}_2 отнять силу \vec{F}_1 .

Таким образом, рисунок (чертеж) позволяет более полно раскрыть содержание задачи и облегчает выявление скрытых в ней данных, тем самым рисунок не только дает возможность провести более глубокий анализ самой физической задачи, но и способствует ее успешному решению.

Литература

1. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы / под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Академия, 2000. – 368 с.
2. Елисеева, И.М. Методика обучения физике: практикум : в 2 ч. Ч. 1 / И.М. Елисеева, И.И. Довыденко. – Минск: БГПУ, 2009. – 104 с.
3. Физика: учебник для 7 класса общеобразовательных учреждений с русским (белорусским) языком обучения / Л.А. Исаченкова, Ю.Д. Лещинский ; под ред. Л.А. Исаченковой. – Минск: Народная асвета, 2009. – 181 с.

С.В. Зуйко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. С.А. Лукашевич, ст. преподаватель

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Образование – непрерывный и динамичный процесс, который должен продолжаться и за пределами урока. И не последнюю роль здесь играет способность учителя заинтересовать ученика, в том числе, и посредством применения современных технологий. Определимся в родственных понятиях, когда речь заходит о современных технологиях обучения:

Информационные технологии.

Медийные технологии.

Мультимедийные технологии.

По определению Селевко, под *компьютерными технологиями обучения* подразумеваются «процессы подготовки и передачи информации обучаемому, средством осуществления которых является компьютер».

Появилась возможность использования компьютеров на уроках физики – это демонстрационные уроки, различного рода виртуальные эксперименты, которые невозможно произвести в условиях школы. Проблема нехватки демонстрационных средств разрешима – первоначально, подключением телевизора к компьютеру, далее – использование мультимедиа проектора.

Применение цвета, графики, звука, современных средств видеотехники позволяет моделировать различные ситуации и среды. Это позволяет усилить мотивацию учащихся к учебе.

С помощью компьютерных технологий на уроках физики стало возможным:

- использование мультимедиа-технологий при изучении учебного материала;
- интенсивное использование компьютеров как инструмент повседневной учебной работы учащихся и педагогов;
- изменение содержания обучения физики;
- реализация межпредметных связей физики с другими учебными предметами;
- разработка методов самостоятельной поисковой и исследовательской работы учащихся в ходе выполнения учебных телекоммуникационных проектов;
- обучения учащихся методом коллективного решения проблем;
- поиск и обработка информации в рамках изучаемого материала с использованием Интернет;
- использование электронных таблиц для решения задач;
- проведение виртуальных практикумов и лабораторных работ;
- подготовка учителей к работе с новым содержанием, новыми методами и организационными формами обучения.

Компьютерная коммуникация позволяет получить доступ к практически неограниченным массивам информации, хранящейся в централизованных банках данных. Это дает возможность при организации учебного процесса опираться на весь запас знаний, доступных жителю «информационного общества».

Все уроки, на которых используется мультимедийный проектор, для проецирования содержания записей «на доске» учителем запоминаются

проще и информация легче усваивается, а также всем в классе будет хорошо виден материал, отображенный более чётко, ясно и образцово.

Благодаря использованию информационных технологий на уроке можно показывать фрагменты видеофильмов, редкие фотографии, графики, формулы, анимацию изучаемых процессов и явлений, работу технических устройств и экспериментальных установок, послушать музыку и речь, обратиться к интерактивным лекциям.

С помощью компьютера можно показать такие явления и эксперименты, которые недоступны непосредственному наблюдению, например, эволюцию звезд, ядерные превращения, квантование электронных орбит и др. С помощью моделей из виртуальной лаборатории, созданной в проектной среде «Живая физика» можно смоделировать процессы, происходящие в циклотроне, масс-спектрометре, показать движение электронов в магнитном поле. Демонстрация опытов, микропроцессов, которые нельзя проделать в школе, возможна без показа реальных экспериментов.

К наиболее эффективным и инновационным формам представления материала следует отнести *мультимедийные презентации*. Использование мультимедийных презентаций целесообразно на любом этапе урока, что позволяет оперативно сочетать разнообразные средства обучения, способствующие более глубокому и осознанному усвоению изучаемого материала, экономии времени на уроке, насыщению его информацией.

Презентации дают возможность проявить творчество и индивидуальность. Дети и сами охотно составляют презентации и используют их в своих ответах на уроке. А умение работать самостоятельно это ценный навык для учащегося.

Еще одним важным пунктом преподавания и развития детей с помощью компьютерных технологий является *проектная работа*.

Проектную деятельность используется для того, чтобы научить учащихся самостоятельному, критическому мышлению, размышлять, опираясь на знание, факты, делать обоснованные выводы и принимать аргументированные решения, научить работать в команде.

Метод проектов позволяет школьникам овладеть умением построения цепочки: от идеи через цели, задачи, мозговой штурм до реализации и публичной защиты проекта. В основе проектной деятельности учащихся лежит развитие познавательных навыков учащихся, умений самостоятельно конструировать свои знания, ориентироваться в информационном пространстве, развитие их критического и творческого мышления, умение увидеть, сформулировать, найти пути решения и решить проблему.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАДОКСЫ

Парадокс (противоречие) – странное, расходящееся с общепринятым мнением, высказывание, а также мнение, противоречащее здравому смыслу (словарь Ожегова).

Парадокс же в широком смысле – это утверждение, резко расходящееся с общепринятыми, устоявшимися мнениями, отрицание того, что представляется, безусловно, «правильным», они были типичными способами постановки проблем в античном мышлении. Сначала парадоксы рассматривались только как продукт философских измышлений, теперь наука признала их полноправными членами сообщества научных проблем. Противоречия возникают в современных прикладных науках также часто, как и в древних.

В свое время (VII в. до н.э.) вавилонские жрецы-астрологи заметили, что некоторые планеты временами замедляют движение, пятятся назад, а затем снова продолжают движение в обычном направлении. Гераклид Пантийский смог объяснить «явление блуждающих светил» с помощью математической теории эпицикла. Но при этом оставались другие проблемы – не все светила вели себя по этой схеме.

Неклассические физические теории (СТО, ОТО, квантовая теория) наполнены парадоксами. Само возникновение этих теорий в значительной мере было связано с попытками объяснить обнаруженные противоречия в поведении физических объектов. Теория относительности пыталась разрешить противоречие между электродинамикой и классической механикой (было установлено, что движение световых волн не удовлетворяет принципу относительности Галилея, т. к. скорость света не зависит ни от движения его источника, ни от движения приемника и в вакууме всегда имеет одно и то же значение). Квантовую механику формально также можно рассматривать как попытку объяснить парадоксальную двойственность поведения микробъектов: в одних ситуациях они ведут себя как точечные объекты (корпускулы), а в других – проявляют волновые свойства. Однако, разрешая одни парадоксы, эти теории порождают новые парадоксы (парадокс близнецов, парадокс вращающегося кольца («парадокс Эренфеста»), парадокс «подводной лодки», парадокс рычага и др. – в СТО, парадокс редукции волновой функции и др. Создается впечатление,

что нам так никогда и не удастся избавиться от парадоксов – устраняя одни парадоксы, мы тут же обнаруживаем массу новых [1].

В чем же причина возникновения парадоксов? Обычно полагают, что парадоксы – суть следствие несовершенства наших теорий. Нам говорят: природа не может сама по себе быть противоречивой. Следовательно, совершенные теории должны быть лишены парадоксов. Рассмотрим один из самых известных парадоксов типа «теория-опыт» – это парадокс Эйлера-Даламбера. В 1742 году петербургский академик Л. Эйлер рассчитал сопротивление цилиндра, движущегося в жидкости, лишенной трения, и получил удивительный результат – сила сопротивления оказалась равной нулю! Спустя семь лет выдающийся французский механик Ж. Даламбер с помощью некоторых ухищрений рассчитал обтекание произвольного тела конечного объема и получил все тот же ошеломляющий результат – нулевое сопротивление. Такой вывод резко отличался от «здравого смысла». Даламбер, как и каждый из нас, из личного опыта знал, что для поддержания движения к телу необходимо приложить силу тяги, преодолевающую силу сопротивления (именно поэтому летательные аппараты, корабли и подводные лодки снабжены двигателями). Даламбер не смог объяснить полученный результат и с горечью заметил: что нулевое сопротивление – «единственный парадокс, разрешение которого я оставляю геометрам будущих времен».

Парадокс Даламбера-Эйлера – положение гидродинамики, согласно которому при равномерном и прямолинейном движении тела произвольной формы, но конечных размеров внутри безграничной несжимаемой жидкости, лишенной вязкости, вихреобразований и поверхностей разрыва скоростей, результирующая сила сопротивления жидкости движению тела равна нулю. Парадокс Даламбера-Эйлера строго доказан и для идеального совершенного газа, движущегося адиабатически. Физически отсутствие сопротивления объясняется тем, что при указанных условиях поток жидкости или газа должен замыкаться позади движущегося тела, причём жидкость оказывает на заднюю сторону тела воздействие, уравновешивающее воздействие (всегда имеющее место) на переднюю сторону.

Существуют противоречия между классической механикой и классической электродинамикой (что и породило теорию относительности), между классической и квантовой механикой и др. Большое количество необъяснимых явлений, парадоксов и противоречий встречается в нашей жизни. Тема физических парадоксов, на мой взгляд, является одной из увлекательных и занимательных. Данную тему можно использовать на факультативных занятиях по физике.

Литература

1. Савельев, И.В. Курс общей физики : учеб. пособие для студентов вузов. Механика. Молекулярная физика : в 3 т. / И. В. Савельев. – СПб.: Изд. Лань, 2007. – Т. 1. – 432 с.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учеб пособие для студентов физических специальностей вузов. Оптика : в 5 т. / Д.В. Сивухин. – М.: Физматлит, 2002. – Т. 4. – 784 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб пособие для студентов физических специальностей вузов. Атомная и ядерная физика / Д.В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2006. – Т. 5. – 784 с.

Н.А. Исайчикова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВНЕКЛАСНОЙ РАБОТЫ

Процесс организации внеклассной работы в средней школе можно рассматривать как систему. Система включает совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих организационных форм, методов и видов внеурочной деятельности, объединенных общими целями.

«Школа становится очагом духовной жизни, если учителя дают интересные и по содержанию и по форме уроки. Но замечательные блестящие уроки есть там, где имеется еще что-то замечательное, кроме уроков, где имеются и применяются самые разнообразные формы развития учащихся вне уроков».

Потребность совершенствования школьного образования обусловили интенсивное изучение познавательной активности школьников, поиск путей формирования мотивов учения.

Одним из способов создания мотивации является включение ученика в процесс внеклассной работы. Изучать проблему в настоящее время следует потому, что внеклассная работа по школьным предметам органично входит в учебно-воспитательный процесс, который на современном этапе школьного образования имеет свои особенности.

Учитывая практическое, воспитательное, общеобразовательное и развивающее значение внеклассной работы в деле обучения и воспитания учащихся в школе, учителя уделяют ей большое внимание. Каждому учителю-предметнику сейчас известно, что дает внеклассная работа, и какой огромный потенциал в ней заложен. Она способствует

развитию и поддержанию интереса учащихся к его предмету, повышению уровня их практических навыков, воспитанию учащихся, расширению их мировоззрения, воображения, памяти и внимания, формированию у них самостоятельности, организованности, точности и аккуратности в выполнении порученных заданий.

Внеклассная работа, находясь в тесной взаимосвязи с уроком, помогает учащимся увидеть истинные возможности изучаемого школьного курса и убедить их в том, что они изучают его «для жизни, а не для школы».

Своими увлекательными формами внеклассная работа вызывает определенный эмоциональный настрой, является мощным рычагом мотивации учения.

М.А. Казакова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Интерактивное обучение обеспечивает взаимопонимание, взаимодействие, взаимообогащение. Интерактивные методики ни в коем случае не заменяют лекционный материал, но способствуют его лучшему усвоению и, что особенно важно, формируют мнения, отношения, навыки поведения.

«*Мозговая атака*», «*мозговой штурм*» – это метод, при котором принимается любой ответ обучающегося на заданный вопрос. Важно не давать оценку высказываемым точкам зрения сразу, а принимать все и записывать мнение каждого на доске или листе бумаги. Участники должны знать, что от них не требуется обоснований или объяснений ответов.

«*Мозговой штурм*» применяется, когда нужно выяснить информированность и/или отношение участников к определенному вопросу. Можно применять эту форму работы для получения обратной связи. Алгоритм проведения: задать участникам определенную тему или вопрос для обсуждения; предложить высказать свои мысли по этому поводу; записывать все прозвучавшие высказывания (принимать их все без возражений). Допускаются уточнения высказываний, если они кажутся вам неясными (в любом случае записывайте идею так, как она прозвучала из уст участника); когда все идеи и суждения высказаны, нужно повторить, какое было дано задание, и перечислить все, что записано вами со слов участников; завершить работу, спросив

участников, какие, по их мнению, выводы можно сделать из полученных результатов и как это может быть связано с темой тренинга.

«Мозговая атака» является эффективным методом при необходимости: обсуждения спорных вопросов; стимулирования неуверенных обучаемых для принятия участия в обсуждении; сбора большого количества идей в течение короткого периода времени; выяснения информированности или подготовленности аудитории; работа в малых группах.

Процесс профилактического обучения необходимо строить с ориентацией на обучающегося. Наиболее эффективной в данной ситуации является работа в группах. В этом случае учитель обеспечивает диагностику и мониторинг, организует учебную среду, осуществляет поддержку (дает советы, разъяснения), когда в наличии нет других ресурсов. Такая форма работы применяется, когда нужно продемонстрировать сходство или различия определенных явлений, выработать стратегию или разработать план, выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу. Внедрение интерактивного режима к группе как субъекту образовательного процесса, это, прежде всего: развитие навыков общения и взаимодействия в группе; формирование ценностно-ориентационного единства группы; поощрение к гибкой смене социальных ролей в зависимости от ситуации.

Ю.С. Калюта (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)
Науч. рук. **И.М. Елисеева**, д-р техн. наук, профессор

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Классификация физических задач, определение их типов и видов является проблемой дидактики. Существует достаточной много различных классификаций учебных физических задач, зависящих от оснований классификации.

Можно предложить классификацию экспериментальных задач по времени их использования в образовательном процессе при изучении той или иной темы курса физики.

В соответствии с этим можно рассмотреть следующие виды экспериментальных задач:

- опережающие (предшествующие и перспективные);
- сопутствующие;
- завершающие.

Опережающие экспериментальные задачи позволяют ввести новое понятие, указать его существенные признаки. Для их выполнения у учащихся еще недостаточно теоретической информации, поэтому учителю необходимо ориентироваться на существующий жизненный опыт, позволяющий получить ответы на поставленные вопросы при изучении следующих тем.

Выделены две группы опережающих экспериментальных задач: предшествующие и перспективные. Экспериментальные задачи, позволяющие подготовить учащихся к осознанию признаков нового понятия, явления или процесса, изучение которых предполагается в дальнейшем, называют предшествующими. Экспериментальные задачи, которые позволяют подготовить учащихся к усвоению признаков новых понятий, изучаемых в последующих темах курса физики, – перспективными.

Пример предшествующей экспериментальной задачи в 6 классе при изучении темы «Тепловое движение частиц»: на дно стакана с водой опустили кусочек грифеля карандаша или кристаллик марганца. Какое явление можем наблюдать? Будет ли подобное явление диффузией, если жидкость взболтать?

Или при изучении темы «Масса. Единицы массы» в 6 классе: как с помощью резинового жгута можно определить, какая из двух тележек имеет большую массу? Решение этой экспериментальной задачи на данном этапе позволит приблизить учащихся к введению понятий «сила тяжести», «деформация» и «сила упругости». Эта экспериментальная задача может стать «стартовой» задачей в рассмотрении вопроса о точке приложения силы, ее направлении и величине (модуле).

Приведем пример перспективной экспериментальной задачи. Изучая силу тяжести, учащимся предлагают понаблюдать за изменением скорости или формы тела, находящегося на подставке или подвесе, под действием силы тяжести. С одной стороны, такая экспериментальная задача позволяет осознать учащимся, что силе тяжести присущи все те признаки, которые были выделены для всех сил. С другой стороны, готовит учащихся к изучению понятия «вес».

Сопутствующими называют экспериментальные задачи, на основе которых отрабатывают существенные признаки понятия или явления, его содержание, а также происходит его усвоение учащимися.

Например, в 8 классе при изучении темы «Постоянные магниты» можно предложить следующую экспериментальную задачу: изучите магнитное поле постоянных магнитов, если в качестве оборудования используют полосовой магнит, магнитная стрелка, кольцевой магнит, подковообразный магнит, металлическая стружка, лист бумаги.

Данная экспериментальная задача направлена на отработку понятий «магнитное поле», «магнитные линии» и позволяет сделать вывод

о том, как выглядят линии магнитного поля, как зависит форма линий магнитного поля от формы магнита, как зависит густота магнитных линий от расстояния до магнита.

Применение завершающих экспериментальных задач позволяет устанавливать связь между ранее введенными понятиями и могут быть использованы в качестве заданий для закрепления изучаемой темы, повторения, осуществления межпредметных связей, обобщения, практического применения полученных знаний.

Приведем пример экспериментальной задачи, предлагаемой после изучения темы «Плавление тел»: пробирка, в которой находится кусок пластилина, плавает в воде. Изменится ли глубина погружения пробирки, если пластилин вынуть и подклеить ко дну? Если изменится, то как? Следующая экспериментальная задача для повторения и обобщения знаний о силе тяжести и силе Архимеда, о плотности вещества: пробирка, в которой находится кусок пластилина, плавает в воде. Изменится ли глубина погружения пробирки, если пластилин вынуть и подклеить ко дну? Если изменится, то как?

Таким образом, использование данной классификации (таблица 1) при подготовке к учебному занятию или выборе его содержания позволит учителю определить место каждой экспериментальной задачи при изучении определенной темы учебного предмета «Физика».

Таблица 1 – Классификация экспериментальных задач по физике

Виды заданий		Роль экспериментальных задач в формировании понятий
Опережающие	Предшествующие	Позволяют осуществить введение признаков нового понятия, представляя их как элементы изученного понятия, предварительное знакомство с признаками нового понятия, создание проблемной ситуации на учебном занятии
	Перспективные	Позволяют постепенно подготовить учащихся к усвоению труднодоступного в данный момент понятия, изучение которого предполагается при изучении последующих тем
Сопутствующие		Осуществляется формирование понятий: дается их определение, происходит расширение объемам и установление связей между ними. Способствуют отработке и закреплению изученного понятия, его существенных признаков
Завершающие		Позволяют обобщить и систематизировать полученные знания учащихся, способствуют формированию понятия до высокого уровня теоретического обобщения

Ю.А. Козел (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)
Науч. рук. **О.Н. Белая**, канд. физ.-мат. наук, доцент

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ТЕМЕ «ДАВЛЕНИЕ ГАЗА»

Одной из важных тем при обучении физике, вызывающей наибольший интерес, но и значительное количество трудностей является «Давление твердых тел, газов и жидкостей». Вопросы гидро- и аэростатики изучают в средней общеобразовательной школе один раз в VII классе. Следовательно, учебный материал этой главы должен быть усвоен учащимися достаточно глубоко и прочно.

Разработка и поиск такого способа изложения материала, который в полной и доступной мере объясняет данную тему в рамках её изучения, в учреждениях общего среднего образования позволяет сделать вывод об актуальности исследования и включает в себе элемент новизны и практической значимости.

Для того, чтобы активизировать познавательную деятельность учащихся, необходимо на конкретном опыте разработать содержание и методику проведения школьного физического эксперимента.

В физике источником знаний и методом исследования является эксперимент. Физический эксперимент представляет собой не только иллюстрацию тех или иных явлений и закономерностей: он служит средством доказательства справедливости различных теоретических положений, способствует выработке убежденности в познаваемости явлений природы, развивает умения и навыки учащихся.

Согласно учебной программе при изучении темы «Давление твердых тел, газов и жидкостей» предполагается выполнение следующих демонстрационных экспериментов: зависимость давления твердого тела от силы давления и площади опоры; давление воздуха в резиновом шаре; зависимость давления газа от его объема и температуры; передача внешнего давления жидкостями и газами; устройство и действие гидравлического пресса, тормоза; зависимость давления жидкости на дно и стенки сосуда от глубины; сообщающиеся сосуды, водопровод, шлюзы; опыты, подтверждающие существование атмосферного давления; устройство и действие поршневого насоса; барометры и манометры; действие жидкости на погруженные в нее тела.

На примере демонстрационного эксперимента «Давление газа» рассмотрим различные методики его проведения.

1 вариант. Согласно календарно-тематическому планированию данный опыт проводится на уроке № 50 «Давление газа», целью которого

является обеспечить усвоение учащимися механизма давления газа на стенки сосуда на основе теории дискретного строения вещества и формирование практических умений анализировать влияние изменения объема газа и его температуры на давление, оказываемое на стенки сосуда.

Под стеклянный колокол помещают завязанный нитью резиновый шар, в котором находится газ, затем откачивают воздух из-под колокола. Объем шара по мере откачки воздуха из-под колокола увеличивается. Далее учащиеся должны прийти к выводу, что в газах среднее число ударов хаотически движущихся молекул и средняя сила ударов за единицу площади поверхности стенки по всем направлениям одинаково. Значит, при уменьшении объема (сжатии) газа при постоянной температуре его давление увеличивается, а при увеличении объема (расширении) газа давление уменьшается [2, с. 116].

2 вариант. Согласно учебной программе Российской Федерации, при изучении темы «Давление газа» описанный выше опыт может быть проведен следующим образом.

Слабо надутый воздушный шарик кладут в миску и наливают в неё горячую воду. При этом учащиеся отмечают, что шарик немного надуется, что свидетельствует об увеличении давления воздуха в шарике. Следовательно, при повышении температуры давление газа увеличивается. Учащиеся должны самостоятельно объяснить данное явление, то есть сделать вывод о том, что при увеличении температуры увеличивается скорость хаотического движения молекул газа, а более быстрые молекулы чаще ударяют в стенки сосуда, и к тому же их удары сильнее [1, с. 143].

3 вариант. Давление газа может быть продемонстрировано так же с помощью электронного средства обучения (ЭСО) «Наглядная физика. Введение». Данный программный комплекс разработан в соответствии с программой общеобразовательных учебных заведений. Отличительной особенностью комплекса является то, что каждая модель открывается в новом окне и содержит изменяемые пользователем параметры. Компьютерные интерактивные модели демонстрируют физические процессы и опыты, а изменяемые пользователем параметры позволяют лучше понять физические закономерности и их проявление.

Целесообразность использования электронных средств обучения состоит в том, что для проведения физического эксперимента необходимо в достаточном количестве оборудование. Для подготовки реального эксперимента требуется много времени, а результат его зачастую бывает малоинформативен или трудно воспринимаем. Использование ЭСО на уроке характеризуется интенсивностью использования

компьютера. Все части урока могут осуществляться с помощью компьютерных средств полностью или частично. Работа с ЭСО влияет и на мотивацию учащихся, так как раскрывает практическую значимость изучаемого материала.

Литература

1. Генденштейн, Л.Э. Физика. 7 класс : учеб. для общеобразовательных учреждений : в 2 ч. / Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов ; под ред. В.А. Орлова, И.И. Ройзена. – 3-е изд. испр. – М.: Мнемозина, 2012. – Ч. 1. – 255 с. – 7000 экз. – ISBN 978-5-346-02160-5.

2. Исаченкова, Л.А. Физика : учеб. для 7 класса учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Л.А. Исаченкова, Ю.Д. Лещинский ; под. ред. Л.А. Исаченковой. – 2-е изд., пересмотр. – Минск: Нар. асвета, 2013. – 183 с. – 91000 экз. – ISBN 978-985-03-1199-3.

Н.В. Коровина (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **А.Л. Самофалов**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ФАРАДЕЯ

Майкл Фарадей (1791–1867), английский физик-экспериментатор и химик. Член Лондонского королевского общества (1824) и множества других научных организаций, в том числе иностранный почётный член Петербургской академии наук (1830) [1].

Фарадей открыл электромагнитную индукцию, которая заключается в том, что в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции, охватываемого этим контуром, возникает электрический ток, получивший название индукционного.

Рассмотрим примеры классических опытов Фарадея, с помощью которых было обнаружено явление электромагнитной индукции:

ОПЫТ ПЕРВЫЙ – Если в замкнутый на гальванометр соленоид вводить или выводить постоянный магнит, то в момент его ввода или вывода наблюдается отклонение стрелки гальванометра (возникает индукционный ток); направления отклонения стрелки при вводе и выводе магнита противоположны.

Отклонение стрелки гальванометра тем больше, чем больше скорость движения магнита относительно катушки. При изменении полюсов магнита направление отклонения стрелки изменится. Для получения индукционного тока магнит можно оставлять неподвижным, тогда нужно относительно магнита передвигать соленоид [2].

ОПЫТ ВТОРОЙ – Концы одной из катушек, вставленных одна в другую, присоединяются к гальванометру, а через другую катушку пропускается ток. Отклонение стрелки гальванометра наблюдается в момент включения или выключения тока, в момент его увеличения или уменьшения, или при перемещении катушек друг относительно друга [2].

Направление отклонения стрелки гальванометра также противоположны при включении или выключении тока, при его увеличении или уменьшении, сближении или удалении катушек.

Обобщая результаты своих многочисленных опытов, Фарадей пришел к выводу, что индукционный ток возникает всегда, когда происходит изменение сцепленного с контуром потока магнитной индукции. Например, при повороте в одноименном магнитном поле замкнутого проводящего контура в нем также возникает индукционный ток.

В 1834 г. Э.Х. Ленц установил закон, позволяющий определить направление индукционного тока.

ПРАВИЛО ЛЕНЦА – Ток, индуцируемый при изменении магнитного поля проходящего через контур, своим магнитным полем препятствует этому изменению.

В том случае, когда мы вводим магнит в катушку, магнитный поток в контуре увеличивается, а значит магнитное поле, создаваемое индуцируемым током, по правилу Ленца, направлено против увеличения поля магнита. Чтобы определить направление тока, нужно посмотреть на магнит со стороны северного полюса. С этой позиции мы будем вкручивать буравчик по направлению магнитного поля тока, то есть навстречу северному полюсу. Ток будет двигаться по направлению вращения буравчика, то есть по часовой стрелке.

В том случае, когда мы выводим магнит из катушки, магнитный поток в контуре уменьшается, а значит магнитное поле, создаваемое индуцируемым током, направлено против уменьшения поля магнита. Чтобы определить направление тока, нужно выкручивать буравчик, направление вращения буравчика укажет направление тока в проводнике – против часовой стрелки.

Существует ряд других интересных и наглядных демонстраций закона электромагнитной индукции Фарадея, которые можно использовать в школе при изучении данной темы.

Литература

1. Абрамов, Я.В. Его жизнь и научная деятельность / Я.В. Абрамов, Майкл Фарадей. – М.: Книга по Требованию, 2011. – 215 с.

2. Спасский, Б.И. История физики : в 2 т. / Б.И. Спасский. – М.: Высшая школа, 1977. – 375 с.

3. Цейтлин, З. Биография М. Фарадея / З. Цейтлин // М. Фарадей. Избранные работы по электричеству. – М.-Л.: ГОНТИ, 1939. – 285 с.

О.А. Мазай (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ОРГАНИЗАЦИЯ ВНЕКЛАССНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

Урок даже самый удачный имеет один недостаток: он ограничен во времени и не допускает отвлечений, даже когда группа остро интересуется каким-либо вопросом. Другое дело – внеклассное занятие, в котором учитель не связан жесткими временными и плановыми мерками. В обязанности учителя могут быть включены: руководство кружками творчества, клубом по интересам, факультативом и т. п. Эта деятельность является продолжением целенаправленной работы на уроках и способностей школьника, формированию его личности.

Будучи органически связанной с учебной деятельностью, внеклассная работа в отличие от нее строится по принципу добровольности, а ее создание должно отвечать личным интересам школьника. Такой подход дает возможность всесторонне учитывать их запросы, индивидуальные наклонности, дифференцировать тематику занятий. Вместе с тем следует учитывать, что, хотя самостоятельность и активность учащихся во внеклассной работе больше, чем на уроках, нельзя исходить только из их желаний. Учитель должен выполнять свою направляющую роль потому, что лучше знает, что понадобится детям в самостоятельной жизни. Отдельно следует сказать о широких возможностях учителя в формировании у школьников интереса к изобретательской и рационализаторской деятельности, научному, техническому творчеству. Именно во внеклассной работе можно успешно развивать у них те качества, без которых творческая личность может не состояться. Трудно переоценить в этой связи роль таких проверенных многолетней практикой форм внеклассной работы, как олимпиады, выставки творческих работ, различные конкурсы профессионального мастерства, обзоры достижений науки. Одним из способов создания мотивации является включение ученика в процесс внеклассной работы. Изучать проблему в настоящее время следует потому, что внеклассная работа по школьным предметам органично входит в учебно-воспитательный процесс, который на современном этапе

школьного образования имеет свои особенности. Учитывая практическое, воспитательное, общеобразовательное и развивающее значение внеклассной работы в деле обучения и воспитания учащихся в школе, учителя уделяют ей большое внимание. Каждому учителю-предметнику сейчас известно, что дает внеклассная работа, и какой огромный потенциал в ней заложен. Она способствует развитию и поддержанию интереса учащихся к его предмету, повышению уровня их практических навыков, воспитанию учащихся, расширению их мировоззрения, воображения, памяти и внимания, формированию у них самостоятельности, организованности, точности и аккуратности в выполнении порученных заданий.

Внеклассная работа, находясь в тесной взаимосвязи с уроком, помогает учащимся увидеть истинные возможности изучаемого школьного курса и убедить их в том, что они изучают его «для жизни, а не для школы».

Своими увлекательными формами внеклассная работа вызывает определенный эмоциональный настрой, является мощным рычагом мотивации учения.

Я.О. Санина (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Помимо физических опытов, при решении некоторых задач необходим показ объектов, а также изображений предметов, явлений, схем, чертежей, таблиц и другого иллюстративного материала.

Традиционно рисунки, схемы и графики включались в условие физических задач как пояснение к тексту или как основной объект исследования (например, схемы электрических цепей). В целях связи обучения с жизнью, профессиональной ориентации учащихся и формированию у них практических умений и навыков этому виду наглядности при решении физических задач в настоящее время уделяется значительно больше внимания. Примером служат дидактические материалы, в том числе дидактические карточки, содержащие рисунки физических приборов и установок для опытов, а также изображения технических приборов, механизмов и машин. Используя иллюстрации, ученики отвечают на вопросы и производят расчеты физических величин. Одновременно они упражняются в определении цены делений

шкал измерительных приборов, снимают показания, изучают постоянные данные, например, допустимую силу тока и сопротивление реостатов, пределы измерения напряжения и внутреннее сопротивление вольтметров и т. д. Широкое распространение такого рода задач, основанных на иллюстрациях, позволяет выделить их в отдельную группу, названную «наглядными задачами». Учащиеся решают такие задачи, используя карточки или таблицы. Аналогична по исполнению «Физика в рисунках», призванная с помощью красочно выполненных рисунков показать физические явления в природе и технике, научить учащихся искать их и видеть везде, всегда и во всем». Данный подход должен найти свое продолжение в домашних опытах и наблюдениях учащихся. Чтобы дидактические наглядные пособия работали при изучении физики, и в частности решении задач, необходимо соблюдать ряд условий:

– рекомендуется на демонстрационном столе выставлять хорошо видимую установку, соответствующую той, которая изображена на дидактических карточках.

– дидактические карточки должны использоваться систематически, чтобы учащиеся хорошо усвоили приемы работы с ними. В противном случае положительный эффект не окупится временем, на освоение непривычно оформленного материала физической задачи. Выполнение этого требования облегчается большой информативной емкостью карточек, позволяющей на их основе рассмотреть много вопросов, при том в разных классах.

В.Н. Максименко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **А.Л. Самофалов**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ГИРОСКОПЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Гироскопом называется массивное тело, быстро вращающееся вокруг одной из своих главных осей инерции. Изменение вектора момента количества движения гироскопа в результате действия на него внешних сил называется прецессией.

Простейшим гироскопом, с необыкновенными свойствами которого мы знакомимся еще в детстве, является волчок. Парадоксальность поведения волчка заключается в его сопротивлении изменить направление оси вращения. При действии внешней силы ось волчка (гироскопа) начинает двигаться (прецессировать) в направлении, перпендикулярном вектору силы. Именно в силу этого свойства вращающийся

волчок не падает, а его ось описывает конус вокруг вертикали; это движение называется регулярной прецессией тяжелого твердого тела.

Основные типы гироскопов по количеству степеней свободы:

- двухстепенные,
- трехстепенные.

Основные два типа гироскопов по принципу действия:

- механические гироскопы,
- оптические гироскопы.

Также проводятся исследования по созданию ядерных гироскопов, использующих ядерный магнитный резонанс для отслеживания изменения спина атомных ядер

Впервые уравновешенный гироскоп нашел практическое (к сожалению, негуманное) применение в устройстве для стабилизации курса торпеды, изобретенном в 80-х годах прошлого столетия инженером Обри [1].

Гироскоп – основная часть таких приборов, как указатель курса, поворота, горизонта, сторон света, гироскоп. Внутри этих приборов вращаются со скоростью в несколько десятков тысяч оборотов в минуту небольшие роторы-волчки, укрепленные в кардановом подвесе. Корпус прибора можно поворачивать как угодно, при этом ось вращающегося гироскопа будет сохранять неизменное положение в пространстве.

Развитие гироскопической техники привело к тому, что гироскопами стали называть очень широкий класс приборов, и сейчас термин гироскоп используется для названия устройств, содержащих материальный объект, который совершает быстрые периодические движения. В результате этих движений устройство становится чувствительным к вращению в инерциальном пространстве.

Большое применение находят гироскопические приборы для автоматического управления движением самолетов и кораблей. Для поддержания заданного курса корабля служит «авторулевой», а самолета – «автопилот» [2].

Гироскопы нашли применение при прокладке туннелей для метро и железнодорожного транспорта (наземные маркшейдерские гироскопы), при выяснении формы буровых скважин (инклинометры), а также в качестве компасов сухопутной артиллерии. Они используются при стабилизации стволов танковых орудий и в орудийных прицелах зенитной артиллерии.

В силу перечисленных обстоятельств эволюционное развитие гироскопической техники последних десятилетий подошло к рубежу крупных изменений, и именно поэтому внимание специалистов в области

гироскопии сейчас сосредоточилось на поиске нетрадиционных областей применения приборов. Неожиданно открылись совершенно новые интересные задачи. Это и разведка полезных ископаемых, и предсказание землетрясений, и сверхточное измерение положений железнодорожных путей и нефтепроводов, медицинская техника и многое другое, где нас ждут новые результаты и, быть может, новые открытия [3].

Литература

1. Ишлинский, А.Ю. Лекции по теории гироскопов / А.Ю. Ишлинский, В.И. Борзов, Н.П. Степаненко. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 248 с.
2. Шестов, С.А. Гироскоп на земле, в небесах и на море / С.А. Шестов. – М.: Знание, 1989. – 188 с.
3. Пешехонов, В.Г. Ключевые задачи современной автономной навигации / В.Г. Пешехонов // Гироскопия и навигация. 1996, № 1 (12). – С. 48–55.

В.В. Малиновский (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ УРОК ФИЗИКИ И ПСИХОЛОГИИ

Введение в практику синтезированных занятий, как психология и физика, способствует формированию и развитию основных компетенций ученика таких как: рефлексивность и развитый самоконтроль; наблюдательность, самостоятельность, креативность; коммуникативность и культура общения; осознанное поведение в ситуации осознанного выбора; аналитико-синтетическая воспитанность; интеллектуальная и познавательная активность.

Тема урока: «Взаимодействие в макросоциуме на примере молекулярно-кинетической теории»

Цель урока: создание у учащихся целостной картины микромира вещества с опорой на их психологические особенности; развитие образного мышления, творческой активности учащихся; формирование и поддержание интереса к предмету у учащихся; обучение учащихся эффективно взаимодействию на основе заданных правил; тренировка способности к совместной деятельности, сотрудничеству, повышению согласованности взаимодействий; закрепление положительно окрашенного эмоционального отношения к интеллектуальной деятельности и к взаимодействию в группе сверстников.

План урока: подготовка кабинета (ученические столы расставить по периметру кабинета, оставив в центре, свободную площадь); приборы и материалы (пробирка с водой и льдом, спиртовка, колба с водой, марганец, карточки.)

Вступление: «Сегодня у нас необычный урок, мы попробуем связать две, казалось бы, далекие друг от друга дисциплины — физику и психологию, провести аналогию взаимодействия частиц в микромире и взаимодействия людей в обществе. А вам придется сделать соответствующие выводы»

Основная часть: «**Не для кого не является секретом, что всего в природе существует 4 состояния вещества. Какие?** (газообразное, жидкое, твердое и плазма.) Продемонстрируем три из них на примере воды».

Опыт № 1: в пробирку с водой поместить кусочек льда и вскипятить.

Объясните опыт.

а) Давайте вспомним, как расположены молекулы в каждом из этих состояний?

б) А есть ли разница между скоростью передвижения молекул внутри вещества?

в) Как движутся молекулы, находясь в том или ином состоянии?

г) Как они взаимодействуют друг с другом?

В газообразном состоянии **атомы** движутся свободно, постоянно натывая друг на друга и встречаясь с атомами других веществ, при этом скорость передвижения атомов газа значительно превышает скорость передвижения молекул в других состояниях. Частицы занимают весь предоставленный объем, т. е. формы у вещества не существует.

В жидком состоянии **молекулы** имеют более прочные связи, находятся на некотором расстоянии друг от друга, в случае воздействия со стороны могут отсоединиться от основной массы. Передвигаются внутри вещества свободно, скачкообразно; занимают столько пространства, сколько могут заполнить, внешняя форма вещества зависит от сосуда, в котором оно находится.

В твердом состоянии молекулы скреплены жесткими связями, находятся очень близко друг к другу. Вещество имеет определенную форму. Форму вещества можно изменить только с помощью внешне воздействия. Движение молекул представляет собой колебания, которые можно заметить только с помощью специальной аппаратуры.

А какое вещество является примером как минимум трех состояний одновременно? (вода).

Если мы обратимся к химическому составу молекулы воды, то он представляет собой следующую формулу: к двум атомам водорода (H)

прикрепляется один атом кислорода (O) – H₂O (напишите на доске, кто точно знает).

Опыт № 2: в колбу с водой добавить немного марганца, а затем нагреть.

При этом может возникнуть ситуация, в которой некоторые учащиеся могут построить другую молекулу (из-за недостатка или избытка количества человек). Здесь необходимо провести аналогию с человеческими взаимоотношениями, когда в устоявшуюся группу приходят «новенькие».

Продемонстрируйте явление диффузии спирта с водой, если они находятся в твердом состоянии, жидком и газообразном.

Заключение: учитель физики делает вывод по занятию в целом.

Организация именно таких синтезированных уроков позволяет по новому посмотреть на привычные вещи, задуматься о точках соприкосновения различных наук. Специально организованная совместная деятельность в рамках учебного процесса способствует сплочению коллективов и дальнейшему его развитию за рамками обучения в школе.

Подводя итог сегодняшнему нашему занятию, мне хотелось бы, чтобы вы сделали для себя вывод о том, что взаимодействие друг с другом нас обязывает к соблюдению определенных правил в общении. Наличие этих правил в книгах не найти, потому что там не написано, как общаться с учениками. Любое взаимодействие это всегда искусство общения, обмен определенным опытом и дополнение имеющихся знаний. Именно сегодня каждому из вас выдалась возможность оценить, насколько вы владеете этим искусством построения взаимоотношений, как в маленькой группе, так и в большой.

В.В. Малиновский (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ФОРМИРОВАНИЕ МОТИВОВ УЧЕНИЯ

Как показывают исследования, очень большое влияние на формирование интересов школьников оказывают формы организации учебной деятельности. Четкая постановка познавательных задач урока, доказательное объяснение материала, четкая структура урока, использование в учебном процессе разнообразных самостоятельных работ, творческих заданий и т. д. – все это является мощным средством развития познавательного интереса. Учащиеся при такой организации учебного процесса переживают целый ряд положительных эмоций (радость при овладении

более совершенными способами деятельности, чувство успеха при более глубоком познании мира, чувство собственного достоинства и т. д.), которые способствуют поддержанию и развитию их интереса к предмету.

Одним из средств пробуждения и поддержания познавательного интереса является создание в ходе обучения проблемных ситуаций и развертывание на их основе активной поисковой деятельности учащихся.

Важным условием развития интереса к предмету являются отношения между учащимися и учителем, которые складываются в процессе обучения. Воспитание познавательного интереса к предмету у школьников во многом зависит и от личности учителя.

Какими же качествами должен обладать учитель, чтобы его отношения с учащимися содействовали появлению и проявлению интереса к предмету? Как показывают исследования Г. И. Щукиной, ими прежде всего являются:

1) эрудиция учителя, умение предъявлять ученикам необходимые требования и последовательно усложнять познавательные задачи. Такие учителя обеспечивают в классе интеллектуальную настройку, приобщают учащихся к радости познания;

2) увлеченность предметом и любовь к работе, умение побуждать учащихся к поиску различных решений познавательных задач;

3) доброжелательное отношение к учащимся, создающее атмосферу полного доверия, участливости. Все это располагает к тому, что можно спокойно подумать, найти причину ошибки, порадоваться своему успеху и успеху товарища и т. д.;

4) педагогический оптимизм – вера в ученика, в его познавательные силы, умение своевременно увидеть и поддержать слабые, едва заметные ростки познавательного интереса и тем побуждать желание узнавать, учиться. Чтобы пробуждать и развивать интерес к физике, учитель должен любить свой предмет, рассматривать воспитание учащихся и обучение их физике как высокий гражданский долг, соотносить задачи обучения и воспитания учащихся с социально-экономическими задачами общества и во всех своих действиях и поступках проявлять себя как личность, обладающая активной жизненной позицией.

В.Д. Мельниченко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Образование – непрерывный и динамичный процесс, который должен продолжаться и за пределами урока. И не последнюю роль

здесь играет способность учителя заинтересовать ученика, в том числе, и посредством применения современных технологий. Определимся в родственных понятиях, когда речь заходит о современных технологиях обучения: информационные технологии; медийные технологии; мультимедийные технологии.

По определению Селевко, под *компьютерными технологиями обучения* подразумеваются «процессы подготовки и передачи информации обучаемому, средством осуществления которых является компьютер».

Объективная необходимость использования наглядных средств и технических средств обучения (речь идет о компьютере) в процессе обучения заключается в их огромном влиянии на процесс понимания и запоминания. При опытной проверке эффективности запоминания текста установлено, что при слуховом восприятии усваивается 15 % информации, при зрительном – 25, а в комплексе, т. е. при зрительном и слуховом одновременно, – 65 %, а если человек вовлекался в активные действия в процессе изучения, то усвояемость материала повышалась до 75 %.

Появилась возможность использования компьютеров на уроках физики – это демонстрационные уроки, различного рода виртуальные эксперименты, которые невозможно произвести в условиях школы. Проблема нехватки демонстрационных средств разрешима – первоначально, подключением телевизора к компьютеру, далее – использование мультимедиа проектора.

Применение цвета, графики, звука, современных средств видеотехники позволяет моделировать различные ситуации и среды. Это позволяет усилить мотивацию учащихся к учебе.

С помощью компьютерных технологий на уроках физики стало возможным:

- использование мультимедиа-технологий при изучении учебного материала;
- интенсивное использование компьютеров как инструмент повседневной учебной работы учащихся и педагогов;
- изменение содержания обучения физики;
- реализация межпредметных связей физики с другими учебными предметами;
- разработка методов самостоятельной поисковой и исследовательской работы учащихся в ходе выполнения учебных телекоммуникационных проектов;
- обучения учащихся методом коллективного решения проблем;
- поиск и обработка информации в рамках изучаемого материала с использованием Интернет;

- использование электронных таблиц для решения задач;
- проведение виртуальных практикумов и лабораторных работ;
- подготовка учителей к работе с новым содержанием, новыми методами и организационными формами обучения.

Компьютерная коммуникация позволяет получить доступ к практически неограниченным массивам информации, хранящейся в централизованных банках данных. Это дает возможность при организации учебного процесса опираться на весь запас знаний, доступных жителю «информационного общества».

Все уроки, на которых используется мультимедийный проектор, для проецирования содержания записей «на доске» учителем запоминаются проще и информация легче усваивается, а также всем в классе будет хорошо виден материал, отображенный более чётко, ясно и образцово.

Благодаря использованию информационных технологий на уроке можно показывать фрагменты видеофильмов, редкие фотографии, графики, формулы, анимацию изучаемых процессов и явлений, работу технических устройств и экспериментальных установок, послушать музыку и речь, обратиться к интерактивным лекциям.

С помощью компьютера можно показать такие явления и эксперименты, которые недоступны непосредственному наблюдению, например, эволюцию звезд, ядерные превращения, квантование электронных орбит и др. С помощью моделей из виртуальной лаборатории, созданной в проектной среде «Живая физика» можно смоделировать процессы, происходящие в циклотроне, масс-спектрометре, показать движение электронов в магнитном поле. Демонстрация опытов, микропроцессов, которые нельзя проделать в школе, возможна без показа реальных экспериментов.

К наиболее эффективным и инновационным формам представления материала следует отнести *мультимедийные презентации*. Использование мультимедийных презентаций целесообразно на любом этапе урока, что позволяет оперативно сочетать разнообразные средства обучения, способствующие более глубокому и осознанному усвоению изучаемого материала, экономии времени на уроке, насыщению его информацией.

Презентации дают возможность проявить творчество и индивидуальность. Дети и сами охотно составляют презентации и используют их в своих ответах на уроке. А умение работать самостоятельно это ценный навык для учащегося.

Еще одним важным пунктом преподавания и развития детей с помощью компьютерных технологий является *проектная работа*.

Проектную деятельность используется для того, чтобы научить учащихся самостоятельному, критическому мышлению, размышлять, опираясь на знание, факты, делать обоснованные выводы и принимать аргументированные решения, научить работать в команде.

Ю.Н. Мизева (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

РАЗВИТИЕ МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Для системы работы учителя по активизации познавательной деятельности учащихся в обучении необходимо выделить три уровня: уровень понимания, уровень логического мышления и уровень творческого мышления. В ходе изложения нового материала учитель не только сообщает новые факты, он анализирует результаты опытов, строит теоретические доказательства, выводит новые следствия. Его изложение может включать абстрагирование, обобщение, сравнение, классификацию, определения и т. д. Все мысленные операции (анализ, синтез, абстракция, обобщение), приемы умственной деятельности (сравнение, классификация, определение), приемы логических доказательств в ходе объяснения материала учитель выполняет сам. Перед учащимися стоит более простая задача: проследить за ходом и результатами проводимого учителем анализа, синтеза, обобщения, сравнения и т. д., проследить за логичностью, непротиворечивостью, доказательностью вывода. Все это требует от учащихся определенных умственных усилий, определенной аналитико-синтетической деятельности.

Умственная активность нужна также и при изучении текста. Необходимо выделить главную мысль параграфа, проследить за убедительностью ее обоснования, уяснить логику рассуждений, последовательность и этапы вывода формулы, соотнести конкретные примеры и факты с доказываемым положением и т. д. Так как объяснение учителя бывает обычно рассчитано на уровень развития конкретного класса, а в учебнике это сделать невозможно, то, как правило, усвоение текста учебника требует от учащихся больших умственных усилий, чем усвоение объяснения учителя. Глубокое понимание учащимися сообщаемого материала есть условие усвоения ими знаний и одновременно школа развития их мышления, их познавательных способностей. Именно в процессе понимания ученик усваивает опыт проведения

логических рассуждений, анализа, синтеза, абстракции и обобщения, опыт выполнения различных умственных действий.

Система работы по активизации познавательной деятельности должна включать в себя систему приемов, направляющих мыслительную деятельность учащихся в процессе восприятия ими материала, излагаемого учителем или в книге. Необходимо представлять то, какие приемы объяснения материала обеспечивают наиболее глубокое усвоение и способствуют более всестороннему развитию мышления учащихся. Выбор приемов объяснения определяется уровнем развития учащихся и характером излагаемого материала, так как к изложению физических теорий, законов, понятий могут быть предъявлены различные методологические требования.

Ю.А. Моляков (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)
Науч. рук. **И.М. Елисеева**, д-р техн. наук, профессор

КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В настоящее время общеобразовательные учреждения получают оборудование нового поколения для физического эксперимента. На смену громоздкому аналоговому оборудованию приходит компактная цифровая техника. Использование цифрового оборудования, такого как *L-micro* и «Архимед», не только расширяет возможности лабораторного и демонстрационного экспериментов, но и позволяет перераспределить время учебного занятия в пользу увеличения непосредственно эксперимента и сокращения организационных этапов. Возможности осуществления лабораторной работы на сегодняшний день достаточно обширны.

Демонстрационный набор «Механика» имеет в своем составе цифровые датчики (оптоэлектрические ворота), информация с которых посредством компьютерного измерительного блока *L-micro* передается на персональном компьютере. Особенностью этого типа демонстрационного оборудования является заранее запрограммированный разработчиками однозначный вариант обработки результатов эксперимента.

Преимуществом использования системы датчиков в совокупности с программой обработки данных *MultiLab* является возможность выбора уровня и способа обработки результатов, однако именно это требует от учителя большего навыка в работе с самим оборудованием и с измерительным комплексом (рисунок 1). Стоит отметить, что

использование демонстрационного оборудования нового поколения не отменяет общих методических правил проведения демонстрационных экспериментов.



Рисунок 1 – Портативный компьютер Nova5000 и оборудование, которое к нему прилагается

Анализ методических пособий по организации фронтальных лабораторных работ показывает, что у большинства авторов содержание лабораторных работ ориентировано на закрепление изучаемого материала, формирование у учащихся необходимых умений и навыков по сборке экспериментальных установок по описанию, рисунку или схеме. Однако при проведении итоговой государственной аттестации учащихся по физике формулировка экспериментальных заданий существенно отличается от привычных для школы инструкций по проведению лабораторных работ. Поэтому проблемный характер постановки заданий для фронтального лабораторного эксперимента, включение лабораторного опыта не при закреплении, а при изучении нового материала, существенно изменяет качество подготовки учащихся по физике в основной школе.

Экспериментальные задания традиционно выполняются по письменным инструкциям. Пошаговые инструкции задают учащимся программу конкретных действий, позволяют работать в индивидуальном темпе. Управляющая функция письменных инструкций изменяется в зависимости от содержания учебного материала урока и подготовленности учащихся. В одних случаях она дается системой указаний к выполнению задания, в других – системой вопросов, ответы на которые учащиеся получают из наблюдений и экспериментов. Мы считаем, что идея вариативности при изучении физики в основной школе должна воплощаться в жизнь не в увеличении количества заданий,

а в изменении структуры и содержания инструкций для выполнения лабораторных экспериментов. Именно характер формулировок заданий в инструкции позволяет учителю организовать проведение лабораторных работ на базовом или повышенном уровне. Методика организации фронтального лабораторного эксперимента долгое время основывалась на том, что письменные инструкции следует вводить постепенно. Поэтому с первых лабораторных работ письменные инструкции должны стать неотъемлемой частью самостоятельного выполнения заданий учащимися. При систематическом выполнении заданий в классе учащиеся, получив навыки самостоятельного экспериментирования, могут более активно участвовать в планировании опыта. На данном этапе работы целесообразно вместо подробной пошаговой письменной инструкции к заданию ставить перед учащимся только учебную задачу и направлять их на путь самостоятельного поиска её решения. Учащиеся, ориентируясь на имеющееся оборудование, предлагают план проведения опыта. Данная методика проведения фронтальных лабораторных экспериментов резко меняет стиль работы, темп становится плотным, учащиеся меньше отвлекаются, высвобождается время на предварительное обсуждение эксперимента. Уровень сложности выполнения работ определяется характером описания, которое выдается учащимся.

Некоторые фронтальные эксперименты целесообразно выполнять в группах. Групповая форма работы обоснована при исследовании зависимости периода колебаний маятника от параметров системы. Данная форма организации предполагает дробление лабораторной работы на отдельные элементы, когда каждая группа выполняет свою часть общего задания. При таком методическом приеме необходимым условием является обсуждение и анализ результатов экспериментов отдельных групп с последующей формулировкой общего вывода.

Часть предлагаемых фронтальных работ выходит за рамки классического содержания лабораторного эксперимента, демонстрируя дополнительные возможности использования оборудования. Некоторые лабораторные работы представлены в нескольких вариантах, различающихся применяемым оборудованием и методами выполнения. Возможно выполнение лабораторных работ с комбинированным использованием инструментария *L-micro* и датчиков «Архимед». Использование цифровых лабораторий при проведении лабораторных экспериментов изменяет характер умственной деятельности учащихся, возрастает объем логического и творческого мышления. При этом учащиеся исследуют реальный процесс, результаты которого обработаны с помощью компьютерной техники.

Организация занятий позволяет ставить перед учащимся только учебную задачу и направлять их на путь самостоятельного поиска её решения. Учащиеся, ориентируясь на имеющееся оборудование, предлагают план проведения опыта. Данная методика проведения фронтальных лабораторных экспериментов резко меняет стиль работы, темп становится плотным, учащиеся меньше отвлекаются, высвобождается время на предварительное обсуждение эксперимента, анализ результатов и рефлексии по результатам учебной деятельности. Таким образом, гарантируется выполнение государственного стандарта при обучении физике в учреждениях общего среднего образования, осуществляется принцип системно-деятельностного подхода в организации образовательного процесса.

А.В. Музыка (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО ФИЗИКЕ

Факультатив – форма организации обучения, основными задачами которой является углубление знаний учащихся старших классов из отдельных предметов, развитие их познавательных интересов и творческих способностей, подготовка к сознательному выбору профессии, к будущей работе в определенной отрасли производства, культуры и искусства.

Эта форма создает широкие возможности для стимулирования мыслительной деятельности учащихся и является связующим звеном между уроками и внеклассных занятиях

Факультативы обеспечивают эффективное групповое дифференцированное обучение, поскольку, в отличие от других форм обучения, для них характерны общность познавательных интересов учащихся.

По образовательным задачам (по содержанию образования) различают факультативы: углубленного изучения учебных предметов, изучение дополнительных дисциплин (логика, второй иностранный язык); изучение дополнительной дисциплины с освоением специальности (стенография, машинопись); межпредметные факультативы (например курс «Единство материального мира» как межпредметный факультатив по обществознанию, физике и биологии). Каждый из этих видов факультативов может подразделяться в зависимости от дидактических целей на теоретические, практические или комбинированные занятия. Теоретические факультативы используют для углубленного

изучения отдельных тем, разделов, раскрытия сложных теоретических проблем их проводят в форме лекций, семинарских занятий, научно-теоретических конференций, они имеют такую структуру: обоснование актуальности темы, ее теоретическое и практическое значение, создание проблемной ситуации; раскрытие проблемы (объяснение учителя, выступления с рефератами учащихся, решения проблемных задач, проведения исследований, демонстрация фильмов и т. п.); обсуждение результатов поиска (анализ учащимися обоснованных положений, коррекция ложных представлений); систематизация знаний, их анализ.

Практические факультативы обеспечивают формирование навыков и умений исследовательского характера в процессе решения технических задач. Они имеют такую структуру: постановка задач, обоснование их актуальности и практической значимости (в случае необходимости проводят инструктаж); решение задач и конкретизация результатов работы; обсуждение результатов, подведение итогов работы.

Комбинированные факультативы проводятся в форме научно-практических конференций, комбинированных или лекционно-практических уроков их структура зависит от дидактических задач и предусматривает различные комбинации компонентов.

П.В. Музыченко (УО «МГВАК», Минск)

Науч. рук. **А.И. Кириленко**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТИРУЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО МЕХАНИКЕ

Современные педагогические технологии высшего образования подразумевают компьютерное тестирование знаний обучаемых по механике и другим дисциплинам механического цикла.

Компьютерные тестовые задания (КТЗ) должны отличаться определенной формой, адекватной их научному содержанию. Основными принципами композиции адекватных тестовых заданий являются:

- краткость формулировок вопросов задания;
- отсутствие логических и языковых противоречий;
- наличие инструкции для испытуемых;
- соответствие содержания источникам знаний обучаемых, то есть учебникам и методическим пособиям

Одно из решений композиции КТЗ с выбором правильного ответа предложено в виде структурной схемы, показанной на рисунке 1.

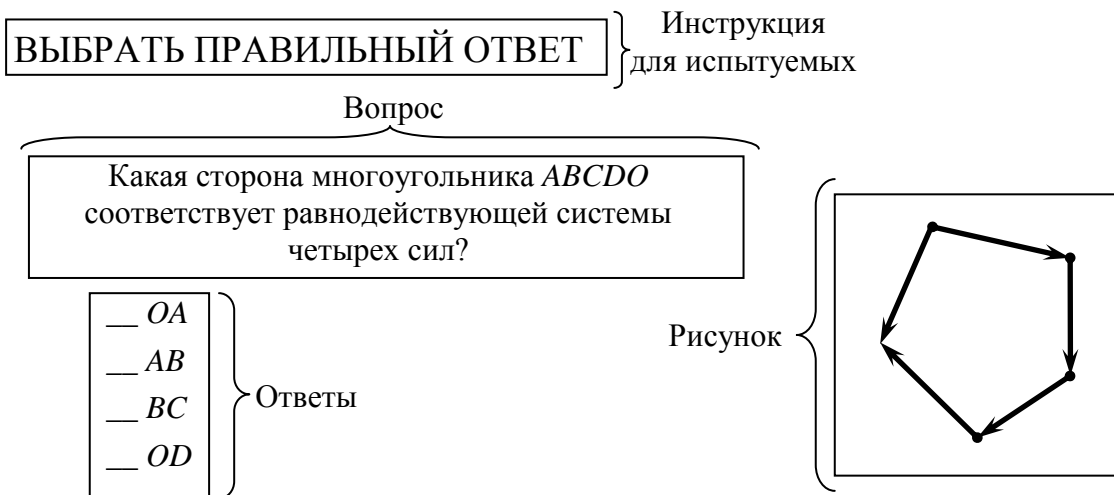


Рисунок 1 – Структура задания с выбором правильного ответа

Принципы композиции задания позволяют соединить его научное содержание с подходящей формой, установленной технологиями педагогических измерений [1, 2]. Следовательно, составители заданий могут найти рациональное решение композиции независимо от формы КТЗ, например, как показано на рисунках 2 и 3.

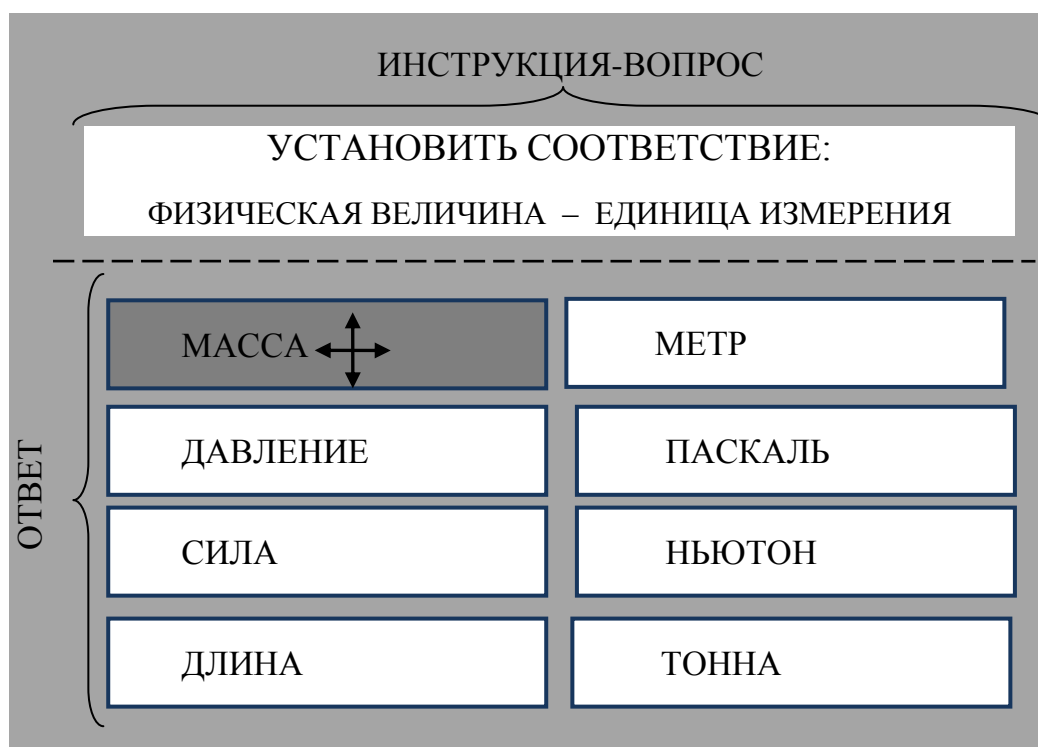


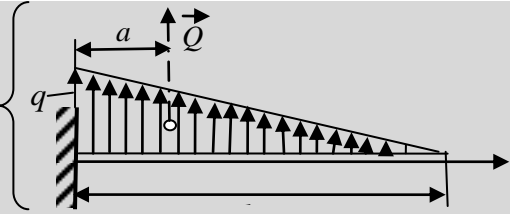
Рисунок 2 – Структура задания на установление соответствия

Компьютерная тестирующая программа применяется как интеллектуальный инструмент контроля:

- изменяет содержание КТЗ после проведения испытания (исключает повторение);
- позволяет установить конкретное время ответов на вопросы теста;
- обеспечивает независимую и объективную оценку уровня знаний испытуемых.

ИНСТРУКЦИЯ-ВОПРОС

**УСТАНОВИТЕ ПРАВИЛЬНУЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ СВЯЗЕЙ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ:**

РИСУНОК 

ОТВЕТЫ

1.	Составить уравнения равновесия для приложенной системы сил
2.	Заменить распределенные нагрузки сосредоточенными силами
3.	Выбрать удобную прямоугольную систему координат
4.	Решить систему уравнений относительно неизвестных реакций связей
5.	Проверить найденные реакции связей
6.	Составить независимое уравнение равновесия для проверки
7.	Применить к балке принцип освобождения от связей

Рисунок 3 – Структура тестового задания
на установление правильной последовательности

В учебном процессе могут применяться лицензированные программы, которые предоставляются авторами бесплатно для некоммерческого использования и защищены соответствующими законами и международными соглашениями об авторских правах. При выборе компьютерной программы отдается предпочтение адекватной композиции тестовых заданий.

Применение преподавателями КТЗ в контроле учебных достижений усиливает взаимодействие с обучаемыми, мотивирует самостоятельную работу студентов с литературой и другими источниками знаний и, следовательно, способствует повышению качества образования.

Литература

1. Аванесов, В. С. Композиция тестовых заданий / В.С. Аванесов. – 2-е изд. – Москва: Центр тестирования, 2003. – 217 с.
2. Васильев, В.И. Теория и практика формирования программно-дидактических тестов / В.И. Васильев, Т.Н. Тягунова / Москва: МЭСИ, 2001. – 130 с.

Н.В. Нагорная (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ГРУППОВЫЕ ФОРМЫ ВНЕКЛАССНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Одной из самых сложных, распространенных и основных групповых форм организации внеурочной работы в школе являются кружковые занятия. Физический кружок объединяет учащихся по интересам (10–15 человек), работает планоно и систематически. Руководит кружком учитель или специалист соответствующей квалификации. Из членов кружка выбирают старосту; при проведении различных массовых мероприятий или выполнении разнообразных видов работ назначают ответственных за них. Все члены кружка имеют индивидуальные или групповые задания или поручения, о выполнении которых отчитываются на занятиях кружка. Большое воспитательное значение имеет ознакомление с итогами работы кружка всего коллектива учащихся школы. Они могут быть представлены в виде выставок, стендов, бюллетеней, или в форме конкурсов, олимпиад, вечеров и т. д.

По содержанию работы физические кружки можно разделить на физико-технические, теоретические и комплексные.

В физико-технических кружках учащиеся выполняют практические работы, занимаются моделированием, конструированием. Однако это не исключает, а предполагает расширение и углубление теоретических знаний. Так, например, в радиотехническом кружке учащиеся не только собирают транзисторные приёмники, но и углубляют знания об электрических свойствах полупроводников, изучают режим работы транзисторов. Тематика физико-технического кружка определяется, исходя из запросов и склонностей учащихся, а так же возможностей и потребностей кабинета физики и школы в целом.

В школьной практике работу физических кружков организуют чаще всего так, чтобы она включала в себя и углубление теоретических знаний, и разработку демонстрационных опытов, и решение задач повышенной трудности, т. е. эта работа, носит комплексный

характер. В таком кружке каждый ученик находит себе работу по душе, в соответствии со своими интересами, склонностями и способностями.

Тематика занятий такого кружка разрабатывается так, чтобы она была связана с изучением соответствующего программного материала и способствовала углублению и расширению знаний, приобретённых на уроках, выработке умения применять их на практике.

А.А. Наркович (БГПУ, Минск)

Науч. рук. **О.Н. Белая**, канд. физ.-мат. наук, доцент

СЕТЕВОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПО ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПО ФИЗИКЕ

Перед современным образованием стоит задача поиска новых видов и форм организации учебной деятельности. Обучение должно быть развивающим в плане развития самостоятельного критического и творческого мышления. Для этого необходимо широкое информационное поле деятельности, различные источники информации, различные взгляды, точки зрения на одну и ту же проблему, побуждающие учащихся к самостоятельному мышлению, поиску собственной аргументированной позиции.

Сегодня уже трудно представить работу учреждений образования без доступа в глобальное информационное пространство. Интернет является универсальным средством поиска информации и передачи знаний. Многие преподаватели осваивают и разрабатывают новые методики обучения, в той или иной степени ориентированные на интернет. Информационные технологии помогают создать новую обучающую окружающую обстановку, в которой учащиеся являются вовлечёнными, способными принимать больше ответственности за их собственное обучение и конструирование их собственного знания.

Учитывая возрастающую занятость учителя и быстрое развитие информационных технологий, всё большую популярность приобретает сетевое взаимодействие. В образовании сетевое взаимодействие проявляется в таких формах организации обучения как дистанционные курсы, сетевые образовательные программы для самообразования; сетевые тематические семинары, конференции, образовательные проекты; сетевые олимпиады, конкурсы, викторины, марафоны; сетевые консультации и видеолектории и др.

Одним из инструментов, позволяющих результативно решать задачу повышения качества образования в условиях сетевого взаимодействия, является построение образовательного процесса на основе самостоятельной и совместной с педагогом учебно-исследовательской деятельности учащихся.

Участие в исследовательской деятельности рассматривается как одно из условий становления позиции успешности учащегося и помогает решить ряд задач: формирование активной, самостоятельной, осознанной и инициативной позиции учащихся; развитие исследовательских, рефлексивных, самооценочных умений и навыков учащихся; овладение эффективными способами рационального, последовательного мышления; формирование познавательной компетентности учащихся; развитие познавательного интереса; приобретение разностороннего опыта деятельности, общения.

Специфика методики учебно-исследовательской деятельности в условиях сетевого взаимодействия выражена следующими характеристиками:

- ориентация на проектный и исследовательский методы обучения;
- максимальное использование программных средств для получения и обработки экспериментальных данных (фото, видеосъемка объектов и явлений в рамках исследования, проведение расчетов, построение графиков и диаграмм);
- ориентация на создание мультимедийного продукта, включающего качественную графику, звуковые файлы, видеоклипы, анимацию и отражающего основные результаты исследовательского проекта;
- направленность на самостоятельный информационный поиск в рамках учебно-исследовательской деятельности на базе мультимедийного сетевого центра;
- организация педагогического взаимодействия с учащимися в форме сетевого взаимодействия (учебные видеоконференции, видеозапись публичных выступлений учащихся).

Участие обучающихся в сетевых сообществах – это одна из эффективных форм привлечения их к самостоятельной исследовательской работе по физике. Такая работа характеризуется несколькими преимуществами по сравнению с обычной учебной деятельностью, такими, как отсутствие временных рамок для отдельного учебного модуля и наличие возможности индивидуального решения аппаратных или программных подходов и т. д.

Соответственно, с развитием сетевого взаимодействия образовательных учреждений, разрабатывается квалификационный объем

знаний, умений, которыми должен обладать педагог, определяется содержательно-целевой компонент.

Следовательно, использование в учебном процессе сетевых мультимедиа образовательных ресурсов и дистанционных образовательных технологий, в значительной степени повышают эффективность учебного процесса, как с позиции педагогической целесообразности, так и с точки зрения оптимизации управления ресурсами, используемыми в сфере образования, что способствует развитию системы профильного обучения в целом.

Литература

1. Исследовательская деятельность учащихся по физике / А.И. Слободянюк, Л.Е. Осипенко, Т.С. Пролиско / Мн.: Красико-Принт, 2008. – 144 с.
2. Организация деятельности ресурсных центров информационных технологий (методические рекомендации) / О.А. Минич, Н.В. Соколова, Н.Ю. Кульчицкая / Вестн. Мин. гор. ин-та развития образования. – 2012. – № 7. – С. 74–91.

К.В. Николаева (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **Н.А. Алешкевич**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО МЕТРОЛОГИИ

Усиливающийся в последнее время процесс экономической, научной и производственной интеграции международного сообщества требует гармонизации стандартов и других технических нормативных правовых актов в области метрологии и стандартизации с целью устранения барьеров в торговом, промышленном, научном и культурном сотрудничестве.

В данных условиях необходимы единые подходы к методикам проведения измерений, методам оценки точности и выражения неопределенности измерений. Это необходимо для обеспечения единства измерений, т. е. чтобы измерения, проводимые в разных странах мира, можно было легко сравнить. Именно такой универсальный метод, применимый ко всем видам измерений и различным уровням точности во многих областях измерений, предлагает «Руководство по выражению неопределенности измерений» принятое в 1993 г. под эгидой семи международных организаций по метрологии и стандартизации.

Данное руководство предоставляет базу для международного сличения результатов измерений, содержит информацию о видах неопределенностей, методах их расчета и выражения, правилах составления отчетов.

Неопределенность измерения – параметр, связанный с результатом измерения, который характеризует дисперсию (разброс) значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. Некоторые полагают, что термин «неопределенность измерений» пришел на смену термину «погрешность измерений». Однако это не совсем правильное утверждение. На самом деле понятие «погрешность» тоже имеет право на существование. Этот термин по-прежнему входит в международный метрологический словарь VIM. В то же время для подробного анализа точности полученного результата измерения сейчас используется несколько другой подход – не «анализ погрешности», а расчет неопределенности измерений [1].

Методы вычисления неопределенности, так же как и методы оценивания характеристик погрешности, базируются на основных понятиях классической метрологии, математической статистики и теории ошибок, к ним относятся: истинное значение измеряемой величины, точность измерения, абсолютная и относительная погрешности, доверительный интервал, доверительная вероятность [2].

В целях знакомства с концепцией неопределенности измерений и приобретения навыков их расчета и выражения в рамках лабораторного практикума по теоретической метрологии нами разработана и внедрена в образовательный процесс лабораторная работа «Расчет неопределенности многократных измерений электрического сопротивления». Цель работы – знакомство с теоретическими основами концепции неопределенности измерений, приобретение практических навыков расчета неопределенности измерения электрического сопротивления. Кроме того, в настоящее время в рамках выполнения дипломной работы ведется разработка цикла практических занятий по оценке неопределенности измерений, содержащего практические задачи различного уровня сложности.

Такой комплексный подход к изучению неопределенности измерений в рамках лабораторного практикума и практических занятий позволит успешно освоить методы расчета и выражения неопределенности измерений, и будет способствовать формированию профессиональных компетенций будущих физиков-метрологов.

Литература

1. Ефремова, Н.Ю. Оценка неопределенности в измерениях / Н.Ю. Ефремова. – Минск: БелГИМ, 2003.

2 Походун, А.И. Экспериментальные методы исследований. Погрешности и неопределенности измерений : учеб. пособие / А.И. Походун. – М.–СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – 112 с.

А.А. Побылковский (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», г. Гомель)

Науч. рук. С.А. Лукашевич, ст. преподаватель

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Электронный учебник представляет собой комплект обучающих, контролирующих, моделирующих и других программ, размещаемых на магнитных носителях (твердом или гибком дисках) ПЭВМ, в которых отражено основное научное содержание учебной дисциплины. ЭУ часто дополняет обычный, а особенно эффективен в тех случаях, когда он: обеспечивает практически мгновенную обратную связь; помогает быстро найти необходимую информацию (в том числе контекстный поиск), поиск которой в обычном учебнике затруднен; существенно экономит время при многократных обращениях к гипертекстовым объяснениям; наряду с кратким текстом – показывает, рассказывает, моделирует и т. д. (именно здесь проявляются возможности и преимущества мультимедиа-технологий) позволяет быстро, но в темпе наиболее подходящем для конкретного индивидуума, проверить знания по определенному разделу.

К недостаткам ЭУ можно отнести не совсем хорошую физиологичность дисплея как средства восприятия информации (восприятие с экрана текстовой информации гораздо менее удобно и эффективно, чем чтение книги) и более высокую стоимость по сравнению с книгой.

Средства мультимедиа

Итак, мультимедиа означает объединение нескольких способов подачи информации – текст, неподвижные изображения (рисунки и фотографии), движущиеся изображения (мультипликация и видео) и звук (цифровой и MIDI) – в интерактивный продукт.

Аудиоинформация включает в себя речь, музыку, звуковые эффекты. Наиболее важным вопросом при этом является информационный объем носителя. По сравнению с аудио, видеоинформация представляется значительно большим количеством используемых элементов. Прежде всего, сюда входят элементы статического видеоряда, которые можно разделить на две группы: графика (рисованные изображения) и фото. К первой группе относятся различные рисунки, интерьеры,

поверхности, символы в графическом режиме. Ко второй – фотографии и сканированные изображения.

Динамический видеоряд практически всегда состоит из последовательностей статических элементов (кадров). Здесь выделяются три типовых элемента: обычное видео (около 24 фото в секунду), квазивидео (6–12 фото в секунду), анимация. Использование видеоряда в составе мультисреды предполагает решение значительно большего числа проблем, чем использование аудио. Среди них наиболее важными являются: разрешающая способность экрана и количество цветов, а также объем информации.

Характерным отличием мультимедиа продуктов от других видов информационных ресурсов является заметно больший информационный объем, поэтому в настоящее время основным носителем этих продуктов является оптический диск CD-ROM стандартной емкостью 650 Мбайт.

При выборе критерия средств необходима оценка наличия:

- 1) аппаратных средств определенной конфигурации;
- 2) сертифицированных программных систем;
- 3) специалистов требуемого уровня.

Кроме того, необходимо учитывать назначение разрабатываемого ЭУ, необходимость модификации дополнения новыми данными, ограничение на объем памяти и др.

В настоящее время к учебникам предъявляются следующие требования:

1. Информация по выбранному курсу должна быть хорошо структурирована и представлять собою законченные фрагменты курса с ограниченным числом новых понятий.

2. Каждый фрагмент, наряду с текстом, должен представлять информацию в аудио- или видео- («живые лекции»). Обязательным элементом интерфейса для живых лекций будет линейка прокрутки, позволяющая повторить лекцию с любого места.

3. Текстовая информация может дублировать некоторую часть живых лекций.

4. На иллюстрациях, представляющих сложные модели или устройства, должна быть мгновенная подсказка, появляющаяся или исчезающая синхронно с движением курсора по отдельным элементам иллюстрации (карты, плана, схемы, чертежа сборки изделия, пульта управления объектом и т. д.).

5. Текстовая часть должна сопровождаться многочисленными перекрестными ссылками, позволяющими сократить время поиска необходимой информации, а также мощным поисковым центром.

Перспективным элементом может быть подключение специализированного толкового словаря по данной предметной области.

6. Видеоинформация или анимации должны сопровождать разделы, которые трудно понять в обычном изложении. В этом случае, затраты времени для пользователей в пять-десять раз меньше по сравнению с традиционным учебником. Некоторые явления вообще невозможно описать человеку, никогда их не видавшему (водопад, огонь и др.). Видеоклипы позволяют изменять масштаб времени и демонстрировать явления в ускоренной, замедленной или выборочной съемке.

7. Наличие аудиоинформации, которая во многих случаях является основной и порой незаменимой содержательной частью учебника.

А.А. Подлесный (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Под самостоятельной работой учащихся мы понимаем такую работу, которая выполняется учащимися по заданию и под контролем учителя, но без непосредственного его участия в ней, в специально предоставленное для этого время. В процессе обучения применяются различные виды самостоятельной работы учащихся, с помощью которых они самостоятельно приобретают знания, умения и навыки. Все виды самостоятельной работы, применяемые в учебном процессе, можно классифицировать по различным признакам: по дидактической цели, по характеру учебной деятельности учащихся, по содержанию, по степени самостоятельности и элементу творчества учащихся и т. д.

Все виды самостоятельной работы по дидактической цели можно разделить на пять групп: приобретение новых знаний, овладение умением самостоятельно приобретать знания; закрепление и уточнение знаний; выработка умения применять знания в решении учебных и практических задач; формирование умений и навыков практического характера; формирование творческого характера, умения применять знания в усложненной ситуации.

Каждая из перечисленных групп включает в себя несколько видов самостоятельной работы, поскольку решение одной и той же дидактической задачи может осуществляться различными способами. Указанные группы тесно связаны между собой. Эта связь обусловлена тем, что одни и те же виды работ могут быть использованы для решения

различных дидактических задач. Например, с помощью экспериментальных, практических работ достигается не только приобретение умений и навыков, но также приобретение новых знаний и выработка умения применять ранее полученные знания.

Рассмотрим содержание работ при классификации по основной дидактической цели: приобретение новых знаний и овладение умениями самостоятельно приобретать знания осуществляется на основе работы с учебником, выполнение наблюдений и опытов, работ аналитико-вычислительного характера; закрепление и уточнение знаний достигается с помощью специальной системы упражнений по уточнению признаков понятий, их ограничению, отделению существенных признаков от несущественных; выработка умения применять знания на практике осуществляется с помощью решения задач различного вида, решение задач в общем виде, экспериментальных работ и т. д.; формирование умений творческого характера достигается при написании сочинений, рефератов, при подготовке докладов, заданий при поиске новых способов решения задач, новых вариантов опыта и т. п.

Ю.В. Потапенко (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)

Науч. рук. **И.М. Елисеева**, д-р техн. наук, профессор

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ»

На учебных занятиях учитель сталкивается с проблемой несоответствия результатов физического эксперимента с результатами теоретических расчетов. Одна из причин такого несоответствия – это не идеальность измерительных приборов: амперметра, вольтметра, а также источника питания. При любых измерениях всегда желательно, чтобы измерительные приборы не оказывали влияние на измеряемую величину.

Так, внутреннее сопротивление у идеального амперметра должно стремиться к нулю, чтобы оказывать меньшее влияние на силу измеряемого тока, а у идеального вольтметра оно должно быть как можно больше, чтобы величина силы тока, проходящего через него, была как можно меньше. Что касается идеального источника напряжения, то у него так же, как и у амперметра, внутреннее сопротивление должно стремиться к нулю.

Рассмотрим задачу 1: Каково показание вольтметра, подключённого к зажимам источника?

Часто, при решении этой задачи, говорят, что показание вольтметра равно значению ЭДС этого источника. Однако, это не совсем верно.

По закону Ома для полной электрической цепи $I = \frac{E}{R_v + r}$,

где R_v – внутреннее сопротивление вольтметра,

r – внутреннее сопротивление источника тока.

Преобразовав эту формулу, получим: $E = IR_v + Ir$, $IR_v = E - Ir$, где $U = IR_v$ – напряжение на самом вольтметре.

Тогда из формулы $U = E - Ir$ видно, что $U = E$ только тогда, когда $r \rightarrow 0$, т. е. в случае идеального источника напряжения.

Ответим на поставленный в задаче 1 вопрос с помощью эксперимента.

Рассмотрим идеальные приборы. Соберём цепь, состоящую из источника напряжения и вольтметра. Учитывая, что источник напряжения и вольтметр идеальны, внутреннее сопротивление источника бесконечно мало (1 нОм), а вольтметра – бесконечно велико (1 ГОм). Подадим на клеммы источника напряжение 10 В и показание вольтметра будет соответствовать значению ЭДС источника.

Рассмотрим реальный случай, когда внутреннее сопротивление вольтметра значительно меньше, например, 500 Ом. Реальный источник напряжения также обладает внутренним сопротивлением, и это сопротивление на схемах часто обозначают как сопротивление последовательно соединенное с данным источником. Такую схему называют эквивалентной. Подадим на клеммы источника те же 10 В, показание вольтметра в этом случае другое (рисунок 1).

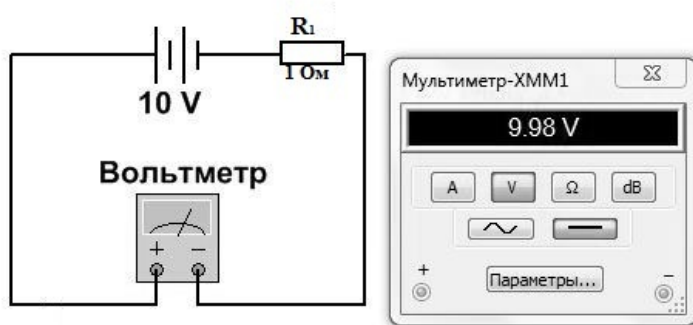


Рисунок 1

Рассмотрим задачу 2:

Электрическая цепь состоит из источника напряжения, амперметра, вольтметра и резистора. Необходимо определить сопротивление резистора. Возможны два случая: вольтметр подключён до амперметра, и вольтметр подключен после амперметра.

Сопротивление резистора определяют по формуле $R_x = \frac{U}{I_A}$,

где U и I_A – показания вольтметра и амперметра соответственно.

В первом случае, когда вольтметр подключен до амперметра, напряжение в цепи измеряют с погрешностью, т. е. пренебрегают падением напряжения в цепи, которое равно IR_A , где R_A – внутреннее сопротивление амперметра. При этом показание вольтметра $U = I_A R_A + I_A R_x$. Выразив R_x , получаем следующее выражение:

$R_x = \frac{U - I_A R_A}{I_A}$. Таким образом, сопротивление $R_x = \frac{U}{I_A}$ только в случае, когда внутреннее сопротивление амперметра будет бесконечно мало, т. е. в случае идеального амперметра.

Убедимся в этом, решив задачу с помощью эксперимента. Для этого соберём цепь, как показано на рисунке 2, учитывая идеальность амперметра и вольтметра. Подадим на клеммы источника напряжение 10 В. Сопротивление в данной цепи равно 2 Ом, т. е. равно сопротивлению резистора.

Соберём такую же схему (рисунок 3), учитывая, что приборы не идеальны. Сопротивление данной цепи приблизительно равно 2,1 Ом. Таким образом, включение амперметра в цепь оказало влияние на работу электрической установки, создав потери энергии в цепи.

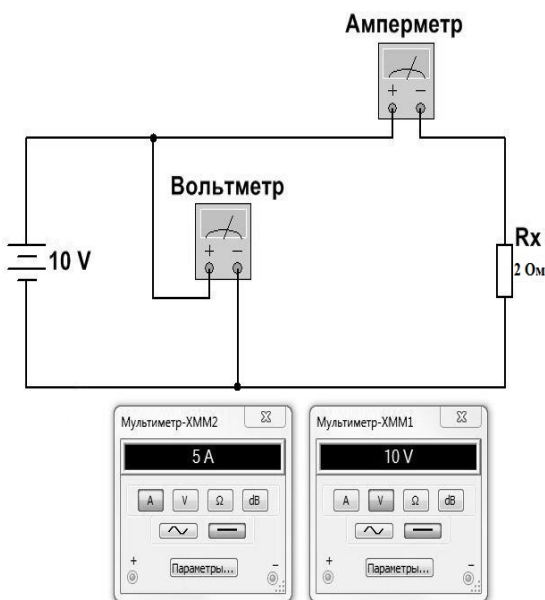


Рисунок 2

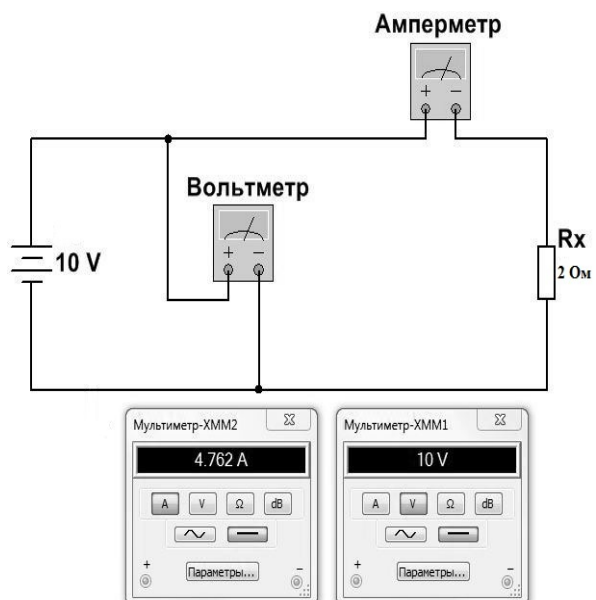


Рисунок 3

Во втором варианте, когда вольтметр подключен после амперметра, сила тока $I_A = I_V + I_x$, ее величина меньше, чем показание амперметра,

на значение величины тока, проходящего через вольтметр $\frac{U}{R_V}$. Из закона Ома для участка цепи получаем: $R_x = \frac{U}{I_A - I_V}$, т. е. $R_x = \frac{U}{I_A}$ в случае, когда $I_V \rightarrow 0$ или $R_V \rightarrow \infty$, т. е. в случае идеального вольтметра.

Убедиться в этом можно решив задачу с помощью эксперимента, проводя аналогичные действия, как и в первом случае.

Следовательно, в случае идеальных приборов не важен порядок их подключения. В действительности измерение величины силы тока и напряжения в цепи проводят с погрешностью из-за больших потерь энергии.

Таким образом, можно привести много примеров задач, где не всегда можно пренебречь внутренним сопротивлением приборов. Следует иметь в виду, что приборную погрешность можно уменьшить, применяя вольтметр и амперметр высокого класса точности.

И.В. Починани (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

МЕТОД ИЛЛЮСТРАЦИИ И ДЕМОНСТРАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Одним из методов активизации познавательной деятельности является метод иллюстрации и демонстрации, который заключается в наглядном представлении (показе) учащимся натуральных предметов, явлений, процессов или их макетов, моделей и изображений в зависимости от конкретных учебно-воспитательных задач. В отдельных случаях демонстрация предполагает постановку опытов, проведение несложных экспериментов, например, на уроках химии, физики или на занятиях кружка, факультатива.

Иллюстрации и демонстрации всегда сочетаются с наблюдением и словесными методами, объяснением. Они могут сопровождать устное изложение, тем самым активизируя познавательную активность учащихся; могут использоваться при повторении и закреплении знаний. Но они в отдельных случаях имеют и самостоятельное значение, приобретая исследовательский характер. В этих учебных ситуациях учащиеся должны самостоятельно сделать выводы, обобщения и защитить их на последующем занятии.

К использованию этих методов также предъявляется ряд требований:

- тщательный отбор материала (натуральные предметы, макеты, модели или изображения) и определение места и характера демонстрации (в статичном состоянии или в движении);
- оптимальное количество демонстраций (ни много, ни мало);
- обеспечение качественной стороны иллюстраций и демонстраций, их надежности, техники безопасности при выполнении;
- доведение до сознания учащихся цели и содержания демонстрации;
- обеспечение ясности и точности восприятия;
- коллективное подведение итогов и самостоятельность выводов (при изложении нового материала).

В реализации наглядных методов большую помощь оказывают различного рода технические средства, обеспечивая более яркое, живое и образное восприятие (магнитофон, проигрыватель, эпидиаскоп, кино- и диапроекторы, телевидение). Репродуктивные и проблемно-поисковые методы отражают характер познавательной деятельности и используются прежде всего в организации процесса обучения, хотя могут быть распространены и на весь педагогический процесс.

Устное изложение знаний учителем связано с первичным восприятием и осмыслением их учащимися. В этом смысле объяснение материала учителем следует рассматривать как хотя и очень важную, но все же первоначальную ступень учебной работы.

Е.В. Процак, Д.Р. Читая (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)

Науч. рук. **И.М. Елисеева**, д-р техн. наук, профессор

МОНИТОРИНГ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ 8 КЛАССА ПО ФИЗИКЕ

В процессе обучения физике осуществляется целенаправленное управление познавательной деятельностью учащихся со стороны учителя. Одним из важнейших звеньев этого процесса является проверка достижений учащихся, которая позволяет установить уровень сформированных у учащихся знаний и умений на том или ином этапе процесса обучения. Например, для определения уровня сформированных знаний и умений применяют тематический контроль.

Тематический контроль – проверка и оценка степени усвоения учащимися изученного материала определённой темы учебного предмета «Физика». Особенности этого контроля в том, что знания и умения учащихся выявляют не по отдельным элементам, а в логической системе, соответствующей структуре изученной учебной темы. При

тематическом контроле предлагают задания, направленные на осмысление взаимосвязей между явлениями или закономерностями физических процессов, структуры всей темы. При таком контроле важно установить глубину, системность, полноту, прочность знаний учащихся, умение делать обобщения и выводы.

Такой вид контроля можно проводить на учебных занятиях обобщения и систематизации знаний. Для фронтального проведения данного контроля предлагается проводить тестирование, с применением интерактивной системы оценки качества знаний VOTUM.

В первую очередь создаётся тест, затем выбирается группа учащихся, с которой он проводится. Далее осуществляется регистрация участников тестирования, т. е. учащиеся присваивают своему пульту номер. После регистрации учащиеся приступают к выполнению теста. Как только тест выполнен, на экране появляется окно с вопросом об открытии отчёта (рисунок 1).

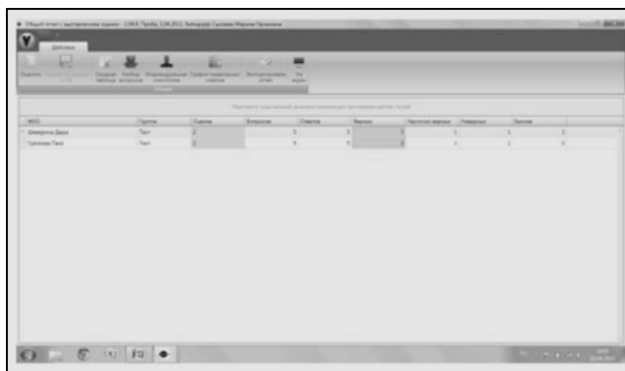


Рисунок 1 – Отчёт о пройденном тесте

Для рассмотрения результатов тестирования можно вывести сводную таблицу (рисунок 2), таблицу разбора вопросов (рисунок 3), таблицу «Индивидуальная статистика» (рисунок 4).

Сводная таблица содержит: фамилию, имена участников тестирования, сведения об их ответах, список вопросов, которые были включены в тестирование.

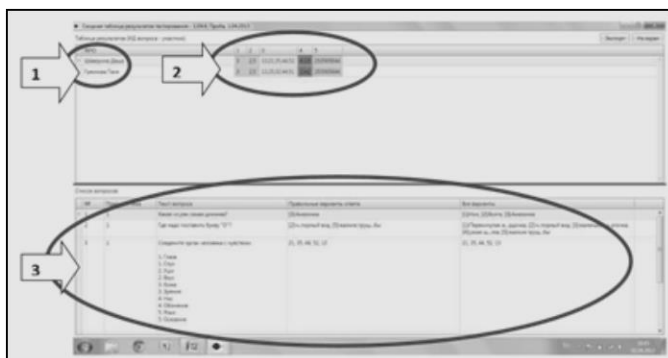


Рисунок 2 – Сводная таблица

В таблице разборов вопроса можно увидеть следующие колонки: фамилия, имена участников тестирования; название тестируемой группы; ответ участника тестирования; время, затраченное участником тестирования при ответе на этот вопрос; список вопросов, которые были включены в тестирование.



Рисунок 3 – Таблица разбора вопросов

Таблица «Индивидуальная статистика» – таблица с данными о прохождении тестирования только того участника, который будет выбран.



Рисунок 4 – Таблица «Индивидуальная статистика»

В этом окне можно увидеть: название группы, фамилию и имя выбранного участника тестирования, текст вопроса, все варианты ответа, правильные варианты ответа, ответ участника тестирования, время, затраченное участником. Так же можно увидеть график правильных ответов. Его используют, если необходимо наглядно показать результаты тестирования и количество верных ответов.

Например, при проведении тематического контроля в 8 классе по теме «Тепловые явления» при просмотре отчёта видны фамилия и оценка, которые получили учащиеся. Из 18 учащихся трое получили 9, пятеро учащихся получили 8, четверо получили 7, двое получили 6, остальные получили 5. При выводе свободной таблицы можно увидеть

все ответы учащихся и сделать анализ на какие вопросы наибольшая часть учащихся ответили верно или не верно. На вопрос «Единицы измерения количества теплоты...» все учащиеся ответили верно. Только трое учащихся ответили правильно на вопрос «При плавлении тела его внутренняя энергия ...». При выводе индивидуальной таблицы можно проанализировать ответы каждого учащегося отдельно. Рассмотрев график правильных ответов (рисунок 5), можно подробно рассмотреть те вопросы, у которых количество правильных ответов минимален.



Рисунок 5 – График правильных ответов

Применение на учебных занятиях широкого спектра возможностей VOTUM позволяет учителю более рационально использовать учебное время, быстро получить результаты контроля, освободиться от трудоёмкой работы по обработке результатов тестирования, реализовать принцип объективности в оценке, организовать конфиденциальность при анонимном тестировании, выяснить мнение обучающихся по любому вопросу. Творческое применение возможностей интерактивной системы оценки качества знаний VOTUM позволяет сделать образовательный процесс интересным, увлекательным и для учащихся, и для учителя.

В.В. Сакович (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
 Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

МЕТОДЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Метод в общем смысле слова означает способ достижения целей. Применяя это понятие в процессе обучения, учитывают, что учебно-воспитательный процесс является двухсторонним и в нем сочетаются

обучающая деятельность учителя и учебная деятельность учащихся. В связи с этим « методы обучения определяют как целенаправленную систему действий учителя, организующего познавательную и практическую деятельность учащихся, обеспечивающую усвоение содержания образования и тем самым достижение целей обучения».

Методы зависят от целей обучения и содержания образования, видоизменяются и развиваются вместе с ними. Так, в настоящее время приоритетной стала цель формирования мышления и творческих способностей учащихся и в учебном процессе начал применяться исследовательский метод обучения. Деятельность учителя и учащихся в учебном процессе по физике очень разнообразна и многогранна, поэтому существует достаточно большое количество методов обучения (рассказ, объяснение, решение задач, демонстрация опытов, выполнение лабораторных работ, работа с книгой).

Кроме того, в процессе обучения физике применяются методические приемы. Методический прием – это часть метода, его элемент, частное понятие по отношению к методу. Например, лабораторную работу (как метода обучения) можно выполнить различными методическими приемами (с помощью письменной инструкции; на основе устного объяснения учителя; по плану, который составляют учащиеся после того, как учитель сформулировал цель выполнения лабораторной работы). Таким образом, метод обучения может быть реализован через определенную систему методических приемов и их взаимосвязей. Однако разделение понятий метода и методического приема условно и относительно. Это объясняется тем, что один и тот же вид деятельности в одних ситуациях может выступать как метод обучения, а в других – как методический прием. Так, контроль знаний по физике (как метод) может быть осуществлен с помощью решения задач (методический прием). Вместе с тем решение задач будет методом обучения при формировании обобщенного умения (т. е. умения, обладающего свойством широкого переноса) решать задачи с использованием алгоритмических предписаний (методический прием).

Если учащимся демонстрируется видеофрагмент «Опыт Эрстеда» и дидактическая цель заключается в его усвоении, то это метод обучения, а сопровождающий демонстрацию рассказ учителя – методический прием. Если опыт Эрстеда объяснен учителем (метод обучения), то последующая демонстрация видеофрагмента будет методическим приемом повторения и закрепления знаний учащихся.

Я.О. Санина (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Помимо физических опытов, при решении некоторых задач необходимо показ объектов, а также изображений предметов ли явлений, схем, чертежей таблиц и другого иллюстративного материала.

Традиционно рисунки, схемы и графики включались в условие физических задач как пояснение к тексту или как основной объект исследования (например, схемы электрических цепей). В целях связи обучения с жизнью, профессиональной ориентации учащихся и формированию у них практических умений и навыков этому виду наглядности при решении физических задач в настоящее время уделяется значительно больше внимания. Примером служат дидактические материалы, в том числе дидактические карточки, содержащие рисунки физических приборов и установок для опытов, а также изображения технических приборов, механизмов и машин. Используя иллюстрации, ученики отвечают на вопросы и производят расчеты физических величин. Одновременно они упражняются в определении цены делений шкал измерительных приборов, снимают показания, изучают постоянные данные, например, допустимую силу тока и сопротивление реостатов, пределы измерения напряжения и внутреннее сопротивление вольтметров и т. д. Широкое распространение такого рода задач, основанных на иллюстрациях, позволяет выделить их в отдельную группу, названную «наглядными задачами». Учащиеся решают такие задачи, используя карточки или таблицы. Аналогична по исполнению «Физика в рисунках», призванная с помощью красочно выполненных рисунков показать физические явления в природе и технике, научить учащихся искать их и видеть везде, всегда и во всем». Данный подход должен найти свое продолжение в домашних опытах и наблюдениях учащихся. Чтобы дидактические наглядные пособия работали при изучении физики, и в частности решении задач, необходимо соблюдать ряд условий:

- рекомендуется на демонстрационном столе выставлять хорошо видимую установку, соответствующую той, которая изображена на дидактических карточках.
- дидактические карточки должны использоваться систематически, чтобы учащиеся хорошо усвоили приемы работы с ними. В противном

случае положительный эффект не окупится временем, на освоение непривычно оформленного материала физической задачи. Выполнение этого требования облегчается большой информативной емкостью карточек, позволяющей на их основе рассмотреть много вопросов, при том в разных классах.

Д.М. Старушенко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», г. Гомель)
Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Основными видами учебно-исследовательской деятельности учащихся являются:

- проблемно-реферативный: аналитическое сопоставление данных различных литературных источников с целью освещения проблемы и проектирования вариантов ее решения;
- аналитико-систематизирующий: наблюдение, фиксация, анализ, синтез, систематизация количественных и качественных показателей изучаемых процессов и явлений;
- диагностико-прогностический: изучение, отслеживание, объяснение и прогнозирование качественных и количественных изменений изучаемых систем, явлений, процессов;
- изобретательно-рационализаторский: усовершенствование имеющихся, проектирование и создание новых устройств, механизмов, приборов;
- экспериментально-исследовательский: проверка предположения о подтверждении или опровержении результата;
- проектно-поисковый: поиск, разработка и защита проекта – особая форма нового, где целевой установкой являются способы деятельности, а не накопление и анализ фактических знаний.

Исходя из специфики физики как опытной науки, выявлена взаимосвязь повышения продуктивности и гибкости мышления школьников с постановкой исследовательских заданий экспериментального характера. При этом значительная роль отводится основной школе.

Экспериментально-исследовательские задания – это такие задания, в которых на основе теоретического анализа ситуации возможно предсказание результатов исследования. Цель эксперимента – создание условий для развития исследовательского мышления и формирования

навыков самостоятельной экспериментальной деятельности. Эксперимент позволяет поднять учащихся на более высокий уровень развития познавательного интереса, так как он связывает теорию с практикой, показывает применение теоретических знаний и необходимость их экспериментального подтверждения.

Формы организации учебных занятий, направленных на развитие у ребят самостоятельного экспериментирования, весьма разнообразны: творческий лабораторный практикум, творческие экспериментальные задания, домашние экспериментальные задания, индивидуальное учебное исследование, практикум по моделированию физического эксперимента.

Эти формы организации учебных занятий реализуются через проблемно-поисковый, экспериментально-исследовательский и исследовательские методы обучения.

Самой эффективной в плане формирования ключевых компетенций у учащихся является проектная исследовательская деятельность – деятельность по проектированию собственного исследования, предполагающая выделение целей и задач, выделение принципов отбора методик, планирование хода исследования, определение ожидаемых результатов, оценка реализуемости исследования, определение необходимых ресурсов. Является организационной рамкой исследования.

Эксперимент, в данном случае, служит толчком для создания новых технологий обучения, например, метода проблемного подхода к изучению нового материала. Это дает возможность сформулировать у учащихся активное восприятие темы и получить полное представление о деятельности исследователя на различных этапах его экспериментальной работы.

В качестве основного средства организации исследовательской работы выступает система исследовательских заданий. Исследовательские задания – это предъявляемые учащимися задания, содержащие проблему; решение ее требует проведения теоретического анализа, применения одного или нескольких методов научного исследования, с помощью которых учащиеся открывают ранее неизвестное для них знание.

Познавательные задачи – специально подобранные учебные задачи, которые не должны быть надуманными, а должны быть как бы выхваченными из окружающей действительности. Одним из составляющих элементов организации познавательной деятельности на уроке является постановка и решение проблемы. Проблема – сложная познавательная задача, решение которой представляет существенный практический или теоретический интерес.

Творческие задачи могут носить форму загадки, составлены на основе необычного и интересного текста, содержат вопрос или задание, ответ на которые требует понимания физического явления.

Урок-исследование. Физическое явление, изучение которого предусмотрено программой по физике, предлагается для самостоятельного наблюдения под руководством учителя.

Ход исследования можно представить в виде цепочки:

- обоснование темы;
- постановка целей и задач
- определение объекта и предмета исследования
- разработка гипотезы исследования
- непосредственно исследования
- результаты
- оценка полученных результатов и выводы.

Из всего многообразия видов работ, развивающих самостоятельность ребят, можно выделить конструкторскую, в ней заложены широкие возможности формирования умения думать, использовать свои теоретические знания, вести исследования, работать с ручным материалом, справочной литературой.

Д.М. Старушенко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

В организации исследовательской работы большое значение имеет отбор учебного материала для всех исследований, который должен строго соответствовать основным принципам дидактики: научности, систематичности, последовательности, доступности, наглядности, индивидуальному подходу к учащимся в условиях коллективной работы, развивающему обучению, связи теории с практикой.

При организации исследовательской деятельности решаются следующие задачи:

- обучение учащихся на примере реальных проблем и явлений, наблюдаемых в повседневной жизни;
- обучение приемам мышления: поиску ответов на вопросы, видению и объяснению различных ситуаций и проблем, оценочной деятельности, приемам публичного обсуждения, умению излагать и отстаивать свою точку зрения, оперативно принимать и реализовывать решения;

- использование разных источников информации, приемы ее систематизации, сопоставления, анализа;
- подкрепление знания практическими делами, с использованием специфических для физики методов сбора, анализа и обобщения информации.

Работа по формированию исследовательских умений должна осуществляться, главным образом, на уроках: на уроках изучения нового материала, уроках решения задач, уроках лабораторных работ. На учебном занятии возможно применение исследовательского метода обучения, нетрадиционных форм занятий, домашних заданий исследовательского характера. Этому способствуют и современные интерактивные технологии, такие как методы проектов и проблемного обучения, а также информационные технологии. Исследовательская деятельность учащихся многогранна и может быть организована на любом этапе обучения физике: при изучении физической теории; при решении задач; при проведении демонстрационного эксперимента; при выполнении лабораторных работ. Массовая внеурочная работа – это интеллектуальные игры, олимпиады, конференции, телекоммуникационные проекты. Игры организуются в рамках предметных недель.

В идеале исследовательская деятельность должна встраиваться в классно-урочную систему так, чтобы учитель мог сам компоновать необходимые ему учебные модули из отдельных элементов, они должны максимально учитывать действующие учебные программы и требования к учащимся.

Т.Р. Степченко (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ УЧАЩИХСЯ

Формы контроля знаний и умений учащихся – многочисленные, разнообразные виды деятельности учащихся при выполнении контрольных заданий. Форм контроля очень много, т. к. каждый учитель вправе придумать и провести собственные, кажущиеся ему наилучшими, контрольные задания.

Особенностью требований к уровню подготовки учащихся в стандарте физического образования является наличие в них экспериментальных умений. Проверка сформированности таких умений должна осуществляться с помощью экспериментальных заданий, которые могут составлять часть общей проверочной работы. В школьной практике существует несколько традиционных форм контроля знаний

и умений учащихся: физический диктант; тестовое задание; краткая самостоятельная работа; письменная контрольная работа; контрольная лабораторная работа; устный зачет по изученной теме. С помощью физических диктантов можно проверить ограниченную область знаний учащихся: буквенные обозначения физических величин, названия их единиц; определения физических явлений, формулировки физических законов, связь между физическими величинами, формулировки научных фактов; определения физических величин, их единиц, соотношения между единицами.

Тестовые задания – учащимся предлагается несколько, обычно 2–3, варианта ответов на вопрос, из которых надо выбрать правильный.

Кратковременная самостоятельная работа – учащимся также задается некоторое количество вопросов, на которые предлагается дать свои обоснованные ответы. В качестве заданий могут выступать теоретические вопросы на проверку знаний, усвоенных учащимися; задачи, на проверку умения решать задачи по данной теме; конкретные ситуации, сформулированные или показанные с целью проверить умение учащихся распознавать физические явления; задания по воспроизведению конкретных ситуаций, соответствующих научным фактам и понятиям.

Письменная контрольная работа – наиболее распространенная форма в школьной практике. Традиционно «контрольные работы по физике проводятся с целью определения конечного результата в обучении умению применять знания для решения задач определенного типа по данной теме или разделу.

Контрольная лабораторная работа может быть подобна данной в учебнике к изучаемой теме или какой-то эксперимент, связанный с воспроизведением конкретных ситуаций, соответствующих научным фактам и физическим явлениям.

Устный зачет по теме – это одна из основных форм контроля в старших классах.

С.В. Суворов (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВНЕУРОЧНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ

Одним из способов разрешения вопросов мотивации школьников к учению выступает исследовательская деятельность, основной функцией

которой является инициирование учеников к познанию мира, себя и себя в этом мире.

Физика – фундаментальная наука о простейших и вместе с тем общих закономерностях природы. Основные понятия, принципы и законы физики играют определяющую роль в большинстве разделов естествознания. Основные физические модели и принципы стали достоянием всего естествознания и других областей интеллектуальной деятельности человека. Физические методы исследования позволили осуществить прорыв в других науках и сферах деятельности.

Под исследовательской деятельностью понимается творческий процесс по поиску решения неизвестного, результатом которой является формирование исследовательского стиля мышления и мировоззрения в целом.

Эффективным периодом для организации исследовательской деятельности является подростковый возраст, первый этап изучения физики и формирования основ физической картины мира.

Основной целью такой работы является поддержка одаренных учащихся, развитие их интеллектуальных, творческих способностей, поддержка научно-исследовательских интересов учеников.

Для реализации этой цели необходимо решить следующие задачи:

- приобщение учащихся к интеллектуально-творческой деятельности;
- формирование навыков исследовательской работы;
- развитие интеллектуальных, творческих и коммуникативных способностей;
- создание условий для расширения среды общения и получения информации;
- создание программы системы занятий, интересной и познавательной для учащихся;

Работу по реализации поставленных целей и задач можно разделить на несколько этапов.

На первом этапе – *организационно-подготовительном* – приглашаются все желающие учащиеся на дополнительные занятия по физике. Очень важно на первых занятиях не разочаровать ожидания ребят и дать им возможность уже с первых встреч работать с приборами. Пусть эти приборы будут просты в обращении, но ребята должны понять, что и простые приборы важны при исследованиях, особенно выполненные самостоятельно.

Пусть учащиеся ещё не владеют научной терминологией, исследовательскими умениями, но первоначальные экспериментальные навыки они приобрели ранее, при изучении природоведения, биологии, географии.

Если ученик приходит на второе, третье, четвёртое занятие и с желанием участвует во всех исследованиях, то с ним можно проводить беседу о выборе индивидуальной темы для исследования. В дальнейшем проводить занятия, направленные на формирование знаний и умений вести научную работу, пусть пока на начальном уровне.

Важно мотивировать участие в такой работе, например возможностью представления результатов исследования выступлением перед ребятами в классе перед одноклассниками и т. д.

На втором этапе – проводится целенаправленная теоретическая подготовка по структуре научной работы. Ребята познают, как работать с различными источниками информации, посещают школьную библиотеку, в которой узнают о систематизации книг, журналов, статей.

Если тема исследования, которую выбрал ученик, затрагивает не один учебный предмет, а несколько, то назначается консультация у другого учителя-предметника. Это повышает значимость для юного исследователя и стимулирует его работоспособность.

На третьем этапе после завершения теоретического этапа работы над выбранной темой, ученик переходит к экспериментальному этапу, проверяет гипотезы, проводит опыты, делает выводы, оформляет результаты исследования.

На четвёртом этапе все наработанные материалы оформляются в единую работу. Обговаривается возможность создания электронной презентации и отбирается материал для её создания. После завершения оформления полученных результатов, на последних учебных занятиях юные исследователи докладывают о полученных результатах. Во время проведения таких занятий ученики учатся докладывать аудитории, слушать докладчика, задавать вопросы и отвечать на них, вступать в дискуссии, отстаивать свою точку зрения.

В такой деятельности развиваются коммуникативные навыки, умения работать в группе учащихся, умения слушать и высказывать свои мысли, отстаивать свою точку зрения, аргументируя её цитатами из литературных источников.

Ребята прошедшие такую подготовку отличаются от своих сверстников, они более серьёзно относятся к учёбе, более целеустремлённы, приходят в следующем году на подобные занятия, чаще всего уже с выбранной темой для нового исследования, а иногда летом работают с теоретической информацией по выбранной теме.

Выпускники школы, прошедшие обучение по данному направлению, легче адаптируются в новом образовательном процессе и в большинстве случаев продолжают заниматься исследовательской деятельностью.

Т.А. Сугакевич (УО «МГУ им. А.А. Кулешова»)
Науч. рук. **В.М. Кротов**, канд. пед. наук, доцент

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Процесс информатизации современного общества требует реформации и модернизации образовательной системы. В этой связи важная роль в образовательном процессе отведена внедрению информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и электронных средств обучения (ЭСО), преимущества которых в современном мире неоспоримы. В настоящее время информационные технологии уже прочно вошли в образование, однако до сих пор остаются нерешенными многие концептуальные вопросы разработки обучающих программных систем. При этом уязвимой оказывается не столько технологическая, сколько педагогическая составляющая дидактического материала. Открытым остается вопрос о том, что именно размещать в эти электронные средства обучения для их эффективного применения.

Одним из видов ЭСО является электронная презентация (ЭП). Под электронной презентацией будем понимать электронный документ, представляющий собой набор слайдов, предназначенный для демонстрации учащимся, и позволяющий более детально изучить предмет исследования.

Среди преимуществ использования электронных презентаций, можно выделить следующие: большая информационная емкость; компактность; эмоциональная привлекательность; наглядность; мобильность; интерактивность; многофункциональность; простота использования программ для создания презентаций.

Конструирование содержания электронных презентаций требует соблюдения определенных дидактических принципов и научно-методических положений.

Содержание учебных электронных презентаций должно соответствовать общедидактическим принципам: научности; доступности; наглядности; сознательности обучения; самостоятельности и активности познавательной деятельности; прочности усвоения знаний [1].

Кроме этого ЭП должны иметь оптимальный объем элементов информации, удобную форму ее предъявления, не содержащую отвлекающих элементов интерфейса; не раздражающую глаз цветовую гамму, обеспечивать четкость изображения иллюстраций, читаемость текста; содержать как можно меньшее число чисто информационных кадров; не содержать неточностей, грамматических ошибок и т. д.

Из числа эргономических требований, которые основываются на учёте возрастных особенностей учащихся, целесообразно выделить требование, связанное с обеспечением гуманного отношения к учащимся, организации интуитивно понятного интерфейса и простоты навигации, свободной последовательности и темпа работы.

Процесс создания электронных презентаций должен обеспечивать производство ЭСО, отвечающих системе психолого-педагогических, эстетических, технико-технологических и функциональных требований.

Электронные презентации, разработанные для организации познавательной деятельности учащихся, должны иметь определенную целевую нагрузку, в зависимости от выделенного учебного модуля, содержания структурных элементов физических знаний и этапа познавательной деятельности. Физические знания – знания о строении материи и простейших формах его движения и взаимодействия. Структуру физических знаний можно представить блок-схемой, представленной на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Структура физических знаний

Анализ психологических и педагогических основ учебного познания учащихся при изучении физики позволяет выделить основные этапы познавательной деятельности: *восприятие, осмысление, запоминание, применение, систематизация и обобщение* (рисунок 2) [2].

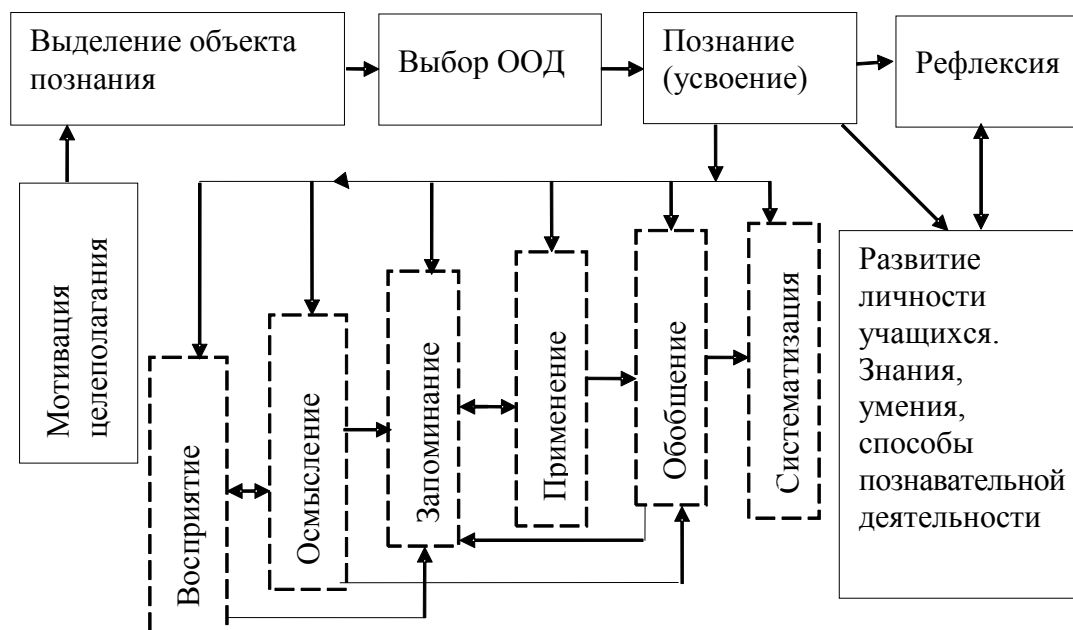


Рисунок 2 – Модель самостоятельной познавательной деятельности учащихся

Каждому этапу познавательной деятельности должно соответствовать свое содержание. В структуре и содержании электронных презентаций по физике должны быть отражены основные этапы познавательной учебной деятельности учащихся, что видится возможным при соблюдении следующих требований:

1. Создание мотивационно-ориентационной основы познавательной деятельности учащихся.
2. Модульное построение содержания обучения.
3. Наглядное обеспечение восприятия, осмысления и применения физических знаний.
4. Включение в содержание презентаций слайдов по организации рефлексии деятельности учащимися.
5. Выделение структурных элементов физических знаний с целью обучения учащихся описанию их содержания.
6. Обеспечение индивидуализации обучения.
7. Создание научно обоснованной основы, ориентировочной основы познавательной деятельности учащихся.

Литература

1. Инструктивно-методическое письмо по использованию информационно-коммуникационных технологий и электронных средств обучения в образовательном процессе: утв. заместителем Министра образования Респ. Беларусь 24.09.2011. – Минск, 2011. – 21 с.

2. Кротов, В.М. Теория и практика организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся при изучении физики / В.М. Кротов. – Могилев: УО «МГУ им. А.А. Кулешова, 2011. – 286 с.

Ю.Н. Терешенкова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ПРОБЛЕМНЫЕ СИТУАЦИИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Подход к созданию проблемных ситуаций на уроках подсказывается С.Л. Рубинштейном: «Особенно острую проблемность ситуация приобретает при обнаружении в ней противоречий. Наличие в проблемной ситуации противоречий данных с необходимостью порождает процесс мышления, направленный на их снятие».

Для создания проблемных ситуаций на уроках физики необходимо выявить возможные типы противоречий, которые могут возникать в ходе изучения физики. Исследования показывают, что на уроках физики можно для создания проблемных ситуаций использовать три типа противоречий: противоречия между жизненным опытом учащихся и научными знаниями; противоречия процесса познания. Иначе говоря, противоречия между ранее полученными учениками знаниями и новыми. Это противоречие возникает в силу того, что на любом этапе обучения раскрытие свойств объекта не является исчерпывающим и на следующем этапе возникает возможность в яркой, противоречивой форме вскрыть несоответствие новых и имеющихся знаний; противоречия самой объективной реальности.

Организации проблемных ситуаций. Проблемные ситуации возникают в ходе познавательной деятельности человека. Поэтому для введения в проблемную ситуацию нельзя (недостаточно) просто указать учащимся на противоречие. Необходимо организовать их деятельность так, чтобы они сами натолкнулись на некоторое несоответствие познаваемого с имеющейся у них системой знаний. Деятельность эта может быть различной. Например, решение задачи, дающей парадоксальный ответ, расчет, не подтверждающийся экспериментом, беседа, в ходе которой (чаще всего на основе анализа опытов) учитель умело подводит учащихся к осознанию некоторого противоречия. Так, в 7 классе, заканчивается опрос по теме «Теплопроводность», учитель вновь показывает опыт «лед не тает в кипятке» и просит учащихся объяснить его. Подчеркивает вывод: опыт доказывает, что вода обладает плохой теплопроводностью. Предлагает учащимся пронаблюдать

за результатом опыта, в котором пробирку с плавающим в ней льдом подогревают снизу. Что происходит со льдом в этом случае? Какой вывод можно сделать на основе опыта? Вода, нагреваемая снизу, передает теплоту. Какой возникает вопрос? В обучении нет мелочей. Важно не только то, что говорит учитель, но и как он это говорит. Учитель всем своим видом и поведением должен показывать крайнюю заинтересованность в изучаемом явлении, в наблюдении опытов, их анализе; вместе с учащимися удивляться полученному несоответствию, показывать свою «озадаченность», побуждать их к раскрытию «тайны» природы. Без такого эмоционального отношения учителя к изучаемому вопросу проблемное обучение может не состояться.

О.С. Филиппенко (УО «БГУ», Минск)

Науч. рук. **А.И. Слободянюк**, канд. физ.-мат. наук, доцент

«УГЛОВАЯ И ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТИ» В КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

При изучении физики в средней школе одним из фундаментальных и объемных разделов является «Кинематика». Кроме того, как известно, он предшествует всем остальным, следовательно, закладывает основу для дальнейшего изучения физики. Поэтому определение, рассмотрение и объяснение базовых кинематических понятий является очень важным этапом в формировании понятийного аппарата физики в средней школе. Среди таких базовых понятий можно выделить: скорость (линейную и угловую), ускорение (линейное и угловое), энергию, работу, импульс, массу и некоторые другие.

Целью работы выступает анализ основных проблем, возникающих в процессе изучения понятий «линейная и угловая скорости» и разработка предложений по совершенствованию методики изложения данных вопросов.

Линейная скорость может быть отнесена к разряду общих физических величин, поскольку охватывает широкий спектр явлений (механических, молекулярных, электрических, квантовых). Что касается угловой скорости, то круг явлений, в которых учитывается данная физическая величина также достаточно широк. Она охватывает механические явления, описывает колебания и волны (как механические и электромагнитные), квантовые (правила квантования Бора), ядерные (частицы облают спином) явления. Физические законы и зависимости, в которые входит понятие линейной скорости: второй закон

Ньютона, реактивное движение ($M\vec{v}_p = \frac{\Delta m}{\Delta t} \vec{v} \Delta t = \vec{F} \Delta t$), вывод основного уравнения МКТ, изменение скорости в СТО, основное уравнение фотоэффекта, скорость дрейфа частиц (при определении силы тока) и некоторые другие. На первый взгляд может показаться, что угловая скорость не входит в фундаментальные законы, а является вспомогательной физической величиной, устанавливающей связи между некоторыми другими физическими величинами: скоростью, углом поворота и временем, периодом ($\omega = \frac{2\pi}{T}$), частотой ($\omega = 2\pi\nu$). Однако, важен тот факт, что на основании угловой скорости вводится понятие циклической частоты механических $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ и электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. На основании циклической частоты строится кинематический закон гармонических колебаний, а также уравнение гармонических колебаний гармонического осциллятора.

Рассмотрение линейной скорости в школьном курсе физики происходит в последовательности: $v = \frac{S}{t}$ (скорость выражается через путь) [1, с. 13] $\rightarrow \langle v \rangle = \frac{S}{\Delta t}$ (средняя скорость) [1, с. 23] $\rightarrow \vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ (скорость выражается через перемещение) $\rightarrow \vec{v}_x = \frac{x - x_0}{t}$ (выражение скорости через координату) $\rightarrow \langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ мгновенная скорость [2, с. 42]. Основная сложность связана с определением мгновенной скорости при $\Delta t \rightarrow 0$: $\vec{v}_j = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$. Ее возникновение связано с тем, что промежуток времени не может быть устремлен к нулю в математическом смысле, так как для измерения скорости обязательно необходим малый, но конечный промежуток времени. С физической точки зрения такое определение мгновенной скорости, как «скорости в данный момент времени» является бессмысленным. Отметим, что аналогичные проблемы возникают и при введении других «точечных» понятий – плотность в данной точке, температура в данной точке и т. д. Поэтому необходимо объяснить учащимся, что данные понятия являются удобными с точки зрения математического описания и не вносят, как правило, существенных проблем в физическое истолкование.

В школьном курсе физики угловая скорость определяется как величина, численно равная углу поворота радиус-вектора за единицу времени [2, с. 65]

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \quad (1)$$

С другой стороны, введение понятия угловой скорости неразрывно связано со знанием линейной скорости и рассматривается для равномерного движения по окружности:

$$\omega = \frac{v}{R}. \quad (2)$$

Следует отметить, что обе рассматриваемые физические величины являются относительными (то есть зависят от выбора системы отсчета). Относительность линейной скорости объясняется в СТО. Иллюстрацией к относительности угловой скорости может служить пример [3, с. 7]. Земной шар в системе отсчета, связанной с Солнцем, имеет угловую скорость вращения вокруг своей оси $\omega = 7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. В системе отсчета, связанной с наблюдателем, угловая скорость вращения Земли равна нулю.

При изучении угловой скорости главная сложность – определение ее характера (скалярного или векторного). Угловая скорость в школьном курсе определяется как величина, численно равная углу поворота радиус-вектора за единицу времени [2, с. 67]. Это описание модуля вектора угловой скорости. Однако модуль угловой скорости не полностью определяет характер вращательного движения, поскольку необходимо указать вокруг какой оси происходит вращение. Точно также и модуль линейной скорости требует указания направления движения. Угол поворота не является вектором, поскольку для него не выполняется свойство коммутативности. Однако бесконечно малые углы поворота могут описываться векторами – для них операция сложения коммутативна (с точностью до бесконечно малых величин второго порядка).

Такое объяснение может быть затруднительно для учащихся, поэтому при объяснении стоит ограничиться на бездоказательном указании векторного характера угловой скорости.

Таким образом, необходимо сделать выводы об изучении связи понятий линейной и угловой скоростей:

1) линейная скорость – предельный случай средней скорости, что устанавливается в процессе поэтапного изучения данной величины;

2) линейная и угловая скорости являются относительными физическими величинами.

3) при рассмотрении угловой и линейной скоростей необходимо учитывать не только модуль, но и направление.

Литература

1. Исаченкова, Л.А. Физика : учеб. пособие для 7-го кл. / Л.А. Исаченкова, Ю.Д. Лещинский ; под. ред. Л.А. Исаченковой. – Минск: Народная Асвета, 2009. – 213 с.

2. Исаченкова, Л.А. Физика : учеб. пособие для 9-го кл. / Л.А. Исаченкова, Г.В. Пальчик, А.А. Сокольский; под ред. А.А. Сокольского. – Минск: Народная Асвета, 2010. – 213 с.

3. Перельман, Я.И. Занимательная физика / Я.И. Перельман. – Москва – Ленинград, Гостехиздат. – 1951. – 174 с.

Д.А. Халецкая (ГУО «СШ № 2», Жлобин)
Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ НА УРОКЕ ФИЗИКИ

Содержание учебного материала усваивается учащимися в процессе учебной деятельности. От того, какова эта деятельность зависит результат обучения. Отношение учащихся к собственной деятельности определяется в значительной степени тем, как учитель организует их учебную деятельность. Снижение интереса к обучению во многом зависит от действий учителя. Например, неправильный отбор им содержания учебного материала, вызывающего перегрузку школьников; не владение учителем современными методами обучения и их оптимальным сочетанием; неумение строить отношения с учащимися и организовывать взаимодействие школьников друг с другом; особенности личности учителя.

Наиболее успешной считают систему индивидуализированного обучения. Она получила своё распространение в начале XX в. и рассматривается как объективная необходимость учёта индивидуальных различий детей в установившейся, уже традиционной классно-урочной системе. В начале века она развивалась в трёх направлениях: организация индивидуального режима учебной деятельности; сочетание индивидуального режима и содержания с групповой работой учащихся; организация индивидуальной работы по специально разработанным учебным материалам.

Первое направление нашло своё развитие в «Дальтон-плане»: годовой объём учебного материала разбивался на «подряды», которые состояли из ежедневных заданий. Ученик заключал с учителем «договор» о самостоятельном изучении определённого материала в назначенное время. Материал изучался в предметных кабинетах-лабораториях, где он мог получать консультации учителя по данному предмету. «Дальтон-план» приучал учащихся к самостоятельности, развивал инициативу, ответственность за взятые на себя обязательства, побуждал к поиску рациональных способов выполнения заданий.

Второе направление – сочетание индивидуального режима и содержания с групповой работой учащихся – ярче всего нашла своё выражение в «Говард-плане» и «Йена-плане». Основные положения систем: вместо одновозрастных классов – разновозрастные группы, переменные по составу; расписание занятий, выбор учебных предметов зависел от интересов каждого ребенка; учебный материал делился на «отделы», изучение которых, в основном, происходило через индивидуальную самостоятельную работу в сочетании с взаимопомощью в малой группе (4–5 человек); один учитель мог заниматься разными предметами в составе различных групп.

Третье направление можно считать прообразом программированного обучения. Оно представляет собой отход от классно-урочной системы по основным «академическим» дисциплинам; самостоятельное изучение этих дисциплин по специально подготовленным учебным пособиям; прорабатывались эти материалы в индивидуальном для каждого ученика темпе; индивидуальная работа велась в первой половине дня; обучение сопровождалось диагностическим тестированием, которое устанавливало степень приближения ученика к поставленным задачам и выявляло необходимость введения дополнительного и вспомогательного материала; во второй половине дня организовывалась групповая деятельность учащихся для приучения к коллективному труду; группы возникали на основе общих интересов.

В наше время используется классно-урочная система обучения, которая предполагает группировку учащихся в классы в соответствии с возрастом и условием знаний, основной организационной структурой является урок; содержания образования в каждом классе определяется учебными планами и программами; на основе учебного плана составляется расписание уроков. Важным элементом этой системы является планирование учебной работы учителем, от которого во многом зависит качество учебных занятий. Существует 2 вида планирования: *перспективное* – осуществляется в тематических планах, определяются темы уроков, лабораторных работ, экскурсий, намечаются контрольные письменные работы, обобщающе-повторительные

и зачетные занятия. Определяется количество учебных часов, отводимых на изучение темы, однако эти планы не детализируются; *текущее* – заключается в разработке планов, отдельных уроков. Разрабатывая содержание урока, учитель предлагает краткий план беседы, рассказа, лекции; формирует вопросы к учащемуся, задания для самостоятельной работы, перечисляет номера упражнений, определяет способы проверки знаний.

Не менее важную роль в организации самостоятельной работы играет подборка учебного материала, т. к. с его помощью мы черпаем информацию содержания обучения. Однако сама по себе информация вне потребности ребенка не имеет для него никакого значения и не оказывает никакого воздействия. Если же информация созвучна потребностям учащегося и подвергается эмоциональной переработке, то он получает импульс к последующей деятельности. Для этого содержание учебного материала должно быть доступно ученику, должно исходить из имеющихся у него знаний и опираться на них и на жизненный опыт детей, но в то же время материал должен быть достаточно сложным и трудным.

Таким образом, данные убедительно показывают, что совершенно недостаточно лишь сформулировать цель решения задачи, необходимо весь процесс решения построить как процесс разрешения определенной проблемы. Поэтому, если мы хотим найти наиболее эффективный путь формирования внутренних мотивов самостоятельной познавательной деятельности, то анализ педагогической практики учителей, показывает, что этот путь связан с использованием в обучении учебно-проблемного способа организации решения задач.

А.П. Чекан (ГУО «Средняя школа № 29, Гомель»)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

Анализируя состояние преподавания, а также знания учащихся по физике и астрономии, мы пришли к выводу, что в большинстве случаев особого улучшения качества обучаемости учащихся не произошло за последние годы перестройки. Причиной этого является пренебрежение новыми технологиями в обучении, т. е. в обучении распространены словесные методы, отсутствует вариативность в структуре урока, не учитывается личность ученика, не рассматриваются особенности коллектива класса.

Беседуя с учителями – новаторами, мы видим, что их опыт показал, что для достижения высоких результатов обучения назрела необходимость широкого использования нетрадиционных для школы форм обучения, в частности, лекционно-семинарской.

Такие формы обучения обладают рядом преимуществ: экономия времени, генерализация знаний и учебного материала, реализация политехнического принципа, а также реализация деятельностного и развивающего подхода к учению. К таким технологиям обучения мы относим: уроки-лекции, уроки-диспуты, уроки-семинары, уроки-конференции, которые являются отправной точкой для настоящей коллективной творческой деятельности учащихся. Рассмотрим более подробно уроки-семинары, которые в большинстве случаев носят проблемно-поисковый, развивающий характер

Проблемные уроки-семинары имеют ряд методических достоинств: учащиеся являются активными участниками процесса познания; предоставляется реальная возможность для самостоятельной познавательной деятельности для применения и использования приобретенных на уроках-лекциях знаний и умений в учебной деятельности; обеспечивается учет индивидуальных особенностей учащихся, содержательное общение по поводу исследуемой проблемы на основании их ролевого участия; рациональное управление поисково-творческой деятельностью учащихся на уроке; возможность (с учетом дифференцированного и индивидуального подхода) оценивать результативность обучения физике.

Исходя из методических достоинств, можно сделать вывод, что обучение с применением новых образовательных технологий должно помочь ученику направить свою деятельность на самостоятельное приобретение знаний по физике и астрономии и накопление творческого опыта. Решение поставленной и обоснованной проблемы всегда готовит благодатную почву для накопления новых знаний, для их применения в измененных, так называемых нестандартных ситуациях, для формирования диалектического мышления.

Ё.Р. Чеснуйтите (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)

Науч. рук. **О.Н. Белая**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И ГРУППОВОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

На современном этапе развития теории и методики обучения физике значимость учебного физического эксперимента неуклонно повышается.

Домашние экспериментальные исследования являются на сегодня одним из значимых дидактических резервов для повышения качества экспериментальной подготовки учащихся. При разработке дидактических материалов, ориентированных на формирование у учащихся учебных умений и навыков в постановке физических опытов, необходимо учитывать видовое разнообразие экспериментов и наблюдений. Именно такой подход позволит обеспечить формирование у учащихся всего комплекса познавательных и практических умений. В итоге у учащихся сформируются правильные представления об эксперименте как методе познания.

Особое место среди учебного физического эксперимента занимают простые опыты и наблюдения, которые чаще всего школьники выполняют не в учебных кабинетах и лабораториях, а дома.

Рассмотрим составляющие домашней лаборатории.

Учебный комплекс материальных объектов для изучения явлений природы. Перечень домашних опытов был весьма ограничен и в большей мере был связан с проведением наблюдений. В настоящее время выпускаются различные наборы учебного оборудования для проведения домашних опытов.

Использование данных наборов значительно расширяет возможности домашней лаборатории. Школьник может изучать более широкий спектр объектов естественной природы, их свойства и отношения.

Учебный комплекс материальных объектов «второй» природы. Отметим, что еще в советский период выпускались наборы для технического конструирования. С помощью данных наборов можно было создавать простейшие конструкции для изучения практических приложений в физике. Это направление по материально-техническому обеспечению домашнего технического творчества учащихся активно развивается и в настоящее время. И сейчас выпускаются специальные наборы по техническому моделированию и конструированию.

Состав технических объектов для изучения в домашних условиях может быть частично расширен благодаря использованию бытовых приборов и инструментов.

После выполнения экспериментальных заданий в домашних условиях с различными техническими объектами и инструментами (учебными, бытовыми) школьники овладевают методами работы с ними (изучают инструкцию, знакомятся с элементами устройства и принципами действия, учатся осуществлять их настройку и использовать в повседневной жизни пр.).

Учебная книга. Подготовка и проведение эксперимента, как правило, связаны с обращением учащихся к учебной книге и дополнительной

литературе. Учебную книгу используют для углубления и расширения знаний, получения справочной информации, в качестве дидактического пособия для выполнения как репродуктивных, так и творческих заданий.

Учитель должен подобрать комплект основной и дополнительной литературы по каждой теме экспериментального практикума, сформулировать задания, ориентирующие учащихся на работу с учебной литературой как средство более глубокого осознания сути домашнего эксперимента и более высокого качества его выполнения.

Среда учебной коммуникации. Домашний эксперимент выполняется учащимся, как правило, самостоятельно, но не исключает его взаимодействие *с учителем, другими учащимися, родителями, специалистами.*

Целями взаимодействия являются:

- обмен информацией по организации и проведению практикума,
- организация совместной работы учащихся над экспериментальным заданием (в парах, в группах),
- осуществление коррекции и контроля выполнения экспериментальных заданий (взаимоконтроль среди учащихся, внешний контроль со стороны учителя, родителей, специалистов).

В настоящее время эффективным инструментом для организации учебных коммуникаций служат сетевые технологии: электронная почта, блоги, форумы, социальные сети, ICQ и др.

Сетевые коммуникации создают условия для быстрой передачи больших объемов информации, причем в любом ее медиаформате. Специфика учебной среды коммуникаций состоит в том, что общение для получения новой учебной информации является весьма значимым.

Общение учителя со школьниками возможно не только во время уроков, но и в ходе консультаций в школе или индивидуальных дополнительных занятий. Электронная почта позволит учителю организовать управление учебным процессом. Он может общаться с родителями, осуществлять контроль над работой школьников, оказывать посильную помощь в форме рекомендаций.

Учащиеся могут осуществлять общение с помощью телефона, при личных встречах. Виртуальная среда позволяет организовать общение между школьниками при помощи электронной почты, чатов, форумов и пр. Родители могут задавать вопросы учителю посредством электронной почты, информировать об успехах и неудачах детей.

Учебная игровая среда. Учитель может включить в учебный процесс **игровые** элементы при организации текущих и итоговых занятий практикума.

Для каждого задания учитель стремится подобрать систему источников, которая бы позволила бы учащимся более глубоко изучить физическое явление и осуществить формирование экспериментальных навыков.

Методика организации домашнего экспериментирования учащихся должна держаться на возбуждении и поддержании постоянного и устойчивого интереса учащихся к предмету. Сама по себе наука физика и домашние опыты не смогут сразу стать источником устойчивого познавательного интереса. Для формирования первоначального интереса хорошо ставить в классе и задавать на дом занимательные опыты, но устойчивый интерес может обеспечить применение трех основных детских занятий: игры, практической деятельности и постоянного процесса мыслительной деятельности.

Литература

1. Простые опыты по физике в школе и дома: метод. пособие для учителей / П.В. Зуев. – 2-е изд., стер. – М. : Флинта, 2012. – 141 с.

2. Организация домашнего физического эксперимента в условия предпрофильной подготовки учащихся в средней школе: учебно-методическое пособие / И.М. Зенцова; ФГБОУ ВПО «Соликамский государственный педагогический институт». – Соликамск: РИО СГПИ, 2012. – 81 с. – 100 экз.

3. Домашний эксперимент по физике: пособие для учителя / М.Г. Ковтунович. – М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2007. – 207 с.

Г.В. Чистякова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

Творческие задачи обычно предполагают объяснения какого-нибудь явления природы, техники, действия известного прибора, конструирование нового устройства, построение модели явления или нахождение нового явления, удовлетворяющего определенным требованиям.

Творческие задачи по физике условно можно разделить на исследовательские (требующие ответа на вопрос «почему?») и конструкторские (требующие ответа на вопрос «как сделать?»). Такое разделение отражает два вида творчества в науке – открытия и изобретения, и может использоваться в качестве критерия подбора и составления творческих задач. Творческие задачи применяются в учебном процессе

для обучения применению знаний в новых условиях, для развития самостоятельного мышления и творческих способностей учащихся. Методика решения задач творческого характера имеет свои особенности, которые являются следствием психологических и педагогических особенностей протекания творческой деятельности учащихся. Главное в решении творческих задач - открыть принцип решения. В связи с этим, при обсуждении решения задач используются эвристические методы и приемы в форме указаний, прямых и косвенных подсказок.

Эвристическими называют методы и приемы, с помощью которых учащиеся самостоятельно могут открыть новые способы решения. Эвристические указания являются предварительным моментом в процессе решения задач и служат для наведения учащихся на идею решения. При решении творческих задач по физике могут быть использованы следующие подходы: отыскание упрощенной ситуации, которая применяется как план более сложной проблемы, и преобразование более сложной проблемы в знакомую, приемы решения которой известны. При этом возможно расчленение основной задачи на «подзадачи» и последовательное решение каждой из них.

1. Введение в условие задачи вспомогательных элементов. Например, дана задача: «Металлический шарик при комнатной температуре проходит через кольцо из того же материала, но застревает, если его нагреть. Пройдет ли шарик не нагретый через нагретое кольцо?» Если решение этой задачи затруднено для учащихся, ее можно видоизменить следующим образом. Допустим, что шарик и кольцо нагреты до одной и той же температуры: вспомогательный элемент задачи. В этом случае шарик пройдет через кольцо, поскольку у них одинаковые коэффициенты расширения. Если кольцо оставить нагретым, а шарик охладить до комнатной температуры, то очевидно, что не нагретый шарик пройдет через нагретое кольцо.

2. Специализация проблемы, т. е. выявление какой-нибудь зависимости при рассмотрении частных случаев, если учащимся неизвестно соотношение между элементами задачи. Например: «Шарик скатывается без трения по наклонному желобу. От чего зависит его ускорение?» Рассмотрим несколько случаев его движения по наклонной плоскости с различными углами наклона и приходим к выводу, что ускорение шарика изменялось от максимального значения (g) до нуля, т. е. оно зависит от угла наклона плоскости.

3. Выделение вспомогательной, упрощенной задачи с целью решения исходной. Этот прием называется генерализацией проблемы. Чтобы обратить внимание учащихся на основное явление, часть условия задачи снимают и рассматривают упрощенные варианты. Затем

постепенно вводят все дополнительные условия, и в итоге возвращаются к первоначальной формулировке задачи.

4. Один из приемов решения творческих задач по физике может быть основан на доказательстве «от противного».

5. Упрощение ситуации и сведение ее к известному случаю. Этот прием основан на допущении, что задача уже решена.

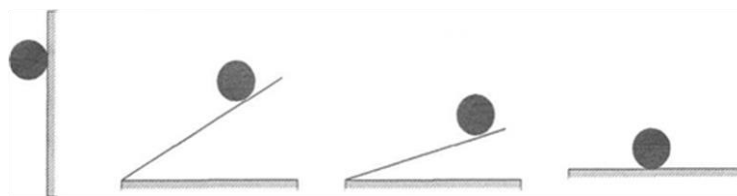


Рисунок – Движение шарика под различными углами наклона

С решением творческих задач тесно связана проблема развития технического творчества учащихся как завершающего этапа в овладении определенными знаниями по физике и их практическом использовании.

Решение творческих задач по физике создает благоприятное условие для развития творческого мышления. Оно основано на развитии самостоятельности и активности учащихся в приобретении знаний и умений. Для развития творческого мышления в процессе решения физических задач могут быть использованы следующие приемы:

а) объяснение учащимся явлений на основе известных законов и умение предвидеть протекание физических процессов при заданных условиях;

б) экспериментальное определение физических величин и технических характеристик приборов, установок и материалов;

в) выдвижение учащимися предложений по усовершенствованию технических устройств и решение конструкторских задач;

г) обсуждение вариантов решения технических задач;

д) конструирование моделей физических явлений;

е) проведение аналогий между явлениями различной физической природы.

Г.В. Чистякова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

АНАЛИТИКО-СИНТЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

В основе любого из приемов решения задачи лежит аналитико-синтетический метод. Алгоритм решения задачи следующий:

1. Ознакомление с условием задачи

Внимательное чтение ее текста, выяснение неизвестных терминов и т. п. Повторение текста (при устном решении), полная или сокращенная запись условия (при письменном решении). Выделение главных вопросов задачи.

2. Анализ содержания задачи

Исследование исходных данных. Выяснение физического смысла задачи. Подробное рассмотрение графика, чертежа, схемы, рисунка и т. п.

Анализ условия задачи позволяет представить общую картину описанного в ней явления, при этом устанавливается, какие данные или обстоятельства важны и какие несущественны для рассматриваемой ситуации.

3. Составление плана решения

Построение аналитической цепи умозаключений, начинающейся с вопроса задачи и оканчивающейся либо данными ее условия, либо результатом проведенного эксперимента, либо табличными сведениями, либо формулировками законов и определений физических величин.

4. Осуществление плана решения

Построение синтетической цепи умозаключений, начинающейся с формулировок соответствующих физических законов, определений физических величин, описаний свойств, качеств, состояний тела и оканчивающейся ответом на вопрос задачи.

Следующий этап – выполнение вычислений. На них нередко тратится много времени. Происходит это главным образом из-за неумения применять математические знания на практике.

5. Проверка ответа

Постановка необходимых физических экспериментов, сопоставление полученного ответа с общими принципами физики.

В заключение проводят проверку и анализ решения. Сначала проверяют порядок полученной величины, производят более грубое, чем это положено правилами действий с приближенными числами, округление чисел и, комбинируя действия с ними таким образом, чтобы облегчить выполнение математических операций в уме.

Подводя итог, можно заметить, что постановка учебной проблемы с помощью задач не только стимулирует у учащихся повышенный интерес к новому материалу, но дает возможность закрепить имеющиеся знания и осуществить связь полученных ранее знаний с новыми.

Д.Р. Читая, Е.В. Процак (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)
Науч. рук. **И.М. Елисеева**, д-р техн. наук, профессор

ПЕРМАНЕНТНАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ УЧРЕЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Модернизация инструментов обучения физике напрямую связана с расширением их функций, глобализацией и опережающим характером. Идеология современного образовательного процесса подразумевает вариативность системы образования; постоянный учёт изменений в социальной сфере; непрерывность системы образования; создание таких методов обучения физике, которые способствуют раскрытию индивидуальности каждого учащегося.

В настоящее время альтернативное образование объединено с возможностями применения Интернет-источников в образовательных целях. Основной частью данного проекта являются соревнования на интеллектуальном уровне, так называемые перманентные дистанционные олимпиады.

В мотивационной ориентированности данной формы образовательного процесса заложены такие принципы, как реализация инновационных образовательных технологий; выбор методов решения физических задач или степени их сложности; направленность на самосовершенствование; становление умения самостоятельно определять уровень и перспективы дальнейшего освоения знаний по физике.

Современными принципами образовательного процесса являются индивидуализация и доступность. Этим принципам придерживаются при организации и проведении перманентных дистанционных олимпиад по физике. Олимпиады проводят в течение длительного времени.

Перманентная дистанционная олимпиада является одним из способов обучения учащихся физике. Она ориентирована на самостоятельную деятельность учащегося с применением современных технических средств и способов передачи информации. Это, в свою очередь, позволяет обеспечить наиболее эффективное развитие мотивации учащегося к углублению имеющихся знаний по физике, повышает результативность всей системы обучения.

Несомненным положительным моментом такой формы организации образовательного процесса является тот факт, что в процессе проведения перманентной дистанционной олимпиады подвергаются самопроверке не только теоретическая часть изученного учебного материала, но и практические умения учащихся.

Положительным фактором, кроме расширения аудитории и обеспечения высокой доступности, вне зависимости от удаленности от её организаторов, считается еще и то, что учащиеся, участвуя в перманентных дистанционных олимпиадах по физике, находятся на собственном привычном рабочем месте, что избавляет учащегося от излишнего стресса и способствует более рациональному применению его знаний и умений в новой ситуации. К тому же у учащегося есть возможность в любой момент времени присоединиться к перманентной дистанционной олимпиаде или выйти из нее в зависимости от самооценки уровня своих знаний и умений, а это, несомненно, служит стимулом его самосовершенствования и самообразования.

Одним из вариантов проведения такой перманентной дистанционной олимпиады по физике является система управления курсами, известная как система управления обучением или виртуальная обучающая среда Moodle. Учащиеся знакомятся в системе «Moodle» с условием заданий по физике. Там же предоставляется возможность в индивидуальном порядке отправить свой результат решения того или иного задания (рисунок 1).

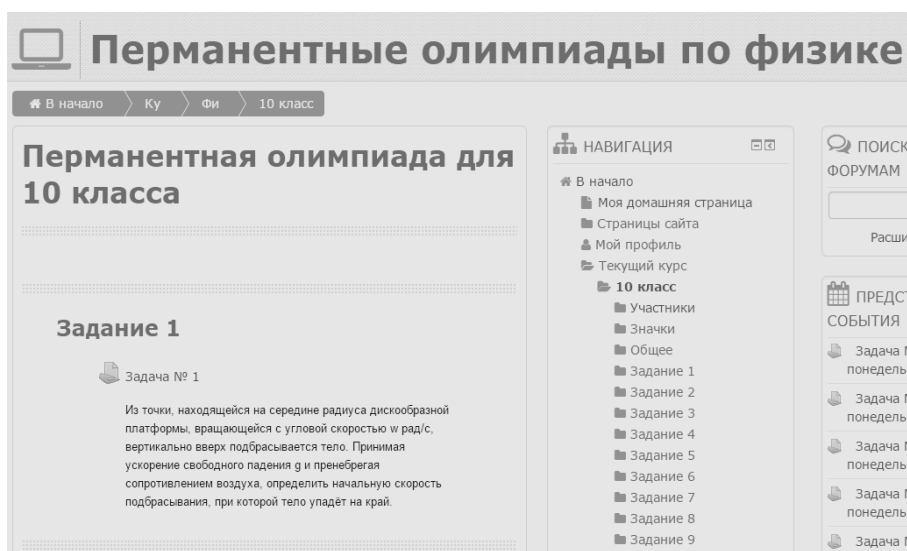


Рисунок 1

Одним из примеров таких олимпиад, является Интернет-ресурс, пройти на который можно посредством следующей адресной строки: <http://olimpphys.esy.es>. Здесь представлены задания для дистанционных олимпиад по физике учащимся 7–11 классов учреждений общего среднего образования (рисунок 2).

Как показывает практический опыт, перманентные дистанционные олимпиады развивают интерес у учащихся к более углубленному изучению физике, формируют интерес к учёбе.

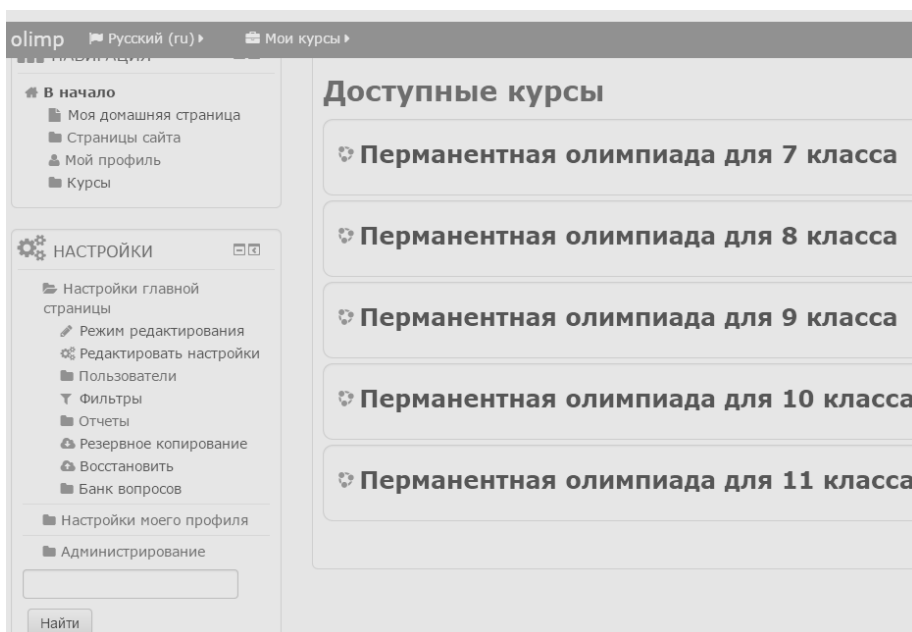


Рисунок 2

Таким образом, перманентная олимпиада по физике способствует развитию самостоятельности, целеустремлённости, самокритичности и амбициозности учащихся. Основной функцией перманентной дистанционной олимпиады по физике является совершенствование учащихся как субъектов познавательной деятельности и собственного развития.

Однако следует отметить очевидный имманентный недостаток всех дистанционных олимпиад. Он состоит в том, что априори совершенно невозможно исключить какую-либо стороннюю помощь участникам таких соревнований. Это может быть несанкционированное использование литературы, Интернет-ресурсов или прямая помощь, начиная с подсказок, до выполнения заданий вместо участника со стороны родителей, учителей или других участников. Поэтому для чистоты подведения итогов необходимо проведение очного тура победителей перманентных дистанционных олимпиад.

П.В. Шутова (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ РЕФЛЕКСИИ

В педагогической литературе существует следующая классификация видов рефлексии: **рефлексия настроения и эмоционального**

состояния; рефлексия содержания учебного материала (её можно использовать, чтобы выяснить, как учащиеся осознали содержание пройденного материала); **рефлексия деятельности** (ученик должен не только осознать содержание материала, но и осмыслить способы и приёмы своей работы, уметь выбрать наиболее рациональные).

Данные виды рефлексии можно проводить как индивидуально, так и коллективно. При выборе того или иного вида рефлексии следует учитывать цель занятия, содержание и трудности учебного материала, тип занятия, способы и методы обучения, возрастные и психологические особенности учащихся. На логопедических занятиях при работе с детьми наиболее часто используется **рефлексия настроения и эмоционального состояния**.

Широко используется приём с различными цветовыми изображениями.

У учащихся две карточки разного цвета. Они показывают карточку в соответствии с их настроением в начале и в конце занятия. В данном случае можно проследить, как меняется эмоциональное состояние ученика в процессе занятия. Учитель-логопед должен обязательно уточнить изменения настроения ребёнка в ходе занятия. Это ценная информация для размышления и корректировки своей деятельности.

«**Дерево чувств**» – учащимся предлагается повесить на дерево яблоки красного цвета, если они чувствуют себя хорошо, комфортно, или зелёного, если ощущают дискомфорт.

«**Море радости**» и «**Море грусти**» – пусти свой кораблик в море по своему настроению.

Рефлексия окончания логопедического занятия. Наиболее удачным на сегодняшний момент считается обозначение видов заданий или этапов занятия картинками (символами, различными карточками и др.), помогающими детям в конце занятия актуализировать пройденный материал и выбрать понравившийся, запомнившийся, наиболее удачный для ребёнка этап занятия, прикрепив к нему свою картинку.

Разнообразие существующих методов обучения позволяет учителю-логопеду чередовать различные виды работы, что также является эффективным средством активизации учения.

Переключение с одного вида деятельности на другой, предохраняет от переутомления, и в то же время не даёт отвлечься от изучаемого материала, а также обеспечивает его восприятие с различных сторон.

В.И. Яковенко (ГУО «Детский сад – СШ № 1», Речица)

Науч. рук. **Т.П. Желонкина**, ст. преподаватель

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Чрезвычайно удобно использовать компьютерные модели в качестве демонстраций при объяснении нового материала или при решении задач.

Согласитесь, что гораздо проще и нагляднее показать как электрон в соответствии с моделью Бора перескакивает в атоме с орбиты на орбиту, что сопровождается поглощением или испусканием кванта, используя компьютерную модель, чем объяснять это при помощи доски и мела. А если учесть, что данная модель позволяет одновременно с переходом электрона на другую орбиту показать в динамическом режиме соответствующий переход на диаграмме электронных уровней, а также вид соответствующей спектральной линии, то становится ясно, что данную демонстрацию невозможно обеспечить другими средствами. Конечно, подобная демонстрация будет иметь успех, если учитель работает с небольшой группой учащихся, которых можно рассадить вблизи монитора, или в кабинете имеется проекционная техника, позволяющая отобразить экран компьютера на стенной экран большого формата подобно кодослайду (указанная техника начинает появляться в школах города). В противном случае учитель может предложить учащимся самостоятельно поработать с моделями в компьютерном классе (такая возможность уже не является экзотикой) или в домашних условиях, что иногда бывает наиболее реально.

Разумеется, дети с большим интересом повозятся с предложенными моделями, испробуют все регулировки, как правило, не особенно вникая в физическое содержание происходящего на экране. Как показывает практика, практический опыт обычному школьнику может быть интересен в течение 3–5 минут в зависимости от красочности и сложности, а затем неизбежно возникает вопрос: А что делать дальше?

К сожалению, авторы программ не продумали методику использования моделей в процессе индивидуального обучения, задачи и вопросы, которые прилагаются к моделям, крайне не многочисленны и не всегда удачны, то есть, выбора практически нет. Что же делать, чтобы урок в компьютерном классе был не только интересен по форме, но и дал максимальный учебный эффект? Учителю необходимо

заранее подготовить план работы для учащихся с выбранной для изучения компьютерной моделью, сформулировать задачи, согласованные с возможностями модели, а также желательно предупредить учащихся, что им будет необходимо ответить на вопросы или написать небольшой отчёт о проделанной работе.

Идеальным является вариант, при котором учитель в начале урока раздаёт учащимся указанные материалы в распечатанном виде. Какие же виды учебной деятельности можно предложить учащимся при работе с компьютерными моделями?

Прежде всего, это знакомство с моделью, то есть небольшая исследовательская работа – экскурс по устройству модели и её функциональным возможностям, в которую входит знакомство с основными регулировками модели. В ходе этой работы учитель в компьютерном классе, переходя от ученика к ученику помогает освоить модель, поясняя наиболее сложные моменты и задавая вопросы, отвечая на которые учащиеся глубже вникают в суть происходящего на экране.

После того как компьютерная модель освоена в первом приближении, имеет смысл предложить учащимся выполнить 1–3 компьютерных эксперимента. Эти эксперименты позволят учащимся научиться уверенно управлять происходящим на экране и вникнуть в смысл демонстраций. Далее, если модель позволяет, можно предложить учащимся экспериментальные задачи, то есть задачи, для решения которых не обязательно производить вычисления, а необходимо продумать и поставить соответствующий компьютерный эксперимент. Как правило, учащиеся с особым энтузиазмом берутся за решение таких задач.

На этапе, когда учащиеся уже достаточно хорошо овладели моделью и углубили свои знания по изучаемому явлению, имеет смысл предложить 2–3 задачи не требующих длительного решения, которые необходимо решить без использования компьютера (некоторых учеников даже необходимо отсадить подальше) а затем проверить полученный ответ, поставив эксперимент на компьютере. Задачи, правильность решения которых можно проверить, используя компьютерную модель. При составлении таких задач необходимо учитывать как функциональные возможности модели, так и диапазоны изменения числовых параметров, заложенные авторами модели. Следует отметить, что, если эти задачи решаются в компьютерном классе, то их решение не должно превышать 5 - 8 минут.

В противном случае работа с компьютером становится мало эффективной. Задачи, требующие более длительного решения, имеет смысл предлагать в виде домашнего задания. Задачи, требующие

более длительного решения, имеет смысл предлагать для предварительной проработки в виде домашнего задания и только после этого использовать их в компьютерном классе.

Наиболее способным учащимся можно предложить исследовательские задачи, то есть задачи, в ходе решения которых учащимся необходимо спланировать и провести ряд компьютерных экспериментов, которые бы позволили подтвердить или опровергнуть определённые закономерности. Самым продвинутым ученикам можно предложить самостоятельно сформулировать такие закономерности. Творческие задания лучше предложить ученикам в виде домашнего задания.

В рамках таких заданий учащиеся самостоятельно придумывают и решают задачи, а затем проверяют свои результаты в компьютерном классе.

Содержание

Секция 1 «Новые материалы и технологии»

Адамчук Д.В. Электропроводность тонких нестехиометрических пленок SnO ₂	6
Андрухович И.М. Формирование анодного оксида алюминия в электролитах с различной диэлектрической проницаемостью	9
Блоцкий Е.А. Исследование когезии покрытия из металлического порошка пластической деформацией	12
Богдан П.С. Технологические схемы получения и использования распиловочных дисков с модифицированной поверхностью	15
Валюкевич О.С. Композиционные триботехнические покрытия на основе алифатических полиамидов для деталей металлополимерных систем	18
Василевский Г.В. Потери энергии электромагнитных волн при изгибах оптоволоконных световодов	21
Вилейшикова Е.В. Люминесценция европия в стеклокерамике с нанокристаллами ниобатов редких земель (Eu, Yb)NbO ₃	23
Войтович М.М. Способ применения концентратора кислорода для повышения мощности двигателя внутреннего сгорания	26
Гуненко А.В. Электронно-пластическая деформация металлов в условиях статистической нагрузки при непрерывном растяжении.....	28
Гуца А.А. Наноразмерные композиции, повышающие антифрикционные свойства смазочных материалов.....	31
Денисюк С.В. Морфология пленок оксидов железа по данным растровой электронной микроскопии.....	34
Зайковский В.В., Жук А.Ю. Импульсная лазерная абляция политетрафторэтилена в жидкости.....	36
Исаков С.А., Полякова А.М., Повидайко Д.В. Определение краевого угла смачивания.....	38
Ковалевич М.А. Фотокаталитические покрытия на основе зтоксида титана, легированные ионами Се.....	41
Коленко П.Л., Ситак А.В. Повышение коррозионной стойкости пружин энергоаккумуляторов тормозной камеры	44
Колесов Е.А. Спектры комбинационного рассеяния пленок графена, полученных методом химического газофазного осаждения	47
Кондратьева Ю.А. Формирование водородосодержащих доноров в эпитаксиальном кремнии, имплантированными различными дозами низкоэнергетических протонов.....	50

Сергиенко И.Г., Исаков С.А., Полякова А.М., Повидайко Д.В. Исследование краевого угла смачивания наносuspензий, полученных методом импульсной лазерной абляции твердых тел в жидкости	53
Копть М.А. Исследование триботехнических и защитных свойств функциональных покрытий из смесевых полиамидных композиций.....	55
Куликовский Е.Ю. Холодильная установка с солнечной батареей на базе рефрижератора.....	58
Курьян Н. Н. Лобанов Д.Р., Юдин В.С. Исследование микроэлементного химического состава антипирена ХМФС методами спектрального анализа	60
Лагодич А.В., Семижон А.В. Применение эффекта Пельтье в системах охлаждения современных ПК	63
Лейбович В.В. Исследование звукопоглощающих композитов для шумопонижающих конструкций кабин транспортных средств	65
Леоновец С.С., Микита А.Н., Шейкин В.И., Сенибабнов А.И. Оптические свойства монокристаллов In_2S_3 и FeIn_2S_4 со структурой шпинели	66
Липницкий О.А. Оптимизация конструкторско-технологических решений роторного тонкопленочного испарителя, применяемого при производстве капролактама	69
Лобанов Д.Р., Юдин В.С., Курьян Н.Н. Исследование микроэлементного химического состава строительного песка методами спектрального анализа	72
Макаревич А.В. Зависимость дифракционной эффективности пропускающих голограмм от толщины кристалла $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$	75
Монич С.Г. Оценка цитотоксичности поверхности металлических имплантатов от способов ее обработки	78
Москвичев М.И. Способ получения полых микросфер	81
Пилецкая Д.М. Влияние изовалентной примеси кремния на образование и отжиг комплекса донор-вакансия в германии	83
Проневский А.Г. Температурная зависимость положения g-линии в спектре КРС бислоя графена на медной подложке	86
Романюк Н.А., Якушевич И.М. Выращивание кристаллов $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$ методом направленной кристаллизации расплава ...	89
Садовский Е.Н. Электролитно-плазменная обработка металлов	92
Садовский Е.Н. Методы снижения энергоемкости процесса электролитно-плазменной обработки металлов	94
Симаньков А.А. Формирование прозрачных электродов с низким сопротивлением	96
Подмаско И.В., Ситак А.В. Технологические особенности	

формирования функциональных покрытий из ионизированного псевдооживленного слоя	98
Якушевич И.М., Романюк Н.А. Выращивание и структура монокристаллов In_2Se_3	101
Ситкевич А.Л. Геометрические параметры наночастиц как модификаторов полимерных композитов	103
Станчик А.В. Кристаллическая структура тонких пленок $\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x\text{S}$, полученных методом горячей стенки	107
Талан В.А. Люминесцентные жидкокристаллические материалы, излучающие в зеленой области спектра	109
Тюленкова Н.И. Изучение оптических свойств прозрачных проводящих золь-гель покрытий	111
ХО ВЬЕТ Электрические свойства гибридных пленок из углеродных и неорганических нанотрубок	114
Черненко Е.В. Резонансное фотоакустическое преобразование бесселевых световых пучков в магнитоактивных сверхрешетках	117
Черчук В.А. Разработка методики синтеза сверхтвёрдых материалов на основе бора, армированных мелкодисперсными порошками металлов	121
Шупан П.И. Методика получения хромовых электролитических покрытий из электролитов, содержащих наноразмерные частицы, полученные при лазерной абляции	123
Шупан П.И., Сергиенко И.Г. Размерные характеристики наночастиц, полученные методом импульсной лазерной абляции политетрафторэтилена в жидкости	126
Юдин В.С., Лобанов Д.Р., Курьян Н.Н. Исследование элементного состава питьевой воды рентгенофлуоресцентным методом... ..	129
Яковлева М.А., Ivanov E., Petrova I., Kotsilkova R. Электромагнитные свойства трехфазных полимерных композитов на основе многостенных углеродных нанотрубок в микроволновом диапазоне частот.....	132

Секция 4 «Методика преподавания физики»

Аннагельдыева Т.А. Графические задачи по физике	136
Борисова Ю.Б. Значение школьного физического эксперимента	139
Борисова Ю.Б. Учебный физический эксперимент, его задачи и структура	142
Бурлысенко А.В. Применение метода интегрированного обучения на уроках физики и информатики	143
Васильева Е.Н. Профессионально-методическая подготовка современного учителя физики	146

Галёта А.В. Нетрадиционные уроки как средство повышения познавательного интереса	149
Гнётова В.В. Диагностика профессиональных компетенций выпускников инженерно-технического профиля	150
Головенько В.А. Применение историко-методологических знаний при изучении раздела «Оптика»	151
Григоренко М.О. Компьютерные модели в школьном курсе физики	154
Григоренко М.О. Формы использования информационно-коммуникативных технологий (ИКТ) в процессе изучения физики	156
Гришенкова Е.С. Технология проблемного обучения.....	159
Дылюк И.В. Решение физических задач с помощью рисунка (чертежа).....	160
Зуйко С.В. Компьютерные технологии на уроках физики.....	162
Ильина М.В. Физические парадоксы.....	165
Исайчикова Н.А. Психолого-педагогические основы внеклассной работы	167
Казакова М.А. Интерактивные методы на уроках физики	168
Калюта Ю.С. Классификация экспериментальных задач по физике	169
Козел Ю.А. Методические варианты проведения демонстрационного эксперимента по теме «Давление газа».....	172
Коровина Н.В. Закон электромагнитной индукции Фарадея	174
Мазай О.А. Организация внеклассной работы по физике	176
Санина Я.О. Применение наглядных пособий и технических средств обучения при решении физических задач	177
Максименко В.Н. Гироскопы и их применение	178
Малиновский В.В. Интегрированный урок физики и психологии	180
Малиновский В.В. Формирование мотивов учения.....	182
Мельниченко В.Д. Компьютерные технологии на уроках физики	183
Мизева Ю.Н. Развитие мышления учащихся в процессе обучения физике.....	186
Моляков Ю. А. Комплект оборудования нового поколения для фронтальных лабораторных работ	187
Музыка А.В. Факультативные занятия по физике.....	190
Музыченко П.В. Применение тестирующих компьютерных программ для контроля знаний по механике	191
Нагорная Н.В. Групповые формы внеклассных мероприятий... ..	194
Наркович А.А. Сетевое методическое взаимодействие по организации учебно-исследовательской деятельности учащихся по физике	195
Николаева К.В. Оценка неопределенности измерений в лабораторном практикуме по метрологии	197

Побыловский А.А. Внедрение электронных учебников в учебный процесс	199
Подлесный А.А. Классификация видов самостоятельной работы учащихся	201
Потапенко Ю.В. Теоретические и экспериментальные подходы к решению задач по теме «Закон Ома для полной электрической цепи».....	202
Почиани И.В. Метод иллюстрации и демонстрации в обучении физике	205
Процак Е.В., Читая Д.Р. Мониторинг знаний учащихся 8 класса по физике	206
Сакович В.В. Методы и методические приемы обучения физике	209
Санина Я.О. Применение наглядных пособий и технических средств обучения при решении физических задач	211
Старушенко Д.М. Организация экспериментально-исследовательской деятельности в процессе обучения физике	212
Старушенко Д.М. Подходы к организации исследовательской деятельности учащихся в процессе обучения физике	214
Степченко Т.Р. Формы контроля знаний и умений учащихся ...	215
Суворов С.В. Формирование исследовательских умений при проведении внеурочных занятий по физике	216
Сугакевич Т.А. Дидактические основы определения содержания электронных презентаций при обучении физике	219
Терешенкова Ю.Н. Проблемные ситуации на уроках физики	222
Филиппенко О.С. Угловая и линейная скорости в курсе физики средней школы	223
Халецкая Д.А. Организация самостоятельной работы учащихся на уроке физики	226
Чекан А.П. Современные образовательные технологии при обучении физике и астрономии	228
Чеснуйтите Ё.Р. Домашние экспериментальные исследования по физике для индивидуальной и групповой работы учащихся	229
Чистякова Г.В. Творческие задачи по физике	232
Чистякова Г.В. Аналитико-синтетический метод решения задач	234
Читая Д.Р., Процак Е.В. Перманентная дистанционная олимпиада по физике для учащихся учреждений среднего образования	236
Шутова П.В. Классификация видов рефлексии	238
Яковенко В.И. Методика применения компьютерных моделей в школьном курсе физики	240

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ**

Материалы IV Республиканской
научной конференции
студентов, магистрантов и аспирантов

(Гомель, 15 апреля 2015 года)

В трёх частях

Часть 1

Подписано в печать 29.09.2014. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 14,4.
Уч.-изд. л. 15,8. Тираж 8 экз. Заказ 569.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013.
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.