

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Томский государственный педагогический университет»**



**XIV Всероссийская с международным участием  
конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Наука и образование»  
(19–23 апреля 2010 г.)**

**ТОМ I  
ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ  
ЧАСТЬ 1**

Томск  
2010

~ 1 ~

ББК 74.58  
В 65

*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
ГОУ ВПО «Томский государственный педагогический университет»*

В 65 XIV Всероссийская с международным участием конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и образование» (19–23 апреля 2010 г.) : В 6 т. Т. I : Естественные и точные науки. Ч. 1 ; ГОУ ВПО «Томский государственный педагогический университет». – Томск : Издательство ТГПУ, 2010. – 260 с.

**Научные редакторы:**

Бондарчук С.С., доктор физ.-мат. наук, профессор  
Гельфман Э.Г., доктор пед. наук, профессор  
Румбешта Е.А., доктор пед. наук, профессор  
Яхонтов С.В., доктор мед. наук, профессор  
Чуприков Н.Л., канд. физ.-мат. наук, доцент  
Забарина А.И., канд. физ.-мат. наук, доцент  
Шабанова И.А., канд. пед. наук, доцент  
Войцековская С.А., канд. биол. наук, доцент  
Родикова А.В., канд. биол. наук, доцент  
Клишин А.П., ст. преп.

СТАТЬИ ПУБЛИКУЮТСЯ В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ

© ГОУ ВПО «ТГПУ», 2010

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ

- \*теоретическая физика
- \*физика и методика ее преподавания
- \*алгебра и теория чисел
- \*методика преподавания математики
- \* информатика и информационные технологии

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ФИШЕРА-КОЛМОГорова-ПЕТРОВСКОГО-ПИСКУНОВА С ГАУССОВЫМ НЕЛОКАЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ.....	8
<i>Алеутдинова В. А.</i>	
ВЛИЯНИЕ СВЕРХСИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ ПУЛЬСАРОВ .....	12
<i>Безродный Д. А.</i>	
УГЛОВОЙ МОМЕНТ СПИНОВОГО СВЕТА .....	17
<i>Константинова О. А.</i>	
ПРЕЦЕССИЯ ТОМАСА КАК ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА .....	22
<i>Немченко Е. А., Бордовицын В. А.</i>	
БРСТ-ЗАРЯД ДЛЯ АЛГЕБР С ТРЕМЯ ОБРАЗУЮЩИМИ .....	26
<i>Радченко О. В.</i>	
ПОСТРОЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ МАССИВНЫХ ФЕРМИОННЫХ ПОЛНОСТЬЮ АНТИСИММЕТРИЧНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ АДС.....	31
<i>Рыскина Л. Л.</i>	
ЛАГРАНЖЕВА ФОРМУЛИРОВКА ДЛЯ ТЕОРИИ МАССИВНЫХ АНТИСИММЕТРИЧНЫХ ФЕРМИОННЫХ ПОЛЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ АНТИ ДЕ-СИТТЕРА.....	35
<i>Рыскина Л. Л.</i>	
ЭФФЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ БЕЗМАССОВОГО ПОЛЯ СО СПИНОМ 3 В ПРОСТРАНСТВЕ АНТИ ДЕ СИТТЕРА.....	39
<i>Снегирев Т. В.</i>	
ИЗЛУЧЕНИЕ КИЛЬВАТЕРНОГО СЛЕДА КАНЛИРУЮЩЕЙ ЧАСТИЦЫ .....	44
<i>Соседова М. А.</i>	

ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ФКПП  
ДЛЯ СЛУЧАЯ СТУПЕНЧАТОГО НЕЛОКАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....49  
**Шапарев В. Э.**

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ДИПОЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ  
ПО СОЗДАВАЕМОМУ ИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ .....55  
**Янц Ю. Г.**

## **ФИЗИКА И МЕТОДИКА ЕЕ ПРЕПОДАВАНИЯ**

ОБУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАМ ПРОБЛЕМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 7 КЛАССЕ.....60  
**Александрович Е. П.**

ТЕЛЕСКОПЫ .....64  
**Аржаник А. А., Аржаник А. Р., Ивасенко Н. Ф., Лобода Ю. О.**

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ  
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО» .....70  
**Бетенкова Т. Ю.**

ФОРМИРОВАНИЕ РАССЛОЕННОЙ СТРУКТУРЫ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫХ  
ИНТРУЗИЙ НА ПРИМЕРЕ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО  
ДУНИТ-ТРОКТОЛИТ-ГАББРО-НОРИТОВОГО МАССИВА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ) .....75  
**Бисеров А. В.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
НА УРОКАХ ФИЗИКИ В ВЕЧЕРНЕЙ ШКОЛЕ.....82  
**Ефименко А. А.**

РАЗВИТИЕ УМЕНИЯ ОБЪЯСНИТЬ ЯВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ И РЕШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ.....85  
**Кипова Р. А.**

МЕРТВАЯ ПЕТЛЯ .....91  
**Лемаев А. М., Парпура Д. И., Аржаник А. Р., Ивасенко Н. Ф., Лобода Ю. О.**

СИСТЕМА ЕCTS В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ .....95  
**Лежнина Л. В.**

ЛАЗЕРЫ.....98  
**Лобода Е. Г., Аржаник А. Р., Ивасенко Н. Ф., Лобода Ю. О.**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ  
СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ.....103  
**Оль Е. Н.**

МЕЖДОЛИННОЕ РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ФОНОНАХ В КРИСТАЛЛЕ GAN.....106  
**Пермякова М. Ю., Лобода Ю. О., Обухов С. В.**



ПРИНЦИП ИСТОРИЗМА В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ.....	108
<i>Питерская И. П.</i>	
ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УРОКОВ ФИЗИКИ .....	113
<i>Северюгина С. С.</i>	
РОЛЬ ДОМАШНЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ В ФОРМИРОВАНИИ НАУЧНОГО МИРВОЗЗРЕНИЯ .....	118
<i>Соломатина И. А.</i>	
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ КАПЛИ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ .....	121
<i>Усанина А. С., Бондарчук С. С.</i>	
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАСТЕКАНИЯ КАПЛИ ПО ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МАЛЫХ СКОРОСТЯХ СТОЛКНОВЕНИЯ .....	125
<i>Усанина А. С., Бондарчук С. С.</i>	
МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА .....	127
<i>Федоров Ю. Я.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРОЕКТОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ .....	130
<i>Хакимова А. Х.</i>	

## АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

О ГРУППЕ АВТОМОРФИЗМОВ ГРУППЫ $D_{2n}$ .....	135
<i>Авдеева Н. Н.</i>	
О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ХОЛЛОВЫХ ПОДГРУПП .....	139
<i>Балицкая З. И.</i>	
ПОСТРОЕНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИ ЗАМКНУТОГО ПОЛЯ НЕНУЛЕВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	143
<i>Киселева А. В.</i>	
НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПРОСТЫХ И МАКСИМАЛЬНЫХ ИДЕАЛОВ КОММУТАТИВНОГО КОЛЬЦА С ЕДИНИЦЕЙ.....	149
<i>Козлов В. О.</i>	
ПРИМАРНЫЕ $IF$ -ГРУППЫ.....	155
<i>Никольская (Савинкова) М. М.</i>	
О ЛОКАЛЬНО ЦИКЛИЧЕСКИХ И КОЦИКЛИЧЕСКИХ ГРУППАХ.....	157
<i>Прокопчук И. И.</i>	

## МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

ПОИСК ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ .....	162
<i>Воронова А. А.</i>	
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ.....	167
<i>Купреева Ю. А.</i>	
ГЕОМЕТРИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ГАРМОНИИ. МОДУЛОР ЛЕ КОРБЮЗЬЕ.....	172
<i>Ганжа А., Никифорова А.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ СХЕМ ПОНЯТИЯ «УРАВНЕНИЕ» В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ .....	176
<i>Прусова О. Н.</i>	
КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССА ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОННОГО РЕПЕТИТОРА «СИМВОЛ» .....	180
<i>Скрябина Д. Н.</i>	
ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ К ЕГЭ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО РЕПЕТИТОРА «СИМВОЛ».....	183
<i>Федорова О. С.</i>	
МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛОГИКИ В ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЕ.....	185
<i>Чечерина О. В.</i>	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА В КУРСЕ ТРИГОНОМЕТРИИ .....	190
<i>Чистякова Е. В.</i>	
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В ИТОГОВОМ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ.....	196
<i>Чудинова И. С.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, НАХОДКИ.....	198
<i>Юсупова Е. В.</i>	

## ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИЗМЕНЕНИЕ РЕАКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МОЩНОСТИ В ТРАНЗИСТОРНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ.....	204
<i>Гусев А. А., Молчан О. В., Хайрулин Р. Х., Чеботарь А. Б., Бачева А. В.</i>	
МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА E-COURSE 2.0 .....	207
<i>Казарин С.А., Клишин А.П.</i>	

ПОСТРОЕНИЕ РОЗАГРАММ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НАПРАВЛЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ.....	210
<b>Карпова И. А.</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕЖКАДРОВОГО МЕТОДА РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ПРИ ДЕКОДИРОВАНИИ ЦИФРОВОЙ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ.....	217
<b>Кох А. М.</b>	
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ CASE – СИСТЕМ В ОБУЧЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЮ БАЗ ДАННЫХ.....	221
<b>Красиков И. А.</b>	
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКА С ОСОБЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА «ШКОЛА-ДЕТСКИЙ САД».....	227
<b>Екимова Л. В., Ляпунова Н. Б.</b>	
АНАЛИЗ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ.....	233
<b>Николаев В. В.</b>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	237
<b>Эфа Е. А., Сатеева Э. А.</b>	
ПОДГОТОВКА ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ В SCORM ФОРМАТЕ.....	241
<b>Селихова Е. А.</b>	
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ.....	245
<b>Сухушин А. С.</b>	
КОМПЬЮТЕРНАЯ 3D МОДЕЛЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА.....	250
<b>Энхцэцэг П., Уламбаяр Т.</b>	
РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧНОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ ПРОГРАММИРОВАНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ WEB-ВИЗУАЛИЗАТОРОВ.....	256
<b>Якименко О. В.</b>	

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ФИШЕ- РА-КОЛМОГорова-ПЕТРОВСКОГО-ПИСКУНОВА С ГАУССОВЫМ НЕЛОКАЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

*Алеутдинова В. А.*

Томский государственный университет

*Научный руководитель: А.В. Шаповалов, д.ф.-м.н., проф., зав. кафедрой теоретической физики физического факультета ТГУ*

Уравнения типа «реакция-диффузия» (уравнения РД-типа) широко применяются для описания поведения различных нелинейных физических, химических, биологических и других систем [1], состоящих из большого числа взаимодействующих частиц или подсистем. Характерным признаком подобного взаимодействия является формирование пространственно неоднородных структур – морфогенез [2, 3]. Например в биологии, результаты многочисленных экспериментов показали, что реакция на внешние воздействия популяции микроорганизмов значительно отличается от поведения отдельных особей, и описывается уравнением РД-типа, что представляет большой интерес для исследования, так как понимание взаимодействия бактерий в колонии может быть ключом к осознанию общих свойств и принципов коллективного поведения динамики систем, состоящих из большого числа элементов, чье взаимодействие носит нелинейный характер.

Однако же уравнение ФКПП не позволяет учесть многие факторы, влияющие на поведение системы. Поэтому является целесообразным ввести дополнительные члены в уравнение, получая нелокальное обобщение базового уравнения.

Таким образом, на сегодняшний день разрабатываются численные и аналитические методы изучения динамики систем, описываемых нелокальными уравнениями РД-типа.

В [6] развит формализм квазиклассических асимптотик для обобщенного уравнения ФКПП, в котором учитывается нелокальное взаимодействие и нелокальный дрейф. Для одномерного случая уравнение (1) с гауссовой функцией влияния  $b(x, y, t) = \exp(-(x - y)^2 / \sigma^2)$  изучалась в [5]. Численное моделирование одномерной динамики показало, что локализованное начальное распределение распространяется вдоль оси

$x$  в обе стороны от центра локализации с образованием серии локальных максимумов, что можно рассматривать как процесс формирования популяционной структуры в одномерном случае [4, 5].

В данной работе численными методами исследована динамика формирования одномерных пространственно неоднородных структур в рамках обобщенной РД-модели ФКПП с нелокальным взаимодействием конечного радиуса и учетом сноса, для начальных условий с одним центром локализации. Показано, что характер динамики зависит от выбора параметров уравнения.

Одномерное нелокальное уравнение ФКПП со сносом.

Динамическое уравнение, обобщающее уравнение ФКПП в данном случае, запишем в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + a(x,t)u(x,t) + \frac{\partial}{\partial x} [V_x(x,t)u(x,t) + \\ + ku(x,t) \int_{-\infty}^{\infty} W_x(x,y,t)u(y,t)dy] - ku(x,t) \int_{-\infty}^{\infty} b(x,y,t)u(y,t)dy. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $u(x,t)$ , кинетическая переменная (массовая плотность или концентрация, отнесенная на единицу длины), – зависит от времени  $t$  и пространственной координаты  $x$ . Коэффициент диффузии  $D$  выбирается постоянным, параметр  $a(x,t) > 0$  представляет собой темп роста величины  $u(x,t)$ , квадратичные по плотности потери описываются интегральным членом в уравнении (1) с функцией влияния  $b(x,y,t)$ . Зависимость коэффициентов  $a(x,t)$  и  $b(x,y,t)$  от пространственных координат  $(x,y)$  и времени  $t$  позволяет учитывать пространственную неоднородность и нестационарность условий протекания популяционных процессов, обусловленных внешними факторами. Выражение под градиентом, в дальнейшем будем называть его сносом, отвечает за нелокальный дрейф. Будем также считать величины, входящие в уравнение (1), безразмерными.

В данной работе решения построены для случая  $a = const$ , для функций  $b(x,y,t)$  вида

$$b(x,y,t) = \exp(-(x-y)^2 / \sigma^2), \quad (2)$$

$$b(x,y,t) = \delta(x-y) \quad (3)$$

линейной функции  $V_x(x,t)$

$$V_x = cx + e \quad (4)$$

и  $W_x(x,y,t)$  вида:

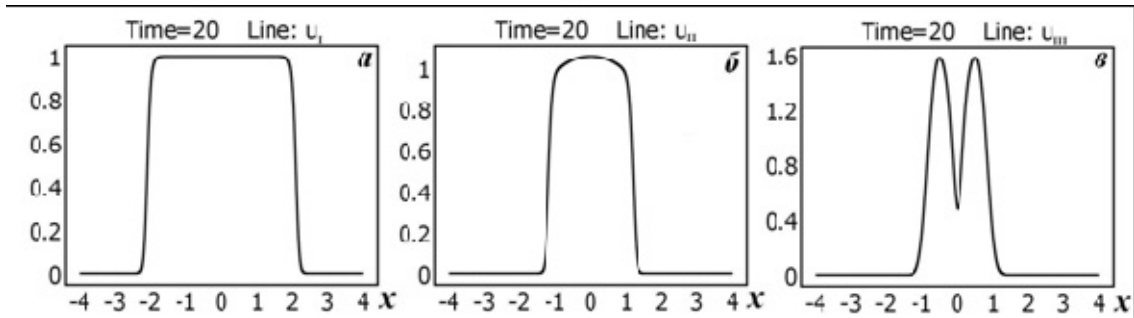
$$W_x = W_0 x \exp[-(x-y)^2 / \sigma^2]. \quad (5)$$

### Анализ численных решений.

Для анализа свойств динамики сравним численные решения для начальной функции:

$$u(x, 0) = u_0(x) = f_0 \exp(-x^2 / \sigma_0^2) \quad (6)$$

для уравнения (1).



**Рис. 1.** Численные решения уравнения (1) для функции вида (6) при  $D=0.001$ ,  $a=2$ ,  $k=2$ ,  $\sigma=0,4$ ,  $\sigma_0=0,1$ ,  $f_0=8$ ,  $t=20$ ,  $c=0$  (Рис. 1а),  $c=0,03$  (Рис. 1б, 1в),  $e=0$ ,  $W_0=0$  (Рис. 1а),  $W_1=0,045$  (Рис. 1б, 1в) для функции  $b(x,y,t)$  вида (2) (Рис. 1а, 1б), вида (3) (Рис. 1в)

Результаты численного решения уравнения (1) при условиях при  $D=0.001$ ,  $a=2$ ,  $k=2$ ,  $\sigma=0,4$ ,  $\sigma_0=0.1$ ,  $f_0=8$ ,  $t=20$ , приведены на Рис. 1, из которого видно, что начальное возмущение не достигает пространственных границ расчетной области, что соответствует асимптотическим нулевым граничным условиям  $u(x,t)_{x \rightarrow \pm\infty} = 0$ .

Характерная стадия роста популяции при функции  $b(x,y,t)$  вида (3) показана на рисунках 1а и 1б, где распределение  $u_I$  построено при значениях функций  $V_x=0$ ,  $W_x=0$ , а в распределении  $u_{II}$  значения коэффициентов в них  $c=0.03$ ,  $e=0$ ,  $W_0=0.045$ . При подобного вида условиях, наблюдается равномерное расширение начального распределения без формирования каких-либо структурных образований. Однако, при учете сноса, имеет место постепенное уменьшение значений функции  $u$ , в то время как без его учета высота распределения всюду одинакова и равна  $u_0$ .

При рассмотрении численных решений уравнения (1) с функцией нелокальных потерь  $b(x,y,t)$  вида (2) и учетом сноса, полученное решение обладает явной структурированностью, и на более поздних этапах эволюции системы возникает стационарное решение.

В работе построены численные решения уравнения (1), соответствующие нулевым граничным условиям на бесконечности, при функциях  $b(x,y,t)$  вида (2) и (3), с учетом и без учета сноса. Анализ численных решений, проведенных для гауссова начального распределе-

ния  $u_0(x)$ , показал, что формирование пространственно неоднородных структур характерно для вида коэффициента конкурентных потерь  $b(x, y, t)$  (2), кроме того, учет сноса влияет на вид распределения и позволяет получить различные его виды.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке АВЦП ФАО Министерства образования и науки РФ № 2.1.1/3436; Федерального агентства по науке и инновациям России по контракту № 02.740.11.0238.

### **Список литературы**

---

1. Grindrod P. The theory and application of reaction-diffusion equations. – Oxford: Clarendon Press, 1996. — 275 p.
2. Fisher R.A. The wave of advance of advantageous genes // Annual Eugenics. – 1937. – V. 7. – P. 255–369.
3. Колмогоров А.Н., Петровский Н.Г., Пискунов Н.С. Исследование уравнения диффузии, соединенной с возрастанием вещества, и его применение к одной биологической проблеме // Бюллетень МГУ. Сер. А. Математика и Механика. – 1937. – Т. 1. – № 6. – С. 1–16.
4. Fuentes M.A., Kuperman M.N., Kenkre V.M. Nonlocal interaction effects on pattern formation in population dynamics // Phys. Rev. Lett. – 2003. – V. 91. – P. 158104-1– 158104-4.
5. Борисов А.В., Резаев Р.О., Трифонов А.Ю., Шаповалов А.В. Численное моделирование одномерной популяционной динамики с нелокальным взаимодействием // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 2. – С. 24–28.
6. Трифонов А.Ю., Шаповалов А.В. Одномерное уравнение Фишера–Колмогорова с нелокальной нелинейностью в квазиклассическом приближении // Известия вузов. Физика. – 2009. – Т. 52. – № 9. – С. 14–23.

## ВЛИЯНИЕ СВЕРХСИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ ПУЛЬСАРОВ

*Безродный Д. А.*

Томский государственный университет

*Научный руководитель: В. А. Бордовицын, д. ф.-м. н., проф.*

Пульсары, быстровращающиеся нейтронные звёзды, примечательны среди разнообразных физических объектов тем, что они представляют собой уникальные «физические лаборатории», в которых реализуются экстремально большие значения скоростей, плотностей материи, напряжённостей магнитных полей, недоступные на Земле. Кроме того, уникальный характер излучения пульсаров, регистрируемый на земле в виде коротких импульсов в широком диапазоне частот, позволяет производить диагностику межзвёздной среды. В связи с этим пульсары представляют большой интерес для современной астрофизики. Однако в настоящее время нет полных и правдивых теорий, позволяющих описывать пульсары с большой точностью. Поэтому анализ наблюдаемых профилей пульсаров является ключевым для проверки состоятельности той или иной теории. В данной работе представлены результаты построения профилей пульсаров с учётом сверхсильных магнитных полей. Учёт подобных полей является дополнительным инструментом, позволяющим получить более близкие к реальным теоретические профили пульсаров, по которым можно делать выводы о действительных физических условиях, справедливых для пульсаров.

Вся вычислительная часть данной работы опирается на кинематический метод формирования профилей излучения пульсаров [1], а также его обобщении на случай сверхсильных магнитных полей. Дальнейшие рассуждения будем проводить, для верного механизма излучения и усреднённой по периоду обращения источника вокруг пульсара индикатрисы углового распределения мгновенной мощности релятивистского синхротронного излучения одной частицы.

Введём такую систему координат (рис. 1), что ось  $Z$  совпадает с осью вращения пульсара, вектор  $\vec{k}$  является направляющим для магнитной оси, и задаётся углами  $\hat{e}$  и  $\Omega t$ , единичный вектор  $\vec{n}$ , направлен на наблюдателя и определяется через углы  $\delta$  и  $\lambda$ . Выбирая начальный момент  $t=0$  так, чтобы вектор  $\vec{k}$  лежал в плоскости  $ZY$ , получим, что

$$\vec{n} = (\cos \lambda \sin \delta, \sin \delta \sin \lambda, \cos \delta)$$

и



$$\vec{k} = (\sin \hat{e} \sin \Omega t, -\cos \Omega t \sin \hat{e}, \cos \hat{e}).$$

Далее будем рассматривать излучение частиц, движущихся в плоскости, ортогональной магнитной оси. Тогда угловое распределение мощности можно найти, определив значения в точках пересечения усреднённой за период индикатрисы мощности излучения частицы с вектором  $\vec{n}$ .

Угловое распределение излучения, усреднённое по периоду обращения источника вокруг пульсара, представимо в виде

$$dW = W \rho(\theta) \sin \theta d\theta, \quad (1)$$

где  $W$  – полная мощность излучения, а  $\rho(\theta)$  – нормированная на единицу функция углового распределения излучения.

Для синхротронного излучения  $W = \frac{2}{3} \frac{e}{c} \omega^2 \beta^2 \gamma^4$ , где  $e$  – заряд,  $c$  – скорость света,  $\beta = v/c$ ,  $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ ,  $v$  – скорость частиц, и

$$\rho(\theta) = \frac{3}{8} \gamma \left[ \frac{2 + \beta^2 \sin^2 \theta}{(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{5/2}} - \frac{\sin^2 \theta (4 + \beta^2 \sin^2 \theta)}{4 \gamma^2 (1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{7/2}} \right]. \quad (2)$$

Очевидно, что угол  $\theta$  изменяется с течением времени, а вектор  $\vec{k}$  прецессирует вокруг оси  $Z$ . Тогда с помощью скалярного произведения векторов  $\vec{k}$  и  $\vec{n}$  найдём, что

$$\cos \theta = \cos \delta \cos \hat{e} - \sin \delta \sin \hat{e} \sin(\lambda - \Omega t). \quad (3)$$

Таким образом, мы получили зависимость угла  $\theta$  от времени, что необходимо для определения профиля излучения пульсара.

Однако в работе [1] рассматривается только случай обычных магнитных полей. Тем не менее, есть все основания полагать, что пульсары обладают сверхсильными магнитными полями, для которых начинают проявляться квантовые эффекты. Обобщить функцию углового распределения излучения на этот случай можно, воспользовавшись формулой, приведённой в [2]:

$$\rho(\psi) = \frac{\{(7 + 12\psi^2)(1 + \psi^2) + 35\xi^2 \sqrt{1 + \psi^2} [(1 + \psi^2)^{3/2} + 2\xi]^{-1}\}}{[(1 + \psi^2)^{3/2} + 2\xi]^3}, \quad (4)$$

где  $\psi^2 = \frac{\cos^2 \theta}{1 - \beta^2}$ ,  $\xi = 3 \frac{\mu_0 H}{m_0 c^2} \gamma$  – хорошо известный параметр в релятивистской квантовой теории излучения, а  $\mu_0 = \frac{e_0 h}{(4\pi) m_0 c}$  – магнетон Бора.

Очень важно, что в классическом приближении, когда  $\xi \rightarrow 0$ , эта формула переходит в формулу углового распределения мощности в теории синхротронного излучения:

$$\rho(\psi) = \frac{7 + 12\psi^2}{(1 + \psi^2)^{7/2}}, \quad (5)$$

совпадающей с формулой, полученной в [1] с точностью до масштабного множителя. В формуле (4) параметр  $\xi$  позволяет учесть влияние сильных магнитных полей в процессе построения профилей пульсаров. Отметим, что его значения действительно превосходят единицу, так для  $\beta = 0,9$  и  $H = 10^6 \text{ Оэ}$   $\xi \sim 10^3$ , а для  $\beta = 0,99999$  и  $H = 10^8 \text{ Оэ}$   $\xi \sim 10^6$ .

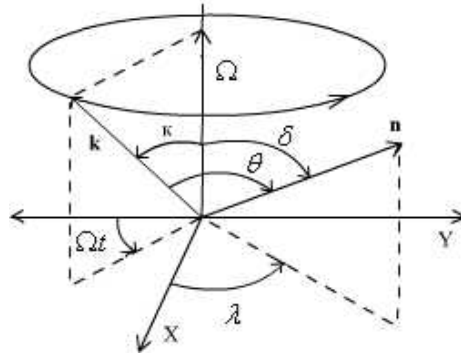
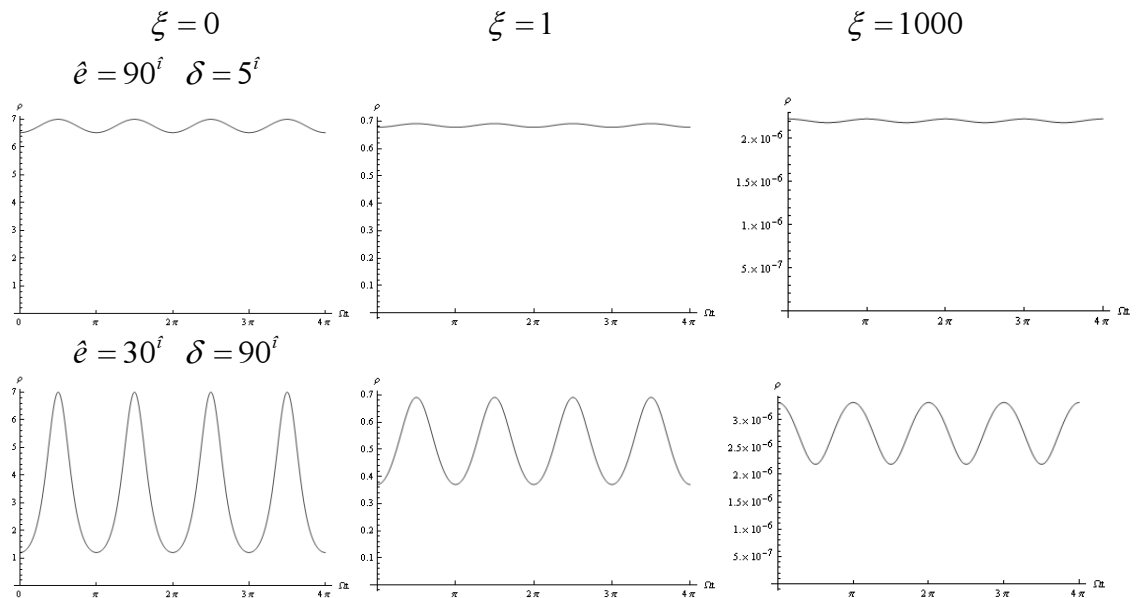
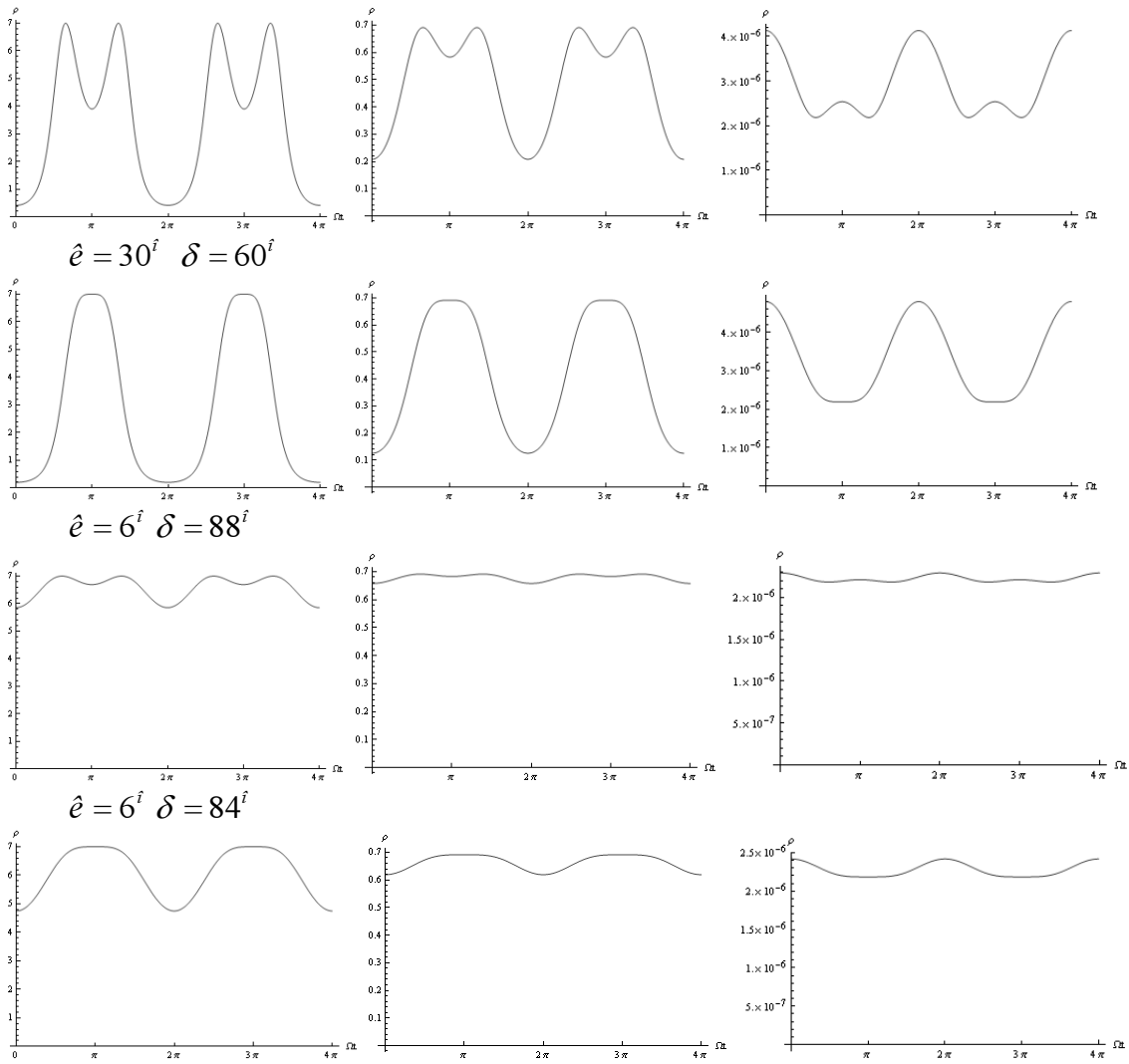


Рис. 1. Система координат.

Перейдём к полученным графическим результатам. Профили представлены тремя колонками, каждой из которых соответствует своё значение  $\xi$ , неизменное для всей колонки. Углы  $\hat{\epsilon}$  и  $\delta$  фиксированы в каждой строчке и приводятся перед ней. Рассмотрим случай  $\beta = 0,9$ :



$\hat{\epsilon} = 30^\circ \quad \delta = 75^\circ$



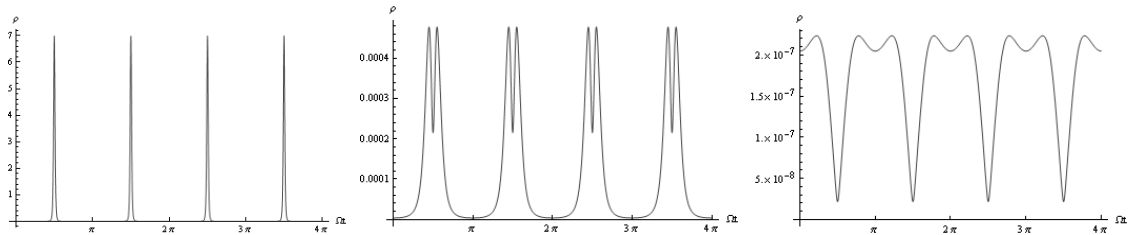
Далее представлена группа профилей для  $\beta = 0,99999$ :

$\xi = 0$

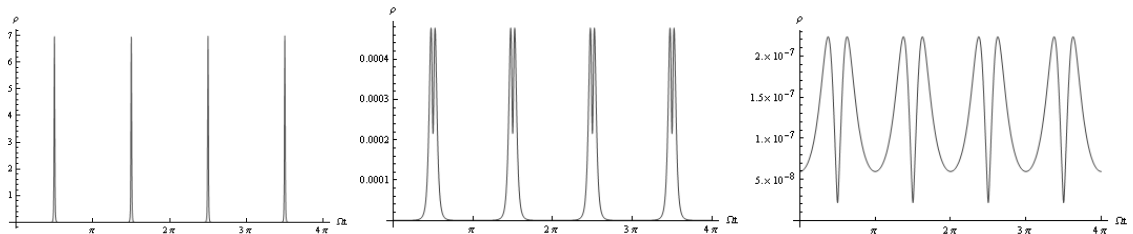
$\xi = 100$

$\xi = 10000$

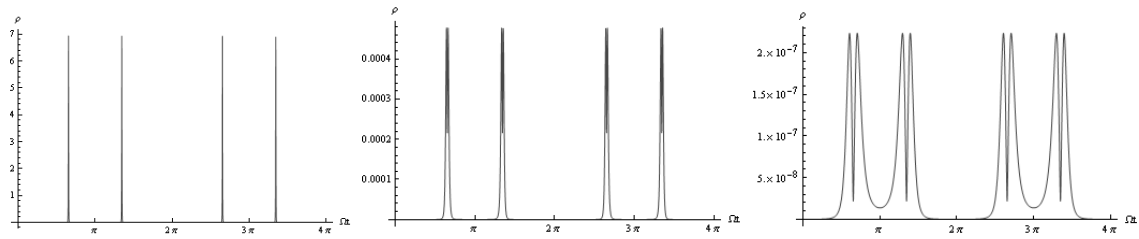
$\hat{\epsilon} = 90^i \quad \delta = 5^i$



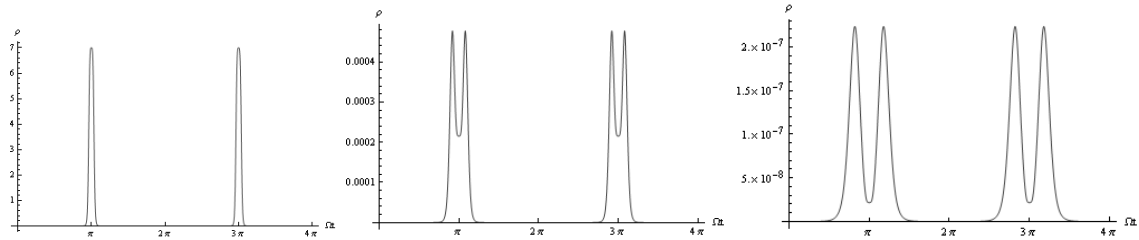
$\hat{\epsilon} = 90^i \quad \delta = 10^i$



$$\hat{e} = 30^i \quad \delta = 75^i$$



$$\hat{e} = 30^i \quad \delta = 60^i$$



Таким образом, видно, что учёт сверхсильных магнитных полей при построении профилей пульсаров позволяет получить новые формы профилей, сравнение которых с наблюдаемыми в дальнейшем может дать важную информацию для улучшения моделей пульсаров.

### Литература

1. Бордовицын В. А., Эпп В. Я., Гущина В. С., Буленок В. Г. Метод кинематического проектирования профилей излучения пульсаров // Известия вузов. Физика. – 2000. Вып. 1. С. 26–32.
2. Теория излучения релятивистских частиц / В. Г. Багров [и др.], под ред. В. А. Бордовицына. – М.: Физматлит. – 2003. – 575с.

## УГЛОВОЙ МОМЕНТ СПИНОВОГО СВЕТА

Константинова О. А.

Томский государственный университет

Научный руководитель: В. А. Бордовицын, д. ф.-м. н., проф.

Спиновый свет [1] представляет собой электромагнитное излучение релятивистской спиновой частицы, обусловленное наличием у нее собственного магнитного момента. В чистом виде такое излучение возникает только у электрически нейтральных частиц (нейтрона [2], нейтрино [3]). Если же кроме собственного магнитного момента у частицы имеется еще и электрический заряд, то при движении с ускорением происходит интерференция излучений от заряда и собственного магнитного момента. Наиболее заметным образом это явление наблюдается только при сверхвысоких энергиях электронов в синхротронных ускорителях [4]. Связанное со спином излучение приводит к радиационной самополяризации релятивистских электронов – эффекту Соколова-Тернова [5, 7]. В настоящее время спиновый свет как особый вид электромагнитного излучения обсуждается не только в случае синхротронного излучения электронов [1, 7–9], но и для излучения нейтрино высоких энергий в веществе и в гравитационных полях [9–12].

В данной работе мы предлагаем исследование принципиально новых свойств спинового света, связанных с собственным угловым моментом электромагнитного поля (УМЭП) излучения.

### 1 Электромагнитное поле спинового света

В качестве искоемых соотношений для исследования УМЭП спинового света воспользуемся уже известными четырехмерными вектор-потенциалами  $A_e^\mu$  и  $A_m^\mu$ , которые получаются на основе потенциалов Лиенара-Вихерта для электрического заряда и тензор-потенциала Герца для собственного магнитного диполя частицы

$$A_e^\mu = -e \frac{v^\mu}{\tilde{r}_\rho v^\rho}, \quad A_m^\mu = \bar{A}_m^\mu + \tilde{A}_m^\mu,$$
$$\bar{A}_m^\mu = c^3 \frac{\Pi^{\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^3}, \quad \tilde{A}_m^\mu = -c \left[ \frac{\overset{\circ}{\Pi}^{\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} - \frac{\Pi^{\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} \tilde{r}_\sigma w^\sigma \right].$$

Здесь индекс «e» соответствует заряду, «m» - магнитному диполу,  $\tilde{r}^\mu = R^\mu - r^\mu$  это светоподобный четырехмерный вектор, проведенный от заряда с четырехмерными координатами  $r^\mu = (ct, \mathbf{r})$  в точку на-

блюдения  $R^\mu = (c\tilde{t}, \mathbf{R})$ ,  $v^\mu = dr^\mu/d\tau$ ,  $\omega^\mu = dv^\mu/d\tau$  – четырехмерные скорость и ускорение частицы,  $\Pi^{\mu\nu} = (\Phi, \mathbf{\Pi})$  антисимметричный пространственно подобный тензор собственного магнитного момента частицы, « $\circ$ » означает производную по собственному времени  $\tau$ , символы « $\rightarrow$ » и « $\sim$ » соответствуют связанному с частицей полю и полю излучения в волновой зоне (они характеризуют степень спада поля в зависимости от расстояния  $\tilde{r}$ :  $1/\tilde{r}^2$  для « $\rightarrow$ » и  $1/\tilde{r}^3$  для « $\sim$ »). Метрика  $g^{\mu\nu} = (-1, 1, 1, 1)$ .

Тензор напряженности электромагнитных полей определяется согласно общему правилу

$$H^{\mu\nu} = D^\mu A^\nu - D^\nu A^\mu$$

с производной

$$D^\mu = \frac{\partial}{\partial R^\mu} = \tilde{\partial}^\mu + \frac{\tilde{r}^\mu}{\tilde{r}_\rho v^\rho} \frac{d}{d\tau},$$

которая учитывает запаздывание полей излучения во время  $\Delta t = \tilde{t} - t$ .

С учетом потенциалов согласно данным определениям можно найти напряженности полей

$$H^{\mu\nu}_e = \overline{H}^{\mu\nu}_e + \widetilde{H}^{\mu\nu}_e,$$

$$\overline{H}^{\mu\nu}_e = ec^2 \frac{\tilde{r}^{[\mu} v^{\nu]}}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^3}, \quad \widetilde{H}^{\mu\nu}_e = e \left\{ -\frac{\tilde{r}^{[\mu} w^{\nu]}}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} + \frac{\tilde{r}^{[\mu} v^{\nu]}}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^3} \tilde{r}_\sigma w^\sigma \right\}$$

– для заряда и

$$H^{\mu\nu}_m = \overline{H}^{\mu\nu}_m + \widetilde{\widetilde{H}}^{\mu\nu}_m + \widetilde{H}^{\mu\nu}_m, \quad \overline{H}^{\mu\nu}_m = \frac{c^3}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^3} \left\{ -2\Pi^{\mu\nu} + 3 \frac{\Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda v^{\nu]}}{\tilde{r}_\rho v^\rho} + 3c^2 \frac{\Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda \tilde{r}^{\nu]}}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} \right\},$$

$$\widetilde{H}^{\mu\nu}_m = \frac{c}{\tilde{r}_\rho v^\rho} \left\{ \frac{\overset{\circ}{\Pi}^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda \tilde{r}^{\nu]}}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} - \frac{\Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda \tilde{r}^{\nu]} \tilde{r}_\sigma \dot{w}^\sigma + 3 \overset{\circ}{\Pi}^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda \tilde{r}^{\nu]} \tilde{r}_\sigma w^\sigma}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^3} + 3 \frac{\Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda \tilde{r}^{\nu]} (\tilde{r}_\sigma w^\sigma)^2}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^4} \right\}$$

$$\widetilde{\widetilde{H}}^{\mu\nu}_m = \frac{c}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} \left\{ 2 \overset{\circ}{\Pi}^{\mu\nu} - 2 \overset{\circ}{\Pi}^{\mu\nu} \frac{\tilde{r}_\sigma w^\sigma}{\tilde{r}_\rho v^\rho} - \frac{\overset{\circ}{\Pi}^{[\mu\lambda} v_\lambda \tilde{r}^{\nu]} + 2 \overset{\circ}{\Pi}^{[\mu\lambda} r_\lambda v^{\nu]} + \Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda w^{\nu]}}{\tilde{r}_\rho v^\rho} - \right. \\ \left. - 3c^2 \frac{\overset{\circ}{\Pi}^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda \tilde{r}^{\nu]} - \Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda v^{\nu]} \tilde{r}_\sigma w^\sigma}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^2} + 6c^2 \frac{\Pi^{[\mu\lambda} \tilde{r}_\lambda v^{\nu]} \tilde{r}_\sigma w^\sigma}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^3} \right\},$$

– для магнитного момента.

В отличие от заряда, тензор напряженности магнитного момента состоит из трех частей: конвективного поля с  $\overline{H}^{\mu\nu}_m \sim 1/\tilde{r}^3$ , поля излуче-

ния  $\widetilde{H}^{\mu\nu}_m \sim 1/\tilde{r}$  и смешанного поля  $\widetilde{H}^{\mu\nu}_m \sim 1/\tilde{r}^2$ . Квадратные скобки в данных формулах означают антисимметризацию  $a^{[\mu}b^{\nu]} = a^\mu b^\nu - a^\nu b^\mu$ .

Так как поля, обусловленные электрическим зарядом хорошо изучены в литературе (см. [1, 7, 13]), то в дальнейшем основное внимание мы уделим тензору  $H_m^{\mu\nu}$ .

## 2 Симметричный тензор плотности энергии спинового света

Динамической характеристикой, которая необходима для определения тензора плотности УМЭП является симметричный тензор плотности энергии спинового света [13]

$$T^{\nu\lambda} = -\frac{1}{4\pi} \left( \frac{1}{4} g^{\nu\lambda} H_{\alpha\beta} H^{\alpha\beta} + H^{\nu\rho} H_{\rho}{}^{\lambda} \right).$$

В общем случае этот тензор для полей, создаваемых зарядом и его собственным магнитным моментом состоит из пяти членов

$$T^{\mu\nu} = {}_{(-6)}T^{\mu\nu} + {}_{(-5)}T^{\mu\nu} + {}_{(-4)}T^{\mu\nu} + {}_{(-3)}T^{\mu\nu} + {}_{(-2)}T^{\mu\nu}$$

В дальнейшем мы будем работать только с чистым спиновым светом, а излучение заряда будем учитывать лишь в смешанных полях вблизи волновой зоны излучения. В этих предположения необходимые нам компоненты тензора плотности энергии спинового света имеют вид

$$\begin{aligned} {}_{(-3)}T^{\mu\nu} &= -\frac{1}{4\pi} \left[ \widetilde{H}^{\mu\rho}_m \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + \overline{H}^{\mu\rho}_e \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + \widetilde{H}^{\mu\rho}_e \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + (\nu, \mu) \right], \\ {}_{(-2)}T^{\mu\nu} &= -\frac{1}{4\pi} \left[ \widetilde{H}^{\mu\rho}_m \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + \widetilde{H}^{\mu\rho}_e \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + (\nu, \mu) \right], \end{aligned}$$

Здесь учтено также, что в нашем приближении все инварианты электромагнитного поля

$$\widetilde{H}_{\alpha\beta m} \widetilde{H}^{\alpha\beta}_m, \overline{H}_{\alpha\beta e} \widetilde{H}^{\alpha\beta}_m + \widetilde{H}_{\alpha\beta e} \widetilde{H}^{\alpha\beta}_m, \widetilde{H}_{\alpha\beta e} \widetilde{H}^{\alpha\beta}_m, \widetilde{H}_{\alpha\beta m} \widetilde{H}^{\alpha\beta}_m, \widetilde{H}_{\alpha\beta e} \widetilde{H}^{\alpha\beta}_m$$

обращаются в нуль.

В случае равномерного и прямолинейного движения заряженного магнетона ( $v^\mu = const, w = \dot{w} = 0$ ),  ${}_{(-2)}T^{\mu\nu}_e = 0$  и тогда

$${}_{(-3)}T^{\mu\nu} = {}_{(-3)}T^{\mu\nu}_m + {}_{(-3)}T^{\mu\nu}_{em},$$

где

$$\begin{aligned} {}_{(-3)}T^{\mu\nu}_m &= -\frac{1}{4\pi} \left[ \widetilde{H}^{\mu\rho}_m \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + (\nu, \mu) \right], \quad {}_{(-3)}T^{\mu\nu}_{em} = -\frac{1}{4\pi} \left[ \overline{H}^{\mu\rho}_e \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m} + (\nu, \mu) \right], \\ {}_{(-2)}T^{\mu\nu}_m &= -\frac{1}{4\pi} \widetilde{H}^{\mu\rho}_m \widetilde{H}^{\nu}_{\rho m}. \end{aligned}$$

В явном виде эти выражения соответствуют

$${}_{(-3)}\mathcal{T}^{\mu\nu} = -\frac{1}{4\pi} \left[ \widetilde{H}_m^{\mu\rho} \widetilde{H}_{\rho m}^\nu + \overline{H}_e^{\mu\rho} \widetilde{H}_{\rho m}^\nu + \widetilde{H}_e^{\mu\rho} \widetilde{H}_{\rho m}^\nu + (\nu, \mu) \right],$$

$${}_{(-2)}\mathcal{T}^{\mu\nu} = -\frac{1}{4\pi} \left[ \widetilde{H}_m^{\mu\rho} \widetilde{H}_{\rho m}^\nu + \widetilde{H}_e^{\mu\rho} \widetilde{H}_{\rho m}^\nu + (\nu, \mu) \right],$$

Здесь круглые скобки означают симметризацию  $a^{(\mu}b^{\nu)} = a^\mu b^\nu + a^\nu b^\mu$ . Примечательно, что во всех этих случаях  ${}_{(-3)}\mathcal{T}^{\mu\nu} \tilde{r}_\nu = {}_{(-2)}\mathcal{T}^{\mu\nu} \tilde{r}_\nu = 0$ .

### 3 Орбитальный и спиновый УМЭП спинового света

В соответствии с предложением С. Тайтельбойма и других [13] полный спиновый тензор плотности УМЭП определяется как

$$\mathcal{M}^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} (R^\mu \mathcal{T}^{\nu\lambda} - R^\nu \mathcal{T}^{\mu\lambda}).$$

При этом в отличие от традиционной формулировки (см. [14]) разбиение полного УМЭП на орбитальную и спиновую части является калибровочно и релятивистски инвариантным:

$$\mathcal{M}^{\mu\nu\lambda} = \mathcal{J}^{\mu\nu\lambda} + \mathcal{P}^{\mu\nu\lambda}.$$

Здесь  $\mathcal{J}^{\mu\nu\lambda}$  и  $\mathcal{P}^{\mu\nu\lambda}$  соответственно орбитальный и спиновый тензоры плотности УМЭП. Вблизи волновой зоны:

$$\tilde{\mathcal{J}}^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} \left( r^\mu \mathcal{T}^{\nu\lambda} - r^\nu \mathcal{T}^{\mu\lambda} \right), \quad \tilde{\mathcal{P}}^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} \left( \tilde{r}^\mu \mathcal{T}^{\nu\lambda} - \tilde{r}^\nu \mathcal{T}^{\mu\lambda} \right).$$

Используя  ${}_{(-2)}\mathcal{T}^{\mu\nu}$  тензор  $\tilde{\mathcal{P}}^{\mu\nu\lambda}$  исчезает, и ненулевой член лишь  ${}_{(-3)}\mathcal{T}^{\mu\nu}$ .

Так как эти выражения имеют довольно громоздкий вид, ограничимся рассмотрением равномерного прямолинейного движения. В соответствии с  $v^\mu = const, w = \dot{w} = 0$  можно считать, что  $\Pi^{\mu\nu} v_\nu = \dot{\Pi}^{\mu\nu} v_\nu = \ddot{\Pi}^{\mu\nu} v_\nu = 0$ , как следует из пространственноподобности тензора  $\Pi^{\mu\nu}$ .

Соответствующие тензоры плотности определяются согласно

$$\tilde{\mathcal{J}}_m^{\mu\nu\lambda} = -\frac{c}{4\pi} \frac{\tilde{r}_\alpha^{\circ\circ} \overset{\circ\circ}{\Pi}^{\alpha\rho} \overset{\circ\circ}{\Pi}_{\rho\beta} \tilde{r}^\beta}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^6} r^{[\mu} \tilde{r}^{\nu]} \tilde{r}^\lambda.$$

$$\tilde{\mathcal{P}}_m^{\mu\nu\lambda} = -\frac{c}{2\pi} \frac{1}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^5} \left( \tilde{r}^{[\mu} \overset{\circ}{\Pi}^{\nu]\alpha} + \tilde{r}^{[\mu} v^{\nu]} \frac{\overset{\circ}{\Pi}^{\alpha\rho} \tilde{r}_\rho}{\tilde{r}_\rho v^\rho} \right) \overset{\circ\circ}{\Pi}_{\alpha\beta} \tilde{r}^\beta \tilde{r}^\lambda.$$

Легко видеть, что в волновой зоне  $D_\lambda \tilde{\mathcal{J}}_m^{\mu\nu\lambda} = 0$ ,  $D_\lambda \tilde{\mathcal{P}}_m^{\mu\nu\lambda} = 0$  и все излучение орбитального момента вне мировой линии будет идти через пространственноподобную поверхность с элементом  $d\sigma_\lambda$ . Интегрируя по этому элементу, с учетом известных угловых интегралов получим



мощности излучения орбитального и спинового УМЭП в системе покоя

$$\frac{d\tilde{L}^{\mu\nu}_m}{d\tau} = \frac{1}{3c^5} \ddot{\Pi}_{\alpha\beta} \ddot{\Pi}^{\alpha\beta} (r^\mu v^\nu - r^\nu v^\mu), \quad \frac{d\tilde{\Pi}^{\mu\nu}_m}{d\tau} = -\frac{2}{3c^2} \left( \overset{\circ}{\Pi}^{\mu\rho} \overset{\circ}{\Pi}^{\nu}_{\rho} - \overset{\circ}{\Pi}^{\nu\rho} \overset{\circ}{\Pi}^{\mu}_{\rho} \right).$$

Можно заметить, что полученные величины пропорциональны угловому моменту рассматриваемой частицы  $P^{\mu\nu} = r^\mu v^\nu - r^\nu v^\mu$ . В случае равномерного прямолинейного движения все компоненты исчезают.

Аналогично строится тензор плотности для спинового излучения

$$\tilde{\mathcal{T}}^{\mu\nu\lambda}_{em} = \frac{ec^2}{4\pi} \frac{\tilde{r}^{[\mu} \overset{\circ}{\Pi}^{\nu\rho]}}{(\tilde{r}_\rho v^\rho)^5} \tilde{r}_\rho \tilde{r}^\lambda,$$

и снова из равенства  $D_\lambda \tilde{\mathcal{T}}^{\mu\nu\lambda}_{em} = 0$ , полная мощность УМЭП смешанного излучения

$$\frac{d\tilde{\Pi}^{\mu\nu}_{em}}{d\tau} = \frac{2e^2}{3c^3} \overset{\circ}{\Pi}^{\mu\nu}.$$

Таким образом, проделанные нами вычисления открывают нам путь для исследования нового феномена природы – собственного углового момента электромагнитного излучения спинового света.

Пользуясь случаем, автор выражает благодарность профессору Бордовицыну за ценные указания и постановку задачи.

Данная работа поддержана грантом президента РФ № SS 5103.2006.2.

### Литература

1. Багров В. Г., Бордовицын В. А., Тернов И. М. Спиновый свет // Усп. Физ. Наук. – 1995. – Т. 165. – С. 1083.
2. Тернов И. М., Багров В. Г., Хапаев А. М. Электромагнитное излучение нейтрона во внешнем магнитном поле // ЖЭТФ – 1965 – Т. 48 – С. 961.
3. Lobanov A., Studenikin A. Spin light of neutrino in matter and electromagnetic fields // Phys. Lett. 564B. 27 (2003).
4. Bondar A.E., Saldin E.L. On the possible of using synchrotron radiation for measuring the electron beam polarization in a storage ring // Nucl. Instrum. Meth. – 1982. - № 195. – С. 577.
5. Соколов В., Тернов И. // Докл. Акад. Наук. – 1963. – № 153. – С. 1052.
6. Тернов А. М. Синхротронное излучение // Усп. Физ. Наук. – 1995 – №38 – С. 1037.
7. Synchrotron Radiation and Its Development. / Ed. V. Bordovitsyn. – World Scientific, Singapore, 1999.
8. Kulipanov G.N., Bondar A.E., Bordovitsyn V.A., Bondar A.E., Guschina V.S. Synchrotron radiation and spin light // Nucl. Instrum. Meth. – 1995. – 359A. – P. 34.

9. Bordovitsyn V. A., Epp V. Ya. Discussion on sin-flip synchrotron radiation. // Nucl. Instrum. Meth. – 1998. – 405A. – P. 220.
10. Lobanov A.E. Radiation and self-polarization of neutral fermions in quasi-classical description. // J. Phys. – 2006. – 39A. – P. 7517.
11. Particle Physics at the year of 250<sup>th</sup> Lomonosov Conf. on Element. Particle Physics / Ed. A. Studenikin. – World Scientific, Singapore – 2006.
12. Dvornikov M., Grigoriev A., Studenikin A. Spin light of neutrino in gravitational fields. // Int. J. Mod. Phys. – 2005. – 14D. – P. 309.
13. Teitelboim C., Villarroel D. Classical Electrodynamics of Retarded Fields. // Rivista del Nuovo Cimento. - 1980. – Vol. 3. – № 9. – P. 1–64.
14. Иваненко Д. Классическая теория поля / Д. Иваненко, А. Соколов. – М.: ГИТТЛ. 1949. – 432 с.

## ПРЕЦЕССИЯ ТОМАСА КАК ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА

*Немченко Е. А., Бордовицын В. А.*

Томский государственный университет

Прецессия Томаса представляет собой удивительный физический феномен, который заключается в том, что при движении вращающейся точечной частицы по искривлённой траектории, направление её собственного углового момента (спина) независимо от действия внешних сил меняется в соответствии с изменением скорости и ускорения частицы. Угловая скорость прецессии Томаса (см., например [1])

$$\Omega_m = -\frac{1}{c} \frac{\gamma^2}{\gamma+1} [\beta \mathbf{a}] \quad (1)$$

определяется только кинематическими параметрами движения – скоростью частицы  $c\beta$ , релятивистским Лоренц-фактором  $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$  и ускорением  $\mathbf{a}$ . Если частица покоится ( $\beta = 0$ ) или движется прямолинейно ( $\beta \parallel \mathbf{a}$ ), то прецессия Томаса исчезает. Она не зависит от характера взаимодействия связанного со спином собственного магнитного момента с внешним магнитным полем и этим принципиально отличается от прецессии магнитного момента электрона, известной, как прецессия Лармора. В последнем случае угловая скорость прецессии при наличии магнитного поля с напряжённостью  $\mathbf{H}$  равна

$$\Omega_L = -\frac{e\hbar}{s} \mathbf{H} \quad (2)$$

Здесь  $s = \hbar/2$  и  $\mu = \mu_0 + \mu_a$  – соответственно спин и собственный магнитный момент электрона с аномальной швингеровской добавкой  $\mu_a$  к магнетону Бора  $\mu_0$ . Заметим, что для орбитального движения  $\Omega_L$  отличается от (2), так как соответствующее гиромагнитное отношение  $\mu/s$  в этом случае ровно в два раза меньше (без учёта аномального магнитного момента электрона). Для электрона с зарядом  $e = -e_0 < 0$ , будем иметь

$$\mu = -\frac{g}{2} \mu_0, \quad \mu_0 = \frac{e_0 \hbar}{2m_0 c}, \quad g = 2\left(1 + \frac{\alpha}{2\pi}\right),$$

где  $\alpha = e_0^2/\hbar c$  – постоянная тонкой структуры. Заметим, что в отличие от прецессии Томаса прецессия Лармора имеет место и при скорости электрона, равной нулю, тогда как прецессия Томаса в этом случае отсутствует и является по существу чисто кинематическим релятивистским эффектом.

На протяжении многих лет, начиная со статьи Томаса, которая была опубликована в 1926 году [2], этому замечательному физическому феномену были посвящены обширные материалы как в оригинальных научных статьях [2–5] и др., так и в учебной литературе [6]. Заметим, что интерпретация прецессии Томаса сопровождалась также появлением ряда экстраординарных и вместе с тем довольно интересных физических исследований. В данной работе мы покажем, что мощность излучения электромагнитного спинового момента прямо пропорциональна частоте прецессии Томаса.

#### 1. Угловой момент излучения.

Запишем тензор плотности углового момента в формулировке Тайтельбойма [7]

$$\mathcal{M}^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} \left( R^\mu \mathcal{E}^{\nu\lambda} - R^\nu \mathcal{E}^{\mu\lambda} \right), \quad (3)$$

здесь  $\mathcal{E}^{\mu\nu}$  – симметричный тензор плотности энергии импульса

$$\mathcal{E}^{\mu\nu} = -\frac{1}{4} \left( H^{\mu\rho} H_\rho^\nu + \frac{1}{4} g^{\mu\nu} H_\alpha\beta H^{\alpha\beta} \right), \quad (4)$$

а  $R^\mu = r^\mu + \tilde{r}^\mu$ , где  $r^\mu = (ct, \mathbf{r})$  – четырёхмерный вектор составленный из координат и времени излучающей частицы, и  $\tilde{r}^\mu = (c\tilde{t}, \tilde{\mathbf{r}})$  – светоподобный четырёхмерный вектор, проведённый из мировой точки положения частицы в точку наблюдателя поля в четырёхмерном пространстве.

Согласно (3), тензор плотности полевого углового момента состоит из орбитальной  $\mathcal{A}^{\mu\nu\lambda}$  и спиновой  $\mathcal{S}^{\mu\nu\lambda}$  частей

$$\mathcal{M}^{\mu\nu\lambda} = \mathcal{A}^{\mu\nu\lambda} + \mathcal{S}^{\mu\nu\lambda}, \quad (5)$$

где

$$A^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} (\tilde{r}^\mu \tilde{\mathcal{E}}^{\nu\lambda} - \tilde{r}^\nu \tilde{\mathcal{E}}^{\mu\lambda}), \quad S^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} (\tilde{r}^\mu \tilde{\mathcal{E}}^{\nu\lambda} - \tilde{r}^\nu \tilde{\mathcal{E}}^{\mu\lambda}). \quad (6)$$

Следует отметить, что существует также альтернативный релятивистки ковариантный метод Иваненко-Соколова определения плотности излучения углового момента. В нашей работе [8] было показано, что оба подхода дают идентичные результаты для искомой величины.

## 2. Определение плотности спина в волновой зоне излучения

Чтобы получить тензор плотности спина, надо сначала найти плотность энергии

$$\mathcal{E}^{ik} = \bar{\mathcal{E}}^{ik} + \tilde{\mathcal{E}}^{ik} + \tilde{\tilde{\mathcal{E}}}^{ik}. \quad (7)$$

В этой формуле  $\bar{\mathcal{E}}^{ik} \sim 1/\tilde{r}^4$  соответствует полям в ближней (конвективной) зоне излучения,  $\tilde{\mathcal{E}}^{ik} \sim 1/\tilde{r}^2$  – волновой зоне, а тензор  $\tilde{\tilde{\mathcal{E}}}^{ik} \sim 1/\tilde{r}^3$  обусловлен интерференцией тех и других полей (см. [1]). Отсюда следует, что в волновой зоне излучения

$$\tilde{S}^{\mu\nu\lambda} = \frac{1}{c} \left( \tilde{r}^\mu \tilde{\mathcal{E}}^{\nu\lambda} - \tilde{r}^\nu \tilde{\mathcal{E}}^{\mu\lambda} \right) \sim \frac{1}{\tilde{r}^2}. \quad (8)$$

С применением в (8) тензора  $\tilde{\mathcal{E}}^{ik}$  получим

$$\tilde{S}^{\mu\nu\lambda} = -\frac{e^2 c}{4\pi} \left[ \frac{\tilde{r}^\mu \tilde{v}^\nu - \tilde{r}^\nu \tilde{v}^\mu}{(\tilde{r}_\rho \tilde{v}^\rho)^2} \tilde{r}^\lambda \omega^\rho - \frac{\tilde{r}^\mu \tilde{\omega}^\nu - \tilde{r}^\nu \tilde{\omega}^\mu}{\tilde{r}_\rho \tilde{v}^\rho} \right] \frac{\tilde{r}^\lambda}{(\tilde{r}_\rho \tilde{v}^\rho)^3}, \quad (9)$$

где  $v^\mu$  и  $\omega^\mu$  четырёхмерные векторы скорости и ускорения заряда.

Задействовав применяемый в [1] ковариантный метод перехода к определению мощности излучения, будем иметь

$$\frac{dS^{\mu\nu}}{d\tau} = \frac{2e^2}{3c^3} (v^\mu \omega^\nu - v^\nu \omega^\mu). \quad (10)$$

Стоящая в круглых скобках величина связана с прецессией Томаса [2], которая, как известно [3,6], описывается уравнением

$$\left. \frac{d\pi^\mu}{d\tau} \right|_{\text{Тр}} = \frac{1}{c^2} (v^\mu \omega^\nu - v^\nu \omega^\mu) \pi_\nu, \quad (11)$$

где  $\pi^\mu$  – четырёхмерный вектор спина частицы, удовлетворяющий уравнению Баргманна-Мишеля-Телегди в классической теории спина [9]. Формулу (11) можно записать в виде, аналогичном выражению для силы Лоренца

$$\left. \frac{d\pi^\mu}{d\tau} \right|_{\text{Тр}} = \frac{e}{m_0 c} H_{\text{Тр}}^{\mu\nu} \pi_\nu, \quad (12)$$

где  $H_{\text{Тр}}^{\mu\nu} = (-\mathbf{E}_{\text{Тр}}, \mathbf{H}_{\text{Тр}})$  – введённый нами тензор некоторого эффективного «поля» Томаса, определяемого чисто кинематическим соотношением

$$H_{\text{Тр}}^{\mu\nu} = \frac{m_0}{e} \gamma^3 (-\mathbf{a}, [\beta \mathbf{a}]). \quad (13)$$

С использованием (13) уравнение (12) можно записать также в виде

$$\left. \frac{d\pi^k}{d\tau} \right|_{\text{тн}} = \frac{\gamma^3}{c} (\boldsymbol{\pi} \mathbf{a}) (1, \boldsymbol{\beta}). \quad (14)$$

Воспользуемся теперь обратным преобразованием Лоренца для пространственно-подобного вектора спина в системе покоя

$$\boldsymbol{\zeta} = \boldsymbol{\pi} - \frac{1}{\gamma + 1} \frac{\mathbf{v}}{c} \pi^0. \quad (15)$$

Здесь  $\mathbf{v} = c\boldsymbol{\beta}$ , а  $\pi^0$  и  $\boldsymbol{\pi}$  – компоненты четырехмерного вектора спина частицы.

Дифференцируя выражение (15) по собственному времени частицы и подставив в полученную формулу преобразование (14), получим выражение, из которого можно выделить частоту прецессии Томаса

$$\left. \frac{d\boldsymbol{\zeta}}{dt} \right|_{\text{тн}} = -\frac{\gamma^2}{c(\gamma + 1)} [[\boldsymbol{\beta} \mathbf{a}], \boldsymbol{\zeta}] = [\boldsymbol{\Omega}_{\text{тн}}, \boldsymbol{\zeta}]. \quad (16)$$

Здесь учтено, что  $dt/d\tau = \gamma$ . Легко заметить, что частота прецессии Томаса  $\boldsymbol{\Omega}_{\text{тн}}$  из (16) в точности совпадает с формулой (1).

Таким образом, в данной работе показано, что прецессия Томаса естественным образом вписывается в уравнение для мощности излучения электромагнитного углового момента. Тем самым впервые установлено динамическое происхождение прецессии Томаса.

Автор статьи выражает благодарность научному руководителю профессору В. А. Бордовицыну за постановку задачи и полезные замечания в процессе выполнения данной работы.

## Литература

1. Теория излучения релятивистских частиц / В. Г. Багров [и др.], под ред. В. А. Бордовицына. – М.: Физматлит. – 2003. – С.575.
2. Thomas, L. H. // Nature (London). – 1926. – Vol. – 117. – P. 514.
3. Nyborg, P. // Nuovo Cim. – 1962. – Vol. – 33. – P.1057-1060.
4. Chakrabarti, L. H. // Nuovo Cim. – 1966. – Vol. – 43A. – P. 756–582.
5. Corben, H. C. // Am. J. Phys. – 1993. – Vol. – 61. – P. 551–553.
6. Jackson, J. D. Classical Electrodynamics. Th. D. N. Y. – Singapore: J. Wiley & Sons, Inc. – 1998. – P. – 808. (имеется также русское издание: Джек-сон, Дж. Классическая электродинамика / М.:Изд. «Мир», 1965. – С. 702.)
7. Teitelboim C., Villarroel D Classical Electrodynamics of Retarded Fields. // Rivista del Nuovo Cimento. - 1980. - Vol. 3. - № 9. - P. 1-64.
8. Бордовицын В. А., Константинова О. А., Немченко Е. А. Собственный угловой момент релятивистского излучения // Сб. трудов XIII Всероссийской конференции "Наука и образование". - 2009. P 151-155.

9. Bargmann, V., Michel, L., Telegdi, V. L. // Phys. Rev. Lett. – 1959. – Vol. – 2. – P.435-436.

## БРСТ-ЗАРЯД ДЛЯ АЛГЕБР С ТРЕМЯ ОБРАЗУЮЩИМИ

*Радченко О. В.*

Томский государственный педагогический университет

В данной работе рассмотрим конкретные примеры квадратичных нелинейных супералгебр, для которых коммутатор (в терминах суперскобок Пуассона) генераторов есть квадратичный полином генераторов. И найдем явный вид БРСТ-заряда для этих алгебр в каноническом виде [1].

Нильпотентный БРСТ-заряд, являющийся Нёттер зарядом для глобальной БРСТ суперсимметрии [2] является главным объектом в Лагранжиане [2] и Гамильтониане [3,4] методов квантования калибровочных теорий (смотри также обзор [5,6]). Для общих калибровочных теорий теорема существования нильпотентного БРСТ-заряда доказана [6,7]. Это позволяет представить БРСТ-заряд бесконечным, в общем случае, рядом расширений по гостовским полям Фаддеева-Попова. В некоторых случаях, данные ряды являются конечными. Наиболее известные примеры представлены в теории Янга-Миллса, когда нильпотентный БРСТ –заряд может быть представлен в виде функции второго порядка в терминах гостовских полей Фаддеева-Попова. Другие примеры задаются некоторыми квадратичными нелинейными алгебрами Ли [8,9]. Интерес к нелинейным алгебрам изначально был связан с открытием теорий конформного поля [9], которая привела к новому классу калибровочных теорий с нелинейными калибровочными алгебрами [9–11].

Будем использовать определения и обозначения, принятые в [1]

Рассмотрим фазовое пространство  $M$  с локальными координатами  $\{(q^i, p_i), i = 1, 2, \dots, n; \varepsilon(q^i) = \varepsilon(p_i) = \varepsilon_i\}$  и  $\{T_\alpha = T_\alpha(q, p) \varepsilon(T_\alpha) = \varepsilon_\alpha\}$  – набор независимых функций на  $M$ . Будем полагать, что  $T_\alpha$  удовлетворяют соотношениям в терминах суперскобок Пуассона

$$\{T_\alpha, T_\beta\} = T_\gamma F_{\alpha\beta}^\gamma + T_\delta T_\gamma V_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}, \quad (1)$$

где грассмановы четности  $\varepsilon(F_{\alpha\beta}^\gamma) = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta + \varepsilon_\gamma$ ,  $\varepsilon(V_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}) = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta + \varepsilon_\gamma + \varepsilon_\delta$  и структурные константы  $F_{\alpha\beta}^\gamma$  и  $V_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$  обладают свойствами:

$$F_{\alpha\beta}^\gamma = -(-1)^{\varepsilon_\alpha \varepsilon_\beta} F_{\beta\alpha}^\gamma, \quad V_{\alpha\beta}^{\gamma\delta} = -(-1)^{\varepsilon_\alpha \varepsilon_\beta} V_{\beta\alpha}^{\gamma\delta} = (-1)^{\varepsilon_\delta \varepsilon_\gamma} V_{\alpha\beta}^{\delta\gamma}. \quad (2)$$

Тождества Якоби имеют вид

$$F_{\alpha\sigma}^{\mu} F_{\beta\gamma}^{\sigma} (-1)^{\varepsilon_{\alpha}\varepsilon_{\gamma}} + \text{cyclic perm. } (\alpha, \beta, \gamma) = 0, \quad (3)$$

$$(V_{\alpha\sigma}^{\mu\nu} F_{\beta\gamma}^{\sigma} + F_{\alpha\sigma}^{\mu} V_{\beta\gamma}^{\sigma\nu} (-1)^{\varepsilon_{\alpha}\varepsilon_{\nu}} + F_{\alpha\sigma}^{\nu} V_{\beta\gamma}^{\sigma\mu} (-1)^{\varepsilon_{\mu}(\varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\nu})}) (-1)^{\varepsilon_{\alpha}\varepsilon_{\gamma}} + \text{cyclic perm. } (\alpha, \beta, \gamma) = 0 \quad (4)$$

$$(V_{\alpha\sigma}^{\mu\nu} V_{\beta\gamma}^{\sigma\lambda} (-1)^{\varepsilon_{\lambda}(\varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\mu})} + \text{cyclic perm. } (\mu, \nu, \lambda)) (-1)^{\varepsilon_{\alpha}\varepsilon_{\gamma}} + \text{cyclic perm. } (\alpha, \beta, \gamma) = 0, \quad (5)$$

Простейший случай супералгебр, содержащих фермионные функции – это супералгебра с тремя генераторами  $T, G_1, G_2$ , где  $T$  – бозон ( $\varepsilon(T) = 0$ ) и  $G_1, G_2$  – фермионы ( $\varepsilon(G_1) = \varepsilon(G_2) = 1$ ), т.е.  $G_1^2 = G_2^2 = 0$ . Более общие соотношения для суперскобок Пуассона генераторов, сохраняющих грасмановы четности имеют вид:

$$\{T, G_1\} = a_1(T)G_1 + a_2(T)G_2, \quad (6)$$

$$\{T, G_2\} = b_1(T)G_1 + b_2(T)G_2, \quad (7)$$

$$\{G_1, G_1\} = \alpha_1(T) + \alpha_2(T)G_1G_2, \quad (8)$$

$$\{G_2, G_2\} = \beta_1(T) + \beta_2(T)G_1G_2, \quad (9)$$

$$\{G_1, G_2\} = \gamma_1(T) + \gamma_2(T)G_1G_2. \quad (10)$$

Здесь  $a_i, b_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i, i = 1, 2$  полиномиальные функции от  $T$ . Учитывая (6)-(10) и тождества Якоби для такой алгебры имеем девять дифференциальных уравнений первого порядка с десятью неизвестными  $a_i, b_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i, i = 1, 2$ . Рассмотрим некоторые специальные случаи:

$$1. \quad \{T, G_1\} = 0, \quad \{T, G_2\} = 0, \quad \{G_1, G_1\} = \alpha(T), \quad (11)$$

$$\{G_2, G_2\} = \beta(T), \quad \{G_1, G_2\} = \gamma(T);$$

$$2. \quad \{T, G_1\} = a(T)G_1, \quad \{T, G_2\} = a(T)G_2, \quad \{G_1, G_1\} = 0, \quad (12)$$

$$\{G_2, G_2\} = \beta(T)G_1G_2, \quad \{G_1, G_2\} = \gamma(T)G_1G_2;$$

$$3. \quad \{T, G_1\} = a(T)G_2, \quad \{T, G_2\} = b(T)G_1, \quad \{G_1, G_1\} = \alpha(T)G_1G_2, \quad (13)$$

$$\{G_2, G_2\} = 0, \quad \{G_1, G_2\} = \gamma(T)G_1G_2;$$

$$4. \quad \{T, G_1\} = a(T)G_1, \quad \{T, G_2\} = 0, \quad \{G_1, G_1\} = \alpha(T)G_1G_2, \quad (14)$$

$$\{G_2, G_2\} = \beta(T)G_1G_2, \quad \{G_1, G_2\} = \gamma(T)G_1G_2;$$

$$5. \quad \{T, G_1\} = 0, \quad \{T, G_2\} = b_1(T)G_1 + b_2(T)G_2, \quad \{G_1, G_1\} = 0, \quad (15)$$

$$\{G_2, G_2\} = \beta(T)G_1G_2, \quad \{G_1, G_2\} = \gamma(T)G_1G_2.$$

Если мы ограничимся случаем квадратичных нелинейных супералгебр (11)-(15) супералгебры (1), придем к

$$1. \quad \alpha(T) = A_1T + A_2T^2, \quad \beta(T) = B_1T + B_2T^2, \quad \gamma(T) = D_1T + D_2T^2$$

$$F_{22}^1 = A_1, \quad F_{33}^1 = B_1, \quad F_{23}^1 = D_1, \quad (16)$$

$$V_{22}^{11} = A_2, \quad V_{33}^{11} = B_2, \quad V_{23}^{11} = D_2;$$

$$2. \quad a(T) = A_0 + A_1T, \quad \beta(T) = B_0, \quad \gamma(T) = D_0,$$

$$F_{12}^2 = A_0, \quad F_{13}^3 = A_1, \quad V_{12}^{12} = \frac{1}{2}A_1 \quad (17)$$

$$V_{13}^{13} = \frac{1}{2}A_1, \quad V_{33}^{23} = \frac{1}{2}B_0, \quad V_{23}^{23} = \frac{1}{2}D_0;$$

$$3. \quad a(T) = A_0 + A_1T, \quad b(T) = B_0 + B_1T, \quad \alpha(T) = C_0, \quad \gamma(T) = D_0,$$

$$F_{12}^3 = A_0, \quad F_{13}^2 = B_0, \quad V_{12}^{13} = \frac{1}{2}A_1, \quad (18)$$

$$V_{13}^{12} = \frac{1}{2}B_1, \quad V_{22}^{23} = \frac{1}{2}C_0, \quad V_{23}^{23} = \frac{1}{2}D_0;$$

$$4. \quad a(T) = A_0 + A_1T, \quad \alpha(T) = C_0, \quad \beta(T) = B_0, \quad \gamma(T) = D_0,$$

$$F_{12}^2 = A_0, \quad V_{12}^{12} = \frac{1}{2}A_1, \quad V_{22}^{23} = \frac{1}{2}C_0, \quad (19)$$

$$V_{33}^{23} = \frac{1}{2}B_0, \quad V_{23}^{23} = \frac{1}{2}D_0;$$

$$5. \quad b_1(T) = B_0 + B_1T, \quad b_2(T) = B_2 + B_3T, \quad \beta(T) = B_4, \quad \gamma(T) = D_0, \quad (20)$$

$$F_{13}^2 = B_0, \quad F_{13}^3 = B_2, \quad V_{33}^{23} = \frac{1}{2}B_4,$$

$$V_{13}^{12} = \frac{1}{2}B_1, \quad V_{13}^{13} = \frac{1}{2}B_3, \quad V_{23}^{23} = \frac{1}{2}D_0,$$

где мы ввели замечания:  $T = T_1$ ,  $G_1 = T_2$ ,  $G_2 = T_3$ ,  $\varepsilon_1 = 0$ ,  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 1$ . Примеры (11), (16) содержат супералгебру для динамических систем с гамильтонианом  $H = T$ , который инвариантен по БРСТ  $\bar{Q} = G_1$  и анти-БРСТ  $\bar{Q} = G_2$  симметрии (метод канонического квантования базируется на этой суперсимметрии [37]), если мы отождествим  $A_1 = 1$ ,  $A_2 = B_1 = B_2 = D_1 = G_2 = 0$ :  $\{Q, Q\} = 0$ ,  $\{\bar{Q}, \bar{Q}\} = 0$ ,  $\{H, Q\} = 0$ ,  $\{H, \bar{Q}\} = 0$ ,  $\{Q, \bar{Q}\} = H$ . В примерах (12), (17) существуют, так называемые, самовоспроизводимые супералгебры [12]. Действительно, в (12) достаточно выбрать  $a(T) = A_0T$ ,  $\beta(T) = 0$ ,  $\gamma(T) = D_0$ , чтобы получить самовоспроизводимую супералгебру.

Применим конструкцию нильпотентного БРСТ заряда в виде

$$Q = T_\alpha c^\alpha + \frac{1}{2}P_\gamma (F_{\alpha\beta}^\gamma + T_\delta V_{\alpha\beta}^{\delta\gamma}) c^\beta c^\alpha (-1)^{\varepsilon_\alpha} \quad (21)$$

для простых примеров, описанных выше, где  $c^\alpha$  и  $P_\alpha$  антикоммутирующие госты и моменты, соответственно. Здесь мы будем использовать следующие замечания для гостовских переменных  $(c^1, c^2, c^3) = (c, \eta_1, \eta_2)$ ,  $(P_1, P_2, P_3) = (P, \tilde{P}_1, \tilde{P}_2)$ .

1. Явный вид структурных констант (16) подразумевает, что индексы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \sigma$  нетривиальных выражений в ограничениях



$$V_{\alpha_1\sigma}^{\beta_3\beta_2}V_{\alpha_2\alpha_3}^{\beta_1}(-1)^{\varepsilon_{\alpha_1}(\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\beta_1})} + \text{cyclic perm. } (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = 0 \quad (22)$$

должны иметь следующие значения:  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \sigma = 1$ . Таким образом, единственное условие, которое должно быть подтверждено – это исчезновение  $V_{\alpha_1}^{11}V_{\alpha_2\alpha_3}^{11}(-1)^{\varepsilon_{\alpha_1}\varepsilon_{\alpha_3}} + \text{cyclic perm. } (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = 0$ . И это соотношение удовлетворяется, потому что  $V_{\alpha_1}^{11} = 0$ . Для того, чтобы доказать выполнение дополнительных ограничений на структурные константы супералгебры (1)

$$\begin{aligned} & F_{\gamma\sigma}^{\beta_1}V_{\alpha_1\alpha_2}^{\sigma\beta_2}V_{\alpha_3\alpha_4}^{\gamma\beta_3}(-1)^{\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\beta_2}+\varepsilon_{\beta_3}(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_2})+\varepsilon_{\gamma}(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\beta_3})} \\ & + F_{\gamma\sigma}^{\beta_1}V_{\alpha_2\alpha_3}^{\sigma\beta_2}V_{\alpha_1\alpha_4}^{\gamma\beta_3}(-1)^{\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\beta_2}+\varepsilon_{\beta_3}(\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\alpha_2})+\varepsilon_{\gamma}(\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\beta_3})+(\varepsilon_{\alpha_1}+1)(\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\alpha_3})} \\ & + (F_{\gamma\sigma}^{\beta_1}V_{\alpha_2\alpha_4}^{\sigma\beta_2}V_{\alpha_3\alpha_1}^{\gamma\beta_3}(-1)^{(\varepsilon_{\alpha_4}+\varepsilon_{\alpha_2})\varepsilon_{\beta_3}+(\varepsilon_{\alpha_1}+1)(\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\alpha_3})+(\varepsilon_{\alpha_4}+1)(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_3})+\varepsilon_{\gamma}(\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\alpha_4}+\varepsilon_{\beta_2})} \\ & + F_{\gamma\sigma}^{\beta_1}V_{\alpha_3\alpha_1}^{\sigma\beta_2}V_{\alpha_2\alpha_4}^{\gamma\beta_3}(-1)^{(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_3})\varepsilon_{\beta_3}+(\varepsilon_{\alpha_3}+1)(\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\alpha_1})+\varepsilon_{\gamma}(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\beta_2})})(-1)^{\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\beta_2}} \\ & + F_{\gamma\sigma}^{\beta_1}V_{\alpha_3\alpha_4}^{\sigma\beta_2}V_{\alpha_1\alpha_2}^{\gamma\beta_3}(-1)^{\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\beta_2}+\varepsilon_{\beta_3}(\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\alpha_4})+(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_2})(\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\alpha_4})+\varepsilon_{\gamma}(\varepsilon_{\alpha_4}+\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\beta_2})} \\ & + F_{\gamma\sigma}^{\beta_1}V_{\alpha_1\alpha_4}^{\sigma\beta_2}V_{\alpha_2\alpha_3}^{\gamma\beta_3}(-1)^{\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\beta_2}+\varepsilon_{\beta_3}(\varepsilon_{\alpha_3}+\varepsilon_{\alpha_1})+(\varepsilon_{\alpha_4}+1)(\varepsilon_{\alpha_2}+\varepsilon_{\alpha_3})+\varepsilon_{\gamma}(\varepsilon_{\alpha_1}+\varepsilon_{\alpha_4}+\varepsilon_{\beta_3})} = 0 \end{aligned} \quad (23)$$

нетривиальные соотношения должны выполняться при  $\gamma = \sigma = 1$ , и все элементы в этих соотношениях содержат фактор  $F_{11}^{\beta} = 0$ , который их зануляет. Таким образом, нильпотентный БРСТ заряд для этого примера должен иметь вид

$$\begin{aligned} Q = & Tc + G_1\eta_1 + G_2\eta_2 - \frac{1}{2}A_1P\eta_1^2 - \frac{1}{2}B_1P\eta_2^2 - D_1P\eta_1\eta_2 \\ & - \frac{1}{2}A_2PT\eta_1^2 - \frac{1}{2}B_2PT\eta_2^2 - \frac{1}{2}D_2PT\eta_1\eta_2 \end{aligned} \quad (24)$$

Здесь отсутствуют ограничения на параметры  $(A_1, B_1, D_1, A_2, B_2, D_2)$ , которые, в конечном счете, определяют супералгебры (16).

2. Анализ соотношений (22) требует следующих ограничений на структурные константы супералгебры (17):

$$V_{12}^{12} = V_{13}^{13} = V_{23}^{23} = 0, \quad (A_1 = D_0 = 0). \quad (25)$$

Так как  $V_{\beta\gamma}^{1\alpha} = 0$  и  $F_{\alpha\beta}^1 = 0$  для всех  $\alpha, \beta, \gamma$ , соотношения (23) выполняются. Нильпотентный БРСТ заряд, в этом случае, запишется как

$$Q = Tc + G_1\eta_1 + G_2\eta_2 + A_0(\tilde{P}_1\eta_1 + \tilde{P}_2\eta_2)c - \frac{1}{2}B_0(\tilde{P}_2G_1 - \tilde{P}_1G_2)\eta_2^2. \quad (26)$$

3. Анализируя соотношения (22), получим следующие ограничения для супералгебры (18):

$$V_{13}^{12} = V_{12}^{13} = V_{22}^{23} = V_{23}^{23} = 0 \quad (A_1 = B_1 = C_0 = D_0 = 0), \quad (27)$$

которые приводят к линейной супералгебре с обычным нильпотентным БРСТ зарядом для линейных супералгебр

$$Q = Tc + G_1\eta_1 + G_2\eta_2 + A_0\tilde{P}_2\eta_1c + B_0\tilde{P}_1\eta_2c. \quad (28)$$

4. Как и в предыдущем случае, анализируя выражения (22), накладываем строгие ограничения на супералгебру (19):

$$V_{12}^{12} = V_{22}^{23} = V_{33}^{23} = V_{23}^{23} = 0 \quad (A_1 = B_0 = C_0 = D_0 = 0), \quad (29)$$

которые также приводят к линейной супералгебре. Нильпотентный БРСТ заряд должен иметь вид:

$$Q = Tc + G_1\eta_1 + G_2\eta_2 + A_0\tilde{P}_1\eta_1c. \quad (30)$$

5. Анализируя (22), накладываем следующие ограничения на структурные константы супералгебры (21):

$$V_{13}^{13} = V_{23}^{23} = V_{33}^{23} = 0 \quad (B_3 = D_0 = B_4 = 0). \quad (31)$$

Так как  $V_{\beta\gamma}^{3\alpha} = 0$  для всех  $\alpha, \beta, \gamma$  и  $F_{13}^2 \neq 0$ ,  $F_{13}^3 \neq 0$ , то соотношения (23) выполняются. Нильпотентный БРСТ заряд может быть записан в виде

$$Q = Tc + G_1\eta_1 + G_2\eta_2 + (B_0\tilde{P}_1 + B_2\tilde{P}_2 + \frac{1}{2}B_1(PG_1 + \tilde{P}_1T))\eta_2c. \quad (32)$$

Таким образом, мы построили простые квадратичные нелинейные супералгебры с одним бозонным и двумя фермионными генераторами и потребовали всех ограничений на структурные константы для того, чтобы явно построить БРСТ заряд в канонической форме, который является квадратичным по гостовским полям.

### **Литература**

1. M. Asorey , P.M. Lavrov, O.V. Radchenko, A. Sugamoto. BRST structure of nonlinear superalgebras//Int. J. of Mod. Phys. A.-2009.-V.-24.-P. 5033.
2. I. V. Tyutin. Gauge invariance in field theory and statistical physics in operatorial formulation// Prep. of Lebedev Physics Institute.-1975.-V.-39.
3. I. A. Batalin and G. A. Vilkovisky. Gauge algebra and quantization //Phys. Lett. B.-1981.-V.-102.-P.-27.
4. I. A. Batalin and G. A. Vilkovisky. Quantization of gauge theories with linearly dependent generators//Phys. Rev. D.-1983.-V.- 28.-P.- 2567.
5. E. S. Fradkin and G. A. Vilkovisky. Quantization of relativistic systems with constraints //Phys. Lett. B.-1975.-V.- 55.-P.- 224.
6. I. A. Batalin, E. S. Fradkin. A generalized canonical formalism and quantization of reducible gauge theories//Phys.Lett.B.-1983.-V.-122.-157.
7. K.Schoutens, A.Servi, P.van Nieuwenhuizen. Quantum BRST charge for quadratic nonlinear Lie algebras//Commun.Math.Phys.-1989.-V.-124.-87.
8. A. Dresse and M. Henneaux. BRST structure of polynomial Poisson algebras// J. Math. Phys.-1994.-V.-35.-P.1334.

9. C. M. Hull. Higher-spin extended conformal algebras and W-algebras// Nucl. Phys. B.-1991.-V.- 353.-P.-707.
10. K. Schoutens, A. Sevrin, P. van Nieuwenhuizen. Properties of covariant W-gravity// Int. J. Mod. Phys. A.-1991.-V.-6.-P.-2891.
11. J. Thierry-Mieg. BRS-analysis of Zamolodchikov's spin 2 and 3 current algebra //Phys. Lett. B.-1986.-V.-197.-P.- 368.

## ПОСТРОЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ МАССИВНЫХ ФЕРМИОННЫХ ПОЛНОСТЬЮ АНТИСИМ- МЕТРИЧНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ АДС

*Рыскина Л. Л.*

Томский государственный педагогический университет

Одной из актуальных проблем теории полей высших спинов является построение лагранжианов для массивных фермионных антисимметричных полей. Первым естественным шагом для построения лагранжианов с помощью БРСТ метода является построение соответствующей алгебры генерируемой операторами определяющими уравнения движения рассматриваемого поля. Таким образом, цель данной работы – найти алгебру дополнительных частей и построить ее представление в терминах операторов рождения и уничтожения

Как известно, антисимметричное фермионное поле реализует неприводимое массивное представление группы анти де Ситтера (АдС) [1], если выполняются следующие условия

$$\left[ i\gamma^{\nu}\nabla_{\nu} - m + r^{\frac{1}{2}}\left( n - \frac{d}{2} \right) \right] \psi_{\mu_1 \dots \mu_n} = 0,$$

$$\gamma^{\mu_1} \psi_{\mu_1 \dots \mu_n} = 0, \tag{1}$$

$$\nabla^{\mu_1} \psi_{\mu_1 \dots \mu_n} = 0,$$

Здесь  $R_{\mu\nu\alpha\beta} = -r(g_{\mu\beta}g_{\nu\alpha} - g_{\mu\alpha}g_{\nu\beta})$ . Аналогично бозонному случаю [2], во избежание явных манипуляций с большим количеством индексов, мы вводим вспомогательное пространство Фока, генерируемое операторами рождения и уничтожения  $a_a^+$ ,  $a_a$  удовлетворяющие антикоммутиационным соотношениям

$$\{a_a^+, a_b\} = \eta_{ab} \tag{2}$$

$$\eta_{ab} = \text{diag}(-, +, +, \dots, +)$$

Касательные и мировые индексы преобразуются друг в друга с помощью тетрады  $e_{\mu}^a$ , при этом предполагается, что она удовлетворяет

соотношению  $\nabla_\nu e_\mu^a = 0$ . В дополнение к обычным гамма-матрицам (грассмановски четные)

$$\{\gamma_a, \gamma_b\} = -2\eta_{ab} \quad (3)$$

вводим набор  $d+1$  грассмановски нечетных гамма-матриц  $\tilde{\gamma}^a, \tilde{\gamma}$  которые удовлетворяют следующим условиям:

$$\begin{aligned} \{\tilde{\gamma}^a, \tilde{\gamma}^b\} &= -2\eta^{ab}, \\ \{\tilde{\gamma}^a, \tilde{\gamma}\} &= 0, \\ \tilde{\gamma}^2 &= -1 \end{aligned} \quad (4)$$

и которые связаны с обычными гамма-матрицами соотношением

$$\gamma^a = \tilde{\gamma}^a \tilde{\gamma} = -\tilde{\gamma} \tilde{\gamma}^a. \quad (5)$$

После этого, мы определяем оператор производной

$$D_\mu = \partial_\mu + \omega_\mu^{ab} M_{ab}, \quad M_{ab} = \frac{1}{2}(a_a^+ a_b - a_b^+ a_a) - \frac{1}{8}(\tilde{\gamma}_a \tilde{\gamma}_b - \tilde{\gamma}_b \tilde{\gamma}_a), \quad (6)$$

который действует на произвольный вектор состояния в пространстве Фока

$$|\psi\rangle = \sum_{n=0} a^{+\mu_1} \dots a^{+\mu_n} \psi_{\mu_1 \dots \mu_n}(x) |0\rangle, \quad (7)$$

как оператор ковариантной производной

$$D_\mu |\psi\rangle = \sum_{n=0} a^{+\mu_1} \dots a^{+\mu_n} (\nabla_\mu \psi_{\mu_1 \dots \mu_n}) |0\rangle. \quad (8)$$

В результате уравнения (1) можно реализовать в операторной форме

$$\tilde{t}_0 |\psi\rangle = 0, \quad t_1 |\psi\rangle = 0, \quad l_1 |\psi\rangle = 0, \quad (9)$$

где явный вид операторов  $\tilde{t}_0, t_1, l_1$ :

$$\tilde{t}_0 = i\gamma^\mu D_\mu + \tilde{\gamma} \left( r^{\frac{1}{2}} g_0 - m \right), \quad g_0 = a_\mu^+ a^\mu - \frac{d}{2}, \quad (10)$$

$$t_1 = \gamma^\mu a_\mu, \quad l_1 = -i a^\mu D_\mu$$

Для построения лагранжиана в терминах БРСТ-подхода (см. [3]–[4]) необходимо иметь набор операторов, инвариантный относительно эрмитового сопряжения и который образует алгебру. Для определения свойств эрмитового сопряжения операторов определим следующее скалярное произведение

$$\langle \tilde{\Psi} | \Phi \rangle = \int d^d x \sqrt{-g} \sum_{n,k=0} \langle 0 | \tilde{\Psi}_{\nu_1 \dots \nu_k}^+(x) \tilde{\gamma}^0 a^{\nu_k} \dots a^{\nu_1} a^{+\mu_1} \dots a^{+\mu_n} \Phi_{\mu_1 \dots \mu_n}(x) | 0 \rangle. \quad (11)$$

В результате видим, что оператор  $\tilde{t}_0$  эрмитов, а два других являются не эрмитовыми

$$t_1^+ = a_\mu^+ \tilde{\gamma}^\mu, \quad l_1^+ = -i a^{\mu+} D_\mu \quad (12)$$

Теперь, для получения алгебры мы добавляем к набору операторов все операторы, генерируемые (анти)коммутаторами  $\tilde{t}_0, t_1, l_1, t_1^+, l_1^+$ . Для замыкания алгебры, необходимо добавить следующие операторы:

$$\tilde{l}_0 = D^2 - m^2 + r \left( -g_0^2 + g_0 + t_1^+ t_1 + \frac{d(d+1)}{4} \right), \quad (13)$$

$$g_0 = a_\mu^+ a^\mu - \frac{d}{2}, \quad g_m = m, \quad (14)$$

где  $D^2 = g^{\mu\nu} (D_\mu D_\nu - \Gamma_{\mu\nu}^\sigma D_\sigma)$ . В результате мы имеем набор операторов  $\tilde{t}_0, \tilde{l}_0, t_1, l_1, t_1^+, l_1^+, g_0, g_m$ , который инвариантен относительно эрмитового сопряжения и образует алгебру, генерируемую этими операторами.

Метод построения лагранжианов в БРСТ-подходе приведенный в [3]–[4] требует введения «удлиненных» выражений для операторов исходной алгебры, в терминах новых операторов рождения и уничтожения, а так же констант теории. Перечислим требования которым должны удовлетворять дополнительные части:

1) «Удлиненные» операторы  $O_i = o_i + o'_i$  находится в соотношении инволюции  $[O_i, O_j] \sim O_k$ ;

2) Каждый эрмитов оператор содержит линейно произвольный параметр, значение которого определяется позже из условия воспроизведения уравнений движений (1).

Алгебра дополнительных частей приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Алгебра дополнительных частей**

$[\downarrow, \rightarrow]$	$t'_0$	$t'_1$	$t_1^{*+}$	$l'_0$	$l'_1$	$l_1^{*+}$	$g'_0$	$g'_m$
$t'_0$	$2l'_0$	$2l'_1$	$-2l_1^{*+}$	0	(16)	(17)	0	0
$t'_1$	$-2l'_1$	0	$2g'_0$	(18)	0	$-t'_0$	$t'_1$	0
$t_1^{*+}$	$2l_1^{*+}$	$-2g'_0$	0	(19)	$t'_0$	0	$-t_1^{*+}$	0
$l'_0$	0	$-(18)$	$-(19)$	0	(20)	(21)	0	0
$l'_1$	(16)	0	$-t'_0$	$-(20)$	$-\frac{1}{2} r t_1^{*+2}$	(15)	$l'_1$	0
$l_1^{*+}$	(17)	$t'_0$	0	$-(21)$	(15)	$-\frac{1}{2} r t_1^{*+2}$	$-l_1^{*+}$	0
$g'_0$	0	$-t'_1$	$t_1^{*+}$	0	$-l'_1$	$l_1^{*+}$	0	0
$g'_m$	0	0	0	0	0	0	0	0

где

$$\{l'_1, l'^+_1\} = -l'_0 - r \left( g'^2_0 + \frac{1}{2} g'_0 + \frac{1}{2} t'^+_1 t'_1 \right), \quad (15)$$

$$\{t'_0, l'_1\} = r \left( g'_0 + \frac{1}{2} \right) t'_1, \quad (16)$$

$$\{t'_0, l'^+_1\} = r t'^+_1 \left( g'_0 + \frac{1}{2} \right), \quad (17)$$

$$[t'_1, l'_0] = -r(2g'_0 + 1)t'_1, \quad (18)$$

$$[t'^+_1, l'_0] = r t'^+_1 (2g'_0 + 1), \quad (19)$$

$$[l'_0, l'_1] = r(2g'_0 + 1)l'_1, \quad (20)$$

$$[l'_0, l'^+_1] = -r l'^+_1 (2g'_0 + 1). \quad (21)$$

Используя данную алгебру, находим явные выражения для дополнительных частей в терминах новых операторов рождения и уничтожения:

$$t'^+_1 = b^+,$$

$$l'^+_1 = m_1 f^+ - \frac{r}{4m_1} b^{+2} f, \quad (15)$$

$$g'_0 = b^+ b + f^+ f + h, \quad g_m = h_m,$$

$$t'_0 = -\tilde{\gamma} m_0 - 2m_1 f^+ b + \frac{r}{2m_1} (b^+ b + 2h) b^+ f, \quad (16)$$

$$l'_0 = -m_0^2 - r(b^+ b + 2h) b^+ b - 2r \left( b^+ b + h + \frac{1}{2} \right) f^+ f, \quad (17)$$

$$t'_1 = \tilde{\gamma} \frac{m_0}{m_1} f + (2f^+ f + b^+ b + 2h) b, \quad (18)$$

$$l'_1 = \tilde{\gamma} m_0 b + m_1 f^+ b^2 + \frac{m_0^2}{m_1} f - \frac{r}{m_1} \left( h + \frac{1}{2} \right) (b^+ b + h) f - \frac{r}{4m_1} b^{+2} b^2 f. \quad (19)$$

В данной работе было показано, что построение теории антисимметричного спинорного поля возможно только в пространстве анти де Ситтера. Для построения лагранжиана с помощью БРСТ метода находится алгебра, генерируемая операторами определяющими уравнения движения рассматриваемого поля. Показано, что для построения лагранжиана требуется построение «удлиненных» выражений для первоначальных. Найдена алгебра дополнительных частей “удлиняющих” исходные операторы и их явные выражения с помощью дополнительных (новых) операторов рождения и уничтожения.

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. R.R. Metsaev, Fermionic fields in the d-dimensional anti-de Sitter spacetime, // Phys. Lett. B 419, (1998) P.49
2. I.L. Buchbinder, V.A. Krykhtin, L.L. Ryskina, BRST approach to Lagrangian formulation of bosonic totally antisymmetric tensor fields in curved space, arXiv:0810.3467 [hep-th].
3. I.L. Buchbinder, V.A. Krykhtin, P.M. Lavrov, Gauge invariant Lagrangian formulation of higher spin massive bosonic field theory in AdS space, // Nucl. Phys. B 762, (2007) P. 344-376
4. I.L. Buchbinder, V.A. Krykhtin, Progress in Gauge Invariant Lagrangian Construction for Massive Higher Spin Fields, arXiv:0710.5715 [hep-th].

### ЛАГРАНЖЕВА ФОРМУЛИРОВКА ДЛЯ ТЕОРИИ МАССИВНЫХ АНТИСИММЕТРИЧНЫХ ФЕРМИОННЫХ ПОЛЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ АНТИ ДЕ-СИТТЕРА

*Рыскина Л. Л.*

Томский государственный педагогический университет

Одним из интереснейших аспектов теории полей высших спинов в различных измерениях является возможность построения модели, используя поля со смешанной симметрией индексов (см. [1]). Так как полностью антисимметричные поля являются частным случаем стандартных полей со смешанной симметрией, методы развитые в теории полей высших спинов оказываются применимы для лагранжевой формулировки полностью антисимметричных полей.

В данной статье, будет найден лагранжиан для массивных фермионных полностью антисимметричных полей в пространстве анти де Ситтера, используя БРСТ подход.

Следуя методу, изложенному в [2] можно найти алгебру расширенных операторов приведенная в табл. 1.

Таблица 1

## Алгебра расширенных операторов

$[\downarrow, \rightarrow]$	$T_0$	$T_1$	$T_1^+$	$L_0$	$L_1$	$L_1^+$	$G_0$
$T_0$	$2L_0$	$2L_1$	$-2L_1^+$	0	(1)	(2)	0
$T_1$	$-2L_1$	0	$2G_0$	(3)	0	$-T_0$	$T_1$
$T_1^+$	$2L_1^+$	$-2G_0$	0	(4)	$T_0$	0	$-T_1^+$
$L_0$	0	(3)	(4)	0	(5)	(6)	0
$L_1$	(1)	0	$-T_0$	(5)	(8)	(7)	$L_1$
$L_1^+$	(2)	$T_0$	0	(6)	(7)	(9)	$-L_1^+$
$G_0$	0	$-T_1$	$T_1^+$	0	$-L_1$	$L_1^+$	0

где

$$\{T_0, L_1\} = -\frac{1}{2}rG_0T_1 - \frac{1}{2}rT_1G_0 + rg'_0T_1 + rt'_1G_0, \quad (1)$$

$$\{T_0, L_1^+\} = -\frac{1}{2}rT_1^+G_0 - \frac{1}{2}rG_0T_1^+ + rt_1^+G_0 + rg'_0T_1^+, \quad (2)$$

$$[T_1, L_0] = rG_0T_1 + rT_1G_0 - 2rg'_0T_1 - 2rt'_1G_0, \quad (3)$$

$$[T_1^+, L_0] = -rT_1^+G_0 - rG_0T_1^+ + 2rg'_0T_1^+ + 2rt_1^+G_0, \quad (4)$$

$$[L_0, L_1] = -rG_0L_1 - rL_1G_0 + 2rg'_0L_1 + 2rt'_1G_0, \quad (5)$$

$$[L_0, L_1^+] = rL_1^+G_0 + rG_0L_1^+ - 2rt_1^+G_0 - 2rg'_0L_1^+, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \{L_1, L_1^+\} = & -L_0 + rG_0^2 - 2rg'_0G_0 + \\ & + \frac{1}{4}rT_1^+T_1 + \frac{1}{4}rT_1T_1^+ - \frac{1}{2}rt_1^+T_1 - \frac{1}{2}rt'_1T_1^+, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\{L_1, L_1\} = \frac{1}{2}rT_1^2 - rt'_1T_1, \quad (8)$$

$$\{L_1^+, L_1^+\} = \frac{1}{2}rT_1^{+2} - rt_1^+T_1^+, \quad (9)$$

БРСТ оператор, построенный на основе алгебры, данной в табл. 1 имеет вид:



$$\begin{aligned}
Q' &= q_0 T_0 + \eta_1^+ T_1 + \eta_1 T_1^+ + \eta_0 L_0 + q_1^+ L_1 + q_1 L_1^+ + \eta_G G_0 + (q_1^+ q_1 - q_0^2) P_0, \\
&+ 2i\eta_1^+ q_0 p_1 + 2iq_0 \eta_1 p_1^+ - 2\eta_1^+ \eta_1 P_G + i(\eta_1^+ q_1 - q_1^+ \eta_1) p_0 \\
&+ 2\eta_G (\eta_1^+ P_1 - \eta_1 P_1^+ + iq_1^+ p_1 - iq_1 p_1^+) - r q_1^+ q_1 (G_0 - 2g'_0) P_G \\
&- r \left( \eta_1^+ \eta_0 - \frac{1}{2} q_1^+ q_0 \right) [(G_0 - 2g'_0) P_1 + (T_1 - 2t'_1) P_G] \\
&- r \left( \eta_0 \eta_1 - \frac{1}{2} q_0 q_1 \right) [(G_0 - 2g'_0) P_1^+ + (T_1^+ - 2t_1^+) P_G] \\
&- \frac{r}{4} [q_1 (T_1^+ - 2t_1^+) + g_1^+ (T_1 - 2t_1^+)] (q_1 P_1^+ + q_1^+ P_1) \\
&- \frac{r^2}{4} \eta_0 (q_1 T_1^+ - q_1^+ T_1) (q_1 P_1^+ + q_1^+ P_1) P_G.
\end{aligned} \tag{10}$$

Здесь,  $q_0, q_1, q_1^+$  и  $\eta_0, \eta_1, \eta_1^+, \eta_G$  соответственно бозонные и фермионные гостовские «координаты», а  $p_0, p_1, p_1^+, P_0, P_1, P_1^+, P_G$  соответствующие им канонически сопряженные «импульсы». Они подчиняются (анти)коммутиационным соотношениям:

$$\begin{aligned}
\{\eta_0, P_0\} = \{\eta_G, P_G\} = \{\eta_1, P_1^+\} = \{\eta_1^+, P_1\} = 1 \\
[q_0, p_0] = [q_1, p_1^+] = [q_1^+, p_1] = i
\end{aligned} \tag{11}$$

и обладают стандартными гостовскими числами  $gh(C^i) = -gh(P_i) = 1$ , что обеспечивает  $gh(\tilde{Q}') = 1$ . Обратимся теперь к построению лагранжиана на основе БРСТ оператора  $Q'$  (11).

Для начала мы избавляемся в БРСТ операторе от зависимости от гостов  $\eta_G, P_G$ .

$$|\chi\rangle = \sum_{k_i} (q_0)^{k_0} (q_1^+)^{k_1} (p_1^+)^{k_2} (\eta_0)^{k_3} (\eta_1^+)^{k_4} (P_1^+)^{k_5} (b^+)^{k_6} (f^+)^{k_7} a^{+\mu_1} \dots a^{+\mu_{k_8}} \chi_{\mu_1 \dots \mu_{k_8}}^{k_1 \dots k_8}(x) |0\rangle \tag{12}$$

В сумме (12)  $k_0, k_1, k_2, k_3, k_7$  пробегает значения от 0 до  $\infty$ , а  $k_4, k_5, k_6, k_8$  от 0 до 1. После этого мы получаем из уравнения на физический вектор  $Q'|\chi\rangle = 0$  и из калибровочных преобразований  $\delta|\chi\rangle = Q'|\Lambda\rangle$  последовательность соотношений:

$$Q|\chi\rangle = 0, \quad (\sigma + h)|\chi\rangle = 0, \quad gh(|\chi\rangle) = 0, \tag{13}$$

$$\delta|\chi\rangle = Q|\Lambda\rangle, \quad (\sigma + h)|\Lambda\rangle = 0, \quad gh(|\Lambda\rangle) = -1, \tag{14}$$

$$\delta|\Lambda\rangle = Q|\Lambda^{(1)}\rangle, \quad (\sigma + h)|\Lambda^{(1)}\rangle = 0, \quad gh(|\Lambda^{(1)}\rangle) = -2, \tag{15}$$

$$\delta|\Lambda^{(i-1)}\rangle = Q|\Lambda^{(i)}\rangle, \quad (\sigma + h)|\Lambda^{(i)}\rangle = 0, \quad gh(|\Lambda^{(i)}\rangle) = -(i+1). \tag{16}$$

Затем, аналогичным образом избавляемся от гостов  $\eta_0, P_0, q_0, p_0$ . Тогда разлагая вектор состояния и калибровочные параметры в ряд по гостам  $\eta_0, P_0, q_0, p_0$ , имеем

$$|\chi\rangle = \sum_{k=0}^{\infty} q_0^k (|\chi_0^k\rangle + \eta_0 |\chi_1^k\rangle), \quad gh(|\chi_m^k\rangle) = -(m+k), \quad (17)$$

$$|\Lambda^{(i)}\rangle = \sum_{k=0}^{\infty} q_0^k (|\Lambda^{(i)k}_0\rangle + \eta_0 |\Lambda^{(i)k}_1\rangle), \quad gh(|\Lambda^{(i)k}_m\rangle) = -(i+m+k+1), \quad (18)$$

Тогда после процедуры описанной в [3], можем избавиться от всех полей кроме двух  $|\chi_0^0\rangle, |\chi_0^1\rangle$  и из крайнего левого уравнения (13) получим уравнения движения, соответствующие физическому тензорному полю ранга- $n$

$$\Delta Q |\chi_0^0\rangle_n + \frac{1}{2} \{\tilde{T}_0, q_1^+ q_1\} |\chi_0^1\rangle_n = 0 \quad (19)$$

$$\tilde{T}_0 |\chi_0^0\rangle_n + \Delta Q |\chi_0^1\rangle_n = 0 \quad (20)$$

где  $|\chi_0^0\rangle_n, |\chi_0^1\rangle_n$  удовлетворяют соотношениям

$$\sigma |\chi_0^0\rangle_n = (n - d/2) |\chi_0^0\rangle_n, \quad \sigma |\chi_0^1\rangle_n = (n - d/2) |\chi_0^1\rangle_n. \quad (21)$$

Уравнения (19), (20) являются лагранжевыми и могут быть выведены из следующего лагранжиана<sup>1</sup>

$$\begin{aligned} L_n = & \langle \tilde{\chi}_0^0 | K_n \tilde{T}_0 | \chi_0^0 \rangle_n + \frac{1}{2} \langle \tilde{\chi}_0^1 | K_n \{\tilde{T}_0, q_1^+ q_1\} | \chi_0^1 \rangle_n \\ & + \langle \tilde{\chi}_0^0 | K_n \Delta Q | \chi_0^1 \rangle_n + \langle \tilde{\chi}_0^1 | K_n \Delta Q | \chi_0^0 \rangle_n \end{aligned} \quad (22)$$

Уравнения движения (19), (20) и действие (21) являются инвариантными относительно калибровочных преобразований

$$\delta |\chi_0^0\rangle_n = \Delta Q |\Lambda_0^0\rangle_n + \frac{1}{2} \{\tilde{T}_0, q_1^+ q_1\} |\Lambda_0^1\rangle_n, \quad (23)$$

$$\delta |\chi_0^1\rangle_n = \tilde{T}_0 |\Lambda_0^0\rangle_n + \Delta Q |\Lambda_0^1\rangle_n, \quad (24)$$

которые являются приводимыми, с калибровочными параметрами  $|\Lambda^{(i)j}\rangle_n, j=0,1$  подчиняются тем же условиям как и  $|\chi_0^j\rangle_n$  в (21=)

$$\delta |\Lambda^{(i)0}\rangle_n = \Delta Q |\Lambda^{(i+1)0}\rangle_n + \frac{1}{2} \{\tilde{T}_0, q_1^+ q_1\} |\Lambda^{(i+1)1}\rangle_n, \quad |\Lambda^{(i+1)0}\rangle_n = |\Lambda_0^0\rangle_n, \quad (25)$$

$$\delta |\Lambda^{(i)1}\rangle_n = \tilde{T}_0 |\Lambda^{(i+1)0}\rangle_n + \Delta Q |\Lambda^{(i+1)1}\rangle_n, \quad |\Lambda^{(i+1)1}\rangle_n = |\Lambda_0^1\rangle_n, \quad (26)$$

Итак, построили лагранжеву формулировку для массивных фермионных антисимметричных тензорных теорий поля в пространстве АдС произвольной размерности. Соответствующий

<sup>1</sup> Лагранжиан определяется с точностью до произвольного общего множителя.

лагранжиан и (Штюкельберговые) калибровочные преобразования даны формулами (22) и (23)–(26), порядок приводимости растет со значением ранга антисимметричного поля.

## **ЛИТЕРАТУРА**

---

1. M. Vasiliev, Higher Spin gauge theories in various dimensions, // Fortsch. Phys. – 52 (2004) – P. 702
2. I.L. Buchbinder, V.A. Krykhtin, P.M. Lavrov, Gauge invariant Lagrangian formulation of higher spin massive bosonic field theory in AdS space, // Nucl. Phys. – B 762 (2007). – P. 344–376
3. I.L. Buchbinder, V.A. Krykhtin, A. Pashnev, BRST approach to Lagrangian construction for fermionic massless higher spin fields, // Nucl. Phys. – B 711 (2005). – P. 367.

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ БЕЗМАССОВОГО ПОЛЯ СО СПИНОМ 3 В ПРОСТРАНСТВЕ АНТИ ДЕ СИТТЕРА**

*Снегирев Т. В.*

Томский государственный педагогический университет

### ***Введение***

Проблема построения теорий полей высших спинов, и изучение ее физических приложений является одной из открытых проблем современной теоретической физики высоких энергий. Познакомиться с обсуждениями, а также текущими результатами по данной проблематике можно в литературе (см. обзоры [1]–[2]).

Хорошо известно, что эффективное действие является центральным понятием квантовой теории поля, определяющим квантовые поправки к классическому действию, квантовые поправки к классическим уравнениям движения и структуру функций Грина. В терминах эффективного действия естественным образом описывается процедура перенормировки в квантовой теории поля и структура тождеств Уорда в калибровочных теориях (см. [3], [4]). Вычисление эффективного действия в теории полей высших спинов ранее не рассматривалось. Поэтому представляет интерес изучить некоторые аспекты такого эффективного действия на примере простейшей полевой модели высших спинов – теории безмассового поля со спином 3 в пространстве АдС. В частности, стандартный квантовополевой анализ показывает, что эффективное действие содержит расходимости, которые в 4-мерном пространстве сводятся к нахождению коэффициентов де Витта. В данной статье представле-

ны общая схема вычисления коэффициентов, а также конечный результат для рассматриваемой теории.

### 1. Квантование безмассового поля со спином 3 в пространстве АдС

Теория свободного безмассового поля со спином 3 в пространстве АдС описывается в терминах тензорных полей  $\varphi^{\mu\nu\sigma}$ , и классическое действие для такой теории имеет вид

$$S_{cl} = \int d^d x \sqrt{|g|} \left\{ \frac{1}{2} \varphi^{\mu\nu\sigma} \nabla^2 \varphi_{\mu\nu\sigma} + \frac{3}{2} \nabla_\sigma \varphi^{\mu\nu\sigma} \nabla^\tau \varphi_{\mu\nu\tau} + 3 \varphi^{\mu\nu\sigma} \nabla_\mu \nabla_\nu \varphi^\lambda_{\lambda\sigma} - \right. \\ \left. - 3r(d-1) \varphi^{\nu}_{\nu\mu} \varphi^{\mu\sigma}_{\sigma} - \frac{3}{2} \varphi^{\mu\sigma}_{\sigma} \nabla^2 \varphi^{\nu}_{\nu\mu} + \frac{3}{4} (\nabla^\mu \varphi^\sigma_{\sigma\mu})^2 + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} (d-3) r \varphi^{\mu\nu\sigma} \varphi_{\mu\nu\sigma} - 3r(d-1) \varphi^{\nu}_{\nu\mu} \varphi^{\mu\sigma}_{\sigma} \right\},$$

инвариантное относительно следующих калибровочных преобразований

$$\delta \varphi_{\mu\nu\sigma} = \nabla_\mu \varepsilon_{\nu\sigma} + \nabla_\nu \varepsilon_{\sigma\mu} + \nabla_\sigma \varepsilon_{\mu\nu}$$

здесь:

$\nabla_\mu$  - ковариантная производная,

$r$  - размерная константа,

$d$  - размерность пространства.

Поскольку в рассматриваемом случае алгебра калибровочных преобразований замкнута и генераторы независимы, то для квантования можно использовать метод Фадеева-Попова, предлагающий наложение калибровки и нахождение соответствующих полей духов. Функцию фиксации калибровки выберем в виде

$$\chi_{\mu\nu} = \nabla^\sigma \varphi_{\mu\nu\sigma} - \frac{1}{2} \nabla_\mu \varphi^\sigma_{\sigma\nu} - \frac{1}{2} \nabla_\nu \varphi^\sigma_{\sigma\mu}.$$

Тогда действие фиксации калибровки  $S_{gf}$  и действие полей духов  $S_{gh}$  согласно общей схеме квантования вводятся стандартным образом

$$S_{gf} = -\frac{3}{2} \int d^d x \sqrt{|g|} \chi^{\mu\nu} \chi_{\mu\nu} \quad S_{gh} = \int d^d x \sqrt{|g|} c^{-\alpha\beta} \frac{\delta \chi_{\alpha\beta}}{\delta \varepsilon^{\mu\nu}} c^{\mu\nu}$$

Таким образом, квантовая теория безмассового поля со спином 3 в пространстве АдС описывается действием  $S_{total} = S_{cl} + S_{gf} + S_{gh}$ , представляющим собой сумму классического действия  $S_{cl}$ , действия фиксации калибровки  $S_{gf}$  и действия полей духов  $S_{gh}$ . Для рассматриваемой теории явное выражение для полного действия  $S_{total}$  имеет следующий вид

$$S_{total} = \frac{1}{2} \int d^d x \sqrt{|g|} \varphi^{\mu\nu\sigma} \left( G_{\mu\nu\sigma, \alpha\beta\gamma} \nabla^2 + r X_{\mu\nu\sigma, \alpha\beta\gamma} \right) \varphi^{\alpha\beta\gamma} + \int d^d x \sqrt{|g|} c^{-\alpha\beta} M_{\alpha\beta, \mu\nu} c^{\mu\nu}$$

где

$$G_{\mu\nu\sigma,\alpha\beta\gamma} = (g_{\mu\alpha}g_{\nu\beta}g_{\sigma\gamma})_{sym} - \frac{3}{2}(g_{\mu\alpha}g_{\nu\sigma}g_{\beta\gamma})_{sym} \quad (1)$$

$$X_{\mu\nu\sigma,\alpha\beta\gamma} = (d-3)(g_{\mu\alpha}g_{\nu\beta}g_{\sigma\gamma})_{sym} - \frac{9}{2}(d-1)(g_{\mu\alpha}g_{\nu\sigma}g_{\beta\gamma})_{sym} \quad (2)$$

$$M_{\alpha\beta,\mu\nu} = \left(\frac{1}{2}g_{\mu\alpha}g_{\nu\beta} + \frac{1}{2}g_{\nu\alpha}g_{\mu\beta} - \frac{1}{d}g_{\mu\nu}g_{\alpha\beta}\right) [\nabla^2 + 2rd] \quad (3)$$

## 2. Однопетлевое эффективное действие и метод собственного времени

Эффективное действие представляет собой классическое действие, плюс квантовые поправки. Поскольку рассматриваемая модель описывается квадратичным действием, то эффективное действие содержит только однопетлевую квантовую поправку

$$\Gamma^{(1)}[\bar{\varphi}] = \frac{i}{2} Tr \ln(S_{,ij}[\bar{\varphi}] + S_{gf,ij}[\bar{\varphi}]) - i Tr \ln M^{\mu\nu}_{\alpha\beta}[\bar{\varphi}]. \quad (4)$$

Для изучения структуры эффективного действия мы используем явно ковариантный метод собственного времени (метод Фока-Швингера-де Витта)[5]. В рамках этого метода будем искать эффективное действие в виде

$$\Gamma^{(1)}[\bar{\varphi}] = -\frac{i}{2} \int_0^\infty \frac{ds}{s} e^{-ism^2} \int d^d x \sqrt{|g|} tr U_B^A(s|x, x') \quad (5)$$

где функция  $U_B^A(s|x, x')$  называется швингеровским ядром. Она удовлетворяет уравнению типа Шредингера, а также начальному условию

$$-i \frac{\partial U_B^A(s)}{\partial s} = (\nabla^2 \delta_C^A + X_C^A) U_B^C(s) \quad (6)$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} U_B^A(s|x, x') = \delta_B^A \delta(x, x') \quad (7)$$

Далее, для отыскания этой функции мы выбираем ее в таком виде, чтобы можно было затем удобно перейти к разложению в ряд

$$U_B^A(s|x, x') = \frac{-i}{(4\pi s)^{d/2}} \Delta^{1/2} \exp\left(-\frac{i\sigma}{2s}\right) \sum_{n=0}^{\infty} a_{Bn}^A(x, x') (is)^n \quad (8)$$

где  $\sigma(x, x')$  выбирается как половина квадрата расстояния вдоль геодезической между точками  $x$  и  $x'$

$$\sigma(x, x') = \frac{1}{2} g_{\mu\nu} (x^\mu - x^{\mu'}) (x^\nu - x^{\nu'}),$$

$\Delta(x, x')$  удобно выбрать в форме детерминанта Ван Флека-Моретта[4]

$$\Delta(x, x') = \frac{-\det \sigma_{\mu\nu}}{\sqrt{g(x)g(x')}}.$$

Тогда структура эффективного действия (5) с учетом (8) принимает вид

$$\Gamma^{(1)} = -\frac{(i)^{d/2}}{2(4\pi)^{d/2}} \sum_{n=0}^{\infty} \int d^d x \sqrt{|g|} \text{tra}_n \int_0^{\infty} ids (is)^{n-d/2-1} e^{-ism^2} \quad (9)$$

Интеграл по  $s$  в выражении (9) очевидно расходится на нижнем пределе. Выделим эту расходимость с помощью некоторой регуляризации, а именно, представим  $\varepsilon = \frac{4-d}{2}$ . Тогда расходящаяся часть эффективного действия представляет собой сингулярные при  $\varepsilon \rightarrow 0$  члены и имеет вид

$$\Gamma_{div}^{(1)} = -\frac{\mu^{-2\varepsilon}}{2(4\pi)^2} \sum_{n=0}^{\infty} \int d^d x \sqrt{|g|} \left[ \frac{m^4}{2} \text{tra}_0 - m^2 \text{tra}_1 + \text{tra}_2 \right] \quad (10)$$

где коэффициенты  $a_0, a_1, a_2$  называются коэффициентами де Витта, определяющие структуру однопетлевых расходимостей в 4-мерном пространстве. Вычисление этих коэффициентов для каждой конкретной теории является самостоятельной задачей. Заметим, что для безмассовой теории нам достаточно найти коэффициент  $a_2$ .

### 3. Вычисление коэффициентов де Витта и расходимости эффективного действия

В качестве базового соотношения, позволяющего вычислять коэффициенты де Витта, выступает явное представление функции  $U_B^A(s|x, x')$  (4), а также два условия, накладываемые на эту функцию уравнением (6) и начальным условием (7). Удовлетворение уравнению (6) позволяет получить нам рекуррентные соотношения на коэффициентами  $a_i$

$$\sigma^\mu \nabla_\mu a_{B(n+1)}^A + (n+1) a_{B(n+1)}^A = -\Delta^{-1/2} \nabla^2 (\nabla^{1/2} a_{Bn}^A) + X_C^A a_{Bn}^A$$

а начальное условие фиксирует вид коэффициента  $a_0$

$$a_{B0}^A(x, x') = I_B^A \delta(x, x').$$

Нахождение явного вида коэффициентов для каждой конкретной теории является самостоятельной задачей и заключается в вычислении геометрических объектов вида  $\lim_{x' \rightarrow x} \nabla_{\mu_1} \dots \nabla_{\mu_k} \sigma(x, x')$ ,  $\lim_{x' \rightarrow x} \nabla_{\mu_1} \dots \nabla_{\mu_k} I_B^A(x, x')$  и  $\lim_{x' \rightarrow x} \nabla_{\mu_1} \dots \nabla_{\mu_k} \Delta^{1/2}(x, x')$ .

Таким образом, прямые вычисления коэффициентов  $a_1, a_2$  в совпадающих точках, определяющих расходящуюся часть эффективного действия, дают следующие выражения

$$a_{B1}^A \Big|_{x'=x} = -\frac{1}{6} \delta_B^A R + X_B^A$$

$$2a_{B2}^A \Big|_{x'=x} = -\frac{1}{3} (\nabla^4 I_A^A) - \frac{1}{3} R X_A^A + X_B^A X_A^B + \frac{r^2}{36} d^2 (d-1)^2 - \frac{r^2}{90} d(d-1)(d-3)$$

Для рассматриваемой модели вид  $I_B^A$  и  $X_B^A$  определены соотношениями (1,2,3). Отметим, что в расходящуюся часть эффективного действия входят не сами коэффициенты, а их след. Тогда, окончательно, можно записать, что расходящаяся часть эффективного действия, определенная соотношением (10) и учитывая, что наша теория безмассовая, равняется

$$\Gamma_{div}^{(1)} = \frac{\mu^{-2\varepsilon}}{2(4\pi)^2} \int d^d x \sqrt{|g|} (-245r^2 + \frac{1}{15}r^2) \quad (11)$$

Мы нашли первые коэффициенты де Витта в совпадающих точках и расходящуюся часть эффективного действия в явном виде для теории свободного безмассового поля спина 3 в пространстве анти де Ситтера в однопетлевом приближении. Для устранения расходимостей необходимо провести перенормировку. Поскольку мы рассматриваем свободную теорию во внешнем гравитационном поле, то перенормировка имеет простой вид

$$\Gamma_R^{(1)}[g_{\mu\nu}] = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (\Gamma_{reg}^{(1)}[g_{\mu\nu}] - \Gamma_{div}^{(1)}[g_{\mu\nu}])$$

Выражение  $\Gamma_R^{(1)}[g_{\mu\nu}]$  автоматически конечно.

### **Заключение**

В данной статье мы исследовали структуру эффективного действия для теории свободного безмассового поля спина 3 в пространстве анти де Ситтера. Было установлено, что рассматриваемая модель содержит только однопетлевую квантовую поправку (4) в силу квадратичности теории. Также при квантовополевым анализе эффективного действия, используя метод собственного времени было показано, что эффективное действие содержит ультрафиолетовые расходимости, которые в 4-мерии определяются коэффициентами де Витта. Главной целью данной статьи было показать, как находятся эти коэффициенты и таким образом находится расходящаяся часть эффективного действия. Результат приведен формулой (11). Для того чтобы избавиться от расходящейся части необходимо провести процедуру перенормировки, которая для рассматриваемой модели осуществляется простым способом, надо из регуляризованному эффективного действия вычесть расходящуюся часть.

### **Литература**

1. Vasiliev M. Higher spin gauge theories in various dimensions/ Fortsc. Phys., 52 (2004), 702–707; hep-th/0401177.
2. Sorokin D. Introduction to classical theory of higher spins/ hep-th/0405069.
3. Пескин М. Е., Шредер Д. В. Введение в квантовую теорию поля/ М.И. «РХД», 2001.

4. Buchbinder I. L., Odintsov S. M., Shapiro I. L. Effective action and quantum gravity/ IOP Publishing. – Bristol and Philadelphia, 1992.
5. Витт Б. Динамическая теория групп и полей. – М.: Мир, 1987.

## **ИЗЛУЧЕНИЕ КИЛЬВАТЕРНОГО СЛЕДА КАНЛИРУЮЩЕЙ ЧАСТИЦЫ**

*Соседова М. А.*

Томский государственный педагогический университет

Физика ориентационных эффектов, среди которых наиболее известным является каналирование ускоренных частиц, в настоящее время представляет собой молодое быстро развивающееся направление. По мере накопления знаний непрерывно расширяется и круг практических применений ориентационных эффектов. Так, эффект каналирования послужил фундаментом для создания новых экспериментальных методов исследования состава и структуры твердого тела. С помощью эффекта каналирования можно изучать тепловые колебания и смещения атомов в решетке, распределение электронной плотности в межатомном пространстве кристаллов, производить их точную ориентацию. Все это определяет актуальность и значимость темы настоящей работы.

Теперь несколько слов об эффекте каналирования: когда заряженные частицы падают на твердый объект, их рассеяние происходит более или менее хаотично, поскольку они сталкиваются с отдельными атомами. Однако когда мишень представляет собой кристалл и узкий сфокусированный пучок частиц падает на него под определенным углом, движение частиц направляется (канализуется) атомными цепочками или плоскостями.

Цель данной работы заключается в исследовании излучения атомов, вызванного прохождением заряженной релятивистской частицей между двумя цепочками атомов.

### **Динамика атомов кристаллической решетки**

Рассмотрим сильно упрощенную модель кристаллической решетки, которая позволяет, тем не менее, определить свойства излучения цепочки атомов. Будем считать, что решетка плоская с прямоугольной структурой, имеет цепочки атомов конечной длины  $l$ . В одну цепочку укладывается  $N$  атомов.

Пусть монокристалл облучается пучком положительно заряженных частиц, которые до входа в кристалл движутся равномерно и прямолинейно. Введем систему координат так, чтобы ось  $Ox$  была параллельна цепочкам атомов и проходила посередине между соседни-



ми цепочками атомов кристалла. Обозначим расстояние между соседними атомами, лежащими параллельно оси  $Ox$ , через  $b$ , а расстояние между цепочками атомов через  $D$

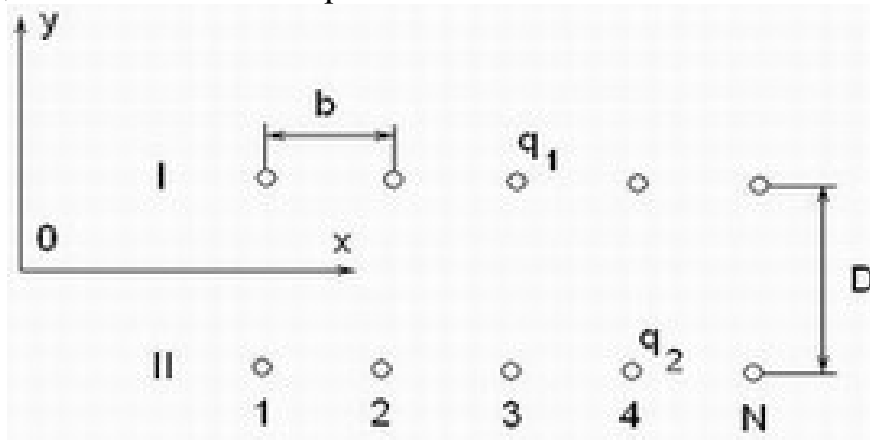


Рис. 1. Модель двумерной кристаллической решетки

Считаем каналирующую частицу релятивистской, тогда ее электрическое поле относительно лабораторной системы отчета сосредоточено в основном в плоскости, перпендикулярной направлению движения частицы [1]. При этом следует ожидать, что ее взаимодействие с окружающими атомами эффективно существует в течение короткого времени и сводится к передаче импульса в направлении, ортогональном скорости каналирующей частицы. Проверив это предположение, получаем что:  $\frac{P_y}{P_x} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \gamma$ ,

здесь  $\gamma$  – Лоренц-фактор.

Из отношения полученных импульсов видно, что импульс, переданный вдоль оси  $OY$ , в  $\gamma$  раз больше чем импульс, переданный тому же атому вдоль оси  $OX$ . Поскольку для релятивистских частиц  $P_y \gg P_x$ , отклонением атома вдоль оси  $OX$  можно пренебречь, и рассматривать колебания атома только вдоль оси  $OY$ .

Величина амплитуды колебаний зависит, очевидно, от величины переданного импульса вдоль оси  $OY$ . Амплитуду колебаний для любого атома цепочки можно записать следующим образом:

$$A_i = \frac{P_{y_i}}{m\omega_0},$$

где  $P_{y_i}$  – разное для цепочек, так как оно зависит от  $a$ . Скорость атома относительно положения равновесия является нерелятивистской, поэтому при расчете излучения атома можно использовать дипольное приближение. Объединяя два атома решетки, находящиеся друг против друга, в один диполь, который меняется со временем за счет коле-

бания атомов, и учитывая что заряды всех атомов равны, найдем дипольный момент полученной системы:

$$\vec{p}_i(t) = q_2 \sum_j \vec{r}_i^j = q_2 (\vec{r}_i^1 + \vec{r}_i^2),$$

где  $\vec{r}_i^j$  – радиус-вектор  $i$ -го атома в  $j$ -той цепочке. Далее, проводя соответствующие расчеты, учитывая направляющее движение заряженной частицы при каналировании, результирующую амплитуду запишем в виде:

$$A = \frac{q_1 q_2 8K \cos \frac{\Omega x}{V}}{mV \omega_0 D^2},$$

где  $q_1$  – заряд частицы,  $q_2$  – заряд атомов решетки,  $m$  – масса частицы,  $V$  – скорость заряженной частицы,  $\omega_0$  – частота колебаний атома,  $K$  и  $\Omega$  – амплитуда и частота колебаний каналирующей частицы.

### Электромагнитное поле кильватерного следа

Электромагнитное поле, создаваемое изменяющимся со временем диполем, имеет достаточно сложную структуру. Электрическое поле такого диполя записывается следующей формулой [2]:

$$\begin{aligned} \vec{E}_i(\vec{r}, t) = & \frac{1}{r^3} (3\vec{n}(\vec{n}\vec{p}_i(t')) - \vec{p}_i(t')) + \\ & + \frac{1}{r^2 c} (3\vec{n}(\vec{n}\dot{\vec{p}}_i(t')) - \dot{\vec{p}}_i(t')) + \frac{1}{rc^2} [\vec{n}, [\vec{n}, \ddot{\vec{p}}_i(t')]] \end{aligned}$$

Значение  $\vec{p}$  следует брать в предшествующий момент времени  $t'$ :

$$t' = t - \frac{r}{c},$$

где  $r = |\vec{r}|$ . Вектор  $\vec{r}$  запишется через векторы  $\vec{R}$  и  $\vec{r}_p$  как разность  $\vec{r} = \vec{R} - \vec{r}_p$ .  $\vec{R}$  – вектор, соединяющий начало координат с наблюдателем, а  $\vec{r}_p$  – вектор, соединяющий начало координат с диполем

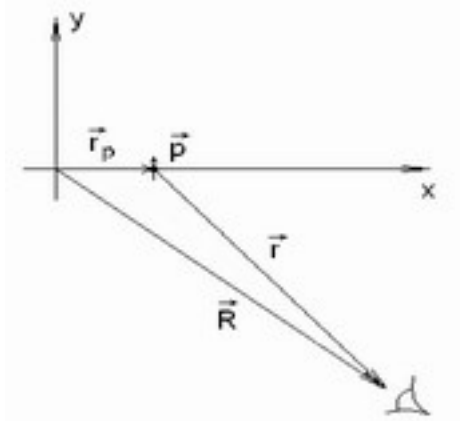


Рис. 2.

Нас будет интересовать часть электрического поля, которая зависит от  $\ddot{p}(x, t)$  и убывает на больших расстояниях пропорционально  $r^{-1}$ . Так как при достаточно больших расстояниях  $r \rightarrow \infty$  это поле является преобладающим.

В сферической системе координат компоненты вектора  $\vec{n}$  имеют вид:

$$\vec{n} = (\sin\theta\sin\varphi, \cos\theta, \sin\theta\cos\varphi),$$

где угол  $\theta$  отсчитывается от оси  $OY$ , а угол  $\varphi$  от оси  $OZ$ .

Результирующее поле излучения является дискретной суммой полей отдельных атомов кристалла:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \sum_{i=0}^N \vec{E}_i(\vec{r}, t).$$

Поскольку расстояние между атомами много меньше длины волны излучения, можно перейти к непрерывному распределению дипольного момента по оси  $OX$ , а суммирование заменить интегрированием. На каждый отрезок длиной  $b$  приходится один диполь, поэтому величину  $\vec{E}_i(t)/b$  можно рассматривать как поле, создаваемое единицей длины атомной цепочки. Поле, создаваемое всей цепочкой, равно

$$\vec{E}(t) = \frac{1}{b} \int_0^1 \vec{E}(x, t) dx.$$

Теперь, разложив по компонентам в сферической системе координат напряженность электрического поля  $\vec{E}(x, t)$  и вычислив эти компоненты, получим:

$$\vec{E}(t) = \frac{\vec{e}_\theta}{rc^2b} \int_0^1 \vec{E}_\theta(x, t) dx \quad (1)$$

Далее интегрируя формулу (1) находим, что поле излучения равно:

$$\begin{aligned} \bar{E}(t) = -\frac{\vec{e}_\theta 4 q_1 q_2^2 \omega_0 K \sin \theta}{m D^2 r c^2 b} & \left\{ \frac{\sin(\omega_0 [t - \frac{R}{c}])}{(\Omega - (1 - \beta n_x) \omega_0)} \sin\left(\frac{[\Omega - (1 - \beta n_x) \omega_0] l}{V}\right) + \right. \\ & + \frac{\sin(\omega_0 [t - \frac{R}{c}])}{(\Omega + (1 - \beta n_x) \omega_0)} \sin\left(\frac{[\Omega + (1 - \beta n_x) \omega_0] l}{V}\right) + \\ & + \frac{\cos(\omega_0 [t - \frac{R}{c}])}{(\Omega - (1 - \beta n_x) \omega_0)} \cos\left(\frac{[\Omega - (1 - \beta n_x) \omega_0] l}{V}\right) + \\ & \left. + \frac{\cos(\omega_0 [t - \frac{R}{c}])}{(\Omega + (1 - \beta n_x) \omega_0)} \cos\left(\frac{[\Omega + (1 - \beta n_x) \omega_0] l}{V}\right) - \frac{2\Omega \cos(\omega_0 [t - \frac{R}{c}])}{\Omega^2 - ((1 - \beta n_x) \omega_0)^2} \right\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Приборы регистрируют среднюю по времени интенсивность излучения. Чтобы ее вычислить, надо усреднить по времени выражение (2). Возводя в квадрат и усредняя (2) получаем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{T} \int_0^T \bar{E}^2(t) dt = \frac{8 q_1^2 q_2^4 \omega_0^2 K^2 \sin^2 \theta}{m^2 D^4 r^2 c^4 b^2} & \left\{ \frac{1}{(\Omega - \omega_d)^2} + \frac{1}{(\Omega + \omega_d)^2} \right. \\ & + \frac{4\Omega^2}{(\Omega - \omega_d)^2 (\Omega + \omega_d)^2} + \frac{4\Omega \left( \cos \frac{(\Omega - \omega_d) l}{V} \right)}{(\Omega - \omega_d)^2 (\Omega + \omega_d)} + \\ & \left. + \frac{4\Omega \left( \cos \frac{(\Omega + \omega_d) l}{V} \right)}{(\Omega + \omega_d)^2 (\Omega - \omega_d)} + \frac{2 \cos \frac{2\omega_d l}{V}}{\Omega^2 - \omega_d^2} \right\}, \end{aligned}$$

где  $\omega_d = \omega_0 (1 - \beta n_x)$ .

### Заключение

Таким образом, в данной работе, показаны основные свойства излучения в кристалле при кильватерном эффекте, проведены теоретические расчеты мощности излучения.

### Литература

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. – М.: Наука. 1988. – Т. 2. – С. 378.
2. Терлецкий Я. П., Рыбаков Ю. П. Электродинамика. – М.: Высшая школа. 1990. – С. 352.

# ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ФКПП Д ЛЯ СЛУЧАЯ СТУПЕНЧАТОГО НЕЛОКАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Шапарев В. Э.*

Томский государственный университет

*Научные руководители: А. В. Шаповалов, д.ф.-м.н., проф., А. В. Борисов к.ф.-м.н, доц.*

Уравнения типа «реакция-диффузия» (уравнения РД-типа) описывают динамические процессы формирования пространственных структур в нелинейных физических, химических и биологических системах. Базовым уравнением РД-типа, описывающим динамику, является известное уравнение Фишера-Колмогорова-Петровского-Пискунова (ФКПП)

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + au(x,t) - bu^2(x,t), \quad (1)$$

в котором кинетика моделируется локальными нелинейными членами, а диффузия определяет пространственное распределение популяции.

Здесь  $u(x,t)$  – кинетическая переменная (концентрация активного вещества, массвая плотность микроорганизмов в популяционной модели),  $D$  – коэффициент диффузии,  $a$  – темп воспроизводства,  $b$  – константа конкурентных потерь,  $x$  – пространственная координата,  $t$  – время.

Уравнение (1) учитывает основные механизмы популяционной динамики, но не описывает процессы роста популяционных структур. Для их описания на основе уравнения ФКПП вводятся дополнительные факторы, такие как снос и нелокальное взаимодействие.

Например, в [1] развит формализм квазиклассических асимптотик для обобщенного уравнения ФКПП, в котором учитывается нелокальное взаимодействие и нелокальный дрейф. В [2] численными методами исследовано нелокальное уравнение ФКПП в одномерном случае, а в [3] рассмотрено двумерное уравнение, в котором ядро нелокального оператора выбрано в виде гауссовой функции.

В данной работе численными методами исследована динамика формирования одномерных пространственно неоднородных структур в рамках обобщенной РД-модели ФКПП с нелокальным взаимодействием конечного радиуса для начальных условий с одним центром локализации. Показано, что характер динамики зависит от добавочных факторов в виде сноса и нелокального взаимодействия.

## ***Одномерное уравнение ФКПП***

Численное решение уравнения ФКПП вида (1) представлено на рис. 1 слева  $u(x,0)$ , на котором начальное распределение в виде одного

максимума начинает спадать до ступенчатого вида (рис. 2), после чего распространяется в обе стороны вдоль оси  $x$ . В данном случае решение было построено для  $a=2$ ,  $D=0.001$ ,  $b=1$ ,  $\sigma_0 = 0.2$  и начального распределения вида  $u(x,0) = u_0 \exp(-x^2 / \sigma_0^2)$ .

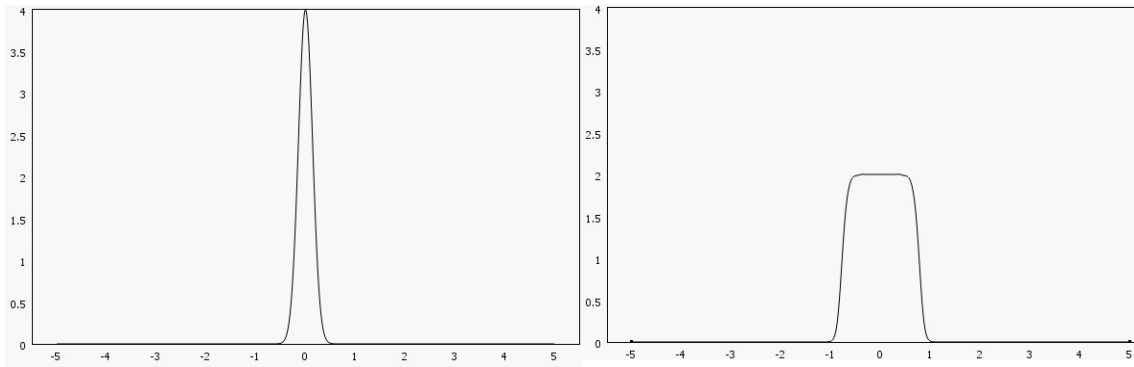


Рис. 1. Начальное распределение  $u(x,0)$  (слева),  $u(x,t)$ ,  $t=$  (справа).

### ***Одномерное уравнение ФК со сносом***

Дополним уравнение (1) слагаемыми, описывающими снос, получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = & D \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + au(x,t) + \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial V}{\partial x} u(x,t) + \int_n \left( \frac{\partial W(x,y,t)}{\partial x} u(y,t) \right) dy \right] - bu^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Численные решения уравнения (2) для функций  $\frac{\partial W}{\partial x} = 0, (x > \sigma; 1, (x < \sigma, \frac{\partial V}{\partial x} = cx$ , констант  $b=1$ ,  $D=0.001$ ,  $a=2$ ,  $c=1$ ,  $\sigma_0 = 0.2$  и начального распределения в виде гауссовой функции вида  $u(x,0) = u_0 \exp(-x^2 / \sigma_0^2)$  при больших временах стремится к стационарному виду, показанному на рис. 2.

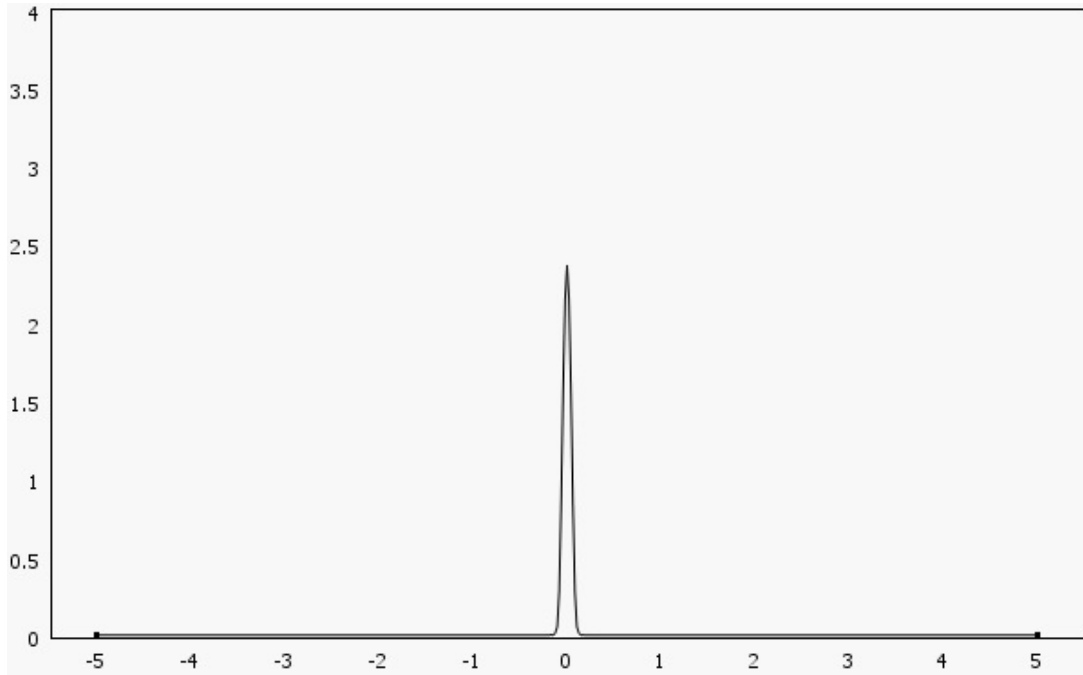


Рис.2. Вид решения уравнения (2)

Обобщённое одномерное уравнение ФК со сносом и нелокальным взаимодействием.

Дополним уравнение (2) членом, описывающим нелокальные конкурентные потери с функцией влияния  $b = 0, (x - y) > \sigma; 1, (x - y) < \sigma$ , нелокальным сносом с ядром  $\frac{\partial W}{\partial x} = 0, (x) > \sigma; 1, (x) < \sigma$  и линейным сносом  $\frac{\partial V}{\partial x} = cx$ , получим.

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = & D \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + au(x,t) - ku(x,t) \int_n b(x,y,t)u(y,t)dy + \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial V}{\partial x} u(x,t) + ku(x,t) \int_n \left( \frac{\partial W(x,y,t)}{\partial x} u(y,t) \right) dy \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Построим численные решения уравнения (3) с начальным условием

$$u(x,0) = u_0 \exp(-x^2 / \sigma_0^2) \quad (4)$$

и параметрами  $D = 0.001, k = 1, a = 2, c = 1, u_0 = 4, \sigma_0 = 0.2, \sigma = 0.5$ . Здесь константы  $k, \sigma$  задают характерный радиус взаимодействия между частями системы.

Распределение (4) локализовано в окрестности начала координат, область локализации определяется параметром  $\sigma_0$ . Временная зависимость функции  $u(x,t)$  характеризуется следующими стадиями.

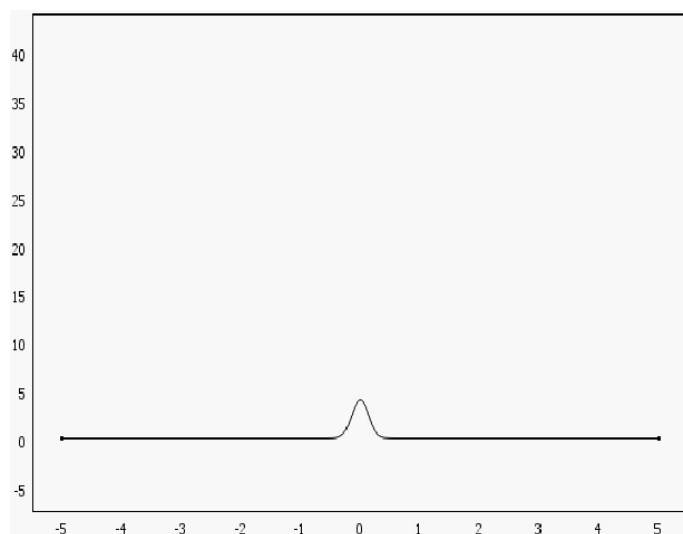


Рис. 3А

На первой стадии начальное распределение (4) (рис. 3а) начинает смещаться в область отрицательных значений переменной  $x$  и возрастать. Скорость роста на первой стадии в основном зависит от параметра  $a$ , смещение же обусловлено выбором функции  $\frac{\partial W}{\partial x}$  и  $\frac{\partial V}{\partial x}$ .

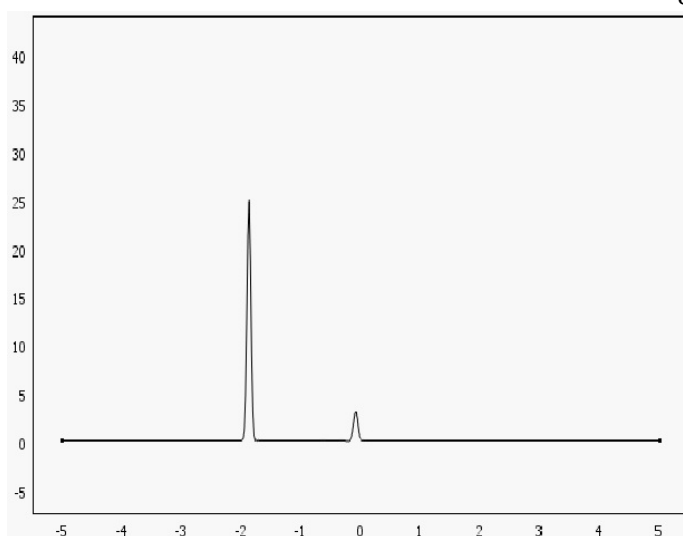


Рис. 3Б

На второй стадии первый максимум прекращает смещение, и в начале координат появляется второй пик (рис. 3б), который также начинает смещаться в область отрицательных значений  $x$ . В процессе смещения второй пик тоже растёт, и, подойдя на расстояние  $\Delta x \sim \sigma$  к первому начинает взаимодействовать с ним (см. рис. 3в). После взаимодействия между двумя пиками остаётся расстояние  $\Delta x \sim \sigma$  (рис. 3 г).



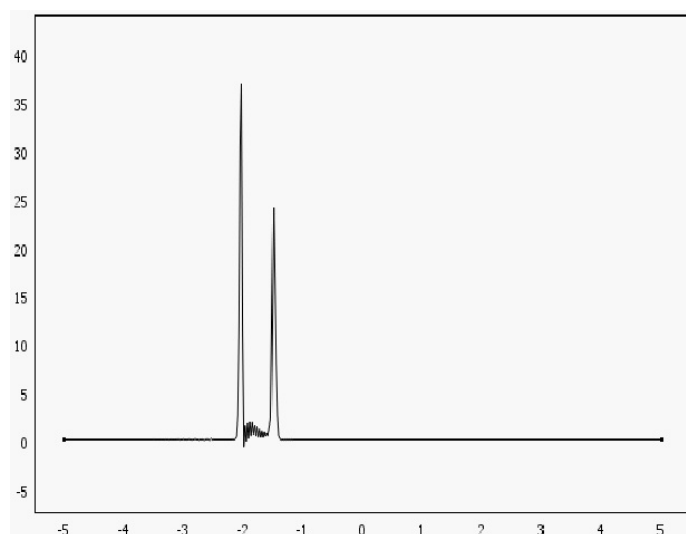


Рис. 3В

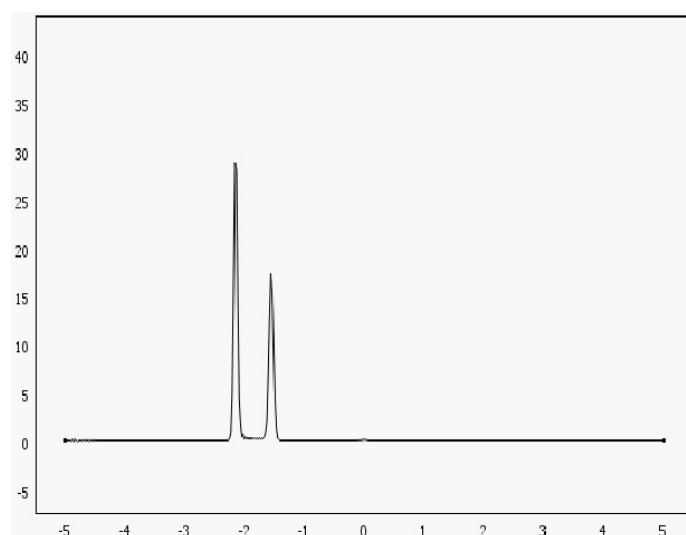


Рис. 3Г

На третьей стадии в начале координат рождается ещё один пик (рис. 3д), который также начинает смещение в отрицательную область значений, после чего, подойдя ко второму пику на расстояние  $\Delta x \sim \sigma$ , после чего возникают колебания всех трёх пиков (рис. 3е). В результате возмущения второй и третий пики сливаются, и система переходит в состояние, соответствующее началу стадии 3 (рис. 3г).

Тем самым дальнейшая динамика соответствует циклическому прохождению стадии 3 от начала до конца.

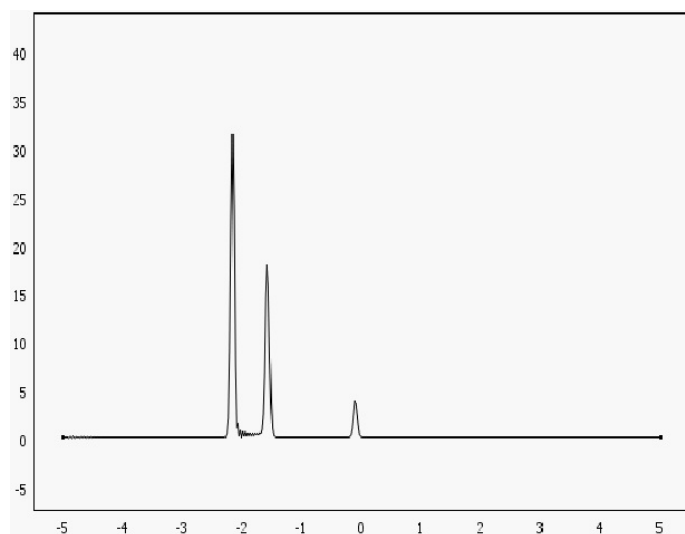


Рис. 3Д

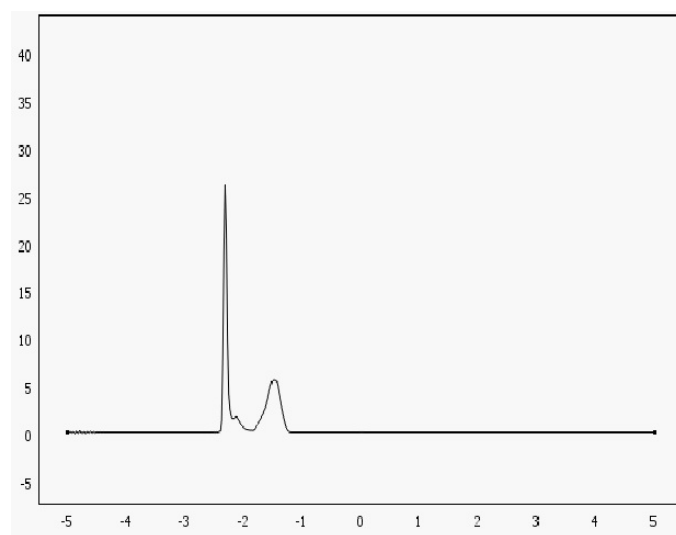


Рис. 3Е

В работе построено численное решение уравнения ФКПП вида (1), (2), (3) с нулевыми граничными условиями и начальными распределением (4). Решение показало, что с помощью базового уравнения ФКПП (1) и уравнения ФКПП с учётом сноса (2) не удаётся описать формирование пространственно неоднородных структур. В то время как уравнение ФКПП с учётом сноса и нелокального взаимодействия (3) описывает более сложную динамику, которое может привести к соответствующим структурам.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке АВЦП ФАО Министерства образования и науки РФ № 2.1.1/3436; Федерального агентства по науке и инновациям России по контракту № 02.740.11.0238.*

## **Литература**

---

1. Трифонов А. Ю., Шаповалов А. В. Одномерное уравнение Фишера–Колмогорова с нелокальной нелинейностью в квазиклассическом приближении // Известия вузов. Физика. – 2009. – Т. 52. – № 9. – С. 14–23.
2. Борисов А. В., Резаев Р. О., Трифонов А. Ю., Шаповалов А. В. Численное моделирование одномерной популяционной динамики с нелокальным взаимодействием // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т.315. № 2. С. 24–28.
3. Борисов А. В., Трифонов А. Ю., Шаповалов А. В. Формирование диссипативной структуры в двумерной популяционной динамике с нелокальным взаимодействием // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316. № 2. С. XX–XX.

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ДИПОЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ПО СОЗДАВАЕМОМУ ИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ**

*Янц Ю. Г.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: В. Я. Эпп, д.ф.-м.н., проф.*

### **Введение**

Поле, создаваемое зависящим от времени дипольным электрическим моментом изучено довольно хорошо. Известны выражения для напряженностей электрического и магнитного поля (см. напр. [2, с. 67]). В учебнике [1, с. 135] представлено Фурье-разложение для электрического и магнитного поля диполя. Практически в любом учебнике электродинамики можно найти выражения для мощности и спектра излучения диполя. Тем не менее, ряд вопросов в этой области остается не изученными, например, задача восстановления динамики диполя по создаваемому полю – обратная задача для поля диполя.

Обращение к данной теме связано с тем, что в последнее время возникают задачи, в которых требуется найти источник электромагнитных волн, если само поле известно. Например, в Институте мониторинга сибирского отделения российской академии наук проводятся следующие эксперименты. Ученые воздействуют нормированным ударом на образцы и измеряют электромагнитное поле микротрещин. При этом по измеряемым электромагнитным полям определяют местоположения трещин.

Другим примером является генерация электромагнитного сигнала при землетрясениях. Электромагнитные предвестники возникает на

стадии интенсивного растрескивания в процессе разрушения земной коры. На стадии лавинного трещинообразования, процесса разрушения среды, большая совокупность трещин, генерируя электромагнитные волны синхронно. Совокупность таких трещин представляют собой крупномасштабный источник излучения электромагнитных волн. Так как мощность излучения определяется отношением размера излучателя к длине волны, то крупномасштабный источник обеспечивает возможность регистрации излучения на значительном расстоянии от него. В то же время, расстояния малы в сравнение с характерной длиной волны.

Обратная задача для поля диполя решена в работе [4, с. 3]. Полученное решение обладает особенностью в случае, если вектор напряженности магнитного поля в точке наблюдения параллелен скорости изменения этого вектора. В настоящей работе мы представим решение обратной задачи в форме, которая не содержит этой особенности.

## 2. Решение обратной задачи

Напряженности электрического  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  полей, создаваемых дипольным электрическим моментом  $\vec{p}$  определяются формулами:

$$\vec{E} = \frac{1}{r^3} \left\{ \left[ \vec{n}, \left[ \vec{n}, \ddot{\vec{p}} \right] \right] + 3\vec{n}(\vec{n}, \dot{\vec{p}}) - \dot{\vec{p}} \right\}, \quad (1)$$

$$\vec{H} = \frac{1}{r^3} \left[ \vec{n}, \dot{\vec{p}} \right], \quad (2)$$

где

$$\vec{P} = \vec{p} + \vec{p}', \quad \vec{p}' = \frac{d\vec{p}}{d\tau}, \quad \tau = \frac{ct}{r}, \quad (3)$$

$\vec{n} = \frac{\vec{r}}{r}$  – единичный вектор,  $\vec{r}$  – радиус-вектор, соединяющий дипольный момент с точкой для которой записаны формулы для  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ ,  $r$  – модуль радиус-вектора,  $c$  – скорость света. Штрихом обозначены производные по приведенному времени  $\tau$ . Условия обратной задачи предполагают, что электромагнитное поле создается дипольным электрическим моментом. Напряженности электрического и магнитного полей известны как функции времени. Требуется найти источник этого электромагнитного поля, т. е. вектор дипольного момента  $\vec{p}$  как функцию времени и радиус-вектор  $\vec{r}$ .

Решение обратной задачи, полученное в работе [4 с.4], и имеет следующий вид:

$$\vec{n} = \pm \frac{[\vec{H}, \dot{\vec{H}}]}{[[\vec{H}, \dot{\vec{H}}]]}, \quad (4)$$

$$r = c \frac{(\vec{n}, [\vec{C}, \vec{A}])}{(\vec{n}, [\vec{A}, \vec{B}])} = c \frac{(\vec{n}, [\vec{B}, \vec{C}])}{(\vec{n}, [\vec{C}, \vec{A}])}, \quad (5)$$

$$\vec{p}(t') = e^{-\tau} \left\{ \vec{p}_0 + r^3 \int \left[ [\vec{n}, \vec{H}_1] + \frac{1}{2} \vec{n}(\vec{n}, \vec{E}) \right] e^{\tau} d\tau \right\}, \quad (6)$$

где  $\tau = \frac{ct}{r}$  – безразмерное время,  $\vec{p}_0 = \vec{p}_{0x} + \vec{n}p_{0x}$  – произвольный постоянный вектор,  $\vec{A} = \ddot{\vec{H}} - [\vec{n}, \ddot{\vec{E}}]$ ,  $\vec{B} = \dot{\vec{H}} - [\vec{n}, \dot{\vec{E}}]$ ,  $\vec{C} = \vec{H}$  – известные векторы,  $\vec{H}_1 = \int \vec{H}(t) dt$ .

Как видно из формулы (4), полученное решение обладает особенностью при  $[[\vec{H}, \dot{\vec{H}}]] = 0$ .

Рассмотрим другой вариант решения обратной задачи. Два вектора  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в формулах (1) и (2) определяются одним вектором  $\vec{r}$  и его производными. Следовательно, между векторами  $\vec{H}$  и  $\vec{E}$  и их производными существует функциональная зависимость. Нетрудно проверить, что эта зависимость имеет вид:

$$\vec{H}_2 = [\vec{n}, \vec{E}_2], \quad (7)$$

где

$$\vec{H}_2 = \vec{H} + \frac{r}{c} \dot{\vec{H}} + \frac{r^2}{c^2} \ddot{\vec{H}}, \quad (8)$$

$$\vec{E}_2 = \frac{r}{c} \dot{\vec{E}} + \frac{r^2}{c^2} \ddot{\vec{E}}. \quad (9)$$

Таким образом, мы имеем векторное уравнение (7), которое позволяет, в принципе, выразить вектор  $\vec{r}$  через производные от известных векторов  $\vec{H}$  и  $\vec{E}$ . Эту задачу можно разбить на вычисление единичного вектора  $\vec{n}$  и модуля вектора  $\vec{r}$  из уравнения  $(\vec{E}_2 \vec{H}_2) = 0$ , которое является уравнением третьего порядка на  $\vec{r}$ :

$$\left(\frac{r}{c}\right)^3 (\dot{\vec{E}} \dot{\vec{H}}) + \left(\frac{r}{c}\right)^2 (\dot{\vec{E}} \ddot{\vec{H}} + \ddot{\vec{E}} \dot{\vec{H}}) + \frac{r}{c} (\ddot{\vec{E}} \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}} \ddot{\vec{H}}) + (\ddot{\vec{E}} \ddot{\vec{H}}) = 0. \quad (10)$$

Последнее уравнение может иметь один или три действительных корня в зависимости от вида функций  $\vec{H}$  и  $\vec{E}$ . В случае трех корней критерием выбора правильного решения является условие  $r = const$ .

Уравнение (10) выражает связь между производными от напряженностей электрического и магнитного полей в некоторой точке пространства и расстоянием до источника. Наличие такой связи обусловлено тем, что формулы (1) содержат слагаемые, убывающие с расстоянием с разными степенями  $r$ . Так, в дальней (волновой) зоне преобладает слагаемое, пропорциональное второй производной по времени от вектора дипольного момента. В ближней зоне электрическое поле пропорционально дипольному моменту, а магнитное поле – производной от дипольного момента. Соответственно, в уравнении (10) слагаемое, пропорциональное вторым производным от напряженностей полей содержит  $r^3$ , и чем ниже степень производной, тем ниже степень  $r$ . Таким образом, соотношение между производными по времени от напряженностей полей в некоторой точке пространства позволяет, в принципе, определить расстояние до источника.

Если известен модуль радиус-вектора  $r$ , то  $\vec{n}$  единичный вектор можно найти из уравнения (7):

$$\vec{n} = \frac{[\vec{E}_2 \vec{H}_2] \pm \vec{E}_2 \sqrt{E_2^2 - H_2^2}}{E_2^2}. \quad (11)$$

Знак плюс или минус выбирается так, чтобы вектор Умова – Пойнтинга образовывал острый угол с направлением  $\vec{n}$ .

Чтобы вычислить вектор  $\vec{p}$ , найдем проекцию вектора  $\vec{E}$  на плоскость, ортогональную вектору  $\vec{n}$ . Для этого умножим уравнение первое из уравнений (1) слева и справа векторно на  $\vec{n}$ . В результате получим:

$$[\vec{n} [\vec{E} \vec{n}]] = \frac{1}{r^3} [\vec{n} [(\vec{p} + \vec{p}' + \vec{p}'') \vec{n}]]. \quad (13)$$

Подставляя выражение для  $\vec{H}$ , найдем:

$$\vec{p}_\perp = r^3 [\vec{n} ([\vec{n} \vec{E}] - \vec{H})], \quad (14)$$

где  $\vec{p}_\perp = \vec{p} - \vec{n}(\vec{p} \vec{n})$  проекция вектора  $\vec{p}$  на плоскость, ортогональную  $\vec{n}$ . Параллельную вектору  $\vec{n}$  составляющую найдем, умножая  $\vec{E}$  скалярно на  $\vec{n}$ . Интегрируя полученное уравнение:

$$(\vec{E} \vec{n}) = 2r^{-3} [(\vec{n} \vec{p}) + (\vec{n} \vec{p}')],$$

по  $\tau$ , имеем:

$$(\vec{n} \vec{p}) = e^{-\tau} \left[ p_0 + \frac{1}{2} r^3 \int (\vec{E} \vec{n}) e^\tau d\tau \right]. \quad (15)$$

Здесь  $p_0$  – произвольная постоянная.

Решение уравнений (1) относительно дипольного момента имеет вид:

$$\vec{p} = r^3 \left[ \vec{n} \left( \left[ \vec{n} \vec{E} \right] - \vec{H} \right) \right] + \vec{n} e^{-\tau} \left[ p_0 + \frac{1}{2} r^3 \int (\vec{E} \vec{n}) e^{\tau} d\tau \right] \quad (16)$$

Можно показать, что это решение эквивалентно решению (6).

Таким образом, решение кубического уравнения (10) и формулы (11) и (16) дают другой способ решения обратной задачи.

### **Литература**

---

1. Терлецкий Я. П., Рыбаков Ю. П. Электродинамика. М.: Высшая школа. 1990. С. 129.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М.: Наука. 1988. Т. 2. С. 231.
3. Ласуков В. В., Фурса Т. В. Зависимость амплитуды электрического сигнала от пространственного расположения наполнителя при механическом возбуждении бетона // Письма в ЖТФ, 2000. Т. 26, Вып. 6. С. 36.
4. Epp V., Janz J., The inverse problem for the dipole field, Nucl. Instr. and Meth. B (2008), doi:10.1016/j.nimb.2008.
5. Матов Ш. Р., Ласуков В. В. Теоретическая модель генерации электромагнитного сигнала в процессе хрупкого разрушения // Физика земли 1989. № 6. С. 38.
6. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление: Учебник. Изд. 5-е. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 320 с.

# ФИЗИКА И МЕТОДИКА ЕЕ ПРЕПОДАВАНИЯ

## ОБУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАМ ПРОБЛЕМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 7 КЛАССЕ

*Александрович Е. П.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Е. А. Румбешта, д.п.н., профессор*

Обращение к проблематизации обучения является не новым для педагогики, но остается актуальным и на современном этапе. Обращаясь к истории проблемного обучения, можно выделить несколько периодов его становления. На протяжении нескольких столетий проблеме активизации обучения путем использования различных методов и средств пытались решить такие педагоги как Сократ (основоположник майевтики), Ж. Ж. Руссо, И. Г. Песталоцци, А. В. Дистервег, К. Д. Ушинский, П. Ф. Каптерев. В конце XIX – начале XX веков формируется исследовательский метод обучения, основанный на приемах развития познавательной самостоятельности учащихся, нашедший отражение в работах А. Я. Герда, А. П. Тинкевича, В. В. Половцева, Б. Е. Райкова. В отечественной педагогике второй половины XX века различные подходы к организации проблемного обучения освещены в работах А. М. Матюшкина, М. И. Махмутова, И. Я. Лернера, Т. И. Ильина, А. В. Брушлинского и др.

Под проблемным обучением В.Оконь понимает совокупность следующих действий: организация проблемных ситуаций, формирование проблем, оказание ученикам помощи в решении проблем.

А. И. Бугаев относит проблемное обучение к развивающему, считая что оно решает задачу развития творческих способностей и познавательной самостоятельности учащихся, превращения их знаний в убеждения. Проблемное обучение максимально отвечает характеру физической науки [1].

В основе организации проблемного обучения лежит принцип поисковой учебно-познавательной деятельности ученика, то есть принцип «открытия» им научных фактов, явлений, законов, методов исследования и способов приложения знаний на практике [2].



Проблемную ситуацию можно создавать на различных этапах урока: закрепление, актуализация знаний, освоение нового знания и т.д.

Проблемная ситуация может возникнуть после проблемного вопроса учителя учащимся, демонстрационного и фронтального эксперимента, при решении экспериментальных задач, обсуждения специально подобранных фактов.

#### **Этапы постановки и решения проблемы**

1. Постановка задания, содержащего противоречие и вызывающего проблемную ситуацию.
2. Анализ проблемной ситуации, формулирование проблемы.
3. Поиск решения проблемы (проверка гипотез, методов решения проблемы).
4. Решение проблемы (выбор метода решения, фиксирование алгоритма).
5. Первичное усвоение новых знаний, способов учебных действий.

Результатом учения школьника, по мнению разработчиков проблемного обучения, является изменение в структуре его знания, формирования умений и навыков самостоятельно учиться.

У школьников появляются такие важные умения, как:

1. Видеть проблему и осознавать ее;
2. Сформулировать и переформулировать проблему;
3. Выдвигать предположения и гипотезы;
4. Обосновывать и доказывать выдвинутые гипотезы;
5. Применять на практике найденный способ решения учебной проблемы.

Все эти умения чрезвычайно важны, но требуют особой организации для их формирования. Умения формируются постепенно. В 7 классе наиболее актуально формирование умения высказывать версии.

Проблемный урок 7 класс.

Цель урока:

Обучающая: высказыванию версии и их обоснование.

Развивающая: развитие экспериментальных умений, умения предлагать новых способов решение проблемы, умения работать в группе.

Воспитывающая: воспитание аккуратности проведения физического эксперимента, воспитание интереса к физики как к экспериментальной науке.

Задачи урока:

1. Создание проблемной ситуации;
2. Формулировка проблемы;

3. Появление и обсуждение версий;
4. Переход от версий к гипотезам;
5. Формулировка гипотезы;
6. Доказательство гипотезы;
7. Оценка взаимодействия при решении проблем, рефлексия.

Оборудование: инструкция, карточки оценки, весы с разновесами, мензурка с водой, флаконы из-под духов.

Ход урока представлен в табл. 1.

Таблица 1

Этапы урока	Действия учителя	Действия учащихся
1. Создание проблемной ситуации	Учитель создает проблемную ситуацию, при помощи задачи. Определить объем воздушной полости флакона из-под духов	Задают вопросы
2. Формулировка проблемы	Как мы можем измерить объем воздушной полости?	Принимают проблему и откликаются на нее.
3. Появление и обсуждение версий	Побуждает к появлению версий, при помощи вопросов. 1. Что мы с вами изучали на прошлых уроках? 2. Как можно определить объем тела неправильной формы? 3. Связь объема и массы вещества?	Высказывают предположения: 1. На прошлых уроках мы изучали плотность вещества, объем тела и т.д. 2. Погрузив это тело в мензурку с жидкостью. $V = \frac{m}{\rho}$
4. Переход от версий к гипотезам	Организует работу в группах по обоснованию версий на основе имеющихся знаний, переводу их в гипотезы	Обосновывают версии в группах на основе личного, предметного опыта
5. Формулировка гипотезы	Корректирует формулировку	Представитель каждой группы предъявляет гипотезы. Объем воздушной полости можно определить через объем, плотность стекла и массу пробки
6. Доказательство гипотезы	Предоставляет необходимые для эксперимента приборы, карточки с инструкцией. Карточки с инструкцией распределены по уровням. Карточки высокого уровня. Туда входит следующее: 1. Постановка задачи; 2. Ваша гипотеза; 3. Обоснование гипотезы; 4. Проведение эксперимента; 5. Оформление эксперимента; 6. Подведение итогов. Карточки среднего уровня: 1. Постановка задачи;	Выполняют эксперимент по данным им инструкциям

Этапы урока	Действия учителя	Действия учащихся
	<p>2. Ваша гипотеза;</p> <p>3. Обоснование гипотезы;</p> <p>4. Проведение эксперимента;</p> <p>- вычисление объема воздушной полости;</p> <p>- с помощи мензурки определяем объем флакона;</p> <p>- с помощью весов определяем массу стекла;</p> <p>-рассчитайте объем стекла;</p> <p>-вычислите объем воздушной полости.</p> <p>5. Оформление эксперимента;</p> <p>6. Подведение итогов.</p> <p>Карточки низкого уровня:</p> <p>1. Постановка задачи;</p> <p>2. Ваша гипотеза;</p> <p>3. Обоснование гипотезы;</p> <p>4. Проведение эксперимента;</p> <p>- вычисление объема воздушной полости;</p> <p><math>V_{\text{вп}} = V_{\text{флак}} - V_{\text{стек}}</math></p> <p>- с помощи мензурки определяем объем флакона;</p> <p>Опускаем флакон в мензурку с водой</p> <p><math>V_{\text{флак}} = \Delta</math></p> <p>- с помощью весов определяем массу стекла</p> <p><math>M =</math>;</p> <p>-рассчитайте объем стекла;</p> $V_{\text{стек}} = \frac{m}{\rho}$ <p>-вычислите объем воздушной полости</p> <p><math>V_{\text{вп}} = V_{\text{флак}} - V_{\text{стек}}</math></p> <p>5. Оформление эксперимента;</p> <p>6. Подведение итогов.</p>	

Этапы урока	Действия учителя	Действия учащихся
7. Оценка взаимодействия при решении проблем, рефлексия	Раздает карточки с вопросами, куда входит следующее: 1. Группа; 2. Кто выдвигал гипотезу; 3. Кто предлагал способ доказательства? 4. Кто проводил эксперимент? 5. Кто делал выводы?	Дети заполняют карточки.

В ходе данного урока формировались умения: анализировать, выделять главное, умения выдвигать версии и обосновывать их, умения проводить эксперимент, определять свою роль при работе в группе.

### **Литература**

1. Бугаев, А. И. Методика преподавания физики в средней школе : Теорет. основы : учеб. пос. для студ. пед. ин-тов по физ. мат. спец. / А. И. Бугаев.- : Просвещение, 1981. – 288 с.
2. Румбешта, Е. А. Теория и методика обучения физике : курс лекций : учебное пособие / Е. А. Румбешта ; ГОУ ВПО томский государственный педагогический университет. – Томск : Изд-во ТГПУ, 2009. - 116 с.

## **ТЕЛЕСКОПЫ**

*Аржаник А. А.*

ученица 6 класса МОУ СОШ №4 им. И. С. Черных г. Томска

*Аржаник А. Р.*

кандидат педагогических наук, доцент КОФ ТГПУ

*Ивасенко Н. Ф.*

учитель физики МОУ СОШ №4

*Лобода Ю. О.*

кандидат педагогических наук, доцент КИТ ИПИ ТГПУ

**Телескоп** – это астрономический прибор для изучения небесных тел по их электромагнитному излучению.

Он нужен для того, чтобы увеличить угол зрения, под которым видны небесные тела. Телескоп собирает во много раз больше света, приходящего от небесного светила, чем глаз наблюдателя.

Долгое время, пока не существовало телескопов, древние наблюдатели пользовались простыми угломерными инструментами. Они представляли собой деревянные линейки, расчерченные на градусы. Называли их по-разному. Но оптическими инструментами были только очки.

В начале XVII столетия в голландском городе Миддельбурге жил мастер-оптик по имени Липперсгей. И по легенде рассказывают, что однажды его сынишка вытащил целый ворох отшлифованных, но испорченных подмастерьями очковых стекол, и стал складывать их друг с другом. И посмотрев в окно на башню, он ужаснулся! Ему показалось, что церковь шагнула ему навстречу. Липперсгей, придя домой, сел с ним и начал подбирать линзы, которые столь удивительно делали далекие предметы близкими [1, с. 26].

Прошло несколько дней, и он явился в магистрат со свинцовой трубой, в которую были вставлены линзы. Но признавать его автором этого изобретения не хотели. Липперсгей много пытался запатентовать трубу, но так и смог. Скоро в соседних городах объявились и другие оптики, претендующие на честь изобретения зрительной трубы. Вскоре, слухи о голландском изобретении покатались по всей Европе.

Они дошли и до Галилея. Он загорелся идеей соорудить этот удивительный снаряд. Сначала было много неудачных попыток, но всё-таки он смог сконструировать телескоп. Произошло это в 1609 году. Телескоп имел скромные размеры, несовершенную оптическую схему и всего 30-кратное увеличение. Но и он позволил сделать целую серию замечательных открытий (спутники Юпитера, горы на Луне, пятна на Солнце, фазы Венеры).

В середине XVII века «телескопическая лихорадка» захватила всех. Линзы шлифовали во всех домах. Изготовление телескопов стало модным, а наблюдение неба – необходимым занятием.

Однако наблюдатели не могли обойти недостатки телескопов. И астрономы всерьез задумались над качеством изображений. При изготовлении телескопов стали использоваться и зеркала. Эти телескопы собирали гораздо больше света, чем линзовые.

В настоящее время существуют *орбитальные* и *наземные* телескопы. Наземные располагаются на земной поверхности, а орбитальные – на орбите Земли.

Наземные телескопы делятся на оптические и радиотелескопы. А оптические на рефракторы, рефлекторы и зеркально-линзовые [2, с. 43].

**Радиотелескоп** по принципу своего действия похож на оптический: он собирает излучение и фокусирует его на детекторе, настроенном на выбранную длину волны, а затем преобразует этот сигнал, показывая условно раскрашенное изображение неба или объекта.

**Оптические телескопы** бывают 3-х видов: рефракторы, рефлекторы и зеркально-линзовые.

**Рефрактор** – это телескоп, в котором изображение получается в результате преломления света линзами.

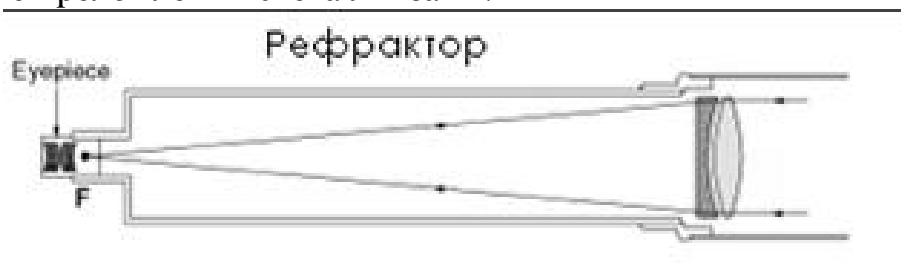


Рис. 1. Схема рефрактора

В телескопах-рефракторах свет собирается двухлинзовым объективом (для того, чтобы практически убрать эффект окрашивания изображения, который возникает при прохождении света сквозь линзы) и фокусируется в точке. Все рефракторы используют линзовый объектив как основной светособирающий элемент.

**Рефлектор** – телескоп, в котором изображение получается отражением световых лучей вогнутым зеркалом.

Рефлектор использует вогнутое зеркало для того, чтобы собрать свет и сформировать изображение.

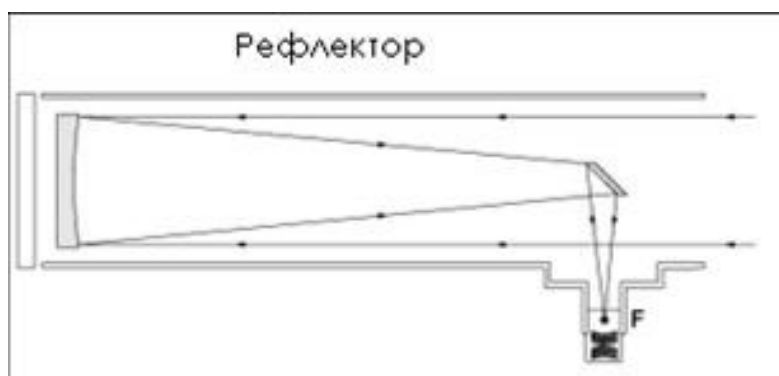


Рис. 2. Схема рефлектора

Первый рефлектор изобрёл Ньютон. В нём свет отражается маленьким плоским вторичным зеркалом к боковой поверхности оптической трубы, где можно наблюдать изображение.

**Зеркально-линзовые телескопы** используют вместе линзы и зеркала, что даёт оптическую конструкцию, позволяющую добиться от-

личного разрешения и качества изображения, при этом используя очень короткие оптические трубы.

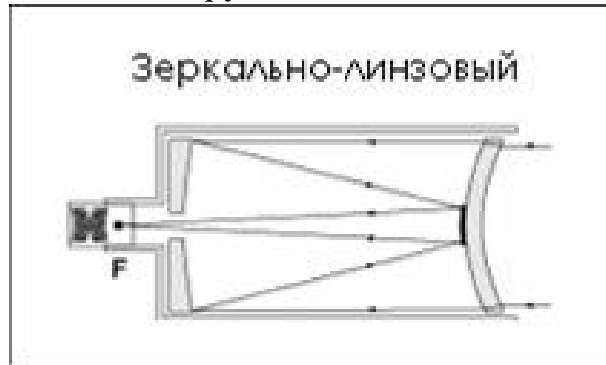


Рис. 3. Схема зеркально-линзового телескопа

### Основные проблемы телескопов

При наблюдении с помощью оптических телескопов можно выделить две **основные проблемы**: непрозрачность атмосферы и aberrации оптических систем.

Непрозрачность атмосферы устранить невозможно. Но для уменьшения влияния непрозрачности для наблюдения телескопы располагают либо высоко в горах, где атмосфера разрежена, либо на земной орбите.

Чтобы устранить aberrации, линзы делают более сложными.

Существует несколько видов aberrаций [3]:

- хроматическая aberrация;
- сферическая aberrация;
- астигматизм;
- кома;
- дисторсия.

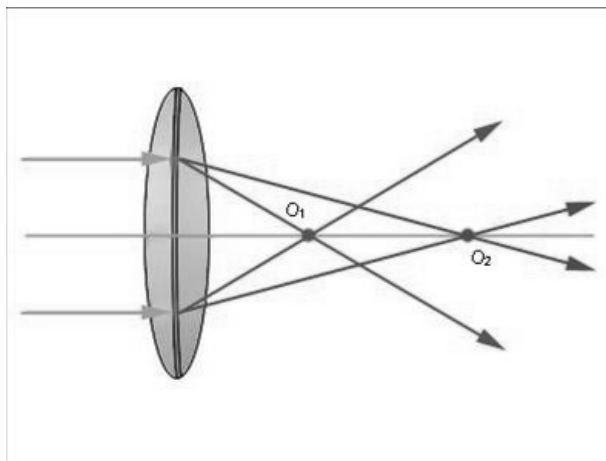


Рис. 4. Хроматическая aberrация

**Хроматическая aberrация** создаёт радужный ореол вокруг звезды. В результате изображение звезды выглядит как набор радужных

колец. Первые телескопы Галилея «страдали» от хроматической аберрации.

**Сферическая аберрация** – искажение изображения в оптических системах, связанное с тем, что световые лучи от точечного источника, расположенного на оптической оси, не собираются в одну точку с лучами, прошедшими через удаленные от оси части системы.

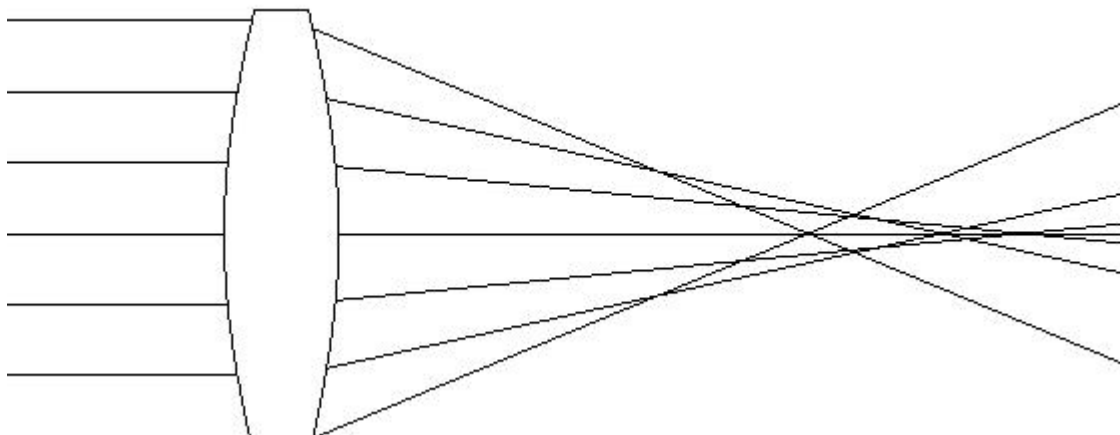


Рис. 5. Сферическая аберрация

**Астигматизм** заключается в растягивании точечного изображения в линию. Лучи света от объекта, идущие в разных плоскостях, не могут сфокусироваться на одной плоскости изображения.

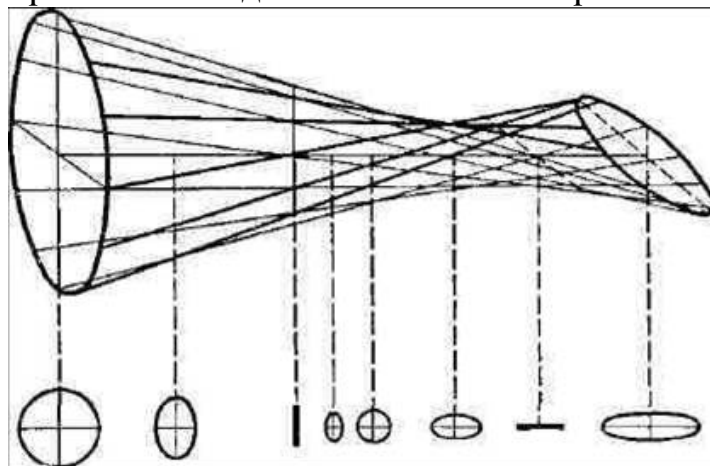


Рис. 6. Астигматизм

**Кома** (внеосевая аберрация) связана с наклоном лучей света, идущих от источника, к оптической оси телескопа. При этом изображение звезды имеет вид капли или кометы с ярким ядром и большим хвостом.



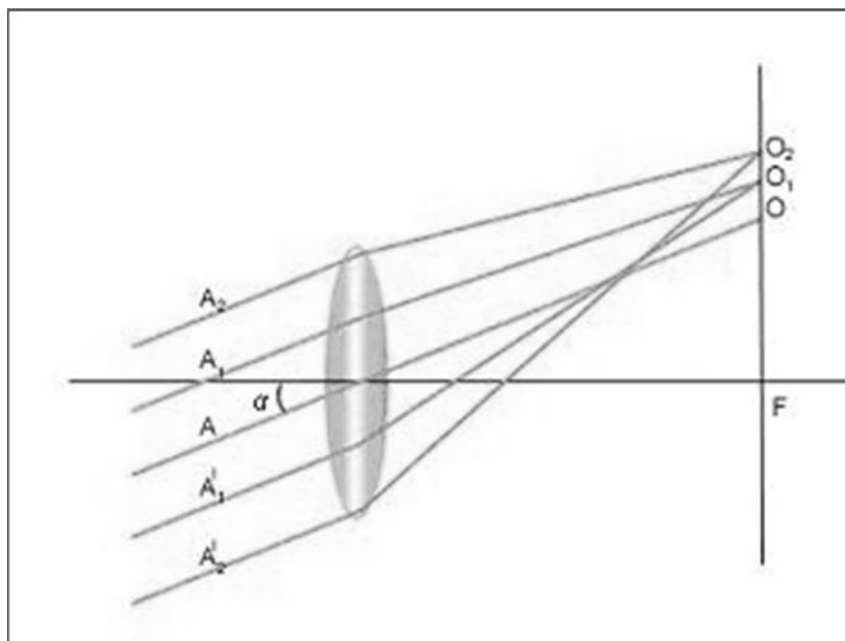


Рис. 7. Кома

**Дисторсия** – аберрация оптических систем, при которой линейное увеличение изменяется по полю зрения. При этом нарушается подобие между объектом и его изображением.

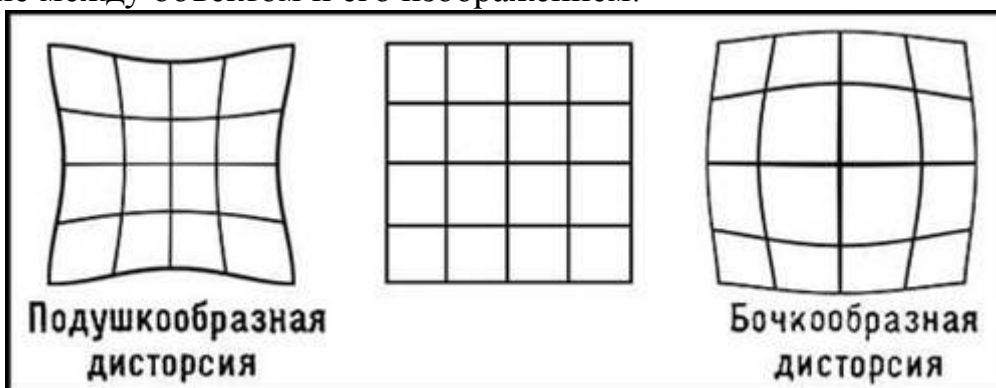


Рис. 8. Дисторсия

Была изготовлена модель телескопа Галилея. Для этого понадобился лист плотной бумаги, длиннофокусная собирающая линза и короткофокусная рассеивающая. Из бумаги склеиваются две трубы, вставленные одна в другую. Вдвигая или выдвигая их, можно менять общую длину трубы. Линзы закрепляются с обеих сторон трубы. Телескоп готов. Проведя измерение, я определила, что он даёт увеличение в 5 раз, но при этом имеет много аберраций.



Рис. 9. Проведение эксперимента

Телескоп – первый в мире, первый в истории человечества и астрономии инструмент, открывший новую страницу в науке о небе Земли.

Появление телескопа и наблюдения, сделанные при его помощи, изменили взгляды на устройство мира.

Телескопы сыграли большую роль в мировоззрении человечества и в познании Вселенной.

### ***Литература***

---

1. Томилин А. Н. Занимательно об астрономии. М.: Просвещение, 2009. 160с.
2. Я познаю мир: Астрономия: энцикл./ Н. Я. Дорожкин. М.: АСТ: Астрель. 2007. 381с.
3. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: (сайт) URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 10.12.2009).

## **ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»**

*Бетенкова Т. Ю.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Е. А. Румбешта, д.п.н., профессор*

Любая система обучения, во всех ее формах и проявлениях, только в том случае станет отвечать своему предназначению, если в ней присутствуют: устойчивая мотивация познавательной деятельности;

взаимопонимание учителя и учащегося; наличие достаточного условия и эффективного управления познавательным интересом.

Помочь учащимся в полной мере проявить свои способности, развить инициативу, самостоятельность, творческий потенциал – одна из основных задач современной школы.

Эффективность работы школы в настоящее время определяется тем, в какой мере учебно-воспитательный процесс обеспечивает развитие способностей каждого ученика, формирует личность школьника, готовит его к познавательной деятельности.

Учебная деятельность школьника – это целенаправленная познавательная деятельность, протекающая в специально организованных условиях. Учебная познавательная деятельность стимулируется познавательным интересом.

Познавательный интерес – форма проявления познавательной потребности, обеспечивающая направленность личности на осознание целей деятельности и тем самым способствующая ориентировке, ознакомлению с новыми фактами, более полному и глубокому отображению действительности.

На уровне сознания главными активаторами интереса являются изменения в стимуляции и новизна стимуляции. Фактор новизны может быть связан как с внешней стимуляцией, так и с внутренней – с процессами воображения, памяти и мышления.

Реальная лабораторная работа и виртуальная работа позволяют не только формировать экспериментальные умения, учебные знания, но и стимулируют познавательный интерес большинства учащихся.

Многие ученые занимались изучением познавательной деятельности и познавательного интереса: Д. Дьюи, К. Э. Изард, А. Маслоу, М. Ф. Беляев, Ю. К. Бабанский, Л. И. Божович, И. М. Цветков, Г. И. Щукина.

Для данного исследования интересны выводы Ю. К. Бабанского [1]. В развитии устойчивого интереса Ю. К. Бабанский рассматривает четыре способа, или как он называет, пути:

- 1) интеллектуальный, сопровождающийся стремлением понять и осмыслить объект своего интереса;
- 2) путь опосредования, при котором занятие, не интересное само по себе, опосредовано другим интересом;
- 3) путь интенсивных эмоций;
- 4) эффективная деятельность.

В современных условиях можно использовать способ предложенный Ю. К. Бабанским «путь опосредования, при котором занятие, не интересное само по себе, опосредовано другим интересом», в том

смысле, что обычные учебные занятия не совсем интересны нынешним школьникам, а им интересны занятия с применением компьютера.

Так на первых порах, большой интерес вызывают компьютерные лабораторные работы. Однако применение только виртуальных работ не формирует многих экспериментальных умений. Поэтому необходимо сочетать реальные и виртуальные лабораторные работы.

При этом очень важно искать новые формы учебных занятий с применением компьютеров. В настоящее время разработано достаточное количество компьютерных программ (виртуальные лабораторные работы, тесты, программа – открытая физика, электронные учебные издания и др.), позволяющих в концентрированной форме изучать и повторять материал по теме в темпе, который сам ученик подбирает для себя в соответствии с индивидуальными особенностями и потребностями. Другие программы (Adobe Flash, PowerPoint, и др.) позволяют моделировать опыты, постановка которых в школе невозможна вследствие их сложности, например, по атомной физике. Уроки с использованием компьютерных программ привлекают учащихся, создают положительную мотивацию к учебе и дают возможность более глубоко изучить предмет, а также расширить границы учебника. Однако в большинстве программ нет методического описания их применения, его приходится учителю разрабатывать самостоятельно, это относится и к компьютерным лабораторным работам. Кроме того, пока не полностью установлено, как можно сочетать компьютерные и реальные лабораторные работы таким образом, чтобы эффект наблюдался у всех учащихся.

Целью, данного исследования является определение эффективности соотношения виртуальной и реальной лабораторной работ, определение склонности детей к выполнению тех или иных лабораторных работ, выявление возможности выполнения работы «сильными» и «слабыми» учащимися. Это позволяет подобрать соотношение выполнения лабораторных работ, которое позволяет сохранить познавательный интерес, дать необходимые знания, развить умения.

В виртуальной лабораторной работе есть описание, но его приходится обрабатывать, подбирать соответствующие вопросы и уточнения. Чтобы разрабатывать методику соотношения работ виртуальной и реальной, необходимо осуществить сравнение эффективности и способов выполнения реальной и компьютерной лабораторной работы.

**Сравнительная таблица элементов  
выполнения лабораторных работ**

Элементы выполнения работы	<b>Виртуальная лабораторная работа</b>		
	Соответствующая деятельность	Возникли затруднения	Получил новые знания, умения
Запись темы	Есть в работе	-	
Выбор оборудования	Есть в работе	-	Правильное название при- боров
Формулирование цели работы	Предлагает свой ва- риант и сравнивает с готовым	+	Смогли понять, что ждет в конце работы
Способ проверки тео- ретических знаний	Есть в работе	-	Логично систематизировали полученные знания
Составление плана работы	Есть в работе	-	Понял ход выполнения ра- боты
Разработка и заполне- ние таблицы	Есть в работе	-	Самостоятельно выявил величины
Формулировка вывода	Попытка сформули- ровать вывод, после чего сравнение с образцом	-	Очень легко и понятно смо- гли сформулировать вывод работы
Свободное применение полученных знаний	Есть в работе	+	Наглядно поняли, где можно применять полученные зна- ния
Элементы выполне- ния работы	<b>Реальная лабораторная работа</b>		
	Соответствующая деятельность	Возникли за- труднения	Получил новые знания, умения
Запись темы	Предлагает учитель		
Выбор оборудования	Выбирает из пред- ложенных учителем	+	-
Формулирование цели работы	Подбирает свой ва- риант	+	Смогли понять, что ждет в конце работы
Способ проверки тео- ретических знаний	При помощи мате- риала учебника	+	-
Составление плана работы	Составляет подхо- дящий план работы	+	Научился составлять план при помощи учителя
Разработка и заполне- ние таблицы	Оставили таблицу	+	Трудно было понять, что надо в работе
Формулировка вывода	Попытка записать вывод	+	Не смогли написать нужный вывод по работе
Свободное применение полученных знаний	При помощи учителя	-	Решали типовые задачи

Было проанализировано отношение учащихся к выполнению реальных и виртуальных работ, формирование у них экспериментальных умений при выполнении тех или иных работ на практикуме по теме «Электричество», 8 класс.

1. «Сборка электрической цепи и измерение силы тока в ее различных участках». Интерес к виртуальной работе не про-

явили ни сильные, ни слабые учащиеся, все предпочли выполнение реальной лабораторной работы.

2. «Измерение напряжения на различных участках электрической цепи». Всем учащимся было предложено дома ознакомиться с виртуальной лабораторной работой, но ознакомились только сильные учащиеся. Выполнив эту работу дома самостоятельно, на уроке сильные учащиеся выбрали выполнение реальной работы. Слабые же учащиеся в классе выполняли компьютерную работу, так как дома не смогли в ней разобраться.
3. «Регулирование силы тока реостатом». Все учащиеся выполняли реальную лабораторную работу, так как виртуальная работа отсутствовала.
4. «Измерение сопротивления проводника при помощи амперметра и вольтметра». Все учащиеся выбрали компьютерный вариант выполнения работы. Учащихся не полностью устраивали указания к работе, и учителю пришлось вместе с ними в процессе обсуждения разрабатывать новые указания к работе.

В процессе выполнения лабораторных работ сильные учащиеся не только сами выполнили успешно все работы, но и активно выступали в роли консультантов по выполнению как реальных, так и виртуальных лабораторных работ.

Умения, которые формируются при выполнении лабораторных работ по теме «Электричество» в 8 классе: узнавание приборов, правильное включение приборов в цепь, изображение и чтение схем, сборка схем, грамотное снятие показаний с приборов, выполнение расчетов. Выполненное исследование позволило определить приоритетность того или иного вида работ в формировании названных умений.

Реальная лабораторная работа формирует названные умения у всех учащихся. Но это формирование требует длительного времени. Виртуальная лабораторная работа дает возможность слабым учащимся произвести большее количество опытов при сборке цепи, ученики могут без посторонней помощи сравнивать реальные приборы с их обозначением на схеме. Поэтому для слабых учащихся выполнение виртуальных лабораторных работ, наряду с реальными работами, можно считать эффективным.

Выводы: 1) учащимся, которые затрудняются в изучении предмета лучше всего в классе сначала выполнить виртуальную лабораторную работу, а потом, только реальную. При недостатке времени соотноше-

ние выполненных работ составляет 50% реальных и 50% виртуальных; 2) учащимся, способным к изучению предмета можно рекомендовать выполнение реальной лабораторной работы в классе, виртуальная работа выступает в качестве домашней работы по подготовке к реальной лабораторной работе. При недостатке времени соотношение выполненных работ составляет 90% реальных и 10% виртуальных.

В результате совместного использования виртуальной и реальной лабораторных работ у учащихся появляется мотивация к изучению предмета, интерес, приобретаются новые знания, активизируется участие школьников на всех этапах выполнения работы.

### **Литература**

---

1. Бабанский Ю. К. Оптимизация учебно-воспитательного процесса. М., 1982.

## **ФОРМИРОВАНИЕ РАССЛОЕННОЙ СТРУКТУРЫ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫХ ИНТРУЗИЙ НА ПРИМЕРЕ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО ДУНИТ-ТРОКТОЛИТ-ГАББРО-НОРИТОВОГО МАССИВА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

*Бисеров А. В.*

Томский государственный университет

*Научный руководитель: И. Ф. Гертнер, к. м.-г. н., доцент*

Для расширения горизонтов познания человек оперирует не только информацией макромира, используя всевозможные телескопы, для исследования вселенной, но и микромира, который исследуется посредством микроскопов и другого оборудования. Миры размерностей – это условное понятие, которое отражает относительную видимость мира человеком и положение его в мире размерностей. Согласно синергетике, математический аппарат которой скомбинирован из разных отраслей теоретической физики, мир является одной большой единой системой, которая состоит из множества систем на разных уровнях. Каждая из систем поддерживает друг друга, тем самым давая одну большую систему. Поэтому те процессы взаимодействия разных систем, которые человек наблюдает на макроуровне проходят ещё и на других уровнях: как на уровнях с ещё большей размерностью, так и на более мелких уровнях (например: микро). Что отражает принцип звучащий так: «Что внизу – то и вверху».

Современная наука о Земле рассматривает нашу планету как систему взаимодействующих друг с другом процессов, охватывающих органическую и неорганическую природу. Вся наша Земля находится в относительно стационарном состоянии. Буферность и устойчивость систем обуславливает их самоупорядочивание, восстановление и упорядоченность.

Чтобы понять породообразование был предложен системный анализ, который является общенаучным подходом, при этом геосистемы рассматриваются как комплексы компонентов разного уровня. По существу циклический подход анализа химических элементов позволяет снять многие проблемы (например: разницу между эндогенными и экзогенными процессами). С точки зрения кругового цикла – это единые процессы миграции. Шотландским геологом Геттоном был предложен цикл, который представлял геологическую историю Земли как повторение циклов разрушения одних континентов и возникновения других.

Иоко-Довыренский расслоенной дунит-троктолит-габбро-норитовый массив находится в Северном Прибайкалье, примерно в 80 км от северо-восточного окончания оз. Байкал, в правобережной части верховьев р. Тыи. В рельефе массив выражен гольцами Иоко и Довырен, разделенными долиной р. Ондоко (правый приток р. Тыи).

В геологическом отношении массив расположен в пределах узкой Олокито-Мамской синклинали северо-восточного простирания, ограниченной с двух сторон Абчадским и Мамским глубинными региональными разломами раннепротерозойского возраста. Массив включается в состав габбро-перидотитового пояса, который приурочен к зоне региональных разломов на границе эв- и миогеосинклинальных поясов системы байкалид.

Иоко-Довыренский массив существенно отличается по составу и внутренней структуре от других расслоенных интрузивов Северного Прибайкалья. Аналоги его описаны С.А. Щекой на Становом хребте (Ильдеусский, Лучанский, Лукиндинский массивы); сюда же, следует отнести и массив Маринкин, расположенный в Средне-Витимской горной области. Эти массивы образуют самостоятельный дунит-троктолит-габбро-норитовый тип расслоенных интрузивов.

Морфологически массив представляет собой субсогласное пластовое тело северо-восточного простирания протяженностью 25–30 км и мощностью до 3,7 км. В настоящее время массив вместе с вмещающими отложениями залегает в виде крутой, практически вертикальной моноклинали. Благодаря этому разрез массива на дневной поверхности вскрыт полностью. Положение нижнего и верхнего контактов ус-



танавливается однозначно, поскольку общая последовательность напластования в этой толще известна. Вмещающими породами служат отложения ондокской свиты (верхний протерозой), сложенной эффузивами, глинисто-углистыми сланцами, филлитами и известняками. В ряде мест породы массива перекрываются с несогласием базальными конгломератами холоднинской свиты (нижний кембрий). На основании этого возраст массива определяется как позднепротерозойский (~1080 млн. лет). Об этом же свидетельствуют и данные абсолютного возраста.

Предметом наших исследований явилось изучение внутренней структуры массива, Северо-западная полоса сложена ультраосновными разновидностями, юго-восточная - преимущественно породами основного и среднего состава.

Исследовав под поляризационным микроскопом Leica ряд шлифов с Йоко-Довыренского плутона можно сделать вывод о том, что данные шлифы соответствуют основным (троктолиты, габбро, габбро-нориты) и ультраосновным породам (дуниты). Исходя из строения данных шлифов (структурных и текстурных признаков) можно утверждать, что главным механизмом эволюции состава при образовании горных пород и минералов по разрезу расслоенных комплексов является кристаллизационно-гравитационная дифференциация. Она описывается законом Стокса, который предполагает распределение минеральных агрегатов в зависимости от их радиуса и плотности, а также плотности среды:

$$v = \frac{2gr^2(\rho_1 - \rho_2)}{9\mu}$$

Где:

$v$  – предельная скорость, см/с

$r$  – радиус кристалла, см

$\rho_1$  – плотность магмы, г/см<sup>3</sup>

$\rho_2$  – плотность кристалла, г/см<sup>3</sup>

$\mu$  – вязкость, пуаз

Автором были произведены пересчёты на программе Excel по петрохимическим данным, ранее полученным из образцов пород Йоко-Довыренского плутона геологами ТГУ. Выяснилось, что данные породы относятся к серии пород нормальной щёлочности ультраосновного и основного состава преимущественно толеитовой Na-серии. Сделаны графики для индекса кристаллизации, петрохимического показателя степени магматической дифференциации, который отражает эволюцию двух независимых и одновременно развивающихся минеральных серий г. п. (фельзической), где происходит смена Ca на Na

и К, и мафической, в которой Mg сменяется  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ ). Он отражает процентное содержание того или иного количества оксидов элементов в вес. %, которые соответствуют определённым минералам, в выделенных породах. Поэтому индекс кристаллизации может являться показателем закономерной температурной дифференциации минералов. Они, согласно ему, изменяются от более высокотемпературных минералов в нижней части разреза, до низкотемпературных, в нижней части разреза.

Расслоенные магматические комплексы являются классическим объектом магматической петрологии, на котором были "испытаны" практически все петрологические концепции. Это предопределено рядом их уникальных особенностей: интрузивной формой залегания с возможностью получения полной информации о внутреннем строении объектов, отчетливыми признаками проявления дифференциации в интрузивной камере с геологически ясными взаимоотношениями пород, слабым взаимодействием с породами рамы. Для краевых частей массивов нередко фиксируется относительно однородное строение, а для центральных – ритмичное переслаивание сравнительно тонких пачек. Менее заметной, но петрологически более важной является скрытая расслоенность, выраженная в закономерном изменении состава породообразующих минералов в вертикальном разрезе массива. Каждый слой имеет строго определенную ассоциацию «осажденных» или кумулюсных минералов, а стратиграфическая последовательность слоев соответствует порядку кристаллизации минеральных фаз магмы. Постепенное гравитационное фракционирование продуктов кристаллизации, приводящее к изменению состава остаточного расплава, является ведущим петрогенетическим процессом в формировании расслоенных интрузий.

Имеющиеся многочисленные геологические, петрологические и геохимические материалы позволили к настоящему времени надежно обосновать гипотезу кристаллизационной дифференциации как главного механизма эволюции состава пород и минералов по разрезу расслоенных комплексов. Основанием для такой интерпретации явились данные о внутреннем строении массивов (существование краевых серий и центральной расслоенной серии пород), полное соответствие последовательности смены минеральных парагенезисов кумулула по разрезу порядку кристаллизации соответствующих систем, закономерности скрытой расслоенности, свидетельствующие о понижении снизу вверх по разрезу температуры кристаллизации минералов, распределение характерных элементов-примесей в породах и минералах

Явление ритмической расслоенности и конкретные особенности строения ритмически расслоенных серий могут быть поняты только в рамках некоторой схемы динамики процесса, причем явление периодичности, коль скоро оно является законом строения таких комплексов, должно быть естественным свойством процесса внутрикамерной дифференциации в целом и связанным со всеми остальными особенностями строения таких массивов.

Задачей разработки динамической модели затвердевания и дифференциации магматических масс является исследование действующих сил и механизмов массопереноса, приводящих к пространственной дифференциации вещества в пределах магматической камеры и определенным закономерностям их внутреннего строения. В соответствии с этим непосредственную информацию о свойствах привлекаемого механизма несут параметры, количественно характеризующие внутреннюю структуру расслоенных комплексов. К таким сведениям относится, прежде всего, вид функций распределений содержания породообразующих минералов и функций распределения содержаний химических элементов в минералах (и породах) по разрезу массива. Параметрами таких распределений являются: пространственные тренды, закономерности распределения составов пород и минералов относительно трендов (упорядочение, периодичность), дискретность или непрерывность функций распределения, особенности (количественная характеристика и значимость) границ между выделяемыми дискретными типами пород и некоторые другие. Опубликованные к настоящему времени описания строения расслоенных комплексов, в которых вскрываются принципиальные их особенности, практически не дают достаточной для разработки динамической модели процесса количественной информации. Для получения таких данных нами был детально исследован Иоко-Довыренский расслоенный дунит-троктолит-габбро-норитовый массив в Северном Прибайкалье, описанный М.И. Грудининым и С.А. Гурулевым. Решающим при выборе этого массива явились его полная обнаженность от нижнего до верхнего контакта, ярко проявленная дифференциация и расслоенность, достаточно хорошая геологическая изученность.

Одной из задач предпринятого нами исследования Иоко-Довыренского массива является получение эмпирического материала, необходимого для сопоставления и оценки реальности разрабатываемой теоретической физико-химической модели динамики магматической эволюции. В соответствии с этим при описании горных пород массива особое внимание было обращено на выделение возможных признаков последовательности заполнения объема кристаллизующи-

мися фазами. Как будет показано ниже, в строении большинства горных пород изучаемого массива по форме, размеру, составу и способу заполнения пространства выделяется две структурные группы. Индивиды первой структурной группы, представленной идиоморфными и субидиоморфными кристаллами, обычно соприкасаются и образуют подобие каркаса породы, промежутки которого заполнены ксеноморфными зернами, каймами и ажурными ойкокристаллами индивидов второй структурной группы. Для целей настоящего исследования наиболее рациональной систематикой горных пород оказалось подразделение их на основе минеральных парагенезисов первой структурной группы.

В Йоко-Довыренском массиве набор минералов первой структурной группы невелик. Это оливин, плагиоклаз, клино- и ортопироксены. К второстепенным минералам этой группы относится хромит. Изменение относительной роли этих минералов по разрезу является главной причиной разнообразия пород массива. Количество минеральных видов второй структурной группы больше. Сюда относятся плагиоклаз, пироксены, кварц, апатит, гранофировый агрегат, сульфиды и железо-титановые окислы. Вторичные изменения проявлены крайне редко и сводятся к серпентинизации оливина в отдельных участках и сосюритизации плагиоклаза в кварц-гранофировых габброноритах вблизи верхнего контакта массива.

На основе минерального состава и анализа положения минералов в структуре породы можно выделить 10 структурно-петрографических их типов. В большинстве случаев выделенные таким образом типы пород согласуются с принятой петрографической номенклатурой, но иногда за счет колебания содержания минералов второй структурной группы, реже - первой структурной группы в рамках одного структурно-петрографического типа могут присутствовать породы с различными названиями. Однако обычно такие породы образуют непрерывный ряд по количественному минеральному составу, имеют единый тип структурных взаимоотношений минералов и поэтому описываются нами как единый тип.

Таким образом, возможность выделения в большинстве пород Йоко-Довыренского массива двух структурных групп не противоречит выводу о двух стадиях формирования пород. В этой связи важно отметить, что изменение структурного положения минералов в выделенных десяти структурно-петрографических типах пород отражает последовательное изменение парагенезисов кристаллизующихся минералов в ходе затвердевания магматического расплава. Это находит

выражение в закономерностях пространственного распределения этих типов пород в разрезе массива.

Полученные нами материалы показывают, что ряд особенностей строения массива, которые мы считаем тесно связанными и лишь «осложняющими» основную кристаллизационную линию процесса, остаются проблемой и требуют специальных модельных исследований. К таким особенностям относятся:

1) прежде всего ритмическая расслоенность, повторяемость процесса в целом;

2) установленные нами закономерности изменения состава минералов в ритмически чередующихся породах, отражающие зависимость химии минералов от минерального состава пород; с этой зависимостью связан ступенчатый характер изменения химии минералов по разрезу массива;

3) неожиданным явился и сравнительно небольшой диапазон изменения состава и содержания элементов-примесей в породобразующих минералах.

### ***Литература***

---

2. Ярошевский, А. А., Ионов, Д. А., Миронов, Ю. В. и др. Петрография и геохимия Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габбро-норитового расслоенного массива (Северное Прибайкалье) // Петрология и рудоносность природных ассоциаций горных пород. – М., 1982. – 117 с.
3. Палеогеодинамика и формирование продуктивных зон южной Сибири : сб. ст. / отв. ред. П. П. Кузнецов. – Новосибирск : ОИГГМ СО АН СССР, 1991. – 167 с.
4. 7 чудес природы Бурятии [Электронный ресурс] – режим доступа : [http://www.minpriroda-rb.ru/burchudo/raion.php?SECTION\\_ID=636&ELEMENT\\_ID=7503](http://www.minpriroda-rb.ru/burchudo/raion.php?SECTION_ID=636&ELEMENT_ID=7503)
5. Геология и геофизика. – Новосибирск, т. 36, №6, 1998.
6. Доклады академии наук. – М., 2003, т. 390, №4
7. Геология рудных месторождений – 1994, т.36, №6
8. Геохимия – М., 2009, №5
9. Оформление курсовых и дипломных работ. Методические рекомендации [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://www.lib.tsu.ru/win/produkcija/metodichka/metodich.html>

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В ВЕЧЕРНЕЙ ШКОЛЕ**

*Ефименко А. А.*

Томский государственный педагогический университет  
МОУ Вечерняя (сменная) общеобразовательная школа №4 города Томска

Учащиеся вечерней школы – молодые люди, имеющие существенные недостатки в развитии, особенно высших познавательных процессов (активного восприятия, произвольной памяти словесно – логического мышления и др.). Для таких обучающихся характерно наличие повышенной возбудимости или, наоборот, инертности; вследствие чего у них сложно поддерживать интерес к предмету при изложении материала. Большие трудности возникают у них и при решении задач, требующих образного мышления. Сложности возникают при анализе простых текстов, содержащих причинные или временные зависимости, требующие словесно-логического мышления.

Все указанные сложности в работе учителя с контингентом взрослых учащихся указывают на то, что необходимо индивидуализировать подход к обучению и сделать обучение физике наглядным.

В этом случае большую помощь учителю могут оказать современные информационно-компьютерные ресурсы, позволяющие повысить эффективность индивидуального подхода в работе с учащимися (продуктивная творческая деятельность, развитие способностей, индивидуальное усвоение материала); увеличить количество предлагаемой информации, сократить время подачи материала; повысить уровень усвоения учебного материала за счёт одновременного изложения и демонстрации фрагментов; развивать наглядно-образное, понятийное и предметно-действенное мышление.

Наличие в кабинете физики компьютера с большим экраном позволяет использовать его для наглядности материала, повышающего его усвоение учениками вследствие чего, задействованы все каналы восприятия – зрительный, механический, слуховой и эмоциональный. Использование мультимедийных презентаций целесообразно на любом этапе изучения темы и на любом этапе урока. Данная форма позволяет, представить учебный материал как систему ярких опорных образов, что позволяет облегчить запоминание и усвоение изучаемого материала. Опора на наглядность помогает развитию основных познавательных процессов у учащихся: мышления, памяти и внимания.

В рамках применения информационно-компьютерных технологий на уроках физики в вечерней школе работа преподавателя может быть построена следующим образом:

1. Учитель предъявляет ученикам некоторый учебный материал для его восприятия и осознания (презентации, виртуальные опыты и т. д.). Презентация становится своеобразным планом урока, его логической структурой, то есть может быть использована на любом этапе урока или на любом виде урока, например: введение нового материала, тренировка и закрепление, применение знаний на практике, зачёт, контроль. Презентация даёт возможность учителю проявить творчество, индивидуальность, избежать формального подхода к проведению урока. Презентация позволяет использовать разнообразные упражнения, экономить время и материальные средства, расширить образовательное пространство урока.

Благодаря использованию презентаций у обучающихся наблюдается: концентрация внимания, включение всех видов памяти, более быстрое и глубокое восприятие предмета, возрастание мотивации к учёбе.

2. Учитель руководит процессом формирования у учеников способов применения знаний, то есть формирование умений и навыков по образцу (видеофильмы, видеодемонстрации: наглядно демонстрируют ролевые способы решения задач и упражнений).

3. Обеспечивает творческое понимание учащимися ранее усвоенных знаний и умений.

Поэтому в процессе применения ИКТ происходит организованное осознанное восприятие материала, затем – применение знаний по образцу в знакомых ситуациях. При таком обучении меняется и характер деятельности учителя. Учитель задумывается не над собственным способом подачи материала пассивным ученикам, а над организацией приёмов мотивации деятельности: ранее большинство обучающихся не имело представления о работе персонального компьютера, его возможностях в учебном процессе. В связи с этим, вопрос о мотивации учебной деятельности является достаточно актуальным. Мотивация является источником активности, побудителем любой деятельности, но, если деятельность не будет вызвана познавательными мотивами, она не будет являться познавательной.

Важно, чтобы компьютерное сопровождение урока порождало познавательный интерес. Интерес – это эмоциональное переживание познавательной потребности. Необходимым условием для создания интереса к содержанию обучения и к самой учебной деятельности, по

мнению С. М. Бондаренко, является предоставление учащимся возможности проявить самостоятельность и инициативность [1].

Таким образом, использование информационно-компьютерных технологий включает:

1. Организацию учебного процесса на уровне класса в целом, предмета в целом (график учебного процесса, внешняя диагностика, итоговый контроль).
2. Организацию внутриклассной активизации и координации.
3. Индивидуальное наблюдение за учащимися, оказание индивидуальной помощи, использование визуальных и слуховых образов.
4. Подготовку компонентов информационной среды (различные виды учебного, демонстрационного оборудования, программные средства и системы, учебно-наглядные пособия) [2].

Применение компьютера необходимо для того, чтобы:

- ✓ активизировать познавательную деятельность учащихся;
- ✓ развить инициативу учащихся;
- ✓ сформировать информационную компетентность;
- ✓ усилить самостоятельность в изучении предмета;

Основные функции компьютера как части информационного обучения:

- источник учебной информации (частично или полностью заменяющий учителя и книгу);
- наглядное пособие (качественно нового уровня с возможностями мультимедиа и телекоммуникации);
- индивидуальное информационное пространство;
- средство диагностики и контроля.

В настоящее время существует большое количество готовых мультимедийных программ, которые являются дополнительными средствами в преподавании физики, их относят к педагогическим программным средствам.

*Педагогические программные средства (ППС)* – отдельные программы и программные комплексы, используемые в процессе изучения образовательной дисциплины (в данном случае физики) [2].

ППС могут разрабатываться как учителем на основе собственного педагогического опыта и компьютерной подготовки, так и специально созданными коллективами программистов при непосредственном участии в процессе создания конечного программного продукта методистов и учителей – практиков.



ППС в вечерней школе можно классифицировать следующим образом:

1. Компьютерные интерактивные модели, используемые в качестве наглядного материала на уроках физики.
2. Виртуальные лабораторные работы.

### ***Литература***

---

1. Бондаренко, С. М. Проблемы формирования познавательного интереса при классно-групповом и программированном обучении // Вопросы программирования и алгоритмизации обучения / С. М. Бондаренко. М., 1999.
2. Полат, Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. С. Полат. М., 2008. С. 272.

## **РАЗВИТИЕ УМЕНИЯ ОБЪЯСНИТЬ ЯВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ И РЕШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ**

*Кипова Р. А.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Е. А. Румбешта, д.п.н., профессор*

В период научно-технической революции и быстрого нарастания потока научной информации одной из главных задач обучения становится развитие не только репродуктивного, но и творческого мышления учащихся. Испокон веков процесс обучения строился как процесс передачи информации от учителя к ученику. Учащиеся усваивали имеющиеся знания и запоминали их путем многократного повторения [2].

Часто творчеству в учебном процессе отводится непропорционально мало времени. Развить творческие способности, воспитать творческую личность в процессе обучения очень важно, т.к. творческие способности являются базовым ресурсом цивилизации. Проблемой развития творческих способностей учащихся занимались многие известные ученые, такие как: М. Планк, А. Эйнштейн, А. Пуанкаре, П. Капица и другие.

В трудах известных физиков и ученых в области методики обучения физики: И. И. Соколова, П. А. Знаменского, А. И. Перышкина, Д. Д. Галанина, Е. Н. Горячкина, С. И. Иванова и других, развитие творческих способностей занимает значительное место, как составная часть проблемы развития мышления учащихся в процессе обучения.

В.Г. Разумовский изучал психологическую сторону творчества с целью развития творческих способностей. В своей книге он указал [6], что процесс научного творчества представляется циклическим, состоящим из звеньев: факты → гипотеза → следствия → эксперимент. Он писал, что еще Галилео Галилей выделял в научном творчестве физики именно четыре фазы:

1. Восприятие явления, чувственный опыт, привлекающий внимание к изучению определенной частной группы явлений, но еще не дающий законов природы.

2. Переход к аксиоме – центральный момент в творчестве, сходный с интуицией художника (гипотеза).

3. Математическое развитие – нахождение логических следствий из приятной аксиомы.

4. Опытная проверка – высший критерий ценности научного открытия.

Данные фазы можно представить в небольшой схеме взаимосвязи исходных фактов, абстрактной модели-гипотезы, теоретических следствий и эксперимента в естественном творчестве (рис. 1).

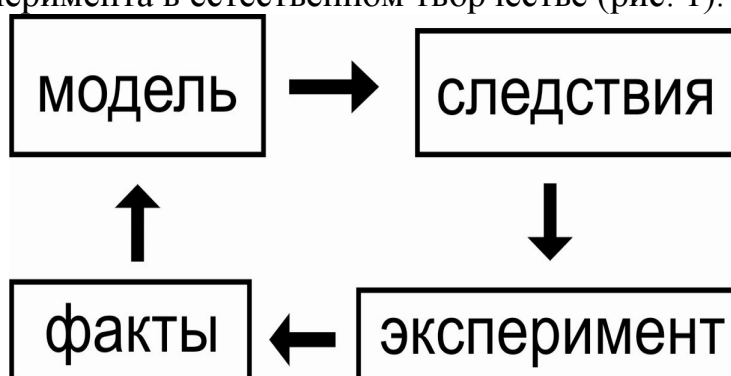


Рис. 1.

А. В. Усова в своих работах отмечает, что развитие у учащихся творческих способностей – составная часть воспитания. Творческие способности человека развиваются на основе высокоразвитого мышления, глубоких знаний в специальной области, практического опыта и интереса к делу.

Творчество - это вид деятельности человека, результатом которой является идеальный или материальный продукт, обладающий новизной и общественной значимостью. Это высшая форма активности и самостоятельной деятельности человека. Это – привнесение в мир чего-то нового.

Из схемы видно, что в развитии творчества учащихся большую роль играет эксперимент.

Законы физики основаны на фактах, установленных опытным путем. Причем нередко истолкование одних и тех же фактов меняется в ходе исторического развития физики. Факты накапливаются в результате наблюдений. Но при этом только ими ограничиваться нельзя. Это только первый шаг к познанию. Дальше идет эксперимент, выработка понятий, допускающих качественные характеристики в форме числа.

Без эксперимента нет и не может быть рационального обучения физике; одно словесное обучение физике неизбежно приводит к формализму и механическому заучиванию. Первые мысли учителя должны быть направлены на то, чтобы учащийся видел опыт и проделывал его сам, видел прибор в руках преподавателя и держал его в своих собственных руках.

Демонстрационный эксперимент является одной из составляющих учебного физического эксперимента и представляет собой воспроизведение физических явлений учителем на демонстрационном столе с помощью специальных приборов.

Он относится к иллюстративным эмпирическим методам обучения. Роль демонстрационного эксперимента в обучении определяется той ролью, которую эксперимент играет в физике-науке как источник знаний и критерий их истинности, и его возможностями для организации учебно-познавательной деятельности учащихся.

Значение демонстрационного физического эксперимента заключается в том, что:

- учащиеся знакомятся с экспериментальным методом познания в физике, с ролью эксперимента в физических исследованиях (в итоге у них формируется научное мировоззрение);
- у учащихся формируются некоторые экспериментальные умения: наблюдать явления, выдвигать гипотезы, планировать эксперимент, анализировать результаты, устанавливать зависимости между величинами, делать выводы и т.п.

Демонстрационный эксперимент, являясь средством наглядности, способствует организации восприятия учащимися учебного материала, его пониманию и запоминанию; позволяет осуществить политехническое обучение учащихся; способствует повышению интереса к изучению физике и созданию мотивации учения.

В большей степени через экспериментальные умения формируется и развивается творческое мышление в случае, если учащиеся самостоятельно выполняют эксперимент и решают качественные задачи. Автором подобраны опыты и задачи, способствующие развитию учащихся.

Приведем пример одного из опытов. Учащимся предлагается сдвинуть две металлические банки, не прикасаясь к ним и объяснить смысл своих действий.

#### ***Притягивающиеся банки [4].***

Для опыта нам потребуется реквизит: Две пустые жестяные банки, 24 пластиковых соломинки для напитков, помощник. Затем нам нужно поставить банки на стол в 2,5 см друг от друга. Затем положим соломинки на стол рядом с банками.

Начнем опыт:

1. Вызовем одного из зрителей в качестве ассистента.
2. Предложим ему подвинуть банки ближе друг к другу, дую на них через одну из соломинок. Возможно, ему и удастся слегка подвинуть одну банку к другой, но это будет нелегко.
3. Теперь сами отложим ту соломинку, через которую дул наш помощник, в сторону. Остальные 23 соломинки разложи параллельно на столе на расстоянии 0,625–1,25 см друг от друга.
4. Поставим две банки на соломинки примерно в 7,5 см друг от друга. Объявим зрителям, что ты постарайся выполнить ещё более сложное задание, поэтому мы расставили банки ещё дальше.
5. Возьмем отложенную соломинку и направим её на левую сторону банки, которая находится от нас справа. Глубоко вздохнем и сильно подуем через соломинку.
6. По мере того, как банка начнет двигаться, перемещаем свою голову и соломинку влево.

#### ***Объяснение***

Оба варианта этого опыта снова демонстрируют действие принципа Бернулли. Если наш помощник попытается сдвинуть банки, дую прямо на них, у него ничего не получится. Однако если дуть на банку с одной стороны, она будет двигаться. Дую на одну сторону банки, мы создадим с этой стороны поток быстро движущегося воздуха. Согласно принципу Бернулли, быстро движущийся воздух обладает меньшим давлением, чем движущийся медленно, следовательно, ты создаёшь слева от банки область низкого давления. Более высокое давление с правой стороны заставляет банку двигаться.

Пользуясь принципом Бернулли, который является следствием закона сохранения энергии для стационарного потока идеальной (то есть без внутреннего трения) несжимаемой жидкости запишем [7]:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$$

Здесь:

$\rho$  – плотность жидкости,

$v$  – скорость потока,

$h$  – высота, на которой находится рассматриваемый элемент жидкости,

$P$  – давление в точке пространства, где расположен центр массы рассматриваемого элемента жидкости,

$g$  – ускорение свободного падения.

Константа в правой части обычно называется напором, или полным давлением, а также интегралом Бернулли. Размерность всех слагаемых – единица энергии, приходящейся на единицу объёма жидкости.

Чем сильнее мы дуем, тем ниже давление, и тем больше перемещается банка. Соломинки, на которых мы установили банки, уменьшают силу трения между банками и столом, чтобы сдвинуть банки было легче.

Теперь можно задать вопрос: как этот трюк проще выполнить?

**Ответ: если соломинки абсолютно круглые в сечении.**

**Что ещё можно сделать?**

Попробуем изменить условия эксперимента. Подвесим две банки на ниточках примерно в 2,5 см одну от другой. Дую через соломинку разными способами, попробуем заставить банки приблизиться друг к другу. Удастся ли провести такой эксперимент, если мы подвесим на таком же расстоянии 2 яблока?

**Результат**

Когда мы начнём дуть на левый бок одной из банок, она поедет к другой. При других условиях эксперимента (см. «Что ещё можно сделать»), банки и яблоки будут двигаться по направлению друг к другу, если дуть между ними.

Кроме экспериментальных опытов наиболее эффективное усваивание материала у учащихся происходит с помощью качественных задач.

Качественные задачи по физике появились в русской методической литературе свыше 180 лет назад. Однако среди физиков нет единого мнения об их наименовании и определении. Предлагались самые различные названия: «практические задачи», «практические вопросы», «логические задачи», «устные задачи», «проверочные вопросы», «качественные вопросы» и другие [1]. Такое разнообразие наименований свидетельствует о разносторонности методических достоинств данного типа задач, поскольку каждое из названий отражает какую-нибудь одну их сторону.

Качественную задачу можно использовать на разных этапах обучения. На начальном этапе можно показать всю красоту и прелесть окружающего явления, поставить проблему, и обрисовать пути выхода из нее, увлечь физикой [3].

В дальнейшем качественную задачу можно использовать как этап, ступеньку для глубокого исследования проблемы. Именно качественная задача является одним из важнейших инструментов, которым необходимо вооружить любознательного человека, исследователя окружающего мира, что позволит ему глубже проникать в мироздание, сделает мыслящим и свободным.

Качественные задачи могут представлять собой такой вид:

***Как поезд трогается с места? [5]***

Вы заметили, вероятно, что перед тем, как двинуть поезд вперед, машинист нередко подает весь состав назад. Для чего это делается?

Ответ: Когда поезд, прибыв на станцию, останавливается, сцепка вагонов натянута. Если паровоз станет тянуть состав в таком виде, ему придется сдвигать с места весь состав сразу; при тяжелом составе это ему не под силу. Другое дело, когда паровоз предварительно поддал состав назад; сцепка тогда не натянута, и приводится в движение вагон за вагоном последовательно, – это гораздо легче.

Как видно, машинист делает то же самое, что и возница тяжело нагруженного воза: он вскакивает на него только на ходу, когда движение уже началось; иначе лошади пришлось бы брать сразу с места слишком большой груз.

Уже в определении физики как науки заложено сочетание в ней как теоретической, так и практической частей. Считается важным, чтобы в процессе обучения учащихся физике учитель смог как можно полнее продемонстрировать своим ученикам взаимосвязь этих частей. Ведь когда учащиеся почувствуют эту взаимосвязь, то они смогут многим процессам, происходящим вокруг них в быту, в природе, дать верное теоретическое объяснение. Это может являться показателем достаточно полного владения материалом.

### ***Литература***

---

1. Валькова, В.Н Развитие творческих способностей учащихся по теме физики 8 класса.
2. Сборник по методике и технике физического эксперимента. Под ред. Н.В. Алексеева. М. : Учпедгиз, 1960.
3. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы. Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. М. : Академия, 2000.
4. [www.poznovatelno.ru](http://www.poznovatelno.ru)
5. [http. // afizika.ru](http://afizika.ru) «Занимательная физика».
6. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. / В.Г. Разумовский. М. : Просвещение, 1975.
7. <http://ru.Wikipedia.org>

## МЕРТВАЯ ПЕТЛЯ

Лемаев А. М., Парпура Д. И.

уч-ся 6 кл. МОУ СОШ №4 им. И. С. Черных г. Томска

Аржаник А. Р.<sup>1</sup>, Ивасенко Н. Ф.<sup>2</sup>, Лобода Ю. О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>к.п.н., доцент КОФ ТГПУ, <sup>2</sup>учитель физики МОУ СОШ №4,

<sup>3</sup>к.п.н., доцент КИТ ИПИ ТГПУ

Быть может, вам знаком головокружительный велосипедный трюк, иногда исполняемый в цирках: велосипедист едет в петле снизу вверх и описывает полный круг, несмотря на то, что по верхней части круга ему приходится *ехать вниз головой*. На арене устраивают деревянную дорожку в виде петли с одним или несколькими завитками, как изображено на нашем рисунке. Артист спускается на велосипеде по наклонной части петли, затем быстро взлетает на своём стальном коне вверх, по круговой её части, совершает полный оборот, буквально вниз головой, и благополучно съезжает на землю.

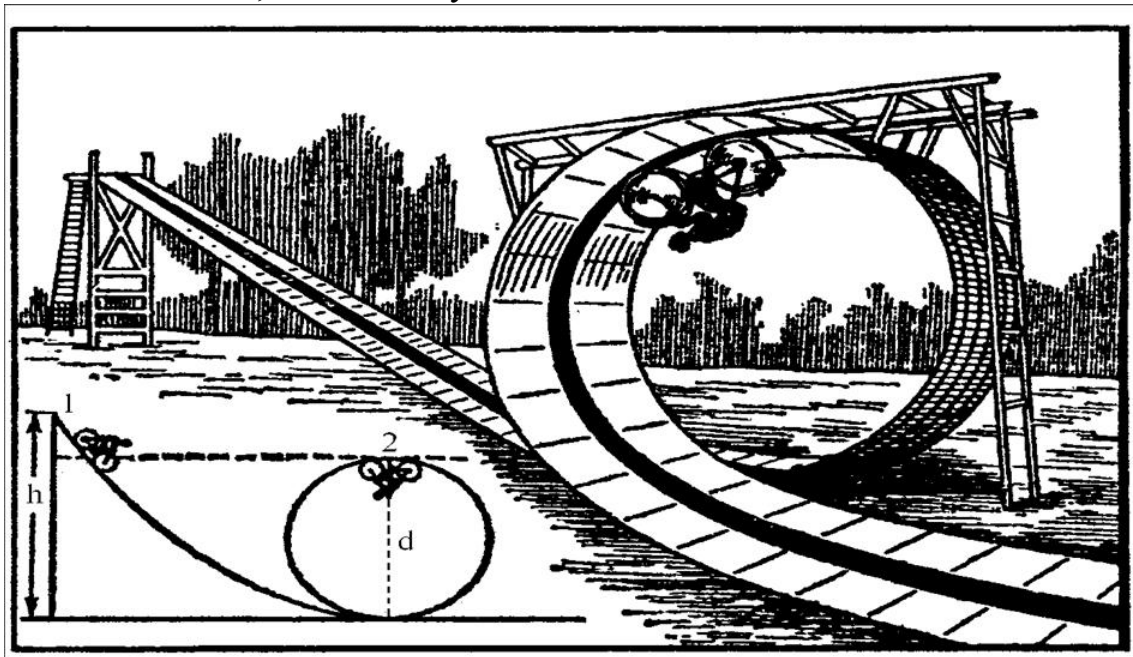


Рис. 1. Модель «мёртвой петли» [1, 83]

Этот головоломный велосипедный фокус кажется зрителям верхом акробатического искусства. Озадаченная публика в недоумении спрашивает себя, какая таинственная сила удерживает смельчака вниз головой? Недоверчиво настроенные готовы подозревать здесь ловкий обман, а между тем в трюке нет ничего сверхъестественного. Он всецело объясняется законами механики. Бильярдный шар, пущенный по этой дорожке, выполнил бы то же с не меньшим успехом. В лучших

школьных физических кабинетах имеются самодельные миниатюрные «мёртвые петли».

*История циркового номера «мёртвая петля»* [3]. Знаменитый изобретатель и исполнитель этого трюка, артист «Мефисто», для испытания прочности «чёртовой петли» имел тяжёлый шар, вес которого равнялся весу артиста вместе с велосипедом. Шар этот пускали по дорожке петли, и если он благополучно пробежал её, то артист решался проделать петлю сам. Однако трюк удаётся не всегда, необходимо в точности рассчитать высоту, с которой велосипедист должен начать своё движение, иначе трюк окончится катастрофой. Этот трюк впервые выполнили в 1902 году два фокусника – Дьяволо (Джонсон) и Мефисто (Нуазетт). В небе же впервые «мертвую петлю» выполнил русский лётчик Нестеров.

*История петли Нестерова* [3]. Петр Николаевич тренировался в совершенствовании пилотирования, в отработке крутых виражей, готовясь осуществить "мертвую петлю". Одолевали сомнения в надежности конструкции самолета, а главное - будет ли его эксперимент нагляден и понят товарищами по оружию. Нестеров консультировался у профессора Н. Е. Жуковского, который в своей работе «О парении птиц» приводил в числе возможных траекторий полёта и «мертвую петлю». И вот, 27 августа 1913 года нестеровский «Ньюпо» вновь взмыл в небо. Набрав высоту 800–1000 метров, летчик, как явствует из рапорта начальства, выключил мотор и начал пикировать. На высоте около 600 метров мотор был включен, и самолет, послушный уверенным рукам пилота, устремился вертикально вверх, потом на спину, описал петлю и пошел в пике. Мотор снова выключился, самолет выпрямился и плавной, красивой спиралью благополучно приземлился.

Подвиг П. Н. Нестерова всколыхнул весь мир. Многие посылали восторженные телеграммы. Из Нижнего Новгорода начальник кадетского корпуса телеграфировал: «Корпус восторженно приветствует своего славного питомца блестящим успехом на гордость русской авиации». Киевское общество воздухоплавания присудило Нестерову золотую медаль. Но военное начальство было категорически против «мертвой петли». Сам же пилот был уверен, что «фигурные полеты – это школа летчика». Несмотря на запрещения, Нестеров 31 марта 1914 года повторил «мертвую петлю».

Для объяснения явления необходимо обратиться к закону сохранения полной механической энергии. Этот закон можно применять, если потерями энергии (за счёт трения и взаимодействия с окружающей средой) можно пренебречь.

Для нашего случая данный закон имеет вид [2, 309]:



$$E_{\text{полн}} = E_p + E_k = \text{const},$$

где  $E_p = mgh$  – потенциальная энергия,  
 $E_k = mv^2/2$  – кинетическая энергия.

Для успешного выполнения удивительного трюка необходимо знать минимальную высоту  $h$ , с которой скатывается тело. Для этого помимо уравнения сохранения полной механической энергии нужно использовать уравнение движения.

Уравнение движения (2 закон Ньютона) имеет вид:

$$mg + N = ma.$$

Для верхней точки петли закон записывается следующим образом:

$$mg + N = mv^2/R,$$

где,  $N$  – сила реакции опоры;  $a$  – ускорение тела, равное  $v^2/R$ ;  $R$  – радиус петли.

Для нахождения минимальной высоты реакцию опоры  $N$  можно положить равной 0.

Тогда:

$$mg = mv^2/R \quad \text{или} \quad g = v^2/R, \quad \text{или} \quad v^2 = gR.$$

Итак, в верхней точке петли:

$$v^2 = gR.$$

Запишем уравнение сохранения полной механической энергии для начала движения ( $h_{\min}$ ) и верхней точки петли:

$$mgh_{\min} = mg(2R) + mv^2/2,$$

где  $mgh_{\min}$  – потенциальная энергия тела в начале движения, равная полной механической энергии (то есть кинетическая энергия в начале движения отсутствует, так как тело покоится);  $mg(2R)$  – потенциальная энергия и  $mv^2/2$  – кинетическая энергия в верхней точке петли.

Отсюда:

$$h_{\min} = 2R + v^2/2g.$$

С учётом  $v^2 = gR$ :

$$h_{\min} = 2R + gR/2g \quad \text{или} \quad h_{\min} = 2R + R/2.$$

И окончательно:

$$h_{\min} = 5/2R = 2,5 R.$$

Полученная формула позволяет найти ту минимальную начальную  $h_{\min}$ , при которой тело проходит «мёртвую петлю». Необходимо помнить, что при выводе минимальной высоты не учитывались потери полной механической энергии.

Мы изготовили экспериментальную модель «мёртвой петли». Установка была сделана из профиля квадратного сечения 15 x 15мм. Сначала изготовили примерную дугу в форме «мёртвой петли». Далее сделали аналогичную дугу и выровняли с первой. У нас получилось

два одинаковых профиля квадратного сечения по форме «мёртвой петли». При помощи электродуговой сварки соединили их между собой в некоторых частях с обратной стороны. Ширина «мёртвой петли» выбиралась соответственно размеру шара. Затем из этого же профиля сделали подставку. Изготовили глушитель удара и соединили его с основной установкой.



Рис. 2. Экспериментальная установка

При измерении мы исходили из того, что нулевая точка – это нижнее положение скатываемого тела (шара). Измерения высот проводились с помощью лазерного уровня и линейки. Погрешность измерения складывалась из инструментальной ошибки и ошибки отчёта. В наших измерениях погрешность отсчёта преобладает из-за того, что шар считался материальной точкой. А без измерительных приборов («на глаз») найти точный центр снаряда (шара) почти невозможно.

Опытным путём найдена экспериментальная наименьшая высота, с которой шар проходит «мёртвую петлю».

А с помощью расчётов для сравнения определили минимальную теоретическую высоту.

#### **Результаты:**

теория:

$$h_{min} = (26,0 \pm 0,5) \text{ см},$$

эксперимент:

$$h_{min} = (44,0 \pm 0,5) \text{ см}.$$

Расчёты показали, что реальная минимальная высота на 40 % больше расчётной.

Необходимо помнить, что физические модели только приближённо описывают реальные физические явления.

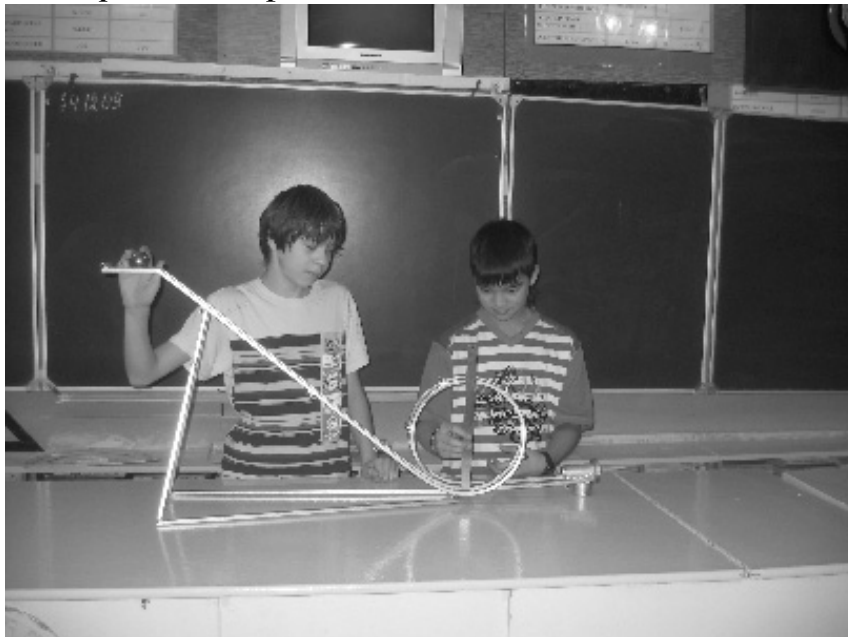


Рис. 3. Проведение эксперимента

Итак, в работе была создана экспериментальная установка для демонстрации закона сохранения энергии. Она используется как наглядное пособие на уроках физики, а также на элективных занятиях.

### **Литература**

---

1. Перельман Я. И. Физические головоломки / Я. И. Перельман. М.: АСТ: Астрель: ХРАНИТЕЛЬ, 2007. 378с.
2. Физика. Механика / Г. Я. Мякишев. М.: Просвещение, 1995. 480с.
3. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: (сайт) URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 20.12.2009).

## **СИСТЕМА ECTS В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ**

*Лежнина Л. В.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: В. М. Зеличенко, к. ф.-м. н., профессор*

Европейская система перевода кредитных (зачетных) единиц ECTS (European Credit Transfer System) была разработана 1989 г. в рамках европейской программы Socrates для обеспечения международных результатов учебы. ECTS базируется на двух основных принципах: приведение каждого компонента образовательной программы к некоторому числовому выражению; единообразное выставление

оценки за освоение данного компонента. Суть кредитной системы ECTS – это своеобразный рейтинг дисциплин. Кредиты – это единицы, в которых измеряется учебная нагрузка студента. Число кредитов, присвоенных предмету, указывает на его значимость. Когда студент набирает определенное число кредитов по предмету, ему выставляется зачетный кредит. Зачетный кредит – единица измерения учебной нагрузки студентов, необходимой для основания содержания модуля программы учебной дисциплины. Зачетный кредит включает все виды работ студентов, которые предусмотрены в утвержденном государственном стандарте: аудиторная работа; самостоятельная работа; подготовка к государственной аттестации; государственный экзамен; производственная практика; спецкурсы по выбору студентов.

В России введение ECTS возможно на двух уровнях. Первый уровень – формально введение системы зачетных единиц (кредитов). На этом уровне никаких изменений в системе организации обучения не проводится, а трудоемкость освоения различных дисциплин, оцениваемая государственными образовательными стандартами в часах аудиторной нагрузки, пересчитывается в зачетные единицы. В документах (приложениях к диплому, академических справках и др.) при таком применении ECTS трудоемкость может указываться как в часах, так и в зачетных единицах. Второй уровень использования ECTS, назовем его условно инновационным, принципиально отличается от первого. Если в первом случае основной организационного построения учебного процесса выступали часы, то на втором уровне такой основой становятся кредиты.

Академические кредиты открывают перед вузом новые возможности. Благодаря кредитам, появляется возможность выстраивать индивидуальные образовательные траектории для каждого студента. Кредиты как единица трудоемкости учебного труда будут зримо характеризовать полученное студентом образование, демонстрируя объем затраченных на изучение каждой дисциплины усилий. По мере освоения кредитов как единицы трудоемкости учебной работы вуз сможет в более полной мере реализовать их накопительный характер.

За учебный год студент должен набрать 60 кредитов, исходя из этого, в семестр заработать 30 кредитов. Каждая дисциплина должна «стоять» 4 – 6 кредитов. Две третьих зачетных кредитов составляют обязательные дисциплины, остальные студент формирует по своему усмотрению.

Для проведения пересчета используется упрощенная методика, предложенная Министерством образования Российской Федерации, путем простого математического деления общей учебной нагрузки в

семестре на коэффициент 36 (36 число общей нагрузки) [1]. Однако такой подход упрощает дело и нередко ставит наших студентов в невыгодное положение по сравнению с выпускниками западных вузов, которые, как показывает опыт, получают по специальным дисциплинам гораздо больше кредитов, а это будет свидетельствовать о том, что они гораздо глубже и лучше подготовлены по профессиональным дисциплинам, и, стало быть, будут выглядеть для работодателей предпочтительней. Количество кредитов по дисциплинам в то же время не может быть дробным, иначе их сложнее почти никогда не будет давать желаемое число 30 кредитов в семестр. Правда, признано возможным, начислять за отдельные дисциплины сумму кредитов с «половинками», если таких дисциплин четное количество, и они при сложении дают за семестр целое число.

Из всего выше сказанного, мы сможем рассчитать кредитные единицы для дисциплины ДПП.Ф.01 – ОБЩАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА (учебный план физико-математического факультета Томского государственного педагогического университета, специальность: 032200 - физика). В соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта на образовательную подготовку студента по специальности: 032200 – физика отводится 1584 академических часа, из которых 72 часа – аудиторных занятий и 72 часа – лабораторных занятий. Результаты самостоятельной работы студента не отслеживаются, поэтому мы ее не учитываем. Можно привести таблицы отображающие распределения объем дисциплины и виды учебной работы, как в академических часах, так и в зачетных единицах (кредитах).

**Объем дисциплины и виды учебной работы  
в академических часах**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры				
		1	2	3	4	5
Общая трудоемкость дисциплины	1584					
Лекции	252	36	72	72	36	36
Практические занятия	198	36	54	36	36	36
Лабораторные работы	324	72	72	72	72	36
Самостоятельная работа	810	162	162	162	162	162
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)		Экз.	Экз.	Экз.	Экз.	Экз.

**Объем дисциплины и виды учебной работы  
в зачетных единицах (кредиты)**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры				
		1	2	3	4	5
Общая трудоемкость дисциплины	44					
Лекции	7	1	2	2	1	1
Практические занятия	5,5	1	1,5	1	1	1
Лабораторные работы	9	2	2	2	2	1
Самостоятельная работа	22,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)		Экз.	Экз.	Экз.	Экз.	Экз.

Сложность внедрение такой системы заключается в том, что практически во всех российских вузах академический час включает не общую работу, а только аудиторную, если брать не стандарт, а реальный планы. Переход на кредитную систему оценивания, должен проводиться не по одной дисциплине, а пределах целого факультета.

Система европейских академических кредитов развивается вполне успешно. Пока через эксперимент с образовательными кредитами прошло около 30 вузов России, но в ближайшем будущем, Министерство образования и науки, планирует ввести новую систему зачетных единиц повсеместно.

### **Литература**

1. Письмо Минообразования России от 28.11.2002. № 14-52-988ин/13.

## **ЛАЗЕРЫ**

*Лобода Е. Г.*

уч-ся 5 кл. МОУ СОШ № 4 им. И. С. Черных г. Томска

*Аржаник А. Р.<sup>1</sup>, Ивасенко Н. Ф.<sup>2</sup>, Лобода Ю. О.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>к.п.н., доцент КОФ ТГПУ, <sup>2</sup>учитель физики МОУ СОШ № 4,

<sup>3</sup>к.п.н., доцент КИТ ИПИ ТГПУ

Принцип действия лазера изучается в старших классах, однако в среднем звене учащиеся проявляют интерес к приборам, в которых используется лазерное излучение. Эта работа является попыткой адаптации сложного материала для понимания учениками 5-6 классов.

Мы знаем, что такое лазерное шоу – это когда на больших экранах или даже на облаках возникают яркие, переливающиеся цветные картины. А также лазерный принтер – печатающее устройство с высоким

качеством и скоростью печати. Для считывания с дисков или записи информации на диски тоже используется лазер. Знаем о тонких медицинских операциях, например на глазах, с помощью лазерных скальпелей. Видели в боевиках действия оружия с лазерным прицелом. Можно и еще перечислять совершенно различные предметы и явления, связанные между собой только тем, что в их названиях используется слово лазер или лазерный.

### *Что же такое лазер?*

Лазер есть источник света, то есть техническое устройство, испускающее свет.

Но свет этот отличен от света осветительных ламп или Солнца.

**Лáзер** (англ. laser, сокр. от Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — «усиление света посредством вынужденного излучения»), оптический квантовый генератор — устройство, преобразующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения [2].

Рассмотрим устройство лазера. Все лазеры состоят из трёх основных частей:

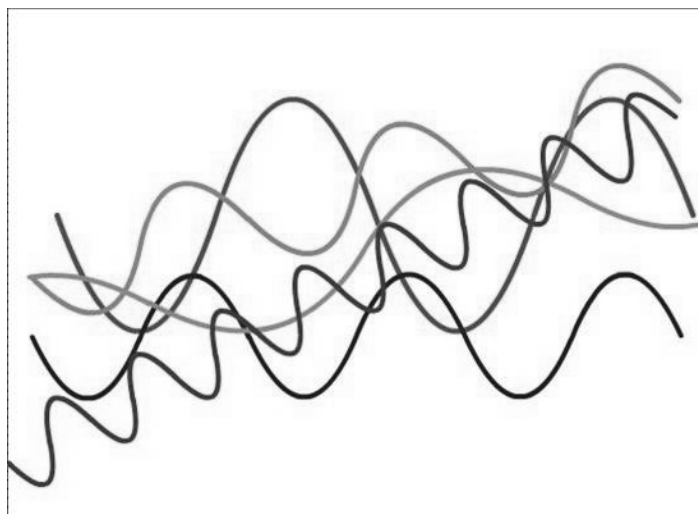


Рис. 1. Естественный свет

- 1) активной (рабочей) среды;
- 2) системы накачки (источника энергии);
- 3) оптического резонатора (который может отсутствовать, если лазер работает в режиме усилителя).

Свет лазера обладает тремя особенными и важными свойствами:

1. Предельно малая расходимость пучка лазерного света, лучи лазерного света практически параллельны.

2. Свет лазера одноцветный, по-научному «монохроматический». В иных источниках даже при наличии цветных стёкол свет многоцветен. Например, в зелёном цвете светофора есть светло-зелёный, тёмно-зелёный и множество переходных оттенков. В каждом лазере строго один цвет, в некоторых лазерах цвет можно перестраивать с одного цвета на другой, есть двух – трёхцветные лазеры, но принципиально нет лазеров со множеством переходящих один в другой цветов.

3. Взаимосвязанность отдельных лучей лазерного света, по-научному «когерентность».

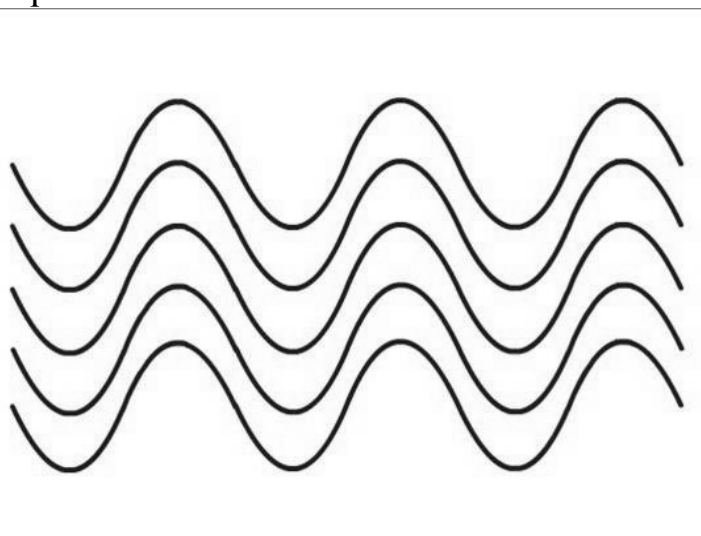


Рис. 2. Когерентный, монохроматический свет

Рассмотрим, как проявляются и как используются эти особые свойства лазерного света в различных лазерных устройствах.

Первое свойство лазерного излучения позволяет лазерному лучу распространяться на большие расстояния, сохраняя высокую яркость светового луча.

Малая расходимость лазерного луча и его монохроматичность позволяют собрать свет источника на площадке предельно малой площади (с диаметром тысячные доли миллиметра). В реальных условиях, чем больше отклонение от параллельности лучей, тем больше площадь пятна при фокусировке, а также каждый цвет источника фокусируется в различных точках, что также размывает и расширяет площадь пятна фокусировки [1, с. 209]. Так как лазерный свет не имеет себе равных по малой расходимости и монохроматичности, то и площадь фокусировки лазерного луча в сотни и тысячи раз меньше, чем у других источников света. Это и позволяет собрать на малой площади большую яркость и большую плотность энергии света. Данное свойство используется, например, при чтении информации с DVD-дисков. Ширина дорожки диска одна тысячная миллиметра. Только при фокусировке лазерным светом можно осветить исключи-



тельно одну дорожку, не затрагивая соседних. Отраженный свет от освещенной части дорожки несет записанную информацию.

При фокусировке лазеров большой мощности можно разрезать и разрушать любые материалы, что используется при различных медицинских операциях, раскрое кузовов автомашин и т.д.

И третье свойство лазерного света (когерентность) находит уникальное применение. При наложении падающего и отраженного когерентного света можно получить информацию о расстоянии до отражающего тела и его свойствах. Это используется в дальномерах.

Немного информации об истории создания лазеров.

1916 год: А. Эйнштейн предсказывает возможность создания лазера. Хотя само слово «лазер» возникло позднее.

1928 год: экспериментальное подтверждение Р. Ладенбургом и Г.Копферманном существования вынужденного излучения.

В 1940 год: В. Фабрикантом и Ф. Бутаевой была предсказана возможность использования вынужденного излучения среды с инверсией населённости для усиления электромагнитного излучения [2].

1954 год: российские ученые Николай Басов и Александр Прохоров создали прообраз лазера – мазер, лазер невидимого глазом СВЧ излучения.

Независимо от них в том же году мазер создал американец Чарлз Таунс.

1961год: группа ученых: Галанин, Леонтович, Чижикова создали первый российский лазер.

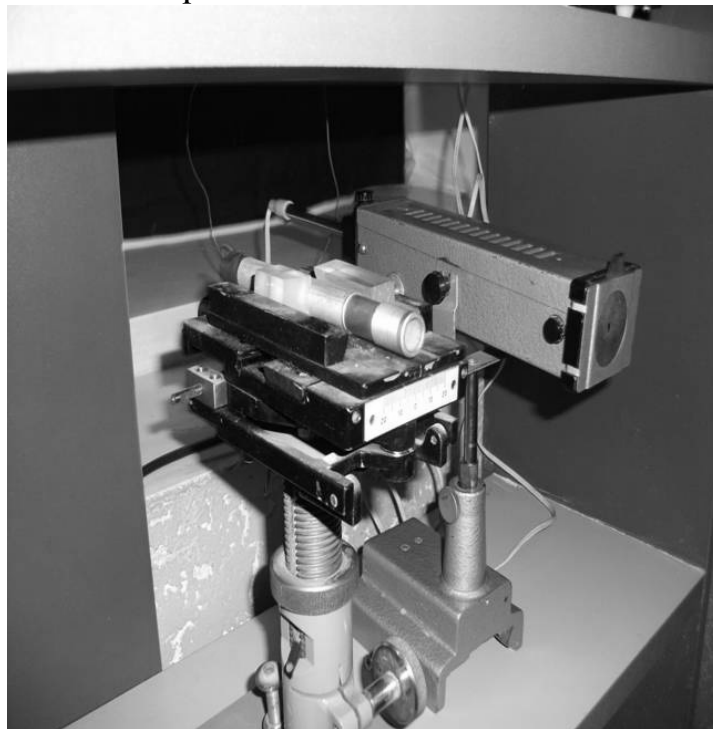


Рис. 3. Гелий-неоновый лазер и теневой осветитель

Нами был проведён эксперимент по исследованию расходимости лазерного пучка. Для сравнения расходимости световых пучков мы выбрали гелий-неоновый лазер и теневой осветитель.

Свет от источников направлялся на экран. В качестве масштаба была выбрана рублёвая монета диаметром 0,02м. Эксперимент показал, что на расстоянии 1м от экрана свет прожектора начинает заметно расходиться (размер пятна 0,04м), лазерное же излучение проецируется в виде точки размером 0,004м.



Рис. 4. Проведение эксперимента

На расстоянии в 40м свет прожектора полностью рассеивается, а пучок лазера начинает расходиться (размер пятна 0,03м).

Результаты измерений указаны в таблице 1.

Таблица 1

**Зависимость размеров световых пятен  
от расстояния до экрана**

Расстояния до экрана	0,5м	1м	40м
Лазер	0,004м	0,004м	0,03м
Осветитель	0,02м	0,04м	больше размера экрана

Таким образом, было экспериментально доказано, что лазерное излучение имеет меньшую расходимость по сравнению со световым пучком осветителя.

Эксперименты были проведены в лабораторном корпусе Томского государственного педагогического университета.

История лазера насчитывает 50 лет. Если первые 30 лет лазер использовался как средство мощного воздействия, то последние годы

используется как средство тонкого воздействия. С каждым годом изобретаются новые типы лазеров и находятся другие области их применения.

В дальнейшей планируется больше узнать о лазерном излучении и провести эксперименты с разными видами лазеров.

### ***Литература***

---

1. Элементарный учебник физики/ Г. С. Ландсберг. Т. 3. М.: Наука. 1986, 656с.
2. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: (сайт) URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 15.12.2009).

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

*Оль Е. Н.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: В. М. Зеличенко, к.ф-м.н., профессор*

Современная социально-экономическая ситуация в нашей стране определяет необходимость изменения теоретических и практических подходов к подготовке специалистов среднего звена. Активный переход к рынку труда объективно требует повышения качества профессионального образования, более высокого уровня квалификации и обеспечения конкурентоспособности специалиста уже в начале его профессиональной деятельности [1].

Сложности в теории и практике осуществления компетентностного подхода в среднем профессиональном образовании сопровождаются объективно существующими противоречиями между:

- 1) возрастающими требованиями общества к подготовке конкурентоспособных специалистов, обладающих личностными и профессиональными компетенциями, и невозможностью подготовки таких специалистов в рамках традиционной системы образования, которая не учитывает запросы и требования индустрии, рынка труда и работодателей;
- 2) потребностью педагогов-практиков в научно-методическом обеспечении процесса формирования профессиональных и личностных компетенций студентов и недостаточной степенью проработанно-

сти содержания, теоретических и научно-педагогических условий организации процесса их формирования.

Указанные противоречия обуславливают проблему исследования, которая заключается в поиске и обосновании методов и средств формирования профессиональных компетенций студентов в процессе реализации образовательной системы технического ССУЗ.

Из существующей проблемы вырисовывается цель выявить, теоретически обосновать и экспериментально проверить условия эффективного формирования компетенций студентов в процессе реализации образовательной системы технического ССУЗ.

Предполагается что реализация компетентностного подхода будет эффективной, если будут созданы следующие условия: определены сущность и содержание формирования компетенций студентов в процессе реализации образовательной системы; определён комплекс организационно-педагогических условий; разработана и внедрена модель формирования компетенций студентов; разработаны и апробированы критерии определения эффективности компетенций студентов технического среднего профессионального учебного заведения.

Говорить о проблеме и её решении нельзя без соответствующего исследования, поэтому в рамках первого этапа был проведён мониторинг документации Томского Техникума Железнодорожного Транспорта в ходе которого, в качестве примера, было проанализировано положение об оценки знаний умений и навыков студентов техникума. В этом положении принята следующая система критериев контроля, классифицирующаяся по пяти уровням деятельности студентов:

**А) Уровень распознавания (репродуктивный)**  
студент умеет вводить понятия, давать определения, формулу, описание.

**Б) Уровень объяснения (адаптивный)** студент умеет объяснять изученный материал, смысл законов, формул, пользоваться справочной литературой, решать задачи по образцу.

**В) Уровень практического применения (локально-модулирующий знания)**  
студент умеет решать задачи, не встречающиеся ранее, но в пределах определённого раздела и класса задач.

**Г) Уровень трансформации (системно-модулирующий знания)**  
студент умеет решать задачи в пределах всего курса, ориентироваться в новых.

**Д) Творческий уровень (системно-модулирующий деятельность)** студент умеет решать комплексные задачи с применением материала из других дисциплин, задачи прикладного характера,

Из этой модели видно, что в настоящее время ССУЗ используют прежнюю систему оценки знаний, а если следовать в соответствии с требованиями «Концепции модернизации образования до 2010 года», в свете требований Болонского процесса, [2][3] хотелось бы обратить внимание, что одним из основных подходов к развитию и совершенствованию профессионального образования является интеграция среднего профессионального образования в систему непрерывного образования и усиление практического аспекта подготовки квалифицированных специалистов на основе компетентного подхода, так как он предполагает конструирование образования не только «от знаний», но и от «способа» деятельности. Но, как видно сейчас, эта цель не достигнута, поэтому необходимы более эффективные и конструктивные методы её разрешения. В свою очередь, при переходе на такую систему в ССУЗе необходимо учитывать специфику данного уровня образовательной системы.

Одной из основных проблем такой специфики является адаптированность новой системы для всех категорий студентов обучающихся в ССУЗе, т.к. в отличие от ВУЗа в техникум поступают абитуриенты как на базе 9 классов, так и на базе 11 классов, а так же лица имеющие среднее профессиональное или высшее профессиональное образование, которым допускается обучение по сокращенным образовательным программам СПО, и тут необходимы некие инструменты манипулирования системой. Так же появляется необходимость согласования существующих образовательных программ, включающих в себя учебный план, рабочие программы учебных дисциплин и другие материалы, обеспечивающие качество подготовки студентов, под разрабатываемую систему.

Компетентный подход усиливает практикоориентированность образования, его предметно-профессиональный аспект, подчеркивает роль опыта, умений практически реализовать знания, решать различные производственные задачи.

Таким образом, реализация принципов компетентного подхода требует серьезной переработки учебного процесса, начиная от учебно-планирующей документации до создания адекватных методик обучения и средств оценивания.

### ***Литература***

---

1. Селевко, Г. Н. Компетентности и их классификации / Народное образование. № 4. 2004. С. 138-143.
2. Лебедев, О. Е. Компетентный подход в образовании. №5. 2004. С. 3-12.
3. Андреев, А. Л. Педагогика. №3. 2005. С. 19-27.

## МЕЖДОЛИННОЕ РАССЕЙЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ФОНОНАХ В КРИСТАЛЛЕ GaN

*Пермякова М. Ю., Лобода Ю. О., Обухов С. В.*

Томский государственный педагогический университет

Междолинное рассеяние электронов на колебаниях решетки в значительной степени определяет транспортные и оптические свойства многодолинных полупроводников, а также приборных структур основанных на них [1]. Данный процесс представляет собой переход возбужденного электрона из одного локального минимума, называемого долиной, в другую долину с испусканием или поглощением коротковолнового фона. Чтобы проанализировать вероятности междолинного рассеяния, необходимо знать значения деформационных потенциалов [2].

Цель данной работы рассчитать вероятности междолинного рассеяния в структурах сфалерита и вюртцита соединения GaN.

Расчет производился из первых принципов методом функционала электронной плотности и методом псевдопотенциала. Для вычисления энергетических характеристик GaN в структурах вюртцита и сфалерита использовались одни и те же псевдопотенциалы с жесткой сердцевиной Ga.pz-bhs.UPF и N.pz-vbc.UPF, приведенные на сайте <http://www.pwscf.org> [3]. Параметры структуры находились путем минимизации полной энергии кристаллов в обеих модификациях. Параметр обрезания кинетической энергии, контролирующей сходимость процесса самосогласования в методе функционала электронной плотности, имеет разные значения: для сфалерита - 45 Ry, для вюртцита - 80 Ry. В структуре сфалерита кристалла GaN значение постоянной решетки составляет  $a = 8,357$  а.е. в согласии с экспериментальными данными  $a = 8.506$  а.е. [4]. Для w-GaN вычисленные постоянные решетки составляют  $a = 5,894$  а.е. и  $c = 9,634$  а.е. и близки к вычисленным в работе [5]  $a = 6,023$  а.е. и  $c = 9,785$  а.е. и экспериментальным  $a = 6.030$  а.е. и  $c = 9.809$  а.е. [6].

Зонные спектры электронов (рис. 1 (а, б)) и фононные спектры, рассчитанные с этими значениями в обеих модификациях хорошо согласуются с расчетами других авторов [7].

Вычисление деформационных потенциалов (вероятностей рассеяния электронов на фононах) проведено нами для наиболее интересных переходов методом DFPT [8]. Расчет рассеяния в сфалеритной структуре проведен между минимумом зоны проводимости  $\Gamma(0, 0$

$,0)2\pi/a$  - и минимумами в точках  $X (1, 0, 0)2\pi/a$  и  $L (0.5, 0.5, 0.5)2\pi/a$ , так как рассеяние именно между этими точками может представлять наибольший интерес (табл. 1). Для рассеяния на остальных фонах деформационные потенциалы равны нулю в соответствии с правилами отбора по симметрии.

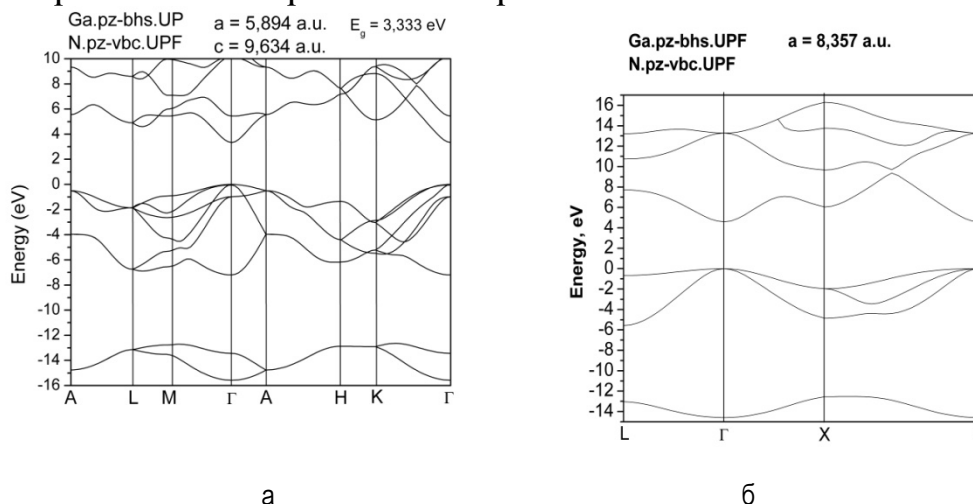


Рис. 1. Зонная структура соединения GaN для сфалерита (а) и вюрцита (б)

Таблица 1

**Деформационные потенциалы для переходов  $\Gamma - X$  и  $\Gamma - L$  в зоне проводимости в структуре сфалерита GaN**

Переход	$\Gamma - X$	$\Gamma - L$	$\Gamma - L$
Частота фонона THz	LO	LA	LO
Деформационный потенциал (eV/Å)	7.63	0.87	6.51

Для вюрцитной модификации w-GaN расчет констант электрон-фононной связи в зоне проводимости проведен для перехода между центром зоны Бриллюэна  $\Gamma$  и боковым минимумом, который находится на симметричном направлении между точками L и M (табл. 2) в точке  $(0.5, 0.2886, 0.2141)2\pi/a$ .

Таблица 2

**Деформационные потенциалы для перехода  $\Gamma - S$  в зоне проводимости в w-GaN в структуре вюрцита**

Частота фонона THz	LO	LO	LA	LA
Деформационный потенциал (eV/Å)	1.59	0.59	0.48	3.98

Для рассеяния на остальных фононах деформационные потенциалы для данного перехода в w-GaN в пределах точности метода равны нулю.

Так как значения междолинных деформационных потенциалов в GaN обеих модификаций к настоящему времени в литературе отсутствуют, то полученные нами параметры электрон-фононной связи будут полезными для анализа особенностей высокополевого транспорта электронов в GaN [1].

### **Литература**

---

1. C. Bulutay, B. K. Ridley, Appl.Phys.Lett. v. 77, 2707, 2000.
2. C. Bulutay, B. K. Ridley, N. A. Zakhleniuk, Phys.Rev.B 68, 115205, 2003.
3. Baroni S. et al // <http://www.pwscf.org>.
4. M. B. Kanoun, S. Goumri-Said, A. E. Merad, G. Merad, J. Cibert, H. Aourag, Semicond. Sci. Technol, 19. -2004.-P. 1220–1231.
5. K. Karch, J.-M. Wagner, F. Bechstedt, Phys.Rev.B 57, 7043, 1998.
6. Landolt-Börnstein, Numerical data and Functional Relationships in Science and Technology vol. III/41: Semiconductors Subvolume III/41A1: Group IV elements, IV-IV and III-V compounds, Springer-Verlag, 2001.
7. D. Fritsch, H. Schmidt, M. Grundmann, Phys.Rev.B 67, 235205, 2003.
8. S. Baroni, S. de Gironcoli, A. Dal Corso, P. Giannozzi, Rev.Mod.Phys. 73, 515, 2001.

## **ПРИНЦИП ИСТОРИЗМА В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ**

*Путерская И. П.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: М. А. Червонный, к. пед. н., доцент*

В развитых странах приоритетом в экономике является инновационная деятельность. Такой приоритет потребовал модернизации системы образования в сторону усиления компоненты обучения естественнонаучным и физико-математическим дисциплинам. Концепция этой модернизации предусматривает повышение роли исследовательского подхода в обучении физике, включающего увеличение числа экспериментальных заданий исследовательского характера, применение системы проблемных задач и т.п.

Исследовательский подход в обучении – такая организация учебного процесса, которая включает в себя ознакомление с исследовательской методологией, создание поисковой ситуации на уроке, возбуждение у учащихся познавательных потребностей и интересов, развитие познавательной самостоятельности и формирование на их осно-



ве социально-значимых мотивов учения и образования. Таким образом, задачами исследовательского подхода в обучении выступают:

1. Воспитание и развитие познавательного интереса, активности и самостоятельности;
2. Формирование опыта исследовательской деятельности, ознакомление с методологией исследовательской деятельности;
3. Создание положительной мотивации учения и образования;
4. Содействие формированию глубоких и прочных знаний;
5. Развитие интеллектуальной сферы личности.

Содержательную основу исследовательского подхода в обучении составляет взаимосвязь между содержанием изучаемого материала, методами науки, методами и формами обучения, организационными формами учебной работы. В.А. Бухвалов [1, с. 66] считает, что обучение учащихся исследовательской деятельности в учебно-воспитательном процессе осуществляется по следующим этапам:

1. Обучение учащихся методам научных исследований на уроках. В процессе обучения учащиеся пробуют анализировать решенные и решать нерешенные научные проблемы.
2. Обучение учащихся технологиям научных исследований – методике научного исследования, конструированию, проектированию. В процессе этой деятельности учащиеся проводят свои первые научные исследования и оформляют результаты в виде рефератов.
3. Организация самостоятельного поиска и исследования научных проблем. На этом этапе учитель помогает ученикам организовывать самостоятельный поиск и исследование научных проблем.

Решение задач, ознакомление с методологией и передача опыта творческой деятельности возможно в реконструкции историзма, т.е. в предложении изучать и анализировать те проблемы и задачи, которые решались учеными в период становления физики как науки.

Один из основоположников отечественной методики преподавания физики П. А. Знаменский поднимал вопрос об обязательном ознакомлении учащихся с элементами истории в курсе физики [2, с. 151]. Его взгляд выражается следующими положениями:

- история науки позволяет понять, что физика является непрерывно развивающейся наукой и обновляющейся областью человеческого познания;
- использование элементов истории науки позволяет понять, как под влиянием определенных практических потребностей

возникали научные проблемы и протекали научные исследования, и как развитие техники и технологии производства позволили науке преодолеть стоящие перед ней проблемы, что вело ее на новый уровень;

- история физики дает представление о том, что обобщения, к которым приходит физика, состоят из ряда исторически связанных ступеней, и о том, что между зарождением какой-либо идеи и претворением ее в практику может пройти достаточно много времени;
- история науки позволяет увидеть, что научные открытия не являлись трудом только отдельных личностей, а всегда являлись результатом коллективного творчества ученых, если даже они жили в разных странах и в разное время.

По мнению Е. В. Савеловой [3, с. 55], в число основных видов исторических сведений должны быть включены очерки по проблемам развития науки и техники, жизни и деятельности ученых, исторические опыты и задачи с историческим содержанием. На наш взгляд, ограничение использования исторических материалов, в том числе и в исследовательском подходе, изложены в книге «Как стать ученым» А.В. Хуторского, Л.Н. Хуторской и И.С. Маслова [4]. В этой книге предлагается использовать исторические материалы на уроках физики, разбавляя тем самым современный урок физики. Осознание важности использования исторических материалов путем анализа исторических текстов без привлечения самих исторических опытов, решение таких задач, ограничивает исследовательский подход в обучении физике.

В моем опыте педагогической деятельности предложены задачи, решение и анализ которых подразумевают определенные действия со стороны учителя:

- 1) описание уровня развития науки, в которой ученый решал поставленную им задачу;
- 2) акцентирование внимания учащихся на условиях, которые имеются в настоящее время;
- 3) анализ и сравнение результатов работы (рефлексия над задачей).

Одна из таких задач: найти период обращения планет Марса и Венеры, если средние радиусы орбит планет:  $R_{\text{Марса}}/R_{\text{Земли}} = 0,387$  и  $R_{\text{Венеры}}/R_{\text{Земли}} = 0,723$ . [5, с. 326] Эту задачу сформулировал Кеплер в 1619 году.

В 1619 году в книге «*Harmonicis mundi libri quinque*» Кеплер дает отчет об открытии третьего своего закона, а именно: квадраты времен вращений планет пропорциональны кубам их расстояний от Солнца.

Используя третий закон Кеплера, учащиеся могут самостоятельно решить поставленную им задачу.

Приведем её решение.

$$\left(\frac{T_M}{T_3}\right)^2 = \left(\frac{R_M}{R_3}\right)^3; T_M = T_3 \sqrt{\left(\frac{R_M}{R_3}\right)^3};$$

$$T_3 = 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 31536000 \text{ с};$$

$$T_M = 31536 \times 10^3 \times \sqrt{(0,387)^3} \approx 7569 \times 10^3 = 7,6 \times 10^6 \text{ с};$$

$$T_6 = T_3 \sqrt{\left(\frac{R_6}{R_3}\right)^3};$$

$$T_M = 31536 \times 10^3 \times \sqrt{(0,723)^3} \approx 19237 \times 10^3 = 19,2 \times 10^6 \text{ с}.$$

Решая эту задачу, учащиеся пробуют применять третий закон Кеплера на практике. Одновременно с решением количественных задач следует знакомить учащихся и с качественными задачами исследовательского характера. Обращаем внимание учащихся на то, что решению значимой задачи конкретным ученым предшествовали наработки и попытки решения данной задачи. Например, Галилей в 1632 году поставил следующую задачу: найти время спуска тяжелой частицы по различным хордам одной окружности, расположенной в вертикальной плоскости. Трением пренебречь [5, с. 326]. Многим его конкретно-физическим выводам по данной задаче предшествуют рассуждения философского и методологического характера, которые являются активно работающими элементами в системе его научного творчества [6, с. 176].

Для решения своей задачи Галилей открывает законы свободного падения и проверяет их на наклонной плоскости. Он устанавливает важный факт, что скорость падения не зависит от длины, а зависит только от высоты наклонной плоскости. Далее он выясняет, что тело, скатившееся по наклонной плоскости с определенной высоты, поднимется на ту же высоту в отсутствие трения. Поэтому и маятник, отвешенный в сторону, пройдя через положение равновесия, поднимется на ту же высоту независимо от формы пути. Таким образом, Галилей по существу открыл консервативный характер поля тяготения. Для учащихся поясняется, что время падения в соответствии с законами

равноускоренного движения пропорционально корню квадратному из длины плоскости. Сравнивая времена скатывания тела по дуге окружности и по стягивающей ее хорде, Галилей находит, что тело скатывается быстрее по окружности. Он полагает также, что время скатывания не зависит от длины дуги, т. е. дуга окружности изохронна. Это утверждение Галилея справедливо только для малых дуг, но оно имело очень важное значение. Далее открытие изохронности колебаний кругового маятника Галилей использовал для измерения промежутков времени и сконструировал часы с маятником. Конструкцию своих часов он не успел опубликовать. Она была опубликована после его смерти, когда маятниковые часы уже были запатентованы Гюйгенсом. Изобретение маятниковых часов имело огромное научное и практическое значение, и Галилей чутко понял значение своего открытия. Гюйгенс исправил ошибку Галилея, показав, что изохронной является циклоида, и использовал в своих часах циклоидальный маятник. Но теоретически правильный циклоидальный маятник практически оказался неудобным, и практики перешли к галилеевскому, круговому маятнику, который и поныне применяется в часах [5, с. 17]. Обсуждение вопросов, связанных с открытием того или иного ученого, учителю желательно выносить на урок.

Использование исторического материала в исследовательском подходе позволяет ученику: а) переводить проблемы в формат задачи через проблемно-рефлексивный анализ исторического материала; б) соотносить задачи с контекстом имеющихся знаний и техники, в том числе различного исторического уровня условий; в) анализировать и оценивать результаты.

### ***Литература***

---

1. Бухвалов, В. А. Технологии работы учителя-мастера. – Рига, 1995. – 170 с.
2. Знаменский, П. А. Методика преподавания физики. - М. : Учпедгиз, 1954. – 551 с.
3. Савелова, Е. В. Вопросы истории физики и техники в курсе физики средней школы. – Л. : Учпедгиз, 1956. – 156 с.
4. Хуторской, А. В., Хуторская, Л. Н., Маслов, И. С. Как стать ученым. Занятия по физике со старшеклассниками. – М. : Изд-во «Глобус», 2008. – 318 с.
5. Мир физики. Книга 1. Механика. / Хрестоматия. Сост. : Ганин В. В., Ганина Н. В., Фистуль М. В. – М. : изд. Российского открытого ун-та, 1992. – 328 с.
6. Новожилов Э. Д. Научное исследование (логика, методология, эксперимент): Монография / Э. Д. Новожилов. – М. : Издательство «Физико-математической литературы», 2005. – 363 с.

## ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УРОКОВ ФИЗИКИ

Севрюгина С. С.

Томский государственный педагогический университет

Научный руководитель: Е. А. Румбешта, д.п.н., профессор

Данная статья посвящена разработке методике углубления физических знаний учащихся при рассмотрении бытовой техники.

Целью данного исследования является создание дидактических материалов для демонстраций и для практического применения.

Задачи:

1. Создать банк материалов по приборам бытовой техники.
2. Разработать физическое описание принципа работы приборов.
3. Создать средства наглядности для изучения бытовых приборов.

Рассмотрим процесс углубления знаний учащихся на примере изучения физических процессов в микроволновой печи.

**История возникновения.** Открытие теплового воздействия микроволн произошло случайно. В 1942 году американский физик Перси Спенсер работал в лаборатории компании «Райтеон» с устройством, излучавшим сверхвысокочастотные волны. Разные источники по-разному описывают события, случившиеся в тот день в лаборатории. По одной версии, Спенсер положил на устройство свой бутерброд, а сняв его через несколько минут, обнаружил, что бутерброд прогрелся до середины. По другой версии, разогрелся и растаял шоколад, который был у Спенсера в кармане, когда он работал возле своей установки, и, осененный счастливой догадкой, изобретатель кинулся в буфет за сырыми кукурузными зёрнами. Поднесенный к установке попкорн вскоре с треском начал лопаться.

**Что такое микроволны.** Микроволновое, или сверхвысокочастотное (СВЧ), излучение – это электромагнитные волны длиной от одного миллиметра до одного метра, которые используются не только в микроволновых печах, но и в радиолокации, радионавигации, системах спутникового телевидения, сотовой телефонии.

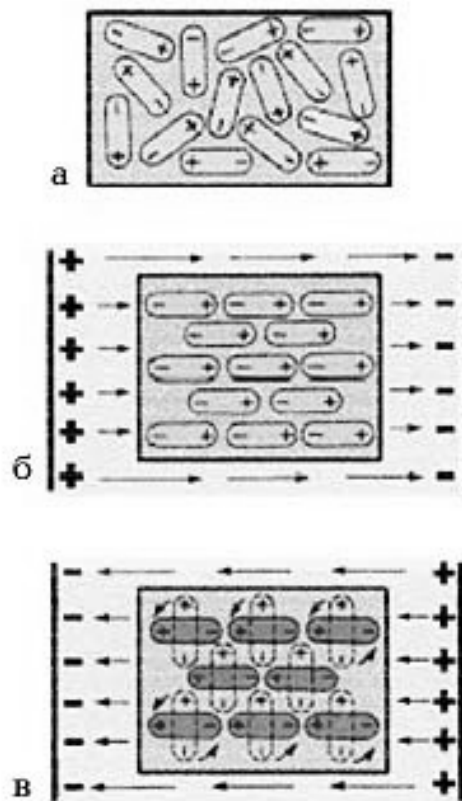
В бытовых микроволновых печах используются микроволны, частота  $f$  которых составляет 2450 МГц. Такая частота установлена для микроволновых печей специальными международными соглашениями, чтобы не создавать помех работе радаров и иных устройств, использующих микроволны. Зная, что электромагнитные волны распространяются со скоростью света  $c$ , равной 300 000 км/с, нетрудно подсчитать, чему равна длина волны  $L$  микроволнового излучения данной частоты:  $L = c/f = 12,25$  см. Волна представляет собой сочетание переменных полей - электрического и магнитного.



Рис. 1. Шкала электромагнитного излучения.

**Как микроволны нагревают пищу?** В состав продуктов питания входят многие вещества: минеральные соли, жиры, сахар, вода. Чтобы нагреть пищу с помощью микроволн, необходимо присутствие в ней дипольных молекул, то есть таких, на одном конце которых имеется положительный электрический заряд, а на другом - отрицательный. К счастью, подобных молекул в пище предостаточно - это молекулы и жиров и сахаров, но главное, что диполем является молекула воды - самого распространенного в природе вещества. Каждый кусочек овощей, мяса, рыбы, фруктов содержит миллионы дипольных молекул.

В отсутствие электрического поля молекулы расположены хаотически (рис. 2, а). В электрическом поле они выстраиваются строго по направлению силовых линий поля, "плюсом" в одну сторону, "минусом" в другую. Стоит полю поменять направление на противоположное, как молекулы тут же переворачиваются на 180° (рис. 2, б). А теперь вспомним, что частота микроволн 2450 МГц. Под действием микроволнового излучения молекулы кувыркаются с бешеной частотой и в буквальном смысле трутся одна о другую при переворотах (рис. 2, в). Выделяющееся при этом тепло и служит причиной разогрева пищи.



**Рис. 2.** ( а ) - в отсутствие электрического поля; б) - в постоянном электрическом поле; в) - в переменном электрическом поле

Откуда берутся микроволны. Источником микроволнового излучения является высоковольтный вакуумный прибор - магнетрон . Чтобы антенна магнетрона излучала микроволны, к нити накала магнетрона необходимо подать высокое напряжение (порядка 3-4 КВТ). Поэтому сетевого напряжения питания (220 В) магнетрону недостаточно, и питается он через специальный высоковольтный трансформатор.

Мощность магнетрона современных микроволновых печей составляет 700-850 Вт. Этого достаточно, чтобы за несколько минут довести до кипения воду в 200-граммовом стакане. Для охлаждения магнетрона рядом с ним имеется вентилятор, непрерывно обдувающий его воздухом. Порожденные магнетроном микроволны поступают в полость печи по волноводу - каналу с металлическими стенками, отражающими СВЧ-излучение. В одних микроволновках волны входят в полость только через одно отверстие (как правило, под "потолком" полости), в других - через два отверстия: у «потолка» и у «дна». Если заглянуть в полость печи, то можно увидеть слюдяные пластинки, которые закрывают отверстия для ввода микроволн. Пластинки не позволяют попадать в волновод брызгам жира, а проходу микроволн они совершенно не мешают, поскольку слюда прозрачна для излучения. Недостатком эмали и керамики является их хрупкость по отно-

шению к ударам. Очень важным элементом микроволновой печи является дверца. Она должна дать возможность видеть, что происходит в полости, и при этом исключить выход микроволн наружу. Дверца представляет собой многослойный пирог из стеклянных или пластмассовых пластин.

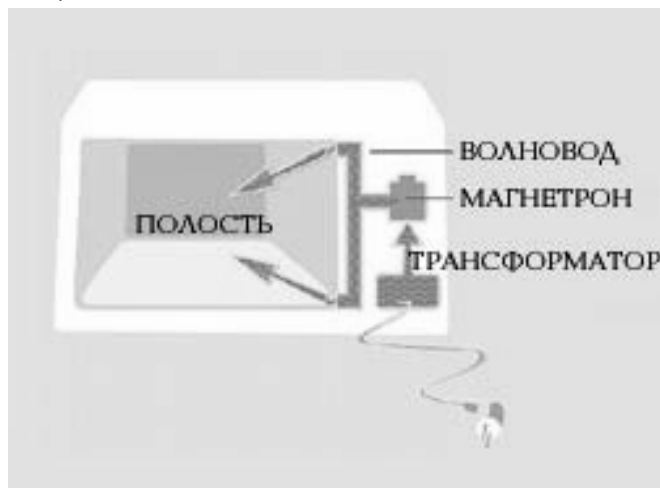


Рис. 3. Устройство микроволновой печи



Рис. 4. Конструкция дверцы микроволновой печи

Кроме того, между пластинами обязательно есть сетка из перфорированного металлического листа. Металл отражает микроволны назад, в полость печи, а отверстия перфорации, которые делают его прозрачным для обзора, имеют диаметр не более 3 мм. Вспомним, что длина волны СВЧ-излучения равна 12,25 см. Ясно, что через трехмиллиметровые отверстия такой волне не пройти. Чтобы излучение не нашло лазейки там, где дверца прилегает к срезу полости, по периметру дверцы вмонтирован уплотнитель из диэлектрического материала. Он плотно прилегает к переднему торцу корпуса СВЧ-печи при закрытии дверцы. Толщина уплотнителя составляет порядка четверти длины волны СВЧ-излучения. Здесь используется расчет, основанный на физике волн: как известно, волны в противофазе гасят друг друга.



Благодаря точно подобранной толщине уплотнителя обеспечивается так называемая отрицательная интерференция волны, проникшей внутрь материала уплотнителя, и отраженной волны, выходящей из уплотнителя наружу. Благодаря этому уплотнитель служит ловушкой, надежно гасящей излучение. Чтобы полностью исключить возможность генерации микроволн при открытой дверце камеры, используется набор нескольких дублирующих друг друга независимых выключателей. Эти выключатели замыкаются контактными штырями на дверце печи и разрывают цепь питания магнетрона даже при небольшой неплотности закрытия дверцы. Как «перемешать» микроволны. Чтобы волны проникали в продукты равномерно, их надо как бы «перемешать» в полости печи. Самим же продуктам лучше в буквальном смысле повертеться в полости, подставляя под поток излучения разные бока. Так в микроволновых печах появился поворотный стол - блюдо, опирающееся на небольшие ролики и приводимое в движение электромотором.

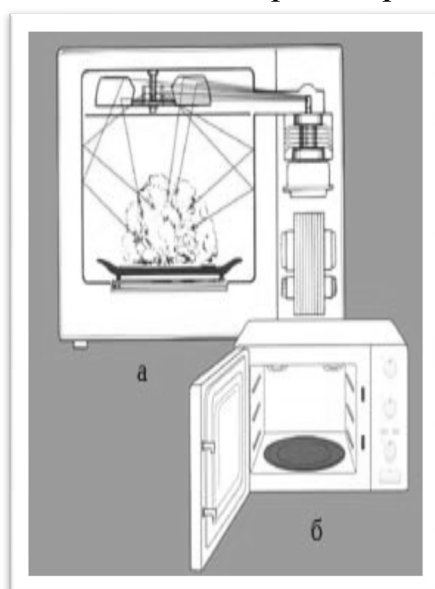


Рис. 5. Печь с диссектором (а) и поворотным столом (б).

Особенностью магнетронов, применяемых в большинстве микроволновых печей, является то, что они не могут «гореть вполнакала». Поэтому, чтобы печь работала не на полной, а на уменьшенной мощности, можно лишь периодически выключать магнетрон, прекращая на какое-то время генерацию микроволн.

### ***Литература***

1. [<http://www.millionmenu.ru/rus/kitchen/facts/posts33/articl609/>];
2. [<http://www.exremont.ru/sv/pr.php>];
3. [<http://express.kirov.ru/story/54627.html>].

# **РОЛЬ ДОМАШНЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ В ФОРМИРОВАНИИ НАУЧНОГО МИРВОЗЗРЕНИЯ**

*Соломатина И. А.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: З.А. Скрипко, д. пед. наук, профессор*

Разрабатывая вопросы дидактики, прогрессивные педагоги Я. А. Коменский, И. Г. Песталоцци, М. В. Ломоносов, К. Д. Ушинский и др. пришли к материалистическому пониманию процесса обучения, считая, что его начальная фаза должна основываться на чувственном познании. Вследствие этого одним из ведущих принципов классической дидактики является принцип наглядности.

В методике преподавания физики со времен М. В. Ломоносова принцип наглядности в обучении осуществляется, в первую очередь, посредством проведения экспериментов. Он полагал, что «Мысленные рассуждения произведены бывают из надежных и много раз повторенных опытов. Для этого начинающим учиться физике наперед предлагаются ныне обыкновенно нужнейшие физические опыты, купно с рассуждениями, которые из оных непосредственно и почти очевидно следуют» [1].

Внеклассные (домашние) эксперименты чрезвычайно важны и полезны как дополнение к школьному физическому эксперименту. Они в свою очередь позволяют не только связать теорию с практикой, но и приучить учащихся к самостоятельной исследовательской работе, преодолеть ошибочное представление о том, что физические явления возможно наблюдать лишь с помощью специальных приборов.

Домашние эксперименты получили распространение еще в дореволюционное время благодаря А. В. Цингеру [2], а в советский период – П. А. Знаменскому и особенно С. Ф. Покровскому [3]. Но до сих пор этот метод обучения не имеет достаточного распространения на практике. Хотя теперь промышленность выпускает сложные электро- и радиотехнические устройства, портативные приборы и т.д., что, несомненно, расширяет возможности эксперимента. На наш взгляд, представляется полезным в процессе выполнения домашнего эксперимента знакомство с бытовыми техническими приборами и машинами такими как: телевизор, холодильник, СВЧ печи, электронагревательные приборы.

Итогом обучения физики является не только полученная сумма знаний, практических умений и навыков, но и общее научное пред-

ставление о природе и процессе ее познания. Но научное мировоззрение – это не только система научных знаний, важно то, чтобы знания превратились в осознанное личностное отношение, стало суждением. Это достигается возможным при максимальной убедительности изложения, при обращении не только к уму личности учащегося, но и к его чувствам. Мировоззрение определяется содержанием учебного курса физики, а закрепляется в сознании систематическим применением эксперимента, который реально осуществим в домашних условиях.

В курсе физики существуют ряд тем, которые в большей степени отвечают за формирование научного мировоззрения, например, “Электромагнитные колебания и волны”.

При изучении различных видов электромагнитных излучений и их свойств, источников ЭМП, воздействие их на биологические организмы мы предлагаем проведение следующего домашнего эксперимента:

1. Описать, используя паспортные данные, один из приборов бытовой техники в квартире. При этом указать его физические характеристики: мощность излучения, диапазон длин и частот электромагнитных волн, источники электромагнитных излучений.
2. Отметить расположение потенциально неблагоприятных источников магнитного поля в квартире с учетом государственного стандарта о допустимых уровнях напряженности.
3. Измерить минимальное расстояние от одного потенциально неблагоприятного источника до ближайшего спального места.
4. Изучить влияние данных электромагнитных приборов с точки зрения медицинских требований.
5. Если нарушаются медицинские требования эксплуатации приборов предложить собственный вариант их расположения с точки зрения сохранения здоровья.
6. Составить отчет о проделанной работе по предложенным пунктам.

При проведении данного эксперимента учащиеся непосредственно понимают и объясняют результаты воздействия электромагнитных полей на биологические объекты. У них складывается понимание пространства и влияния электромагнитных полей.

Еще до 1970-х годов все без исключения ТВ не имели дистанционного управления. В сегодняшнее время не составляет большого труда проведение эксперимента с использованием пульта дистанци-

онного управления. Для его проведения используется ТВ с пультом и зеркало. Учащиеся организуют эксперимент по следующему плану:

1. В рабочем режиме ТВ переключать каналы с помощью пульта.
2. Определить максимальное расстояние, при котором пульт еще может работать.
3. Поместить преграду в виде листа бумаги между пультом и ТВ и определить происходит ли перекрытие пути сигнала.
4. Отдалиться от ТВ на 3 метра и выявить зависимость работы пульта от степени дальности.
5. Направить пульт к потолку или стене и пронаблюдать будет ли отраженный луч достигать экрана или же поглощаться поверхностью.
6. Расположить зеркало на пол между наблюдателем и ТВ, направить пульт на зеркало. В отчете предоставить объяснение наблюдаемой картине.

В данном эксперименте учащиеся исследуют по заданному плану особенности инфракрасного излучения: его природу, свойства распространения, дальность действия.

После выполнения отчета по экспериментальным заданиям, учащимся были предложены вопросы, позволяющие отследить уровень сформированности суждений:

1. Как вы считаете, можно ли строить дома вблизи высоковольтных ЛЭП?
2. Справедливо ли утверждение, что пульт дистанционного управления использует для работы видимый свет?
3. Справедливо ли утверждение, что ИК-лучи отражаются от зеркальной поверхности и поглощаются бетонной стеной?
4. Справедливо ли утверждение, что переменное электромагнитное поле компьютера благоприятно влияют на здоровье пользователя?
5. Как вы считаете, механические и электромагнитные волны имеют одну и ту же причину порождения?

В эксперименте принимали участие студенты ТМБК в количестве 25 человек, у которых начальный уровень суждений, выявленный с помощью тестов, перед изучением темы “Электромагнитные колебания и волны” составлял 17%. После выполнения домашних экспериментальных заданий уровень суждений достиг 48%. Эти результаты свидетельствуют о положительной динамике формирования знаний и суждений при изучении данной темы.

1. Ломоносов, М.В. Полн. собр. соч./ М.В. Ломоносов.- М.: Изд-во АПН СССР, 1950.- т.1
2. Цингер, А.В. Начальная физика. Пособия для трудовой школы / А.В. Цингер.- М.: УНЦ ДО, 2005.- 452 с.
3. Покровский, С.Ф. Опыты и наблюдения в домашних заданиях по физике 2-е изд./ С.Ф. Покровский.- М.: Изд-во АПН РСФСР, 1963.

## **АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ КАПЛИ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ**

*Усанина А. С., Бондарчук С. С.*

Томский государственный университет,  
Томский государственный педагогический университет

Процессы деформации и потери устойчивости капель в потоке, приводящие к их дроблению, играют важную роль в гидродинамике двухфазных течений [1]. Эти процессы имеют очевидное практическое значение в метеорологии (формирование спектра размеров капель атмосферных осадков [2]), в двигателестроении (дисперсность капель горючего в двигателях внутреннего сгорания и жидкостных ракетных двигателях [3]), в задачах экологии (формирование облака токсичных компонентов жидких ракетных топлив при разделении ступеней ракет-носителей [4]) и в целом ряде других отраслей техники и технологии.

Достаточно подробно изучена неустойчивость Кельвина-Гельмгольца [1], приводящая к дроблению капли аэродинамическими силами при достижении критического значения числа Вебера, характеризующего отношение сил динамического напора к силам поверхностного натяжения:

$$We = \frac{\rho u^2 D}{\sigma},$$

где  $\rho$  – плотность среды, в которой движется капля;  
 $u$  – скорость движения капли;  $D$  – диаметр капли;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения вещества капли.

Менее изучена неустойчивость Рэлея-Тейлора [1], приводящая к деформации и дроблению капли за счет ее ускорения при достижении критического значения числа Бонда, характеризующего отношение массовых сил к силам поверхностного натяжения:

$$Bo = \frac{\rho_k \omega D^2}{\sigma},$$

где  $\rho_k$  – плотность вещества капли;  $\omega = |\vec{\omega}|$  – модуль вектора ускорения массовых сил.

Исследования неустойчивости Рэлея-Тейлора показали, что наибольший теоретический и практический интерес представляет режим движения капли, характеризующийся малыми значениями числа Рейнольдса  $Re \leq 1$  и значениями числа Бонда, близкими к критическому значению  $Bo^* = 40 \div 90$  [1, 5–8]. В указанной области чисел Бонда происходит потеря устойчивости капли, сопровождающаяся ее деформацией, колебаниями и, в конечном счете, разрушением.

В работе [9] предложено устройство (рис. 1) для исследования устойчивости капель в вязком потоке в области малых значений числа Рейнольдса  $Re \leq 1$  при режимах движения, соответствующих возникновению неустойчивости Рэлея-Тейлора, то есть при значениях числа Бонда  $Bo \sim Bo^* = 40 \div 90$ .

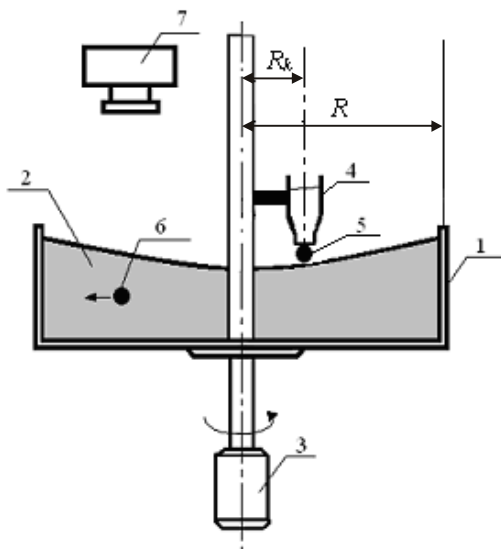


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Устройство состоит из цилиндрического сосуда 1 радиусом  $R$  с вязкой жидкостью 2, расположенного соосно с валом электродвигателя 3 с возможностью вращения в горизонтальной плоскости. Из каплеуловителя 4, закрепленной на валу двигателя на расстоянии  $R_k$  от оси вращения, начальная капля 5 поступает в сосуд с вязкой жидкостью. При этом капля 6 движется в радиальном направлении к периферии сосуда и одновременно движется вниз под действием силы тяжести. В процессе движения капли 6 ее деформация регистрируется скоростной видеокамерой 7.

Для оценки параметров "запуска" экспериментальной установки и анализа режимов используется математическая модель движения капли в закрученном потоке вязкой жидкости:

$$m \frac{d\vec{W}_s}{dt} = \sum_i \vec{F}_i,$$

где  $\vec{F}_i$  – силы, действующие на каплю (тяжести, Кориолиса, Архимеда и аэродинамического сопротивления).

Для цилиндрической системы координат  $z, r, \varphi$  система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{du_s}{dt} = g \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right) - \varphi_1 u_s, \\ \frac{dv_s}{dt} = 2w_s \omega_z + \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right) \frac{w_s^2}{R} - \varphi_1 v_s, \\ \frac{dw_s}{dt} = -2\omega_z v_s + \varphi_1 (w - w_s), \end{cases}$$

где  $u_s, v_s, w_s$  – компоненты вектора скорости капли  $\vec{W}_s$ ;  $\rho_s$  – плотность вещества капли;  $\rho$  – плотность среды, в которой движется капля;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости вещества среды;

$\omega_z$  – единственная компонента угловой скорости  $\vec{\omega}$ , направленная по оси OZ.

Функция сопротивления рассчитывается по соотношениям

$$\varphi_1 = 18 f_D \frac{\mu}{\rho_s D^2}, \quad f_D = C_D \frac{Re}{24}.$$

Уравнения интегрировались неявной по правым частям разностной схемой, результаты расчетов приведены на рис. 2,3.

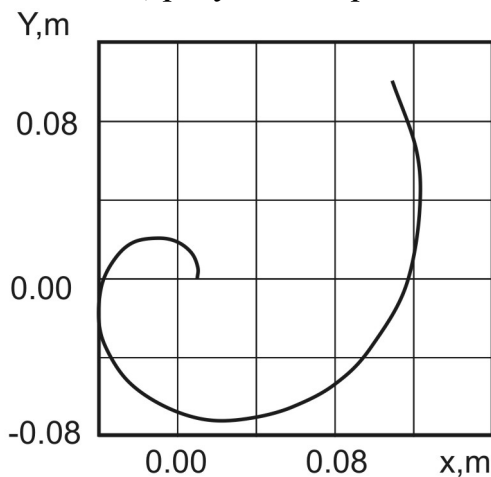


Рис. 2. Проекция траектории капли ртути в глицерине на горизонтальную плоскость

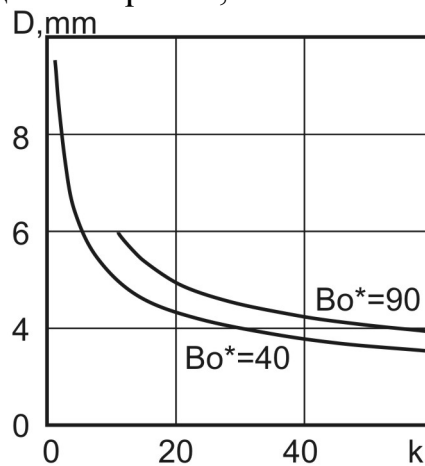


Рис. 3. Начальный размер капель

На рис. 2 приведена проекция траектории капли ртути в глицерине на горизонтальную плоскость. Число оборотов равно 5.15, коэффициент динамической вязкости рабочей жидкости  $\mu=1.6$  Па·с, диаметр капли  $D=3.35$  мм.

На рис. 3 приведены результаты расчетов начального размера капель, обеспечивающих заданные значения числа Бонда в области малых значений числа Рейнольдса  $Re \leq 1$  в зависимости от степени перегрузки  $k = \omega_{ц} / g$  (отношение ускорения центробежных сил инерции  $\omega_{ц}$  к ускорению свободного падения  $g$ ) для рабочей жидкости с коэффициентом динамической вязкости  $\mu = 9.0$  Па·с.

Проведенные расчеты показывают адекватность представленной методики для исследования неустойчивости Рэлея-Тейлора в области малых значений числа Рейнольдса  $Re \leq 1$ . Предложенная математическая модель позволяет проводить анализ режимов движения капли в закрученном потоке и выбирать из них режимы, удовлетворяющие необходимым требованиям.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-08-90700-моб\_ст).*

### **Литература**

---

1. Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред. Ч. 1 – М: Наука, 1987. – 464 с.
2. Матвеев А.Т. Основы общей метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 874 с.
3. Васильев А.П., Кудрявцев В.М., Кузнецов В.А. и др. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. – М.: Высшая школа, 1983. – 703 с.
4. Александров Э. Л. Поведение жидких ракетных топлив в атмосфере // Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую среду / справочное пособие / Под ред. Алдушина В.В., Козлова С. И., Петрова А. В. М.: АНКИЛ, 2000. -600 с.
5. Гонор А.Л., Ривкинд В.Я. Динамика капли. // Итоги науки и техники. Механика жидкости и газа. – М.: ВИНТИ, 1982. Т. 17. С. 86-159.
6. Васенин И.М., Архипов В.А., Бутов В.Г., Глазунов А.А., Трофимов В.Ф. Газовая динамика двухфазных течений в соплах. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1986. – 286 с.
7. Harper E.Y., Grube G.W., I-Dee Chang. On the breakup of accelerating liquid drops // J. Fluid Mech. – 1972. – Vol. 52. – Part 2. – pp. 565–591.
8. Бэтчелор Д. Введение в динамику жидкости. – М.: Мир, 1973. – 758 с.
9. Устройство для исследования устойчивости движения капель. Заявка на изобретение № 2009116086/04(022046) от 27.04.2009г.



# АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАСТЕКАНИЯ КАПЛИ ПО ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МАЛЫХ СКОРОСТЯХ СТОЛКНОВЕНИЯ

Усанина А. С., Бондарчук С. С.

Томский государственный университет,  
Томский государственный педагогический университет

Вопрос о динамическом взаимодействии капли жидкости с твердой поверхностью с последующим ее растеканием представляет практический интерес при решении технологических задач, связанных с нанесением покрытий на конструкционные материалы, распылением жидких компонентов с целью разработки высокоэффективных систем пожаротушения, процессом струйной покраски в полиграфии и т.д. [1].

В зависимости от скорости столкновения капли с поверхностью возможны два сценария развития процесса – растекание капли по твердой поверхности с образованием тонкой пленки жидкости (при малых скоростях столкновения), или разрушение капли с образованием и выбросом вторичных более мелких капель (при больших скоростях столкновения) [2]. В данной работе проведено экспериментальное исследование динамики процесса растекания капли при малых скоростях столкновения  $u=0.02\div 0.08$  м/с. Получена картина растекания капли по твердой поверхности и определены основные характеристики растекания (высоты капли, радиуса пятна контакта) в зависимости от скорости соприкосновения капли с подложкой. В экспериментах исследовались капли дистиллированной воды диаметром 3 мм, растекающаяся по акриловой гладкой горизонтальной поверхности.

Таблица

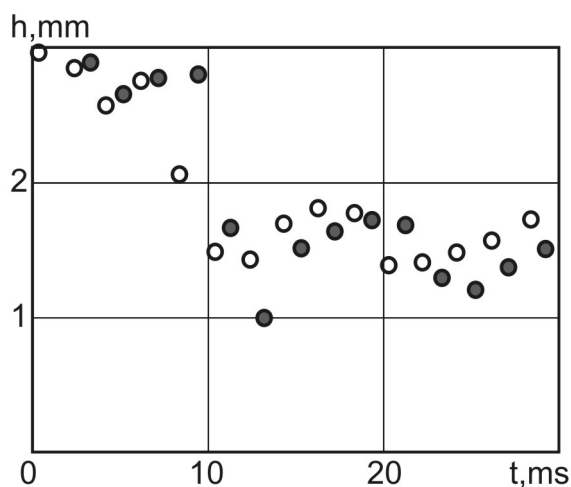
**Длительность стадий растекания  
при разных скоростях столкновения**

$u$ , м/с	Длительность стадий растекания $t$ , мс		
	формирование шарового сегмента	вертикальные колебания шарового сегмента	монотонное растекание
0.02	$t=0\div 10$	$t=10\div 230$	$t > 230$
0.04	$t=0\div 9$	$t=9\div 620$	$t > 620$

Эксперименты показали, что после соприкосновения капли с подложкой наблюдаются три характерные стадии растекания капли в заданном диапазоне скоростей  $u$ : формирование шарового сегмента; вертикальные колебания шарового сегмента; монотонное растекание.

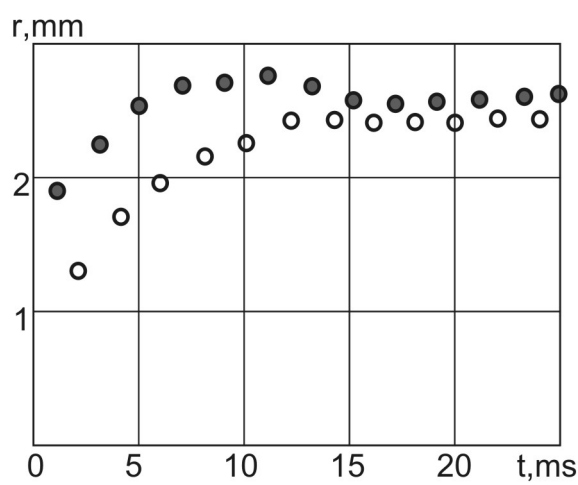
Первые две стадии растекания капли характеризуются неустойчивостью и деформацией ее формы. В третьей стационарной стадии капля принимает форму шарового сегмента с возрастанием радиуса пятна контакта  $r$  и уменьшением высоты капли  $h$ . Из результатов экспериментов, представленных в таблице, видно, что даже малое увеличение скорости  $u$ , приводит к возрастанию длительности стадии вертикальных колебаний капли. Частота вертикальных колебаний  $f$  для приведенных в таблице капель воды одинакова и равна примерно 0.1 Гц.

Обнаружено, что при большей скорости столкновения минимальное значение высоты  $h$  капли меньше, чем при меньшей скорости столкновения (рис. 1). Из рисунка видно, что первое минимальное значение высоты капли при  $u=0.02$  м/с равен 1.4 мм, а при  $u=0.04$  м/с – 0.9 мм. Это объясняется тем, что при больших скоростях столкновения значительными становятся инерционные эффекты. На рис. 2 приведена зависимость радиуса пятна контакта  $r$  капли от времени процесса  $t$  для разных значений  $u$ . Показано, что на первой и второй стадиях растекания значения радиуса пятна контакта больше при  $u=0.04$  м/с, чем при  $u=0.02$  м/с. Причем при  $u=0.04$  м/с зависимость  $r(t)$  имеет максимум (скачок значений  $r$ ), равный 2.7 мм.



**Рис. 1.** Зависимость высоты капли  $h$  от времени  $t$  процесса:

○ –  $u=0.02$  м/с; ● –  $u=0.04$  м/с



**Рис. 2.** Зависимость радиуса пятна контакта от времени процесса:

○ –  $u=0.02$  м/с; ● –  $u=0.04$  м/с

Эксперименты показали наличие колебаний капли даже при малых, близких к нулю, скоростях столкновения. Обнаружена зависимость основных характеристик растекания (высоты и радиуса пятна контакта) капли от скорости столкновения с твердой поверхностью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-08-90700-моб\_ст).*

## *Литература*

---

1. Де Жен П.Ж. Смачивание: статика и динамика // Успехи физических наук. 1987. Т. 151. Вып. 4.
2. Архипов В.А., Трофимов В.Ф. Образование вторичных капель при ударном взаимодействии капли с поверхностью жидкости // Прикладная механика и техническая физика. 2005. Т. 46. №1. С. 55-62.

### **МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

*Федоров Ю. Я.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: В. М. Зеличенко, к.ф.-м.н., профессор*

Современный этап развития общества характеризуется беспрецедентным спросом и широкой диверсификацией высшего образования наряду с все большим осознанием его решающего значения для социально-культурного и экономического развития государства. [1]. В этих условиях возрастают требования к уровню подготовки специалистов, инициирующие поиск эффективных моделей организации и управления учебно-познавательной деятельностью студентов в целях повышения их конкурентоспособности и профессиональной компетентности. В совокупности средств, обеспечивающих функционирование системы управления качеством подготовки специалистов с высшим образованием, важная роль принадлежит научно обоснованному, тщательно спланированному и рационально организованному контролю за процессом и результатами учебно-познавательной деятельности студентов. С помощью многоаспектного и системного контроля обеспечивается постоянная и надежная обратная связь с обучаемыми, что создает предпосылки для своевременной корректировки образовательного процесса [2]. Требования к повышению качества подготовки специалистов предопределили необходимость поиска инновационных методов и приемов обучения, а также адекватных им форм контроля знаний, умений и навыков. Контроль знаний в современной высшей школе должен ориентировать студентов не столько на уровень воспроизведения (репродукции) содержания учебного материала, сколько на овладение фундаментальными понятиями, законами, закономерностями учебной дисциплины, развитие способностей активно использовать знания для решения возникающих реальных научных и производственных проблем, а также восприятия новых идей.

Таким образом, актуальной является проблема разработки методов контроля и оценки результатов обучения в соответствии с переходом на модульно-рейтинговую систему.

Можно предположить, модульно-рейтинговая система оценки качества обучения студентов вуза может эффективно способствовать повышению продуктивности образовательного процесса при соблюдении следующих условий:

- вариативности содержания образования и возможности проектирования студентами индивидуальных образовательных траекторий;
- контекстного подхода к организации учебно-познавательной деятельности студентов;
- инновационного характера образовательной среды.

В настоящее время в практике работы отечественных вузов широко используются кумулятивные показатели оценки успешности учебно-познавательной деятельности студентов, которые составляют основу рейтинговых систем контроля, что позволило в рамках первого этапа исследования рассмотреть и проанализировать эффективность работы этой системы на примере факультета «Бизнес и менеджмент» МФЭИ.

Предварительный анализ отношения студентов и преподавателей к введению модульно рейтинговой системы показал, что преподаватели в целом оценивают нововведение положительно. Однако отмечают, что ее внедрение в значительной степени усложняет работу кафедры: требуется переработка методического комплекса, пересмотр форм текущего контроля и его методического обеспечения (разработка тестов и т.д.), разработка процедуры рейтинговой оценки. Рейтинговая система вводится в учебный процесс с целью повышения качества подготовки молодых специалистов, однако сами студенты относятся к нововведению не однозначно. Рейтинговая система призвана создать здоровую конкуренцию среди студентов и устранить субъективизм в оценке знаний со стороны преподавателей. Как положительный момент рейтинговой системы студенты отмечают возможность получить экзаменационную оценку автоматически. Это расценивается всеми как очень даже замечательная возможность для добросовестных и ответственных студентов иметь уверенность в досрочной сдаче сессии. Вместе с тем отмечается, что рейтинговая система превратилась в очередную формальность ввиду того, что гарантий от массы способов, которыми располагает экзаменатор, «испортить» выведенную итоговую рейтинговую оценку положением не предусмотрено. Имея успеваемость 75% и выше, многие студенты сдавали зачеты, и не один раз.

Не все студенты, имевшие по рейтингу «5» и претендовавшие на «автомат» по решению кафедр получили свою, казалось, гарантированную рейтинговой системой экзаменационную оценку автоматически. Вызывает у студентов недовольство отсутствие перечня так называемых «уважительных причин» пропуска занятий, по которым не снимались бы баллы (длительная болезнь, участие в мероприятиях, когда студенты защищают честь университета и города). Необходимо отметить, что итоговый экзамен должен давать весомый вклад в формирование рейтинга. Не искоренила, по мнению студентов, модульно-рейтинговая система и субъективизма в подходе к оценке знаний. Далеко не все преподаватели по итогам модуля используют для проверки знаний тестирование, позволяющее поставить всех в равные стартовые условия и с большей объективностью оценивать знания. Основная часть преподавателей использует старые добрые формы оценки знаний, не объясняя и не комментируя результаты. Кроме того, как правило, рейтинговую оценку ставит преподаватель, ведущий практические занятия, а экзамен принимает лектор, который не всегда соглашается с выставленной оценкой, что в принципе недопустимо. Лектор в течение семестра должен контролировать этот процесс и участвовать в определении рейтинга.

Таким образом, можно сделать вывод, что действующая сейчас в некоторых учебных заведениях рейтинговая система оценки качества знаний учащихся имеет множество недостатков. Это связано с отсутствием государственного положения о модульно – рейтинговой системе, которое, в свою очередь, позволило бы исключить все существующие на данный момент недочеты и неточности при использовании этой системы оценивания качества знаний, а так же способствовала системному переходу к модульно – рейтинговой системе на всех ступенях образования.

### ***Литература***

---

1. Русина, А. В. Рейтинговая система оценки результатов обучения // Основы психологии и педагогики высшей школы – Новосибирск: НГАЭиУ, 1997. – С. 150-174.
2. Педагогика / Под редакцией Пидкасистого П.И. – М.: Педагогическое общество Россия, 2002. - С. 177-180.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРОЕКТОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

*Хакимова А. Х.*

Томский государственный педагогический университет

Важный вопрос, который решает учитель на каждом уроке: как вызвать к жизни внутренние силы ученика, пробудить интерес к изучаемому, активизировать его стремление к постижению нового? Для этого необходимо разнообразить формы и методы как проведения урока в целом, так и отдельных его этапов. При изучении физики большое значение для развития учащихся играет формирование экспериментальных умений. Однако, имеющиеся в 7 классе лабораторные работы не позволяют в полной мере осуществлять это формирование вследствие недостатка времени, отведенного на выполнение работ. В то же время в арсенале педагогических средств и методов, обеспечивающих умение ориентироваться в информационном пространстве, самостоятельно конструировать свои знания, формировать необходимые умения, в настоящее время имеется метод проектов, который можно использовать как на уроках, так и во внеурочной деятельности. При использовании метода проектов для формирования умений учащихся, в частности экспериментальных умений, можно совместить проектную деятельность учащихся с классно-урочной системой путем введения краткосрочных проектов или, как мы их называем, – минипроектов. При выполнении этих проектов ставится и решается главная задача - формирования экспериментальных умений. Учащиеся приобретают умения и навыки: планировать физический эксперимент в соответствии с поставленной задачей, выбирать рациональный метод измерений, выполнять эксперимент и обрабатывать его результаты, а также представлять результаты измерений в виде таблиц и графиков, оценивая их погрешность. Применение метода проектов обеспечивает более высокое качество знаний учащихся за счет четкого планирования работы, повышения мотивации при изучении содержания предмета, т.к. получаемые навыки сразу применяются в конкретной работе.

Учащимся 7 класса предлагаются следующие темы минипроектов:

1. Измерение объема различных тел.
2. Определение плотности картофеля, мыла, апельсина.
3. Измерение толщины листа бумаги, из которой сделан учебник.
4. Расчет среднего расстояния от дома до остановки и средней скорости.

5. Определение массы и веса воздуха в комнате.
6. Вычисление силы, с которой атмосфера давит на поверхность стола.
7. Вычисление работы, совершаемой при подъеме по лестнице.
8. Вычисление мощности, развиваемой при подъеме по лестнице.
9. Выяснение условия равновесия самодельного рычага.

Работая над этими проектами, учащиеся так увлекаются, что начинают сами предлагать новые темы, например, «а можно ли определить плотность человеческого тела?», и определяют.

Для активизации работы учащихся над проектом, учитель вместе с учениками разрабатывает паспорт проектной работы, который в процессе выполнения проекта учащиеся заполняют.

Паспорт проектной работы выглядит следующим образом.

1. Название проекта.
2. Тип проекта (реферативный, информационный, исследовательский, творческий, практико-ориентированный, ролевой).
3. Цель проекта и его актуальность.
4. Проблема, решаемая в проекте (проблемные вопросы по теме проекта, на которые необходимо ответить участникам в ходе его выполнения).
5. Предполагаемые продукты проекта.
6. Необходимое оборудование.
7. Этапы работы над проектом (указать содержание работы каждого этапа).
8. Консультанты.
9. Используемые источники информации.
10. Приобретенные измерительные умения. Умения, которые применяются свободно.

Приведем пример работы над проектом в соответствии с его паспортом.

1. Название проекта: Определение плотности картофеля, мыла, апельсина.
2. Тип проекта – исследовательский.
3. Цели: 1. Экспериментальным путем определить плотность мыла, апельсина, картофеля. 2. Отработать умения измерять объем тел, различной формы.
4. Проблемные вопросы:
  1. Какое мыло: хозяйственное или туалетное имеет большую плотность?

2. Картофелина тяжелее апельсина того же размера, значит ли, что ее плотность больше?
3. Как правильно измерить объем тела различными способами?
5. Предполагаемый продукт проекта. Примерная таблица плотностей некоторых твердых тел, которых нет в справочниках.
6. Необходимое оборудование: линейка, весы, измерительный цилиндр с водой.
7. Этапы работы над проектом.
  1. Определение объема тел (причем различными способами – для тел прямоугольной формы: измерение линейкой размеров тела и вычисление объема, для тел неправильной формы: измерение объема с помощью мензурки).
  2. Определение массы тела, с помощью рычажных весов.
  3. Расчет плотности вещества по известной формуле
  4. Оформление результатов эксперимента (составление и заполнение таблицы).
  5. Представление результата и продукта своей деятельности – защита своего минипроекта.
8. Консультанты. Учитель физики
9. Используемые источники информации. Учебник физики.
10. Приобретенные измерительные умения. В данной работе мы отработали умения измерения объема тел правильной и неправильной формы и измерения массы тела на рычажных весах. Также, с помощью приобретенных ранее умений косвенных измерений, смогли рассчитать плотности некоторых тел.

Казалось бы, в чем отличие от обычной лабораторной работы? Да, такие минипроекты похожи на лабораторные работы, только они носят исследовательский характер и позволяют глубже окунуться в проблему исследования. Работая над таким проектом, учащиеся составляют паспорт проекта, что учит их видеть проблему своего исследования. Минипроекты являются первым шагом к работе над более серьезными проектами. Когда учащиеся научились работать над минипроектом, у них возникает желание взяться за более серьезное дело, а это свидетельствует о повышении интереса к предмету, появлении потребности в развитии своих умений, в частности, измерительных.

Анализируя результаты вовлечения учащихся 7 класса в деятельность по выполнению минипроектов, можно отметить положительную динамику успеваемости, особенно при выполнении лабораторных работ. Результаты педагогического эксперимента по формированию из-



мерительных умений отражены в сравнительной таблице 1, из которой видно, сколько учеников в начале эксперимента владели этими умениями, а сколько овладели – после эксперимента.

*Таблица 1*

Вид деятельности	Измерение линейных размеров тел, расстояний	Определение объема тела прямоугольной формы	Определение объема тела с помощью мензурки	Измерение массы тела на весах
Начало эксперимента	40%	25%	15%	10%
Окончание эксперимента	100%	95%	90%	85%

Темы работ выстроены таким образом, что каждая последующая работа основана на умениях, приобретенных в предыдущей. Например, в работе «Измерение объема различных тел» ученики научились находить объем тел с помощью измерения линейкой линейных размеров тел и вычисления объема по формуле, а также с помощью мензурки. В следующей же работе по определению плотности твердых тел, учащиеся уже знают, как определить объем тела с помощью мензурки и выполняют это без затруднений, а также определяют массу тела и рассчитывают плотность. Далее, выполняя работу «Определение массы и веса воздуха в вашей комнате» учащимся необходимо будет измерить длину, ширину и высоту комнаты и рассчитать объем, что они делают уже без затруднений. При выполнении работ «Вычисление работы, совершаемой при подъеме по лестнице» или «Вычисление мощности, развиваемой при подъеме по лестнице» ученики обучаются правильно и с необходимой точностью измерять время. Эти работы учащиеся выполняют уже самостоятельно, без помощи консультанта, а на уроке учатся защищать свои проекты, анализировать результаты. Такие работы позволяют расширить знания учащихся о физических понятиях: физическая величина, измерительные приборы, методы измерения, погрешности измерения, экспериментальные исследования, а также привить учащимся навыки использования измерительных приборов и обеспечить понимание ими того факта, что ни один прибор не даёт абсолютно точных значений измеряемой величины.

Недостаточное количество часов, отведенное на изучение темы «Физические величины. Единицы измерения и способы их измерения», вызывает у учащихся затруднения при переводе физических величин в Международную систему единиц (СИ). Это сказывается на качестве решений задач и вычислении погрешностей при выполнении лабораторных работ в старших классах. Выполнение минипроектов,

направленных на формирование измерительных умений, позволяет избежать этих трудностей.

Систематическое выполнение учащимися подобных проектов способствует более осознанному и конкретному восприятию изучаемого на уроке материала, повышает интерес к физике, развивает любознательность, прививает ценные практические умения и навыки. Задания такого рода являются эффективным средством повышения самостоятельности и инициативы учащихся, что благоприятно сказывается на всей их учебной деятельности. Это позволит избежать допускаемых ошибок при решении расчетных задач, выполнении практических работ и сократит длительность времени на переводы физических величин и вычисление погрешностей. Провести опыт дома легко смогут даже отстающие ученики. Это для них неплохой способ получить хорошую отметку. Некоторые ученики начинают задумываться, как усовершенствовать установку для получения более точных результатов. Таким образом, учащиеся вплотную подходят к творческому поиску. Это положительно сказывается на их развитии.

# АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

## О ГРУППЕ АВТОМОРФИЗМОВ ГРУППЫ $D_{2n}$

Авдеева Н. Н.

Томский государственный педагогический университет

Разыскание группы всех автоморфизмов заданной группы представляет обычно большие трудности [3]. В большинстве случаев свойства самой группы не переносятся на её группу автоморфизмов. Так, группа автоморфизмов нециклической группы 4-го порядка (абелевой) изоморфна  $S_3$ , которая не является абелевой.

Однако, как известно диэдральная группа  $D_{2n} = \langle a \rangle \lambda \langle b \rangle$ . В работе показано что группа автоморфизмов  $D_{2n}$  имеет ту же структуру, а именно  $AutD_{2n}$  также является полупрямым произведением:

$$AutD_{2n} \simeq C_n \lambda Z_n^*.$$

Напомним, что диэдральная группа  $D_{2n}$  задается следующим образом:

$$D_{2n} = \langle a, b \rangle, \text{ где } n \geq 2, O(a) = n, O(b) = 2 \text{ и } a^i b = b a^{n-i}, i \in [0, n].$$

В [4] было доказано, что  $|AutD_{2n}| = \varphi(n) \cdot n$ ,  $n \geq 2$  теперь нашей целью является исследование строения группы  $AutD_{2n}$ .

Постановка решенных в работе задач взята из [1.].

Напомним, что согласно теореме 3.1 [4.], каждый элемент этой группы  $\varphi_{ij}$  однозначно характеризуется двумя числами  $i$  и  $j$ , такими что  $(i, n) = 1$ ;  $i, j \in \overline{0, n-1}$  и

$$\forall_{D_{2n}} a^k b (\varphi_{ij}(a^k b) = a^{ki+j} b). \quad (*)$$

Из взаимной простоты  $i$  и  $n$ , следует, что:

- 1)  $\varphi_{ij}^{-1}(a) = a^u$ ,
- 2)  $\varphi_{ij}^{-1}(b) = a^{-ju} b$ , (\*\*)
- 3)  $\varphi_{ij}^{-1}(a^k b) = a^{(k-j)u} b$ , где  $iu + nv = 1$ .

Справедлива следующая

### Теорема

Для  $n > 2$   $Aut D_{2n} \simeq C_n \lambda Z_n^*$ , где  $Z_n^*$  - группа обратимых элементов кольца  $Z_n$ .

Доказательство. Согласно определению полупрямого произведения [2.], доказательство проводим по следующему плану:

- 1) найдем в  $Aut D_{2n}$  подгруппу  $H$ , изоморфную  $C_n$ ;
- 2) докажем, что  $H \triangleleft Aut D_{2n}$ ;
- 3) найдем в  $Aut D_{2n}$  подгруппу  $L$ , изоморфную  $Z_n^*$ ;
- 4) докажем равенство:  $Aut D_{2n} = H \cdot L$ ;
- 5) покажем что  $H \cap L = \{\varepsilon\}$ .

1. Рассмотрим  $H = \{\varphi_{1j} \mid j \in \overline{0, n-1}\}$ , где согласно (\*) и (\*\*)  
 $\varphi_{1j}(a^k b) = a^{k+j} b$  и  $\varphi_{1j}^{-1}(a^k b) = a^{k-j} b$ . Покажем, что  $H$  – подгруппа  $Aut D_{2n}$ .

Пусть  $\varphi_{1s}, \varphi_{1r} \in H$ . Достаточно доказать что  $\varphi_{1s}(\varphi_{1r})^{-1} \in H$ .

Действительно,  $[\varphi_{1s}(\varphi_{1r})^{-1}](a^k b) = \varphi_{1s}(a^{k-t} b) = a^{k-t+s} b = \varphi_{1, s-t}(a^k b)$ .

Заметим, что  $\forall_z z \varphi_{1z}(a^k b) = \varphi_{1r}(a^k b)$ , где  $z \equiv r \pmod{n}$ ,  $r \in \overline{0, n-1}$ .

Следовательно,  $\varphi_{1, s-t} \in H$ , т.е.  $H$  - подгруппа  $Aut D_{2n}$ .

2. Покажем, что  $H \triangleleft Aut D_{2n}$ . Пусть  $\varphi_{ij} \in Aut D_{2n}$ .  
 $[\varphi_{ij}^{-1} \varphi_{1s} \varphi_{ij}](a^k b) = \varphi_{ij}^{-1} \varphi_{1s}(a^{ki+j} b) = \varphi_{ij}^{-1}(a^{ki+j+s} b) =$   
 $= a^{(ki+j+s-j)u} b = a^{(ki+s)u} b = a^{kiu+su} b;$

так как  $iu + nv = 1$ , значит  $a^{kiu+su} b = a^{k+su} b = \varphi_{1, su}(a^k b)$ .

Получаем,  $\varphi_{1j}^{-1} \varphi_{1s} \varphi_{1j} \in H$ . А значит  $H$  – нормальный делитель  $Aut D_{2n}$ .

Покажем, что  $O(\varphi_{11}) = n$ .

Имеем  $(\varphi_{11})^n(a^k b) = \varphi_{11}^{n-1}(a^{k+1} b) = \varphi_{11}^{n-2}(a^{k+2} b) = \dots = a^{k+n} b = a^k b$ , т.е.  
 $\varphi_{11}^n = \varepsilon$ .

Пусть  $\varphi_{11}^r = \varepsilon$ , покажем что  $r \geq n$ .

Действительно  $\varphi_{11}^r(a^k b) = a^{k+r} b = a^k b \Rightarrow a^r = e$ ; Так как  
 $O(a) = n \Rightarrow r \geq n$ .

Таким образом, так как  $|H| = n$ , то нормальный делитель  $H$  изоморфен  $C_n$ .

Построим таблицу Кэли для подгруппы  $H$  при  $n = 4$ .

°	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$
$\varphi_{10}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$
$\varphi_{11}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{10}$
$\varphi_{12}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$
$\varphi_{13}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$

Например,  $(\varphi_{11} \cdot \varphi_{12})(a^k b) = \varphi_{11}(a^{k+2}) = a^{k+3} = \varphi_{13}(a^k b)$ ;

$$(\varphi_{13} \cdot \varphi_{11})(a^k b) = \varphi_{11}(a^{k+1}) = a^{k+4} = a^k = \varphi_{10}(a^k b).$$

Следовательно,  $\varphi_{11} \cdot \varphi_{12} = \varphi_{13}$  и  $\varphi_{13} \cdot \varphi_{11} = \varphi_{10}$ .

**3. а)** Рассмотрим  $L = \{\varphi_{i0} \mid (i, n) = 1; i \in \overline{1, n}\}$ , где согласно (\*) и (\*\*)

$$\varphi_{i0}(a^k b) = a^{ki} b, (i, n) = 1 \text{ и } \varphi_{i0}^{-1}(a^k b) = a^{ku} b, (i, n) = 1, (u, n) = 1.$$

Покажем что L – подгруппа  $Aut D_{2n}$ .

Имеем  $\varphi_{s0}(\varphi_{r0})^{-1}(a^k b) = \varphi_{s0}(a^{ku} b) = a^{kus} b = \varphi_{us,0}(a^k b)$ , где  $(us, n) = 1$ , так как  $iu + nv = 1$  и  $(s, n) = 1$ .

Следовательно,  $\varphi_{s0}(\varphi_{r0})^{-1} \in L$ .

**б)** Построим таблицу Кэли для группы L при  $n = 4$ .

°	$\varphi_{10}$	$\varphi_{30}$
$\varphi_{10}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{30}$
$\varphi_{30}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{10}$

Например,  $(\varphi_{10} \cdot \varphi_{30})(a^k b) = \varphi_{10}(a^{3k}) = a^{3k} = \varphi_{30}(a^k b)$ ;

$$(\varphi_{30} \cdot \varphi_{30})(a^k b) = \varphi_{30}(a^{3k}) = a^{9k} = a^k = \varphi_{10}(a^k b).$$

!) Заметим, что  $|L| = \varphi(n)$ .

**4.** Покажем что  $Aut D_{2n} = H \cdot L$ .

Очевидно, что  $H \cdot L \subset Aut D_{2n}$ , поэтому достаточно доказать обратное, а именно докажем  $\forall i, j \varphi_{ij} = \varphi_{1j} \varphi_{i0}$ .

Действительно,  $\varphi_{ij}(a^k b) = a^{ki+j} b$ ,

с другой стороны  $\varphi_{1j}\varphi_{i0}(a^k b) = \varphi_{1j}(a^{ki} b) = a^{ki+j} b$ .

5. Рассмотрим  $\varphi_{ij} \in H \cap L$ , покажем что  $\varphi_{ij} = \varepsilon$ .

так как  $\varphi_{ij} \in H$ , то  $i=1$  с другой стороны  $\varphi_{ij} \in L$ , значит  $j=0$ , следовательно  $\varphi_{ij} = \varphi_{10}$ , т.к.  $\varphi_{10}(a^k b) = a^k b$ , то  $\varphi_{10} = \varepsilon$ .

Таким образом, теорема доказана. ■

Используя полученную теорему, покажем, что  $Aut D_8 \approx D_8$ .

Построим таблицы Кэли для групп  $Aut D_8$  и  $D_8$ .

$$Aut D_8 = \{\varphi_{10}, \varphi_{11}, \varphi_{12}, \varphi_{13}, \varphi_{30}, \varphi_{31}, \varphi_{32}, \varphi_{33}\}$$

o	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{33}$
$\varphi_{10}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{33}$
$\varphi_{11}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{30}$
$\varphi_{12}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{31}$
$\varphi_{13}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{32}$
$\varphi_{30}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{11}$
$\varphi_{31}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{12}$
$\varphi_{32}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{13}$
$\varphi_{33}$	$\varphi_{33}$	$\varphi_{32}$	$\varphi_{31}$	$\varphi_{30}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{10}$

$$D_8 = \{e, a, a^2, a^3, b, ab, a^2b, a^3b\}$$

o	e	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	b	ab	a <sup>2</sup> b	a <sup>3</sup> b
e	e	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	b	ab	a <sup>2</sup> b	a <sup>3</sup> b
a	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	e	ab	a <sup>2</sup> b	a <sup>3</sup> b	b
a <sup>2</sup>	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	e	a	a <sup>2</sup> b	a <sup>3</sup> b	b	ab
a <sup>3</sup>	a <sup>3</sup>	e	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup> b	b	ab	a <sup>2</sup> b
b	b	a <sup>3</sup> b	a <sup>2</sup> b	ab	e	a <sup>3</sup>	a <sup>2</sup>	a
ab	ab	b	a <sup>3</sup> b	a <sup>2</sup> b	a	e	a <sup>3</sup>	a <sup>2</sup>
a <sup>2</sup> b	a <sup>2</sup> b	ab	b	a <sup>3</sup> b	a <sup>2</sup>	a	e	a <sup>3</sup>
a <sup>3</sup> b	a <sup>3</sup> b	a <sup>2</sup> b	ab	b	a <sup>3</sup>	a <sup>2</sup>	a	e

Совпадение таблиц очевидно, если ввести следующие обозначения:

$$\varphi_{10} = e; \varphi_{11} = a; \varphi_{30} = b.$$

$$\text{Тогда } a^2 = (\varphi_{11})^2 = \varphi_{12}; a^3 = \varphi_{13}; ab = \varphi_{31}; a^2b = \varphi_{32}; a^3b = \varphi_{33}.$$

Следовательно,  $Aut D_8 \approx D_8$ .

Как доказано в [4.],  $Aut D_4 \approx S_3$ . Таким образом, строение группы  $Aut D_{2n}$  исследовано для всех  $n \in N$ .

## Литература

---

1. Белоногов В.А. Задачник по теории групп. – М.: Наука, 2000.
2. Каргаполов М.И., Мерзляков Ю.М. Основы теории групп. - М.: Наука, 1982. – С.30
3. Курош А.Г. Теория групп. – М.: Наука, 1967.
4. Авдеева Н.Н. XIII всероссийская конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и образование» (20-24 апреля 2009 г.) – Т.1 – Томск: Издательство ТГПУ, 2009. – С.3-6.

## О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ХОЛЛОВЫХ ПОДГРУПП

*Балицкая З. И.*

Томский государственный педагогический университет

В теории конечных групп общеизвестны силовские подгруппы. В работе изучены некоторые свойства подгрупп более широкого класса – холловых подгрупп. Постановки задач взяты из [1], [3], [4].

Приведем необходимые определения и несколько утверждений, относящихся к подгруппам произвольной группы  $\langle G, \cdot \rangle$ .

**Предложение 1.** Пусть  $\langle G, \cdot \rangle$  группа и  $A$  и  $B$  её подгруппы. Тогда  $AB \leq G \Leftrightarrow AB = BA$ .

**Следствие 2.** Пусть  $A \triangleright G$  и  $B \leq G$ , тогда  $AB \leq G$ .

**Предложение 3.** Пусть  $A$  и  $B$  подгруппы произвольной конечной группы  $G$ . Тогда:

$$|AB| = \frac{|A| \cdot |B|}{|A \cap B|}.$$

Доказательства этих утверждений приведены в [2].

Перейдем теперь непосредственно к изучению холловых подгрупп.

**Определение 4.** Подгруппа  $H$  конечной группы  $G$  называется холловой подгруппой, если ее порядок и индекс взаимно просты (то есть,  $\text{НОД}(|H|, |G:H|) = 1$ ). [1]

Заметим, что согласно определению силовской подгруппы каждая силовская подгруппа является холловой. Однако, класс холловых подгрупп шире класса силовских. Действительно: пусть  $G$  циклическая группа и  $|G| = 2 \cdot 3 \cdot 5$ . Так как каждый делитель порядка циклической группы является порядком ее некоторой подгруппы, то  $\exists H: H \leq G$  и  $|H| = 2 \cdot 3 = 6$ . Заметим, что  $H$  холлова в  $G$ , так как ее индекс и порядок взаимно просты ( $\text{НОД}(6, 5) = 1$ ). Однако,  $H$  не является силовской подгруппой.

Справедлива следующая

**Теорема 5.** Пусть  $H$  - холлова подгруппа  $G$  и  $|H| = m$ . Тогда  $H \triangleright G \Leftrightarrow H$  - единственная подгруппа порядка  $m$  в группе  $G$ .

Доказательство

$\Rightarrow$  Дано:  $H$  - единственная подгруппа порядка  $m$  в  $G$  и  $H$  - холлова подгруппа  $G$ .

Доказать, что  $H \triangleright G$ .

Воспользуемся определением нормального делителя. Имеем:  $\forall_G g (|g^{-1}Hg| = m \wedge g^{-1}Hg < G)$ . Так как  $H$  - единственная подгруппа порядка  $m$  в  $G$ , получаем:  $\forall_G g g^{-1}Hg = H$ , то есть,  $H \triangleright G$ .

$\Leftarrow$  Дано:  $H$  - холлова подгруппа  $G$ ,  $H \triangleleft G$  и  $|H| = m$ .

Доказать, что  $H$  - единственная подгруппа порядка  $m$  в  $G$ .

Согласно теореме Лагранжа и определению 4 имеем  $|G| = n = mk$ ,  $(m, k) = 1$ . Предположим, что существует подгруппа  $S$ :  $|S| = m$ . Покажем тогда, что  $H = S$ . Согласно предложению 3

$$|HS| = \frac{|H| \cdot |S|}{|H \cap S|}, \text{ то есть, } |HS| = \frac{m^2}{|H \cap S|}.$$

Обозначим  $|H \cap S| = r$ . Так как  $H \cap S < H$  то  $|H| : |H \cap S|, \Rightarrow$

$$m = rt. \tag{1}$$

Тогда получаем:  $|HS| = \frac{m^2}{r} = \frac{r^2 t^2}{r} = t^2 r$ .

Согласно следствию 2,  $HS < G$ . По теореме Лагранжа:  $|G| : |HS|$ , то есть,  $mk : t^2 r$ , согласно (1)  $rtk : t^2 r$ , следовательно:

$$k : t. \tag{2}$$

Согласно соотношениям (1) и (2) и условию взаимной простоты чисел  $m$  и  $k$  получаем:  $t = 1$ . Тогда из (1) имеем:  $m = r$ . Таким образом,  $|H \cap S| = |H|$ . Так как  $H \cap S \subset H$ , то  $H = H \cap S \Rightarrow H \subset S$ , но  $|H| = |S| \Rightarrow H = S$ . Таким образом,  $H$  - единственная подгруппа порядка  $m$  в группе  $G$ . ■

**Определение 6.** Конечную группу  $G$  назовем  $p$  - замкнутой, если все элементы группы  $G$ , порядок которых равен степени простого числа  $p$ , образуют подгруппу группы  $G$ . [3]

Воспользуемся теоремой 5 и докажем следующий критерий группы быть  $p$  - замкнутой.

**Теорема 7.** Для того чтобы конечная группа  $G$  была  $p$  - замкнутой необходимо и достаточно, чтобы  $G$  имела нормальную силовскую подгруппу.

Доказательство

$\Rightarrow$  Докажем, что  $G$  имеет нормальную силовскую подгруппу.

Пусть  $|G| = p^s m$ ,  $s \neq 0$ . Согласно теореме Силова множество  $H^* = \{x \in G / O(x) = p^\alpha\} \neq \{e\}$ . Тогда так как  $G$   $p$  - замкнута, то



$H^* < G$ . Покажем сначала, что  $|H^*|$  равен некоторой степени числа  $p$ . Заметим, что если  $|H^*| : q$ , где  $q$  - простое число, согласно теореме Силова  $\exists S: S < H^*$  и  $|S| = q$ . Так как  $S$  - циклическая группа, то  $\exists a: O(a) = q$ , но в группе  $H^*$  все элементы имеют порядок равный степени простого числа  $p \Rightarrow q = p$ . То есть,  $|H^*| = p^n$ . Докажем теперь, что  $s = n$ .

По теореме Силова  $\exists H_1: |H_1| = p^s$ ,  $H_1$ - силовская подгруппа. Так как каждый элемент группы  $H_1$  имеет порядок равный  $p^\alpha$ ,  $H_1 \subset H^* \Rightarrow s \leq n$ . С другой стороны, согласно определению силовской подгруппы, так как  $|G| : p^n$ , то  $n \leq s$ . Таким образом, ем:  $s = n, \Rightarrow H_1 = H^*$ . То есть, любая силовская подгруппа равна группе  $H^*$ . Отсюда следует равенство всех силовских подгрупп порядка  $p^s$  и, следовательно,  $H_1$  - единственная подгруппа порядка  $p^s$ . Так как каждая силовская подгруппа является холловой, то согласно теореме 1.5 получаем:  $H_1 \triangleleft G$ .

$\Leftarrow$  Докажем, что  $G$   $p$ -замкнута.

Пусть  $H_1$  - нормальная силовская подгруппа  $G$ , то есть,  $|H_1| = p^s$  и  $H_1 \triangleright G$ . Обозначим через  $H^* = \{x \in G / O(x) = p^\alpha\}$ . Для доказательства теоремы достаточно доказать, что  $H_1 = H^*$ . Пусть  $g \in H^* \Rightarrow O(g) = p^i$ ; рассмотрим подгруппу  $\langle g \rangle$ , которая согласно теореме Силова вкладывается в некоторую силовскую подгруппу. Так как силовская подгруппа  $H_1$  является нормальным делителем, то согласно предложению 5, она единственная подгруппа порядка  $p^s \Rightarrow \langle g \rangle \subset H_1$ . Следовательно, каждый элемент, порядок которого равен степени простого числа  $p$ , принадлежит группе  $H_1$ . То есть,  $H^* \subset H_1$ . С другой стороны  $\forall_{H_1} x O(x) = p^j \Rightarrow H_1 \subset H^*$ . Таким образом,  $H_1 = H^*$ . Тогда по определению 6 получаем, что группа  $G$   $p$ -замкнута. ■  
Обобщим введенное понятие.

**Определение 8.** Пусть  $\pi$  - множество простых чисел. Тогда  $\pi$  - число - это число, все простые делители которого принадлежат  $\pi$ . [3]

**Определение 9.** Группу  $G$  назовем  $\pi$ - группой, если каноническое разложение порядка каждого элемента  $g_i$  имеет вид:  
 $\forall_{G} g_i O(g_i) = p_{i_1}^{\alpha_{i_1}} p_{i_2}^{\alpha_{i_2}} \cdot \dots \cdot p_{i_k}^{\alpha_{i_k}}, p_{ij} \in \pi$ . [3]

Справедлива следующая

**Теорема 10.** Группа  $G$  является  $\pi$ - группой  $\Leftrightarrow |G|$  есть  $\pi$ - число.

Доказательство

$\Rightarrow$  Так как  $G$   $\pi$ - группа, то по определению 8 получаем:  
 $\forall_{G} g_i O(g_i) = p_{i_1}^{\alpha_{i_1}} p_{i_2}^{\alpha_{i_2}} \cdot \dots \cdot p_{i_k}^{\alpha_{i_k}}, p_{ij} \in \pi$ . Пусть  $|G| = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot p_k^{\alpha_k}$ .

Согласно теореме Силова,  $\exists H_i (|H_i| = p_i), i = \overline{1, n}$ . Так как  $\forall i = \overline{1, k}$   $H_i$  - циклическая группа, то  $\exists_{Gg} O(g) = p_i \Rightarrow p_i \in \pi$ . Следовательно, по определению 9  $|G|$  есть  $\pi$  - число.

$\Leftarrow$  Пусть  $|G| = n = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot p_k^{\alpha_k}$ , так как  $|G|$  есть  $\pi$  - число, то  $\forall i = \overline{1, k}, p_i \in \pi$ . Возьмем  $g \in G, O(g) = m$ . Тогда  $n : m$ , следовательно  $m = p_1^{\beta_1} p_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot p_k^{\beta_k}$  и  $\forall i = \overline{1, k}, p_i \in \pi$ . Таким образом, по определению 1.9 группа  $G$  является  $\pi$  - группой. ■

В отличие от бинарного отношения быть подгруппой бинарное отношение быть нормальным делителем не обладает свойством транзитивности.

Потребуем чтобы «меньшая» подгруппа была холловой подгруппой группы  $G$ . Тогда справедлива следующая

**Теорема 11.** Пусть  $H$  - холлова подгруппа в группе  $G$  и  $H \triangleleft K \triangleleft G$ . Тогда  $H \triangleleft G$ .

Доказательство

Покажем сначала, что  $H$  - холлова подгруппа в  $K$ .

Пусть  $|H| = m$ , тогда  $|G| = n = mt_1$ , где  $(m, t_1) = 1$ , так как  $H$  - холлова подгруппа в  $G$ . Пусть  $|K| = k$ , так как по условию  $H \triangleright K \Rightarrow |K|$  делится на  $|H|$ , то есть,  $k = rm$ . Так как  $K \triangleleft G \Rightarrow |G| : |K| \Rightarrow |G| = t_2 k = t_2 r m$ , где  $(t_2 r, m) = 1 \Rightarrow (t_2, m) = 1$  и  $(r, m) = 1$ . Тогда по определению 1.4 получаем, что  $H$  - холлова в  $K$ .

Докажем теперь, что  $H \triangleleft G$ . Так как  $H \triangleleft K$ , то  $\forall_{Gg} g^{-1} H g \subset g^{-1} K g$ . По условию  $K \triangleright G$  следовательно  $\forall_{Gg} g^{-1} K g = K$ . Тогда получаем  $\forall_{Gg} g^{-1} H g \subset K$ . В таком случае имеем:  $|g^{-1} H g| = m$ . И так как  $H$  - холлова подгруппа в  $K$  то, согласно теореме 5,  $H \triangleleft G$ . ■

Докажем теперь свойства холловых подгрупп, являющихся нормальными делителями данной группы.

**Теорема 12.** Пусть холлова подгруппа  $H$  является нормальным делителем группы  $G$ . Тогда для того, чтобы  $H$  входила в произвольную подгруппу  $K$  группы  $G$ , необходимо и достаточно, чтобы  $|K| : |H|$ .

Доказательство

$\Rightarrow$  Необходимость очевидна в силу теоремы Лагранжа.

$\Leftarrow$  Докажем, что  $H$  подгруппа  $K$ . Для этого достаточно показать, что  $H \cap K = H$ .

Введем следующие обозначения:

$$|G| = n = ms, \text{ где } (m, s) = 1; \quad |K| = k; \quad |H| = m.$$

Так как  $|K| : |H|$ , то  $k = ml$ ; и в силу того, что  $K \triangleleft G$ , получаем:

$$|G| = n = kt = mlt, \text{ где } (m, l) = 1.$$

$$(m, t) = 1. \tag{3}$$

Согласно предложению 3 и следствию 2 имеем:

$$|HK| = \frac{|H| \cdot |K|}{|H \cap K|}, \text{ где } HK < G.$$

Обозначим  $|H \cap K| = r$ . Так как  $H \cap K < H$ , то  $m = ru$ . Тогда:

$$|HK| = \frac{k \cdot m}{r} = \frac{kru}{r} = ku.$$

Так как  $HK < G$ , то  $|G| : |HK|$ , то есть:  $mlt : ku, \quad mlt : mlu \Rightarrow$   
 $t : u. \quad (4)$

Воспользуясь соотношениями (1) и (2), получим:  $u = 1$ . Следовательно:  $|H \cap K| = m$ . Таким образом, получили, что  $|H \cap K| = |H|$  и  $H \cap K \subset H$ . Тогда  $H \cap K = H$ . ■

Аналогично доказывается следующая

**Теорема 13.** Пусть холлова подгруппа  $H$  является нормальным делителем группы  $G$ . Тогда для того, чтобы произвольная подгруппа  $K$  входила в  $H$ , необходимо и достаточно, чтобы  $|H| : |K|$ .

### **Литература**

---

1. Белоногов В.А. Задачник по теории групп. М.:Наука, 2000.
2. Каргополов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. М.:Наука, 1982.
3. Крылов П.А., А.А. Туганбаев, А.Р. Чехлов. Упражнения по группам, кольцам и полям. Томск. Томский государственный университет, 2008.
4. Чехлов А.Р. Упражнения по основам теории групп. Томск, 2004.

## **ПОСТРОЕНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИ ЗАМКНУТОГО ПОЛЯ НЕНУЛЕВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Киселева А. В.*

Томский государственный педагогический университет

Напомним, что поле  $K$  называется алгебраически замкнутым, если каждый многочлен  $f(x) \in K[x]$  ненулевой степени раскладывается в  $K[x]$  в произведение многочленов первой степени. [1]

Известные нам алгебраически замкнутые поля – это поле комплексных чисел  $\mathbb{C}$  и поле алгебраических чисел  $\mathbb{A}$ , характеристика которых равна 0.

Покажем, что существуют алгебраически замкнутые поля ненулевой характеристики. [3], [5]

### **§1 Свойства конечных полей**

Нам понадобятся следующие определения и теоремы:

**Определение 1.1.** Поле разложения  $f(x) \in K[x]$  над полем  $K$  называется минимальное поле, содержащее в себе поле  $K$  и все корни  $f(x)$ .

Приведём примеры:

Рассмотрим многочлен  $f(x) = x^2 - 2 \in Q[x]$ . Очевидно, что поле  $Q(\sqrt{2}) = \{a + b\sqrt{2} | a, b \in Q\}$  – поле разложения многочлена  $f(x)$  над  $Q$ .

Так как  $f(x) = x^2 - 2 \in R[x]$ , то поле разложения  $f(x)$  над  $R$  есть  $R$ .

В теории полей доказана

**Теорема 1.2.** (о существовании и единственности полей разложения).

Для каждого многочлена  $f(x) \in P[x]$  существует и, причем единственное с точностью до изоморфизма поле разложения  $P_f$ . [2]

**Замечание 1.3.** Из построения поля разложения следует, что если поле

$P$  – конечно, то поле  $P_f$  тоже конечно, то есть  $|P_f| < \chi_0$ .

Конечные поля в теории полей принято называть полями Галуа. Обратимся к полям Галуа и изучим некоторые их свойства.

**Лемма 1.4.** Характеристика каждого конечного поля  $P$  является простым числом.

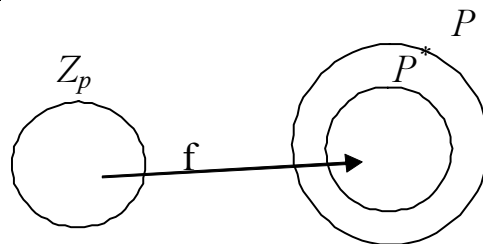
**Доказательство.**

Ввиду того, что  $|P| < \chi_0$ ,  $p = \text{char} P \neq 0$ .

Так как  $p \neq 0$ , то  $p$  – простое. Иначе,  $pe = ne \cdot ce = 0$ , где  $0 < n, c < p$ . Так как  $P$  – поле, то в нем нет делителей нуля, а, следовательно,  $ne = 0$  или  $ce = 0$ . А это противоречит определению характеристики. ▲

**Теорема 1.5.** Пусть  $P$  – конечное поле, тогда существует  $P^*$  такое, что  $P^* \subset P$  и  $P^* \cong Z_p$ .

**Доказательство.**



Рассмотрим  $P^* = \{e, 2e, 3e, \dots, (p-1)e\}$ , где  $p = \text{char} P$ .

Покажем, что  $\langle P^*, +, \cdot \rangle$  – поле.

Прежде всего,  $+$  и  $\cdot$  – бинарные алгебраические операции на  $P^*$ , то есть  $\langle P^*, +, \cdot \rangle$  – алгебраическая система.

Рассмотрим отображение  $f : Z_p \rightarrow P^*$ , такое что  $f(a) = ae$ . Очевидно, что  $f$  – изоморфизм. Таким образом,  $\langle P^*, +, \cdot \rangle$  – поле и  $P^* \cong Z_p$ . ▲

**Следствие 1.6.** Если  $|P| < \chi_0$ , то  $|P| = p^k$ , где  $p$  – простое, а  $k$  – натуральное число.

**Доказательство.**

Согласно теореме 1.5.  $Z_p$  подполе поля  $P$ . Рассмотрим алгебраическую систему  $\langle P, +, \cdot, Z_p \rangle$ . Не трудно доказать, что это линейное пространство. В силу того, что  $|P| < \aleph_0$  получаем:  $\dim_{Z_p} P = k$ . Следовательно, существует базис  $(e_1, e_2, \dots, e_k)$ , то есть  $\forall x \in P$  имеем  $x = \alpha_1 e_1 + \dots + \alpha_k e_k$ , где  $\alpha_i \in Z_p$ . Таким образом,  $|P| = p^k$ . ▲

## § 2. Существование конечных полей отличных от $Z_p$

Покажем теперь, что каждое поле Галуа является полем разложения некоторого многочлена.

Рассмотрим многочлен  $f(x) = x^{p^n} - x$ , где  $p$  - простое и  $f(x) \in Z_p[x]$ . Согласно теореме 1.2. существует единственное поле разложения  $P_f$  многочлена  $f(x)$ . Пусть  $K_f$  - множество всех его корней.  $K_f \subset P_f$ .

**Лемма 2.1.** Для каждых  $a, b \in P_f$  и  $s = 0, 1, 2, \dots$  справедливо равенство

$$(a \pm b)^{p^s} = a^{p^s} \pm b^{p^s}.$$

**Доказательство.** Проводится методом математической индукции, учитывая, что  $\text{char } P_f = p$ .

**Теорема 2.2.** Пусть многочлен  $f(x) = x^{p^n} - x \in Z_p[x]$  и  $P_f$  - его поле разложения. Тогда  $|P_f| = p^n$ .

**Доказательство.**

Покажем, что многочлен  $f(x)$  не имеет кратных корней.

Для этого найдем  $f'(x) = -1$ . Из теории многочленов мы знаем, что кратные корни многочлена являются корнями первой его производной. Из чего следует, что наш многочлен  $f(x)$  не имеет кратных корней.

Пусть  $K_f = \{\alpha \mid f(\alpha) = 0 \wedge \alpha \in P_f\}$ . Очевидно  $|K_f| = p^n$ , так как многочлен не имеет кратных корней.

Покажем, что  $K_f$  - подполе поля  $P_f$ .

Согласно тому, что,  $\forall a \in K_f (a^{p^n} = a)$  и лемме 2.1. получаем:

$$\forall a, b \in K_f (a - b)^{p^n} = a^{p^n} - b^{p^n} = a - b \in K_f.$$

Аналогично  $ab^{-1} \in K_f$ .

Тогда по критерию подполя  $K_f$  - подполе поля  $P_f$ .

Согласно определению поля разложения и теореме 1.5. мы получаем, что  $P_f \subset K_f$ . А, следовательно,  $P_f = K_f$  и  $|P_f| = p^n$ . ▲

**Теорема 2.3.**

$$\forall p \forall n \exists K (|K| = p^n).$$

**Доказательство.**

Для доказательства достаточно рассмотреть многочлен  $f(x) = x^{p^n} - x \in Z_p[x]$ . По теореме 1.2.  $\exists!$   $P_f$  ( $P_f$  - поле разложения многочлена  $f(x)$ ). По теореме 2.2.  $|P_f| = p^n$ . ▲

**Теорема 2.4.**

$$\forall p \forall n \exists! K (|K|=p^n).$$

**Доказательство.**

Рассмотрим мультипликативную группу  $K^*$  поля  $K$ .  $K^* = K \setminus \{0\}$  и  $|K^*| = p^n - 1$ . Таким образом,  $\forall a \in K^* a^{p^n-1} = 1 \Rightarrow \forall a \in K^* f(a) = 0$ , где  $f(x) = x^{p^n} - x \in Z_p[x]$ . Очевидно, что  $\forall a \in K f(a) = 0$ , так как  $f(0) = 0$ . Учитывая теорему 1.5., получаем, что  $K$ - поле разложения  $f(x)$ . Согласно Теореме 1.2.

$K$  – единственно. ▲

**§ 3. Структура подполей поля Галуа**

Пусть  $K$  – поле Галуа, то есть  $|K|=p^n$ . Рассмотрим структуру его подполей.

**Лемма 3.1.** Пусть  $n:d$ , тогда  $(p^n-1) : (p^d-1)$ .

**Доказательство.** Так как  $n:d$ , то  $n=ds$ . По критерию корня в  $Z[x]$  выполняется равенство  $(x^s-1)=(x-1)g(x)$ . Пусть  $x=p^d$ . Получим  $((p^d)^s-1)=(p^d-1)g(p^d) \Rightarrow (p^n-1) : (p^d-1)$ . ▲

**Лемма 3.2.** Пусть  $n:d$  и  $x^{p^n} - x, x^{p^d} - x \in P[x]$ . Тогда

$$(x^{p^n} - x) : (x^{p^d} - x).$$

**Доказательство.**

Так как  $n:d$ , то согласно лемме 3.1.  $(p^n-1)=k(p^d-1)$ . По критерию корня  $(y^k-1) : (y-1)$  в  $P[y]$ . Обозначим  $y = x^{p^d-1}$ . Тогда  $(x^{(p^d-1)k} - 1) : (x^{p^d-1} - 1)$ . Отсюда очевидно следует заключение леммы. ▲

**Теорема 3.3.**

Рассмотрим поле  $F$ , такое, что  $|F|=p^n$ . Существует биекция между множеством всех натуральных делителей числа  $n$  и множеством всех подполей поля  $F$ .

**Доказательство.**

И Пусть  $n:d$ . Покажем, что  $\exists F_d (F_d \subset F \text{ и } |F_d|=p^d)$ , причем  $F_d$  – единственное.

Рассмотрим многочлены:

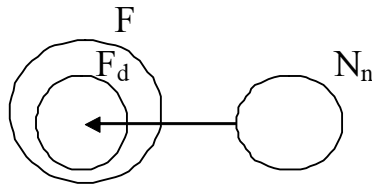
$$\begin{aligned} f(x) &= x^{p^n} - x; \\ g(x) &= x^{p^d} - x; \end{aligned}$$

Так как  $n:d$ , то согласно лемме 3.2.  $f(x) : g(x)$ , то есть  $f(x)=g(x)h(x)$ . Так как  $f(x)$  имеет ровно  $p^n$  различных корней в поле  $F$ , то  $g(x)$  имеет ровно  $p^d$  корней в поле  $F$ . Иначе многочлен  $h(x)$  имел бы в поле  $F$  корней больше, чем его степень.

Обозначим  $S = \{a \in F \mid g(a) = 0\}$ ; Мы знаем, что  $|S|=p^d$ .

Согласно лемме 2.1. и по критерию подполя легко доказывается, что  $S$ - подполе поля  $F$ .

В силу единственности поля разложения  $S$  определено однозначно.



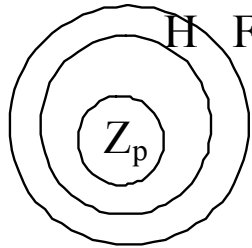
II Пусть  $N_n = \{d \mid d - \text{делитель числа } n\}$ ,  $T = \{F_d \mid F_d \subset F \wedge |F_d| = p^d\}$ .

Рассмотрим  $\omega: N_n \rightarrow T$ , такое что  $\omega(d) = F_d$ . Согласно I  $\omega$ - отображение. Покажем, что  $\omega$  - биекция.

Очевидно  $\omega$  - инъекция, так как если  $d_1 \neq d_2$ , то

$$p^{d_1} \neq p^{d_2} \Rightarrow |F_{d_1}| \neq |F_{d_2}| \Rightarrow F_{d_1} \neq F_{d_2}.$$

Покажем, что  $\omega$  - сюръекция. Пусть  $H$  - произвольное подполе поля  $F$ . Согласно следствию 1.6.  $|H| = p^d \Rightarrow \dim_{Z_p} H = d$ .



Рассмотрим алгебраические системы:

$$\langle F, +, \cdot, Z_p \rangle, \langle F, +, \cdot, H \rangle, \langle H, +, \cdot, Z_p \rangle.$$

Нетрудно заметить, что это линейные пространства. Мы знаем, что:

$$[F:Z_p] = [F:H] [H:Z_p] \Rightarrow n = [F:H]d \Rightarrow [F:H] = \frac{n}{d} \Rightarrow \frac{n}{d} - \text{целое число} \Rightarrow n \div d. \quad \blacktriangle$$

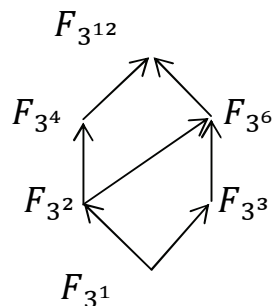
Вывод: Установлена биекция между множеством всех натуральных делителей числа  $n$  и множеством всех подполей поля  $F$ . Таким образом, количество всех подполей поля  $F$  равно  $\tau(n)$ .

Рассмотрим пример:  $F$  - поле.  $|F| = 3^{12}$ .  $\tau(12) = 6$ . Тогда поле  $F = F_{3^{12}}$  имеет шесть подполей:

$$F_{3^1}, F_{3^2}, F_{3^3}, F_{3^4}, F_{3^6}, F_{3^{12}}, \text{ где } |F_{3^k}| = 3^k.$$

Изобразим это на графе:

$A \longrightarrow B$  -  $A$ -подполе поля  $B$



## § 4. Построение алгебраически замкнутого поля ненулевой характеристики

### Предложение 4.1.

Пусть  $F$  – конечное поле, такое, что  $|F|=q=p^n$  и  $P_f$  – поле разложения некоторого многочлена  $f(x)$  над  $F$ . Тогда  $|P_f|=q^s$  при некотором натуральном  $s$ .

**Доказательство.** Согласно теореме 1.5. и следствию 1.6.  $|P_f|=p^m$ . Так как

$F \subset P_f$ , то из теоремы 3.3. следует, что  $m \cdot n \Rightarrow m=ns$ , где  $s \in \mathbb{N} \Rightarrow |P_f|=q^s$ . ▲

Зафиксируем простое число  $p$  и рассмотрим поля  $F_p, F_{p^{2!}}, F_{p^{3!}}, \dots$ .

Согласно теореме 2.4. они существуют и они единственны с точностью до изоморфизма. Так как  $\forall_{\mathbb{N}} n (n+1)! : n!$ , то, согласно теореме 3.3.,

$F_{p^{n!}} \subset F_{p^{(n+1)!}}$ . Следовательно,  $F_p \subset F_{p^{2!}} \subset F_{p^{3!}} \subset \dots$

Обозначим через

$$\bar{F}_p = \bigcup_{n=1}^{\infty} F_{p^{n!}}.$$

Зададим операции  $+$  и  $\cdot$ . Пусть  $x, y \in \bar{F}_p \Rightarrow x \in F_{p^{s!}}, y \in F_{p^{k!}}$ . Пусть для определенности  $k \geq s$ , тогда по построению  $x, y \in F_{p^{k!}}$ .

Положим по определению, что сумма  $x+y$  в поле  $\bar{F}_p$  равна сумме этих элементов в поле  $F_{p^{k!}}$ . Аналогично определяется и произведение  $x \cdot y$  в поле  $\bar{F}_p$ .

В силу того, что  $+$  и  $\cdot$  – бинарные алгебраические операции на  $F_{p^{k!}}$  и поле  $F_{p^{k!}}$  является подполем каждого  $F_{p^{m!}}$ , где  $m \geq k$ , введенные нами операции являются бинарными алгебраическими операциями на  $\bar{F}_p$ . Таким образом,  $\langle \bar{F}_p, +, \cdot \rangle$  – алгебраическая система.

Так как  $\bar{F}_p$  – объединение вложенных друг в друга полей, то  $\langle \bar{F}_p, +, \cdot \rangle$  – поле.

### Теорема 4.2.

$\langle \bar{F}_p, +, \cdot \rangle$  – алгебраически замкнутое поле характеристики  $p$ , где  $p$  – простое число.

**Доказательство.** Так как  $\forall_{\mathbb{N}} k \mathbb{Z}_p \subset F_{p^{k!}} \subset \bar{F}_p$ , то  $\text{char } \bar{F}_p = p$ .

Пусть  $f(x) \in \bar{F}_p[x]$ . Согласно определению  $\bar{F}_p$ ,  $\exists s (f(x) \in F_{p^{s!}}[x])$ . Согласно предложению 4.1.  $\exists k (P_f \subset F_{p^{s!k}})$ . Пусть  $s!k = r$ . Тогда  $F_{p^r} \subset F_{p^{r!}} \subset \bar{F}_p$ . Следовательно,  $P_f \subset \bar{F}_p$ , то есть  $\bar{F}_p$  – алгебраически замкнутое поле. ▲



## Литература

---

1. Ван дер Варден Б.Л. Алгебра//М.:Наука, 1976.
2. Калужнин Л.А. Введение в общую алгебру//М.:Наука, 1973.
3. Шнеперман Л.Б. курс алгебры и теории чисел в задачах и упражнениях, в двух частях//Минск: Высшая школа, 1987.
4. П.А.Крылов, А.А. Туганбаев, А.Р. Чехлов Упражнения по группам, кольцам и полям//Томск, 2008.

## НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПРОСТЫХ И МАКСИМАЛЬНЫХ ИДЕАЛОВ КОММУТАТИВНОГО КОЛЬЦА С ЕДИНИЦЕЙ

Козлов В. О.

Томский государственный педагогический университет

Пусть  $\langle A, +, \cdot \rangle$  произвольное коммутативное кольцо с единицей.

Напомним, что множество  $I \subseteq A$  называется идеалом кольца и обозначается  $I \triangleleft A$ , если оно замкнуто:

- 1) относительно вычитания, т.е. для любых  $x, y \in I$   $(x-y) \in I$ ;
- 2) относительно умножения на произвольный элемент из  $A$ , т.е. для любого  $x \in I$  и любого  $y \in A$   $(yx) \in I$ .

Идеал  $P$  называется простым, если  $\forall a, b \in A$   $(ab \in P \Rightarrow a \in P \vee b \in P)$ .

Идеал  $I$  кольца  $A$  называется максимальным, если для любого  $a \in A \setminus I$  сумма идеалов  $I + (a) = A$ .

В работе рассмотрены некоторые свойства простых и максимальных идеалов, предложенных в качестве задачи в [2], [3].

При доказательстве следующих двух утверждений будем использовать лемму Цорна и двойственное ей утверждение. Приведем соответствующие формулировки:

- 1) Если в упорядоченном множестве каждая цепь обладает верхней границей, то это упорядоченное множество имеет максимальные элементы.
- 2) Если в упорядоченном множестве каждая цепь обладает нижней границей, то это упорядоченное множество имеет минимальные элементы.[4]

Справедлива следующая

**Теорема 1.** Пусть  $D$  – множество всех делителей нуля кольца  $A$ ,  $0 \in D$ , тогда в  $A$  существует простой идеал  $P$ , такой что  $P \subseteq D$ .

Доказательство. Рассмотрим множество  $D = \{0\} \cup \{x \neq 0 / \exists y \neq 0, xy=0\}$ .

- 1) Пусть  $D=\{0\}$ . Рассмотрим множество  $P=\{0\}$ . Очевидно, что  $P$  идеал, покажем что он простой. Если  $ab \in P$ , то есть  $ab=0$ , то согласно определению  $D$ ,  $a=0 \vee b=0$ . Отсюда  $a \in P \vee b \in P$ .
- 2) Пусть  $D \neq \{0\}$ . Тогда покажем, что множество  $S=\{I \Delta A / I \subset D\}$  не пусто. Рассмотрим  $d \in D$  и  $d \neq 0$ . Покажем, что главный идеал  $(d)=dA \subset D$ . Пусть  $a \neq 0$ , так как  $da \in dA$  и  $d$  – делитель нуля, то существует  $b \neq 0$ , такое что  $db=0$ , тогда  $dab=0$ , то есть  $da \in D$ .

Пусть  $\{C_i\}_{i \in I}$  – цепь из множества  $S$ , то есть  $\forall i, j (C_i \subset C_j \vee C_j \subset C_i)$ . Покажем, что  $S$  удовлетворяет лемме Цорна. Рассмотрим  $\bigcup_i C_i = I^*$ . Очевидно  $I^*$ - идеал. Так как каждый  $C_i \subset D$ , то  $I^* \subset D$ . С другой стороны,  $\forall C_i \subset I^*$ , следовательно идеал  $I^*$  – верхняя граница указанной цепи.

Пусть  $P$  – произвольный максимальный элемент  $S$ . Докажем, что  $P$  простой идеал кольца  $A$ .

Пусть  $a \in P \wedge b \in P$ , тогда покажем, что  $ab \in P$ . Так как  $P$  – максимальный, то  $P+(a) \not\subset D \wedge P+(b) \not\subset D$ , следовательно  $(\exists p^* \in P \wedge r_1 \in A) \wedge (\exists p^{**} \in P \wedge r_2 \in A)$ , такие что  $(p^*+ar_1) \notin D \wedge (p^{**} + br_2) \notin D$ . Перемножим эти элементы. С одной стороны,  $(p^*+ar_1)(p^{**} + br_2) \notin D$ . С другой стороны, произведение равно  $(p^*p^{**}+ar_1p^{**} + br_2p^* + abr_1r_2)$ , где  $p^*p^{**} \in P$ ,  $br_2p^* \in P$ ,  $ar_1p^{**} \in P$ . Если  $ab \in P$ , то  $abr_1r_2 \in P$ , так как  $P \subset D$ , то  $abr_1r_2 \in D$ , следовательно  $(p^*+ar_1)(p^{**} + br_2) \in D$ , противоречие. Таким образом,  $ab \in P$ , то есть  $P$  – простой идеал кольца  $A$  и  $P \subset D$ .

■

### Пример.

Рассмотрим кольцо  $\langle Z_{10}, +, \cdot \rangle$  и в нем выделим множество делителей нуля  $D=\{\bar{0}, \bar{2}, \bar{4}, \bar{5}, \bar{6}, \bar{8}\}$ . Очевидно, что идеал  $P=\{\bar{0}, \bar{2}, \bar{4}, \bar{6}, \bar{8}\}$ - простой и  $P \subset D$ .

**Теорема 2.** Пусть  $A$  – произвольное коммутативное кольцо. Тогда упорядоченное множество  $\langle T=\{P/P \text{ – простой идеал } A\}, \subset \rangle$  имеет минимальные элементы.

Доказательство. Покажем, что множество  $T$  удовлетворяет условию утверждения, двойственного к лемме Цорна. Пусть  $C=\{I_\alpha\}_{\alpha \in I}$  – цепь в  $\langle T, \subset \rangle$ , т.е.  $\forall i, j \in I ((I_i \subset I_j) \vee (I_j \subset I_i))$ . Покажем, что цепь обладает нижней границей.

Обозначим через  $I^* = \bigcap I_\alpha$ ,  $\alpha \in I$ . Убедимся, что  $I^*$  – простой идеал кольца  $A$ .

По определению  $I^*$  - идеал кольца  $A$ . Докажем, что он простой.

Пусть  $a \in A \wedge b \in A \wedge ab \in I^*$  следовательно  $ab \in \bigcap I_\alpha$ , откуда  $ab$  принадлежит каждому  $I_\alpha$ . Если  $a \in I^*$ , то  $I^*$  - простой идеал. В противном случае, получаем что  $\exists \alpha_0 (a \notin I_{\alpha_0})$ . Так как  $I_{\alpha_0}$  простой, то  $b \in I_{\alpha_0}$ . Покажем, что  $b \in I^*$ . Действительно,  $\forall j (I_j \subset I_{\alpha_0} \vee I_{\alpha_0} \subset I_j)$ . Рассмотрим каждый случай:

$I_j \subset I_{\alpha_0}$ , откуда следует, что  $a \notin I_j$ ; так как  $I_j$  простой, то  $b \in I_j$ .

$I_{\alpha_0} \subset I_j$ , получаем что  $b \in I_j$ .

Таким образом,  $b \in \bigcap I_\alpha$ , то есть  $I^*$  - простой идеал кольца  $A$ . Очевидно, что  $I^*$  является нижней границей цепи. Следовательно, частично упорядоченное множество  $T$  простых идеалов кольца  $A$  содержит минимальные элементы. ■

Обратимся теперь к свойствам простых идеалов, связанных с операциями  $\cup$  и  $\cap$ .

**Теорема 3.** Если простой идеал  $P$  коммутативного кольца содержит пересечение конечного множество произвольных идеалов, то  $P$  содержит в себе хотя бы один из них, т.е. если  $P \supseteq \bigcap_{i=1}^n I_i$ , то существует  $k \in N$ , такой что  $P \supseteq I_k$ .

Доказательство. Предположим, что  $\bigcap_{i=1}^n I_i \subset P \wedge \forall i \in [1, n] (I_i \not\subset P)$ . Тогда

$$\forall i \in [1, n] \exists p_i \in I_i, (p_i \notin P). \quad (1)$$

Рассмотрим следующий элемент  $p = p_1 p_2 \dots p_n$ , откуда следует  $p \in I_1, p \in I_2, \dots, p \in I_n$ . Тогда получаем что  $p = p_1 (p_2 \dots p_n) \in P$ , так как  $P$  - простой идеал, то  $p_1 \in P \vee p_2 \dots p_n \in P$ , согласно (1) получаем  $p_2 \dots p_n \in P$ . Рассуждая аналогично, приходим к тому, что  $p_{n-1} \in P \vee p_n \in P$ . Таким образом, получаем противоречие с (1). ■

Заметим, что в кольце  $Z$   $(6) \cap (10) \subset (15)$ , так как  $(6) \cap (10) = (30)$ . Но с другой стороны,  $(6) \not\subset (15) \wedge (10) \not\subset (15)$ .

**Лемма 4.** Пусть  $I, I_1, I_2$  - произвольные идеалы кольца  $A$ . Тогда, если  $I \subset I_1 \cup I_2$ , то  $I \subset I_1 \vee I \subset I_2$ .

Доказательство. Предположим, что это не так, то есть  $I \not\subset I_1 \wedge I \not\subset I_2$ . Следовательно,

$$\exists x (x \in I \wedge x \notin I_1) \Rightarrow x \in I_2$$

$$\exists y (y \in I \wedge y \notin I_2) \Rightarrow y \in I_1$$

Так как  $x+y \in I$ , то  $x+y \in I_1 \cup I_2$ . Если  $x+y \in I_1$ , то  $x \in I_1$ , получаем противоречие. Аналогично, если  $x+y \in I_2$ , то  $y \in I_2$ .

Следовательно,  $I \subset I_1 \vee I \subset I_2$ . ■

**Предложение 5.** Пусть  $I$  – идеал,  $P_1, P_2, P_3$  – простые идеалы, тогда если  $I \subset P_1 \cup P_2 \cup P_3$ , то  $I \subset P_1 \vee I \subset P_2 \vee I \subset P_3$ .

Доказательство. Предположим, что это не так, т.е.  $I \subset P_1 \cup P_2 \cup P_3 \wedge (I \not\subset P_1 \wedge I \not\subset P_2 \wedge I \not\subset P_3)$ . Покажем, что тогда:

$$(I \cap P_1 \not\subset P_2 \cup P_3) \wedge (I \cap P_2 \not\subset P_1 \cup P_3) \wedge (I \cap P_3 \not\subset P_1 \cup P_2) \quad (2)$$

Действительно, предположим что  $I \cap P_1 \subset P_2 \cup P_3$ . Тогда покажем, что  $I \subset P_2 \cup P_3$ , а согласно лемме 4  $I \subset P_2 \vee I \subset P_3$ , что противоречит предположению.

Пусть  $y \in I$ , если  $y \in P_1$ , то  $y \in I \cap P_1$ , следовательно  $y \in P_2 \cup P_3$ .

Если  $y \in P_1$ , то так как  $I \subset P_1 \cup P_2 \cup P_3$  имеем  $y \in P_2 \cup P_3$ . А значит  $I \subset P_2 \cup P_3$ . Аналогично доказывается, что:  $I \cap P_2 \not\subset P_1 \cup P_3$ ,  $I \cap P_3 \not\subset P_1 \cup P_2$ .

Согласно (2):

$$\begin{aligned} \exists y_1 \in I \cap P_1, \text{ но } y_1 \notin P_2 \cup P_3, \\ \exists y_2 \in I \cap P_2, \text{ но } y_2 \notin P_1 \cup P_3, \\ \exists y_3 \in I \cap P_3, \text{ но } y_3 \notin P_1 \cup P_2. \end{aligned} \quad (3)$$

Построим элемент  $y^* = y_1 y_2 + y_3$ . Согласно (3) имеем  $y^* \in I \Rightarrow y^* \in P_1 \cup P_2 \cup P_3$ . Пусть  $y^* \in P_1$ , так как  $y_1 y_2 \in P_1$ , то  $y_3 \in P_1$ , что противоречит (2). Аналогично, если  $y^* \in P_2$ , то  $y_3 \in P_2$  противоречие с (3). И наконец, если  $y^* \in P_3$ , то  $y_1 y_2 \in P_3$ , так как  $P_3$  – простой идеал, то  $y_1 \in P_3 \vee y_2 \in P_3$  – что противоречит (3). ■

**Теорема 6.** Пусть  $I$  – идеал,  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – простые идеалы, тогда если  $I \subset \bigcup_{i=1}^n P_i$ , то  $\exists k \in [1, n] (I \subset P_k)$ .

Доказательство. Воспользуемся методом математической индукции.

1. При  $n=2$  и  $n=3$  справедливость утверждения доказана в лемме 4 и предложении 5.
2. Предположим, что для  $(n-1)$  утверждение теоремы справедливо.
3. Пусть  $I \subset \bigcup_{i=1}^n P_i$  и  $\forall i \in [1, n] I \not\subset P_i$ .

Покажем, что

$$\forall i \in [1, n] I \cap P_i \not\subset \bigcup_{s=1, s \neq i}^n P_s \quad (4)$$

Действительно, пусть  $\exists k \in [1, n] \quad (I \cap P_k \subset P_1 \cup \dots \cup P_{k-1} \cup P_{k+1} \cup \dots \cup P_n)$ . Рассмотрим произвольный элемент  $x \in I$ . Если  $x \in P_k$ , то  $x \in I \cap P_k \Rightarrow x \in P_1 \cup \dots \cup P_{k-1} \cup P_{k+1} \cup \dots \cup P_n$ . Если  $x \notin P_k$ , то т.к.  $I \subset \bigcup_{i=1}^n P_i$ , то  $x \in P_1 \cup \dots \cup P_{k-1} \cup P_{k+1} \cup \dots \cup P_n$ . Таким образом

$$I \subset P_1 \cup \dots \cup P_{k-1} \cup P_{k+1} \cup \dots \cup P_n.$$

Согласно предположению индукции  $\exists t \in [1, n], t \neq k$ , такое что  $I \subset P_t$ , что противоречит предположению. Тем самым истинность (4) доказана.

Согласно (4)

$$\forall i \in [1, n] \quad \exists x_i \in I \cap P_i, \text{ но } x_i \notin \bigcup_{s \neq i}^n P_s \quad (5).$$

Построим элемент  $x^* = x_1 x_2 \dots x_{n-1} x_n$ . Имеем  $x^* \in I$ , следовательно  $x^* \in \bigcup_{i=1}^n P_i$ , если  $x^* \in P_1$ , то  $x_n \in P_1$ , что противоречит (4). Аналогично,  $x^* \notin P_2, x^* \notin P_3, \dots, x^* \notin P_{n-1}$ . Пусть  $x^* \in P_n$ , тогда  $x_n \in P_n$ , следовательно  $x_1(x_2 \dots x_{n-1}) \in P_n$ . Так как  $P_n$  - простой и  $x_1 \notin P_n$ , то  $x_2(x_3 \dots x_{n-1}) \in P_n$ . Проводя аналогичные рассуждения, получим  $x_{n-1} \in P_n$  - противоречие с (5). ■

Заметим, что в кольце главных идеалов условие простоты идеалов можно опустить: очевидно, если  $(a) \subset \bigcup_{i=1}^n (a_i)$ , то  $\exists k \in [1, n] ((a) \subset (a_k))$ .

Пусть теперь  $\langle A, +, \cdot \rangle$  - область целостности.

Приведем следующее:

**Определение 7.** Ненулевой элемент  $p$  произвольного кольца с единицей называется простым элементом кольца, если:

- 1)  $p \in A^*$ ;
- 2)  $\forall b \in A (p \mid b \Rightarrow b \in A^* \vee b = \varepsilon p)$ , где  $\varepsilon \in A^*$ .

Для областей целостности имеет место следующее утверждение:

Ненулевой элемент  $p$  является простым элементом области целостности если и только если  $\forall x, y \in A (xy \mid p \Rightarrow x \mid p \vee y \mid p)$ . [1]

Справедлива следующая

**Теорема 8.** Пусть  $\langle A, +, \cdot \rangle$  - область целостности, в которой все идеалы главные. Тогда  $I = (p)$  - простой идеал  $\Leftrightarrow p$  - простой элемент  $A$ . Каждый простой идеал  $(p)$  является максимальным идеалом кольца  $A$ .

Доказательство. Пусть  $I = (p)$  - простой идеал. Докажем, что  $p$  - простой элемент  $A$ , а для этого докажем, что если  $xy \mid p$ , то  $x \mid p \vee y \mid p$ .

Действительно, если  $xu \in p \Rightarrow xu \in (p) \Rightarrow x \in (p) \vee u \in (p) \Rightarrow x \in p \vee u \in p$ . Таким образом,  $p$  – простой элемент  $A$ .

Пусть теперь  $p$  – простой элемент  $A$ . Докажем, что  $(p)$  – простой идеал. Действительно, имеем  $\forall x, y \in A \quad xu \in (p) \Rightarrow xu \in p$  так как  $p$  – простой элемент, то  $x \in p \vee u \in p \Rightarrow x \in (p) \vee u \in (p) \Rightarrow (p)$  – простой идеал.

Покажем, что если  $(p)$  – простой идеал, то  $(p)$  – максимальный идеал. Действительно, пусть  $(p) \subsetneq (a)$ . Так как  $p$  – простой элемент и  $p \in (a)$ , имеем:

$$1) \quad a \in A^* \Rightarrow (a) = A$$

$$2) \quad p = \varepsilon a, \quad \varepsilon \in A^* \Rightarrow a \in p \Rightarrow (a) \subsetneq (p) \Rightarrow (p) = (a).$$

■

Таким образом  $(p)$  – максимальный идеал.

Приведем примеры таких колец.

1. В кольце  $\langle Z, +, \cdot \rangle$  каждый простой идеал есть идеал порожденный простым числом, и все они являются максимальными идеалами.
2. В кольце  $\langle C[x], +, \cdot \rangle$  множество всех простых идеалов есть множество идеалов, порожденных всеми многочленами первой степени, и каждый из них является так же максимальным идеалом.
3. В кольце  $\langle R[x], +, \cdot \rangle$  каждый из простых идеалов порождается либо многочленом первой степени, либо второй - с отрицательным дискриминантом. Все они также максимальные.

### **Литература**

- 
1. Айрленд К., Роузен М. Классическое введение в современную теорию чисел. – М.: Мир, 1987 г.
  2. Калужнин Л.А. Введение в общую алгебру. - Москва. : Наука, 1973 г.
  3. Крылов П.А., Туганбаев А.А., Чехлов А.Р. Упражнение по группам, кольцам и полям. Учебное пособие. – Томск, ТГУ, 2008 г.
  4. Скорняков Л.Э. Элементы теории структур. - Москва. : Наука, 1992 г.

## ПРИМАРНЫЕ $IF$ -ГРУППЫ<sup>1</sup>

Никольская (Савинкова) М. М.

Томский государственный архитектурно-строительный университет

Исследованию абелевых групп, содержащих собственные подгруппы, изоморфные самой группе, посвящен ряд работ. Например, в [1] рассматривались следующие группы:

$I$ -группы – группы, изоморфные собственной подгруппе;

$IP$ -группы – группы, изоморфные собственной сервантной подгруппе;

$ID$ -группы – группы, изоморфные собственному прямому слагаемому.

В частности, в [1] доказано, что если  $G$  – редуцированная абелева группа такая, что  $G/pG$  – конечная группа для любого простого числа  $p$ , то  $G$  не является  $ID$ -группой.

В [2] исследуются абелевы  $p$ -группы, не содержащие собственных сервантных плотных подгрупп, изоморфных самой группе.

В [3] рассматриваются квазиминимальные группы. (Абелева группа  $A$  называется квазиминимальной, если она изоморфна всем ее подгруппам той же мощности, что и сама группа  $A$ ). В [3] доказано, в частности, что если  $G$  – бесконечная абелева  $p$ -группа, то  $G$  – квазиминимальная группа тогда и только тогда, когда  $G \cong \mathbf{Z}(p^\infty)$  или  $G$  является прямой суммой циклических групп порядка  $p$ .

В настоящей работе исследуются абелевы группы, содержащие собственные вполне характеристические подгруппы, изоморфные самой группе.

**Определение 1.** Абелеву группу назовем  $IF$ -группой, если она изоморфна некоторой собственной вполне характеристической подгруппе.

Получены следующие результаты.

**Теорема 1.** Нередуцированная  $p$ -группа  $A$  является  $IF$ -группой тогда и только тогда, когда ее редуцированная часть является  $IF$ -группой.

**Теорема 2.** Делимая  $p$ -группа не является  $IF$ -группой.

**Теорема 3.** Делимая периодическая группа не является  $IF$ -группой.

**Теорема 4.** Для нередуцированной периодической группы  $A$  следующие условия эквивалентны:

1)  $A$  является  $IF$ -группой;

<sup>1</sup> Автор поддержан ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», Государственный контракт П 937 от 20 августа 2009 года.

2) некоторая  $p$ -компонента группы  $A$  не является делимой группой и имеет редуцированную часть, которая является  $IF$ -группой;

3) редуцированная часть группы  $A$  является  $IF$ -группой.

Для исследования сепарабельных  $p$ -групп нам понадобится понятие инвариантов Ульма – Капланского.  $k$ -тым инвариантом Ульма – Капланского  $f_A(k)$  называется ранг факторгруппы  $p^k A[p] / p^{k+1} A[p]$  ([4], с. 182).

**Определение 2.** Пусть  $A$  – сепарабельная  $p$ -группа. Строго возрастающую последовательность неотрицательных целых чисел  $i_0, i_1, \dots, i_n, \dots$  назовем допустимой для группы  $A$ , если для инвариантов Ульма – Капланского этой группы выполняется система равенств

$$f_A(k) = \sum_{i=i_k}^{i_{k+1}-1} f_A(i), \quad k \in \mathbf{N}_0. \quad (1)$$

**Теорема 5.** Неограниченная сепарабельная  $p$ -группа с конечными инвариантами Ульма – Капланского не является  $IF$ -группой, если для нее существует только одна допустимая последовательность и эта последовательность имеет вид  $0, 1, 2, \dots$

**Следствие 6.** Неограниченная сепарабельная  $p$ -группа не является  $IF$ -группой, если ее инварианты Ульма – Капланского конечны и образуют возрастающую последовательность.

Напомним, что периодически полной  $p$ -группой называется периодическая часть  $T(\bar{B})$   $p$ -адического пополнения  $\bar{B}$  прямой суммы  $B$  циклических  $p$ -групп ([5], с. 22).

**Теорема 7.** Для периодически полной  $p$ -группы  $A$  с конечными инвариантами Ульма – Капланского следующие условия эквивалентны:

- 1)  $A$  не является  $IF$ -группой;
- 2) базисная подгруппа группы  $A$  не является  $IF$ -группой;
- 3)  $A$  – ограниченная группа или  $A$  – неограниченная группа, для которой существует только одна допустимая последовательность и эта последовательность имеет вид  $0, 1, 2, \dots$

### **Литература**

1. Beaumont R.A., Pierce R.S. Isomorphic direct summands of abelian groups. // Math. Annalen, 1964, 153, 21-37.
2. Monk G.S. Abelian  $p$ -groups without proper isomorphic pure dense subgroups. // Ill. J. Math., 1970, 14, №1, 164-177.
3. Goldsmith B., Óhógáin S., Wallutis S. Quasi-minimal groups. // Proc. Of Amer. Math. Soc., 2004, vol.132, №8, 2185-2195.



4. Фукс Л. Бесконечные абелевы группы. – М.: Изд-во «Мир», 1974. – Т.1. – 336 с.
5. Фукс Л. Бесконечные абелевы группы. – М.: Изд-во «Мир», 1977. – Т.2. – 416 с.

## О ЛОКАЛЬНО ЦИКЛИЧЕСКИХ И КОЦИКЛИЧЕСКИХ ГРУППАХ

*Прокопчук И. И.*

Томский государственный педагогический университет

Легко показать, что группа  $\langle Q, + \rangle$  не является циклической группой. Однако, структура ее подгрупп  $L(Q)$  весьма «богата» циклическими группами. Более точно: каждая конечно порожденная подгруппа группы  $\langle Q, + \rangle$  является циклической. Группы, обладающие указанным свойством, называются локально циклическими.

В работе рассмотрены две локально циклические группы и доказан критерий коциклическости. Свойством коциклическости обладает группа  $\langle C_p^\infty, \cdot \rangle$ , но не обладает группа  $\langle Q, + \rangle$ . Доказанные в работе утверждения предложены в качестве задач в [1], [2], [3].

**Предложение 1.** Группа  $\langle Q, + \rangle$  локально циклическая.

Доказательство. Пусть  $H = \langle q_1, q_2, \dots, q_n \rangle \subseteq Q$ . Покажем, что  $H$ -циклическая. Пусть для каждого  $i \in [1; n]$   $q_i = z_i / m_i$ , рассмотрим число  $1 / [m_1 \dots m_n] = 1/m^*$ . Очевидно, что для каждого  $i$   $q_i = k_i \cdot 1/m^*$ ,  $k_i \in Z \Rightarrow$  каждый  $q_i \in \langle 1/m^* \rangle$ . Так как для каждого  $h \in H$   $h = z_1 q_1 + z_2 q_2 + \dots + z_n q_n \Rightarrow h \in \langle 1/m^* \rangle \Rightarrow H \subseteq \langle 1/m^* \rangle$ . Так как каждая подгруппа циклической группы сама является циклической, получаем что  $H$  – циклическая. ■

**Следствие.**  $\langle Q, + \rangle$  не является конечно порожденной группой.

В противном случае, согласно предложению 1, группа  $\langle Q, + \rangle$  - являлась бы циклической.

**Предложение 2.** Каждая подгруппа  $H$ , отличная от  $\{0\}$ , группы  $\langle Q, + \rangle$  либо бесконечная циклическая, либо  $H = \bigcup_{i=1}^{\infty} H_i$ , где  $\{H_i\}_i$  ( $i \in N$ ) – последовательность вложенных друг в друга бесконечных циклических групп.

Доказательство. Так как  $|Q| = \aleph_0$ , то и в каждой ее подгруппе каждая система образующих либо конечна, либо счетна.

Рассмотрим случай

- 1)  $H = \langle q_1, q_2, \dots, q_n \rangle$ . Согласно предложению 1, подгруппа  $H$  – циклическая.

$$2) H = \langle q_1, q_2, \dots \rangle. \text{ Положим } H_1 = \langle q_1 \rangle, H_2 = \langle q_1, q_2 \rangle \dots \\ H_n = \langle q_1, q_2, \dots, q_n \rangle \dots$$

Очевидно, что  $H_1 \subset H_2 \subset H_3 \subset \dots$ . Согласно предложению 1, для каждого  $i$   $H_i$  является циклической группой.

Так как  $H = \bigcup_{i=1}^{\infty} H_i$ , то утверждение доказано. ■

В частности  $Q = \bigcup_{n=1}^{\infty} \langle \frac{1}{n!} \rangle$ .

1) Так как  $\frac{1}{n!} = \frac{n+1}{(n+1)!}$ , то  $\langle \frac{1}{n!} \rangle \subset \langle \frac{1}{(n+1)!} \rangle$ .

2) Пусть  $\frac{z}{m} \in Q$ , где  $z \in Z$  и  $(z; m) = 1$ . Поскольку  $\frac{z}{m} = \frac{z(m-1)!}{m!} \in \langle \frac{1}{m!} \rangle$ , то  $\frac{z}{m} \in \bigcup_{n=1}^{\infty} \langle \frac{1}{n!} \rangle$ . ■

Обратимся теперь к так называемой квазициклической группе  $C_{p^\infty}$ .

Пусть  $C_{p^\infty} = \{x \in \mathbb{C} \mid \exists N^r o(x) = p^r\}$ .

Справедливо следующее

**Предложение 3.**  $C_{p^\infty} = \bigcup_{n=1}^{\infty} C_{p^n}$ .

Доказательство. 1) Пусть  $g \in C_{p^\infty}$ , тогда  $o(g) = p^r$ ,  $g^{p^r} = e \Rightarrow g$  – корень уравнения  $x^{p^r} = e \Rightarrow g \in C_{p^r}$ , то есть  $C_{p^\infty} \subset \bigcup_{n=1}^{\infty} C_{p^n}$ .

2) Пусть  $a \in C_{p^n} \Rightarrow a^{p^n} = e$ . Пусть  $o(a) = m \Rightarrow p^n \mid m$ ,  $m = p^k$ , где  $k \leq n \Rightarrow a \in C_{p^k} \subset C_{p^n} \subset C_{p^\infty}$ .

Таким образом,  $C_{p^\infty} = \bigcup_{n=1}^{\infty} C_{p^n}$ . ■

**Предложение 4.**  $C_{p^\infty} \triangleright \langle C^*, \cdot \rangle$ .

Доказательство. Поскольку  $\langle C^*, \cdot \rangle$  – абелева группа, то достаточно доказать, что  $\forall_{C_{p^\infty}} g_1, g_2 (g_1 g_2^{-1} \in C_{p^\infty})$ . Пусть  $g_1, g_2 \in C_{p^\infty}$ . Тогда, согласно предложению 3,  $g_1 \in C_{p^s}$ ,  $g_2 \in C_{p^k}$ , где  $k \geq s$ , тогда  $g_1 \in C_{p^k}$ . Но  $C_{p^k}$  – подгруппа  $\Rightarrow g_1 g_2^{-1} \in C_{p^k} \Rightarrow g_1 g_2^{-1} \in C_{p^\infty}$ . ■

Рассмотрим структуру подгрупп  $L(C_{p^\infty})$ .

**Теорема 5.** Каждая подгруппа  $H \triangleleft C_{p^\infty}$  является конечной циклической группой, изоморфной некоторой  $C_{p^k}$ .

Доказательство. Согласно предложению 3,  $C_{p^\infty} = \bigcup_{k=1}^{\infty} C_{p^k}$ , где каждая  $C_{p^k}$  – циклическая группа. Выберем в каждой из них образующий элемент: пусть

- $a_1$  – образующий  $C_p$  –  $o(a_1) = p$ ,
- $a_2$  – образующий  $C_{p^2}$  –  $o(a_2) = p^2$ ,
- .....
- $a_r$  – образующий  $C_{p^r}$  –  $o(a_r) = p^r$ ,

.....  
 Пусть  $H \leq C_{p^\infty}$ ,  $H \neq C_{p^\infty}$ .

Покажем, что  $a_1 \in H$ . Действительно,  $C_p = \{e, a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p-1}\}$ ,  $o(a_{1j}) = p$ .

1) Если хотя бы один  $a_{1k} \in H \Rightarrow \langle a_{1k} \rangle \subset H$ , так как  $a_{1k}$  – образующий элемент группы  $C_p$ , следовательно,  $\langle a_{1k} \rangle = C_p \Rightarrow C_p \subset H \Rightarrow a_1 \in H$ .

2) Предположим, что ни один из элементов  $C_p \setminus \{e\} \notin H$ , так как  $H \neq \{e\}$ , тогда  $\exists_H h : o(h) = p^r$ , где  $r > 1$ , так как  $h \in H \Rightarrow \langle h \rangle \subset H \Rightarrow C_{p^r} \subset H$ , но  $C_p \subset C_{p^r} \subset H \Rightarrow C_p \subset H \Rightarrow a_1 \in H$ .

Так как  $\{a_1, a_2, \dots\} \not\subset H \Rightarrow \exists_N k (a_k \in H, a_{k+1} \notin H)$ . Докажем, что  $H = C_{p^k}$ .

Так как  $a_k \in H$  и  $a_k$  – образующий  $C_{p^k}$ , то  $C_{p^k} \subset H$ .

Покажем, что  $H \subset C_{p^k}$ . Пусть  $\exists h \in H \setminus C_{p^k}$ ; так как  $C_p \subset C_{p^2} \subset \dots \subset C_{p^k}$ , то  $o(h) = p^r$ , где  $r > k \Rightarrow h \in C_{p^r}$ , так как  $a_r$  – образующий в  $C_{p^r} \Rightarrow \langle a_r \rangle = \{e, h, h^2, \dots, h^{p^r-1}\} = \{e, a_r, \dots, a_r^{p^r-1}\} = C_{p^r} \Rightarrow \langle a_r \rangle \subset H \Rightarrow a_r \in H$ , где  $r > k$ . Следовательно,  $C_{p^r} \subset H$ , так как  $k+1 \leq r$ , то  $C_{p^{k+1}} \subset C_{p^r} \subset H \Rightarrow C_{p^{k+1}} \subset H \Rightarrow a_{k+1} \in H$ . Получили противоречие с выбором  $k$ .

Вывод:  $H = C_{p^k}$ . ■

**Следствие:** группа  $C_{p^\infty}$  является локально циклической.

Итак, обе группы  $\langle Q, + \rangle$ ,  $\langle C_{p^\infty}, \cdot \rangle$  являются локально циклическими. Приведем теперь характеристику, отличающую одну из этих групп от другой.

**Определение 6.** Абелева группа  $\langle A, \cdot \rangle$  называется коциклической, если  $\exists_{A \setminus \{e\}} a \forall \varphi \in \text{Hom}(A, B) (a \notin \text{Ker} \varphi \Rightarrow \varphi - \text{мономорфизм})$ .

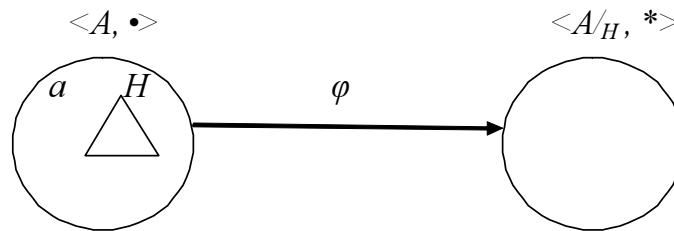
В этом случае элемент  $a$  называют кообразующим группы  $\langle A, \cdot \rangle$  [2].

Справедлива следующая

**Теорема 7 (критерий коциклическости)** Для того, чтобы абелева группа  $\langle A, \cdot \rangle$  была коциклической необходимо и достаточно, чтобы пересечение всех ее подгрупп, отличных от единичной, не равнялось единичной подгруппе:

$\bigcap_\alpha H_\alpha \neq \{e\}$ , если  $H_\alpha \neq \{e\}$ .

Доказательство. Необходимость.



Пусть  $a$  – кообразующий элемент и пусть существует неединичная подгруппа  $H$  группы  $\langle A, \cdot \rangle : a \notin H$ . Профакторизуем группу  $A$  по  $H$ , так как  $H \triangleright A$ . Рассмотрим канонический гомоморфизм  $\varphi : \varphi(x) = xH$ .

Тогда  $\text{Ker}\varphi = \{x \in A \mid \varphi(x) = H\}$ . Так как  $\varphi(x) = xH$  и  $\varphi(x) = H$ , то  $xH = eH \Leftrightarrow xwe \Leftrightarrow xe^{-1} \in H \Leftrightarrow x \in H$ , таким образом  $\text{Ker}\varphi = H$ , то есть  $x \in \text{Ker}\varphi \Leftrightarrow x \in H$ . Из предположения  $a \notin H \Rightarrow a \notin \text{Ker}\varphi$ , то есть, согласно определению  $\varphi$  является мономорфизмом. Однако, рассмотрим  $\langle A/H, * \rangle$ . Так как  $H \neq \{e\}$ , то в ней существует хотя бы один элемент  $h \neq e$ . Имеем  $\varphi(h) = H$  и  $\varphi(e) = H \Rightarrow \varphi$  не является мономорфизмом, следовательно,  $a$  принадлежит каждой неединичной подгруппе.

Достаточность. Докажем истинность импликации:  $(\forall \varphi \in \text{Hom}(A, B) (a \notin \text{Ker}\varphi) \rightarrow \varphi\text{-мономорфизм})$ . Пусть  $\varphi \in \text{Hom}(A, B)$ , где  $B$  – любая группа. Тогда возможны два случая:

1)  $\text{Ker}\varphi = \{e\}$ , так как  $a \neq e \Rightarrow a \notin \text{Ker}\varphi$ , то есть посылка импликации – истинна. Согласно свойству гомоморфизма  $\varphi$  является инъекцией тогда и только тогда, когда  $\text{Ker}\varphi = \{e\}$ , следовательно, заключение импликации также истинно, а значит, вся импликация истинна.

2)  $\text{Ker}\varphi \neq \{e\}$ , так как  $a$  принадлежит пересечению всех неединичных подгрупп, то  $a \in \text{Ker}\varphi$ , следовательно, посылка импликации ложна, тем самым импликация истинна, не зависимо от заключения. ■

Вывод: так как  $\bigcap_{k=1}^{\infty} C_{p^k} = C_p$ , где  $C_p \neq \{e\}$ , то группа  $C_{p^{\infty}}$  является коциклической.

С другой стороны, очевидно, что пересечение всех ненулевых подгрупп группы  $\langle \mathbb{Q}, + \rangle$  есть нулевая подгруппа. Таким образом, группа  $\langle \mathbb{Q}, + \rangle$  не является коциклической.

## ***Литература***

---

1. Крылов П.А. Упражнения по группам, кольцам и полям. – Томск: Томский государственный университет, 2008.
2. Фукс Л. Бесконечные абелевы группы. – М.: Мир, 1974. – с.25
3. Чехлов А.Р. Упражнения по основам теории групп. – Томск, 2004.

# МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

## ПОИСК ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ

*Воронова А. А.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: В. А. Панчишина, к.ф.-м.н.н., доц.*

Известно, что совершенствование школьного математического образования и педагогического мастерства учителя - всегда продолжающийся процесс. С начала XX в. совершенствование процесса обучения математике связывается, в частности, с решением задачи более полного использования потенциальных возможностей методики поискового познания и активно управляемого учения; сочетания в деятельности учителя на уроке функций преподавания, организации и управления учением; формирования у школьников устойчивого познавательного интереса, положительного отношения к учению [6, с. 150].

Рассматривая проблемы организации процесса обучения математике, отечественные методисты всегда придавали особое значение задаче развития познавательного интереса учащихся средствами учебного предмета «математика». Еще в середине XXв. В.В. Репьев писал, что умелое обучение математике дает богатейший материал развития познавательных сил учащихся и элементов творчества. Обучение организуется так, что учащиеся под руководством учителя проявляют активность и инициативу в «открытии» правил и теорем, в отыскании доказательств, в решении разнообразных задач [7, с. 22]. И позднее методисты подчеркивали, что успехи в обучении математике во многом зависят от развития у учащихся устойчивого интереса к предмету.

Считается, что познавательный интерес к содержанию учебного процесса стимулирует активность обучающихся, а «сочетание познавательного интереса к предмету и профессиональной мотивации оказывает наибольшее влияние на успехи в учении» [2, с. 47]. Поэтому развитие познавательного интереса является актуальным не только для школьного обучения. Для вузовской методики обучения математике также важное значение имеет ориентация педагогического процесса на возбуждение интереса к предмету изучения.

Хотя роль и функции студентов принципиально отличаются от учебной деятельности учащихся, студенты — взрослые, ответственные люди, целенаправленно формирующие свои знания и профессиональную подготовку, тем не менее, и в высшей школе большое значение для учебного процесса имеет познавательный интерес студентов, возникающий на основе осознанной мотивировки [1, с. 114]. У студентов происходит изменение взаимодействия учебных целей и мотивов, в ходе которого формируются внутренние мотивы учебной деятельности, в частности, познавательные и профессиональные [4, с. 22]. Интерес и мотивы для учебного процесса являются основой, на которой возникают, закрепляются и развиваются знания, навыки и практический опыт студентов. Мотивация, интерес, потребность познания — все это необходимые условия учебной деятельности [1, с. 218].

Известно, что важнейшим условием успешности новых педагогических технологий и методов обучения является всемерная и очень тонко организованная поддержка и развитие заинтересованности учащихся в явлениях, фактах, выводах и проблемах предмета обучения. Поэтому актуальной проблемой педагогического образования является разработка таких способов взаимодействия учителя и ученика,

- когда познавательный интерес становится ценнейшим мотивом познавательной деятельности,
- когда наибольшее влияние на успехи в учении оказывает сочетание познавательного интереса к предмету и профессиональной мотивации.

Сегодня информационные компьютерные технологии вносят огромное количество новых возможностей во все области процесса обучения. Эти технологии являются не только источником технического обеспечения, но и базой для реализации идей и методов современной педагогической теории и практики. Возникают вопросы: Как при обучении геометрии в вузе использовать возможности компьютерных технологий? Можно ли развивать познавательный интерес, опираясь не только на «содержание познаваемого», но и на технологию его предъявления?»

Исследования, проводимые психологами, показали, что, работая с компьютером, учащиеся глубже вникают в суть вопроса, у них появляется интерес к предмету [3, с. 156]. Поэтому учителю необходимо использовать средства ИКТ во взаимосвязи с постоянным поиском создания такой методики обучения, которая позволила бы оказывать своевременную помощь учащемуся, избавляя тем самым его от многих затруднений, потери интереса и других негативных последствий,

которые сопровождают плохо управляемый учебный процесс [5, с. 167-179].

Чтобы компьютер предоставлял ученику возможность работать независимо от других, самому отбирать то, что представляет интерес, что кажется полезным для реализации личностных целей, необходимо иметь разнообразные компьютерные средства обучения, которые бы использовались на каждом учебном занятии. Одним из таких средств обучения является интерактивная обучающая программа.

Чтобы обучение стимулировало творческую активность школьников, заинтересовывало их и тем самым способствовало развитию познавательных сил необходимо, чтобы на каждом уроке были созданы такие условия, которые способствовали бы развитию познавательного интереса учащихся.

Курс геометрии является одной из составляющих профессиональной подготовки будущего учителя математики, в связи с чем проблема интереса и успешности студентов имеет непосредственное отношение к процессу обучения этому предмету. Тогда возникает вопрос: как решать проблему развития интереса средствами учебного предмета «геометрия», а именно:

- 1) как на начальном этапе обучения будущих учителей математики можно использовать такое средство развития познавательного интереса как содержание учебного материала;
- 2) можно ли считать, что при обучении геометрии ключом к развитию познавательного интереса является оригинальность и сложность рассматриваемых геометрических конструкций;
- 3) можно ли, используя традиционные формы обучения, добиться положительного отношения и высоких результатов при рассмотрении определенной темы курса геометрии.

Чтобы выяснить, как содержание учебного материала по геометрии влияет на развитие познавательного интереса, было проведено экспериментальное исследование по теме «Способы задания прямой на плоскости». На первом этапе студентам предлагалась самостоятельная работа, содержащая задания и к ним ответы для самоконтроля.

Результаты первого этапа эксперимента показали, что при традиционных формах обучения оригинальность конструкции и сложность задания не повлияли на интерес студентов к данной теме. Была выдвинута гипотеза, что нужна более четкая система подсказок.

На втором этапе эксперимента была изменена форма заданий. Теперь появились подсказки в виде чертежа к первой задаче, символы-



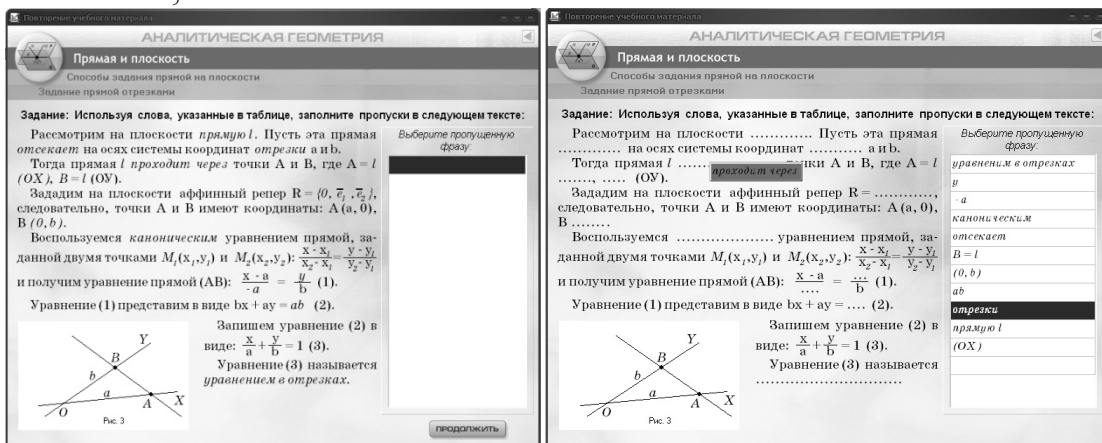
ной записи ко второй и описания некоторых этапов решения к третьей задаче.

Проведенное после этого анкетирование показало, что для успешного решения задач по этой теме студентам необходимо иметь: описание некоторых этапов решения задачи, полезную символическую запись или хотя бы чертеж. Другими словами, при решении геометрических задач студенту необходима индивидуальная помощь в виде системы подсказок разного типа. Такую систему можно реализовать в компьютерной обучающей программе. Заметим, что данное исследование было описано в работе [8, с. 51].

Как считают специалисты, современный педагог с неизбежностью должен осваивать новые образовательные подходы, опирающиеся на средства и методы индивидуального компьютерного обучения. Одной из составляющих такого освоения может являться собственная разработка педагогического программного средства обучения.

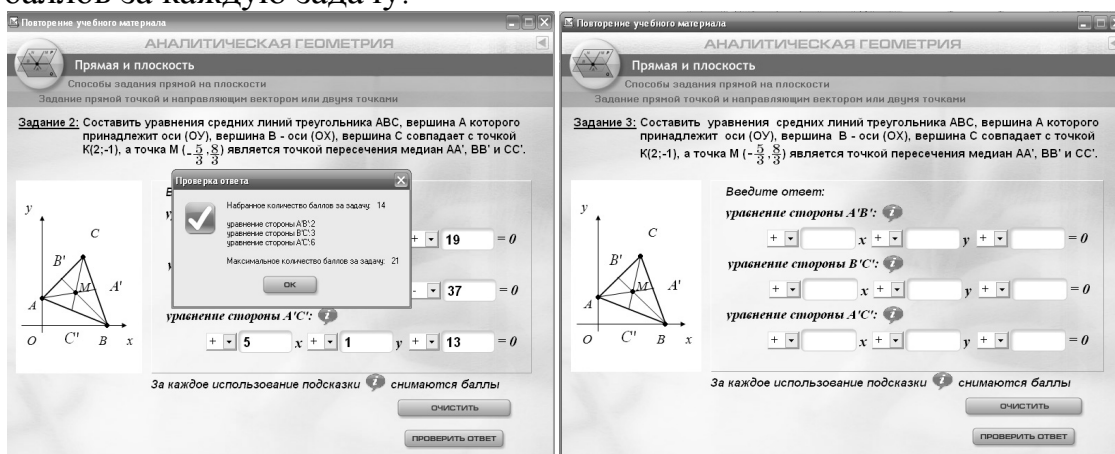
В рамках данного исследования разрабатывается обучающая программа по геометрии «Прямая на плоскости», которая предназначена для студентов физико-математического факультета. В данной программе обучаемому предоставляется возможность в интерактивном режиме повторить теорию по теме «Прямая на плоскости» и решить ряд задач.

Представим некоторые фрагменты данной программы. Во-первых, повторение теории организовано в виде работы с текстом в интерактивном режиме. Студенту предлагается заполнить пропуски в тексте, используя слова, указанные в таблице. Кнопка продолжить появляется только тогда, когда все пропуски в тексте будут правильно заполнены;



Во-вторых, решение задач организовано следующим образом: после выбора задачи появляется окно, которое содержит условие задачи, рисунок к условию задачи и «активное поле» (устройство для ввода ответа).

В- третьих, программа отслеживает правильность решения и, учитывая использование подсказок и попыток, определяет количество баллов за каждую задачу.



В заключении отметим, что:

- на развитие интереса влияют такие характеристики учебного материала по геометрии как оригинальность и сложность рассматриваемых геометрических конструкций;
- чтобы добиться положительного отношения и высоких результатов при обучении геометрии необходимо использовать не только традиционные формы обучения;
- чтобы у учащихся появлялся интерес к предмету можно использовать компьютерную поддержку отдельных тем курса.

## Литература

1. Архангельский С. И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы. Учеб.-метод. пособие / С.И. Архангельский. - М.: Высш. школа, 1980. – С.368.
2. Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход: Метод.пособие /А.А. Вербицкий. – М.: Высш. шк., 1991. – С.207.
3. Коджаспирова Г. М. Технические средства обучения и методика их использования : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Коджаспирова, К. В. Петров. - 5-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – С.352.
4. Кукушин В.С. Дидактика (теория обучения): Учебное пособие / В.С. Кукушин. - М.: ИКЦ «Март», Ростов на Дону: Издательский центр «Март», 2003. – С.368.
5. Мартиросян Л.П. Использование информационных технологий в процессе преподавания математики в средней школе / Школьные технологии, 2007, №5.
6. Метельский Н.В. Пути совершенствования обучения математике: Пробл. соврем. методики математики / Н.В.Метельский. – Мн.: Университетское, 1989. – С.160.

7. Репьев В.В. Общая методика преподавания математики: Пособие для пед. институтов / В.В. Репьев. – М.: Учпедгиз, 1958. – С.223.
8. XIII Всероссийская конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и образование» (20-24 апреля 2009г.): В 6 т. Т.I. Естественные и точные науки; ГОУ ВПО «Томский государственный педагогический университет». – Томск: Издательство ТГПУ, 2009. – С.412.

## **ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ**

*Купреева Ю. А.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Т. А. Сазанова, к.т.н., доц.*

Главное богатство современной России – ее интеллектуальный потенциал, и система образования должна быть нацелена на то, чтобы помочь детям проявить себя, создать условия удовлетворения их интеллектуальных потребностей, формирования научных взглядов на мир. Для выполнения этого социального заказа в школах организована научно-исследовательская работа со школьниками и создано Научное Общество Учащихся.

Научно-исследовательская деятельность в школе № 51 г. Томска рассматривается как проектно-организационная педагогическая модель, содержание которой заключается в том, чтобы в рамках различных форм образовательной деятельности (элективные курсы, индивидуальные проекты, научное общество учащихся) учащиеся выполняли проектные и исследовательские работы по естественным, точным и гуманитарным наукам. Главная цель данного подхода – активизировать обучение, придав ему исследовательский, творческий характер, передавая учащимся инициативу в организации своей познавательной деятельности.

Для организации учебно-исследовательской деятельности в школе существует современное научно-техническое обеспечение, позволяющее знакомить учащихся с методами поиска научной информации, использования компьютерных технологий, с возможностями мультимедийных программ, средой Интернет. Для теоретической подготовки будущих исследователей организован элективный курс «Введение в научно-исследовательскую деятельность учащихся», где ребята знакомятся с основными этапами, характерными для научного исследования.

При выполнении учебно-исследовательской работы, которая продолжается весь учебный год, учащиеся получают неформальные и очень глубокие знания в соответствующей области науки, развивают

свои творческие способности, навыки исследовательской деятельности, воплощают свои знания и способности в реальном исследовательском проекте. Результаты своего исследования учащиеся представляют на ежегодной школьной конференции. Затем лучшие работы отправляются на районный и республиканский конкурсы исследовательских работ учащихся.

Для того чтобы пробудить интерес к изучению математики и повысить общий уровень математической подготовки, привлекают учащихся к учебно-исследовательской деятельности в рамках дополнительного образования.

Темы исследовательских работ подбираются согласно интересам и способностям учащихся: это могут быть как работы по истории математики и её приложениям, так и работы, посвященные определенным математическим методам. В процессе подготовки работы учащиеся получают возможность не только расширить свой кругозор и познакомиться с методами проведения научных исследований, но и научиться красиво и грамотно представлять результаты исследований (подготовка докладов, рефератов, конкурсных работ, написание тезисов и статей), а также приобрести опыт публичного выступления.

Выбор темы исследования – наиболее сложная проблема, которую приходится решать учителю при организации исследовательской деятельности в школе. Довольно трудно находить интересные, перспективные темы для проведения исследования, то есть темы, обещающие интересные результаты. «Мечта для учителя – чтобы ученик сам нашёл перспективную тему для своего исследования. Но даже учителю это бывает трудно – очень часто оказывается, что полученный результат уже давно известен. Но и в этом случае красивая теорема не теряет своей красоты, особенно если она сформулирована и доказана учеником самостоятельно».

Исследовательская работа – деятельность творческая как для учителя, так и для ученика. Очень важно привить учащимся умения самостоятельной творческой деятельности. Только при самостоятельной работе воспринятая информация перерабатывается в знания, а знания в умения и навыки.

При организации творческой деятельности важно учитывать, что такие приёмы, как поощрение, добровольность, позитивное отношение к творческим удачам, сниженная критичность, свобода оценок, активизируют деятельность школьников, становятся фактором оптимизации творческого развития детей, ориентируя их на созидание, самопознание и саморазвитие нравственного потенциала.

Привлечение учащихся к выполнению творческих учебно-исследовательских работ имеет воспитательный характер. Оно способствует развитию целеустремленности, трудолюбия и силы воли, формированию стремления к познанию, самостоятельности мышления. Как правило, к моменту завершения учебно-исследовательской работы, учащиеся свободно владеют современными информационными технологиями, поэтому результаты работы представляют в виде презентаций в PowerPoint. Это придает работам практический смысл, так как все подготовленные учащимися материалы используются в дальнейшей работе школьного научного общества учащихся, классными руководителями при проведении тематических классных часов и для включения в исследовательскую деятельность младших школьников.

Во время практики в этой школе был проведен эксперимент по обучению (организации) исследовательской деятельности в 7 «Б» классе. На предложение включиться в работу откликнулся почти весь класс.

В плане эксперимента были разработаны консультации по подготовке учеников к исследовательской работе.

К первой консультации был подготовлен список математических тем, к каждой теме запланировано содержание работы, подобран список литературы.

*Примеры тем:*

### **1. «Магическое число семь»**

Семь в религии, семь в истории народов, семидневная неделя, семь возрастов человеческой жизни, семь смертных грехов, семь и мистика, семь чудес света, семь нот на нотном стане, семь цветов радуги, семь искусств Средневековья, семь в детской литературе и др.

Литература:

- 1) Демпан И.Я., Виленкин Н.Я. За страницами учебника математики, 1989.
- 2) Гусак Г.М. и Е.А. В мире чисел, 1987.
- 3) Волина В. Праздник числа, 1993.

### **2. «Женщины – математики»**

Биографическая справка: Феано, Гепатия Александрийская, Мария Гастана Агнеси и др.

Русские женщины-математики: Е.Ф. Литвинова, С.Ф. Ковалевская, Н.Н. Гернет и т.д.

Литература:

- 1) Зенкевич И.Г. Судьба таланта (очерки о женщинах – математиках), 1964.

- 2) Шюрэ Э. Великие посвященные, 1981.
- 3) Эванс Э. Рожденная для свободы. История американских женщин.

### **3. «Математические загадки пирамиды Хеопса»**

Кто такой Хеопс, разбираем пирамиду по частям (вид сверху, внутри), геометрическая модель пирамиды Хеопса, интересные факты (объем, вместимость, периметр, диагональ, медиана, широта, длина).

Литература:

- 1) Томпкинс П. Тайны великой пирамиды Хеопса, 2005.
- 2) Бьювэл Р., Джилберт Э. Секреты пирамид, 1983
- 3) Бабанин В.П. Тайны великих пирамид, 1999.

Этот список был предложен учащимся класса. Некоторые ребята проявили инициативу, самим придумали темы.

Домашним заданием ко второй консультации было:

- 1) Определиться с темами;
- 2) Составить план работы;
- 3) Подобрать литературу.

Вторая консультация посвящена работе по выбранной теме. Она прошла более оживленно. Ребята с интересом рассказывали о выбранных темах. У некоторых возник вопрос с подбором литературы. Поэтому был подготовлен мини-сборник, в нём подробно описывался план, список литературы для каждой темы. Домашнее задание к третьей консультации: подготовить информацию по выбранным темам.

Третья консультация посвящена проверке информации. Были сделаны замечания: частичное раскрытие плана, содержание не соответствует теме, очень мало информации. Ошибки были устранены.

Продолжением консультации послужило объяснение, как нужно правильно оформить реферат. На примере темы «Женщины – математики» ребятам были подробно описаны компоненты содержания реферата.

Компоненты содержания:

- Титульный лист.
- План-оглавление (в нем последовательно излагаются название пунктов реферата, указываются страницы, с которых начинается каждый пункт).
- Введение (формулируется суть исследуемой проблемы, обосновывается выбор темы, определяется ее значимость и актуальность выбранной темы, указывается цель и задачи реферата, дается анализ использованной литературы).

- Основная часть (каждый раздел, доказательно раскрывая отдельную проблему или одну из её сторон, логически является продолжением предыдущего; даются все определения понятий, теоретические рассуждения, исследования автора или его изучение проблемы).
- Заключение (подводятся итоги или дается обобщенный вывод по теме реферата, предлагаются рекомендации).
- Список литературы (в соответствии со стандартами).

После объяснений было предложено детям также к реферату сделать презентацию, и приведены многочисленные плюсы презентации.

Четвёртая консультация проходила через две недели. Кто-то из ребят принёс реферат в письменном, а кто-то в электронном виде на проверку. Подготовка доклада и презентации.

К пятой консультации были проверены работы и написаны отзывы, в каждой работе указаны недочеты.

Основные недочеты:

- Разбить текст на пункты, которые отражены в плане;
- Добавить информацию;
- Добавить иллюстрации;
- Написать заключение по работе;
- Указать список литературы (не менее трёх источников).

На этой же консультации мы условились, что мини-конференцию будем проводить на недели математической декады.

Обычно к конференции готовится аудитория либо класс, который украшается плакатами, математическими газетами, на доске вывешивается название конференции. Приглашаются гости – это могут быть учащиеся других классов, учителя, родители. Выбираются жюри для выставления оценок и группа, выбирающая те рефераты, которые в дальнейшем попадают на школьную конференцию.

Конференция была проведена 28 января 2010г., заняла по длительности три урока. Ребята по очереди представляли свои рефераты и презентации. Выступали не только по одному, но и парами. Для ребят это был первый опыт в такой работе, поэтому было обсуждение, указаны ошибки и недочеты. Каждый участник мини-конференции получил сертификат. Эта работа имеет продолжение, из представленных рефератов были выбраны самые лучшие для школьной конференции.

## **Литература**

---

1. Леонтович, А. В. Учебно-исследовательская деятельность школьника как модель педагогической технологии / А. В. Леонтович. – М.: Народное образование № 10, 1999.
2. Разумовский, В. Г. Развитие творческих способностей учащихся. Пособие для учителей. / В. Г. Разумовский. - М.: Просвещение, 1975.
3. Саламатов, Ю.П. Как стать изобретателем: 50 часов творчества: Кн. для учителя. / Ю. П. Саламатов. - М. : Просвещение, 1990.

### **ГЕОМЕТРИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ГАРМОНИИ. МОДУЛОР ЛЕ КОРБЮЗЬЕ**

*Ганжа А.*

II курс, ОГОУ «ТГПК»

*Никифорова А.*

11 класс, МОУ «Зональненская СОШ»

*Руководители: Никифорова Е. П. – преподаватель ОГОУ «ТГПК»,  
Ветрова О. В. – учитель МОУ «Зональненская СОШ».*

Ле Корбюзье (настоящее имя Жаннере, Шарль Эдуард 1887-1965) – крупнейший архитектор, художник, дизайнер, теоретические и проектные идеи которого оказали исключительное влияние на развитие европейской культуры первой половины XX века.

«Самым великим» и «самым нелюбимым» архитектором XX столетия Ле Корбюзье называли не только при жизни, но и после смерти. Люди долго привыкают ко всему новому, даже если создано оно исключительно для их же блага. А между тем именно Ле Корбюзье разработал теорию воссоздания «очищенных» от деталей предметных форм, так называемого пуризма. Он верил в то, что общество можно усовершенствовать, рационально преобразуя структуру города и жилища, развивал идею «города-сада». Именно он создал систему гармонических величин, которая основывается на пропорциях человеческого тела, так называемый модульор, и предложил ее как исходную в строительстве и художественном конструировании. Одной из главных заслуг Ле Корбюзье считается то, что в 1926 году он сформулировал свои знаменитые «Пять отправных точек современной архитектуры», которые прекрасно иллюстрировал созданный им в 1926 году план перестройки Парижа «Буазен» и другие его проекты этого времени.

В начале 1920-х Ле Корбюзье окончательно сформулировал пять принципов единства архитектуры и конструкции, которые оформились под названием пуризма.



1. Колонна, которая свободно стоит в открытом пространстве жилища.

В начале XIX в. Джон Нэш уже применял такие колонны. В 1843 г. Лабруст в одной из комнат библиотеки св. Женевьевы установил свободно стоящие чугунные колонны, однако Ле Корбюзье использовал свободно стоящую колонну иначе: совместно с армированными балками каркаса она принимала на себя всю нагрузку, а стены становились ненесущими.

2. Функциональная независимость каркаса и стены не только в отношении наружных стен, но и внутренних членений. Уильям ле Барон Дженни в первой каркасной конструкции – Лейтер-билдинг в Чикаго (1889) тоже использовал тип каркасного здания, допускающего свободу расположения ненесущих внутренних стен. Виктор Орта в доме на ул. де Турин (1893) и Перре в доме на ул. Франклина (1930) дали толчок гибкой трактовке плана, что обеспечивало независимость отдельных этажей друг от друга.

3. Свободный план. Ле Корбюзье превратил железобетонный каркас из технического средства в фактор эстетического воздействия. Он пользовался перегородками, чтобы моделировать внутреннее пространство дома самым различным образом, используя криволинейные лестницы и изогнутые или плоские перегородки. Эти средства давали возможность гибко формировать внутреннее пространство и осуществлять взаимопроникновение внешнего и внутреннего пространств, что было необычным и смелым. Такая трактовка здания в целом – совершенно свободное и индивидуализированное моделирование пространства в пределах каждого этажа – все это в сумме составляет то, что он подразумевал под термином «свободный план». К этому времени разница между свободной планировкой Райта и методом европейских архитекторов стала очевидной. Работа последних основана на новой пространственной концепции, выросшей из кубизма.

4. Свободный фасад как непосредственное следствие каркасной конструкции.

5. Сад на крыше. Чтобы понять структуру домов Райта, их нужно обойти кругом. В творчестве Корбюзье плоская крыша является актом дополнительного пространственного раскрытия дома кверху. Плоскую крышу Ле Корбюзье применял уже в 20-х и 30-х годах для односемейных домов. В дальнейшем своем развитии планировка крыши была сильно изменена и привела к тончайшему моделированию, характерному для Жилой единицы в Марселе.

Однако Ле Корбюзье не пытался придать своим принципам значение нерушимых канонов. И он сам никогда не останавливался в своем

развитии, вбирая в себя все новое, что появлялось вокруг него. Он оставался верен своему принципу, что «архитектура - это склад ума, а не ремесла».

Сейчас еще нельзя полностью оценить все значение творчества Ле Корбюзье. Но цельность его гениального вклада очевидна, хотя ранние и поздние его работы сильно отличаются друг от друга. Он, как антенна, был настроен на сигналы времени и принимал их одним из первых. Капелла в Роншане (1955) по архитектурному облику отличается от виллы Савой (1929), от доминиканского монастыря в Ла Туретт около Лиона (1959) и от дома Ла Рош (1923-1924) в Отейле.

В истории современной архитектуры Ле Корбюзье не раз выступал в роли первооткрывателя. Страстный полемист в защите своих убеждений, он, однако, всегда умел трезво оценить изменяющуюся обстановку и не канонизировать свои принципы. Главным в «новой архитектуре» он считал метод творчества.

В 40-е гг., исследуя проблему архитектурного пространства, Ле Корбюзье создаёт модульор – систему гармонически связанных величин, основанных на пропорциях человеческого тела, которую он предлагает как шкалу исходных размеров для строительства и художественного конструирования. Модульор – это измерительная шкала (система гармонических величин), созданная Ле Корбюзье в 1942-1948 годах, как инструмент пропорционального построения архитектурных форм. Сам архитектор говорил о ней: "Создание системы модульор, призванной нормализовать и индустриализовать строительство не только во Франции, но и на всех континентах, поскольку в наше время промышленная продукция путешествует по миру. «Модульор» примеряет футы – дюймы с метрами; он позволяет переводить фут-дюйм в десятичные меры и опрокидывает преграду, которая разделяет людей, пользующихся этими двумя различными системами мер. Это система, имеющая целью ввести в архитектуру и механику размеры и габариты, согласованные с человеческими масштабами, увязать с бесконечным разнообразием чисел те основные жизненные ценности, которые завоевывает человек, осваивая пространство".

Основу шкалы модульора составляют пропорции человеческого тела и математические вычисления. Они являются исходными размерами для строительства, позволяя размещать архитектурные элементы соразмерно человеческой фигуре. С одной стороны, по человеку с поднятой рукой определяются точки занятого пространства: нога - солнечное сплетение, солнечное сплетение - голова, голова - кончик пальцев поднятой руки - три интервала (триада), обуславливающие серию золотого сечения, называемую рядом Фибоначчи. С другой

стороны, создается простой квадрат, его удвоение и два золотых сечения.

Объекты строительства представляют собой весьма различные вместилища человека или продолжение его жестов (например, машина, мебель, книга). Модулар помогает выбрать наиболее оптимальные размеры объекта и его составляющих, соответствующие росту и пропорциям человека. Модулар построен на базе самого высокого человека ростом 6 футов (182,88 см), так как объекты нового строительства, измеряемые с помощью модулора, предназначены для людей различного роста.

Компоненты модулора включают: линейку длиной 226 см (89 дюймов), измерительную таблицу с двумя сериями (красной и голубой) для расчета строений высотой до 400 м и руководство по его применению.

Описание модулора:

1) Шкала из трех интервалов: 113, 70, 43 (см), которые согласуются с  $\phi$  (золотое сечение) и рядом Фибоначчи:  $43+70=113$ , или  $113-70=43$ . В сумме они дают  $113+70=183$ ;  $113+70+43=226$ . Благодаря равенству большего элемента триады сумме двух других – и в этом ее смысл – она восстанавливает дуализм (двойственность значения) и симметричное деление, которому она противоречила.

2) Три точки фигуры человека [113 – солнечное сплетение, 183 – вершина головы (отношение  $\phi$ , 113), 226 – конец пальцев поднятой руки] плюс четвертая точка – точка опоры опущенной руки равная 86 см (отношение 140-86) определяют занимаемое им пространство.

Модулар образует двойную серию чисел – красную и голубую. Элементы триады – солнечное сплетение, голова, конец пальцев поднятой руки. Элементы дуализма – солнечное сплетение, конец пальцев поднятой руки, то есть в обоих случаях неограниченная возможность измерений: по принципу триады в красной серии модулора и дуализма – в голубой. Размер 113 определяет золотое сечение 70, показывая начало первой, красной серии. Размер 226 ( $113 \times 2$  – удвоение) определяет золотое сечение 140-86, показывая начало голубой серии.

Корбюзье с блеском использовал собственное изобретение. На бетонной стене одной из наиболее известных его построек — жилого дома в Марселе — помещен рельеф, изображающий человека с поднятой левой рукой рядом со шкалой размеров Модулора. Эта эмблема с полным правом занимает свое место у подножия дома, который с начала и до конца спропорционирован на основе Модулора. Этот опыт был не менее успешно воспроизведен и в последующих произведениях мастера.

И все-таки главный вопрос остается без ответа. Чего здесь больше — Модулора или самого Корбюзье? Не мог ли создать Корбюзье свои шедевры и без Модулора? С другой стороны, почему никто иной не может, пользуясь Модулором, создать произведения, сравнимые с его шедеврами? Великий ученый Альберт Эйнштейн так прокомментировал изобретение Корбюзье: «Это система пропорций, мешающая делать плохо и помогающая делать хорошо». Сам Корбюзье сравнивал Модулор с музыкальным инструментом — каждый может пользоваться им в меру своего таланта, но таланта он не прибавляет.

### *Литература*

---

1. Шевелев И.Ш. и др. Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии. М., Стройиздат, 1990
2. Ле Корбюзье. Модулор. М., 1976

## **ФОРМИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ СХЕМ ПОНЯТИЯ «УРАВНЕНИЕ» В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ**

*Прусова О. Н.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Э. Г. Гельфман, д.п.н., проф.*

Одним из важнейших вопросов методики математики является формирование математических понятий. Усвоение понятий – это та специфическая форма познавательной деятельности, посредством которой происходит овладение каждым учеником культурно-теоретическим опытом человечества. Л.С. Выготский пишет: «Только овладение процессом абстрагирования вместе с развитием комплексного мышления способно привести ребенка к образованию истинных понятий».

Природа понятийного мышления рассматривается в работах Дж. Брунера, Б.М. Величковского, Е.К. Войшвилло, Л.С. Выготского, П.Я. Гальперина, В.В. Давыдова, Е.Н. Кабановой-Меллер, Ж. Пиаже, С.Л. Рубинштейна, М.А. Холодной и др.

Проблемам формирования понятий посвящены исследования Э.К. Брейтигам, Л.В. Виноградовой, Э.Г. Гельфман, В.А. Гусева, В.А. Далингера, О.Б. Епишевой, Т.А. Ивановой, Н.В. Метельского, З.И. Слепкань, А.В. Усовой, Л.М. Фридмана и др.

Анализ этих работ позволяет сформулировать требования, которым должна удовлетворять система заданий, направленных на формирование понятий:

1. Мотивация введения понятия;

2. Выделение свойств понятия;
3. Актуализация различных наглядных образов и представлений о понятии;
4. Работа с терминологией и символикой, связанной с данным понятием;
5. Подключение предметного опыта учащихся к формированию понятия;
6. Включение данного понятия в систему связей с другими понятиями;
7. Создание когнитивных схем данного понятия и способов его применения.

Целью моей работы было рассмотрение одного из требований к формированию понятий - развитие когнитивных схем. Под когнитивными схемами понимаются устойчивые, типичные характеристики изучаемых математических явлений. Когнитивные схемы помогают воспроизводить типичные примеры данного класса объектов.

Б.М. Величковский [1, с. 48] выделяет такие когнитивные схемы, как:

1) Прототипы – самое существенное обобщенное представление, в котором представлен набор общих и детализированных признаков типичного объекта, подводимого под данное понятие, и который выступает в качестве основы для опознания других объектов, подводимых под данное понятие. Это может быть, например, фокус-пример.

2) Сценарий – форма хранения стереотипных знаний о последовательности действий, связанных с решением какой либо проблемы о применении данного понятия. В качестве сценариев могут выступать инструкции, правила, алгоритмы.

Темой моего исследования являлось выяснение, какие когнитивные схемы и какими методическими средствами должны формироваться в основной школе при изучении понятия “уравнение”. Одним из серьезных вопросов изучения понятия “уравнение” является его исследование: выяснение, сколько корней имеет данное уравнение, характер этих корней. Задания, связанные с исследованием уравнения часто встречаются в ЕГЭ. Приведем пример одного из таких заданий: “Выясните, при каких значениях параметра  $a$  уравнение  $2x^2+2(a+2)x+a+6=0$ , имеет два различных положительных корня”. Это задание предлагается после того, как учащиеся изучили и квадратные уравнения, и неравенства второй степени, рассмотрели связи между ними.

Рассмотрим, какими знаниями должен обладать школьник, чтобы быть успешным при выполнении данного задания.

Решение	Умения
$\begin{cases} D > 0; \\ a + 6 > 0; \\ a + 2 < 0. \end{cases}$	Знать связи между корнями уравнения и коэффициентами
$2x^2 + 2(a+2)x + a + 6 = 0.$	Опознавать квадратное уравнение со вторым четным коэффициентом
$D = (a+2)^2 - 2(a+6) = a^2 + 2a - 8.$	Находить дискриминант для различных типов уравнения
Если $D > 0$ , то уравнение имеет два различных корня	Выявлять зависимость между числом корней квадратного уравнения и его дискриминантом
$\begin{aligned} a^2 + 2a - 8 > 0; \\ a \in (-\infty; -4) \cup (2; \infty). \end{aligned}$	Уметь решать неравенства второй степени
$\begin{cases} a + 6 > 0; \\ a + 2 < 0; \end{cases}$ $a \in (-6; -2).$	Уметь решать системы неравенств
$\begin{aligned} a \in (-\infty; -4) \cup (2; \infty); \\ a \in (-6; -2). \end{aligned}$	Выбирать решение
<b>Ответ: <math>(-6; -4)</math>.</b>	

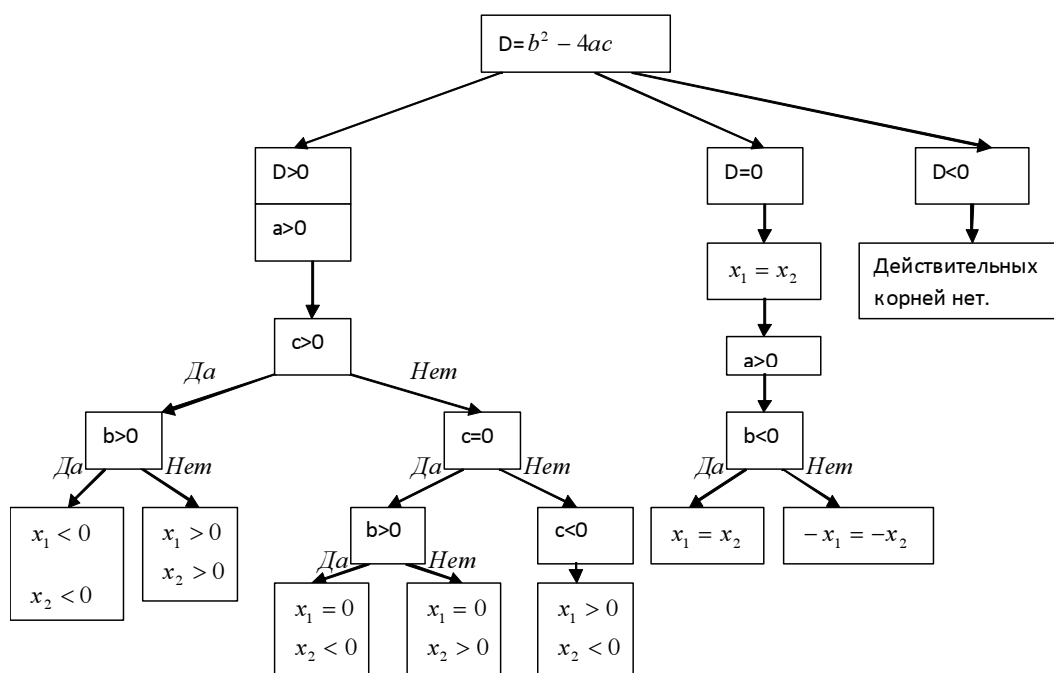
Развитию каждого из этих умений, с нашей точки зрения, должна способствовать учебная деятельность, направленная на формирование соответствующих когнитивных схем.

Остановимся на типах заданий, которые направлены на формирование когнитивных схем взаимосвязей между коэффициентами квадратного уравнения и корнями с определенными свойствами.

**I.** Составление конспектов и работа учащихся по готовым конспектам.

Приведем пример работы над одним из конспектов.

Конспект: “Знаки корней квадратных уравнений”.



«Пользуясь данной блок-схемой, определите знаки корней у следующих уравнений:  $x^2 - 2x + 1 = 0$ ;  $-3x^2 + 4x - 2 = 0$ ;  
 $x^2 + 6x + 9 = 0$ ;  $x^2 + 6x + 8 = 0$ ».

«Составьте квадратные уравнения, у которых:

- Оба корня положительных;
- Оба корня отрицательных;
- Корни разных знаков».

**II.** Составление вопросов-заданий, которые помогают выделять и фиксировать свойства корней квадратного уравнения, связанные с их знаками.

«Решите только те уравнения, оба корня которых положительные:

$$36x^2 - 84x + 49 = 0; \quad 7x^2 + 18x + 5 = 0; \quad x^2 - 4 = 5;$$

$$x^2 - 3x - 40 = 0; \quad 4x^2 - 12x + 9 = 0$$

«Впишите вместо пропусков такие коэффициенты, чтобы квадратное уравнение:

$$\dots x^2 - 3x + 1 = 0; \quad 3x^2 + \dots x + 3 = 0;$$

$$\dots x^2 + 4x + \dots = 0; \quad x^2 + \dots x = 0.$$

Имело:

- а) два корня;
- б) имело два положительных корня;
- в) два корня с разными знаками;
- г) не имело действительных корней;
- д) иметь два равных корня;
- е) имело два отрицательных корня».

*«Выясните, может ли уравнение  $6,3x^2 + b^2x + (c+2)^2 = 0$  иметь корни разных знаков».*

В данной статье мы привели лишь некоторые примеры, направленные на формирование когнитивных схем. Работа в этом направлении является важной частью работы по повышению качества обучения, т.к. по словам У. Нейссера: «Те виды информации, для которых у нас нет схем, мы просто не воспринимаем» [3].

### ***Литература***

---

1. Величковский Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – Т.2. – М.: Смысл, 2006.
2. Нейссер У. Познание и реальность – М.: Наука, 1980.

## **КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССА ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОННОГО РЕПЕТИТОРА «СИМВОЛ»**

*Скрябина Д. Н.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Т. А. Сазанова, к.т.н., доц.*

В условиях современных объемов учебных программ контроль текущих знаний учащихся со стороны учителей становится главной технологической причиной ее неэффективности. Дело в том, что оперативность обратной связи по итогам контроля знаний со стороны учителей составляет сутки и более. По этой причине невозможно организовать эффективное (производительное) самостоятельное обучение учащихся.

Отсюда низкая эффективность (производительность) группового обучения учащихся в условиях интенсивных учебных программ. Поэтому качество обучения обеспечивается лишь до некоторого предельного объема учебных программ. Превышение предельного объема учебных программ ведет к сокращению интервалов между учебными темами, которое, в свою очередь, не позволяет учителям обеспечивать учащимся более одной процедуры контроля качества знаний по текущей теме.

Технология «Символ» — это автоматизированная технология обучения и мониторинга знаний, предназначенная для повышения качества образования учащихся всех категорий (от дошкольников до студентов) и способная работать совместно с традиционной системой обучения.

Данная технология реально способствует повышению качества обучения за счет повышения мотивации к учебе путем применения



новых форм контроля, когда каждый ученик становится активным участником учебного процесса.

*Суть эксперимента:*

Цель новой технологии – вывод технологии обучения на новый уровень эффективности, обеспечивающий большинству учащихся приемлемое качество самостоятельного и группового обучения.

*Задачи:*

- 1) организация эффективного самостоятельного обучения учащихся;
- 2) повышение на этой основе эффективности их группового обучения.
- 3) перейти на автоматизированный контроль учащимися текущих знаний.

Для достижения этой цели каждый ученик снабжается техническим средством для самоконтроля и внешнего контроля – «электронным репетитором «Символ-Тест» и специализированными учебными пособиями, с помощью которых ученик может самостоятельно, без обращения к учителю, проверять свои ответы на практически любые задания по любому предмету.

Эта система «Символ» применялась как для проверки домашних заданий, так и для работы в классе.

На первом уроке, я познакомила учеников с инструкцией по применению, они потренировались в контроле решения задач с его помощью. Уже на последующих уроках ребята работали с тренажерами самостоятельно. Задания были направлены на самопроверку, на проверку усвоения полученных знаний, для ликвидации пробелов в них.

Ученики получили возможность увидеть легкость в использовании репетитора и эффективность его применения. Самоконтроль позволил выявить и устранить ошибки, полученные при выполнении заданий, так как на экране они видели правильно, или нет, выполнено задание. Если оно выполнено не правильно, то естественно, они возвращались к решению, искали ошибку и, переделав задачу, приходили к верному ответу.

На других уроках выполнялись тестовые задания, но уже с помощью внешнего контроля проверялись знания. Ученики не могли видеть правильность выполнения заданий, зато это позволило мне легко увидеть уровень знаний учащихся.

Я дала для решения несколько задач из учебника. Когда ученики ответили на все задания, обошла класс со специальным устройством, называемым «Устройство сбора данных», и подключила его к электронному репетитору каждого ученика на несколько секунд. Таким

образом, я собрала со всего класса информацию о количестве правильных ответов. После этого подключила Устройство сбора данных к компьютеру и увидела подробную картину успеваемости класса в окне программы Автоматизированное Рабочее Место (АРМ) учителя, в которой обрабатываются ответы учащихся после проведения внешнего контроля (контрольная работа, групповое тестирование). Программа содержит удобные средства администрирования данных, их обработки, анализа и хранения. В ней основной частью является база данных, в которой хранятся регистрационные сведения о каждом учащемся, который проходил тестирование с помощью системы "Символ". Все результаты тестирования можно сохранить в базе данных для дальнейшего анализа, построить графики, экспортировать таблицу результатов тестирования, например, в Microsoft Excel, а затем ее распечатать.

№	Фамилия	Имя	Класс	A	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Денисов	Владимир	11Б	7	8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1			
2	Иванов	Иван	11Б	13	11	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	
3	Смирнов	Олег	11Б	10	9	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	
4	Титков	Антон	11Б	20	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	Титков	Денис	11Б	10	11	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1

**Вывод:** Работе по технологии «Символ» имеет следующие отличительные особенности:

- 1) возможность быстро и качественно проконтролировать знания учащихся;
- 2) организация разноуровневого контроля, индивидуальный контроль.
- 3) возможность организовать реальную дифференцированную работу с учениками;
- 4) воспитание настойчивости, стремления добиться результата в работе;
- 5) выработка навыков самостоятельной работы.

Поведение учащихся на уроках с использованием приборов «Символ-Тест» существенно отличалось от поведения на обычных уроках. В целом наблюдался общий эмоциональный подъем уже на этапе урока, предшествующем непосредственно работе с прибором «Символ-Тест». Некоторые дети вербально выражали нетерпение в желании начать работать с прибором «Символ-Тест».

Электронный репетитор «Символ-Тест» универсален, то есть подходит для проверки заданий по любым предметам. Школьник может использовать его на протяжении всей учебы в школе, с 1-го по 11-й классы. Используя «Символ-Тест» для самоконтроля, ученик становится активным участником учебного процесса, учится не бояться совершать ошибки и приобретает умение самостоятельно, без посторонней помощи, исправлять их. А учитель, в свою очередь, с помощью системы «Символ» сможет обеспечить практическое закрепление новых знаний, почти не тратя на это дополнительного времени.

Кроме того любой учитель легко может сам разработать задания по любым предметам для электронного репетитора.

Система «Символ» - это реальный путь улучшения качества российского образования, это инновация, способная улучшить подготовку школьников, повысить успеваемость по предметам, а значит вывести на новый уровень базовую подготовку будущих специалистов.

## **ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ К ЕГЭ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО РЕПЕТИТОРА «СИМВОЛ»**

*Федорова О. С.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Т. А. Сазанова, к.т.н., доц.*

Для выпускников любой школы подготовка к ЕГЭ – одна из важных задач. На решение этой задачи каждый учитель затрачивает много времени в течение учебного года. Необходимо подобрать материалы для подготовки, нужно проверять решение и ответы учащихся на каждую задачу, а затем анализировать, какие темы усвоены хорошо, а какие плохо. Именно на проверку и анализ результатов у учителей уходит много времени. Учитывая то, что школьникам нужно повторить и решить задачи на множество различных тем, я во время практики вместе с курирующим преподавателем постарались использовать имеющееся у нас время. У многих детей до использования тренажера оставался открытым вопрос, правильно они выполнили задание или нет. Учитывая это, основной нашей целью стала проверка знаний учащихся, т.е. определение, на каком уровне находятся знания.

Сначала нужно было научить детей пользоваться тренажерами «Символ», не только для внешнего контроля, но и для самоконтроля. Для достижения этих целей был проведен эксперимент в классе с использованием тренажера «Символ-Тест». Хотелось бы отметить, что до нас в школе применялись тренажеры только в начальных классах.

На одном из первых уроков учащимся представилась возможность изучить тренажер. Я раздала каждому ребенку памятку по использованию «Символа» и несколько простых заданий, благодаря которым школьники могли сами попробовать выполнить их и использовать тренажер. По реакции учеников могу сказать, что они заинтересовались такой работой. Даже те учащиеся, которые не слушали, были рассеяны на предыдущих уроках, с интересом выполняли задания.

На втором этапе школьники выполняли задания из сборника по подготовке к ЕГЭ, которые были заранее закодированы, и делали самопроверку с использованием тренажера. Сами дети увидели положительные стороны в использовании репетитора. Многие подчеркивали, что такой способ выполнения заданий более эффективный, т.к. уже знаешь, правильно ли выполняется задание. По итогам проведения второго урока были составлены графики, которые позволяют увидеть, какой процент учеников просили помощи при использовании тренажера «Символ-Тест», количество правильно выполненных заданий учащимися.

В конце урока учащимся предлагалось дома решить те задания, в которых у них возникали затруднения.

По истечению 2 недель проводился третий этап эксперимента, который заключался в выполнении учащимися заданий ЕГЭ по математике, но они уже не могли сразу узнать о правильности выполнения упражнения (внешний контроль). По окончании отведенного времени я прошла по классу с устройством сбора данных и собрала всю информацию с «Символов» учащихся. Для того чтобы увидеть результат выполнения работы мне понадобилось буквально несколько минут. Все информация была выведена на экран (окно АРМ), в том числе в этом окне указывались те задания, которые были выполнены правильно, а какие нет. Результаты я распечатала также с использование устройства АРМ и раздала их учащимся. Так они могли видеть, в каких заданиях у них были ошибки и, так как упражнения у них были на руках, то ученики могли исправить свои результаты.

Подводя итог моего эксперимента, могу сказать, что цели были достигнуты, задачи выполнены. По результатам эксперимента следует отметить, что учащиеся проявили большой интерес к работе с электронным репетитором «Символ» и хотели бы и в дальнейшем работать с данной системой контроля знаний.

*Вывод:* «Символ» позволяет усилить роль самостоятельной работы учащихся путем автоматизации самоконтроля при выполнении ими учебных заданий. Он дает учащемуся возможность самостоятельно многократно проверить полученный результат решения. Если у

каждого ученика, прежде чем он сдаст тетрадь на проверку, будет техническая возможность оперативно найти и исправить допущенные ошибки, то интенсивность и качество обучения повысятся, а отношения «учитель – ученик» станут более гармоничными и продуктивными. В этом случае учащийся станет не просто подчиненным, выполняющим все требования учителя, а активным участником учебного процесса.

С другой стороны, такой подход позволит и учителям перейти в новый статус. Учитель теперь будут в значительной степени избавлен от рутинной повседневной проверки учебных заданий каждого ученика. Он будет выступать в роли консультанта, а не контролера, т.к. задания учащиеся будут сдавать не на проверку правильности, а для отчета о правильно выполненной работе.

Кроме самоконтроля, технология позволяет осуществлять автоматизированный внешний контроль, который позволяет увидеть пробелы в знаниях учащихся, а также тренажер поможет правильно распределить отведенное время для объяснения нового материала, для проверки домашнего задания и подготовки учащихся средней школы к ЕГЭ. Технология «Символ-Тест» позволяет автоматизировать подготовку к ЕГЭ не только по математике, а также по любым предметам и сделать этот процесс простым и эффективным.

## **МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛОГИКИ В ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЕ**

*Чечерина О. В.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: В. Н. Ксенева, к.п.н., доц.*

«Методика» в переводе с древнегреческого означает способ познания, путь исследования. Метод – это путь достижения какой-либо цели, решения конкретных учебных задач.

На современном этапе развития общества перед образованием стоит задача воспитания личности, способной не только приобретать знания, но и анализировать проблемные ситуации, опровергать неверные рассуждения, отстаивать свою точку зрения, используя необходимые аргументы. В деле формирования культуры мышления учащихся, исключительное и первостепенное значение занимает логика. Логика способствует формированию точности в рассуждениях, умения доказывать свои предположения, умение решать задачи различного рода, способствует развитию речи ребенка.

Формальная логика, являясь наукой, изучающей формы и законы правильного мышления, дает возможность формулировать законы и принципы, соблюдение которых является необходимым условием достижения истинных заключений.

Интеллект человека в первую очередь определяется не суммой накопленных им знаний, а высоким уровнем логического мышления. Логика образует такой пласт общечеловеческой культуры, без освоения которого в настоящее время не может состояться ни одна мыслящая личность. Поэтому уже в школе необходимо научить детей анализировать, сравнивать и обобщать информацию, полученную в результате взаимодействия с объектами не только действительности, но и абстрактного мира. Основы логической культуры закладываются в школе и в первую очередь на уроках математики, ибо, как точно подметил еще Л.Н.Толстой, «математика имеет задачей не обучение исчислению, но обучение приемам человеческой мысли при исчислении».

Ничто так, как математика, не способствует развитию мышления, особенно логического. Предметом ее изучения являются отвлеченные понятия и закономерности, которыми в свою очередь занимается математическая логика. Сами объекты математических умозаключений и принятые в математике правила их конструирования способствуют формированию умений обосновывать и доказывать суждения, приводить четкие определения, развивают логическую интуицию, кратко и наглядно вскрывают механизмы логических построений, учат их применению, способствуют развитию речи.

При изучении математики логическая структура рассуждений раскрывается с наибольшей четкостью. Обучение умению оперировать понятиями, правильно строить и анализировать суждения (предложения, утверждения, высказывания), проводить умозаключения и доказательства всегда должно быть в центре внимания учителя.

Потребности современной школы ставят перед методикой преподавания математики задачи, связанные с гуманизацией математического образования.

Реализация идей гуманизации математического образования способствует приобщению школьников к общематематическим знаниям, идеям математической науки. Поэтому большое значение приобретает подход к учебному материалу как средству интеллектуального развития школьников.

Особую роль в реализации идеи гуманизации образования играет математическая логика. К сожалению, в основной школе специальные часы по математической логике не предусмотрены. В результате ра-

бота над развитием логического мышления школьников в основной школе идет «вообще» – без знания системы необходимых приемов, без знания их содержания и последовательности формирования. Это приводит к тому, что большинство учащихся не овладевают начальными приемами мышления даже в старших классах школы, а эти приемы необходимы уже младшим школьникам: без них не происходит полноценного усвоения материала.

Но математика не стоит на месте. Математические школы и факультативные занятия по математике призваны углублять математические знания школьников. В программу ФМШ (физико-математическая школа) включен раздел «Элементы математической логики». На занятиях ФМШ развивается математический кругозор учащихся, формируются их логические способности, происходит знакомство с современными разделами математики и ее приложений.

Для продуктивной работы необходимы учебные пособия, которые учитывали бы специфику физико-математических школ и специализированных классов, но при этом сохраняли достаточно общий уровень математического образования, достигнутого отечественной школой. Систематическая и целенаправленная работа по развитию логического мышления учащихся может осуществляться намного успешнее при наличии специального учебного пособия. Разработка учебного пособия по курсу «Элементы математической логики» являлось задачей исследования. В программу данного курса входят следующие разделы: основные понятия математической логики; логические операции и их свойства; структура и виды теорем; решение логических задач; релейно-контактные схемы.

На основе полученных знаний учащиеся должны научиться использовать логические операции в решении задач, в доказательстве теорем т.д., выявлять логические структуры; устанавливать причинно-следственные связи; устанавливать отношения следования и равносильности между предложениями; анализировать проблемные ситуации; строить доказательства с помощью логических рассуждений и находить ошибки в доказательстве; опровергать неверные утверждения; определять вид доказательства, содержащийся в рассуждениях, и т.д.

Проведение занятий по программе элективного курса «Элементы математической логики» предполагает использование широкого спектра методических средств. Для реализации содержания обучения по данной программе основные теоретические положения дополняются и закрепляются логическими упражнениями, которые позволяют выработать у учащихся умения применять изученные правила и законы на

практике и в конкретных жизненных ситуациях. Данные умения помогут школьникам овладеть основами дискуссионной речи, позволят аргументировано отстаивать свои знания и убеждения.

Начальный пропедевтический этап формирования основных понятий не должен ограничиваться примерами из математики необходимо приводить элементарные примеры из окружающей действительности.

Цель активно включить учащихся в поиск информации, заинтересовать изучением данной дисциплины.

Для активизации работы на уроках учителю следует использовать различные средства: использовать задания, в которых одновременно участвовали бы все учащиеся, организовывать работу группами, привлекать учащихся к творческой деятельности и т.д.

В процессе изложения нового материала необходимо использовать приемы обратной связи, принцип наглядности.

При изучении логических операций целесообразно показать их применение в таких темах школьного курса математики, как уравнения, неравенства, системы уравнений и неравенств.

Рассмотрим, например, как можно ввести понятие отрицания высказываний и высказывательных форм.

Рассмотрим фразу «Сегодня хорошая погода». Учащиеся с легкостью сформулируют отрицание этого высказывания: «Сегодня плохая погода» или «Сегодня не хорошая погода». Для высказывания « $a = 0$ » отрицанием является высказывание « $a \neq 0$ ». Сложнее сформулировать отрицание, например, высказывания «Сегодня хорошая погода и  $a = 0$ ».

Как правило, учащиеся предлагают неверные высказывания в качестве отрицаний: «Сегодня не хорошая погода и  $a \neq 0$ ». Правильным является высказывание «Сегодня не хорошая погода или  $a \neq 0$ ».

Рассмотрим высказывание « $a \cdot b = 0$ ». Учащиеся с легкостью определяют, когда оно является истинным. Высказывание « $a \cdot b = 0$ » является истинным, когда истинно  $A$  - « $a = 0$ » или истинно  $B$  - « $b = 0$ », т.е. истинно  $A \vee B$ . Построим отрицание этого высказывания. Неверно, что истинно  $A \vee B$ , т.е. истинно  $\bar{A}$  - « $a \neq 0$ » и истинно  $\bar{B}$  - « $b \neq 0$ », значит истинно « $a \neq 0 \wedge b \neq 0$ ». Мы получили:  $\overline{A \vee B} = \bar{A} \wedge \bar{B}$ .

Про высказывания вида  $\overline{A \vee B}$  и  $\bar{A} \wedge \bar{B}$  говорят, что они равносильны, и пишут  $\overline{A \vee B} \Leftrightarrow \bar{A} \wedge \bar{B}$ .

Аналогично можно рассмотреть равносильность  $\overline{A \wedge B} \Leftrightarrow \bar{A} \vee \bar{B}$ .

Эти равносильности носят название законов де Моргана.

Сформулируем законы де Моргана словесно.



Чтобы построить отрицание дизъюнкции (конъюнкции), достаточно заменить отрицаниями составляющие высказывания, а союз «или» («и») заменить союзом «и» («или»).

Построим отрицание высказывания «Число 28 делится на 9 или на 6».

Здесь возможны два способа выполнения задания.

1 способ: с помощью словосочетания «неверно, что». Построим отрицание высказывания: «Неверно, что число 28 делится на 9 или на 6».

2 способ: воспользуемся законом де Моргана. Высказывание «Число 28 делится на 9 или на 6» представляет собой дизъюнкцию двух высказываний: «число 28 делится на 9», «число 28 делится на 6». Заменяем данные высказывания их отрицаниями, а союз «или» поменяем на союз «и». Получим высказывание: «Число 28 не делится на 9 и число 28 не делится на 6», которое так же является отрицанием исходного.

Для закрепления понятия отрицания следует предложить задания: сформулируйте отрицание предложений...; сформулируйте отрицание высказываний, используя различные способы; выберите из данных предложений те, которые являются отрицаниями исходного высказывания... и т.д.

### **Литература**

---

1. Игошин В.И. Математическая логика и теория алгоритмов: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / В.И. Игошин. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 448 с.
2. Клименченко, Д.В. Задачи по математике для любознательных: книга для учащихся / Д.В. Клименченко. – М. : «Просвещение», 1992.
3. Кутасова, А.Д. Элементы математической логики. Пособие для учащихся 9-10 кл. / А.Д. Кутасова. – М. : «Просвещение», 1977. – 63 с.
4. Никитин В.В. Сборник логических упражнений. Пособие для учителей математики. – М., «Просвещение», 1970. – 96 с.
5. Стойлова, Л.П. Математика: учебник для студ. высш. пед. учеб. заведений / Л.П. Стойлова. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 432 с.
6. Стойлова, Л.П. Основы начального курса математики: учебное пособие педаг. училищ / Л.П. Стойлова, А.М. Пышкало. – М. : «Просвещение», 1988.
7. Талызина Н.Ф. Педагогическая психология: Учеб. пособие для студ. Сред. Пед. Учеб. заведений. / Н.Ф. Талызина. – М.: Издательский центр «Академия», 1998. – 288 с.

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА В КУРСЕ ТРИГОНОМЕТРИИ

*Чистякова Е. В.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Э. Г. Гельфман, д.п.н., проф.*

Самостоятельная работа учащихся является неотъемлемым элементом процесса обучения. Без нее невозможно обеспечить единство преподавания и учения школьников. Поэтому возникает проблема, как научить школьников быть самостоятельными.

В исследованиях В.А. Далингера, О.В. Генкуловой, И. Унт, П.И. Пидкасистого и др. выделяются разные типы самостоятельных работ. Остановимся на некоторых из них.

И.Унт пользуется понятием «самостоятельная работа» в следующем значении: самостоятельная работа учащихся – это такой способ учебной работы, где 1) учащимся предлагаются учебные задания и руководства для их выполнения; 2) работа проводится без непосредственного участия учителя, но под его руководством; 3) выполнение работы требует от учащегося умственного напряжения [1, с.135].

П.И. Пидкасистый рассматривает самостоятельную работу как «дидактическое средство обучения, как искусственную педагогическую конструкцию, с помощью которой учитель организует деятельность ученика, как на уроке, так и при выполнении им домашних заданий. При этом ученик вовлекается в разноуровневые процессы учебного познания, охватывающие весь спектр воспроизводящих и творческих действий, которые он предпринимает в ходе выполнения того или иного типа и вида самостоятельных работ».

Он рассматривает типологию самостоятельных работ по характеру познавательной деятельности и нарастающей трудности:

➤ Воспроизводящие самостоятельные работы по образцу – необходимы для формирования навыков решения основных типов задач и их применения в сходных ситуациях. Это решение учащимися задачи, аналогично той, которую на их глазах решил другой человек. Варьироваться при этом могут лишь несущественные признаки. Уровень самостоятельности учащихся не выходит за пределы воспроизводящей деятельности.

➤ Реконструктивно-вариативного типа позволяют на основе ранее полученных знаний найти самостоятельно способы решения задачи применительно к данным условиям. Самостоятельные работы этого типа приводят школьников к осмысленному переносу знаний в типовые ситуации, учат анализировать события, явления, факты.

➤ Эвристические самостоятельные работы формируют умения и навыки поиска ответа за пределами известного образца. Ученик должен сам определить путь решения задачи. При выполнении таких заданий можно не требовать от учащихся полного решения задачи, в ряде случаев достаточно разработать план решения.

➤ Творческие самостоятельные работы позволяют учащимся получать принципиально новые для них знания, опираясь на имеющиеся, на теоретический и практический опыт, инструкцию и воображение. Учащиеся при решении задач должны сами найти способ решения, уметь применять знания в новых, нестандартных ситуациях [2].

➤ Такой же классификации, по сути, придерживается В.А. Далингер, однако он более подробно описывает характер деятельности, которая предлагается на каждом из этапов самостоятельной работы:

➤ Самостоятельные работы по образцу – эти работы представляют первую ступень процесса формирования умений и навыков самостоятельной познавательной деятельности учащихся. Эта деятельность направлена на овладение школьниками основными умениями и навыками, способами работы. Самостоятельные работы по образцу требуют переноса известного способа, метода, приема решения в аналогичную или сходную внутрипредметную ситуацию.

➤ Самостоятельные работы с указанием к выполнению – указание в этих работах должны давать лишь общее направление способа действия и задача учащихся – самостоятельно выделить те действия, которые направлены на выполнение предложенного задания. Указания к выполнению должны даваться с учетом основных затруднений, которые испытывают учащиеся при решении соответствующих задач.

➤ Самостоятельные работы вариативного характера – такого вида работы предполагают частичное изменение условия задач, которые до этого решались. При выполнении самостоятельных работ данного вида от учащихся требуется более сложные виды деятельности. Вариативные самостоятельные работы формируют у учащихся умение переносить известные способы решения задач с некоторой модификацией в непривычную внутрипредметную ситуацию. Эти работы дают возможность школьникам приобрести опыт преобразования и вариации информации, опыт обобщения знаний.

➤ Самостоятельные работы повышенной трудности – эти работы предполагают творческую самостоятельность учащихся и характеризуют самый высокий уровень умений реализации внутрипредметных связей. В процессе выполнения таких работ школьники раскрывают для себя новые стороны изучаемого материала и наиболее полно про-

являют свои способности. Эти работы требуют от учащихся самостоятельной разработки новых способов решения задач, самостоятельного определения целей и разработки плана действий. В процессе выполнения этих работ школьники учатся определять объем недостающих знаний и пути их поиска для решения задач [3].

Несколько иную типологию предлагает О.В. Генкулова, она описывает организацию самостоятельной работы с точки зрения учета индивидуальных возможностей учащихся:

- Самостоятельные работы одинаковые по содержанию, выполняемые с одинаковыми инструкциями.
- Самостоятельные работы одинаковые по содержанию, но выполняемые с индивидуализированными инструкциями.
- Самостоятельные работы, индивидуализированные по содержанию, но выполняемые с одинаковыми инструкциями.
- Самостоятельные работы, индивидуализированные по содержанию и выполняемые с индивидуализированными инструкциями.

Последние три типа являются индивидуализированными, так как учитывают индивидуальные особенности обучаемых. Автор отмечает, что под содержанием понимается совокупность методических задач. Индивидуализация содержания означает, что задачи составляются на различном по уровню сложности материале. Под инструкцией подразумевается рекомендация, подсказка для выполнения определенной задачи. Индивидуализация в этом аспекте означает различную помощь при выполнении задачи [4].

Обычно самостоятельные работы конструируются с помощью учебных заданий.

Учебные задания для самостоятельной работы подразделяют:

- по методу самостоятельной работы учащихся (например, наблюдения, упражнения, работа с текстом учебника);
- по звеньям учебного процесса (задания на восприятие, систематизацию, закрепление и повторение учебного материала);
- по характеру познавательной деятельности учащегося (репродуцирующие и творческие задания);
- по характеру руководства (подробное или менее подробное инструктирование).

Иллюстрация различных видов самостоятельных работ была нами проведена на примере курса «Тригонометрия».

Были составлены самостоятельные работы, которые привлекают предметно-практический опыт учащихся, устанавливают связи между

различными свойствами понятий, формируют умение работать по аналогии, видеть закономерности, обобщать.

Приведем пример одной из таких самостоятельных работ исследовательского характера.

### *Лабораторная работа*

*Тема «Свойства синуса и косинуса произвольного угла».*

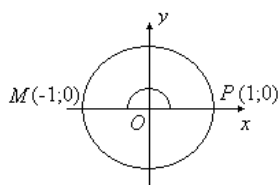
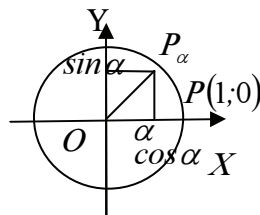
*Цель:* Исследованию свойств синуса и косинуса произвольного угла.

*Оборудование:* Тригонометрический круг, простой карандаш, рабочая тетрадь.

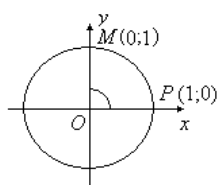
*Опорный конспект:*

Синусом угла  $\alpha$  называется ордината точки, полученной поворотом точки  $(1;0)$  вокруг начала координат на угол  $\alpha$  (обозначается  $\sin\alpha$ ).

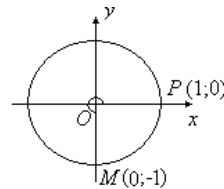
Косинусом угла  $\alpha$  называется абсцисса точки, полученной поворотом точки  $(1;0)$  вокруг начала координат на угол  $\alpha$  (обозначается  $\cos\alpha$ ).



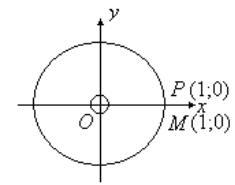
$$\begin{aligned} \cos 180^\circ &= -1 \\ \sin 180^\circ &= 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \cos 90^\circ &= 0 \\ \sin 90^\circ &= 1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \cos 270^\circ &= 0 \\ \sin 270^\circ &= -1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \cos 360^\circ &= \cos 0^\circ = 1 \\ \sin 360^\circ &= \sin 0^\circ = 0 \end{aligned}$$

**Задание 1.** Найдите на тригонометрическом круге  $\cos \alpha$ , если  $\alpha$  равен:

$$(-315^\circ), (-240^\circ), (-150^\circ), (-90^\circ), (-45^\circ), (-30^\circ), \\ 30^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 150^\circ, 240^\circ, 315^\circ$$

и заполните таблицу.

$\alpha$	-315°	-240°	-150°	-90°	-45°	-30°	30°	45°	90°	150°	240°	315°
$\cos \alpha$												

а) Какие закономерности в таблице вы заметили?

б) Для каких пар данных углов выполняется следующее равенство:  
 $\cos(-\alpha) = \cos \alpha$ .

в) Сформулируйте гипотезу о значениях косинуса двух противоположных углов. Попробуйте доказать предложение, входящее в гипотезу с помощью тригонометрического круга.

*Задание 2.* Найдите на тригонометрическом круге  $\sin \alpha$ , если  $\alpha$  равен:

$$-\frac{7}{4}\pi, -\frac{4}{3}\pi, -\frac{5}{6}\pi, -\frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{5}{6}\pi, \frac{4}{3}\pi, \frac{7}{4}\pi,$$

и заполните таблицу.

$\alpha$	$-\frac{7}{4}\pi$	$-\frac{4}{3}\pi$	$-\frac{5}{6}\pi$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{4}$	$-\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{5}{6}\pi$	$\frac{4}{3}\pi$	$\frac{7}{4}\pi$
$\sin \alpha$												

а) Какие закономерности в таблице вы заметили?

б) Для каких пар данных углов выполняется следующее равенство:  
 $\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$ .

в) Сформулируйте гипотезу о значениях синуса двух противоположных углов. Попробуйте доказать предложение, входящее в гипотезу с помощью тригонометрического круга.

*Задание 3.* 1) Проверьте с помощью тригонометрического круга, что

$$\sin(180^\circ + 30^\circ) = -\sin 30^\circ \text{ и } \sin(180^\circ - 30^\circ) = \sin 30^\circ.$$

2) Найдите на тригонометрическом круге  $\sin \alpha$ , если  $\alpha$  равен:  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $(180^\circ - 45^\circ)$ ,  $(180^\circ - 60^\circ)$ ,  $(180^\circ + 45^\circ)$ ,  $(180^\circ + 60^\circ)$  и заполните таблицу.

$\alpha$	$45^\circ$	$60^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ - 45^\circ$	$180^\circ - 60^\circ$	$180^\circ + 45^\circ$	$180^\circ + 60^\circ$
$\sin \alpha$								

а) Какие закономерности в таблице вы заметили?

б) Запишите результаты анализа таблицы в виде равенств.

*Задание 4.* 1) Проверьте с помощью тригонометрического круга, что

$$\cos(180^\circ + 30^\circ) = -\cos 30^\circ \text{ и } \sin(180^\circ - 30^\circ) = -\cos 30^\circ.$$

2) Найдите на тригонометрическом круге  $\cos \alpha$ , если  $\alpha$  равен:  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $(180^\circ - 45^\circ)$ ,  $(180^\circ - 60^\circ)$ ,  $(180^\circ + 45^\circ)$ ,  $(180^\circ + 60^\circ)$  и заполните таблицу.

$\alpha$	$45^\circ$	$60^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ - 45^\circ$	$180^\circ - 60^\circ$	$180^\circ + 45^\circ$	$180^\circ + 60^\circ$
$\cos \alpha$								

а) Какие закономерности в таблице вы заметили?

б) Запишите результаты анализа таблицы в виде равенств.

*Задание 5.* Составьте таблицу значений  $\cos \alpha$ , если  $\alpha$  равен:  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $(360^\circ - 45^\circ)$ ,  $(360^\circ - 60^\circ)$ ,  $(360^\circ + 45^\circ)$ ,  $(360^\circ + 60^\circ)$

и запишите результаты в виде равенств, например, так:  $\cos(360^\circ+30^\circ)=\cos 30^\circ$  и  $\cos(360^\circ-30^\circ)=\cos 30^\circ$ .

*Задание 6.* Составьте таблицу значений  $\sin \alpha$ , если  $\alpha$  равен:

$45^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 135^\circ, (360^\circ - 45^\circ), (360^\circ - 60^\circ), (360^\circ+45^\circ), (360^\circ+60^\circ)$   
и запишите результаты в виде равенств, например, так:  $\sin(360^\circ+30^\circ)=\sin 30^\circ$  и  $\sin(360^\circ+30^\circ)=-\sin 30^\circ$ .

*Задание 7.* Найдите: а)  $\sin 1140^\circ$ ; б)  $\sin \frac{5}{4}\pi$ ; в)  $\sin 390^\circ$ ; г)  $\cos \frac{25}{3}\pi$ ;  
д)  $\cos 1125^\circ$ ; е)  $\cos \frac{13}{3}\pi$ .

Пример:  $\sin(750^\circ) = \sin(360^\circ * 2 + 30^\circ) = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ .

*Задание 8.* Найдите множество углов, лежащие:

а) во II четверти, синус которого равен  $\frac{1}{2}$ ;

б) в III четверти, косинус которого равен  $\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ ;

в) в I четверти, косинус которого равен  $\frac{1}{2}$ ;

г) в IV четверти, синус которого равен  $\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$ ;

д) в I четверти, синус которого равен  $\frac{1}{2}$ .

Постройте гипотезу о том, как можно находить значения синуса и косинуса, используя значения синуса и косинуса острых углов.

Использование самостоятельных работ на уроках позволяет индивидуализировать учебную деятельность учащихся, позволяет школьникам работать в своем темпе, быть активными участниками учебного процесса.

### ***Литература***

---

1. Унт И.Э. Индивидуализация и дифференциация обучения. М.: Педагогика, 1990.
2. Пидкасистый П.И. Самостоятельная познавательная деятельность школьников в обучении: Теоретико-экспериментальное исследование.- М.:Педагогика,1972.
3. Далингер В.А. Совершенствование процесса обучения математике на основе целенаправленной реализации внутрипредметных связей/ ОМИП-КРО – Омск, 1993.

4. Генкулова О.В. Методическое обеспечение индивидуальной самостоятельной работы по методике обучения алгебре и началам анализа будущих учителей математики: Автореф. канд. дис. Москва, 2004.

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В ИТоговом контроле знаний**

*Чудинова И. С.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Т. А. Сазанова, к.т.н., доц.*

Известно, какую большую роль играет геометрия в науке и образовании. На протяжении всей истории человечества она служила источником развития не только математики, но и многих других наук. Именно в ней появились первые теоремы и доказательства. Сами законы математического мышления формировались с помощью геометрии.

Ни для кого не секрет, что сегодняшний уровень геометрической подготовки учащихся не очень высокий. Об этом свидетельствует низкий процент решаемых геометрических задач в ЕГЭ. Возникло и поддерживается мнение, что для подготовки и успешной сдачи ЕГЭ по математике необходимы какие-то сверх усилия, специальные методики, новые системы подготовительных задач и упражнений.

В связи с этим возникает вопрос, как организовать подготовку учащихся к итоговой аттестации и как научить решать геометрические задачи? Казалось бы, для этого нужно решать задачи, предлагавшиеся на экзаменах в прошлые годы. Однако, если следовать только этому рецепту, то результат может оказаться вовсе не тем, который ожидается.

В каждом новом году экзаменационные задачи отличаются от задач прошлых лет, и из того, что учащиеся узнали, как решаются задачи, предлагавшиеся на экзаменах в прошлые годы, не следует, что они смогут решить другие задачи.

Важно, чтобы задачи, которые учитель решает с учащимися, готовя их к экзамену, носили развивающий, системный характер, создавали базу для решения других задач.

Поэтому для того, чтобы обеспечить хорошую подготовку необходимо правильно организовать повторение, которое может быть выражено в трех следующих вопросах: Что повторять? Как повторять? Когда повторять?

В процессе изучения геометрии повторение имеет особое значение. Специфика повторения состоит в том, что материал каждого уро-



ка логически связан с ранее пройденным, иногда далеко отстоящим по времени от изучаемого. Ученик лишь в том случае станет активным участником учебного процесса, если при получении новых знаний у него будет иметься соответствующая база. Ее наличие во многом определяется систематическим и правильно организованным повторением.

В связи с этим особо важное значение для организации успешного обучения учащихся геометрии имеет систематическое повторение ранее изученного, связанного с данным уроком, с материалом предыдущих лет, т. е. систематическое возвращение к ранее изученному.

Чтобы обеспечить прочность знаний и навыков, приобретаемых учащимися в процессе изучения математики, нужно правильно организовать повторение, т. е. возвращение к уже пройденному материалу, преследуя две цели, а именно: окончательную доработку программного материала, его, так сказать, отшлифовку, и вместе с тем его закрепление в памяти учащихся.

В процессе повторения память у учащихся развивается. Эмоциональная память, опирающаяся на наглядно-образные процессы, постепенно уступает памяти с логическими процессами мышления, которая основана на умении устанавливать связи между известными и неизвестными компонентами, сопоставлять абстрактный материал, классифицировать его, обосновывать свои высказывания.

В старших классах существенно перестраивается закрепление и повторение учебного материала. Увеличивается объем фактического материала, выносимого на закрепление и повторение; поурочное закрепление в ряде случаев переходит в тематическое или перерастает в обобщающее повторение, увеличивается доля самостоятельности учащихся при закреплении и повторении.

Для того чтобы обеспечить хорошую подготовку к итоговой аттестации не следует повторять все ранее пройденное. Нужно выбрать для повторения наиболее важные вопросы и понятия, вокруг которых группируется учебный материал. Кроме того, необходимо выделять для повторения такие темы и вопросы, которые по трудности своей недостаточно прочно усваиваются. При повторении необходимо применять различные приемы и методы, сделать повторение интересным, путем внесения, как в повторяемый материал, так и в методы изучения, некоторых элементов новизны.

Каждый учитель сталкивается с проблемой повторения и закрепления материала. Решение этой проблемы учителем должно начинаться с обеспечения положительной мотивации учащихся на повторение. Только разнообразием методов повторения можно устранить то про-

творение, которое возникает, с одной стороны, ввиду отсутствия желания у части учащихся повторять то, что ими усвоено однажды, а с другой – в силу необходимости повторять с целью углубления, обобщения и систематизации ранее изученного материала. Для того чтобы пролить свет на проблему организации повторения при подготовке к ЕГЭ, мною была составлена и проанализирована анкета для учителей, которая позволила выявить методы и формы повторения, наиболее применяемые в практике, некоторые закономерности в выборе вида повторения. Анализ анкеты позволил выделить наиболее часто применяемые формы и методы повторения. Интересный опыт предлагает Илларионова В.Р., она выделяет задачи – спутники при повторении методов решения задач.

Повторение пройденного материала должно стать необходимейшим элементом в преподавании математики, органической и неотъемлемой частью каждого урока. Важно организовать повторение так, чтобы оно естественным образом вписывалось в урок, проходило на более высоком уровне, устанавливая новые связи между старыми известными и новыми звеньями.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, НАХОДКИ**

*Юсупова Е. В.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Э. Г. Гельфман, д. пед. н., проф.*

*Еще более трехсот лет назад английский философ Д. Локк писал, что математику следует изучать не столько для того, чтобы сделаться математиком, сколько для того, чтобы стать разумными людьми.*

[3, с. 23]

В настоящее время, когда все сферы деятельности человека стали высокотехнологичными и наукоемкими, без развитого мышления невозможно быть успешным и повысить качество жизни. Поэтому вопрос о развитии мышления школьников в последние десятилетия стоит особенно остро.

Данная статья написана мной на основе материала, собранного для дипломной работы. Целью дипломной работы является конструирование учебных текстов по истории методики обучения математике в разделе «Математическое мышление и его развитие». Моя задача при конструировании вышеупомянутых учебных текстов состоит в представлении мнений ученых о том, что такое математическое мышление

и как его развивать при обучении математике в школе. Поэтому и статья состоит из двух частей. Первая часть посвящена вопросу о том, что такое математическое мышление, а вторая – как это мышление развивать.

Так что же такое математическое мышление? В учебном пособии В.А. Оганесяна и др. «Методика преподавания математики ...» мы читаем:

«Под математическим мышлением будем понимать, во-первых, ту форму, в которой проявляется диалектическое мышление в процессе познания человеком конкретной науки математики или в процессе применения математики в других науках, технике, народном хозяйстве и т.д.; во-вторых, ту специфику, которая обусловлена самой природой математической науки, применяемых ею методов познания явлений реальной действительности, а также теми общими приемами мышления, которые при этом используются» [1, с. 106-107].

«В. В. Давыдов, исследовавший вопросы формирования научно-теоретического мышления у школьников, показал, что “лишь такое математическое, физическое и прочее теоретическое мышление может истинно отразить свой объект, которое выступает как логическое мышление, перерабатывающее свой опытный материал в категориях логики”» [1, с. 107].

Известный таджикский ученый-психолог Р. Атаханов в своей книге [2] пишет:

«Характер ... материала может быть принят в качестве критерия различения видов мышления. ... можно говорить о функционировании мышления на общественном, историческом, лингвистическом, математическом, экономическом материале и т.д., назвав их условно «общественно-политическим», «историческим», «математическим» мышлением» [2, с. 10].

«Математическое мышление имеет своим началом некоторую предметно-содержательную реальность, подлежащую мысленному изменению и преобразованию, а продуктом является новое математическое знание или решение математической задачи» [2, с. 11].

«... суть математического мышления, ... выразил Д.Ж. Икрамов: “Под математическим мышлением, в основе которого лежат математические понятия и суждения, понимается совокупность взаимосвязанных логических операций; оперирование как свернутыми, так и развернутыми структурами; знаковыми системами математического языка, а также способность к пространственным представлениям, запоминанию и воображению”» [2, с. 16].

«Математическое мышление характеризуется рядом умений, указанных А.И. Маркушевичем: это умение абстрагироваться от несущественных деталей и выделять сущность вопроса, умение определять характер математических отношений (отношений порядка, принадлежности, количества, меры, пространственного расположения)» [2, с. 18].

«Имеются также труды ученых-математиков, в которых выражается в разной степени скептическое отношение к правомерности самого вопроса о математическом мышлении» [2, с. 19].

Из всего вышесказанного мы можем сделать выводы, которые точно сформулировал Р. Атаханов:

«Краткий обзор имеющихся в научно-методической математической литературе взглядов на особенности математического мышления показывает, что, во-первых, соотношение математического мышления с формированием логического мышления, с отбором учебного материала, с обучением учащихся мыслительным действиям отражают более исследовательскую проблему автора, нежели понимание математического мышления вообще. ... Во-вторых, обсуждаемые трактовки математического мышления связаны с неявной констатацией связи успешности обучения математике с отбором учебного материала и методическими удачами преподавателя. Поэтому можно считать, что сколько-нибудь приемлемое толкование математического мышления пока не выработано, оно действительно часто служит рабочим инструментом, поясняющим некоторое многофакторное явление» [2, с. 19].

В мнениях ученых о том, как же развивать математическое мышление, мы обнаруживаем большее единодушие. Они считают, что развитие мышления происходит посредством решения задач, хотя имеются различные подходы к этому вопросу.

В. А. Оганесян и др. в своем учебном пособии пишут:

«Решая математические задачи, представленные в продуманной математической системе, учащиеся не только активно овладевают содержанием курса математики, но и приобретают умения мыслить творчески. Это проявляется, например, в умении видоизменить задачу ситуацию с целью создать условия применимости того или иного метода, приема; в умении изобретать новые приемы и эвристики для решения задач; в умении выделять и накапливать потенциально полезную информацию; в умении конструировать на базе данной задачи новые; в умении осуществлять самоконтроль, исследовать результат решения и т.п.» [1, с. 134].

«Именно в ходе решения математических задач самым естественным способом можно формировать у школьников элементы творческого математического мышления наряду с реализацией непосредственных целей обучения математике. В свою очередь целенаправленное развитие математического мышления учащихся предполагает наличие в школьном курсе математики определенной методической системы задач,» т.к. «методическая система учебных математических задач проектирует соответствующий ей тип математического мышления» [1, с. 137].

Необходимы задачи, «решение которых подготовило бы школьников к деятельности, характерной для современного производства (рационализация и контроль, управление, изобретательство и т.п.) ...», а для этого подходят те типы задач, «в процессе решения которых было бы возможно формирование у школьников важнейших мыслительных умений: выделять существенное, обобщать, анализировать, моделировать, осуществлять мысленный эксперимент и т.п. ...» [1, с. 135].

Р. Атаханов, разделяя точку зрения предыдущих авторов, дополняет ее следующим:

«Во многих работах развитие мышления учащихся на уроках математики непосредственно соотносится с формированием логического мышления, которое обуславливается, в свою очередь, усвоением математических понятий, закономерностей, основных логических форм и приемов мышления. Авторы этих работ под логическим мышлением подразумевают умение осуществлять абстракции и соответствующие обобщения, высказывать необходимые суждения, выводить следствия (при решении задач, доказательстве математических положений и т.д.). Формированию логического мышления способствует работа учителя по образованию понятий, соблюдению учащимися логических правил, уяснению смысла логических связей («необходимо», «достаточно», «если ..., то», «или») и выполнению логических операций, а также усвоение различных способов доказательства, использование математической символики, обучение решению математических задач.

Таким образом, данный подход, выражающийся в признании продуктивности работы над формированием умения логически правильно мыслить («логическая культура»), означает, что необходимо обучать учащихся умению осуществлять правильные, в том числе типовые, умозаключения. Этим, по мнению авторов, определяется суть математического мышления ...» [2, с. 16].

«В ряде статей, направленных на раскрытие методических основ изложения математических теорий, прослеживается мысль, что обоб-

ценность учебного материала, использование более общих категорий и методов приводят к более интенсивному развитию математического мышления.

... Мысль о том, что развитию математического мышления способствуют «задачи, допускающие обобщение», утверждается и в некоторых других статьях, ... с точки зрения ряда авторов ... , факторами, влияющими на развитие математического мышления, являются глубокий анализ учебного материала и методически оправданный подход к преподаванию» [2, с. 17].

«А.Н. Колмогоров и С.И. Шварцбурд, отмечая существование некоторого отличия геометрического от другого рода математического материала, подчеркивают важность работы по развитию пространственных представлений и геометрического воображения. Высказываются также мысли о важности умения работать с материалом: перевод жизненной ситуации на математический язык, систематизация накапливаемого математического материала (информации) и их преобразование» [2, с. 18-19].

Известный ученый-методист В. А. Далингер предлагает развивать математическое мышление с помощью решения исследовательских математических задач:

«Развитие личности учащегося, его интеллекта, чувств, воли осуществляется лишь в активной деятельности, и вне деятельности она развиваться не может. В форме нейтрально-пассивного восприятия нельзя сформировать ни прочных знаний, ни глубоких убеждений, ни гибких умений» [3, с. 5].

«Особую роль в интеллектуальном развитии учащихся играет их исследовательская деятельность, непосредственно связанная с усвоением математических знаний» [3, с. 7].

«Развивающая функция исследовательской деятельности по математике заключается в том, что в процессе ее выполнения происходит усвоение методов и стиля мышления, свойственных математике, воспитание осознанного отношения к своему опыту, формирование черт творческой деятельности и познавательного интереса к различным аспектам математики» [3, с. 6].

«Участвуя в учебном исследовании, учащиеся обучаются математической деятельности, ибо непосредственно проделывают эту деятельность. Учебные исследования создают своего рода платформу для активной мыслительной деятельности учащихся» [3, с. 11].

«Учебно-исследовательская деятельность – это процесс решения поставленной проблемы на основе самостоятельного поиска теорети-

ческих знаний; предвидение и прогнозирование как результатов решения, так и способов и процессов деятельности» [3, с. 12-13].

«Приобщение обучающихся к исследовательской деятельности можно реализовать через решение специальных исследовательских задач или через дополнительную работу над задачей» [3, с. 14].

Нам опять повезло, и ответ на второй вопрос за нас уже дали (на этот раз В.А. Далингер):

Итак, «Обучение математике обладает уникальными возможностями в плане интеллектуального развития учащихся, в формировании компонентов и качеств мышления, необходимых не только для продолжения образования и освоения новых областей знаний, но и обеспечивающих успешность профессиональной деятельности и полноценность повседневной жизни в современном обществе. В первую очередь это развитие абстрактного и логического мышления, воспитание алгоритмической культуры, и в то же время – приобретение опыта творческой деятельности.

Овладение учащимися в процессе обучения математике *математическими методами мышления*, включающими в себя все способы научного познания – дедукцию и индукцию, обобщение, сравнение, аналогию и т.п., способствует выработке у них *математического стиля мышления*, характеризуемого, прежде всего, доказательностью, критичностью, независимостью логической схемы рассуждения от его содержания, структурированностью рассуждений. Эти качества мышления необходимы каждому человеку независимо от сферы его деятельности, но именно обучение математике способно внести наибольший вклад в их развитие» [3, с. 22-23].

### **Литература**

---

1. Методика преподавания математики в средней школе : Общая методика [Текст] : учебное пособие для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов / [В. А. Оганесян и др.]. – М. : Просвещение, 1980. – 368 с.
2. Атаханов, Р. Математическое мышление и методики определения уровня его развития [Текст] / Р. Атаханов. Под научной ред. действительного члена РАО, профессора В. В. Давыдова. – Москва – Рига: Педагогический центр «Эксперимент», 2000. – 208 с.
3. Далингер, В. А. Учебно-исследовательская деятельность учащихся в процессе изучения дробей и действий над ними [Текст]: учебное пособие / В.А. Далингер. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2007. – 191 с.

# ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## ИЗМЕНЕНИЕ РЕАКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МОЩНОСТИ В ТРАНЗИСТОРНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ

*Гусев А. А., Молчан О. В., Хайрулин Р. Х., Чеботарь А. Б., Бачева А. В.*

Томский университет систем управления и радиоэлектроники

*Научный руководитель: А. Г. Зубакин к.т.н., доц.*

К основным показателям устройств преобразовательной техники следует отнести коэффициент мощности. Он определяет использование энергии источника питания. Реактивная составляющая мощности загружает сеть, оплачивается, но не используется потребителем. Актуальность этой проблемы существенно возросла в последнее время в связи с повышением требований к эффективности использования электрической энергии [1].

В имеющихся лабораторных работах по курсу энергетической электроники (исследование транзисторного преобразователя напряжения, однофазного инвертора тока, непосредственный преобразователь постоянного напряжения) вопросы о распределении потерь мощности в преобразователе не рассматриваются.

В поставленной работе определяются активные и реактивные составляющие потерь мощности в преобразователе напряжения (потери в транзисторном ключе, динамические потери, потери на активном сопротивлении обмоток трансформатора, в магнитопроводе).

В качестве объекта исследования был взят транзисторный преобразователь напряжения с нулевой точкой.

При построении модели преобразователя выделены основные факторы, определяющие реактивную составляющую потребляемой от источника энергии мощности. В эквивалентной схеме преобразователя трансформатор отображен индуктивностями намагничивания –  $L_m$  и рассеивания –  $L_s$ . Сопротивления  $R_0$  соответствует потерям в магнитопроводе,  $r$  потерям в ключе. Время переключения ключа не учитывается. Оно существенно меньше времени переходных процессов, протекающих в преобразователе.



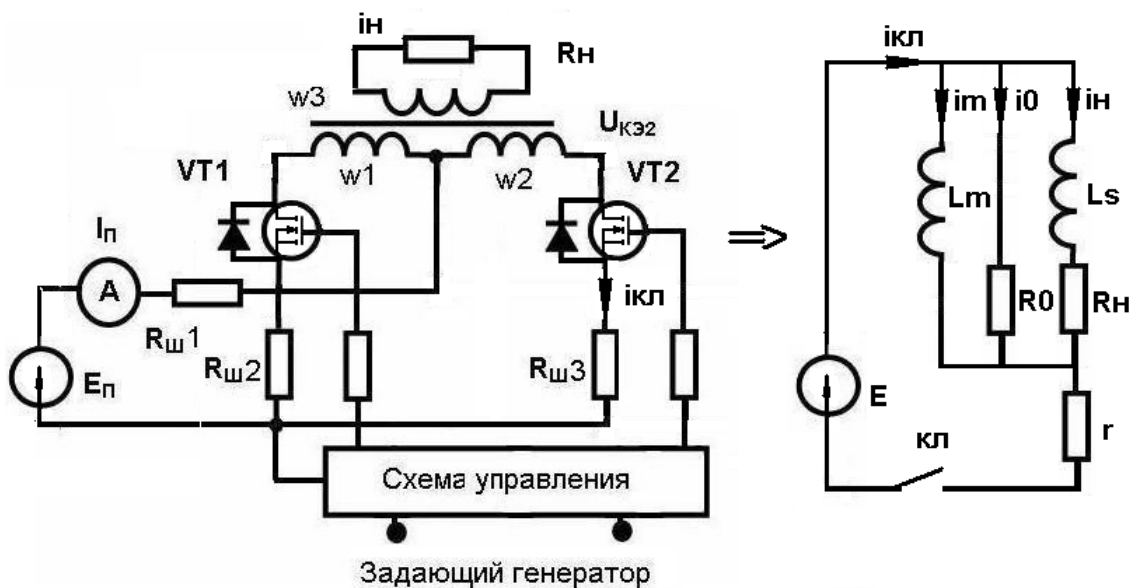


Рис. 1. Схема преобразователя, его модель

В среде MathCad было проведено исследование рассмотренной модели. На рисунке 2 приведены диаграммы тока в транзисторном ключе, полученные при моделировании и эксперименте. Эти диаграммы подобны друг другу, что подтверждает правильность сделанных допущений при построении модели.

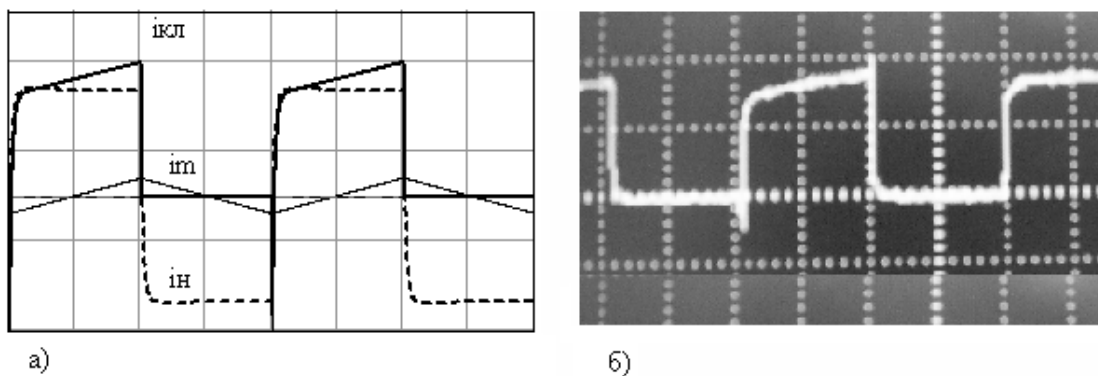


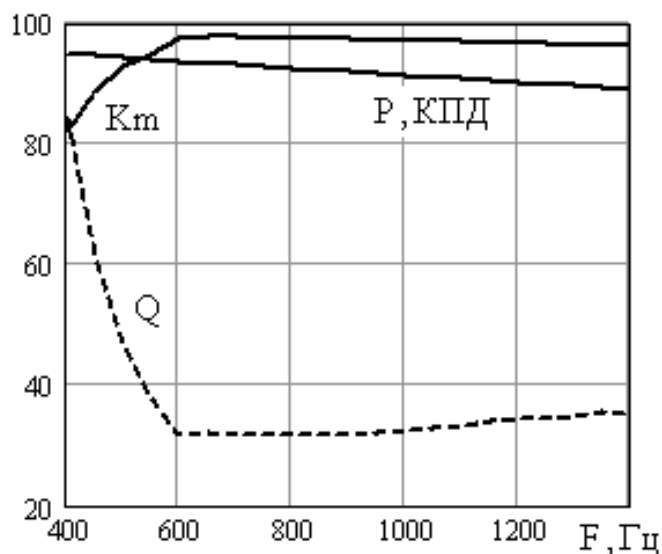
Рис. 2. Форма импульсов тока в ключе –  $i_{кл}$ , определенные по модели – а, экспериментально – б.

Процесс формирования импульса тока в ключе можно разделить на два этапа. На первом, при формировании фронта импульса тока в ключе, влиянием индуктивности намагничивания и  $R_0$  можно пренебречь ( $L_m \gg L_s$ ,  $R_0 \gg R_n$ ). На этапе формирования вершины импульса можно пренебречь влиянием индуктивности рассеяния.

Таким образом, по форме импульса можно найти величины этих индуктивностей. В результате исследования модели определены зоны импульса, в которых погрешность измерений индуктивностей будет минимальной.

Отрицательная часть импульса обусловлена наличием обратного диода в ключе и накопленной энергией в индуктивности намагничивания.

Реактивная составляющая потребляемой мощности от источника питания определяется реактивными элементами. Реактивные элементы преобразователя – индуктивности намагничивания, рассеивания уменьшают использование источника энергии по мощности (эффект розетки).



На рис. 3 показано изменение реактивной мощности в зависимости от частоты преобразования:  $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ , где  $S = E_{п} \cdot i_{п}$  – полная мощность, потребляемая от источника;  $P$ ,  $Q$  – активная и реактивная составляющие полной мощности.

Из рисунка 3 видно, что при уменьшении, увеличении частоты преобразования растут реактивные составляющие потребляемой мощности –  $Q$ . Их рост обусловлен индуктивностями рассеивания (при увеличении частоты) и намагничивания (при уменьшении частоты).

Точка перегиба соответствует оптимальной частоте работы преобразователя, на которой активная мощность в нагрузке, коэффициент использования источника энергии по мощности –  $K_m$ , к.п.д имеют наибольшее значение.

Результаты исследования используются в учебном процессе, при выполнении лабораторной работы.

### Литература

Федотов А.В., Иванов А.Ю. Модель активного трехфазного компенсатора реактивной мощности и мощности искажений в среде

LTspice IV. // Материалы XIII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и образование» – Томск: ТГПУ, – Т.1, – 2009. – 412 с.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА E-COURSE 2.0**

*Казарин С.А., Клишин А.П.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Л. В. Горчаков, д.ф.-м.н., профессор*

Разработка электронного дистанционного курса по определенной дисциплине является важной задачей, которая в современной образовательной сфере с каждым днем становится все более актуальной и востребованной среди преподавателей и учителей различных учебных заведений. Современные программные средства для разработки электронных учебных пособий в настоящее время предоставляют большие возможности для различных уровней образования [1,3-5].

Однако, несмотря на обширный набор преимуществ дистанционной технологии обучения, имеются проблемы, связанные с разработкой и редактированием большого массива содержимого электронных дистанционных курсов, учебников и т.д.

Для обеспечения оптимальных характеристик и качества сборки электронных учебных пособий, как правило, требуется привлечение специалистов из разных областей информационных и педагогических технологий, что на практике часто приводит к ряду трудностей финансового и организационного характера [1,3]. Далеко не каждый преподаватель или учитель имеет необходимый уровень знаний и навыков для разработки учебного пособия. Данная проблема ставит определенный набор задач и делает актуальным поиск путей и способов снижения трудоемкости процесса разработки и снижения уровня базовых требований к ИТ компетенции разработчика. Не менее важной для современного учителя остается задача освоения методики обучения навыкам, необходимым для создания электронных учебных пособий.

Целью данной работы является разработка технологического подхода к обучению разработке электронных учебных материалов преподавателей и учителей с различным уровнем начальных знаний и навыков в области ИТ.

В настоящее время известно несколько разных подходов к разработке электронных учебных материалов, с процентным соотношением

по различным источникам: использование специализированных программных оболочек (65%); использование языков программирования (21%); разработка с использованием гипертекстовых технологий (12%); использование LMS, CMS, LCMS (около 10 %).

Программные реализации и форматы представления электронных учебных пособий можно разделить на несколько типов: исполняемые приложения с закрытым программным кодом; проекты собственного программного формата; набор связанных гипертекстовых документов; серверные приложения и документы, работа которых основана на активных скриптовых сценариях.

В настоящей работе в качестве подхода к разработке электронных учебных материалов предлагается использование специально подготовленного шаблона, собранного на основе библиотеки программных модулей [2]. Данный подход предполагает значительное снижение нагрузки в процессе разработки для учителей и преподавателей, не имеющих необходимых знаний в области ИТ. Данный подход к разработке можно выделить в отдельную технологию, которая базируется на методиках использования шаблонного проектирования учебных материалов. Одним из значительных преимуществ такого подхода является то, что отсутствует жесткая привязка к конкретному формату учебных пособий.

Структура шаблона представляет собой абстрактное представление электронного пособия. Содержание шаблона реализованного в форме библиотеки программных модулей и характеризуется составом базовых компонент задающих общую форму электронного учебного пособия. Из наиболее используемых в электронных учебниках функциональных элементов можно выделить следующие: навигация (анимированная, древовидная, статическая), поисковая машина, система закладок, глоссарии, набор словарей и т.д. Минимизация нагрузки на разработчика достигается за счет того, что основная часть программной логики и необходимых элементов уже готова и разработчику нет необходимости в подробном изучении готового кода.

Учитывая особенности процесса разработки электронных пособий, мы пришли к выводу, что наиболее оптимальным подходом к данному вопросу будет использование шаблонной технологии в совокупности с гипертекстовыми технологиями. В качестве шаблона предлагается использование готового набора структурированных HTML файлов, базовых изображений для декоративного оформления, таблиц стилей CSS и JavaScript сценариев. Данный набор файлов представляет собой абстрактную структуру электронного пособия, которое в дальнейшем подлежит редактированию. Из преимуществ, зна-

чительно выделяющихся в использовании такого подхода, можно выделить следующие:

- 1) дискретность (модульность), наличие возможности прямого доступа к любому элементу шаблона.
- 2) универсальность, поддержка большим количеством программных продуктов.
- 3) открытость, возможность добавления новых модулей.
- 4) кроссплатформенность.

Для работы с шаблоном был разработан программный пакет E-Course 2.0, который позволяет значительно упростить и автоматизировать процесс формирования электронных учебных пособий, управления основными элементами форматирования и стилизации и т.д.

Пакет разработан на платформе Java, что позволяет использовать его в различных операционных системах.

С помощью пакета E-Course 2.0 можно выполнить следующие действия с шаблоном:

- 1) создавать/редактировать структуру основных разделов;
- 2) создавать/редактировать файлы с содержимым разделов;
- 3) управлять форматированием содержимого;
- 4) создавать/редактировать тесты по курсу;
- 5) создавать/редактировать ключевые термины и всплывающие подсказки к ним, в том числе устанавливать активность терминов в тексте материалов;
- 6) создавать/редактировать глоссарий;
- 7) осуществлять кодирование и преобразование содержимого в различные форматы.

Для обучения работы с пакетом разработан учебный курс и пособие, призванное облегчить работу с шаблоном. Предлагаемый подход к разработке электронных учебно-методических материалов позволит значительно повысить эффективность обучения и увеличить наглядность и интерактивность учебных материалов.

Таким образом, использование предлагаемого подхода позволит повысить возможности учителей в публикации электронных учебных материалов, подготовить к разработке электронных учебных пособий, а так же расширить контингент разработчиков, обеспечив возможность разработки людям, ранее не занимавшимся созданием учебных пособий и не имеющим навыков в области программирования и дизайна. Открывающиеся новые возможности при разработке электронных учебных материалов с помощью пакета позволяют, наедятся на дальнейшее развитие и усовершенствование программных инструментов, методик по следующим направлениям: поддержка междуна-

родного стандарта Scorm, расширение набора доступных шаблонов; повышение автоматизации и упрощение процесса разработки; универсализация программного пакета.

### **Литература**

---

1. Казарин, С.А. Об одном подходе к созданию электронных пособий для заочного и дистанционного обучения / С.А. Казарин, А.П. Клишин // Сб. трудов конференции «Телематика-2009». – СПб., 2009. –С. 228-230.
2. Казарин, С.А. Подготовка электронных учебных материалов в ВУЗе с использованием технологии шаблонов / С.А. Казарин, А.П. Клишин // «Современные проблемы теории и методики обучения физике, информатике и математике» Материалы международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2009, - С. 57-58.
3. Клишин, А.П. Конструктор мультимедийных дистанционных курсов AeCourse 1.0 / А.П. Клишин, Е.Г Пьяных. Материалы IX всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "наука и образование"– Томск: ТГПУ, – Т.1, – Ч.2, 2005. – 340 с.
4. Карп К.М. Five Technological Considerations When Choosing an E-Learning Solution [Сайт]: eLearn magazine. URL: [http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?section=best\\_practices&article=16-1](http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?section=best_practices&article=16-1) (дата обращения: 01.08.2009).
5. MacDonald C.J. The Demand-Driven Learning Model as a Standard for Web-Based Learning [Сайт]: eLearn magazin URL: [http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?section=best\\_practices&article=10-1](http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?section=best_practices&article=10-1) (дата обращения: 22.01.2008).

## **ПОСТРОЕНИЕ РОЗАГРАММ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НАПРАВЛЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

*Карпова И. А.*

НИУ Томский политехнический университет

*Научный руководитель: Д. Ю. Степанов, к.т.н.*

При обработке изображений ставятся такие задачи как улучшение качества изображения, увеличение яркости, контраста, выделение и оценивание параметров отдельных элементов изображения. Последние две задачи можно решать на основе анализа розаграммы изображения. В статье приводится новый алгоритм оценки розаграммы, построенный на использовании метода направленной фильтрации.

Розаграмма – это угловая диаграмма распределения суммарных значений длин линейных элементов (линейно вытянутых объектов) по всей площади изображения.

Будем считать, что анализируемые изображения являются только полутоновыми, поэтому их можно представить в виде действительной

функции двух пространственных переменных  $x$  и  $y$  –  $A(x, y)$ . Рассмотрим абстрактное изображение бесконечной полосы шириной  $c$  (рис. 1):

$$A(x, y) = \text{rect} \left[ \frac{y - (kx + b)}{c} \right], \quad (1)$$

где  $\text{rect} \left[ \frac{z}{z_0} \right] = \begin{cases} 0, & |z| > z_0/2 \\ 1, & \text{иначе} \end{cases}$  – прямоугольная функция,

$y = kx + b$  – уравнение направляющей полосы.

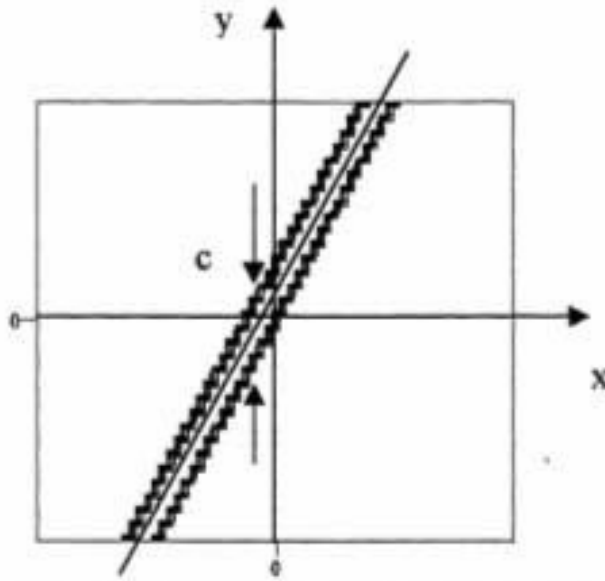


Рис. 1.

Двумерный спектр (1) может быть получен путем известного преобразования Фурье [1]:

$$A(f_x, f_y) = c \cdot \text{Sinc}(\pi f_y c) \delta(f_x + k f_y) e^{-j2\pi f_y b}, \quad (2)$$

где  $f_x, f_y$  – соответствующие пространственные частоты,

$$\text{Sinc}(z) = \frac{\sin z}{z}.$$

Из анализа выражения (2) следует, что максимальные значения двумерного спектра изображения бесконечной полосы расположены вдоль линии  $f_x + \gamma f_y = 0$ , проходящей через начало координат и направленной под углом, сдвинутым на  $\frac{\pi}{2}$  относительно направления полосы (рис. 2). Аналитические исследования проводились также для модели бесконечной тонкой линии, ограниченной тонкой линии и ограниченной полосы. Для данных моделей были сделаны анало-

гичные выводы. Следовательно, если на изображении наблюдаются линейно вытянутые объекты, то задачу анализа их направленности можно представить как задачу пространственной фильтрации в частотной области.

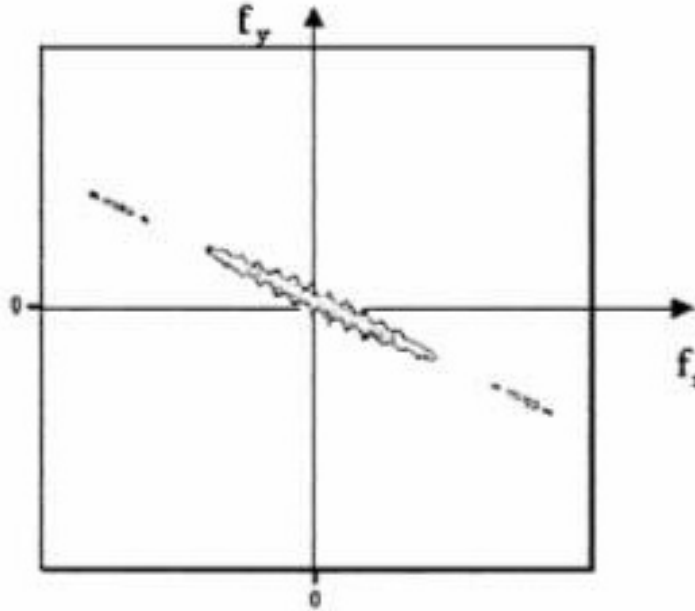


Рис. 2.

Частотная характеристика подобного двумерного фильтра, область пропускания которого согласована с направлением области максимальных значений спектра выделяемого объекта, предлагается определить в виде

$$H(f_x, f_y; \gamma_0) = \delta(f_x + \gamma_0 f_y), \quad (3)$$

где  $\gamma_0 = \operatorname{tg} \beta$  - определяет тангенс угла наклона фильтра. Спектр изображения на выходе этого фильтра можно найти как [1, с.58]:

$$A^{\text{вых}}(f_x, f_y, \gamma_0) = A(f_x, f_y) H(f_x, f_y, \gamma_0). \quad (4)$$

Например, спектр изображения (1) на выходе фильтра (3)

$$A^{\text{вых}}(x, y, \gamma_0) = \frac{1}{\Delta\gamma} \operatorname{rect} \left[ \frac{y - \gamma_0 x}{2x_0 \Delta\gamma} \right] \quad (5)$$

где  $\Delta\gamma = \gamma - \gamma_0$  - расстройка фильтра по отношению к направлению полосы. При этом энергия изображения (5)

$$E(\Delta\gamma) = \int_{-y_0}^{y_0} \int_{-\infty}^{\infty} |A^{\text{вых}}(x, y, \gamma_0)| dx dy = \frac{4x_0 y_0}{|\Delta\gamma| |\gamma_0|} \quad (6)$$

обратно пропорциональна расстройке направленного фильтра и достигает максимума при точной настройке фильтра на направление полосы. Аналогичные выводы были сделаны и для других рассмотренных выше моделей изображений. Таким образом, показано, что



энергия изображения на выходе фильтра (3) может характеризовать направленность объектов, а оценка их угла наклона может быть построена на основе анализа максимумов энергии изображения на выходе фильтра.

Для решения данных задач предлагается использовать розаграммы, полученные путем сканирования изображения фильтром (3), т.е. проведение многократной фильтрации в указанном диапазоне углов, и построения графика изменения энергии изображения на выходе фильтра. Так как в большинстве случаев исследуемое изображение обладает большой размерностью, целесообразнее всего операцию фильтрации проводить в частотной области с помощью алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ). При этом первый этап фильтрации (прямое двумерное ПФ) необходимо выполнить только один раз. Поэтому алгоритм оценки розаграммы можно представить в виде следующей последовательности действий:

- 1) определение двумерного спектра исходного изображения;
- 2) умножение частотной характеристики фильтра на спектр изображения при  $\gamma_0 = \gamma_1$ ;
- 3) проведение двумерного обратного ПФ;
- 4) вычисление энергии изображения  $E(\gamma_1)$  на выходе фильтра;
- 5) повторение пунктов 2, 3 и 4 для  $\gamma_0 = \gamma_2, \gamma_3 \dots \gamma_n$
- 6) построение розаграммы.

Основным и определяющим параметром разработанного алгоритма является множество значений  $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots \gamma_n)$ , которые должны быть заданы так, чтобы охватить весь диапазон значений  $\gamma$  выделяемых объектов и правильно отобразить структуру розаграммы.

Стандартная схема реализации двумерных фильтров в частотной области предполагает проведение двумерного ПФ по равномерной прямоугольной сетке дискретизации. Однако, при такой реализации направленного цифрового фильтра (3) возникает ряд проблем, так как прямоугольная дискретизация спектра не согласована с видом его частотной характеристики. Среди главных причин можно назвать следующие:

- 1) непосредственно по двумерному спектру можно вычислить энергию только в тех направлениях, которые проходят через узлы сетки дискретизации;
- 2) вычисление энергии вдоль других направлений потребует применения процедур двумерной аппроксимации, что повлечет на порядок выше дополнительные вычислительные затраты.

Существует способ, описанный в [2, с. 221], позволяющий избежать подобных проблем. Он заключается в выборе такой сетки дискретизации, которая бы позволяла наиболее точно определить узлами сетки область пропускания фильтра. В данном случае удобнее будет рассматривать сетку дискретизации в полярной системе координат, так как розаграмма есть функция, зависящая от угла. Переход к полярным координатам будем осуществлять путем известных преобразований:

$$\rho = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad f_x = \rho \cos \beta, \quad f_y = \rho \sin \beta, \quad \text{где } \beta = \arctg \left[ \frac{f_y}{f_x} \right]. \quad (7)$$

Далее будем считать, что исходное изображение задано в виде матрицы размером  $m \times n$ :  $A_{ij} = A(x_i, y_j)$ , где  $x_i = x_0 + i\Delta x$ ,  $y_j = y_0 + j\Delta y$ ,  $i = \overline{0.m-1}$  и  $j = \overline{0.n-1}$ . Тогда шаг дискретизации по  $\rho$  в частотной области определим как  $\Delta\rho = \Delta f_x |\cos \beta| + \Delta f_y |\sin \beta|$ , где, согласно теореме Котельникова,  $\Delta f_x = \frac{1}{m\Delta x}$ ,  $\Delta f_y = \frac{1}{n\Delta y}$ . Важно отметить, что на выбор шага дискретизации по углу  $\beta$  влияет не размер изображения, а характеристики выделяемых линеаментов и помех. Поэтому, очевидно, шаг  $\Delta\beta$  должен выбираться в каждом случае индивидуально.

При указанных условиях двумерный спектр в полярных координатах может быть вычислен как

$$S_{k,p} = A(\rho_k, \beta_p) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} A_{i,j} \exp[-j2\pi k \Delta\rho (x_i \cos \beta_p + y_j \sin \beta_p)]. \quad (8)$$

Выражение (8) определяет цифровой метод вычисления множества сечений двумерного спектра, проходящих через центр координат и направленных под углом  $\beta_p$ . Очевидно, что частотная характеристика цифрового направленного фильтра теперь представляется в виде

$$H(\rho, \beta, \alpha) = \delta(\beta - \alpha), \quad (9)$$

где  $\beta$  – угловая координата,  $\alpha$  – угол наклона фильтра, а спектр изображения на выходе фильтра (9) определяется значением одного сечения спектра на входе

$$A^{\text{вых}}(\rho_k, \alpha) = S_{k,p} \Big|_{\beta_p = \alpha}. \quad (10)$$

Тогда изображение на выходе (9) может быть получено не обратным двумерным преобразованием Фурье из (10), а более простым одномерным:

$$A^{\text{вых}}(x_i, y_j) = \frac{1}{mn} \sum_k A^{\text{вых}}(\rho_k) \exp[-j2\pi\rho(x \cos \alpha + y \sin \alpha)]. \quad (11)$$

Энергия изображения (11), согласно теореме Парсеваля, может быть рассчитана в спектральной области как

$$E(\alpha) = \sum_k |A^{obl}(\rho_k, \alpha)|^2 \Delta\rho. \quad (12)$$

Так как направление фильтра  $\beta$  имеет период  $2\pi$ , а частотная характеристика направленного фильтра есть функция четная, то  $E(\alpha) = E(\alpha \pm \pi q)$ ,  $q = 0, 1, 2, \dots$ , энергия (12) является периодической функцией с периодом  $\pi$ .



Рис. 3.

В случае использования предложенных выражений видно, что для построения розаграммы необходимо выполнить намного меньше операций по сравнению с вышеописанным стандартным подходом (рис. 3):

- 1) вычисление сечения двумерного спектра изображения для фиксированного угла наклона фильтра (9), согласно (10);
- 2) вычисление энергии этого сечения по формуле (12);
- 3) повторяя пункты 1 и 2 для различных значений  $\alpha$ , определяем значения розаграммы [3, с.72, 4, с.124].

Данный алгоритм был реализован в математическом пакете MathCad для проведения модельных исследований. Для эксперимента было синтезировано изображение трех линий L1, L2 и L3 различной длины, толщины и направленности (рис. 4). Данное изображение задавалось в виде квадратной матрицы размером  $64 \times 64$  пиксела. В качестве проверки вычислен амплитудный спектр и построено его изображение, на котором выделяются 3 направления максимальных значений спектра (рис.5). Каждое направление соответствует направлению линии изображения, сдвинутой на угол  $\pi/2$ . При построении розаграммы направленный фильтр сканировался в диапазоне углов от 0 до 180 гра-

дусов с шагом сканирования  $\Delta\alpha = \pi/32$ . Результирующий график розаграммы представлен на рис.6, на котором выделяются три доминирующих лепестка, направление которых точно совпадает с направлением линий.

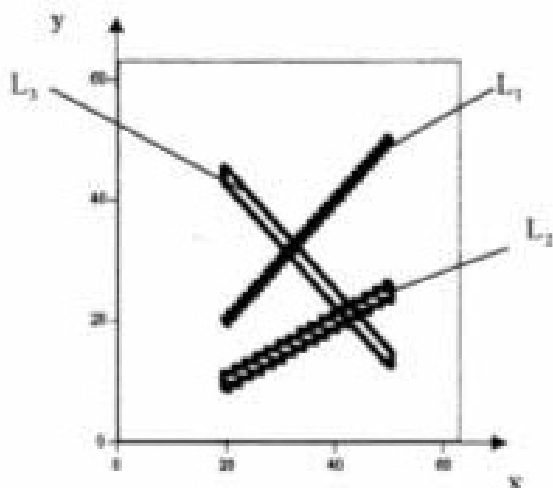


Рис. 4.

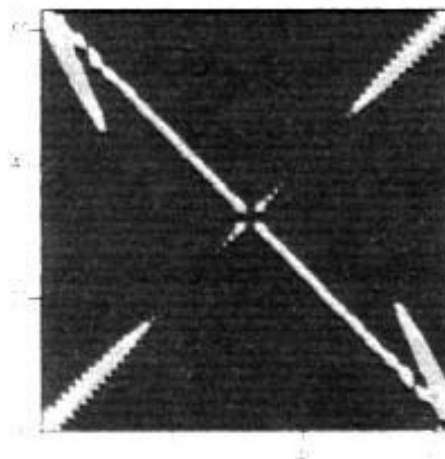


Рис. 5.

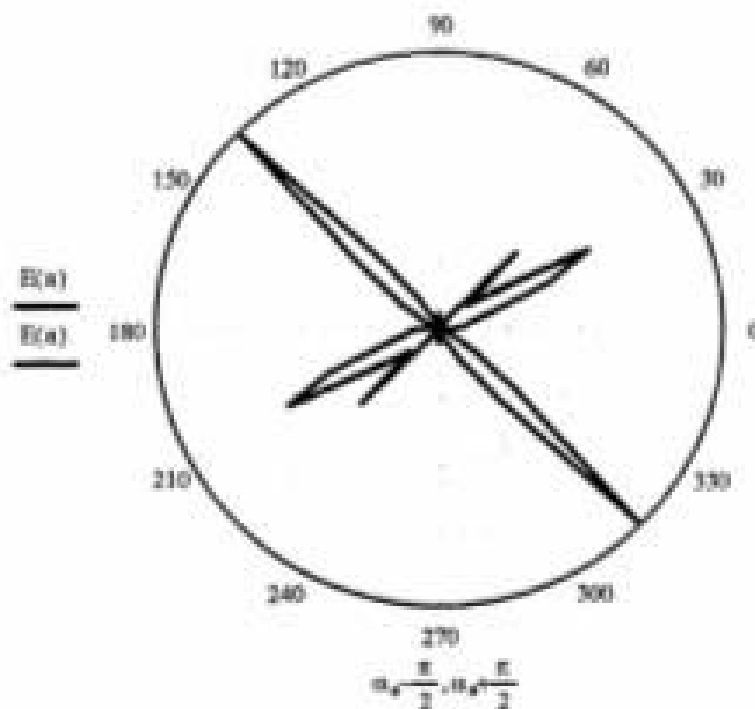


Рис. 6.

Предложенный в данной статье алгоритм построения розаграмм основан на новом спектральном методе реализации вычислений и, как показали результаты экспериментов, может служить эффективным средством анализа изображений.

## **Литература**

---

1. Дженкинс Г., Ватт Д., Спектральный анализ и его приложения. перевод с англ. В.Ф. Писаренко. – М.: Мир, Вып. 1, 1969. – 320 с.
2. Степанов Д. Ю. Особенности реализации цифровой фильтрации сейсмических сигналов по направлению // Труды 3-его Межд. науч. симп. им. М. А. Усова. «Проблемы геологии и освоения недр» -Томск: ТПУ, 1999. – С.221-222.
3. Степанов Д.Ю., Ильиных Ю.М. Построение розаграмм изображений с помощью направленной фильтрации // Материалы конференции «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: ТПУ, 2004. – С. 72-73.
4. Степанов Д.Ю., Калинина Е.А. Исследование спектральных характеристик изображений и алгоритм определения розаграмм // Материалы конференции «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: ТПУ, 2003. – С. 124-125.

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕЖКАДРОВОГО МЕТОДА РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ПРИ ДЕКОДИРОВАНИИ ЦИФРОВОЙ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ**

*Кох А. М.*

Томский университет систем управления и радиоэлектроники

*Научный руководитель: И. Г. Боровской, д.ф.-м.н., профессор.*

MPEG-форматы, такие как MPEG-2, MPEG-4, H.264, являются в настоящее время наиболее распространенными форматами сжатия видео, в связи с чем задача повышения производительности алгоритмов сжатия и декодирования, используемых в этих форматах, остается актуальной.

Изображения в MPEG-последовательности подразделяются на два типа: intra (I-кадры), являющиеся опорными, и inter (P- и B-кадры), содержащие разность текущего изображения с предыдущим опорным кадром [1].

Отдельные изображения состоят из макроблоков. Макроблок – основная структурная единица фрагментации изображения, он соответствует участку изображения размером 16×16 пикселей. Каждый макроблок состоит из нескольких блоков, количество которых определяется форматом сжатия. Блоки являются базовыми структурными единицами, над которыми осуществляются основные операции кодирования [2]. Группы блоков объединяются в прямоугольные области, называемые слайсами. Отдельные слайсы, формирующие изображение, могут быть декодированы независимо друг от друга.

Векторы движения определяют расстояние между двумя фрагментами на экране, основываясь на количестве пикселей между этими областями. Общая схема декодирования цифровой видеoinформации для большинства современных MPEG-форматов включает в себя такие стадии, как энтропийное декодирование коэффициентов и векторов движения, предсказание коэффициентов, обратное квантование, обратное DCT преобразование (IDCT – Inverse DCT), а так же компенсация движения и фильтрация изображения.

В настоящее время прогресс в области микроэлектронных компонент сталкивается с ограничениями, связанными с фундаментальными законами природы. Вряд ли можно надеяться на то, что в ближайшее время основной прогресс в быстродействии электронно-вычислительных машин будет достигнут лишь за счет совершенствования их элементной базы. Переход на качественно новый уровень производительности потребовал от разработчиков ЭВМ и новых архитектурных решений, поэтому дальнейшее уменьшение времени переключения электронных схем не позволит существенно повысить производительность ЭВМ. В этих условиях требования по дальнейшему повышению быстродействия ЭВМ могут быть удовлетворены только путем распространения принципа параллелизма на сами устройства обработки информации и создания многомашинных и многопроцессорных вычислительных систем.

С увеличением разрешения и битрейта цифрового видео (до  $1920 \times 1080$  с битрейтом до 40 Мбит/с для видео высокого разрешения [3]), применение алгоритмов распараллеливания для обработки цифровой видеoinформации в настоящее время выходит на передний план, позволяя использовать все возможности многопроцессорной техники.

Существуют два основных способа распараллеливания процесса декодирования цифровой видеoinформации – меж- и внутрикадровый, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками.

Недостатком внутрикадрового параллелизма является необходимость полного предварительного восстановления всей сжатой информации относящейся к кадру, т.к. сам процесс энтропийного декодирования не подразумевает распараллеливания. Помимо этого для многих стадий, таких как предсказание коэффициентов [4], фильтрации изображения с целью устранения блочности, необходимо наличие соседних блоков (левого, верхнего и правого верхнего), что приводит к созданию достаточно сложной схемы синхронизации. Как правило, при наличии нескольких процессоров сначала выполняется энтропийное

декодирование нескольких кадров, после чего реконструкция каждого кадра выполняется диагональным методом, когда декодирование очередной строки макроблоков начинается после восстановления правого верхнего соседа первого блока в текущей строке с последующей синхронизацией с верхней строкой.

Еще одной разновидностью внутрикадровых методов является параллелизм на уровне слайсов, когда каждый слайс изображения обрабатывается отдельным потоком. Серьезным недостатком данного метода является высокая зависимость от структуры видеопотока, т.к. зачастую кадры в видеопоследовательности состоят из одного слайса, в этом случае данный метод не дает прироста производительности

Основной проблемой межкадрового распараллеливания является зависимость между *intra*- и *inter*-кадрами, т. е. для декодирования *P* и *B* изображений необходимо предварительно реконструировать соответствующие им опорные кадры. В предложенном методе выполняется одновременное декодирование нескольких кадров, число которых зависит от количества имеющихся в системе процессоров. Одним из достоинств данного метода является использование синхронизации только на стадии компенсации движения, все остальные стадии выполняются независимо. Синхронизация необходима в случае, когда векторы движения в *inter*-кадре указывает на еще не восстановленную область соответствующего опорного кадра. В случае же декодирования видеопоследовательностей, состоящих исключительно из *intra*-кадров, их восстановление производится полностью независимо друг от друга.

Декодирование каждого кадра происходит в отдельном потоке, содержащем, помимо всего прочего, массив системных примитивов синхронизации (событий в случае платформы Win32), каждый элемент которого соответствует строке макроблоков в кадре. При завершении декодирования строки соответствующее ей событие помечается как активное, что означает ее пригодность для восстановления *inter*-кадров, векторы движения которых указывают на данную область изображения. В случае если вектор движения в *P* или *B* кадре указывает на еще не реконструированную область опорного кадра, производится ожидание объекта-события соответствующей строки макроблоков в опорном кадре. На рис. 1 приведен пример параллельного декодирования трех кадров – *I*, *P* и *B* с использованием предложенного алгоритма, стрелками сверху обозначены зависимости между *inter*- и *intra*-кадрами, стрелками между блоками – векторы движения.

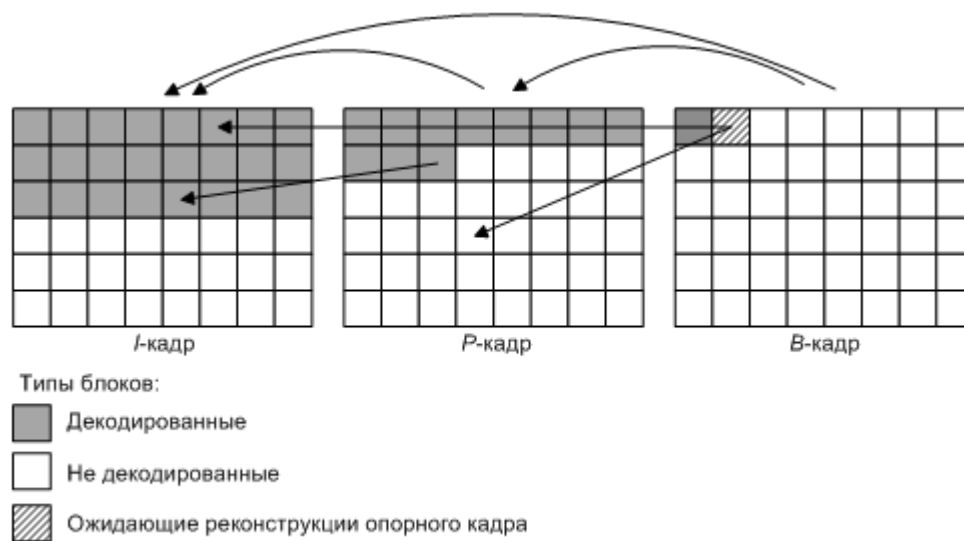


Рис. 1. Схема алгоритма

Для оценки эффективности меж- и внутрикадровых алгоритмов, используемых при декодировании цифровых видеопотоков, были разработаны программные модули, реализующие математические модели данных методов с учетом задержек, связанных с синхронизацией потоков. Входными данными для моделей являются два массива, содержащих значения, соответствующие времени энтропийного кодирования и реконструкции каждого блока, а так же количество потоков, используемых алгоритмом. Модели позволяют оценить пиковую теоретическую эффективность каждого из алгоритмов, т.к. единственным учитываемым критерием, помимо непосредственно самого времени, затрачиваемого на декодирование блоков, является использование примитивов синхронизации. Главным критерием оценки эффективности каждого метода считается коэффициент параллелизма, равный отношению времени исполнения алгоритма при использовании одного и нескольких потоков. Времена для моделей были получены с использованием программного декодера MainConcept H.264 Video Decoder [5] на системе с четырехъядерным процессором Intel Core 2 Quad Q9300, для точных измерений использовалась ассемблерная инструкция платформы x86 *rdtsc* [6], читающая счётчик TSC (Time Stamp Counter) и возвращающая в регистрах EDX:EAX 64-битное количество тактов с момента последнего сброса процессора. Для получения статистики в декодере перед выполнением функций энтропийного декодирования и реконструкции макроблока сохранялось значение, возвращаемое инструкцией *rdtsc*, также получалось значение счетчика тактов после выполнения данных функций, временем выполнения



функций декодирования и реконструкции является разность полученных значений.

С помощью разработанных моделей были получены коэффициенты параллелизма для обоих методов с использованием двух и четырех потоков. Среднее значение для двух потоков в случае использования внутрикадрового параллелизма составило 1,91, для межкадрового параллелизма – 1,99, для четырех потоков – 3,71 и 3,92 соответственно. Более высокий коэффициент параллелизма в случае использования предложенного межкадрового метода распараллеливания подтверждает высокую эффективность данного метода.

### ***Литература***

---

1. ISO/IEC 11172-2: Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s – Part 2: Video: англ. – ISO/IEC, 1993.
2. Jae-Beom Lee, Hari Kalva. The VC-1 and H.264 video compression standards for broadband video services: англ. – New York: Springer publishing, 2008. – 496 с.
3. Blu-Ray FAQ // Blu-Ray Disc. 2009 URL: <http://www.blu-ray.com/faq/> (дата обращения: 17.02.2010).
4. SMPTE 421M-2006: VC-1 compressed video bitstream format and decoding process: англ. – SMPTE, 2006.
5. MainConcept H.264/AVC // MainConcept: Information. 2009 URL: <http://www.mainconcept.com/site/prosumer-products-4/h264avc-20347/information-20367.html> (дата обращения: 24.01.2010).
6. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual Volume 2B: Instruction Set Reference // Intel Developer Center. 2009 URL: <http://developer.intel.com/Assets/PDF/manual/253667.pdf> (дата обращения: 21.12.2009).

## **ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ CASE – СИСТЕМ В ОБУЧЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЮ БАЗ ДАННЫХ**

*Красиков И. А.*

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

*Научный руководитель: А. А. Мицель, д. т. н., профессор.*

### ***Введение***

В настоящее время дисциплина базы данных, повсеместно изучается в ВУЗах России, ведущих подготовку квалифицированных специалистов в области программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем. Необходимость изучения дисциплины

плины базы данных, связанна с существованием в наше время обширных областей технических, научно-исследовательских, медицинских, социальных и других услуг, требующих наличие специалистов-проектировщиков реляционных баз данных.

Проектирование реляционных баз данных – логически сложная, трудоемкая и длительная работа, требующая высокой квалификации, участвующих в ней специалистов. Подготовка таких специалистов, требует знания концепций семантического моделирования баз данных, в частности методологии IDEF1X (Integration DEFinitions 1 eXpanded), являющейся с 1993 года федеральным стандартом США в области информационного моделирования. Знания этих концепций и методологии IDEF1X, должны быть подкреплены навыками использования графических средств моделирования баз данных, поддерживающих нотацию IDEF1X, именуемых CASE – системами (Computer Aided Software/System Engineering).

Таким образом, под CASE – технологиями подразумевают методологии проектирования информационных систем (И.С.), а также набор инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать эту модель на всех этапах разработки и сопровождения ИС. Стоит отметить, что, CASE-средства, как и любой инструмент, нужно уметь применять, в особенности это касается его применения в учебном процессе [1].

### **Характеристики CASE – систем используемых в обучении проектированию баз данных**

#### *AllFusion ERwin Data Modeler*

ERwin - средство разработки структуры базы данных, сочетающее графический интерфейс Windows, инструменты для построения ER-диаграмм, редакторы для создания логического и физического описания модели данных и “прозрачную” поддержку ведущих реляционных СУБД и настольных баз данных.

Процесс построения модели информационной системы (базы данных) в ERwin состоит из следующих шагов:

- 1) определение сущностей;
- 2) определение зависимостей между сущностями;
- 3) задание первичных и альтернативных ключей;
- 4) определение атрибутов сущностей;
- 5) приведение модели к требуемому уровню нормальной формы;

- 6) переход к физическому описанию модели - назначение соответствий: имя сущности - имя таблицы, атрибут сущности - атрибут таблицы; задание триггеров, процедур и ограничений;
- 7) генерация базы данных.

ERwin создает визуальное представление (модель данных) для решаемой задачи. Однако ERwin далеко не только инструмент для рисования, а так же средство для автоматического создания баз данных: таблиц, индексов, хранимых процедур, триггеров для обеспечения ссылочной целостности и других объектов, необходимых для управления данными.

Erwin состоит из множества интегрированных функций, решающих различные задачи проектирования баз данных:

- Инструменты создания сущностей, связей (relationships), альтернативных ключей, инвертированных индексов, связей категоризации, реализации ссылочной целостности и прочих функций графического редактирования моделей;
- Расширенные функции, решающие отдельные локальные задачи (tools): обратное проектирование (Reverse engineering), синхронизация с базой данных, интерфейсы к СУБД, поддержка средств 4GL, программирование триггеров и процедур, генерация отчетов и прочие функции, повышающие эффективность деятельности разработчиков информационных систем [2].

### ***S-Designer (SDP)***

Продукт S-Designer фирмы Powersoft представляет собой графический инструмент для проектирования структуры реляционных баз данных, реализует популярную методологию информационного моделирования, основанную на представлении информационных объектов и взаимосвязей между ними в виде ER-диаграммы ("сущность-связь"). Используемая в S-Designer нотация - IE (Information Engineering).

Процесс построения информационной модели данных в S-Designer состоит из следующих этапов:

С 1-ого по 4-ый шаги, проектирование осуществляется аналогично ERwin Data Modeler.

- переход к физическому описанию модели (выполняется автоматически);
- редактирование имен таблиц и их атрибутов на физическом уровне (если в модели имеются, например, связи "многие ко многим" или иерархические рекурсивные связи и их надо уточнить);

- проектирование триггеров, процедур и ограничений;
- генерация базы данных.

S-Designer, обладает множеством интегрированных функций, связанных с решением задач проектирования баз данных таких как:

- Работа с источником данных в виде пакета SQL - предложений (DDL), идентификация модели заголовком (Title), типизация данных, архивирование модели и модификация структуры данных, функция проектирования представлений (View), средства проверки правильности спроектированной модели, система расчета необходимой внешней памяти под БД, средства генерации отчетов, интегрированные средства разработки 4GL, генерация приложений [3].

### ***Oracle Designer/2000***

В основе CASE-технологии фирмы Oracle лежит собственная методология проектирования, базирующаяся на структурном подходе к разработке прикладной системы, разбиении жизненного цикла системы на этапы с учетом автоматизации перехода от одного этапа к другому. Основа Designer/2000 – это существование единой базы данных, в которой содержатся спецификации проектов на всех этапах разработки программного обеспечения.

Основу CASE-технологии и инструментальной среды Designer/2000 составляют:

- методология структурного нисходящего проектирования;
- поддержка всех этапов жизненного цикла прикладной системы;
- ориентация на реализацию приложений в архитектуре "клиент-сервер" с использованием всех особенностей современных серверов баз данных;
- наличие централизованной базы данных, репозитория, для хранения спецификаций проекта прикладной системы на всех этапах ее разработки;
- возможность одновременной работы с репозиторием многих пользователей;
- автоматизация последовательного перехода от одного этапа разработки к следующему, посредством специально разработанных утилит;
- автоматизация различных стандартных действий по проектированию и реализации приложения.

В соответствии с общей архитектурой CASE-системы DESIGNER/2000, выделяются следующие основные этапы процесса разработки системы:

- моделирование и анализ деловой деятельности, разработка концептуальных моделей предметной области, проектирование прикладной системы и реализация [4].

В соответствии с общей архитектурой инструментальные средства, входящие в состав DESIGNER/2000, разбиваются на следующие компоненты:

- ✓ средства доступа к репозиторию;
- ✓ средства управления репозиторием;
- ✓ средства анализа деловой деятельности;
- ✓ средства концептуального моделирования;
- ✓ средства проектирования системы;
- ✓ генераторы приложений.

***Требования к CASE – системам, использующимся в обучении проектированию баз данных***

Обучающие CASE – системы должны обеспечивать автоматизированную поддержку:

- проектирования реляционных баз данных на этапах анализа предметной области и концептуального моделирования;
- обучения приемам и правилам методологии семантического моделирования IDEF1X на всех этапах курсового проектирования по дисциплине “Базы данных”;
- создания рабочих и выходных документов курсового проекта.

Выполняя проект, студент должен на основе содержательного описания предметной области:

- создать средствами методологии IDEF1X концептуальную модель предметной области, включающую ER, KB и FA – диаграммы и спецификации доменов и правил целостности данных;
- выполнить описание доменов и базовых отношений средствами DDL SQL;
- сформулировать средствами DML SQL несколько регламентированных запросов к данным;
- Выходная документация проекта (пояснительная записка) должна соответствовать требованиям стандарта ВУЗа.

Из перечисленных требований следует, что целями курсового проектирования по дисциплине “Базы данных” являются: изучение концепций семантического моделирования данных на основе методологии IDEF1X, овладение основами CASE – технологий, являющихся одним из основных квалификационных требований, предъявляемых к инженеру-программисту-проектировщику БД. Овладеть приемами и

методиками проектирования с использованием CASE, не используя CASE – систем, невозможно. Однако, применение CASE – систем в учебном процессе нежелательно по следующим причинам:

➤ Являясь, прежде всего инструментом разработчика, CASE - система предполагает наличие у пользователя некоторого опыта проектирования и знания поддерживаемой методологии. Обучаемому студенту еще предстоит обрести и то и другое;

➤ Помимо основных функций проектировщика - рисования диаграмм, ведения глоссария и словаря данных и подготовки рабочих и выходных документов проекта, любая товарная CASE-система поддерживает множество других вспомогательных функций, представленных в интерфейсе конечного пользователя. Богатство интерфейса отвлекает внимание студента от учебных целей и стимулирует не нужные для их достижения эксперименты;

➤ CASE - системы автоматически поддерживают все формальные правила соответствующей методологии проектирования, в частности правила синтаксиса графических языков. Поэтому студент, использующий CASE - средство для выполнения курсового проекта, может получить не содержащие синтаксических ошибок выходные документы, не зная правил синтаксиса соответствующего языка;

➤ Многие CASE - системы, поддерживающие проектирование баз данных, обеспечивают генерацию кодов определений таблиц и правил целостности на языках целевых СУБД. Используя эту возможность системы, студент может создать тексты определений таблиц и стандартных триггеров ссылочной целостности, не понимая их смысла и связи с диаграммами модели;

➤ Справочные подсистемы CASE – средств ориентированы на квалифицированного проектировщика. Они относятся в основном к интерфейсу пользователя. Поэтому, во-первых, студент не может получить нужные ему справки по методологии и синтаксису, во-вторых, имеет возможность изучать вспомогательные функции системы, что приводит к нерациональному использованию учебного времени [5].

### ***Заключение***

Изложенные причины побудили автора созданию обучающего тренажера проектирования баз данных на основе методологии IDEF1X. Обучающая система не должна автоматически производить синтаксически правильные конструкции, но должна контролировать допустимость конструкций, создаваемых студентом, и сообщать об ошибках выполненных в модели. Система должна обеспечивать разъяснение причин ошибок и указание возможных вариантов их устранения. В настоящее время, обучающий тренажер находится в стадии

разработки центрального репозитория, хранящего все спецификации моделей данных, и полностью описывающего таким образом структуру проектируемой студентом базы данных [6].

### **Литература**

---

1. Рыбанов А.А. Инструментальные средства автоматизированного проектирования баз данных: учебное пособие по дисциплине «Базы данных» для студентов направления 552800 «Информатика и вычислительная техника» / ВолГТУ, Волгоград, 2007. – 96 с.
2. Горин С.В., Тандоев А.Ю, Фирма АлконсСофт. Применение CASE-средства ERwin 2.5 для информационного моделирования в системах обработки данных [Электронный ресурс]: URL: <http://www.citforum.ru/database/kbd96/65.shtml> (дата обращения: 17.03.2010).
3. Науменко А., Фирма АлконсСофт. Современное CASE-средство S-Designor фирмы PowerSoft [Электронный ресурс]: URL: <http://www.citforum.ru/database/kbd96/69.shtml> (дата обращения: 17.03.2010).
4. Горчинская О., НПВП ФОРС. DESIGNER/2000 - новое поколение CASE-продуктов фирмы ORACLE [Электронный ресурс]: URL: <http://www.citforum.ru/database/kbd96/63.shtml> (дата обращения: 17.03.2010).
5. Сибилев В.Д., Тимаков А.О., Шарков А.С. Обучающая CASE – система поддержки информационного моделирования // Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. Доклады ТУСУРа. – Томск: ТУСУР 1999г. – С. 220-231.
6. Красиков И.А. Автоматизированная система обучения методологии IDEF1X // Тестирование в сфере образования: Проблемы и перспективы развития. Доклад. II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Красноярск: Издательство СибГТУ, 2009г. – С. 156-162.

## **МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКА С ОСОБЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА «ШКОЛА-ДЕТСКИЙ САД»**

*Екимова Л. В., Ляпунова Н. Б.*

ГУ «Комплекс Степновская основная школа-детский сад»  
Глубоковского района ВКО, Республика Казахстан

На протяжении веков перед всемирным сообществом стоит проблема обучения и социализации детей с особыми потребностями и ограниченными возможностями. Защите их прав, в том числе на образование, во многом способствует деятельность таких международных

организаций, как ЮНЕСКО, Всемирная организация здравоохранения и многих других. Международное сообщество подтверждает, что «обычные школы с инклюзивной ориентацией являются наиболее эффективным средством борьбы с дискриминационными воззрениями, создания благоприятной атмосферы в общинах, построения инклюзивного общества и обеспечения образования для всех» [1]. Поэтому неотъемлемой частью всемирного движения за права человека стало стремление интегрировать в массовые образовательные учреждения учащихся с особыми потребностями и ограниченными возможностями.

В специальной педагогике одни исследователи (Назарова Н.М.) пользуются такими терминами, как лица с ограниченными возможностями (жизнедеятельности); применительно к обучающимся – лица с особыми образовательными потребностями, так как ограничение возможностей участия человека с отклонениями в развитии в традиционном образовательном процессе вызывает у него особые потребности в специализированной педагогической помощи, позволяющей преодолеть эти ограничения, затруднения.

В педагогическом энциклопедическом словаре о детях с особыми образовательными потребностями говорится как о новом, еще не устоявшемся термине, который возникает, как правило, во всех странах мира при переходе от унитарного общества к открытому гражданскому, когда общество осознает потребность отразить в языке новое понимание прав детей с нарушениями в психо-физическом развитии, новое отношение к ним.

В 1990 году Всемирная конференция «Образование для всех: удовлетворение базовых образовательных потребностей» помогла сосредоточить внимание мирового сообщества на широком круге детей, исключенных из систем образования, принадлежащих к так называемым «группам риска». С тех пор термин «группа риска» постепенно расширился и сейчас включает в себя широкий спектр уязвимых групп – это дети из семей с низким социально-экономическим статусом, ВИЧ-инфицированные дети, дети, представляющие национальные меньшинства, особо одаренные дети, дети с особенностями психофизического развития, имеющие проблемы со здоровьем, нарушениями в поведении и девиантным поведением.

Допуская, что обучающийся одновременно может быть представителем различных уязвимых групп, мы пользуемся определением ребенок «с особыми образовательными потребностями».



В данной статье мы рассматриваем лишь одну из категорий риска – категорию детей с особенностями психофизического развития, нуждающихся в специальном образовании.

В Советском Союзе для таких детей создавались специальные учебные заведения в соответствии с поставленным ребенку диагнозом, что не решало «задачу по преобразованию различий между людьми в конструктивный фактор, способствующий взаимопониманию между отдельными лицами и группами людей» [2]. Сегодня на постсоветском пространстве при наличии специализированных школ все активнее обсуждается вопрос помощи детям с особыми образовательными потребностями, поскольку независимые государства оказались неспособны создать условия их обучения в массовых школах по месту жительства.

Сельская школа раньше других приняла этих детей в соответствии с выбором родителей ребенка. Однако недостаточно только принять ребенка в общеобразовательную школу. Мы понимаем, что такие дети в большей степени, чем другие, нуждаются в помощи взрослого, знающего, каким образом передать ребенку тот социальный опыт, которым каждый нормально развивающийся ребенок овладевает без различных специфических средств и методов обучения.

Следовательно, каждому учителю обычной школы необходимо не только овладеть соответствующими профессиональными психолого-педагогическими умениями, но и быть личностью, способной понимать современную социокультурную ситуацию в стране, обладать высокой нравственной культурой. Быть толерантным, лояльным, цивилизованным, солидарным, милосердным, законопослушным, ответственным.

В нашем комплексе «школа-детский сад» из 200 учащихся и воспитанников 50 детей (25%) имеют заключение областной медико-психолого-педагогической консультации о наличии у них особенностей в развитии. В основном, это дети с задержкой психического развития.

Стратегия развития качества образования комплекса включает удовлетворение потребностей, в том числе, и этих детей.

Во-первых, они имеют такие же потребности в получении знаний, которые необходимы им для жизни в социуме. Во-вторых, у них есть и другие потребности, связанные с функциональными ограничениями, не позволяющие использовать в их обучении традиционные методы. [3] Поэтому при обучении необходимо использование специфических приемов и средств, которые должны соответствовать принципам специального образования. Ценность использования того или иного сред-

ства определяется тем, насколько оно делает обучение максимально доступным и посильным для учащихся, учитывает их познавательные возможности на различных возрастных этапах; обеспечивает необходимый уровень сознательности и прочности усвоения учебного материала; приводит к усвоению знаний в определенной системе, к формированию навыков систематической работы по самостоятельному приобретению знаний; предоставляет возможность для учета индивидуальных особенностей учащихся, рационального сочетания фронтальной и индивидуальной работы, дифференцированного подхода к обучению; содействует развитию речи, мышления; обеспечивает деятельностьную, наглядно-практическую основу освоения материала; обеспечивает коррекционно-компенсирующую направленность обучения; содействует развитию знаний и навыков, необходимых для социальной адаптации; ведет не только к усвоению знаний и формированию способов действий, но и обеспечивает надлежащее воспитание, общее развитие личности [4].

Большое значение для обеспечения доступности и качества образования учащихся имеет применение компьютерных, в том числе и мультимедийных средств, являющихся, по мнению большинства исследователей (О.И. Кукушкина, Н.Г. Токарева, Е.Л. Гончарова, Л.Р. Лизунова), эффективным средством и удовлетворения особых образовательных потребностей учащихся.

Под мультимедийными средствами мы понимаем перспективный и высокоэффективный инструментальный, позволяющий предоставить ученику и учителю информацию в большем объеме, чем традиционные источники информации. Такие средства включают в себя не только текст, графики, схемы, но и звук, анимацию, видео и т.п. Они помогают отбирать информацию, которая соответствует уровню восприятия конкретного обучающегося.

В своей деятельности, применяя мультимедийные средства, мы выделяем несколько аспектов: мотивационный, содержательный, организационный, контрольно-оценочный, учебно-методический.

Мотивационный аспект. Максимальный учет индивидуальных образовательных возможностей и потребностей учащегося; широкий выбор содержания, форм, темпов и уровней проведения занятий; раскрытие творческого потенциала помогает усилить мотивацию учащихся.

Содержательный аспект. Построение индивидуальных коррекционных курсов для детей, в т.ч. создание интерактивных открытых и дистанционных домашних заданий при наличии у ребенка соответствующих условий (наличие компьютера и интернета).

Организационный аспект отражает использование информационных технологий при различных вариантах организации обучения: индивидуальной, групповой и др.

Контрольно-оценочный аспект. Осуществление различных видов контроля: входного, промежуточного, итогового с использованием электронных тестов и практических заданий.

Учебно-методический аспект – это аспект, при котором мультимедийные ресурсы используются в качестве учебно-методического сопровождения коррекционно-развивающего обучения. Учитель применяет различные образовательные средства информационных технологий как при подготовке к уроку, непосредственно на уроке и при организации самостоятельного изучения учащимися дополнительного материала.

Мультимедийные средства обучения принято делить на демонстрационные, наставнические, тренировочные, информационно-справочные, моделирующие, игровые.

Демонстрационные мультимедийные средства в нашем комплексе создаются при помощи различных компьютерных программ. Например, яркие иллюстрации учителю и ученику помогают создать такие программы, как Paint, CorelDraw, Macromedia FreeHand, AdobeIllustrator. Анимации создаются в программе Microsoft PowerPoint. Например, на уроках риторики все учащиеся, в т.ч. с особыми образовательными потребностями, в программе PowerPoint выполняют и защищают слайдовые презентации.

Электронные учебные издания могут служить хорошим наставником, как при изучении нового материала, так и при его закреплении. Они позволяют ребенку работать в оптимальном для него режиме, при необходимости неоднократно повторяя информацию. Например, на уроках математики в нашем комплексе учителя используют электронные учебники, материал которых представлен как единое информационно-образовательное пространство, позволяющее изучать теоретический материал, выполнять предложенные задания и контролировать свои достижения.

Тренировочные мультимедийные средства – хороший помощники на уроках. Например, на уроках русского языка с целью формирования обобщенных понятий и коррекции знаний используются обучающие программы-тренажеры, в т.ч. программа «Фраза».

Информационно-справочные мультимедийные средства сети Интернет и школьной библиотеки позволяют находить необходимую информацию.

Моделирующие мультимедийные средства предназначены для создания модели объекта, процесса, явления с целью их изучения и исследования.

Игровые мультимедийные средства представлены богатой коллекцией электронных игр, способствующих развитию психических процессов.

Так, например, учитель технологии применяет такие обучающие программы, способствующие развитию познавательных процессов, как: «Кулинарные тайны» (на развитие внимания); «Барби. Показ мод» (на развитие эстетического вкуса и воображения); «Женское рукоделие» (на развитие мелкой моторики рук).

Особенно широко этот вид средств используется воспитателями детского сада и учителями начальных классов.

В связи с тем, что ученики в течение учебного дня нуждаются в релаксации и снятии психофизического напряжения, им предлагаются следующие компьютерные игры: «Бесконечные пазлы», «Снежные загадки», «Долина фей» и многие др. Они очень нравятся детям.

Как показывает практика, использование мультимедийных средств имеет огромный потенциал и, надеемся, позволит: решить задачи гуманизации образования; повысить эффективность учебного процесса; развить личностные качества обучаемых (обученность, обучаемость, способность к самообразованию, самовоспитанию, самообучению, саморазвитию; творческие способности, умение применять полученные знания на практике, отношение к труду и др.); развить коммуникативные и социальные способности обучаемых; существенно расширить возможности индивидуализации и дифференциации открытого и дистанционного обучения за счет предоставления каждому обучаемому персонального педагога, роль которого выполняет компьютер; определить обучаемого в качестве активного субъекта познания, признать его самоценность; учесть субъективный опыт обучаемого, его индивидуальные особенности; осуществить самостоятельную учебную деятельность, в ходе которой обучаемый самообучается и саморазвивается; создать зрительный образ; осуществить переход от предметного к конкретно-образному и затем к словесно-логическому мышлению; привить обучаемому навыки работы с современными технологиями, что способствует его адаптации к быстро изменяющимся социальным условиям [5].

## ***Литература***

---

1. Саламанкская декларация и Рамки действий по образованию лиц с особыми потребностями, статья 2: [Сайт]. URL:

- <http://www.un.org/russian/document/declarat/disabledmenu.htm> (дата обращения: 01.01.2010).
2. ЮНЕСКО 2003. Преодоление отчуждения с помощью инклюзивных подходов в образовании. Задача и концепция ее решения [Сайт]. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001347/134785r.pdf> (дата обращения: 12.04.2010).
  3. Инклюзивное образование: проблемы совершенствования образовательной политики и системы: Материалы международной конференции. 19-20 июня 2008 г. – СПб.: Изд-во РГПУ, 2008. – 215 с.
  4. Специальная педагогика / Под редакцией Н.М. Назаровой. – М.: Академия, 2009. – 400 с.
  5. Мультимедиа в образовании: [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ido.rudn.ru/Open/multimedia/mult2.htm#2\\_4](http://www.ido.rudn.ru/Open/multimedia/mult2.htm#2_4) (дата обращения: 22.03.2009).

## АНАЛИЗ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

*Николаев В. В.*

Томский государственный университет, ООО «Томсклабс»

*Научный руководитель: Д. А. Вражнов, инженер-программист,  
А. В. Шаповалов, д. ф. - м. н., проф.*

Машинное зрение является совокупностью подходов и методов обработки видеоинформации в приложениях к робототехнике, биофизике, медицине и другие. Решение большинства задач в данной области основаны на применении теории распознавания образов [1, 2]. Базовой схемой является построение множеств векторов-признаков на основе анализа особенностей исходного изображения и их дальнейшая классификация, с целью обнаружения объектов и их взаимосвязей. Под объектами, как правило, понимается объединение векторов-признаков в классы [3].

Эффективность использования данной схемы существенно зависит от методов выделения особенностей изображения и построения векторов-признаков. Одной из проблем обработки видеоинформации является большая вариативность параметров съемки, таких, например, как: освещенность, местоположение камеры, альbedo объекта, применяемая цветовая схема. Это приводит к тому, что один и тот же объект, в зависимости от условий съемки будет характеризоваться различными векторами-признаками. Общеизвестным подходом к решению этой проблемы является применение инвариантных векторов-признаков. В настоящее время, предложены методы построения векторов-признаков, инвариантных относительно поворотов, масштабных преобразований и положения объекта, а так же частичной инва-

риантностью к изменениям освещенности [4]. Значительный вклад в развитие теории построения инвариантных векторов-признаков внесли работы Линдеберга по конструированию пространства масштабов [5].

### **Построение векторов-признаков изображения**

Математическое представление некоторого объекта  $\Omega$  подразумевает существование набора  $\{D_1, \dots, D_N\}$  операторов (детекторов, измерений), которые ставят в соответствие объекту вещественный вектор (вектор - признаков)  $X = (d_1, \dots, d_N)$ , где  $d_i = D_i(\Omega)$ . В данной работе используются векторы – признаки, построенные по методу Bag-of-features (BoF). Подход Bag-of-features представляет собой простой, но эффективный способ визуальной классификации объектов по категориям [6].

Далее приводятся основные этапы алгоритма BoF.

1. На первом этапе из исследуемого набора изображений извлекаются особенности и строятся дескрипторы, содержащие координаты характерных точек изображений и параметры малых окрестностей этих точек, используя, например, алгоритм Scale Invariant Feature Transform (SIFT) [7], описанный ниже. Назовем полученные дескрипторы «буквами».
2. Далее, кластеризуем множество дескрипторов на заданное количество классов. Назовем это разбиение «алфавитом». Для каждого изображения строим гистограмму распределения «букв» из «алфавита». Эта гистограмма и будет итоговым вектором – признаков изображения.
3. Обучаем (подбираем параметры) классификатор, например, Support Vector Machine (SVM) [8]. Он разделяет подаваемые изображения на определенные пользователем категории, соответствующие типам объектов, например, «велосипеды», «машины», «лица» и т.п.

Рассмотрим применение BoF к задачам распознавания образов. Первые три этапа алгоритма BoF служат для создания «словаря» обучающей базы изображений. Для тестирования произвольного изображения добавим следующие пункты к вышеизложенному алгоритму.

1. Применяем первые три этапа к тестовому изображению и находим его вектор - признаков.
2. С помощью обученного классификатора определяем принадлежность тестового изображения к известному классу (объекту).

## Алгоритм SIFT

1. Масштабно-пространственный детектор: первая стадия вычисления ищет ключевые точки по всем масштабам изображения и пространству.
2. Фильтрация обнаруженных ключевых точек для выделения стабильных точек.
3. Назначение одной или нескольких ориентаций для каждой ключевой точки.
4. Вычисление дескриптора каждой ключевой точки

### Алгоритм обнаружения ключевых точек в пространстве масштабов

Изображение можно определить как двумерную функцию  $f(x, y)$ , где  $x$  и  $y$  – координаты в пространстве (конкретно на плоскости), и значение  $f$  которой в любой точке, задаваемой парой координат  $(x, y)$  называется интенсивностью или уровнем серого (в русском языке часто используется термин яркость) изображения в этой точке. Назовем представлением  $L$  функцию  $f(x, y)$  свернутую с функций Грина  $G(x, y; t)$  линейного уравнения диффузии

$$\partial_t U = \frac{1}{2} \nabla^2 U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^D \partial_{x_i x_i} U : L(x, y, t) = G(x, y, t) * f(x, y).$$

Функция Грина имеет следующий вид

$$G : R^D \times R_+ \rightarrow R, \quad x = (x_1, \dots, x_D)^T \quad G(x; t) = \frac{1}{(2\pi t)^{N/2}} e^{-(x_1^2 + \dots + x_D^2)/(2t)}.$$

Далее, определим ключевую точку или особенность изображения, как точку  $(x_1, \dots, x_D)$  изображения, в которой представление  $L$  изображения  $f(x, y)$  в пространство масштабов имеет локальный экстремум. Из необходимых условий экстремума свертки в пространстве масштабов задача сведется к решению экстремальной задачи:

$$\frac{\partial}{\partial t} (G(\cdot; t)) * f(\cdot) = \frac{\partial}{\partial x_i} (G(\cdot; t)) * f(\cdot) = 0.$$

Данная задача имеет конечно-разностное представление и допускает эффективное численное решение.

С ростом масштабного параметра  $t$ , степень сглаженности представления  $L$  изображения  $f$  увеличивается, что приводит к уменьшению значений пространственных производных  $L$ . Для компенсации сглаживания вводится специальная нормализация пространственных производных [5].

Численная реализация описанного выше алгоритма основана на аппроксимации производной слоев по масштабу их конечной разности

стью и называется Difference of Gaussians (DoG). Слои группируются в октавы, соответствующие удвоенному значению параметра  $t$ .

Как только DoG слоев были получены, ключевые точки определяются как локальные минимумы или максимумы DoG слоев. Определение идет путем сравнения каждого пикселя в слое с его восемью соседними пикселями того же слоя и девятью пикселями на каждом из соседних слоев. Мы называем ключевой точкой такую значение DoG, которой экстремален по сравнению со всеми соседними точками.

Этот детектор - один из методов, которые развивал Линдберг, рассматривая экстремум нормализованного Лапласиана. DoG – является конечно-разностной аппроксимацией оператора Лапласа применяемого к слоям.

### **Алгоритм выбора доминирующей ориентации**

Наиболее распространенный метод для выделения векторов – признаков, инвариантных относительно поворота исходного изображения на произвольный угол – построение гистограмм ориентированных градиентов (Histogram of oriented Gradients, HoG). Суть подхода состоит в построении гистограммы градиентов функции яркости в окрестности ключевой точки по заданным направлениям. Количество направлений определяется желаемой степенью детализации описания ключевой точки (задаваемой точностью). Следующим шагом является присвоение ключевой точке доминирующего направления.

### **Алгоритм вычисления дескриптора ключевых точек**

С помощью предыдущих шагов были найдены ключевые точки на изображении в различных масштабах и назначена им ориентация. Это обеспечило инвариантность ключевых точек изображения относительно поворота, масштаба и сдвига. Выделение ключевых точек с ориентациями недостаточно для распознавания объекта на изображении. В вектор признаков объекта необходимо включить дополнительную информацию.

Перейдем к описанию алгоритма построения дескрипторов. Сначала создается массив размерности  $4 \times 4$  гистограмм с 8 ячейками в каждой. Эти гистограммы строятся на основе доминирующих направлений, вычисляемых в подобластях размерами  $4 \times 4$  пикселя в окрестности ключевой точки, размером  $16 \times 16$  пикселей. Величины доминирующих ориентаций далее умножаются на коэффициент, пропорциональный  $t_i$ . Итоговый дескриптор ключевой точки строится в виде вектора на основе имеющихся гистограмм. Поскольку мы имеем  $4 \times 4 = 16$  гистограмм, каждая из которых имеет по 8 ячеек, то вектор имеет 128 элементов. Этот вектор нормализуется на единицу длины, в



целях повышения инвариантности относительно аффинного изменения в освещенности.

Представленный в докладе метод хорошо зарекомендовал себя для решения задачи классификации изображений по наличию на них объектов. Однако следует учесть, что распознавание объекта заметно осложняется, если он повернут, деформирован либо сильно изменено его освещение, данный метод не гарантирует обнаружение тех же самых ключевых точек, то есть детектор не всегда стабилен. Для решения данной проблемы предлагается использовать аппарат теории дифференциальных уравнений, чтобы выделить точки с наперед заданными особенностями.

### ***Литература***

---

1. Гонсалес Р., Вудз Р. Цифровая обработка изображений. — Техносфера, 200. — 1072 с.
2. Форсайт Д, Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. — Вильямс, 2004. — 928 с.
3. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. — Бином. Лаборатория знаний, 2006. — 752 с.
4. Mikolajczyk K., Schmid C. A performance evaluation of local descriptors// IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2005. — Vol. 10, — Т. 27. — P. 1615 - 1630.
5. Lindeberg T. Feature Detection with Automatic Scale Selection// IJCV(30). — 1998. — № 2. — P. 79-116.
6. Csurka G., Dance C., Fan L., Willamowski J., Bray C. Visual Categorization with bags of keypoints// In ECCV Workshop on Statistical Learning in Computer Vision, — 2004.
7. Lowe D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints// International Journal of Computer Vision. — 2004. — Vol. 60, — № 2. — P. 91-110.
8. Steinwart I., Christmann A. Support Vector Machines. — N.Y.: Springer, 2008. — 602 p.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

*Эфа Е. А., Сатекова Э. А.*

Томский государственный педагогический колледж

Современная система образования все активнее использует информационные технологии и компьютерные телекоммуникации.

Традиционная форма обучения давно потеряла свою эффективность. Изучая зарубежный опыт, можно выделить следующий важный аспект: преподаватель выступает не в роли распространителя инфор-

мации (как это традиционно принято), а в роли консультанта, советчика, иногда даже коллеги обучаемого. Это дает некоторые положительные моменты: обучающиеся активно участвуют в процессе обучения, приучаются мыслить самостоятельно, выдвигать свои точки зрения, моделировать реальные ситуации.

Развитие информационных технологий предоставило новую, уникальную возможность проведения занятий - внедрение дистанционной формы обучения. Она обеспечивает ряд преимуществ:

- а) позволяет самому обучаемому выбрать время, и место для обучения;
- б) дает возможность получить образование лицам, лишенным традиционного способа обучения в силу тех или иных причин;
- в) имеется возможность использовать в обучении новые информационные технологии;
- г) в определенной степени сокращает расходы на обучение.

С другой стороны, дистанционное образование усиливает возможности индивидуализации обучения.

Как правило, в дистанционной форме обучения применяются электронные учебники. Достоинствами этих учебников являются:

- 1) мобильность;
- 2) доступность связи с развитием компьютерных сетей;
- 3) адекватность уровню развития современных научных знаний.

Кроме того, создание электронных учебников способствует решению такой проблемы, как постоянное обновление информационного материала. В них также может содержаться большое количество упражнений и примеров, подробно иллюстрироваться в динамике различные виды информации. Также, при помощи электронных учебников осуществляется контроль знаний - компьютерное тестирование.

Учебник доступен не только преподавателю, но и обучаемому, который самостоятельно пользуется представленной методической концепцией. Роль преподавателя в реализации этой концепции очень велика, поскольку вербальная форма представления знаний для большей части учебника является вторичной, и преподаватель нужен для того, чтобы обеспечить их преобразование в форму, соответствующую концепции учебника.

Использование электронных учебников позволяет качественно усваивать материал. Это утверждение подтверждает проведенный нами эксперимент. В рамках эксперимента был разработан и апробирован электронный учебник по теме «Информация вокруг нас» для учащихся

ся 5 класса. При разработке данного учебника были учтены все основные требования, предъявляемые к электронным учебникам:

1. Информация по выбранному курсу хорошо структурирована и, представляет собой законченные фрагменты курса с ограниченным числом новых понятий.
2. Каждый фрагмент, наряду с текстом, представляет информацию в аудио - или видео виде ("живые лекции"). Обязательным элементом интерфейса для живых лекций является линейка прокрутки, позволяющая повторить лекцию с любого места.
3. Текстовая информация дублирует некоторую часть живых лекций.
4. На иллюстрациях содержится мгновенная подсказка, появляющаяся или исчезающая синхронно с движением курсора.
5. Текстовая часть сопровождается перекрестными ссылками, позволяющими сократить время поиска необходимой информации.
6. Темы, которые трудно понять в обычном изложении, сопровождаются видеоинформацией и анимацией. В этом случае, затраты времени для пользователей в пять-десять раз меньше по сравнению с традиционным учебником.
7. Наличие аудиоинформации, которая во многих случаях является основной и порой незаменимой содержательной частью учебника.

Предлагаемый компьютерный учебник разбит на несколько взаимосвязанных фрагментов, каждый из которых обладает определенной функцией, и представлен отдельными блоками:

- блок изучения теоретического материала – здесь обучающимся предлагается теоретический материал по изучаемой теме. Встроенные средства навигации позволяют свободно перемещаться по всему материалу учебника и находить интересующую информацию;
- блок практических заданий, где содержится материал для закрепления изученного материала;
- блок контрольных вопросов, который содержит набор вопросов по пройденной теме, на основе полученных ответов можно будет оценить степень усвоения материала.

Для эксперимента обучающиеся класса были разделены на две подгруппы с одинаковой предметной подготовкой, в которых изучение одного и того же раздела «Информация вокруг нас» курса информатики строилось по-разному. В рамках эксперимента было проведе-

но 5 уроков. В конце каждого урока обучающимся обеих подгрупп предлагалось ответить на одни и те же вопросы в тестовой форме. В одной подгруппе материал излагался традиционным способом, транслятором информации был учитель, а в другой подгруппе, учащиеся сами осваивали материал с помощью электронного учебника и учитель являлся только консультантом. В результате эксперимента было выявлено, что качество усвоения информации выше в той подгруппе, где в обучении использовался электронный учебник (диаграмма 1).

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что использование электронных учебников в образовательном процессе позволяет воспринимать и усваивать новую информацию в более интенсивном и активном режиме. Так как в электронном учебнике, в отличие от печатного, информация может быть представлена сразу несколькими способами: в виде текста, звука, анимации, видео и графики, а из психологических исследований известно, что при аудиовосприятии усваивается только 12% информации, при визуальном — около 25%, при аудиовизуальном — до 65% информации. Таким образом, использование современных возможностей мультимедиа в электронном учебнике позволяет оптимизировать процесс восприятия информации, позволяет повысить мотивацию обучающегося к изучению предмета, а также качественно влияет на процесс усвоения учебного материала.

### ***Литература***

---

1. Кларин М.В. Интерактивное обучение инструмент освоения нового опыта // Педагогика. 2000.
2. Компьютерная технология обучения: Словарь-справочник. Под ред. В.И. Гриценко, А.М. Довгялло, А.Я. Савельева. Киев, 2002.
3. Лавров О. Дистанционное обучение: Классификация проблем. Термины и определения//«Вопросы Интернет-образования», №15, 2003.

## **ПОДГОТОВКА ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ В SCORM ФОРМАТЕ**

*Селихова Е. А.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Л. В. Горчаков, д.ф.-м.н., профессор*

В настоящее время перспективным является интерактивное взаимодействие учителей и учащихся средних школ посредством информационных коммуникационных сетей, из которых особенно выделяется среда интернет-пользователей. Особую актуальность приобретает введение новых форм интерактивного обучения с использованием интернет технологий. Среди наиболее перспективных методов обучения выделяется дистанционное обучение, которое обладает: открытостью, доступностью, возможностью использования новых информационных технологий в обучении.

Современное дистанционное обучение строится на использовании следующих основных элементов: среды передачи информации (почта, телевидение, радио, информационные коммуникационные сети), методов, зависящих от технической среды обмена информацией. Использование технологий дистанционного обучения позволяет: снизить затраты на проведение обучения; проводить обучение большого количества человек; повысить качество обучения за счет применения современных средств, объемных электронных библиотек; создать единую образовательную среду.

В 2003 году в Соединенных Штатах Америка инициативная группа ADL начала разработку стандарта дистанционного интерактивного обучения SCORM, который предполагает широкое применение Интернет - технологий. Введение стандартов способствует как углублению требований к составу дистанционного обучения, так и требований к программному обеспечению.

В связи с проводимой модернизацией Российской системы высшего профессионального и среднего образования возникла острая необходимость в переходе на единые стандарты образования и сертификация курсов дополнительного обучения. Болонский процесс ставит задачи выработки единых подходов к техническому обеспечению образовательных процессов. В средней школе ощущается острая необходимость введения современных электронных систем обучения, как

для нужд дополнительного обучения, так и для поддержки базовых курсов.

Среди всех появившихся в последнее время продуктов стандартизации электронного обучения SCORM получил самое широкое признание. Эта модель используется при создании систем обучения, опирающихся на ресурсы интернета. Эталонная модель SCORM состоит из трех частей: введения, или обзорной части, описания модели интеграции содержания (CAM) и описания рабочей среды, или среды выполнения программ (RTE). В первой части описываются стандарты ADL и дается логическое обоснование создания эталонной модели. Вторая часть содержит практические советы по выявлению ресурсов и преобразованию их в структурированный учебный материал. В последней части даются практические советы по осуществлению связи с веб-средой и отслеживанию ее содержимого.

SCORM – это, скорее, не стандарт, а эталон, при помощи которого проверяется эффективность и практическая применимость набора отдельных спецификаций и стандартов. Этот эталон используется разработчиками стандартов, например IEEE и IMS, для объединения созданных ими спецификаций.

Тем не менее, для эффективной работы в системах обучения, использующих ресурсы интернета, соблюдение требований SCORM необходимо. Для отслеживания успехов и достигнутого уровня компетенции учащихся, а также для разработки определенного маршрута продвижения учащегося по материалам курса требуется соблюдение спецификаций SCORM: «среда выполнения программ» и «последовательность подачи материала».

Для экспортирования содержания учебных материалов в другие виртуальные среды обучения, соответствующие требованиям SCORM, необходимо соблюдать формат обмена данными под названием «упаковка содержания», описанный в модели интеграции содержания.

Для того чтобы учебный материал был удобен для поиска и мог использоваться в определенных контекстах, нужно маркировать его содержание с помощью спецификации метаданные - одного из компонентов модели интеграции содержания.

Согласно требованиям SCORM, учебные программы должны содержать три основных компонента:

1. Язык взаимодействия программ (run-time communications) – стандартный язык, на котором обучающая программа общается с системой организации обучения (LMS) или с виртуальной средой обучения (VLE). Наличие такого языка важно, прежде всего, потому, что он позволяет запустить и за-

вершить программу обучения, находясь в LMS или VLE. Кроме того, этот язык делает возможной передачу данных об оценках из учебной программы в LMS.

2. Файл-манифест / пакет содержания (Content package). Этот файл содержит полное описание курса обучения и его составляющих.
3. Метаданные о курсе. Каждый фрагмент курса – изображение, страница HTML или видеоклип – ассоциируется с определенным файлом метаданных, в котором содержатся указания на то, что этот фрагмент собой представляет и где находится. Для создания учебных объектов, отвечающих требованиям SCORM, используются различные программные средства.



Рис. 1. Пакет с учебным содержанием.

Метаданные SCORM описывают различные компоненты модели содержания SCORM. Метаданные и форма маркировки увеличивают возможности поиска.

Единый пакет содержания SCORM может представлять собой курс, урок, модуль, или может просто быть собранием связанных единиц содержания. Метаданные описывающие содержимое пакета с использованием языка XML содержатся в специальном файле `imsmanifest.xml`. Этот файл описывает содержание пакета и может включать дополнительное описание его структуры.



Рис. 2. Модель содержания электронного учебника "Архитектура компьютера"

В результате проведенной работы нами были сформулированы технические требования для перевода электронных курсов в SCORM формат в виде набора XML-шаблонов, которые были реализованы в новой версии пакета E-Course 2.0.

Внедрение рекомендаций позволило сформировать модель электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) и реализовать в пакете следующие основные компоненты:

а) на базовом (основном) уровне:

- основной теоретический материал, где должны быть отражены все дидактические единицы, соответствующие ГОС;
- набор практических заданий, упражнений, позволяющих выработать практические умения и навыки;
- средства формы текущего, промежуточного и итогового контроля оценки усвоения базовых знаний;

б) на дополнительном уровне:

- учебный материал, к которому учащийся может обратиться для углубленного изучения вопросов курса;
- учебный материал, к которому учащийся может обратиться для удовлетворения профессиональных запросов;
- учебно-методические материалы по решению задач повышенной сложности;
- словарь терминов, хрестоматийные, видео-, аудиоматериалы, презентации.

Полное внедрение SCORM позволит создавать курсы, комбинируя учебные объекты многократного использования; искать определенные



курсы, учебные объекты или активы с помощью тэгов метаданных; использовать курсы в системах управления обучением типа VitaLMS, Blackboard, WebCT, Moodle и т.п.

### ***Литература***

---

1. Казарин, С.А. Об одном подходе к созданию электронных пособий для заочного и дистанционного обучения / С.А. Казарин, А.П. Клишин // Сб. трудов конференции «Телематика-2009». – СПб., 2009. –С. 228-230.
2. Инициатива ADL. [Сайт] URL: <http://www.adlnet.gov> (дата обращения: 12.02.2010).
3. Сообщество ADL. [Сайт] URL: <http://www.adlcommunity.net> (дата обращения: 05.12.2009).

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ**

*Сухушин А. С.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Л. В. Горчаков, д.ф.-м.н., профессор.*

В последнее время, в сфере образования, все чаще применяется тестирование, как метод оценки качества знаний. Это вполне закономерно, поскольку в связи с быстрыми темпами развития науки, возрастает объем знаний, который требуется изложить в рамках той или иной образовательной дисциплины. Затраты времени на проведение оценки знания в традиционном варианте (экзамен) часто становятся обременительными и неоправданными. В этом плане тестирование имеет перед традиционными методами оценки, значительные преимущества, поскольку позволяет провести достаточно объективную оценку знаний по дисциплине, за ограниченное время, которое практически не зависит от количества испытуемых. А применение информационных технологий, позволяет не только быстро и наглядно провести тестирование, но так же без значительных затрат времени провести оценку знаний по каждому испытуемому.

Некоторые учителя и преподаватели в настоящее время являются противниками тестирования, мотивируя это тем, что тестирование обладает существенными недостатками, такими как: отсутствие творческой деятельности во время проведения тестирования, невозможность оценки глубинного понимания предмета и т.д. Однако большинство

недостатков тестирования складывается не из-за некорректности собственно тестирования, как метода оценки, а из-за некорректно составленных тестовых заданий.

Поэтому актуальным становится вопрос о качественной оценке самих тестовых заданий. В настоящее время для оценки качества тестовых заданий применяются статистические модели, которые определяют корректность заданий на основании результатов проведенных тестирований. Такой подход позволяет определять корректность заданий независимо не только от предмета, по которому проводилось тестирование, но и от типа теста (психологический/педагогический).

Большинство статистических моделей используют в качестве входных данных так называемую матрицу тестовых заданий (табл.1). Обозначим матрицу тестовых заданий  $A$ , как матрицу размерности  $(m,n)$ , где  $m$  – это количество заданий, а  $n$  – количество испытуемых.

Таблица 1

**Пример матрицы тестовых заданий**

Задание \ Учащийся	1	2	3	.....	m-1	m
1	0	1	1	.....	1	1
2	1	0	0	.....	0	0
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
n-1	0	0	0	.....	1	1
n	1	0	1	.....	0	1

Элементы матрицы заполняются исходя из успешности выполнения определенного задания, определенным испытуемым. Так элемент матрицы  $a_{ij}$  равен 1, если испытуемый под номером  $i$  правильно выполнил задание с номером  $j$ , и наоборот: элемент матрицы  $a_{ij}$  равен 0, если испытуемый под номером  $i$  неправильно выполнил задание с номером  $j$ .

Данная матрица в неявном виде используется для оценки знаний испытуемых, сумма баллов в строке определенного испытуемого равна количеству правильно выполненных заданий этим испытуемым, в теории тестирования такая сумма называется первичным баллом испытуемого.

Однако данную матрицу можно анализировать и по вертикали, тогда мы получим некоторые данные по заданиям, так сумма элементов в столбце для определенного задания показывает, сколько испытуемых ответило на данное задание, такая сумма в теории тестирования

называется первичным баллом задания. А отношение данной суммы к общему количеству испытуемых показывает долю правильно выполнивших данное задание, которая определяется в классической теории тестирования как сложность задания.

В отличие от классической теории тестирования, нами использовался подход с применением моделей, где используется предположение о том, что уровень знаний испытуемых и сложность заданий являются результатами не прямого, а косвенного эксперимента.

При этом за основу взята логистическая функция, которая определяет зависимость вероятности правильного выполнения определенного задания, определенным испытуемым, от различных факторов.

Так в однопараметрической модели Раша, вероятность успешного выполнения задания испытуемым, определяется сложностью данного задания и уровнем подготовленности данного испытуемого.

$$P_{ij} = \frac{e^{(\theta_i - \delta_j)}}{1 + e^{(\theta_i - \delta_j)}}$$

где  $P_{ij}$  – вероятность успешного выполнения  $j$ -го задания,  $i$ -м испытуемым,  $\theta_i$  – подготовленность  $i$ -го испытуемого,  $\delta_j$  – сложность  $j$ -го задания. График логистической функции модели Раша представлен на рис. 1.

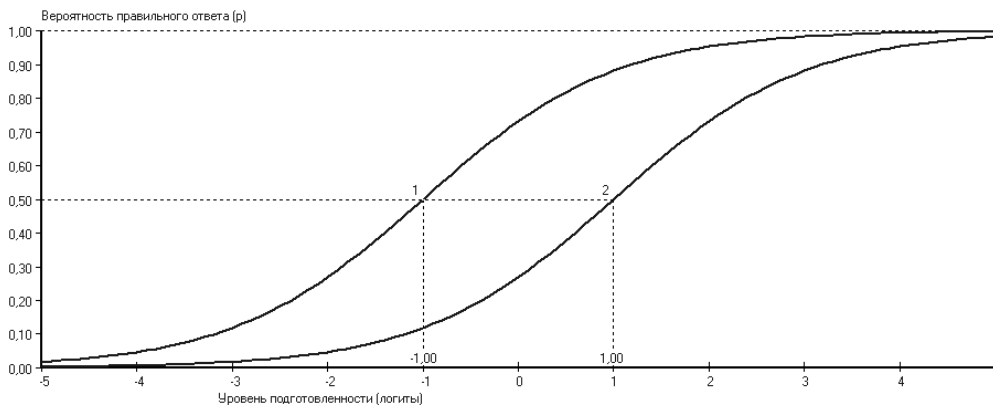


Рис. 1. График логистической функции модели Раша

На графике изображена зависимость вероятностей правильного выполнения заданий 1 и 2 для уровней сложности -1 и 1 соответственно. Из рисунка 1 видно, что чем выше уровень подготовленности испытуемого, тем выше вероятность выполнения им задания, для некоторого уровня сложности. Несмотря на то, что в модели Раша используется два параметра  $\theta_i$  и  $\delta_j$ , в конечном итоге вероятность  $P_{ij}$  зависит от их разности, поэтому модель называется однопараметрической, где в качестве единственного параметра принимается  $(\theta_i - \delta_j)$ .

Однопараметрическая модель Раша является частным случаем двухпараметрической модели Бирнбаума. Помимо параметров  $\theta_i$  и  $\delta_j$ , в данную модель входит параметр  $\alpha_o$  (дифференцирующая способность), который показывает, насколько  $j$ -е задание разделяет подготовленных и неподготовленных испытуемых.

$$P_{ij} = \frac{e^{\alpha_j(\theta_i - \delta_j)}}{1 + e^{\alpha_j(\theta_i - \delta_j)}}$$

График логистической функции двухпараметрической модели Бирнбаума представлен на рис. 2.

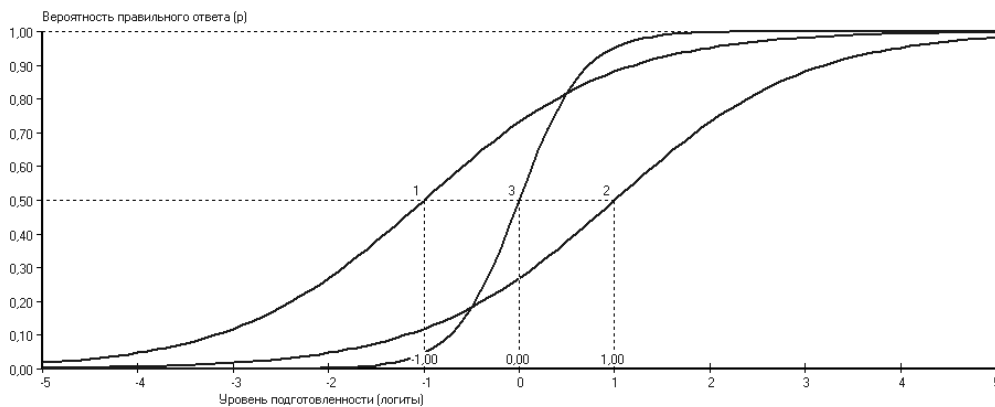


Рис. 2. График логистической функции двухпараметрической модели Бирнбаума

На рисунке 2 изображены графики зависимостей для заданий 1 и 2, при этом сложность принимает значения -1 и 1, при дифференцирующей способности равной 1. Необходимо заметить, что данные зависимости полностью соответствуют зависимостям заданий 1 и 2, которые были представлены при рассмотрении модели Раша, т.е. при дифференцирующей способности 1. Также на графике изображено задание 3 с уровнем сложности 0 и дифференцирующей способностью 3. Из рисунка 3 видно, что даже небольшое изменение уровня подготовленности испытуемого ведет к серьезному изменению вероятности правильного выполнения задания 3. За счет этого достигается более жесткое разделение испытуемых по уровням знаний. Однако применение данной модели приводит к некоторым трудностям анализа, эти трудности выражаются в пересечения графиков различных заданий. В нижней части графика (Рис.3), можно заметить, что, несмотря на то, что задание 2 имеет более высокий уровень сложности, вероятность правильного его выполнения выше, чем у более легкого задания 3, аналогично верно и для заданий 3 и 1.

Двухпараметрическая модель Бирнбаума в свою очередь является частным случаем трехпараметрической модели Бирнбаума (Рис. 3).

Последняя имеет дополнительно параметр  $c_j$ , (вероятность угадывания), который показывает, насколько у  $j$ -го задания, легко угадывается правильный ответ.

$$P_{ij} = c_j + (1 - c_j) \cdot \frac{e^{\alpha_j(\theta_i - \delta_j)}}{1 + e^{\alpha_j(\theta_i - \delta_j)}}$$

График логистической функции в трехпараметрической модели Бирнбаума представлен на Рис.3.

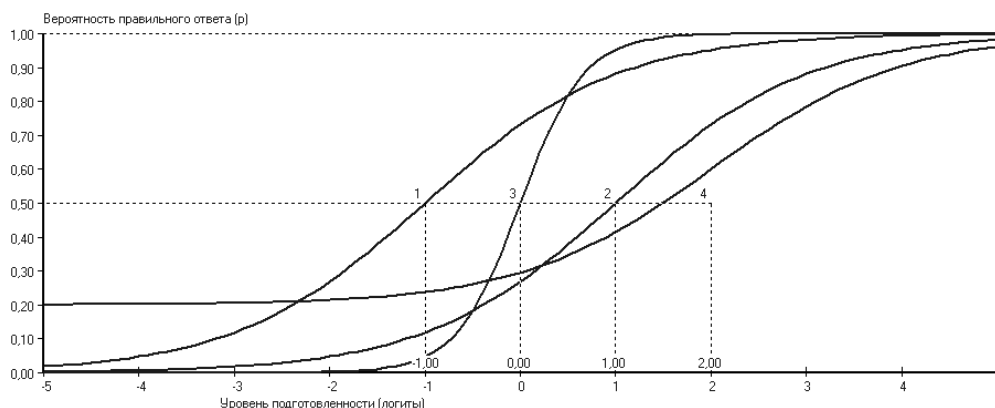


Рис. 3. График логистической функции трехпараметрической модели Бирнбаума.

Помимо уже описанных ранее заданий 1, 2 и 3, вероятность угадывания которых, при переходе к трехпараметрической модели Бирнбаума равна 0, на графике присутствует задание с уровнем сложности 2, дифференцирующей способностью 1 и вероятностью угадывания 0,2. Данная модель позволяет определить, насколько правильный ответ на данное задание легко угадать, однако анализ заданий по данной модели еще более усложняется, это также можно видеть по пересечениям графиков для различных заданий.

В ходе исследований были выработаны несколько правил для анализа заданий на основе оценок, рассчитанных для различных моделей.

Из расчетов параметров по классической теории тестирования можно сделать следующие выводы:

- значение коэффициента дискриминации менее 0,3 говорит об очень низкой эффективности задания, значения 0,4 и 0,5, соответствуют эффективным и высокоэффективным заданиям;
- тестовые задания не пригодны для проведения педагогических измерений, если их надежность меньше 0,5;
- значимость задания более 0,6 считается отличной, от 0,5 до 0,6 – хорошей, от 0,4 до 0,5 – удовлетворительной. Значимость же менее 0,2 является неудовлетворительной.

Из расчетов параметров по модели Раша:

- задания, на которые ответили все испытуемые или не ответил никто, не поддаются измерению, поэтому должны быть исключены из теста;
- соответствие трудности теста уровню знаний испытуемых определяется разностью средней трудностью заданий и среднего уровня подготовки (средняя трудность заданий не должна отличаться от среднего уровня подготовленности более чем на 0,5 логита);
- трудность соседних заданий (отсортированных по уровню трудности) не должна отличаться более чем на 0,5 логита, в противном случае принимается, что уровни знаний студентов внутри этого диапазона не дифференцируются с требуемой точностью;
- путем анализа поведения дистракторов, в зависимости от уровня знаний студентов, проводится оценка качества дистракторов.

На этом основании можно сделать вывод о том, что формализовав данные правила (что не представляет значительной сложности), можно построить экспертную систему, дающую рекомендации авторам тестов по улучшению их качества.

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ 3D МОДЕЛЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА**

*Энхцэцэг П., Уламбаяр Т.*

Монгольский сельскохозяйственный университет, Республика Монголия

*Научный руководитель: О. Лхагва, д.ф.-м.н., проф.*

### **Введение**

Достижения информатики все более широко внедряется в различных отрасли народного хозяйства. В настоящее время большое количество явлений природы и общества изучаются при помощи компьютерного моделирования, реализуемого на основе их математического описания с последующим проведением численного эксперимента.

Информационные технологии (ИТ) играют важную роль в образовании. Одним из направлений использования ИТ в образовании является создание и применение программных средств обучения. К этому относится комплекс моделей, создаваемых с целью обеспечения учебного процесса. В настоящее время виртуальные физические лаборатории успешно используется в учебном процессе во многих странах мира, как развитых, так и развивающихся. Как показывает

практика, сочетание подобных лабораторий с традиционными техническими средствами позволяет заметно повысить не только усвоение предмета, но и когнитивные способности обучаемых, посредством численных и анимационных представлений объектов.

В данной работе рассматриваются некоторые результаты наших разработок по созданию виртуальной лаборатории для обучения физике в общеобразовательных школах Монголии. Приведены модели для изучения явлений дифракции и поляризации света в рамках программы для общеобразовательной школы. При конструировании моделей использовалась среда разработки объектно-ориентированных приложений Delphi и графическая библиотека OpenGL.

Физика – наука, основанная на незыбливых фактах фундаментальных экспериментов. В нашей стране в течении многих лет физика в средних школах преподаётся недостаточно с точки зрения демонстрации физических опытов и экспериментов, и нередко без лабораторного обеспечения. Несомненно такое сухое изложение предмета не может удовлетворительно развивать воображение и представление о физической мире у учащихся, способствовать формированию познавательного интереса к такому необычному предмету как физика. Виртуальная физическая лаборатория помогает учащимся представить развитие физического процесса в виде движений и изменений предметов, объектов в пространстве и во времени.

Более того учащиеся могут “открыть” фундаментальные законы, проводя сами измерения в виртуальной лаборатории с последующими осмыслением их под руководством преподавателя.

### **Поляризация света**

По волновой теории, свет представляет собой поперечную электромагнитную волну. Вектора напряжённостей электрического и магнитного полей перпендикулярны по отношению к направлению распространения света и совершают гармонические колебания. Обычный дневной свет представляет собой суперпозицию электромагнитных волн со всевозможными равновероятными ориентациями вектора, т.е. с неопределённым состоянием поляризации. Поляризация света меняется при отражении и преломлении.

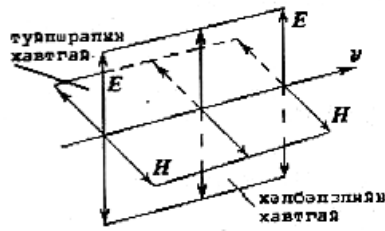


Рис. 1. Вектора напряжённости электрического ( $\vec{E}$ ) и магнитного ( $\vec{H}$ ) полей; у - направление распространения электромагнитной волны

Вектора  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  всегда взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости, перпендикулярной распространению волны света. Поляризацию света определяют выбранными направлениями вектора  $\vec{E}$ . Если колебания вектора  $\vec{E}$  происходят в одной плоскости, то говорят, что свет плоскополяризован (или линейнополяризован), а саму эту плоскость называют плоскостью поляризации.

Вектор электрической индукции имеет следующий вид:

$$E(r, t) = E_{0x} \cos(kr - \omega t) + E_{0y} \cos(kr - \omega t + \varepsilon),$$

где  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  – волновой вектор,  $\lambda$  – длина волны света.

При распространения неполяризованного света концы векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  векторов описывают круг. Демонстрация распространения неполяризованного света показана на рисунке 2.

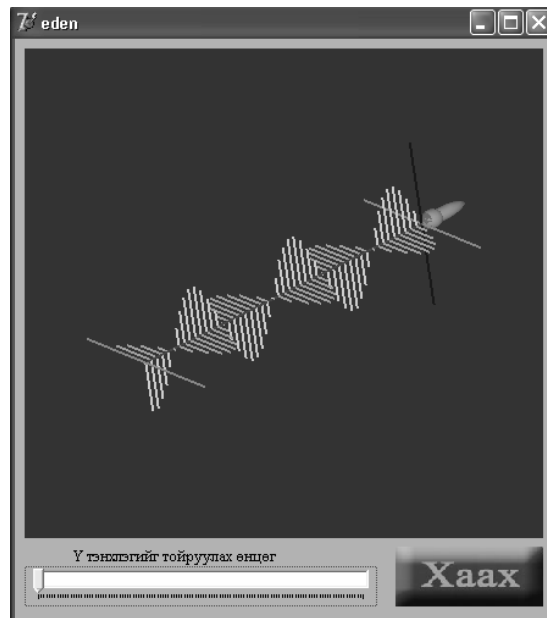


Рис. 2. Компьютерная модель для демонстрации распространения света. Движением скрола можно осуществить вращение объекта вокруг оси у



### Закон Малюса

Учащиеся, проводя измерения при помощи данной виртуальной лабораторной работы, смогут проверить закон Малюса и показать, что интенсивность линейно поляризованного изменяется по закону:

$$I = I_0 * \cos^2 \theta$$

В результате непосредственных измерений определяют, что отношение интенсивности света, пропущенного через поляризатор, к интенсивности падающего света в зависимости от вращения поляризатора подчиняется гармоническому закону. Сравнением построенного графика с теоретическим подтверждается соотношение:

$$\frac{I}{I_0} = \cos^2 \theta$$

### Компьютерная 3D модель поляризации

Ниже на рисунке 3 показана компьютерная 3D модель для изучения поляризации света. В ней предусмотрено изменение длины световой волны (цвета), а также углов вращения поляризатора. Следовательно изучение может быть проведено с использованием пучка различного цвета. На табло высвечиваются величины углов, характеризующих положение поляризатора относительно оси y, длины волны, интенсивности падающего и пропущенного света.

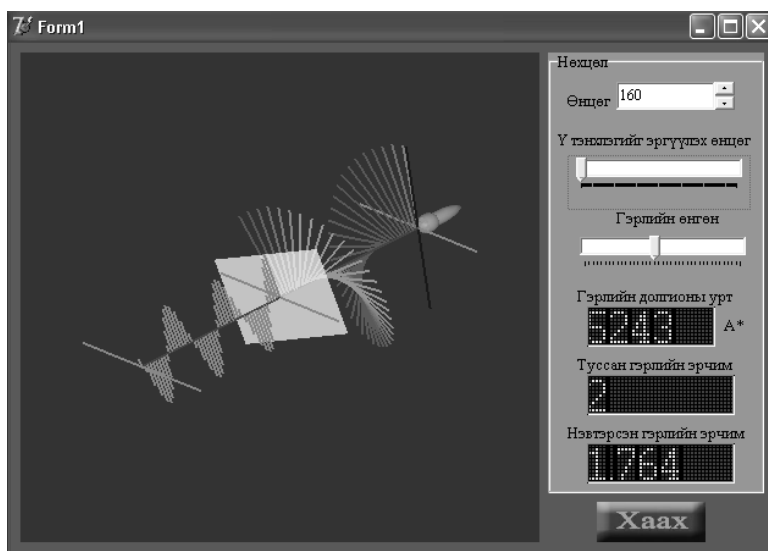


Рис. 3. Компьютерная 3D модель для изучения поляризации.

### Закон Брюстера

Данная 3D модель позволяет изучать явления двойного лучепреломления, возникающего во многих кристаллических веществах. Двойное лучепреломление относится к нелинейным оптическим

явлениям, которые вызваны различным поведением показателя преломления относительно разных кристаллографических осей. Обычный свет, падающий под углом Брюстера  $\phi$  из первой среды, во второй среде поляризуется двояким образом: свет, отраженный в плоскости падения, поляризован полностью, а преломленный пучок света поляризован частично (Рис. 4). Этот закон проверяется численными экспериментами в 3D модели.

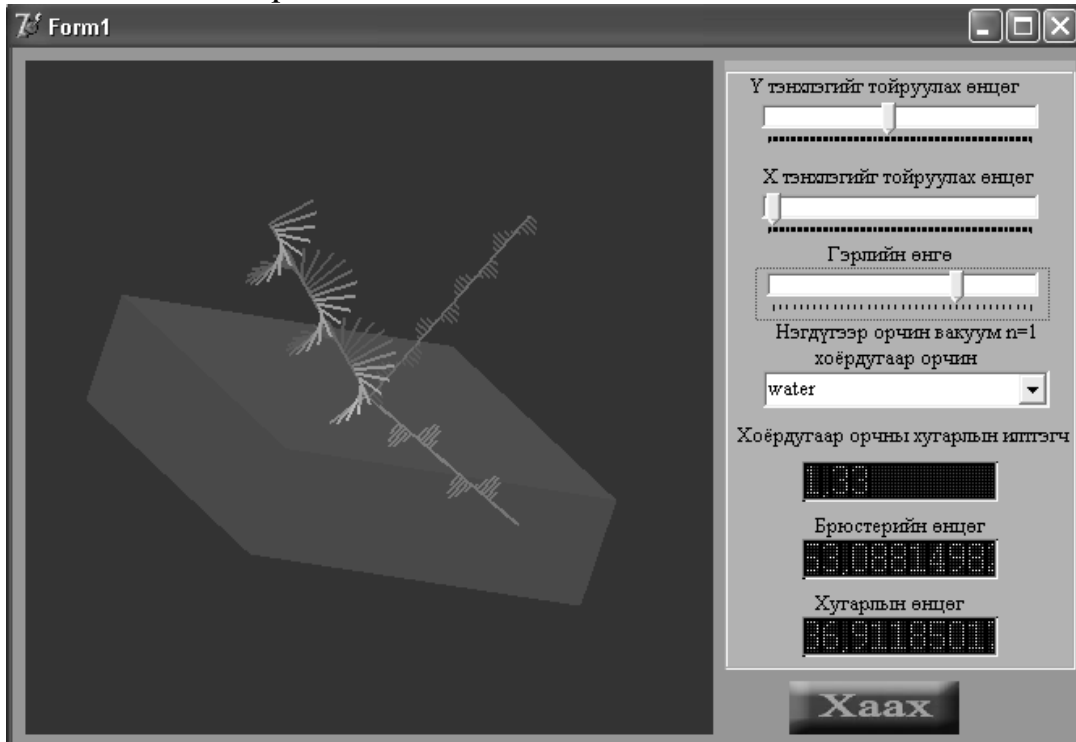


Рис. 4. Компьютерная 3D модель для изучения двойного лучепреломления

### Закон Снеллиуса

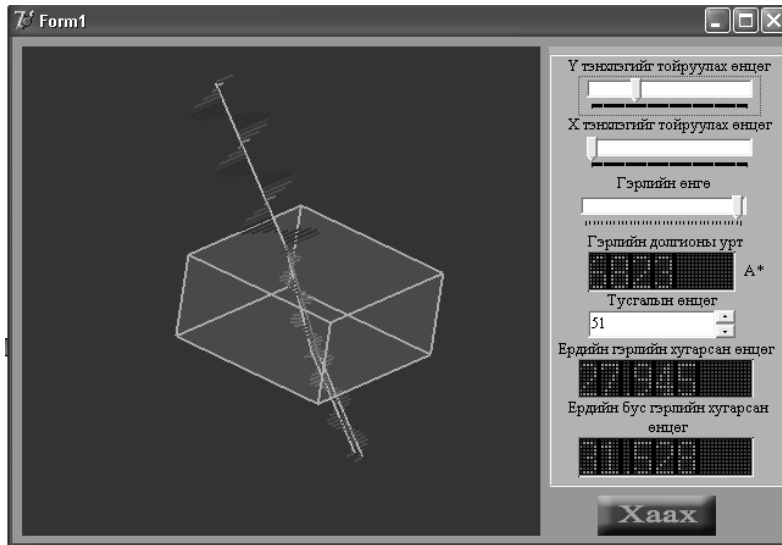
В данном случае виртуальная лаборатория позволяет определить численными измерениями показатели преломления кристалла вдоль разных направлений (Рис.5). Закон Снеллиуса устанавливает, что показатели преломления обычного и отраженного пучков света определяются как отношения синусов угла падения к синусам углов их преломлений, соответственно:

$$n_o = \frac{\sin \varphi}{\sin \psi_o}, \quad n_e = \frac{\sin \varphi}{\sin \psi_e}.$$

Данная лабораторная работа позволяет определить их показатели преломления при помощи заданных значений углов на панелях в элементах управления на панели. Ниже на рисунке приведены численные значения углов преломления обычного и отраженного пучков света для кристалла исландского шпата.

Используя их, находим:

$$n_0 = 1.6585, \quad n_e = 1.4863.$$



**Рис. 5.** Компьютерная 3D модель для изучения закона двойного лучепреломления. Первые два элемента управления предназначены для осуществления вращений вокруг осей  $u$  и  $x$  (направление: сверху - вниз). Скролом в третьем элементе управления регулируются величина параметра задающего цвет падающего света. В следующих четырех элементах управления последовательно задаются: длина волны и углы падающего света, а также углы обычного и отраженного лучей при двойном лучепреломлении

## Заклучение

Межуниверситетская группа физиков и программистов в течение несколько лет занимается созданием виртуальной лаборатории в целях использования в процессах обучения физики в средних школах. У нас постепенно накапливается опыт и умение конструирования моделей [4-6]. Задача в этой области актуальна и имеет большое практическое значения. Мы будем очень благодарны, если коллеги из соседних стран проявят интерес к сотрудничеству с нами.



**Рис. 6.** Передняя и задняя сторона обложки учебного CD-диска.

1. Гулд Я., Тобочник Я. «Компьютерное моделирование в физике», 2008.
2. Лхагва О. Газета «Учитель», 2004, 13/57/ (на монгольском языке).
3. Лхагва О. // Моделирование физики и ИКТ в образовании. 2007. – N 5, – С.46. (на монгольском языке).
4. Лхагва О., Уламбаяр Т., Отгонмөнх Х., Эрдэнэтуяа Л. // Сб. Создание виртуальной лаборатории. Будущее дистанционного обучения в Монголии. Уланбатор: 2009. – С. 74. (на монгольском языке).
5. Лхагва О. и др., Виртуальная лаборатория. // Сб. материалов международной конференции по электронному обучению для национального развития. – Уланбатор: 2006. – С. 33. (на монгольском языке).
6. Лхагва О., Эрдэнэтуяа Л., Отгонмөнх Х., Уламбаяр Т. Виртуальная лаборатория как единая база для эксперимента и теории физики. Проект регионального содействия АБР по внедрению ИКТ в общее образование. Региональный семинар. Кыргызстан, Иссык-Куль. 2009.

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧНОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ ПРОГРАММИРОВАНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ WEB-ВИЗУАЛИЗАТОРОВ**

*Якименко О. В.*

Томский государственный педагогический университет

*Научный руководитель: Л. В. Горчаков, д.ф-м.н, профессор.*

По определению А.Н.Леонтьева [1], задача - это цель, данная в определенных условиях. На психологическом языке цель представляет собой субъективный образ будущего результата, которого нет, и не может быть в голове обучающегося, когда он приступает к решению задачи. Единственно, что ему остается, так это вспомнить заранее данный преподавателем алгоритм решения.

Важной особенностью обучения программированию является то, что обладание соответствующей компетенций не сводится только к способности простого воспроизведению имеющихся знаний, и не ограничивается умением применять шаблонные решения. Нередко реальная задача, решаемая программистом, требует нестандартного мышления и нестандартных действий.

Очевидно, что обучение программированию начинается с рассмотрения элементарных конструкций. После изучения основ программирования на любом алгоритмическом языке следует перейти к решению типовых задач, которые являются основой алгоритмической

культуры и служат опорным пунктом при дальнейшем изучении программирования. Подбор задач осуществляется на основе стандартной программы школьного курса [3]. Учащиеся должны овладеть первоначальными навыками программирования на языке высокого уровня, что включает в себя способность разрабатывать алгоритмы линейной структуры, использовать операторы ветвления, выбора, циклов, организации подпрограмм, в том числе рекурсивных. Ученик должен уметь использовать простые и составные типы данных: целочисленные, вещественные, символьные, массивы, записи. На наш взгляд наиболее важными в обучении программированию являются следующие алгоритмы: исполнение линейного алгоритма; условный оператор; циклы с предусловием; цикл с постусловием; цикл с параметром; суммирование элементов массива; поиск минимального и максимального элементов в массиве; простые сортировки массива; поиск подстроки; представление множества в ЭВМ; организация рекурсии; ввод вывод в файл.

Учитель создает проблемную ситуацию, направляет учащихся на ее решение, организует поиск решения. Таким образом, ребенок в процессе поиска решения получает новые знания, он овладевает новыми способами действия. Проблемная ситуация специально создается учителем путем применения ряда особых методических приемов [2].

В зависимости от характера взаимодействия учителя и учащиеся выделяют четыре уровня проблемного обучения [2]:

1. Уровень несамостоятельной активности - восприятие учениками объяснения учителя, усвоение образца умственного действия в условиях проблемной ситуации, выполнение учеником самостоятельных работ, упражнений воспроизводящего характера, устное воспроизведение;

При изучении программирования несамостоятельная активность проявляется при изучении готовых текстов программ.

2. Уровень полу-самостоятельной активности характеризуется применением прежних знаний в новой ситуации и участие школьников в поиске способа решения поставленной учителем проблемы;

Данному уровню характерно, изучение нового материала, на основе подсказок учителя. В качестве таких подсказок можно использовать шаблоны программ.

3. Уровень самостоятельной активности - выполнение работ репродуктивно-поискового типа, когда ученик сам решает по тексту учебника, применяет прежние знания в новой ситуации, конструирует,

решает задачи среднего уровня сложности, доказывает гипотезы с незначительной помощью учителя и так далее.

Для этого уровня необходимо поставить перед учеником задачу, которую ученик должен решить самостоятельно, без помощи учителя.

4. Уровень творческой активности - выполнение самостоятельных работ, требующих творческого воображения, логического анализа и догадки, открытия нового способа решения учебной проблемы, самостоятельного доказательства; самостоятельные выводы и обобщения, изобретения, написание художественных сочинений.

На этом уровне нужно поставить задачу, при решении которой ученик будет не просто самостоятельно работать, но и подходить к этому творчески.

Существенной трудностью реализации данного подхода является необходимость индивидуальной работы с учениками. Действительно, эффективность методики для каждого ученика будет достигнута, если он сам будет заполнять пропуски и сам выполнять задания. К сожалению, учителю трудно «разорваться на части» и уделить необходимое внимание каждому ученику. Одним из решений данной проблемы может стать использование визуализаторов (программ-тренажеров), демонстрирующих внутреннюю логику алгоритма и управляющих деятельностью учеников. Важным моментом является возможность размещения тренажеров в сети Интернет. Данная технология позволяет обеспечить общедоступность создаваемых средств (технологически это приводит к необходимости реализации тренажеров в виде web-приложений). Программы-тренажеры, являющиеся web-приложениями и демонстрирующие процесс работы алгоритмов можно назвать web-визуализаторами [5]. Данные продукты могут широко применяться как в традиционной классно-урочной системе, так и в самостоятельной работе.

### ***Литература***

---

1. Сластенин, В.А. Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов; Под ред. В.А. Сластенина. - М.: Академия, 2002. – 576 с.
2. Вербицкий, А Психолого-педагогические основы образования взрослых: контекстный подход. // Образовательный журнал для взрослых «Новые знания»: [сайт]. URL: [http://www.znanie.org/journal/n2\\_01/psih\\_podhod.html](http://www.znanie.org/journal/n2_01/psih_podhod.html) (дата обращения: 01.11.2009).
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [электронный ресурс]. URL:

[http://window.edu.ru/window\\_catalog/pdf2txt?p\\_id=14196](http://window.edu.ru/window_catalog/pdf2txt?p_id=14196) (дата обращения: 03.04.2010).

4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [электронный ресурс]. URL: [http://window.edu.ru/window\\_catalog/pdf2txt?p\\_id=14196](http://window.edu.ru/window_catalog/pdf2txt?p_id=14196) (дата обращения: 11.02.2010).
5. Якименко, О.В. Применение обучающих программ-тренажеров в обучении программированию / О.В. Якименко, А.Н. Стась // Вестник ТГПУ. – Томск: ТГПУ, Вып. 1, 2009. – С 54-56.

*Научное издание*

**XIV Всероссийская с международным участием  
конференция студентов,  
аспирантов  
и молодых ученых «Наука и образование»  
(19–23 апреля 2010 г.)  
в 6 томах  
Том I  
Естественные и точные науки  
Часть 1**

Технические редакторы: П. А. Шевченко, В. Ю. Горбунов  
Ответственный за выпуск: Л. В. Домбраускайте

---

Подписано в печать: 14.07.2010

Сдано в печать: 30.07.2010

Тираж: 120 экз.

Заказ: 523/Н

Формат: 60x84<sup>1/16</sup>

Бумага: офсетная

Печать: трафаретная

Уч. изд. л.: 16,25

Усл.-печ. л.: 12,8

Гарнитура: Times NR

---

Издательство Томского государственного  
педагогического университета

634061, г. Томск, ул. Киевская, 60. Тел.: (382-2) 52-12-93

e-mail: [tipograf@tspu.edu.ru](mailto:tipograf@tspu.edu.ru)

Отпечатано в типографии ТГПУ,  
г. Томск, ул. Герцена, 49. Тел.: (382-2) 52-12-93

~ 260 ~