



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАЛАЧЕВ Николай Валентинович

**ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ
ПРАКТИКУМЫ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ
В ЦИКЛЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН**

Теоретические аспекты

Москва 2011



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Калачев Николай Валентинович

**ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ
ПРАКТИКУМЫ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

В ЦИКЛЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

Теоретические аспекты

**13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания
(физика, уровень высшего профессионального образования)**

г. Москва – 2011

УДК 378.147:88

ББК Ч 486.88 + Ч 486.51

К 17

Работа печатается по решению учёного совета факультета физики и информационных технологий Московского педагогического государственного университета

Рецензенты: В.И. Данильчук – Член-корреспондент РАО, доктор педагогических наук, профессор, ВГПУ;

Н.С. Пурышева – доктор педагогических наук, профессор, МПГУ;

В.Я. Никулин – доктор физико-математических наук, в.н.с. ФИАН.

Калачев Н.В.

К 17 Проблемно-ориентированные физические практикумы в условиях открытого образования в цикле естественнонаучных дисциплин: монография / Н.В. Калачев. – М.: Издательский дом МФО. 2011. – 216 с.

В монографии рассматриваются теоретические аспекты проблемно-ориентированных физических практикумов, широко применяемых в условиях открытого образования в циклах естественнонаучных дисциплин. В первых трех главах рассмотрены методы измерения физических величин, погрешности измерений и расчеты ошибок измерений. Две последующие главы посвящены теоретическим проблемам, возникающим при проведении физических практикумов по экологии электромагнитных воздействий и радиационной экологии. В последней главе рассматриваются вопросы, возникающие при изучении проблемно-ориентированных физических практикумов по акустической и вибрационной экологии.

Книга будет полезна преподавателям, аспирантам и студентам – будущим учителям физики и технологии.

Научный редактор: – Ю.А. Гороховатский, доктор физико-математических наук, профессор РГПУ им. А.И. Герцена

ISBN 978-5-9900230-3-1

© Калачев Н.В. 2011

© Московский педагогический государственный университет, 2011

© Оформление. ООО «Издательский дом МФО», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. Общетеоретические физические понятия, применяемые в проблемно-ориентированных физических практикумах	15
1.1. Физические величины и их измерение в физических проблемно-ориентированных практикумах	15
1.2. Методы и средства измерений в физических велиичии в проблемно-ориентированных практикумах	17
1.3. Градуировка современных средств измерения в физических проблемно-ориентированных практикумах	19
1.4. Основные метрологические характеристики современных средств измерения физических величин в проблемно-ориентированных практикумах	21
Глава 2. Погрешности измерений в проблемно-ориентированных физических практикумах	28
2.1. Виды погрешностей измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	28
2.2. Постоянство, правильность, точность измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	31
2.3. Расчёт приборной погрешности в физических проблемно-ориентированных практикумах	33
2.4. Расчёт случайных ошибок измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	37
Глава 3. Расчет ошибок измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	41
3.1. Обработка результатов прямых измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	41
3.2. Обработка результатов косвенных измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	45
3.3. Погрешности табличных и постоянных физических величин в физических проблемно-ориентированных практикумах	47
3.4. Обработка результатов измерений: действия над приближенными числами в физических проблемно-ориентированных практикумах	48

3.5. Обработка результатов измерений: правила округления в физических проблемно-ориентированных практикумах	49
3.6. Графическая обработка результатов измерений в физических проблемно-ориентированных практикумах	50
3.7. Использование метрической системы мер в физических проблемно-ориентированных практикумах	52
Глава 4. Теоретический материал, используемый при проведении проблемно-ориентированных физических практикумов по экологии электромагнитных взаимодействий	53
4.1. Особенности воздействия электромагнитных полей (ЭМП) на живые организмы	53
4.2. Последствия воздействия электромагнитных полей на человека	57
4.3 Источники электромагнитных полей	59
4.4. Расчёт электромагнитных полей, создаваемых источниками разных типов	76
4.5. Защита от электромагнитных полей. Гигиеническое нормирование электромагнитных полей	82
4.5.1. Методы защиты от электромагнитных полей	82
4.5.2. Защита населения от вредного воздействия электромагнитных полей	86
4.5.3. Санитарно-защитные зоны вблизи железной дороги	88
4.5.4. Нормирование электромагнитных полей	89
4.5.5. Измерение интенсивности электромагнитных полей	98
Глава 5. Теоретический материал, используемый при проведении проблемно-ориентированных физических практикумов по радиационной экологии	100
5.1. Что такое радиационная экология?	100
5.2. Взаимодействие радиоактивного излучения с неорганическими и органическими объектами	104
5.2.1. Взаимодействие с веществом заряженных частиц	104
5.2.2. Взаимодействие с веществом нейтронов	105
5.2.3. Основные понятия радиационной дозиметрии	106

5.2.4. Взаимодействие ионизирующего излучения с живыми организмами	111
5.2.5. Измерения ионизирующего излучения	115
5.3. Приборы для измерения и источники радиации, применяемые в физических проблемно-ориентированных практикумах	116
5.3.1. Детекторы ионизирующего излучения	116
5.3.2. Естественные источники ионизирующего излучения	121
5.3.3. Искусственные источники радиации	126
5.4. Радиационная безопасность	132
5.4.1. Защита от ионизирующего излучения	132
5.4.2. Нормы радиационной безопасности НРБ-99	134
5.4.3. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87	143
Глава 6. Теоретический материал, используемый при проведении проблемно-ориентированных физических практикумов по акустической экологии	150
6.1. Введение в акустику	150
6.1.1. Общие понятия	150
6.1.2. Шкала уровня звука	153
6.1.3. Частотный спектр звукового сигнала	156
6.1.4. Особенности слухового восприятия	158
6.2. Шум и его источники	161
6.2.1. Действие шума на человека	161
6.2.2. Классификация и нормирование шумов	163
6.2.3. Измерения шума	171
6.2.4. Распространение звуковых волн	172
6.3. Вибрации как биологический фактор, загрязняющий окружающую среду	178
6.3.1. Источники вибрации	178
6.3.2. Воздействие вибрации на человека	179
6.3.3. Нормирование вибрации	182
6.3.4. Измерение вибраций	184
6.3.5. Методы и средства защиты от вибрации	185

Заключение	188
Литература	190

ВВЕДЕНИЕ

В концепции модернизации российского образования на период до 2020 года [174], в инновационных программах подготовки специалистов поставлены задачи по подготовке специалистов, обладающих значительным творческим потенциалом, способных на базе фундаментальных исследований вести многоплановую научно-внедренческую деятельность по широкому спектру специальностей и наукоемких технологий. Эти задачи предполагается выполнять на основе реализации исследовательского, проблемно-ориентированного, задачного, компетентностного и контекстного подхода к обучению, сочетания фундаментализации и профессиональной ориентированности образования, усиления творческой учебной деятельности. В свете поставленных задач необходимо отметить, что физика (во взаимодействии с другими фундаментальными науками) всегда была наиболее эффективной основой производства на всех этапах развития общества. Именно поэтому овладение соответствующей методологией физики следует рассматривать как неотъемлемую часть полноценного инженерного образования для развития творческой личности, оснащения будущего выпускника технического вуза современной методологией внедренческой деятельности и готового самостоятельно и квалифицированно решать новые задачи.

Проведенный анализ большого числа научно-методических публикаций [3-8, 14, 25-30, 33, 44, 46-50, 54, 55, 68, 113, 122-124, 137-141, 144, 147-150, 160, 163, 171-173, 193, 197, 199-206, 210-211, 230, 232-234, 243, 236], показывает, что, несмотря на особую значимость рассматриваемых проблем, в большинстве технических вузов целенаправленных исследований вопросов разработки новых концепций, содержания, организационно-процессуальных форм и методов в преподавании естественнонаучных дисциплин, развивающих творческую учебную деятельность студентов технического вуза и соответствующих программе модернизации российского образования, не проводилось. Однако обсуждаемая проблема может быть решена, если изменить содержание и методологию учебного процесса так, чтобы традиционное обучение физике и другим естественнонаучным дисциплинам, через их становление как науки и приобретение прагматических знаний, сочетать с развитием и формированием творческой учебной деятельности на всех видах занятий лекционных, практических и лабораторно-

практических на основе современных информационных технологий, как средств интеграции и синтеза методологических, методических подходов и дидактических принципов, т.е. в рамках технологических подходов к обучению, одним из которых является проблемно-ориентированные физические практикумы (ПОФП), включающие системный подход к комплексной организации самостоятельной работы поисково-исследовательского характера в условиях открытого образования [86, 97, 102-105]. Указанные обстоятельства предопределяют необходимость разработки и повсеместного внедрения проблемно-ориентированных физических практикумов (ПОФП) по естественнонаучным дисциплинам в технических вузах. Можно следующим образом сформулировать определение ПОФП [86, 95].

Под проблемно-ориентированными физическими практикумами (ПОФП) понимаются практикумы, в которых на основе интерактивного взаимодействия между субъектами учебного процесса, методиками и средствами обучения, оперативного управления этими ресурсами обеспечивается творческая самостоятельная работа студентов, основой которой является поисковая учебно-исследовательская деятельность с использованием современных информационных технологий, ориентированная на овладение методами решения проблемных ситуаций, соответствующих актуальным задачам науки и практики [97].

Возможности ПОФП особенно выразительно проявляются и реализуются при системном подходе в использовании функций современных информационных технологий [81]. На их основе можно создать комплексные условия и ситуации, побуждающие студентов к ответственной самостоятельной учебной, учебно- и научно-исследовательской работе, условий качественно нового формирования их творческой познавательной деятельности. Расширение проблемного поля обучения естественнонаучных дисциплин в технических вузах, вследствие применения современных информационных технологий, приближение его содержания к современному уровню научных знаний, использование в учебном процессе методологии физики как науки во всей полноте требует обучения, ориентированного не только на освоение системы предметных знаний, а системы обучения, направленной на развитие творчества у студентов [105]. В этом случае проблемно-ориентированные физические практикумы (ПОФП) в цикле естественнонаучных дисциплин могли бы выступить как инновационные технологии,

преобразующие характер обучения в отношении целевой ориентации, способов взаимодействия преподавателя и студента, возможности дифференциации, индивидуализации, организации активного участия студентов в творчестве, новых форм самостоятельной работы.

Реализация возможностей проблемно-ориентированных физических практикумов (ПОФП) в цикле естественнонаучных дисциплин предполагает разработку: научно-методического обеспечения занятий, методики обучения студентов системному подходу к решению проблем, теоретических основ создания дидактических и методических средств, отвечающих целям, концепции и методологии обновления современного физического образования в технических вузах, практических пособий для преподавателей, комплекта программных, аппаратных и методических средств обеспечения ПОФП [109].

Проведенный анализ инновационных программ российского высшего технического образования (2001-2011 гг.), научных исследований, посвященных проблемам обучения естественнонаучным дисциплинам, позволил выделить в существующей системе обучения в технических вузах ряд противоречий:

- между потребностью общества в специалистах, способных использовать современные физические методы исследования в своих областях деятельности и отсутствием возможности их формирования в рамках существующей методической системы при обучении естественнонаучным дисциплинам в технических вузах;
- между необходимостью усиления методологической направленности учебного процесса, поддержки эксперимента, связи содержания с наукоемкими технологиями, существенно расширяющие тематику проводимых студентами исследований, и преобладанием знаниевого компонента в обучении;
- между потребностью в проблемно-ориентированной технологии обучения в цикле по естественнонаучным дисциплинам и реальным отсутствием ее методологических основ и соответствующих методик;
- между широким применением в образовании современных информационных технологий и отсутствием обоснованной модели их эффективного применения на всех видах занятий в цикле естественнонаучных дисциплин для формирования элементов творчества будущих выпускников технических вузов и ор-

ганизации их самостоятельной поисковой и научно-исследовательской учебной деятельности, критериальной базы для их оценки.

Из комплекса обсужденных противоречий становится очевидной необходимость разработки концепции, построения модели, теоретического обоснования и практической реализации проблемно-ориентированных физических практикумов (ПОФП) в цикле естественнонаучных дисциплин и создания средств их осуществления.

Методологическая основа работы

Общетеоретические исследования А.Г. Асмолова, П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной, Л.С. Выготского, И.Я. Лернера, Д.И. Фильштейна, Д.Б. Эльконина и других [9, 33, 34, 141, 205, 206, 225-226, 236] о деятельности в обучении и развитии личности стали основой для формирования состава и структуры разработанной автором методической системы с позиции поэтапного формирования продуктивного мышления на лабораторно-практических занятиях, а также идеи и положения, разработанные в теории педагогических систем для концепции проблемного обучения (С.И. Архангельский, Е.С. Полат, М.Н. Скаткин и др. [8, 163, 197]); технологии применения эвристических методов и развития логического рационального мышления, использования в педагогике понятий инновационной деятельности для построения прогностической модели обучения (В.И. Андреев, Н.М. Анисимов, С.В. Бубликов, В.А. Черкасов и др. [2-5, 25-26]) и инновационно-продуктивной деятельности (В.Г. Афанасьев, В.В. Лаптев, В.Я. Ляудис, Н.Д. Никандров и др. [10, 137, 138, 144, 155]); научного творчества (Н.Г. Алексеев, В.С. Леднев, А.Т. Шумилин и другие [2, 140, 243]); дифференцированного обучения (Н.С. Пурышева, Ю.А. Дик [44, 171]); визуального мышления (Р. Арнхейм, З.С. Белова, Н.Е. Важеевская и другие [7, 14, 28]), концепция исследовательского обучения физике и исследовательские образовательные программы и технологии (А.И. Анциферов, А.С. Кондратьев, В.В. Ларионов, В.В. Майер, Г.Г. Никифоров, А.В. Усова, С.А. Хорошавин, Т.Н. Шамало, Н.И. Шеффер, А.А. Червова, Л.С. Хижнякова и другие [6, 63, 122-124, 139, 145, 156, 210, 211, 231]); теории и практики физического и демонстрационного эксперимента (В.М. Зеличенко, В.В. Лаптев, В.Я. Синенко, А.В. Смирнов, Г.П. Стефанова, Т.Н. Шамало и другие [54-55, 137-138, 193, 199, 203, 234]), мультимедийной дидактики физики (А.М. Ко-

ротков, Е.В. Оспенникова, А.В. Смирнов, В.А. Стародубцев и другие [125, 126, 160, 199-202]). Большое значение при создании этой модели имели философские идеи диалектической теории познания в проблемном обучении: природа проблемного обучения (А.М. Матюшкин, М.Г. Штракс [149-150, 235]), проблемная ситуация и проблемная задача (В.Б. Губин, В.Г. Разумовский [41, 172-173]); идеи и исследования в области теории и методики преподавания физики в техническом университете (Н.С. Пурешева, С.Е. Каменецкий и другие [113, 171]; а также А.Е. Айзензон, В.Ф. Взятых, Ю.П. Дубенский, Г.В. Ерофеева, В.В. Ларионов, Л.В. Масленникова, И.А. Мамаева, А.И. Пилипенко, А.И. Подольский, А.А. Червова и другие [1, 30, 45-50, 139, 147-148, 161-162, 232]).

Использование проблемно-ориентированных физических практикумов в цикле естественнонаучных дисциплин в условиях открытого образования будет способствовать повышению эффективности обучения, если:

- системные возможности проблемно-ориентированных физических практикумов в цикле естественнонаучных дисциплин реализовать во всех аспектах образовательной деятельности, содержательном, мотивационном и процессуальном [97];
- дидактически и методически значимые средства ПОФП использовать во всех формах и компонентах самостоятельной поисковой познавательной деятельности студентов системно, оптимально, сообразно с логикой и методологией физики [86];
- разработать соответствующие целям ПОФП методические подходы и соответствующие им информационно-технологические средства, которые будут использоваться в организации самостоятельной деятельности студентов технического вуза [81];
- разработать и спроектировать теоретически обоснованную видеообучающую интерактивную систему (ВОИС), а в ее основу положить визуализированную модель теоретического, практического знания и вычислительной физики [95];
- разработать и применить современные методические подходы и информационные средства для использования в учебно- и научно-поисковой деятельности студентов; при проведении лекций, практических занятий и лабора-

торных работ использовать проблемно-ориентированную систему добавленных знаний и умений; композиционные демонстрации физических экспериментов; связать в единый комплекс видеообучающую интерактивную систему и ПОФП, системообразующим элементом которого станут современные информационные технологии, использовать непрерывный мониторинг по этапам обучения и тайминг обучающихся [93].

Под эффективностью обучения мы понимаем объем знаний, их прочность, умение принимать самостоятельные решения и ответственность за их реализацию, мотивацию и интерес к обучению выбранной специальности на основе знаний в цикле естественнонаучных дисциплин.

В предлагаемой научно-методической работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Изучено состояние проблемы подготовки инженеров по фундаментальным наукам в свете современного этапа развития педагогической науки.

2. Определена роль и место современных информационных технологий в проблемно-ориентированных физических практикумах в цикле естественнонаучных дисциплин в технических вузах.

3. Разработана концепция и модель проблемно-ориентированных физических практикумов в цикле естественнонаучных дисциплин, отвечающих целевым установкам и методологии фундаментального образования применительно к техническому вузу.

4. Разработаны программно-педагогические средства организации проблемно-ориентированных физических практикумов в цикле естественнонаучных дисциплин в техническом вузе, основанные на использовании методически и дидактически значимых средств информационных технологий.

5. Разработаны основы проектирования и реализации информационно-технологических средств, использующих современное программное и методическое обеспечение, и отвечающих целям ПОФП в цикле естественнонаучных дисциплин в техническом вузе.

6. Создано и апробировано программно-методическое обеспечение индивидуальной и групповой самостоятельной деятельности студентов по решению учебно- и научно-исследовательских проблем при обучении в техническом вузе в условиях открытого образования.

7. Проверена эффективность проблемно-ориентированных физических практикумов естественнонаучных дисциплин в техническом вузе в условиях открытого образования в педагогическом эксперименте в нескольких вузах [65, 70, 72, 73, 81, 86, 88, 93, 95, 97, 102-105, 109, 110, 117-119, 191-192].

При этом в отличие от предшествующих исследований, посвященных методике обучения физике в системе высшего технического образования, где основное внимание уделялось концептуальным основам приобретения учащимися знаниевого компонента по физике, общим методическим подходам их использования в традиционных технологиях, в настоящей работе обоснована возможность проблемно-ориентированной системы лекционных и практических занятий в современном техническом вузе, сочетающая знаниевый и учебно-деятельностный компоненты, включающие в себя самостоятельную учебно- и поисково-исследовательскую работу студентов [109]. На методологическом и организационно-процессуальном уровнях предложено решение проблемы повышения эффективности подготовки студентов в цикле естественнонаучных дисциплин в условиях современной информационной среды.

Нами разработана методическая система проблемно-ориентированных физических практикумов в цикле естественнонаучных дисциплин в техническом вузе в условиях открытого образования, состоящая в использовании видеообучающей интерактивной системы и оптимальном, отвечающем методологии научного исследования, сочетании натурального, виртуального и вычислительного эксперимента, в рамках предлагаемого композиционного физического практикума [70, 86, 93, 95, 97, 110].

В данной работе разработаны концепция и модель проблемно-ориентированных физических практикумов в цикле естественнонаучных дисциплин в техническом вузе в условиях открытого образования, условия проектирования и реализации на их основе информационно-технологических средств обучения физике, направленных на формирование у студентов комплексного подхода к физическому эксперименту, освоение большого объема информации, ее критического анализа, поиска нестандартных подходов к решению проблемных ситуаций в учебной деятельности [104].

Показано, что интеграция возможностей, которые открывают предлагаемые методические подходы, реализуемые с помощью дидактически и методоло-

гически значимых информационно-технологических средств, позволяет повысить эффективность обучения физике и других естественнонаучных дисциплин, осуществить индивидуализацию и дифференциацию обучения, мониторинг учебного процесса, обоснованно формировать студенческие мини-коллективы для самостоятельной работы, объединить обучение и контроль в единый взаимосвязанный процесс [103].

Показано, что проблемно-ориентированная система практических занятий в цикле естественнонаучных дисциплин в техническом вузе, способствует превращению студента в полноправного субъекта образовательной деятельности, активно участвующего в создании эффективной информационно-образовательной среды и осуществляющего диалогическую субъект-субъектную коммуникацию с преподавателем и другими участниками исследовательского мини-коллектива [135-136].

Раскрыты возможности, которые открывают использование современных информационных технологий при соответствующем методическом обеспечении в постановке исследовательско-ориентированного обучения и обучения на предметном материале, относящемся к современным наукоемким, в т.ч. гуманитарным технологиям, имеющим социальное значение.