

УДК 372.8

## **Психолого-педагогические основы подготовки педагогических кадров в области физики наноструктур**

**Доронин Вячеслав Александрович**

Преподаватель,  
кафедра физики,  
Военная академия связи им. С.М. Буденного,  
194064, Российская федерация, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3;  
e-mail: doroninslava@rambler.ru

**Ханин Самуил Давидович**

Доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой физической электроники,  
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,  
191186, Российская федерация, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, 48;  
e-mail: sinklit@mail.ru

### **Аннотация**

В настоящее время изменение технологического уклада общества, внедрение во все его сферы достижений в области наноэлектроники и нанотехнологий в целом, требует от будущих педагогических кадров готовности к освоению современных научных знаний в рассматриваемой области и адаптации к непрерывным изменениям, происходящим в их профессиональной деятельности. В силу этого актуальной задачей подготовки педагогических кадров является обновление образовательных программ общего курса физики предметным материалом, а также разработка специальных дисциплин, посвященных физике наноструктур и её техническим приложениям. В настоящей статье раскрываются психолого-педагогические основы подготовки будущих учителей физики в области физики наноструктур, а также развивается аргументация в пользу придания освоению физики наноструктур практико-ориентированного исследовательского (проектно-исследовательского) характера.

### **Для цитирования в научных исследованиях**

Доронин В.А., Ханин С.Д. Психолого-педагогические основы подготовки педагогических кадров в области физики наноструктур // Педагогический журнал. 2016. №4. С. 231-242.

**Ключевые слова**

Концептуальные основы, физика наноструктур, нанотехнологии, подготовка педагогических кадров, педагогика.

**Введение**

Подготовка педагогических кадров в области физики наноструктур, как и решение любой педагогической проблемы, требует своего концептуального обоснования и, прежде всего, определения ведущих идей, принципов отбора, структурирования и организации освоения предметного материала.

В настоящей статье эти вопросы рассматриваются в контексте уровневой подготовки: бакалавриат, магистратура и аспирантура. При этом, развивается аргументация в пользу придания освоению физики наноструктур практико-ориентированного исследовательского (проектно-исследовательского) характера.

В основу разрабатываемых концептуальных основ подготовки педагогических кадров в области физики наноструктур в настоящей статье положены следующие ведущие идеи.

1. Освоение нового для студентов содержания предметного материала физики наноструктур должно быть обосновано в части определения базовых принципов, подходов и критериев к отбору и построению предметного материала физики наноструктур, а также организации деятельности на его основе.

2. Освоение нового для студентов содержания предметного материала физики наноструктур должно характеризоваться взвешенным сочетанием информационной и методологической составляющих процесса подготовки.

3. Освоение предметного материала физики наноструктур должно происходить в тесной взаимосвязи содержания и процесса его освоения.

4. Процесс освоения физики наноструктур должен отражать синтез фундаментальной и прикладной составляющих предметной подготовки, как на уровне общих физических дисциплин, так и специальных, посвященных изучению рассматриваемой области знания.

5. Освоение физики наноструктур должно способствовать реализации в образовательном процессе деятельностного подхода, личностно-развивающего подхода, исследовательского и проектного обучения.

**Принципы и критерии отбора предметного материала физики наноструктур**

В качестве основных принципов отбора содержания предметного материала в области физики наноструктур при подготовке педагогических кадров выделим следующие.

1. Принцип социокультуросообразности, характеризующий соответствие осваиваемых знаний в области физики наноструктур запросам социума, культуры, современной формации.

2. Принцип научности, предполагающий отражение в образовательном процессе современного состояния физики наноструктур, и присущих ей особенностей методологии поисково-познавательной деятельности.

3. Принцип фундаментализации, реализация которого должна быть направлена на создание основы для динамичного освоения новых необходимых знаний, методов и средств деятельности.

4. Принцип практикоориентированности, реализация которого должна быть направлена на изучение основ и содержания современных нанотехнологий, базирующихся на физике наноструктур, принципов действия и функциональных возможностей создаваемых наноразмерных устройств.

5. Принцип системности, отражающий обеспечение единства фундаментального и прикладного аспектов системы подготовки учителей физики в области физики наноструктур.

6. Принцип систематичности, характеризующий постепенное, в соответствии с возрастанием сложности решаемых задач и уровня познавательных возможностей обучающихся освоение предметного материала физики наноструктур при подготовке педагогических кадров.

7. Принцип историзма, предписывающий взвешенность сочетания ретроспективы, накопленного опыта научно-технической деятельности в рассматриваемой области с аргументированными перспективами её дальнейшего развития.

8. Принцип гуманизации, указывающий на необходимость выявления личностно-смыслового значения получаемых знаний, формирования готовности к адекватной оценке научно-технических достижений и связанных с их использованием рисков.

Указанным выше принципам соответствуют следующие выделяемые критерии отбора предметного материала фундаментальных основ физики наноструктур:

- значимость предметного материала физики наноструктур в научном и практическом плане;
- фундаментальность основ изучаемого материала и их развитость;
- возможность органичного включения предметного материала физики наноструктур в общие фундаментальные и специальные дисциплины уровневой подготовки без нарушения логической целостности содержания образования;
- состояние развития отбираемого предметного материала физики наноструктур;
- представительность предметного материала в методологическом плане;
- возможность деятельностного освоения проблематики предметного материала в условиях вузовского обучения;
- основательность приобретаемых студентами знаний и умений для будущего профессионального развития (саморазвития).

В качестве аргументации предлагаемых критериев отбора приведем примеры предметного материала рассматриваемой области знания. Начнем с актуальности изучения предметного материала рассматриваемой области знания.

Его значимость в научном плане определяется множеством фундаментальных открытий, сделанных в данной области, обогативших содержание науки новыми фундаментальными знаниями. Речь здесь идет, прежде всего, о наблюдаемых в наноструктурах фундаментальных физических эффектах: целочисленном и дробном квантовых эффектах Холла; эффекте баллистического транспорта; кулоновской блокады и т.д. [Неверов, Титов, 2008] Актуальность предметного материала физики наноструктур в прикладном аспекте определяется его ведущей ролью в развитии нанотехнологий. Здесь физика наноструктур выступает как ориентационная основа нанoeлектроники, указывая, какие эффекты, наблюдаемые в наноструктурированных материалах, нуждаются в технической реализации [Остроумова, 2014, 155].

Следующим критерием отбора является фундаментальность основ изучаемого предметного материала и его развитость.

Наглядным примером, отражающим фундаментальность основ рассматриваемого предметного материала, являются достижения в области изучения гетеропереходов и двойных гетероструктур. Само применение гетероструктур в инжекционных полупроводниковых лазерах стало возможным в силу открытия ряда фундаментальных эффектов: эффекта электронного ограничения носителей заряда; оптического ограничения; эффекта односторонней инжекции [Алферов, 2002, 1073]; [Жуков, 2007, 100].

Далее следует критерий отбора, отражающий органичное включение предметного материала физики наноструктур в дисциплины уровневой подготовки без нарушения логической целостности содержания обучения.

Изучению гетероструктур и связанных с ними фундаментальных эффектов должно предшествовать знакомство студентов с гомопереходами и способами построения на их основе полупроводниковых приборов. В то же время необходимо отметить, что изучение нового предметного материала не должно приводить к значительному увеличению временных ресурсов, отводимых на аудиторные занятия. Логическая целостность в прикладном аспекте прослеживается здесь и в экспериментальных методах уже известных студентам, но используемых при решении новых для них учебно-исследовательских задач.

Перейдем к следующему критерию отбора, отражающему состояние развития отбираемого предметного материала физики наноструктур. В этой связи продолжим рассмотрение проблематики физики гетероструктур.

Данное развитие связано здесь, прежде всего, с использованием в двойных гетероструктурах наноразмерной активной области, что позволило добиться существенного прогресса в плане уменьшения пороговой плотности тока инжекционных лазеров, и соответственно, обеспечить возможность непрерывной генерации лазерного излучения при температурах вплоть до комнатных. Использование в гетеролазерах квантовых точек позволило добиться

температурной стабилизации пороговой плотности тока, а также значительно уменьшить тепловые потери на зеркалах резонатора [Казак, 2015, 98].

Представительность предметного материала физики наноструктур в методологическом плане обусловлена открывающимися возможностями овладения студентами логико-операциональной структуры поисково-познавательной деятельности. Предметный материал физики наноструктур обладает большими возможностями наглядной демонстрации студентам этапов научно-исследовательской деятельности, когда научные открытия становятся частью технологических инноваций. Примером тому являются достижения в области физики гетероструктур, открытия функциональных материалов, перспективных в плане технического применения [Азаренков, Веревкин, Ковтун, 2009, 50]. Кроме того, необходимо отметить, что в процессе освоения студентами поисково-познавательной деятельности, направленной на выполнение поставленных перед ними учебных задач, может быть продемонстрирована присущая методологии современных исследований в области физики наноструктур нелинейность. Наглядным примером тому являются теоретические работы в области создания модели гетеролазера, построенного на двойной гетероструктуре, предшествующие открытию полупроводниковых материалов, пригодных для создания рабочих элементов необходимого качества.

В то же время специфика предметного материала физики наноструктур делает целесообразным использование различных видов деятельности при его освоении: учебно- и научно-исследовательской, проектно-исследовательской, аналитического и экспериментального решения задач (задачный подход). Важным требованием к проблематике физики наноструктур, на основе которой осуществляется деятельностный подход, является доступность для студентов в части выполнения экспериментальной работы в условиях вузовского образования [Хинич, 2009]. Так, в ходе реализации учебно-исследовательской деятельности в рамках лабораторного практикума, аналитические выводы о наноструктурах сделанные студентами, подтверждаются в ходе экспериментальных исследований физических свойств таких структур, проводимых с использованием современных методов экспериментального исследования наноматериалов. Важной особенностью учебно-исследовательской и проектно-исследовательской деятельности студентов реализуемой на основе физики наноструктур, является её ориентированность на решение практических задач, например, задач нанoeлектроники.

В отношении последнего из указанных критериев, относящегося к основательности, отметим следующие моменты.

Во-первых, знания основ физики наноструктур, эффектов размерного квантования, в частности, обеспечивают понимание будущими учителями принципов работы элементов, на базе которых построены современные нанотехнологические устройства. Во-вторых, в настоящее время учителя осуществляют свою профессиональную деятельность в период изменения технологического уклада общества, что требует от них, в свою очередь, осуществления знакомства учащихся с основами физики наноструктур на уровне школы. В-третьих, опыт, приобретенный будущими учителями в процессе работы, при освоении физики наноструктур, может выступать в качестве

основы для организации учебных исследований учащихся – необходимой составляющей профессиональной педагогической деятельности современного учителя физики [Анисимов, 1999, 95].

### **Построение содержания нового предметного материала в условиях урвневой подготовки педагогических кадров**

Перейдем к вопросу о построении содержания, отобранного в соответствии с указанными критериями предметного материала физики наноструктур в условиях уровневой предметной подготовки педагогических кадров (бакалавриат, магистратура, аспирантура).

Руководствуясь компетентностным подходом в образовании [Вербицкий, Ларионова, 2009, 103]; [Зимняя, 2010, 5], выделим следующие принципы построения предметного материала физики наноструктур:

- непрерывности в представленности предметного материала рассматриваемой проблематики на всех этапах подготовки педагогических кадров, начиная с общего курса физики;
- систематичности, последовательного поэтапного освоения изучаемого знания на разных уровнях подготовки;
- динамичности в отношении повышения уровня сложности осваиваемого предметного материала и уровня самостоятельности студентов, его изучающих;
- открытости содержания учебных программ по отношению к новым, необходимым для освоения знаниям.

Рассмотрим возможности построения содержания отобранного предметного материала физики наноструктур в условиях уровневой предметной подготовки студентов. Начнем с подготовки бакалавров. Интеграция предметного материала здесь осуществляется, главным образом, в образовательные программы общего курса физики [Бордовский, Нестеров, Трапицын, 2001, 150]. Ведущими методическими подходами здесь представляются следующие:

- использование ранее приобретённых студентами знаний из курса общей физики при изучении нового предметного материала;
- дополнение курса общей физики новым предметным материалом из области физики наноструктур;
- применение метода аналогий при изучении основ новой области знаний;
- изучение предметного материала общего курса физики в контексте современных научно-технических проблем.

При построении содержания предметного материала в магистратуре и аспирантуре в качестве основного подхода выступает разработка специальных дисциплин, посвященных физике наноструктур и её техническим приложениям.

Для построения учебного материала в специальных дисциплинах, входящих в образовательные программы магистратуры характерна системность, так что в результате его освоения студенты приобретают предметные знания о всех компонентах и

их взаимосвязях в принципиально важной здесь в методологическом плане цепочке «физика-материал-технология-применение».

## **Организация деятельности студентов на основе предметного материала физики наноструктур**

Само содержание предметного материала физики наноструктур и базирующихся на них нанотехнологий указывает на целесообразность построения учебного процесса по его освоению в логике исследовательской и проектно-исследовательской деятельности.

Применение исследовательского обучения при подготовке педагогических кадров по физике в области физики наноструктур обусловлено несколькими причинами. Во-первых, предоставляемыми содержанием изучаемого предметного материала возможностями освоения логики и методологии современной исследовательской, научно-технической деятельности, приводящей к значимым результатам.

Во-вторых, возможностями формирования профессиональных компетенций будущих учителей. В процессе исследовательской деятельности в проблемном поле физики наноструктур и нанотехнологий будущие учителя с необходимостью приобретают такие компетентности как, например, способности к самообразованию, критически-рефлексивному мышлению, и что особенно важно, к обновлению своих компетентностей при вхождении в новую для них область знаний и действий.

В-третьих, расширением возможностей реализации научно- и проектно-исследовательской практик, благодаря использованию современного учебного оборудования.

В-четвёртых, возможностью реализации творческого характера деятельности студентов при решении физико-технических задач физики наноструктур. В ходе своей творческой деятельности, направленной на решение физико-технических задач, студенты приобретают умения анализа полученных результатов.

Рассмотрим более подробно особенности построения исследовательской деятельности студентов на предметной основе физики наноструктур.

Реализация исследовательского обучения может быть осуществлена в рамках двух базовых моделей учебного процесса в ходе одной из которых, система образования выступает как учебная модель научного исследования [Кондратьев, 1997, 3], в то время как другая модель состоит в обучении студентов через исследовательскую деятельность [Ханин, 2013, 363].

Согласно первой модели, учебный процесс подготовки педагогических кадров строится на выполнении учебно-исследовательских заданий, отражающем логику и методологию научно-исследовательской деятельности. Полученное в рамках данной учебной модели образование обеспечивает приобретение студентами фундаментальных знаний в сочетании с освоением ими технологией исследовательской деятельности. В этой связи содержание полученного студентами образования является не только (и не столько) информационным, сколько методологическим.

Другая модель учебного процесса предполагает подготовку студентов через реальную исследовательскую деятельность. В качестве методов реализации такой модели выступает организация научно-исследовательской, проектной, а также проектно-исследовательской деятельности студентов, направленной на получение объективно новых знаний. В контексте компетентностного подхода в образовании результатом реализации данной модели учебного процесса является формирование у обучающихся исследовательских компетентностей, обладание которыми необходимо для успешной профессиональной деятельности в будущем [Зимняя, 2010, 16].

Будучи исследовательским, обучение при подготовке студентов на разных уровнях предметной подготовки должно отличаться по ряду критериев:

- степени реализации целостного освоения логико-операциональной структуры исследовательской деятельности;
- уровня самостоятельности студентов при ее осуществлении;
- сложности решаемых исследовательских и проектно-исследовательских задач.

Рассмотрим организацию исследовательского обучения на уровне бакалавриата.

Основной формой исследовательской деятельности на уровне бакалавриата должна выступать учебно-исследовательская деятельность, выстроенная в рамках учебной модели научного исследования, в ходе которой студенты приобретают, главным образом, субъективно новые знания. В части реализации её логико-операциональной структуры отметим, что на уровне бакалавриата с необходимостью должны использоваться отдельные элементы исследовательского подхода такие, как создание проблемной ситуации, проведение эксперимента для решения поставленной учебной задачи, анализ физических и математических моделей на предмет решения поставленных задач. Минимальным требованием к организации исследовательского обучения в части познавательной самостоятельности на уровне бакалавриата, является квалифицированное применение заданных методов к решению поставленных преподавателем учебных задач. Говоря об уровне сложности исследовательского обучения отметим, что основы и методы решаемых здесь задач могут существенно не выходить за рамки приобретенных в бакалавриате знаний [Пискунова, 2010, 62].

На уровне магистратуры, а также в аспирантуре, организация исследовательского образования представлена, главным образом, в форме проектно-исследовательской, а также научно-исследовательской деятельности, осуществляемой в рамках модели обучения студентов через исследовательскую деятельность. Знания, получаемые в магистратуре и аспирантуре при выполнении исследовательской деятельности в значительной степени, являются объективно новыми. Логико-операциональная структура исследовательской деятельности представлена здесь во всех компонентах, и включает в себя использование экспериментальных методов исследования при изучении предметного материала, физического, а также математического моделирования эффектов, наблюдаемых в наноструктурах, в том числе, с применением компьютерных технологий. Все эти компоненты исследовательского обучения могут быть успешно реализованы при построении исследовательского обучения на основе рассматриваемого предметного материала. Уровень самостоятельности студентов в магистратуре и



аспирантуре квалифицируется как самостоятельная постановка задач, а также выбор научно-исследовательских методов необходимых для решения поставленных задач. В части уровня сложности исследовательского обучения на уровне магистратуры и аспирантуры необходимо отметить, что для решения поставленных задач оказывается востребованным приобретение студентами новых знаний о объекте исследования [Карпов, 2011, 27].

### Заключение

Рассмотренные в настоящей статье психолого-педагогические основы подготовки педагогических кадров в области изучения современного предметного материала физики наноструктур, обладающего большой научной и практической значимостью, могут быть использованы работниками высшего профессионального образования при построении специализированных дисциплин в области нанотехнологий.

### Библиография

1. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы нанотехнологий и наноматериалов. Харьков: Изд-во ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. 69 с.
2. Алферов Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепции и применения в физике, электронике и технологии // Успехи физических наук. 2002. Т.172. № 9. С. 1068-1086.
3. Анисимов Н.М. Инновационная культура учителя физики. М.: МАНПО, 1999. 252 с.
4. Бордовский Г.А., Нестеров А.А., Трапицын С.Ю. Управление качеством образовательного процесса. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2001. 359 с.
5. Вербицкий А.А., Ларионова О.Г. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции. М.: Логос, 2009. 336 с.
6. Жуков А.Е. Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур. СПб.: Изд-во «Элмор», 2007. 304 с.
7. Зимняя И.А. Исследовательская деятельность в вузе как объект проектирования в компетентностно-ориентированной ООП ВПО. Для программы повышения квалификации преподавателей вузов в области проектирования ООП, реализуемых ФГОС ВПО. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. 40 с.
8. Казак А.А. Перестраиваемые лазеры на основе вынужденного комбинационного рассеяния в лабораторном практикуме // Физика в системе современного образования. СПб.: Изд-во ООО «Фора-принт», 2015. Т.1. С. 98-101.
9. Карпов А.О. Исследовательское образование: ключевые концепты // Педагогика. 2011. № 3. С. 20-30.
10. Кондратьев А.С. Современная парадигма теории обучения физике // Современные проблемы физического образования. СПб.: Образование, 1997. С. 3-4.

11. Неверов В.Н., Титов А.Н. Физика низкоразмерных систем. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2008. 240 с.
12. Остроумова Ю.С. Интеграция содержания образования на предметной основе проблематики современных наукоемких технологий при подготовке педагогических кадров по физике // Физическое образование в вузах. М.: Изд-во Моск. физ. общ., 2014. №2. С. 154-164.
13. Пискунова Е.В. Исследовательская деятельность обучающихся: бакалавриат, магистратура, аспирантура // Педагогика. 2010. № 7. С. 59-65.
14. Ханин Д.С. Учебная модель специализации студентов в предметной области при освоении физики // Физика в системе современного образования. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. Т.1. С. 363-366.
15. Хинич И.И. Научно-методическое обеспечение целостности и продуктивности в исследовательском обучении физике при подготовке педагогических кадров. СПб.: «Санкт-Петербург XXI век», 2009. 231 с.

## **Psycho-pedagogical foundations of teacher training in the physics of nanostructures**

**Vyacheslav A. Doronin**

Lecturer,  
Department of physics,  
Budyonny Military Academy of Telecommunications,  
194064, 3, Tikhoretsky str, St. Petersburg, Russian Federation;  
e-mail: [doroninslava@rambler.ru](mailto:doroninslava@rambler.ru)

**Samuil D. Khanin**

Doctor of Physics and Mathematics, Professor,  
Head of the Department of physical electronics,  
Herzen State Pedagogical University of Russia,  
191186, 48, Moika str., St. Petersburg, Russian Federation;  
e-mail: [sinklitt@mail.ru](mailto:sinklitt@mail.ru)

### **Abstract**

The article investigates conceptual principles of teachers' training in nanostructure physics as a factor of orientation frame for modern nanotechnologies.

The introduction refers to conceptual substantiation of the need for special teachers' training in nanostructure physics and describes the key concepts of educational activities in such a field.

Psychological and educational principles involve selection and structuring of new academic subjects and organizational criteria for student activities within the process of mastering a discipline. All these aspects are explored here at all levels including undergraduate studies, MA and graduate courses.

In addition to psychological and educational principles for teachers' training in nanostructure physics the article covers the arguments for practice-oriented research (R&D) training. It starts from the specific character of teachers' training governing the expediency of research training for teachers' in the field of nanostructure physics. At the same time the article touches upon the problem of improving the student's research activities as an important part of the modern educational process aimed at training of qualified personnel; it reflects the importance of research as a basis of modern higher education.

In conclusion, the article shows characteristics of research training engineering and describes them at all levels of teachers' training in nanostructure physics.

#### For citation

Doronin V.A., Khanin S.D. (2016) Psikhologo-pedagogicheskiye osnovi podgotovki pedagogicheskikh kadrov v oblasti fiziki nanostruktur [Psycho-pedagogical foundations of teacher training in the physics of nanostructures]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical Journal], 4, pp. 231-242.

#### Keywords

The conceptual basis of physics of nanostructures, nanotechnology, training of teaching staff, physics, pedagogy.

#### References

1. Alferov ZH.I (2002) Dvoynye geterostruktury: kontsepsii i primeneniya v fizike, elektronike I texnologii [The double heterostructure: concepts and applications in physics, electronics and technology]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics-Uspekhi], 172, 9, pp. 1068-1086.
2. Anisimov N.M. (1999) *Innovatsionnaya kultura uchitelia fiziki* [Innovative culture of a teacher of physics.]. Moscow: MANPO.
3. Azarenkov N.A., Verevkin A.A., Kovtun G.P. (2009) *Osnovy nanotekhnologii i nanomaterialov* [Basics of nanotechnology and nanomaterials]. Kharkiv: Publishing house of the KNU.
4. Bordovskiy G.A., Nesterov A.A., Triapitsin S. Yu. (2001) *Upravleniye kachestvom obrazovatel'nogo processa* [Quality management of the educational process]. St Petersburg: Publishing House of RGPU.
5. Kazak A.A (2015) Perspektivniye lazery na osnove vinushdennogo kombinirovannogo rasseyaniya v laboratornom praktikume [Tunable lasers based on stimulated Raman scattering in a laboratory workshop]. *Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya* [Physics in the system of modern education], St. Petersburg, 1, pp.98-101.

6. Karpov A.O. (2011) Issledovatel'skoye obrazovaniye: klucheviy konsepty [Research Education: key concepts]. *Pedagogika* [Pedagogy], 3, pp. 20-30.
7. Khanin D.S. (2013) Uchebnaya model' spetsializatsii studentov v predmetnoy oblasti pri osvoenii fiziki [Training model of specialization of students in the subject area with the development of physics]. *Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya* [Physics in the system of modern education], Petrozavodsk: PetrGU Publ., 1, pp.363-366.
8. Khinich I.I. (2009) *Nauchno-metodicheskoye jbespecheniye selostnosti i produktivnosti v issledovatel'skom obuchenii fizike pri podgotovke pedagogicheskikh kadrov* [Scientific and methodological support of the integrity and efficiency in teaching physics research in the preparation of teaching staff]. St Petersburg: St. Petersburg XXI century Publ.
9. Kondratiev A.S (1997) Sovremenaya paradigma teorii obucheniya fizike [Modern physics paradigm of learning theory]. *Sovremaniye problemi fizicheskogo obrazovaniya* [Modern problems of physical education], St. Petersburg: Education, pp. 3-4.
10. Neverov V.N., Titov A.N. (2008) *Fizika nizkorazmernikh sistem* [The physics of low-dimensional systems]. Ekaterinburg: Ural State University Publ.
11. Ostroumova Yu. S. (2014) Integratsiya soderganiya obrazovaniya na predmetnoy osnove problematiki sovremennikh naukoi'omkikh tekhnologii pri podgotovke pedagogicheskikh kadrov po fizike [Integration of educational content on the basis of objective problems of modern high technologies in teacher training in physics]. *Fizicheskoye obrazovaniye v vuzakh* [Physics in higher education], Moscow: Publishing house of the Moscow Physical Society, 2, pp. 154-164.
12. Piskunova E.V. (2010) Issledovatel'skaya deyatel'nost' obuchaiushikhsia: bakalavriat, magistratura, aspirantura [Research activities of students: undergraduate, graduate, post-graduate courses]. *Pedagogika* [Pedagogy], 7, pp. 59-65.
13. Verbitsky A.A, Larionova O.G. (2009) *Lichnostnyy i kompetentnostnyy podkhody v obrazovanii: problemy integratsii* [Personal and competent approach in education: problems of integration]. Moscow: Logos.
14. Zhukov A.E. (2007) *Lazery na osnove poluprovodnikovikh nanostruktur* [Lasers based on semiconductor nanostructures]. St Petersburg: Publishing house "Elmore".
15. Zimnaya I.A. (2010) *Issledovatel'skaya deyatel'nost' v vuze kak ob'ekt proektirovaniya v kompetentnostno-orientirovannoy OOP VPO. Dla programmy povisheniya kvalifikatsii prepodavateley vuzov v oblasti proektirovaniya OOP, realizuemikh FGOS VPO* [The research activities at the university as a design object in the competence-oriented OOP VPO. For training programs for university professors in the field of OOP design implemented FGOS VPO]. Moscow: Research Center of training quality problems.