

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

| Семестр | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки/В СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|--|
| 8 | 2 | 72 | 12 | 24 | 0 | 36 | 0 | 3 |
| Итого | 2 | 72 | 12 | 24 | 0 | 0 | 36 | 0 |

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с современными проблемами в областях создания и исследования свойств наноматериалов. Особое внимание уделяется применению наноматериалов в качестве конструкционных и функциональных материалов. Дается описание основных направлений нанотехнологий.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с современными проблемами в областях создания и исследования свойств наноматериалов. Особое внимание уделяется применению наноматериалов в качестве конструкционных и функциональных материалов. Дается описание основных направлений нанотехнологий.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение данной дисциплины предшествует научно-исследовательской работе студентов, и обеспечивает проработку теоретических вопросов в рамках выбранного профиля подготовки, изучение современных методов исследования физических свойств материалов, участие в научных исследованиях. В рамках курса наряду со знаниями теоретических основ студенты получают практические навыки постановки физических экспериментов в области наноматериалов.

Уровень сложности теоретических и практических заданий полностью соответствует требованиям государственного образовательного стандарта.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-2 [1] – Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности | З-ОПК-2 [1] – Знать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности У-ОПК-2 [1] – Уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности |

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|--|---|---|---|
| научно-исследовательский | | | |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации | Природные и социальные явления и процессы | <p>ПК-3.1 [1] - Способен применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104</p> | <p>З-ПК-3.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений;</p> <p>У-ПК-3.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений;</p> <p>В-ПК-3.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений</p> |
| Выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты | Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной | <p>ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044, 40.104</p> | <p>З-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ;</p> <p>У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.;</p> <p>В-ПК-4[1] - Владеть</p> |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса | | навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности |
|--|---|--|---|

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код) | Воспитательный потенциал дисциплин |
|-----------------------------|--|---|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты. |
| Профессиональное | Создание условий, | 1.Использование |

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| воспитание | обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19) | воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий. |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и |

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| | | <p>неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p> |
| <p>Профессиональное воспитание</p> | <p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности и аккуратности в работе с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты (В35)</p> | <p>1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и нанoeлектронике», «Информационные технологии в физических исследованиях», «Экспериментальная учебно-исследовательская работа» для: - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием современных САПРов для моделирования компонентной базы электроники, измерительного и технологического оборудования на кафедрах, лабораториях и центрах ИНТЭЛ; 2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред (спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>прогрессивным специалистом для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в нанoeлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.</p> |
|--|--|---|

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|-------|---|--------|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|--|
| | <i>8 Семестр</i> | | | | | | |
| 1 | Часть 1 | 1-8 | 6/12/0 | | 25 | Зд-8 | З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З- |

| | | | | | | | |
|---|---|------|---------|--|----|-------|---|
| | | | | | | | ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2 |
| 2 | Часть 2 | 9-12 | 6/12/0 | | 25 | 3д-12 | 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2 |
| | <i>Итого за 8 Семестр</i> | | 12/24/0 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 8 Семестр | | | | 50 | 3 | 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---------|
| | | | | | | | В-ОПК-2 |
|--|--|--|--|--|--|--|---------|

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| Зд | Задание (задача) |
| З | Зачет |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Неделя | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|-------------|--|------------------------|----------------|------------|
| | <i>8 Семестр</i> | 12 | 24 | 0 |
| 1-8 | Часть 1 | 6 | 12 | 0 |
| 1 - 3 | Введение Классификация наноматериалов и направлений их использования. Физические и геометрические параметры наноматериалов, методы их исследований. Классификация наноматериалов и направлений их использования. Физические и геометрические параметры наноматериалов, методы их исследований. Особенности взаимодействия систем наночастиц. Энергетические характеристики перколяционного кластера наночастиц в матрице. Оценка прочности, электропроводности и теплопроводности композитных материалов с наночастицами. Параметры нанопористых сред: пористость, площадь поверхности, связанность пор. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 3 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 4 - 8 | Углеродные и полимерные наноструктурированные материалы. Физические свойства полимерных материалов. Аллотропные формы углерода: графит, алмаз, графены, фуллерены, ОУНТ, МУНТ. Индексы хиральности и связывающие уравнения для расчета структуры УНТ. Физические свойства УНТ. Методы синтеза УНТ и УНВ. Полимерные мембраны с внедренными наночастицами: структура композитных мембран. Модели газопроницаемости и газоселективности. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 3 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 9-12 | Часть 2 | 6 | 12 | 0 |
| 9 - 10 | Взаимодействие наночастиц в жидких средах Коллоидные смеси с наночастицами. Задача Стокса, броуновское движение наночастиц. Электромагнитное взаимодействие наночастиц в жидких средах. Ультразвуковое диспергирование коллоидных растворов. Термо и электропроводность коллоидных систем. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 3 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|---------|---|------------------------|---|---|
| | Наножидкость: рео и электрореология. Влияние внешнего электро- и магнитного поля на вязкость жидкостей с наночастицами. Двойной поляризационный слой, реологическая стабильность коллоидных смесей. | | | |
| 11 - 12 | Практическое применение наноструктурированных материалов Фононы в наноструктурах. Одномерная проводимость. Композитные теплопроводящие материалы. Взаимодействие наночастиц с биологическими объектами. Новые материалы для биоимплантов. Наноструктурированные лекарственные препараты | Всего аудиторных часов | | |
| | | 3 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| | У-ОПК-2 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| | В-ОПК-2 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| ПК-3.1 | З-ПК-3.1 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| | У-ПК-3.1 | 3, Зд-8, Зд-12 |

| | | |
|------|----------|----------------|
| | В-ПК-3.1 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| ПК-4 | У-ПК-4 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| | В-ПК-4 | 3, Зд-8, Зд-12 |
| | З-ПК-4 | 3, Зд-8, Зд-12 |

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100 | 5 – «отлично» | A | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89 | 4 – «хорошо» | B | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |
| 75-84 | | C | |
| 70-74 | | D | |
| 65-69 | 3 – «удовлетворительно» | E | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 60-64 | | | |
| Ниже 60 | 2 – «неудовлетворительно» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 85 Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Д 40 Наноматериалы. Свойства и сферы применения : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2021
3. ЭИ Б82 Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р83 Экспериментальная физика наноструктур : , И. А. Руднев, Москва: МИФИ, 2008
2. 539.2 С86 Фононы в наноструктурах : , М. Строшио, М. Дутта, М.: Физматлит, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного ниже списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

При подготовке к аттестации и итоговому контролю рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика.Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
2. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. Термодинамика и статистическая физика Т.2 Теория равновесных систем: Статистическая физика: учебное пособие, , 2013
4. Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного ниже списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

При подготовке к аттестации и итоговому контролю рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика.Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
2. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. Термодинамика и статистическая физика Т.2 Теория равновесных систем: Статистическая физика: учебное пособие, , 2013
4. Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

Автор(ы):

Попов Александр Петрович, к.ф.-м.н., с.н.с.

Грехов Алексей Михайлович, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):
Тронин В.Н.