

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Топологические эффекты и новая сверхпроводимость
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра физики сверхпроводимости и квантовых материалов
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.Л. Рахманов, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физики сверхпроводимости и квантовых материалов 21.02.2025

Аннотация

Дисциплина предлагает студентам погрузиться в мир передовой квантовой физики, сосредоточенной на исследованиях топологических характеристик современных сверхпроводников. Цель курса состоит в том, чтобы сформировать у студентов глубокие знания о взаимодействии топологии и квантовых явлений, что имеет решающее значение для понимания современных инновационных технологий в области нанoeлектроники и спинтроники. Обучающиеся познакомятся с ключевыми экспериментами и теоретическими результатами, которые обуславливают проявление уникальных топологических свойств этих систем.

В ходе изучения курса студенты будут развивать навыки, необходимые для самостоятельных исследований в области топологических сверхпроводящих систем, что станет основой для их успешной дальнейшей научной деятельности. Курс охватывает разнообразные темы, включая дираковские системы, электрон-электронное взаимодействие и топологическую сверхпроводимость, что позволит студентам не только освоить теоретические модели, но и применить их на практике. В конечном итоге, выпускники курса получат комплексное представление о современных достижениях в области физики конденсированного состояния и будут готовы вносить свой вклад в передовые научные разработки.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Освоение студентами фундаментальных знаний в области топологических свойств сверхпроводящих систем, фундаментальных эффектов, проявляющихся в современных сверхпроводящих системах.

Задачи дисциплины

- Формирование базовых знаний в области квантовой физики топологически нетривиальных систем как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- понимание ключевых физических экспериментов и теоретических результатов, лежащих в основе проявления топологических свойств сверхпроводящих систем;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области свойств современных топологически нетривиальных сверхпроводящих систем в рамках выпускных работ на степень магистра, формирование базовых знаний и умений для дальнейших исследований в рамках выпускных квалификационных работ.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности

ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Современные проблемы физики конденсированного состояния.
2. Новейшие открытия в физике, в т.ч. в квантовой физике твердого тела.
3. О взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.
4. Теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике конденсированного состояния.
5. Принципы симметрии и законы сохранения.
6. Основные принципы функционирования устройств наноэлектроники и спинтроники.
7. Научные задачи, над которыми работают в лабораториях - партнерах образовательной программы.
8. Технику безопасности и правила работы в низкотемпературных физических экспериментах и в экспериментах с сильными магнитными полями.

уметь:

1. Эффективно использовать на практике теоретические знания: понятия, результаты, гипотезы, законы.
2. Представить панораму универсальных методов и законов современной квантовой физики современных сверхпроводящих и топологически нетривиальных систем.
3. Абстрагироваться от несущественных факторов при моделировании реальных физических процессов и явлений.
4. Делать численные оценки масштаба ожидаемых эффектов.
5. Планировать оптимальное проведение экспериментов для решения поставленных задач.

владеть:

1. Теоретическими основами экспериментальных методов проведения измерений в области квантовой физики современных сверхпроводящих и топологически нетривиальных систем с использованием транспортных, туннельных, термодинамических и резонансных методов.
2. Информацией о современном состоянии исследований в области квантовой физики твердого тела.
3. Теоретическими моделями фундаментальных процессов и явлений в физике конденсированного состояния
4. Методами анализа и обработки экспериментальных данных.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение и обзор. Что такое топология	3			3
2	Основные математические понятия (продолжение)	3			3
3	Дираковские системы	3			3
4	Графен (продолжение)	3			3
5	Топологические диэлектрики (продолжение)	3			3
6	Электрон-электронное взаимодействие, волны спиновой и зарядовой плотности, параметры порядка	3			3
7	Топологическая классификация параметров порядка (продолжение)	4			4
8	Топологическая сверхпроводимость	4			4
9	Топологическая сверхпроводимость (продолжение)	4			4
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Введение и обзор. Что такое топология

Основные понятия. Зачем она нужна в физике. Что мы будем изучать. Основные математические понятия, с которыми мы будем иметь дело. Аффинные преобразования и топологические инварианты. Фаза Берри и эффект Аронова-Бома.

2. Основные математические понятия (продолжение)

Кривизна Берри (Berry curvature and Berry connection). Числа Черна. Операторы симметрии в квантовой механике. «Топологические» квантовые числа и «топологические» токи. Спиновые и псевдо-спиновые операторы и токи. Понятие топологической защищенности в квантовой механике. Топологические эффекты в оптике: аналогия квантовой механики и оптики.

3. Дираковские системы

Причины, по которым возникает дираковский спектр в кристаллах: специфическая симметрия решетки, сильное спин-орбитальное взаимодействие. Spin-momentum locking. Квантование Ландау и квантовые осцилляции в дираковских системах: отличие от «обычных» электронных систем. Графен. Кристаллическая структура. Конуса Дирака. Киральность.

4. Графен (продолжение)

Однослойный и двухслойный графен (структуры типа AB, AA, скрученный). Киральность и долинный индекс. Особенности квантования Ландау и квантового эффекта Холла в однослойном графене и двухслойном графене. Нарушения симметрии в графене и возможные параметры порядка.

Вейлевские и дираковские полуметаллы (semi-metals). Основные понятия и свойства.

5. Топологические диэлектрики (продолжение)

Аналогия с квантовым эффектом Холла. Существующие в настоящее время топологические диэлектрики. Их структура. Сильное спин-орбитальное взаимодействие. Поверхностные состояния и их топологическая защищенность: чем поверхностные состояния в топологических диэлектриках отличаются от обычных таммовских поверхностных состояний. Электронные состояния в объеме топологических диэлектриков.

6. Электрон-электронное взаимодействие, волны спиновой и зарядовой плотности, параметры порядка

Топологическая классификация параметров порядка. Примеры: графен, двухслойный (AB, AA и скрученный) графен, топологические диэлектрики. Нематичность.

7. Топологическая классификация параметров порядка (продолжение)

«Экзотические» симметрии в однослойном и двухслойном (AB, AA и скрученном) графене. Топологические фазовые переходы.

Полуметаллы (half-metal).

8. Топологическая сверхпроводимость

Симметрии параметра порядка (s, d, p). Многокомпонентные параметры порядка. Где наблюдается топологическая сверхпроводимость. Сверхпроводимость, возникающая из-за эффекта близости на поверхности топологического диэлектрика. Сверхпроводимость в материале с сильным спин-орбитальным взаимодействием, сверхпроводимость в объеме допированного топологического диэлектрика. Нематическая сверхпроводимость. Сверхпроводимость в графене, в том числе в скрученном двухслойном графене.

9. Топологическая сверхпроводимость (продолжение)

Фермион Майораны в теории поля и физике конденсированного состояния. Топологически защищенные квантовые вычисления и фермион Майораны. Модель Китаева. Возможные физические реализации фермиона Майораны в твердом теле: топологические сверхпроводники и нанопроволоки, магнитные цепочки.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Компьютер, проектор, доска.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд базовой кафедры:

1. Xiao-Gang Wen, Zoo of quantum-topological phases of matter, arXiv:1610.03911 (2016).
2. Xiao-Liang Qi, Shou-Cheng Zhang, Topological insulators and superconductors, Rev. Mod. Phys., v. 83, p. 1057–1110 (2011).
3. M. Z. Hasan and C. L. Kane, Topological insulators, Rev. Mod. Phys., v. 82, 3045 (2010).
4. Xiao-Liang Qi and Shou-Cheng Zhang, Topological insulators and superconductors, Rev. Mod. Phys., v. 83, 1057 (2011).

Дополнительная литература

Фонд базовой кафедры:

1. A. Yu. Kitaev, Unpaired Majorana fermions in quantum wires, Успехи Физических Наук, 171: дополнение к №10 (2001).
2. Мейлихов Е.З. Физическая реальность векторного потенциала. Эффект Ааронова-Бома и монополю Дирака. Издательский дом "Интеллект", Москва 2015.
3. A.H. Castro Neto, F. Guinea, N.M.R. Peres, K.S. Novoselov, A.K. Geim, The electronic properties of graphene, Rev. Modern Phys. 81 (2009) 109.
4. A.V. Rozhkov, A.O. Sboychakov, A.L. Rakhmanov, Franco Nori Electronic properties of graphene-based bilayer systems, Physics Reports v. 648, p. 1-104 (2016)

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных WOS, SCOPUS, E-library.

Информационные ресурсы: Журналы: Успехи физических наук, Письма в ЖЭТФ, ЖЭТФ, Physical Review B, Review of Modern Physics. и др.), база данных ArXiv:

<http://xxx.lanl.gov/archive/cond-mat>, доступные через Internet научные и научно-технические журналы: <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org/>, электронные конспекты лекций.

M. J. Rave, Quantum interference interpreted classically through application of Berry's phase?

arXiv:0806.3970v1 [quant-ph] 24 Jun 2008 или

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/Closed_loops.pdf

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрено.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента в соответствии с данными в рабочей программе. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях;
- при необходимости подготовку к лекциям, коллоквиумам, экзамену.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Общая и прикладная физика
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау
кафедра физики сверхпроводимости и квантовых материалов
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: А.Л. Рахманов, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Топологические эффекты и новая сверхпроводимость» обучающийся должен:

знать:

1. Современные проблемы физики конденсированного состояния.
2. Новейшие открытия в физике, в т.ч. в квантовой физике твердого тела.
3. О взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.
4. Теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике конденсированного состояния.
5. Принципы симметрии и законы сохранения.
6. Основные принципы функционирования устройств наноэлектроники и спинтроники.
7. Научные задачи, над которыми работают в лабораториях - партнерах образовательной программы.
8. Технику безопасности и правила работы в низкотемпературных физических экспериментах и в экспериментах с сильными магнитными полями.

уметь:

1. Эффективно использовать на практике теоретические знания: понятия, результаты, гипотезы, законы.
2. Представить панораму универсальных методов и законов современной квантовой физики современных сверхпроводящих и топологически нетривиальных систем.
3. Абстрагироваться от несущественных факторов при моделировании реальных физических процессов и явлений.
4. Делать численные оценки масштаба ожидаемых эффектов.
5. Планировать оптимальное проведение экспериментов для решения поставленных задач.

владеть:

1. Теоретическими основами экспериментальных методов проведения измерений в области квантовой физики современных сверхпроводящих и топологически нетривиальных систем с использованием транспортных, туннельных, термодинамических и резонансных методов.
2. Информацией о современном состоянии исследований в области квантовой физики твердого тела.
3. Теоретическими моделями фундаментальных процессов и явлений в физике конденсированного состояния
4. Методами анализа и обработки экспериментальных данных.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Аффинные преобразования и топологические инварианты. Фаза Берри и эффект Аронова-Бома
2. Операторы симметрии в квантовой механике. «Топологические» квантовые числа и «топологические» токи. Спиновые и псевдо-спиновые операторы и токи Проводимость сужений в двумерной системе.
3. Конуса Дирака. Киральность
4. Вейлевские и дираковские полуметаллы (semi-metals). Основные понятия и свойства.

5. Сильное спин-орбитальное взаимодействие. Поверхностные состояния и их топологическая защищенность: чем поверхностные состояния в топологических диэлектриках отличаются от обычных таммовских поверхностных состояний.
6. Аномальные продольное и поперечное магнитосопротивление. Квантовый спин-Холл эффект
7. Электрон-электронное взаимодействие, волны спиновой и зарядовой плотности, параметры порядка
8. Топологические фазовые переходы.
9. Многокомпонентные параметры порядка. Где наблюдается топологическая сверхпроводимость
10. Топологически защищенные квантовые вычисления и фермион Майораны. Модель Китаева.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Аффинные преобразования и топологические инварианты. Фаза Берри и эффект Аронова-Бома.
2. Однослойный и двухслойный графен (структуры типа AB, AA, скрученный). Киральность и долинный индекс. Особенности квантования Ландау и квантового эффекта Холла в однослойном графене и двухслойном графене.

Билет 2.

1. Операторы симметрии в квантовой механике. «Топологические» квантовые числа и «топологические» токи. Спиновые и псевдо-спиновые операторы и токи Проводимость сужений в двумерной системе.
2. Топологически защищенные квантовые вычисления и фермион Майораны. Модель Китаева.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Промежуточная аттестация по дисциплине «Топологические эффекты и новая сверхпроводимость» осуществляется в форме устного экзамена. Прием экзамена проводится по билетам. В каждом билете представлено два вопроса. Обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.