



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

**Программа дисциплины
«Физика низких температур»**

для направления 03.06.01 «Физика и астрономия» профиля подготовки научно-педагогических
кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

Авторы программы:

А.Ф.Андреев, академик, e-mail: andreev@kapitza.ras.ru

А.И.Смирнов, проф. e-mail: smirnov@kapitza.ras.ru

Одобрена на заседании Академического совета аспирантской школы по физике

Москва – 2017

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения разработчика программы.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям аспиранта по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» для специальности 01.04.09 «Физика низких температур» и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»;
- Образовательной программой «Физика и астрономия» подготовки аспиранта.
- Учебным планом подготовки аспирантов по специальности 01.04.09 «Физика низких температур», утвержденным в 2016.

2. Цели освоения дисциплины: получение фундаментальных знаний в области физики низких температур, знаний об основных теоретических концепциях физики низких температур, теории сверхтекучести, бозе-конденсации, ферми-жидкости. Освоение дисциплины должно способствовать формированию профессиональных компетенций, определяемых профилем программы аспирантуры.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- Основные концепции теоретической физики низких температур и методы их применения для описания сверхтекучести, сверхпроводимости, ферми-жидкостных систем.
- Основные результаты теории для описания термодинамических и магнитных свойств твердых тел и конденсированных сред.
- Основные направления современного развития физики низких температур.

Уметь:

- использовать полученные знания при проведении научных исследований

Иметь навыки (приобрести опыт):

- применять методологию теоретических и экспериментальных исследований в области физики конденсированного состояния и физики низких температур.

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие компетенции:

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

Компетенция (указываются в соответствии с ОС НИУ ВШЭ)	Код по ОС НИУ ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	УК-1	Демонстрирует способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	УК-2	Демонстрирует способность осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.	УК-4	Демонстрирует готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физики конденсированного состояния	ПК-1	Демонстрирует способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физики конденсированного состояния	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физики воздействия излучений и плазмы на конденсированные вещества	ПК-2	Демонстрирует способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физики воздействия излучений и плазмы на конденсированные вещества	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

Способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физического и радиационного материаловедения	ПК-3	Демонстрирует способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физического и радиационного материаловедения	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников
Способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физических процессов при создании микроэлектроники и нанoeлектроники на квантовых эффектах	ПК-4	Демонстрирует способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физических процессов при создании микроэлектроники и нанoeлектроники на квантовых эффектах	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников
Способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физических процессов при создании космической электроники и радиоэлектроники	ПК-5	Демонстрирует способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физических процессов при создании космической электроники и радиоэлектроники	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников
Способность к созданию приборов нанoeлектроники, основанных на новых физических принципах, таких как квантовые эффекты	ПК-7	Демонстрирует способность к созданию приборов нанoeлектроники, основанных на новых физических принципах, таких как квантовые эффекты	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области теоретической и прикладной физики с использованием современных физических методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	ОПК-1	Демонстрирует способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области теоретической и прикладной физики с использованием современных физических методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности.	ОПК-2	Демонстрирует способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к дисциплинам вариативной части, обязательной для профиля «Физика низких температур».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих базовых дисциплинах:

- Физика
- Математика
- Иностранный язык

Для освоения учебной дисциплины, аспиранты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: -

5. Тематический план учебной дисциплины

1. Общие свойства вещества при низких температурах
2. Свойства жидкого гелия
3. Теория сверхтекучести Л.Д.Ландау.
4. Бозе-конденсация и сверхтекучесть.
5. Двухскоростная гидродинамика сверхтекучей жидкости
6. Перенос тепла в сверхтекучей жидкости.
7. Термодинамика вращения, вихревые нити.
8. Ферми-жидкости в физике конденсированного вещества и в физике атомного ядра
9. Теория Ферми-жидкости Л.Д.Ландау.
10. Взаимодействие квазичастиц.

6. Формы контроля знаний аспирантов

Текущий контроль: контрольные работы

Итоговый контроль: экзамен

6-1. Примеры задач контрольной работы

1. Считая жидкий гелий-3 газом невзаимодействующих фермионов, вычислить параметры ферми-газа: фермиевскую скорость, энергию Ферми, температуру Ферми. Плотность жидкого гелия-3 равна 0.081 г/см^3
2. Определить число столкновений со стенкой в единицу времени в электронном газе при абсолютном нуле температуры.

6-2. Примеры вопросов экзамена

1. Температура Бозе-конденсации.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

2. Критерий сверхтекучести
3. Теплоемкость Ферми-газа
4. Теплоемкость твердых диэлектриков

7.Содержание дисциплины

1. Общие свойства вещества при низких температурах. Квантовые эффекты. Элементарные возбуждения.
2. Свойства жидкого гелия. Основные эксперименты. Качественное объяснение сверхтекучести.
3. Теория сверхтекучести Л.Д.Ландау. Коллективный характер элементарных возбуждений. Звуковые колебания как элементарные возбуждения.
4. Уравнения гидродинамики. Звуковые волны. Квантование уравнений гидродинамики. Фононы.
5. Коротковолновые элементарные возбуждения. Ротоны. Термодинамика сверхтекучего гелия. Температурная зависимость теплоемкости.
6. . Определение сверхтекучести. Описание сверхтекучего переноса вещества. Преобразования Галилея для элементарных возбуждений.
7. Две скорости макроскопического движения. Плотность нормальной компоненты. Ее температурная зависимость.
8. Бозе-конденсация и сверхтекучесть. Волновая функция конденсата- параметр порядка сверхтекучей жидкости. Связь скорости сверхтекучей компоненты с фазой параметра порядка. Потенциальность сверхтекучего движения.
9. Уравнения двухскоростной гидродинамики сверхтекучей жидкости..
10. Звук в сверхтекучей жидкости. Характер колебаний в волнах первого и второго звуков. Второй звук при очень низких температурах.
11. Течение сверхтекучей жидкости через капилляры. Термомеханический эффект.
12. . Перенос тепла в сверхтекучей жидкости. Эффективная теплопроводность. Явление сверхтеплопроводности.
13. Сверхтекучая жидкость в неодносвязных сосудах. Квантование циркуляции сверхтекучей скорости.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика низких температур» для направления 03.06.01 «Физика и астрономия»
профиля подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.04.09 «Физика низких температур»

14. Парадокс с вращением сверхтекучей жидкости. Термодинамика вращения, вихревые нити. Вычисление плотности вихревых нитей. Объяснение парадокса
15. Свойства жидкого гелия-3. Ферми-жидкости в физике конденсированного вещества и в физике атомного ядра
16. Длина свободного пробега частиц в классических газах и жидкостях, квантовых Ферми-газах и Ферми-жидкостях. Теория Ферми-жидкости Л.Д.Ландау.
17. Квазичастицы Ландау. Энергия Ферми-жидкости. Энергия квазичастиц. Основное состояние Ферми-жидкости. Эффективная масса квазичастиц. Теплоемкость.
18. Взаимодействие квазичастиц. Функция Ландау в широком и узком смысле. сферические гармоники Функции Ландау
19. Вычисление эффективной массы квазичастиц.
20. Звуковые колебания в Ферми-жидкости. Скорость обычного звука. Нулевой звук. Скорость нулевого звука.
21. Кинетические явления в Ферми-жидкости. Коэффициенты вязкости и теплопроводности

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для преподавания дисциплины требуется лекционная аудитория с проектором и экраном.