

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа вступительного экзамена по научной специальности «Физика низких температур»
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

_____ С.Ю. Роцин

**Программа вступительного испытания по дисциплине «Физика низких температур»
для поступающих на программы подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре**

Направление 03.06.01 «Физика и астрономия»

Направленность 01.04.09 «Физика низких температур»

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

2. Структура вступительного экзамена

Форма проведения испытания:

Устный ответ на вопросы экзаменационной комиссии

Структура вступительного экзамена:

Экзамен состоит из устного ответа на вопросы экзаменационной комиссии.

В ходе обсуждения поступающему могут быть заданы вопросы и предложены задачи из всех разделов курса "Физика низких температур".

Оценка уровня знаний (баллы):

Каждый вопрос оценивается по десятибалльной шкале. Итоговая оценка выставляется по 5-балльной шкале по следующему принципу пересчета:

"Отлично" - 8-10 баллов (по 10-балльной шкале);

"Хорошо" - 6-7 баллов (по 10-балльной шкале);

"Удовлетворительно" - 4-5 баллов (по 10-балльной шкале);

"Неудовлетворительно" - 0-3 балла (по 10-балльной шкале).

Критерии оценивания

	Баллы
Ответ полный без замечаний, продемонстрированы знания по дисциплине	10-8

Ответ полный, с незначительными замечаниями	6-7
Ответ не полный, существенные замечания	4-5
Ответ на поставленный вопрос не дан.	0-3

Невыполнение одного из заданий (или отказ от его выполнения) является, как правило, основанием для выставления неудовлетворительной оценки за вступительный экзамен в целом.

3. Содержание

Раздел 1. Методы получения низких температур

1. Идеальный процесс ожижения газов и минимальная работа ожижения.
2. Ожижение водорода и гелия.
3. Охлаждение путем откачки паров ^3He и ^4He , методом растворения ^3He в ^4He . Охлаждение с использованием эффекта Померанчука и адиабатического размагничивания.
4. Термометрия при низких температурах.

Раздел 2. Термодинамика и статистическая физика.

1. Распределения Гиббса, Максвелла, Больцмана.
2. Второе начало термодинамики. Термодинамические потенциалы, соотношения между их производными.
3. Термодинамические функции идеального газа. Теорема равнораспределения энергии по степеням свободы.
4. Условие равновесия фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
5. Критическая точка.
6. Фазовые переходы второго рода. Изменение симметрии и параметр порядка. Скачок теплоемкости. Критические индексы.
7. Распределения Бозе и Ферми. Температура вырождения.
8. Порядок величины теплоемкости вырожденного Ферми-газа.

Раздел 3. Симметрия, кристаллография

1. Определение структуры кристаллов с помощью рассеяния рентгеновских лучей.
2. Решетки Браве. Обратная решетка, зона Бриллюэна.
3. Кристаллические структуры простых веществ.

4. Жидкие кристаллы.

Раздел 4. Тепловые свойства диэлектриков

1. Теплоемкость: закон Дебая, закон Дюлонга и Пти. Температура Дебая.
2. Теплопроводность диэлектриков. Зависимость от температуры. Роль процессов переброса.

Раздел 5. Магнитные свойства диэлектриков

1. Атом в магнитном поле. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Закон Кюри.
2. Гамильтониан Гейзенберга.
3. Магнитоупорядоченные вещества
4. Ферромагнетики. Закон Кюри-Вейсса.
5. Антиферромагнетики. Продольная и поперечная восприимчивость АФМ.
6. Ферримагнетики.
7. Магнетики в слабых и сильных магнитных полях.
8. Спиновые волны. Закон дисперсии для ферро- и антиферромагнетика.
9. Температурная зависимость магнитного вклада в теплоемкость и намагниченности ферромагнетика в приближении теории спиновых волн.
10. Резонансы. ЯМР, ЭПР, ФМР, АФМР. Области частот резонансов.

Раздел 6. Нормальные металлы

1. Модель свободных электронов. Энергия, импульс, скорость, температура Ферми. Плотность состояний
2. Закон дисперсии электрона в периодическом потенциале.
3. Энергетические зоны.
4. Закрытые и открытые поверхности Ферми.
5. Элементарные формулы для проводимости и теплопроводности. Температурная зависимость проводимости и теплопроводности металлов. Закон Видемана-Франца.
6. Диамагнетизм Ландау и парамагнетизм Паули.
7. Аномальный скин-эффект. Циклотронный резонанс.
8. Квантовые осцилляции магнитного момента и сопротивления.

Раздел 7. Сверхпроводники

1. Изменение свободной энергии, энтропии, теплоемкости при переходе металла из нормального состояния в сверхпроводящее в магнитном поле.
2. Соотношения БКШ для критической температуры T_c и энергетической щели Δ . Электронный энергетический спектр возбуждений в сверхпроводнике и нормальном металле. Связь между шириной щели и H_c при $T=0$.

3. Зависимость теплоемкости и теплопроводности сверхпроводников от температуры при низкой температуре
4. Длина когерентности и глубина проникновения. Выражение этих величин через ширину щели, фермиевскую скорость, массу и плотность электронов. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона.
5. Сверхпроводники I и II рода. Кривые намагничивания. Структура сверхпроводников в смешанном состоянии. Вихри Абрикосова.

Раздел 8. Гелий-4 и гелий-3

1. Фазовая диаграмма ^4He и ^3He .
2. Энергетический спектр сверхтекучего ^4He и критическая скорость Ландау. Температурная зависимость фононного и ротонного вклада в теплоемкость.
3. Термомеханический эффект. 1-й и 2-й звуки. Вихри в сверхтекучем ^4He .
4. Ферми-жидкость: температура вырождения, теплоемкость, вязкость, теплопроводность.

Рекомендуемая литература

1. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела; изд. 2-е, Наука, 1978.
2. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. Мир, 1974.
3. А.А. Абрикосов. Основы теории металлов, Наука, 1987.
4. И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов. Электронная теория металлов, Наука, 1971.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика, Наука, 1976. Квантовая механика, Наука, 1974. Электродинамика сплошных сред, Наука, 1982.
6. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Статистическая физика, ч. II, Наука, 1978. Физическая кинетика, Наука, 1979.
7. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979.
8. М.И. Попов. Термометрия и калориметрия. М.: Изд. МГУ, 1954.
9. О.В. Лоунасмаа. Принципы и методы получения температур ниже 1 К. М.: Мир, 1977.
10. А.С. Боровик-Романов. Лекции по низкотемпературному магнетизму.
11. В.В. Шмидт. Введение в сверхпроводимость. М.: Наука, 1982.
12. Справочник по физико-техническим основам криогеники. Москва, Энергоатомиздат, 1985 (под ред. М.П. Малкова).
13. А. Абрагам, М. Гольдман. Ядерный магнетизм: порядок и беспорядок Москва "Мир", 1984.
14. D. Vollhardt, P. Woelfle "The Superfluid phases of Helium 3".
15. В.П. Минеев. Сверхтекучий гелий-3, введение в предмет. УФН 139, 303 (1983).
16. Дж. Тилли и Дж. Тилли. Сверхтекучесть и сверхпроводимость. М. 1977, (есть русский и английский варианты).

17..

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА (ЗАДАНИЙ УСТНОГО ЭКЗАМЕНА)

Вопрос 1. Теплоемкость диэлектрических кристаллов. Температура Дебая.

Вопрос 2. Закон дисперсии электрона в металле. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Вопрос 3. Сверхпроводники первого и второго рода. Вихри Абрикосова.