Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
_____ /С.Ю. Рощин/

Одобрено на заседании Академического совета Аспирантской школы по техническим наукам
Протокол № 09/1 от «14» сентября 2020 г.

Согласовано

Академический директор Аспирантской школы по техническим наукам
_____ /С.А. Хриткин/

Программа вступительного испытания по специальности основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Образовательная программа «Физика конденсированного состояния»

Москва, 2020

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

Вступительное испытание основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре «Физика конденсированного состояния» по направлению 03.06.01 Физика и астрономия состоит из двух частей: оценки индивидуальных достижений (портфолио) и оценки знаний по направлению подготовки (собеседование).

Максимальная возможная оценка за обе части вступительного испытания по специальности составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе по итогам вступительного испытания по специальности необходимо набрать суммарно не менее 30 баллов. Оценка за вступительное испытание по специальности от 1 до 29 баллов считается неудовлетворительной.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 50 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

1) **Документы, подтверждающие опыт научно-исследовательской деятельности абитуриента.**

a. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

b. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

c. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

d. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

2) **Рекомендательное письмо** от потенциального научного руководителя планируемого диссертационного исследования, в котором отражено его согласие

выступить научным руководителем абитуриента в аспирантуре, а также, при знакомстве потенциального руководителя с научной и учебной деятельностью абитуриента, ее характеристика.

3) **Описание исследовательского проекта** (не более четырех страниц), который поступающий предполагает реализовать во время обучения в аспирантуре (на русском или английском языке). Описание проекта должно содержать: а) актуальность - краткое введение в область предполагаемого исследования, текущее состояние выбранной отрасли; б) формулировку проблемы исследования и научную новизну; в) цели и задачи исследования; г) обоснование теоретической или практической значимости; д) краткое описание предполагаемых подходов и методов в решении поставленных задач.

2.2. **Критерии оценки портфолио**

Критерий оценки	**Количество баллов**
Доклады на конференциях	**Максимум 5 баллов**
с публикацией докладов (за каждую)	2 балла
без публикации докладов (за каждую)	1 балл
Публикация научных работ	**Максимум 20 баллов**
Публикация в журнале или в сборнике докладов, индексируемом в Web of Science/Scopus:	
публикация в журнале первого квартиля (Q1) без соавторов	20 баллов
публикация в журнале первого квартиля (Q1) в соавторстве	19 баллов
публикация в журнале второго квартиля (Q2) без соавторов	18 баллов
публикация в журнале второго квартиля (Q2) в соавторстве	17 баллов
публикация в журнале третьего квартиля (Q3) без соавторов	15 баллов
публикация в журнале третьего квартиля (Q3) в соавторстве	14 баллов
публикация в журнале четвертого квартиля (Q4) без соавторов	13 баллов
публикация в журнале четвертого квартиля (Q4) в соавторстве	12 баллов
публикация в журнале без квартиля без соавторов	11 баллов
публикация в журнале без квартиля в соавторстве	10 баллов
Публикация в журнале, входящем в Дополнительный перечень журналов НИУ ВШЭ:*	
без соавторов	12 баллов
в соавторстве	10 баллов
Публикация в журнале или в сборнике докладов, не индексируемом в Web of Science/Scopus:	
Публикация в журнале из списка ВАК без соавторов	8 баллов
Публикация в журнале из списка ВАК в соавторстве	6 баллов

Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.	**5 баллов**
Участие в научно-исследовательских проектах	**5 баллов**
Рекомендательное письмо от потенциального научного руководителя	**5 баллов**
Описание исследовательского проекта	**до 10 баллов**

* Дополнительный перечень журналов НИУ ВШЭ представлен по ссылке: https://scientometrics.hse.ru/goodjournals

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

Минимальный балл (неудовлетворительная оценка) за портфолио – до 9 баллов включительно. Для участия в конкурсе по итогам оценки индивидуальных достижений необходимо набрать суммарно не менее 10 баллов.

2.3. Структура и процедура проведения оценки знаний по направлению подготовки (собеседование)

Максимальная возможная оценка за собеседование составляет 50 баллов.

Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с направленностью (научной специальностью) будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы. Оценка за ответы по каждому из вопросов составляет максимум 15 баллов.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы. Оценка за данную часть собеседования составляет максимум 20 баллов.

Собеседование проводится на русском или английском языке (по желанию абитуриента), собеседование может проводиться дистанционно с использованием информационных технологий.

2.4. Критерии оценки собеседования

Критерии оценивания ответа по вопросам программы собеседования	**Баллы**
Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы знания по специальной дисциплине	14-15
Ответ полный, с незначительными недочетами, продемонстрированы знания по специальной дисциплине	11-13
Ответ полный, с незначительными замечаниями	6-10

Ответ не полный, с существенными замечаниями	3-5
Ответ на поставленный вопрос не дан	0-2
Критерии оценивания ответа по планируемому направлению исследований	**Баллы**
Ответ полный, без замечаний, продемонстрировано представление о планируемом направлении исследований	20
Ответ полный, с незначительными недочетами, продемонстрировано представление о планируемом диссертационном исследовании	16-19
Ответ полный, с незначительными замечаниями	11-15
Ответ не полный, с существенными замечаниями	7-10
Ответ на поставленный вопрос не дан	0-6

В случае набора абитуриентами равного количества баллов (полупроходного балла), преимущество получает абитуриент, соответствующий перечисленным ниже критериями. Критерии представлены в порядке убывания значимости.

1. оценка за собеседование;
2. оценка за индивидуальные достижения;

3. Программа собеседования

I. Структура твердых тел

Кристаллические и аморфные тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решетки Браве. Точечные и пространственные группы симметрии. Основные типы кристаллических структур. Обратная решетка. Индексы Миллера и Миллера-Бравэ.

Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты, их образование и миграция. Вакансии. Междоузельные атомы. Гантели, кроудионы. Комплексы точечных дефектов. Стадии отжига дефектов. Дислокации в кристаллах – краевые, винтовые, смешанные. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций. Плотность дислокаций. Образование и размножение дислокаций. Полные и частичные дислокации. Дефекты упаковки. Границы зерен и субзерен. Радиационные и закалочные дефекты. Эффекты каналирования частиц и фокусировки атомных столкновений в кристаллических твердых телах. Распыление твердых тел при ионной бомбардировке. Радиационный блистеринг. Радиационное распухание. Влияние радиационных дефектов и термических воздействий на реальную структуру твердых тел.

II. Энергетический спектр кристалла

Описание энергетического состояния кристаллов при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Фононы. магноны, экситоны. плазмоны и др. Электроны в металле как квазичастицы. Закон дисперсии. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.

Колебания решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Теплоемкость решетки. Дебаевская частота. Ангармонизм и тепловое расширение.

Электронные состояния в кристаллах. Приближение сильной и слабой связи. Зонная схема и типы твердых тел. Электронная теплоемкость, поверхности Ферми. Электроны и дырки. Положение Ферми-уровня в невырожденных полупроводниках.

III. Электронные кинематические свойства твердых тел.

Кинематическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Времена релаксации. Механизм рассеяния электронов. Рассеяние на примесях и дефектах. Электрон-фононные столкновения. Нормальные процессы и процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла.

Полупроводники. Электронная структура типичных полупроводников. Примесные уровни. Доноры и акцепторы. Температурная зависимость проводимости. Фотопроводимость. Рекомбинация и релаксация неравновесных носителей. Горячие носители. Эффект Ганна

IV. Механические, оптические, магнитные свойства твердых тел.

Тензоры напряжения и деформации. Упругость, модули упругости. Сверхупругость и эффект памяти формы. Упругое последействие и релаксация напряжений. Внутреннее трение. Механический гистерезис. Эффект Баушингера. Пластичность кристаллов. Сверхпластичность. Предел текучести, зуб текучести. Механизмы пластической деформации. Упрочнение. Дисперсное и дисперсионное твердение. Ползучесть. Радиационная ползучесть. Усталость материалов. Разрушение – хрупкое и вязкое. Модели зарождения трещин. Ударная вязкость. Хрупко-вязкий переход. Низко- и высокотемпературное охрупчивание (НТРО и ВТРО) металлов. Способы повышения прочности материалов.

Механизм поглощения фотонов. Центры окраски – электронные и дырочные. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение. Многофотонные процессы. Комбинационное рассеяние света в кристаллах. Поглощение связанными носителями. Межзонные прямые и непрямые переходы. Люминесценция. Времена жизни возбуждений флюоресценции. Безизлучательные переходы. Квантовый выход люминесценции

Диамагнетизм свободного электронного газа. Спиновый парамагнетизм. Закон Кюри. Ферромагнетизм. Ферромагнитные домены. Энергия анизотропии. Доменная стенка. Ферриты. Спиновые волны.

V. Диэлектрики

Эффективное поле. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики. Электрический гистерезис. Сегнетоэлектрические домены. Пьезоэлектрики.

VI. Термодинамика и фазовые переходы.

Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации в термодинамических системах. Равновесие в термодинамических системах и правило фаз. Диаграмма равновесия. Кинетика фазовых превращений. Диффузия. Механизмы диффузии. Законы Фика. Радиационно-стимулированная диффузия. Радиационно-индуцированная сегрегация компонентов в многокомпонентных системах.

Диффузионные и бездиффузионные превращения. Естественное и искусственное старение. Фазовый наклеп.

VII. Сверхпроводимость

Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры. Основы микроскопической теории. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводниках. Туннельный эффект. Эффект Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.

VIII. Экспериментальные методы физики

Методы исследования идеальной и реальной структуры. Ренггенография. Электронография. Электронная микроскопия (просвечивающая и растровая). Сканирующая зондовая микроскопия. Нейтронография: упругое и неупругое рассеяние. Спектроскопия обратного рассеяния Резерфорда. Исследование магнитных структур и фононных спектров. Эффект Мессбауэра. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс. Электрические и гальваномагнитные измерения как методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках. Оптические методы исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. Учебник. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2000.
2. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. Учебное пособие. 2-е изд. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
3. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: Учебное пособие. Издание 2-е. М., Техносфера, 2012.
4. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. Учебное пособие. 4-е изд., стереотип. М.: Лань, 2011.
5. Акишин А.И., Бондаренко Г.Г., Быков Д.В. и др. Физика воздействия концентрированных потоков энергии на материалы. Учебник. М., МГУ, 2004.
6. Бондаренко Г.Г., Кабанова Т.А., Рыбалко В.В. Материаловедение (под ред. Г.Г.Бондаренко) Учебник. М., Высшая школа, 2007.
7. Паршин А.М., Тихонов А.Н., Бондаренко Г.Г. и др. Радиационная повреждаемость конструкционных материалов. С-Пб, СПбГТУ, 2000.
8. Домбровский Ю.М. Физические свойства металлов и сплавов. Учебное пособие. Ростов-на-Дону, изд. центр ДГТУ, 2004.
9. Физическое материаловедение (под ред. Б.А. Калина). Учебник. В 6-ти томах. М., МИФИ, 2007.
10. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Учебник. Рентгенографический и электронографический анализ. М., Металлургия, 2002.

11. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии. Учебник. М., Физматлит, 2004.
12. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М., РАН, 2004.
13. Дмитриев А.В. , Звягин И.П. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов // Успехи физических наук, 2010, т. **180, с.** 821–838.
14. Осадько И.С. Микроскоп ближнего поля как инструмент для исследования наночастиц // Успехи физических наук, 2010, т. **180, с.** 83-87.
15. Успенская Л.С. , Рахманов А.Л. Динамические магнитные структуры в сверхпроводниках и ферромагнетиках // Успехи физических наук, 2012, т. **182, с.** 681-699.
16. Погребняк А.Д. , Пономарев А.Г. , Шпак А.П. , Куницкий Ю.А. Применение микро- и нанозондов для анализа малоразмерных 3D материалов, наносистем и нанообъектов // Успехи физических наук, 2012, т. **182, с.** 287-321.
17. Шпатаковская Г.В. Квазиклассическая модель строения вещества // Успехи физических наук, 2012, т.**182, с.** 457–494.
18. Vojtech D., Fojt J., Joska L., Novak P. Surface treatment of NiTi shape memory alloy and its influence on corrosion behavior // Surface and Coatings Technology, 2010, v. 204, pp. 3895-3901.
19. Osetsky Y.N. Atomistic study of diffusional mass transport in metals // Defects and Diffusion Forum, 2001, v. 188-190, pp. 71-92.
20. Jiao Z., Was G.S. Segregation behavior in proton- and heavy-ion-irradiated ferritic-martensitic alloys // Acta Materialia, 2011, v. 59, pp. 4467 - 4481.
21. Lee Y.J. et al. First-principles study of migrations, restructuring and dissociation energies of oxygen complexes in silicon // Phys.Rev.B, 2002, v.65, p.085205 (1-12).