

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор НИЯУ МИФИ  
\_\_\_\_\_ О.В. Нагорнов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г

Ответственный секретарь  
приемной комиссии  
\_\_\_\_\_ И.В. Цветков  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г

**Программа вступительного испытания  
по направлению подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре  
03.06.01 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»**

Форма обучения  
очная

МОСКВА, 2020

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Вступительное собеседование по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» осуществляется в письменной форме в виде вопросов (тестов и задач) по темам дисциплин. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

Билет для собеседования включает в себя два вопроса по общефизическим и математическим дисциплинам и один вопрос по дисциплине специализации. Вопросы по общей физике охватывают следующие темы: колебания и волны, основы молекулярной физики, термодинамики, оптики, а также квантовой и ядерной физики. Вопросы по высшей математике призваны определить на основе решения конкретных математических примеров уровень владения поступающим в аспирантуру математическими навыками, необходимыми при решении физических задач.

Дисциплины специализации включают в себя вопросы согласно следующим профилям (направленностям), соответствующим научным специальностям:

- 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики
- 01.04.02 Теоретическая физика
- 01.04.07 Физика конденсированного состояния
- 01.04.08 Физика плазмы
- 01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки
- 01.04.16 Физика атомного ядра и элементарных частиц
- 01.04.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества
- 01.04.20 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
- 01.04.21 Лазерная физика
- 01.04.23 Физика высоких энергий

**Выявление факта пользования мобильным телефоном или шпаргалками ведет к безусловному удалению абитуриента с экзамена и составлению соответствующего протокола. Абитуриент из конкурса выбывает.**

## Оценка испытания:

Оценка за собеседование выставляется по 100-балльной шкале. Минимальный балл, необходимый для успешного прохождения собеседования и дальнейшего участия в конкурсе – 60 баллов.

## Критерии оценки результатов испытания

<b>Вопрос № 1 (общефизический)</b>	<b>0-40 баллов</b>	40-35 баллов - дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией. 34-30 баллов - дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией. 29-25 баллов - даны обоснованные ответы на вопрос,
------------------------------------	--------------------	---

		<p>поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.</p> <p>24-20 баллов - даны в целом правильные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.</p> <p>19-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.</p>
<b>Вопрос № 2 (математический)</b>	<b>0-40 баллов</b>	<p>40-35 баллов - дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.</p> <p>34-30 баллов - дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.</p> <p>29-25 баллов - даны обоснованные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.</p> <p>24-20 баллов - даны в целом правильные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.</p> <p>19-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.</p>
<b>Вопрос № 3 (специализированный)</b>	<b>0-20 баллов</b>	<p>20-18 баллов - дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.</p> <p>17-15 баллов - дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.</p> <p>14-12 баллов - даны обоснованные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.</p> <p>11-10 баллов - даны в целом правильные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.</p> <p>9-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.</p>

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО СОБЕСЕДОВАНИЯ

### 2.1. Вопросы по общефизическим дисциплинам

#### I. Колебания, основы молекулярной физики и термодинамики

1. Свободные колебания системы без трения. Математический маятник. Физический маятник. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.
2. Различные формы записи уравнения состояния идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при политропическом и адиабатическом процессе. Физический смысл энтропии идеального газа.
3. Число ударов молекул газа о стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
4. Распределение Максвелла. Наиболее вероятная скорость молекул, средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул. Распределение Больцмана. Распределение молекул по координатам. Барометрическая формула.
5. КПД тепловой машины. КПД цикла Карно. Теорема Карно.
6. Явления переноса. Диффузия газов. Вязкость газов. Теплопроводность газов.

#### II. Основы электромагнетизма

7. Линии напряженности электрического поля и эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом. Работа силы электрического поля. Потенциал.
8. Электрический диполь в однородном и неоднородном поле (вращательный момент, энергия, сила). Дипольный электрический момент системы зарядов. Поле электрического диполя.
9. Поле вне и внутри объемно заряженного шара. Поле одной и двух заряженных плоскостей.
10. Электроемкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
11. Сила и плотность тока. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Мощность тока. Удельная тепловая мощность тока.
12. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Сила Лоренца. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.
13. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Поле в центре и на оси кругового тока. Поле бесконечного прямого тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле (вращательный момент, энергия, сила).
14. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Э.Д.С. индукции. Индуктивность соленоида. Токи замыкания и размыкания. Энергия магнитного поля
15. Ток смещения. Полный ток. Уравнения Максвелла.

#### III. Основы волновой оптики

16. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны.
17. Эффект Доплера для звуковых и электромагнитных волн.
18. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления.
19. Явление интерференции. Сложение двух электромагнитных волн. Интенсивность суммарной волны.
20. Временная когерентность, длина когерентности на примере опыта Юнга с монохроматическим протяженным источником.
21. Способы наблюдения интерференции света (зеркало Ллойда, бипризма и бизеркала Френеля).

22. Интерференционные полосы равного наклона. Интерференционные полосы равной толщины. Простой клин.
23. Кольца Ньютона. Интерференция света на тонких пленках. Просветление оптики.
24. Графическое сложение амплитуд. Зоны Френеля.
25. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске. Дифракция Френеля на щели. Дифракция Фраунгофера на щели.
26. Дифракционная решетка. Положение и угловая ширина главных дифракционных максимумов дифракционной решетки. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.
27. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

#### **IV. Основы квантовой физики, строения вещества, атомной и ядерной физики**

28. Экспериментальные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Вина).
29. Формула Планка. Вывод закона Стефана-Больцмана из формулы Планка.
30. Фотоэффект. Уравнение А.Эйнштейна для фотоэффекта.
31. Опыт Боте. Фотоны.
32. Эффект Комптона.
33. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
34. Элементарная боровская теория водородоподобного атома.
35. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики.
36. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка размеров и минимальной энергии водородоподобного атома.
37. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка минимальной энергии одномерного гармонического осциллятора.
38. Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции.
39. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Результаты квантовой механики для одномерного гармонического осциллятора.
40. Результаты квантовой механики для водородоподобного атома.
41. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.
42. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атома. Электронные конфигурации.
43. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
44. Комбинационное рассеяние света. Эффект Рамана.
45. Энергетические зоны в твердых телах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.

### **2.1. Вопросы по математическим дисциплинам**

1. Понятие производной функции. Основные правила дифференцирования функций. Нахождение экстремумов функции.
2. Понятие матрицы. Определитель матрицы и его вычисление.
3. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод Крамера. Критерий существования нетривиального решения системы однородных линейных алгебраических уравнений.
4. Понятие первообразной функции. Вычисление неопределенных и определенных интегралов, в т.ч. несобственных.
5. Понятие числового ряда. Признаки сходимости числовых рядов. Разложение функции в ряд Тейлора.
6. Понятия градиента функции, дивергенции, ротора и циркуляции векторного поля. Теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса.
7. Понятие обыкновенного дифференциального уравнения. Типы ОДУ первого порядка и методы их решения: уравнение с разделяющимися переменными, однородное

ОДУ, уравнение в полных дифференциалах, линейное дифференциальное уравнение, уравнения, не разрешенные относительно производной.

8. Линейное дифференциальное уравнение произвольного порядка с постоянными коэффициентами. Методы его решения.

9. Система линейных дифференциальных уравнений первого порядка. Методы её решения.

10. Понятие аналитической функции. Разложение функции, аналитической в кольце, в ряд Лорана. Классификация изолированных особых точек. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее приложения.

11. Основные уравнения математической физики. Классификация линейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.

12. Решение краевых задач для уравнений гиперболического и параболического типов методом Фурье.

13. Решение задачи Коши для волнового уравнения в одномерном случае.

### Список литературы:

1. Савельев И.В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.1: Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие для вузов. 2012. 522 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2009. 570 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики: учебное пособие в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для вузов. 2012. 360 с.
4. Иродов И.Е. Волновые процессы: основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015. 263 с.
5. Иродов И.Е. Квантовая физика: основные законы. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний. 2014. 256 с.
6. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. 320 с.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.1: Физика атомного ядра. 2009. 383 с.
8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т. 2: Физика ядерных реакций. 2008. 318 с.
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т. 3: Физика элементарных частиц. 2008. 412 с.
10. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2009. 608 с.
11. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: Астрель, АСТ, 2005. 992 с.
12. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: учебник для вузов. Москва: Физматлит, 2009. 307 с.
13. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики: Учеб. пособие для вузов. М.: МГУ; Наука, 2004. 798 с.

## **2.3. Избранные вопросы по специальным дисциплинам**

### **01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики**

1. Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Образование  $\delta$ -электронов. Формула Бете-Блоха.
2. Методы амплитудного анализа. Методы совпадений и антисовпадений.
3. Основные принципы ускорения заряженных частиц.
4. Метод наименьших квадратов.

### **01.04.02 Теоретическая физика**

5. Принцип наименьшего действия, уравнения Лагранжа, уравнения Гамильтона, канонические преобразования, уравнение Гамильтона-Якоби.
6. Квазиклассическое приближение. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Стационарная теория возмущений. Эффект Штарка.
7. Многоэлектронные атомы. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми.
8. Квантовомеханическая теория рассеяния. Формула Борна. Фазовая теория рассеяния.
9. Термодинамические величины идеальных бозе- и ферми-газов (примеры: энергия, энтропия, давление и теплоемкость вырожденного электронного газа и излучения абсолютно черного тела, бозе-конденсация).
10. Плоская электромагнитная волна в анизотропной диэлектрической среде.
11. Излучение Вавилова-Черенкова.

### **01.04.07 Физика конденсированного состояния**

12. Фазовое состояние вещества. Диаграммы состояния веществ.
13. Кристаллические структуры. Кристаллическая решетка. Свойства симметрии кристаллических решеток. Элементарная ячейка. Обратная решетка.
14. Индексы Миллера. Условие дифракции Лауэ. Формула Брэгга-Вульфа.
15. Теплоемкость кристаллической решетки. Модели Дебая и Эйнштейна.
16. Энергетические состояния электронов в металле. Электронная структура металлов и металлическая связь. Зона Бриллюэна.
17. Распределение Ферми для электронов. Поверхность Ферми. Плотность состояний.
18. Обменное взаимодействие. Спонтанная намагниченность. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм.
19. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Глубина проникновения магнитного поля. Квантование магнитного потока.
20. Сверхпроводник в магнитном поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Критические магнитные поля.

### **01.04.08 Физика плазмы**

21. Понятие плазмы, ее образование. Дебаевский радиус. Плазменная частота.
22. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Дрейфовое приближение. Адиабатические инварианты.
23. Процессы переноса в плазме. Торможение частиц в среде.
24. Основные типы колебаний и волн в плазме Затухание Ландау.

25. Ловушка с магнитными пробками. Радиационные пояса Земли. Неустойчивости плазмы.

### **01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки**

26. Импульсные трансформаторы. Генераторы Аркадьева- Маркса. Емкостные и индуктивные накопители энергии. Формирующие линии.

27. Термоэлектронные, автоэмиссионные, фото- электронные, взрывоэмиссионные эмиттеры электронов.

28. Эффект Холла.

29. Принцип действия магнитогидродинамического генератора. Плазменные ускорители и двигатели.

30. Отражение и преломление плоской волны на границе двух сред с различными электродинамическими характеристиками.

### **01.04.16 Физика ядра и элементарных частиц**

31. Виды радиоактивности. Законы р/а распада.

32. Взаимодействие фотонов с веществом. Фотоэффект. Эффект Ожэ. Комптон-эффект. Образование электрон-позитронных пар.

33. Классификация частиц и взаимодействий, основные свойства. Лептоны и кварки. Классификация адронов.

34. Вселенная и ее состав.

### **01.04.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества**

35. Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны. Ударная адиабата.

### **01.04.20 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника**

36. Уравнения корпускулярной оптики. Электростатические и магнитные линзы.

37. Фазовое движение. Принцип автофазировки.

38. Классический циклотрон, микротрон, электронные и ионные синхротроны.

39. Ускорители электронов на бегущей и стоячей волне.

40. Генераторы СВЧ. Клистроны, магнетроны, лампы бегущей волны.

### **01.04.21 Лазерная физика**

41. Полуклассическая теория излучения. Вероятность однофотонных процессов.

42. Спонтанные и индуцированные переходы.

43. Методы создания инверсии населенности и отрицательного поглощения.

44. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо Волоконные лазеры.

45. Стандарты частоты.

### **01.04.23 Физика высоких энергий**

46. Кварковая модель адронов. Описание свойств адронов, мультиплеты.

47. Современная модель расширяющейся Вселенной.

48. Основные сведения о космических лучах (КЛ).

49. Понятие о квантовой хромодинамике (КХД).



Дополнительная литература

1. Физический энциклопедический словарь под ред. А.М.Прохорова, 1983  
<http://nashol.com/2011070156981/fizicheskii-enciklopedicheskii-slovar-prohorov-a-m.html>