

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Атомная физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Медицинская физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.09.05 Атомная физика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ИД ОПК-1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД ОПК-1: Знать фундаментальные понятия, законы и модели атомной физики Уметь применять законы и модели атомной физики для решения профессиональных задач. Владеть навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.	Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	26
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Основные параметры атомов.	5	2	2	4	1
Проблема теплового излучения.	6	3	2	5	1
Фотоны	7	3	2	5	2
Волновые свойства массивных частиц.	7	3	2	5	2
Соотношения неопределенностей.	7	3	2	5	2
Постулаты Бора.	7	3	2	5	2
Волновая функция, операторы физических величин, уравнение Шредингера.	12	6	4	10	2
Атом водорода.	8	4	2	6	2
Многоэлектронные атомы.	8	4	2	6	2
Периодическая таблица химических элементов Менделеева.	7	3	2	5	2
Атомные термы и оптические спектры атомов.	8	4	2	6	2
Рентгеновские лучи.	7	3	2	5	2
Атомы во внешних электрическом и магнитном полях.	8	3	3	6	2
Молекулы и химическая связь.	9	4	3	7	2
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	48	32	82	26

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные параметры атомов. Атомная гипотеза. Масса и заряд электрона. Масс-спектрометрия. Изотопы. Определение размеров атома.
2. Проблема теплового излучения. Равновесное тепловое излучение. Спектральная плотность излучения, удельная интенсивность излучения, их связь. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Формула Рэлея-Джинса. Гипотеза и формула Планка.
3. Фотоны. Вакуумный фотоэффект и его свойства. Фотонная теория и уравнение Эйнштейна. Импульс фотона и эффект Комптона.
4. Волновые свойства массивных частиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Девиссона-Джермера и Томсона-Тартаковского. Дифракция атомов, молекул и нейтронов. Статистическая интерпретация волн де Бройля.
5. Соотношения неопределенностей. Интерференция электронов. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. корпускулярно-волновой дуализм.
6. Планетарная модель атома. Рассеяние альфа-частиц. Формула Резерфорда. Атомное ядро и его

основные характеристики. Проблема стабильности атома.

7. Постулаты Бора. Линейчатый спектр атома водорода. Обобщенная формула Бальмера. Первый и второй постулаты Бора. Энергетическое соотношение неопределенностей. Естественная ширина спектральной линии.

8. Волновая функция, операторы физических величин, уравнение Шредингера. Волновая функция и ее общие свойства и физический смысл. Гамильтониан и уравнение Шредингера. Операторы координат, импульса, потенциальной кинетической энергии. Собственные функции и собственные значения. Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Движение частиц в потенциальной яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

9. Атом водорода. Уравнение Шредингера для стационарных состояний атома водорода. Волновые функции стационарных состояний атома водорода. Квантовые числа и их физический смысл. Пространственное распределение электронной плотности в стационарных состояниях атома водорода. Магнитные свойства атома водорода. Орбитальный магнитный момент электрона в атоме водорода. Опыты Штерна-Герлаха и Эйнштейна-де Газа. Собственный магнитный момент и спин. Квантование магнитного момента. Магнетон Бора. Полный механический и магнитный момент электрона. Спектроскопический фактор. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектра водорода.

10. Многоэлектронные атомы. Опыт Франка-Герца. Тождественность частиц. Бозоны и фермионы. Одноэлектронные стационарные состояния. Принцип Паули. Электронные слои и оболочки в многоэлектронном атоме.

11. Периодическая таблица химических элементов Менделеева. Периодический закон Менделеева. Электронные конфигурации основных состояний атомов химических элементов. Связь свойств химических элементов и электронных конфигураций их атомов. Сродство к электрону.

12. Атомные термы и оптические спектры атомов. Сложение моментов импульса для многоэлектронных атомов. Атомные термы и их обозначения. Правило Хунда. Спектр атома гелия. Ортогелий и парагелий. Спектральные серии щелочных металлов. Тонкая структура оптических спектров. Мультиплеты.

13. Рентгеновские лучи. Оптические и основные свойства. Исследования спектров рентгеновских лучей. Тормозное рентгеновское излучение. Коротковолновая граница непрерывного рентгеновского спектра. Характеристическое рентгеновское излучение и его основные серии. Закон Мозли. Тонкая структура характеристического рентгеновского излучения. Эффект Оже и рентгеновская флуоресценция.

14. Атомы во внешних электрическом и магнитном полях. Эффект Зеемана и триплет Лоренца. Квантовый анализ эффекта Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Эффект Штарка. Электронный парамагнитный резонанс. Автоионизация атома во внешнем электрическом поле.

15. Молекулы и химическая связь. Основные характеристики молекул. Ионная химическая связь. Электроотрицательность. Уравнение Шредингера для стационарных состояний молекул. Адиабатическое приближение. Ион молекулы водорода. Образование ковалентной химической связи. Метод молекулярных орбиталей. Молекулярные спин-орбитали и орбитали. Линейные комбинации атомных орбиталей. Применение метода МО ЛКАО для двухатомных гомоядерных молекул. Вариационный метод и молекулярные термы. Вариационный метод Ритца. Секулярное уравнение. Применение метода к двухатомным гетероядерным молекулам. Молекулярные термы двухатомной молекулы. Молекулярные спектры. Вращательные спектры. Колебательно-вращательные спектры. Принцип Франка-Кондона. Полосатые оптические спектры. Рентгеновские молекулярные спектры.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы и подготовку к зачетам и экзаменам. Оценочные

средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на практических занятиях, в процессе лекций, активность в обсуждении качественных вопросов.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Примеры задач. Полный перечень в ФОС.

Задача 1.1. При измерениях на масс-спектрометре Демстера с ускоряющей разностью потенциалов $U = 50$ кВ и магнитным полем $B = 5000$ гаусс была получена траектория с радиусом $R = 6,46$ см. Вычислить массу иона, полагая заряд равным элементарному.

Задача 1.2. Ускоряющая разность потенциалов в линейном ускорителе 2×10^6 вольт. Вычислить скорость электронов после ускорения, полагая начальную скорость близкой к нулю.

Задача 1.3. В опыте по пропусканию пучка ускоренных электронов через скрещенные электрическое и магнитное поля было обнаружено, что пучок не отклоняется при следующих значениях параметров:

ускоряющая разность потенциалов $U_0 = 300$ вольт,

индукция магнитного поля $B = 1,2 \times 10^{-3}$ тесла,

поперечная разность потенциалов $U^{\wedge} = 185$ вольт,

расстояние между пластинами конденсатора отклоняющей системы $d = 15$ мм.

Задача 1.4.

Оценить радиусы атомов магния, исходя из модели соприкасающихся шаров по известной плотности $\rho = 1,74$ г/см³, и молярной массе $m = 24,3$ г.

Задача 2.1.

Температура фотосферы Солнца $T \approx 5800$ °К. Оценить длину волны максимума спектра наблюдаемого излучения Солнца.

Задача 2.2.

Температура тела, которое можно полагать абсолютно черным, возросла со 100°С до 800°С. Во сколько раз увеличилась его энергетическая светимость?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Атомная гипотеза. Закон Дальтона.
2. Характеристики электронов и их измерение.
3. Масс-спектрометрия. Атомная единица массы.
4. Изотопы.
5. Размеры атомов и их измерение.
6. Характеристики равновесного теплового излучения.
7. Закон Кирхгофа.

8. Закон Стефана-Больцмана.
9. Закон Вина.
10. Формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа
11. Гипотеза и формула Планка для спектральной плотности теплового излучения.
12. Вакуумный фотоэффект и его свойства.
13. Фотонная теория и уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
14. Эффект Комптона. Импульс фотона. Комптоновская длина электрона.
15. Гипотеза де Бройля.
16. Эксперименты Девиссона-Джермера и Томсона-Тартаковского.
17. Дифракция атомов, молекул и нейтронов.
18. Статистическая интерпретация волн де Бройля.
19. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
20. Корпускулярно-волновой дуализм.
21. Рассеяние альфа-частиц на атомах тяжелых металлов.
22. Формула Резерфорда.
23. Атомное ядро и его основные характеристики.
24. Проблема стабильности атома в классической теории.
25. Линейчатый спектр атома водорода. Обобщенная формула Бальмера.
26. Первый и второй постулаты Бора.
27. Энергетическое соотношение неопределенностей.
28. Естественная ширина спектральной линии.
29. Волновая функция и ее общие свойства и физический смысл.
30. Гамильтониан и уравнение Шредингера.
31. Собственные функции и собственные значения.
32. Операторы координат, импульса, потенциальной и кинетической энергии.
33. Оператор момента импульса.
34. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
35. Движение частиц в потенциальной яме.
36. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
37. Уравнение Шредингера для стационарных состояний атома водорода.
38. Волновые функции стационарных состояний атома водорода.
39. Квантовые числа и их физический смысл.

40. Пространственное распределение электронной плотности в стационарных состояниях атома водорода.
41. Орбитальный магнитный момент электрона в атоме водорода.
42. Опыты Штерна-Герлаха и Эйнштейна-де Гааза
43. Собственный магнитный момент и спин.
44. Квантование магнитного момента. Магнетон Бора.
45. Полный механический и магнитный момент электрона.
46. Спектроскопический фактор.
47. Спин-орбитальное взаимодействие
48. Тонкая структура спектра водорода.
49. Опыт Франка-Герца.
50. Тождественность частиц. Бозоны и фермионы.
51. Одноэлектронные стационарные состояния.
52. Принцип Паули.
53. Электронные слои и оболочки в многоэлектронном атоме.
54. Электронные конфигурации основных состояний атомов химических элементов.
55. Связь свойств химических элементов и электронных конфигураций их атомов.
56. Сродство к электрону.
57. Сложение моментов импульса для многоэлектронных атомов.
58. Атомные термы многоэлектронных атомов.
59. Правило Хунда.
60. Спектр атома гелия. Ортогелий и парагелий.
61. Спектральные серии щелочных металлов.
62. Тонкая структура оптических спектров. Мультиплеты.
63. Основные свойства рентгеновских лучей.
64. принципы спектроскопии рентгеновских лучей.
65. Тормозное рентгеновское излучение. Коротковолновая граница непрерывного рентгеновского спектра.
66. Характеристическое рентгеновское излучение и его основные серии.
67. Закон Мозли.
68. Тонкая структура характеристического рентгеновского излучения.
69. Эффект Оже.
70. Методы возбуждения рентгеновского излучения.

71. Эффект Зеемана и его классическая теория.
72. Квантовый анализ эффекта Зеемана.
73. Эффект Пашена-Бака.
74. Эффект Штарка.
75. Электронный парамагнитный резонанс.
76. Автоионизация атома во внешнем электрическом поле.
77. Основные характеристики молекул.
78. Ионная химическая связь. Электроотрицательность.
79. Уравнение Шредингера для стационарных состояний молекул.
80. Адиабатическое приближение.
81. Ион молекулы водорода.
82. Образование ковалентной химической связи.
83. Молекулярные спин-орбитали и орбитали.
84. Линейные комбинации атомных орбиталей для двухатомных гомоядерных молекул.
85. Вариационный метод Ритца. Секулярное уравнение. Применение метода к двухатомным гетероядерным молекулам.
86. Молекулярные термы двухатомной гетероядерной молекулы.
87. Вращательные молекулярные спектры.
88. Колебательно-вращательные спектры молекул.
89. Принцип Франка-Кондона.
90. Полосатые оптические спектры. Диаграммы Фортра.
91. Рентгеновские молекулярные спектры.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Примеры задач. Полный перечень в ФОС.

Задача 1.5.

При измерениях на масс-спектрометре Демстера с ускоряющей разностью потенциалов $U = 10$ кВ и магнитным полем $B = 5000$ гаусс была получена траектория с радиусом $R = 11,52$ см. Вычислить массу иона в а.е.м., полагая заряд равным элементарному.

Задача 1.6.

При измерениях на масс-спектрометре Демстера с ускоряющей разностью потенциалов $U = 4500$ В и магнитным полем $B = 1000$ гаусс была получена траектория с радиусом $R = 9,7$ см. Вычислить массу иона в а.е.м., полагая заряд равным элементарному.

Задача 1.7.

Ускоряющая разность потенциалов в линейном ускорителе $U = 10000$ кВ. Вычислить скорость электронов после ускорения, полагая начальную скорость близкой к нулю.

Задача 1.8.

Оценить радиусы атомов никеля, исходя из модели соприкасающихся шаров по известной плотности $\rho = 8,91$ г/см³ и молярной массе $m = 58,7$ г.

Задача 1.9.

Оценить радиусы атомов висмута, исходя из модели соприкасающихся шаров по известной плотности $\rho = 9,78$ г/см³ и молярной массе $m = 209$ г.

Задача 1.10. Оценить количество молекул в 1 см^3 воздуха при нормальных условиях.

Задача 2.3. Температура центра Солнца по расчётам современной модели $T \approx 16$ млн. кельвин. Оценить длину волны максимума спектра излучения центра Солнца.

Задача 2.4. Нить лампы накаливания разогревается до температуры 2400°C . Вычислить длину волны максимума спектра излучения.

Задача 2.5. Вычислить длину волны максимума спектра излучения тугоплавкого металлического образца, нагретого до а) 100°C , б) 500°C , д) 3000°C .

Задача 2.6. Температура абсолютно черного тела увеличилась с 20°C до 500°C . Во сколько раз увеличилась его энергетическая светимость?

Задача 3.3.. Полагая спектр излучения Солнца близким к тепловому равновесному с температурой $\sim 6000^\circ\text{K}$, вычислить долю энергии, принадлежащей видимому диапазону.

Задача 3.4.. Температура поверхности звезды Вега $\sim 9600^\circ\text{K}$.

Полагая спектр излучения звезды близким к тепловому равновесному вычислить долю энергии, излучаемой в ультрафиолетовый диапазон с границами длин волн

от $\lambda = 10 \text{ нм}$ до $\lambda = 400 \text{ нм}$.

Задача 3.5.. Температура абсолютно черного тела возросла с 30°C до 1500°C . Во сколько раз увеличилась спектральная плотность излучения на длине волны

а) $\lambda = 10 \text{ нм}$; б) $\lambda = 1 \text{ см}$?

Задача 4.5. Ультрафиолетовое монохроматическое излучение с длиной волны $500 \text{ \AA}$ попадает на платиновую пластинку. Найти максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов и их скорость. Работа выхода для платины равна $5,32 \text{ эВ}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

Оценка	Критерии оценивания
	компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Фаддеев Михаил Андреевич. Лекции по атомной физике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям 010400 - физика и 010600 физика конденсир. состояния вещества и по направлению 510400 - физика. - М. : Физматлит, 2008. - 612 с. - ISBN 9785-94052-162-4 : 242.00., 97 экз.
2. Шпольский Эдуард Владимирович. Атомная физика : [учеб. пособие для вузов : в 2 т.]. Т. 1. Введение в атомную физику. - 7-е изд., испр. - М. : Наука, 1984. - 552 с. : ил. - 1.50., 50 экз.
3. Шпольский Эдуард Владимирович. Атомная физика : [учеб. пособие для вузов : в 2 т.]. Т. 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. - 5-е изд., перераб. - М. : Наука, 1984. - 438 с. : ил. - 1.20., 37 экз.
4. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов : в 5 т.]. [Т. 5]. Атомная и ядерная физика, ч. 2 : Ядерная физика. - М. : Наука, 1989. - 415 с. : ил. - ISBN 5-02-015053-8 (в пер.) : 1.30., 389 экз.
5. Фаддеев Михаил Андреевич. Элементарная обработка результатов эксперимента : учебное пособие / М. А. Фаддеев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 122 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849946&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Матвеев Алексей Николаевич. Квантовая механика и строение атома : [учеб. пособие для пед.

- вузов]. - М. : Высшая школа, 1965. - 355 с. : ил. - 0.74., 1 экз.
2. Матвеев Алексей Николаевич. Атомная физика : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1989. - 439 с. : ил. - ISBN 5-06-000056-7 : 1.40., 217 экз.
3. Берклеевский курс физики : [в 5 т.]. Т. 4. Квантовая физика / сост. Э. Вихман ; пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - 2-е изд., стер. - М. : Наука, 1977. - 415 с. : ил. - 1.27., 6 экз.
4. Краткий курс теоретической физики : [в 3 кн. : для физ. специальностей вузов]. Кн. 2. Квантовая механика / авт. т.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. - М. : Наука, 1972. - 368с. - С дарств. надписью авт. - 18.00., 9 экз.
5. Левич Вениамин Григорьевич. Курс теоретической физики : [для физ.-техн. вузов и фак.]. Т. 2. Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика / под ред. В. Г. Левича. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1971. - 936 с. : с черт. - 2.19., 58 экз.
6. Медведев Борис Валентинович. Начала теоретической физики : Механика, теория поля, элементы квантовой механики : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1977. - 496 с. : ил. - 1.36., 3 экз.
7. Поль Роберт Вихард. Оптика и атомная физика / пер. с нем. Н. М. Лозинской ; под ред. Н. А. Толстого. - М. : Наука, 1966. - 552 с. : ил. - 1.43., 3 экз.
8. Путилов Константин Анатольевич. Курс физики : [учеб. для вузов]. Т. 3. Оптика. Атомная физика. Ядерная физика. - М. : Физматгиз, 1960. - 634 с., 4 л. ил. : ил. - 1.46., 1 экз.
9. Собельман Игорь Ильич. Введение в теорию атомных спектров. - М. : Наука, 1977. - 319 с. : ил. - 1.50., 5 экз.
10. Савельев Игорь Владимирович. Курс общей физики : учеб. пособие для студентов вузов : [в 3 т.]. - Изд. 3-е, испр. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987-. Курс общей физики. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 1987. - Изд. 3-е, испр. - 317 с. : ил. - Предм. указ.: с. 314 - 317. - 0.85., 93 экз.
11. Савельев Игорь Владимирович. Основы теоретической физики. Ч. 2. Квантовая механика. - М. : Наука, 1977. - 351 с. : граф. - 0.80., 5 экз.
12. Фриш Сергей Эдуардович. Курс общей физики : [для гос. ун-тов]. Т. 3. Оптика. Атомная физика. - 7-е изд., испр. и доп. - М. ; Л. : Физматгиз, 1962. - 644 с. : ил. - 1.23., 3 экз.
13. Борн Макс. Атомная физика / пер. с англ. О. И. Завьялова и В. П. Павлова ; под ред. Б. В. Медведева ; предисл. Н. Н. Боголюбова. - Изд. 3-е. - М. : Мир, 1970. - 484 с., 6 л. ил. : черт. - 2.23., 5 экз.
14. Соколов Арсений Александрович. Квантовая механика и атомная физика : [учеб. пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов]. - М. : Просвещение, 1970. - 423 с., 1 отд. л. табл. : с черт. - 0.85., 1 экз.
15. Фриш Сергей Эдуардович. Оптические спектры атомов = Optical Atom Spectra : учеб. пособие. - Изд. 2-е, испр. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 656 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике / ред. совет: Ж. И. Алферов (пред.) [и др.]) (Лучшие классические учебники) (Учебники для вузов. Специальная литература) (Знание. Уверенность. Успех!). - ISBN 978-5-8114-1143-6 : 500.00., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной

программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Фаддеев Михаил Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.