

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра общей физики и дидактики физики



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ОБЩАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА (ФИЗИКА АТОМА И
АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ)**

Укрупненная группа направлений подготовки	44.00.00 Образование и педагогические науки
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Профили подготовки	Физика и Информатика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная, заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Общая и экспериментальная физика (Физика атома и атомных явлений)» для обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (Профили: Физика и Информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.02.2018 № 125 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

доцент

к.ф.-м.н., доцент



В. В. Коломенская

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей физики и дидактики физики.

Протокол от 26.03.2024 г. № 12

Заведующий кафедрой



А. В. Безус

СОГЛАСОВАНО:

И. о. декана физико-технического
факультета

28.03.2024 г.



А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического

факультета.

Протокол от 27.03.2024 г. № 2.

Председатель



В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,

кандидат физико-математических наук

26.03.2024 г.



А. В. Безус

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по физике и математике в объёме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата:

Элементарная физика;

Элементарная математика;

Общая и экспериментальная физика (Механика, Молекулярная физика. Термодинамика, Электричество и магнетизм, Оптика);

Общая и экспериментальная физика (Общий физический практикум);

Теоретическая физика (Теоретическая механика. Механика сплошных сред, Электродинамика);

Математический анализ;

Векторный и тензорный анализ;

Дифференциальные уравнения. Интегральные уравнения и вариационное исчисление;

Методы математической физики;

Теория вероятности и математическая статистика;

Методика решения задач по физике (Методика решения физических задач»).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Общая и экспериментальная физика (Физика атомного ядра и частиц);

Теоретическая физика (Квантовая механика, Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика);

Методика решения задач по физике (Методика решения физических задач);

Химия;

Проблемы современной физики;

История физики и техники в школьном курсе физики;

История развития физики и астрономии;

Методика и техника демонстрационного эксперимента;

Методика проведения лабораторных работ по физике;

Современные нанотехнологии;

Методика составления и решения олимпиадных задач;

Производственная: педагогическая практика по профилю 1;

Производственная: научно-исследовательская работа;

Производственная: преддипломная практика;

Подготовка и сдаче и сдача государственного экзамена;

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	44.03.05 Педагогическое образование (профиль: Физика и информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М7.5 Общая и экспериментальная физика (Физика атома и атомных явлений)
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контактная	всего	
Очная	3	5	51		34	59	144	экзамен
Заочная	3	5	8		8	128	144	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование системы знаний по общей классической (нерелятивистской) и квантовой физике, в частности, изучение явлений микромира, формирование новых закономерностей и пересмотр многих устоявшихся положений и понятий классической физики; концентрация внимания студентов на основных законах атомной физики таких, как статические особенности описания физических величин и их кантование, принцип Паули, соотношение неопределенностей Гейзенберга, эффект Зеемана; строение атомов и молекул; формирование умений использования математических методов в физике атома, умений качественно и количественно анализировать ситуации.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-8. Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	ОПК-8.9 Способен осваивать и применять знания по общей и экспериментальной физике, необходимые в преподавании физики на уровне основного, общего, среднего, среднего профессионального и дополнительного образования.	ОПК-8.9.1 Знает экспериментальные и теоретические основы, основные понятия, законы и модели физики атома и атомных явлений. ОПК-8.9.2 Умеет аргументированно применять физические модели и методы атомной физики при решении теоретических и прикладных задач.
	ОПК-8.10 Способен решать задачи разного вида (качественные, количественные, экспериментальные) и использовать их в преподавании физики в учебных заведениях разного вида.	ОПК-8.10.1 Знает структуру задач разного вида и разные подходы к решению задач. ОПК-8.10.2 Умеет правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, применять общие законы физики для решения конкретных задач в области атомной физики и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Введение в квантовую физику	
1. Квантовая природа электромагнитного излучения	1.1. Проблема теплового излучения. Фотоны. 1.2. Фотоэффект. 1.3. Тормозное рентгеновское излучение. 1.4. Эффект Комптона.
2. Полуклассическая теория атома	2.1. Модели атома Томсона и Резерфорда. 2.2. Количественная теория рассеяния Резерфорда. 2.3. Спектральные закономерности. Комбинационный принцип Ритца. 2.4. Постулаты Бора. 2.5. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора. Опыт Франка и Герца. 2.6. Теория Бора водородоподобного атома.
3. Волновые свойства частиц вещества	3.1. Волны де-Бройля. 3.2. Экспериментальное подтверждение гипотезы де-Бройля. Дифракция частиц. 3.3. Статистическая интерпретация волн де-Бройля. 3.4. Принцип неопределенности.
4. Элементы квантовой механики	4.1. Уравнение Шредингера и квантование. 4.2. Операторный метод. Коммутатор. 4.3. Моделирование потенциальных кривых для определения поведения микрочастиц. 4.4. Квантование энергии в случае одномерной прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной ямы. 4.5. Прохождение частиц сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект. 4.6. Квантовый гармонический осциллятор. 4.7. Свойства момента импульса частицы. 4.8. Собственные функции и собственные значения оператора проекции момента импульса. 4.9. Собственные функции и собственные значения оператора квадрата момента импульса.
Раздел 2. Физика атомов и молекул	
5. Атомы с одним внешним электроном.	5.1. Квантование энергии водородоподобного атома. 5.2. Основное состояние электрона в атоме водорода. Электронные орбитали. 5.3. Спектральные серии щелочных металлов.
6. Магнитные свойства атомов. Спин.	6.1. Магнетизм атомов. 6.2. Опыты Штерна и Герлаха. 6.3. Спин. 6.4. Тонкая структура спектральных термов как результат спин-орбитального взаимодействия. 6.4.1. Атомы с одним внешним электроном. 6.4.2. Многоэлектронные атомы. 6.5. Полный магнитный момент атома. 6.6. Эффект Зеемана.

7. Многоэлектронные атомы.	7.1. Принцип тождественности одинаковых частиц. 7.2. Принцип Паули. 7.3. Объяснение периодической системы элементов Д. И. Менделеева. 7.4. Основной терм атома. Правила Хунда. 7.5. Характеристические рентгеновские спектры.
8. Двухатомные молекулы.	8.1. Энергия молекулы. 8.2. Молекулярные спектры.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ конт	Всего
Раздел 1.					
1. Квантовая природа электромагнитного излучения	4		4	6	14
2. Полуклассическая теория атома	6		4	6	16
3. Волновые свойства частиц вещества	4		4	6	14
4. Элементы квантовой механики	12		6	12	30
Раздел 2.					
5. Атомы с одним внешним электроном	6		4	9	19
6. Магнитные свойства атомов. Спин	8		6	8	22
7. Многоэлектронные атомы	6		4	6	16
8. Физика молекул	5		2	6	13
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	51		34	59	144

6.2. Форма обучения – заочная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ конт	Всего
Раздел 1.					
1. Квантовая природа электромагнитного излучения	1		1	12	14
2. Полуклассическая теория атома	1		1	14	16
3. Волновые свойства частиц вещества	1		1	12	14
4. Элементы квантовой механики	1		1	28	30
Раздел 2.					
5. Атомы с одним внешним электроном	1		1	17	19
6. Магнитные свойства атомов. Спин	1		1	20	22
7. Многоэлектронные атомы	1		1	14	16
8. Физика молекул	1		1	11	13
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	8		8	128	144

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Возникновение квантовых представлений о природе света. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоны.
2. Фотоэффект. Формула Эйнштейна.
3. Тормозное рентгеновское излучение. Коротковолновая граница рентгеновского спектра.
4. Эффект Комптона. Комптоновское смещение.
5. Модели атома Томсона и Резерфорда.
6. Количественная теория рассеяния α -частиц Резерфорда.
7. Спектральные закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера. Комбинационный принцип Ритца.
8. Постулаты Бора. Пояснение комбинационного принципа Ритца.
9. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора. Опыт Франка и Герца. Резонансный потенциал. Энергия ионизации.
10. Теория Бора водородоподобного атома. Принцип соответствия.
11. Волновые свойства микрочастиц. Волны де-Бройля.
12. Экспериментальное подтверждение гипотезы де-Бройля. Опыт Девиссона и Джермера.
13. Статистическая интерпретация волн де-Бройля.
14. Принцип неопределенности. Примеры экспериментальной проверки неравенств Гейзенберга.
15. Уравнение Шредингера. Вероятностный смысл волновой функции.
16. Операторный метод. Элементы алгебры операторов. Оператор Гамильтона. Коммутативность операторов.
17. Моделирование потенциальных кривых для определения поведения микрочастиц. Потенциальный барьер. Потенциальная яма.
18. Квантование энергии в случае одномерной прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной ямы.
19. Потенциальный барьер. Туннельный эффект.
20. Квантовый гармонический осциллятор.
21. Свойства момента импульса частицы.
22. Собственные функции и собственные значения оператора проекции момента импульса. Магнитное квантовое число m .
23. Собственные функции и собственные значения оператора квадрата момента импульса. Орбитальное квантовое число l . Пространственное квантование.

Раздел 2

24. Квантование энергии водородоподобного атома. Главное квантовое число n . Кратность вырождения энергетических уровней атома.
25. Основное состояние электрона в атоме водорода. Электронные орбитали.
26. Спектральные серии щелочных металлов. Тонкая структура спектральных термов щелочных металлов.
27. Магнетизм атомов. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора.
28. Опыты Штерна и Герлаха по изучению магнитных свойств атома.
29. Спин. Спиновое квантовое число s .
30. Тонкая структура спектральных термов как результат спин-орбитального взаимодействия. Атомы с одним внешним электроном.
31. Тонкая структура термов многоэлектронных атомов. Связь Саундерса-Рассела.
32. Полный магнитный момент атома. Двойной магнетизм спина. Фактор Ланде.

33. Простой и сложный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака.
34. Принцип тождественности одинаковых частиц. Бозоны и фермионы.
35. Принцип Паули. Принцип симметрии и несимметрии волновой функции.
36. Объяснение периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Заполнение атомных оболочек электронами. Электронная конфигурация атома.
37. Определение основного терма атома. Правила Хунда.
38. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
39. Энергия молекулы. Ионная и ковалентная связь. Схема энергетических уровней двухатомной молекулы.
40. Молекулярные спектры. Вращательные полосы
41. Колебательно-вращательные полосы.
42. Электронно-колебательные полосы.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы (решение задач) по темам:

- Тепловое излучение.
- Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект.
- Эффект Комптона.
- Рассеяние частиц. Атом Резерфорда-Бора.
- Формула Бальмера. Спектры.
- Волны де-Бройля.
- Принцип неопределенности.
- Уравнение Шредингера.
- Уравнение Шредингера.
- Спектры одноэлектронных атомов.
- Спектры многоэлектронных атомов
- Магнетизм атомов.
- Эффект Зеемана.
- Электронная конфигурация атома. Правила Хунда.
- Характеристические рентгеновские спектры.
- Энергия молекулы. Молекулярные спектры.

Контрольные работы по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.
2. Тонкая структура спектральных термов как результат спин-орбитального взаимодействия. Атомы с одним внешним электроном.
3. Электрон с кинетической энергией $T \approx 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Форма обучения – очная, Семестр 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	25
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Экзамен		40
Общий итог за семестр		100

8.2. Форма обучения – заочная, Семестр 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	35
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Экзамен		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4-м учебном корпусе (г. Донецк, пр. Театральный, д. 13). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры общей физики и дидактики физики (ауд. 220).

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М.: Физматлит, 2020 – Т. 5: Атомная и ядерная физика. – 784 с. – Текст: электронный.
2. Атомная физика / А. М. Попов, О. В. Тихонова. – М.: Книга по требованию. – 2019. – 364 с. – Текст: электронный.
3. Иродов И. Е. Задачи по общей физике: учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов. – Санкт–Петербург: Лань, 2021. – 420 с. // ЭБС Лань: сайт. – Текст: электронный.
4. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / И. Е. Иродов. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 261 с. – Текст: электронный.
5. Браун А. Г. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум: Учебное пособие / А. Г. Браун, И. Г. Левитина. – М.: Инфра–М, 2019. – 352 с. – Текст: электронный.
6. Савельев, И. В. Курс общей физики: учебное пособие: в 3 томах / И. В. Савельев. – Санкт–Петербург: Лань, 2022. – Том 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 2022. – 320 с. – Текст: электронный.
7. Коломенская В. В. Лекции по атомной физике / В. В. Коломенская. – Донецк: ДонНУ, 2020. – 108 с. – Текст: непосредственный.
8. Коломенская В. В. Методические указания к решению задач по курсу «Физика атома и атомных явлений» (для студентов физико–технического факультета) / В. В. Коломенская. – Донецк: ДонНУ, 2023. – 55 с. – Текст: электронный.

11.2. Дополнительная литература

9. Шпольский Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 т. / Э. В. Шпольский. – Санкт–Петербург: Лань, 2010. – Т. 1: Введение в атомную физику. – 560 с. // ЭБС Лань: сайт. – Текст: электронный.
10. Шпольский Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 т. / Э. В. Шпольский. – Санкт–Петербург: Лань, 2010. – Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. – 448 с. // ЭБС Лань: сайт. – Текст: электронный.
11. Попов А.М. Лекции по атомной физике / А.М. Попов, О. В. Тихонова. – М.: МГУ, 2007. – 355 с. – Текст: непосредственный.
12. Фриш С.Э. Курс общей физики: в 3 т. / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. – СПб.: Лань, 2007. – Т. 3: Оптика. Атомная физика. – 648 с. – Текст: непосредственный.
13. Матвеев А. Н. Атомная физика: учеб. пособие для физ. специальностей вузов / А. Н. Матвеев. – М.: Высш. шк., 1989. – 439 с. – Текст: непосредственный.
14. Калашников Н. П. Физика: Основы колебательных и волновых процессов, оптики и квантовой физики / Н.П. Калашников, В.К. Тихонов; Моск. гос. индустр. ун–т. – М.: Моск. гос. индустр. ун–т, 2005. – 158 с. – Текст: непосредственный.

15. Иоффе Б.Л. История науки: атомные проекты: монография для вузов / Б.Л. Иоффе. – М.: Юрайт, 2018. – 206 с. – Текст: электронный.
16. Борн, М. Атомная физика / М. Борн; под ред. Б. В. Медведева. – Москва: Мир, 1967. – 493 с. – Текст: непосредственный.
17. Шрёдингер Э. Популярные лекции / Э. Дингер. – Санкт-Петербург: Страта, 2021. – 222 с. – Текст: электронный.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).