

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

АТОМНАЯ ФИЗИКА


Направление подготовки 03.03.02–Физика


Направленность: Физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр


Кострома

Рабочая программа дисциплины «Атомная физика» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2014 г.


Разработал: 
подпись Мухачёва Татьяна Леонидовна, ст. преп. кафедры общей и теоретической физики, к.т.н.

Рецензент: 
подпись Белкин Павел Николаевич, профессор кафедры общей и теоретической физики, д.т.н., профессор


УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 15 от 29 июня 2017 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент


ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 12 от 28 июня 2018 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 10 от 20 мая 2019 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 10 от 7 мая 2020 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания кафедры № 5 от 14 января 2021 г.

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью данного курса является подготовка бакалавров физики к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских или проектных бюро, на предприятиях путем формирования соответствующих компетенций.

В результате изучения учебной дисциплины «Атомная физика» у обучаемых должны сформироваться общепрофессиональные компетенции:

– способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

– способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);

Задачи дисциплины:

– сформировать знания об основных экспериментальных фактах, лежащих в основе квантовых представлений, важнейших законах и теоретических моделях современной физики атомов и молекул.

– развить умения использовать математический аппарат квантовой механики для объяснения свойств атомов и молекул.

– отработать навыки решения задач по физике атомов, молекул и квантовой механике.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать

– базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в частности основные понятия современной физики атомных явлений, философские проблемы взаимосвязи классической и квантовой физики; физический смысл квантовых законов; базовые эксперименты, которые привели к созданию квантовой теории; основные законы движения объектов микромира; спектральные закономерности в излучении атомов и молекул; границы применимости классических и квантовых законов; основные физические величины для описания микромира и единицы их измерения; методы квантового описания законов движения объектов микромира;

– методы решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности, в частности основные литературные источники, в том числе интернет-ресурсы, отражающие состояние изученности проблем атомной физики;

уметь

– использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в частности интерпретировать экспериментальные и теоретические данные, относящиеся к физике атомных явлений, объяснять их содержание в процессе профессиональной коммуникации; проводить статистическую оценку достоверности и значимости экспериментальных данных;

– решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной

безопасности, в частности самостоятельно разработать стратегию поиска необходимой научной информации, а также индивидуальный план освоения дополнительного материала;

владеть

– базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в частности математическими методами обработки данных, относящихся к физике атомных явлений.

– методами решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности, в частности навыками добиваться решения физических задач до получения правильного ответа; методами численных оценок физических величин атомарного масштаба;

освоить компетенции:

– способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

– способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Атомная физика» изучается в пятом семестре и является базовой дисциплиной блока Б1 образовательной программы подготовки бакалавров физики. Курс базируется на предыдущих разделах общей физики и начинается с изучения законов квантовой оптики. Дальнейшее содержание курса включает в себя экспериментальные сведения о строении атома, основы квантово-механических представлений о строении атома, основы описания одноэлектронных и многоэлектронных атомов, электромагнитные переходы в атомах, введение в спектральный анализ (в том числе рентгеновские спектры), поведение атома в поле внешних сил, основные сведения о молекулах и макроскопических квантовых явлениях.

Перед изучением дисциплины «Атомная физика» обучающийся должен иметь четкие представления об основных понятиях и законах механики, молекулярно-кинетической теории строения вещества, теории электрических и магнитных явлений, оптики, уметь использовать соответствующие уравнения и законы в различных физических моделях. Требуемые знания, умения и навыки формируются в рамках ранее изучаемых дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Общий физический практикум», «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения».

Изучаемые в рамках дисциплины «Атомная физика» понятия и законы квантовой физики лежат в основе современной физики, поэтому освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для последующих курсов «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Квантовая теория» и «Общий физический практикум».

Формирование общепрофессиональных компетенций ОПК-3 и ОПК-6 происходит также на других базовых дисциплинах блока Б1 образовательной программы подготовки бакалавров физики, раскрывая единство и взаимосвязь базовых курсов общей и теоретической физики.

4. Объем дисциплины (модуля)

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	5
Общая трудоемкость в часах	180
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	72
Лекции	36
Практические занятия	36
Лабораторные занятия	–
Самостоятельная работа в часах	72
Форма промежуточной аттестации	Экзамен 5 семестр

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	36
Практические занятия	36
Лабораторные занятий	–
Консультации	3,8
Зачет/зачеты	–
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	–
Курсовые проекты	–
Всего	76,15

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Введение Волны и квант	0,39/14	4	4	–	6
2	Частицы и волны	0,28/10	2	4	–	4
3	Основные экспериментальные данные о строении атома	0,44/16	4	4	–	8
4	Основы квантовых представлений о строении атома	0,50/18	4	4	–	10
5	Одноэлектронный атом	0,40/14	4	4	–	6
6	Многочастицинные атомы	0,50/18	4	4	–	10

7	Электромагнитные переходы в атомах	0,33/12	4	2	–	6
8	Рентгеновские спектры	0,22/8	2	2	–	4
9	Атом в поле внешних сил	0,44/16	4	4	–	8
10	Молекула	0,22/8	2	2	–	4
11	Макроскопические квантовые явления	0,28/10	2	2	–	6
	Экзамен	1/36				
	Итого:	5/180	36	36	–	72

5.2. Содержание:

ВВЕДЕНИЕ. ТЕМА 1. Волны и кванты.

Особенности физики микромира. Масштабы физических величин. Невозможность описания явлений микромира в рамках классической теории.

Понятие светового кванта. Гипотеза Планка. Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоэффект. опыты Герца и Столетова. Закон Эйнштейна. Рассеяние электромагнитного излучения на свободных зарядах. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Особенности тормозного рентгеновского спектра. Подтверждение корпускулярных свойств излучения в опытах Иоффе-Добронравова, Боте-Гейгера и Вавилова.

ТЕМА 2. Частицы и волны.

Гипотеза де Бройля. Свойства волн де Бройля. опыты Девиссона-Джермера и Томсона. Явление Рамзауэра. Физический смысл волн де Бройля и волновой функции. Понятие квантового ансамбля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

ТЕМА 3. Основные экспериментальные данные о строении атома.

Модель атома Томсона. опыты Резерфорда и выбор модели атома. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов. Серийные закономерности в спектре атома водорода. Модель атома Бора. Постулаты Бора. Принцип соответствия. Экспериментальное доказательство дискретной структуры энергетических уровней атома. опыты Франка и Герца. Ограниченность модели Бора.

ТЕМА 4. Основы квантовых представлений о строении атома.

Квантовая система и измеряемые параметры. Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Плотность вероятности. Простейшие одномерные задачи. Дискретный спектр и континуум. Краткие сведения об операторном методе. Момент импульса частицы. Квантовые числа.

ТЕМА 5. Одноэлектронный атом.

Квантово-механическое описание атома водорода. Вырождение энергетических уровней. Магнитный момент атома. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора. опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Спин фотона. Невозможность классического истолкования спина. Принцип Паули. Бозоны и фермионы. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура уровней атома водорода.

ТЕМА 6. Многоэлектронные атомы.

Принципы описания многоэлектронного атома. Полный механический момент атома. Нормальная связь и ($\mathbf{j}-\mathbf{j}$)- связь. Понятия электронного слоя и оболочки. Электронная конфигурация атома. Периодическая система элементов. Основные термы атомов. Эмпирические правила Хунда.

ТЕМА 7. Электромагнитные переходы в атомах.

Правила отбора при излучении и поглощении света. Модельный метод векторных диаграмм. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные серии. Общие представления об оптических переходах в многоэлектронном атоме. Правило Лапорта.

Индукцированное излучение. Вероятность перехода. Понятие о квантовой теории электромагнитного поля. Электромагнитный вакуум. Фотоны. Естественная ширина спектральной линии. Лэмбовский сдвиг. Опыт Лэмба и Ризерфорда. Рэлеевское и комбинационное рассеяние света. Многофотонные процессы.

ТЕМА 8. Рентгеновские спектры.

Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже. Основы рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализа.

ТЕМА 9. Атом в поле внешних сил.

Атом в магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Аномальный магнитный момент электрона. Атом в электрическом поле, эффект Штарка.

ТЕМА 10. Молекула.

Природа химической связи. Ковалентная и ионная связи. Валентность. Обменное взаимодействие. Адиабатическое приближение. Параводород и ортоводород. Спектры молекул. Колебательные и вращательные квантовые числа. Принцип Франка - Кондона. Предиссоциация. Люминесценция. Флуоресценция. Фосфоресценция.

ТЕМА 11. Макроскопические квантовые явления.

Сверхтекучесть – основные экспериментальные факты. Макроскопические проявления сверхтекучести. Понятие о теории сверхтекучести. Сверхпроводимость – основные экспериментальные факты. Сверхпроводники I и II рода. Основные понятия теории сверхпроводимости.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению

дисциплины

С дисциплины «Атомная физика» в 5 семестре начинается знакомство студента с квантовой физикой и современной физикой в целом. Данный курс формирует в сознании студента современную физическую картину мира, систему фундаментальных идей, понятий и законов при переходе от макро- к микромиру. Изучение физики микромира – это намного сложнее, чем изучение классической физики. В классической физике, изучаемой в 1-4 семестрах, есть опора на наглядные образы. В физике микромира классические наглядные образы неадекватны, и студенту предстоит либо от них отказаться, либо сформировать новые абстрактные образы. Именно в этом основная сложность изучения квантовой физики. В квантовой физике гораздо проще научиться вычислять, чем понять, как все это в микромире происходит. Но это не значит, что понимание в принципе невозможно. Просто понимание должно стать другим.

По данной дисциплине читаются лекции, на которых излагается основной теоретический материал, и проводятся практические занятия для органичного совмещения в курсе изложения принципов теории и эксперимента с практикой решения задач. Вначале на лекциях излагается теория соответствующего вопроса с иллюстрацией на конкретных примерах, приводятся результаты наблюдений и эксперимента. На семинарах дается разбор ряда задач и показывается как следует подходить к их решению. Задачи тесно связаны с материалом лекций, часто являются его развитием и дополнением, поэтому работа над ними должна проводиться параллельно с изучением основного лекционного материала. Кроме того, предлагаемый набор задач должен дать возможность студенту дополнительно обдумать ряд важных вопросов и помочь представить большой диапазон приложения изучаемых идей и теорий.

Материал лекций сконцентрирован на основных законах квантовой физики и, в частности, на вопросах трудных для понимания и восприятия. Для краткости, доступности, но вместе с тем корректности материал лекций освобожден насколько это возможно от излишней

математизации и формализма.

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Введение. Волны и кванты	Изучение литературы, решение задач	6	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3] из списка основной литературы и [4] из списка дополнительной литературы	Устный опрос
2	Частицы и волны	Изучение литературы, решение задач	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3] из списка основной литературы и [4] из списка дополнительной литературы	Контрольная работа
3	Основные экспериментальные данные о строении атома	Изучение литературы, решение задач	8	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3] из списка основной литературы	Контрольная работа
4	Основы квантовых представлений о строении атома	Изучение литературы, решение задач	10	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3] из списка основной литературы	Контрольная работа
5	Одноэлектронный атом	Изучение литературы,	6	В качестве литературных	Письменный опрос

		решение задач		источников предпочтительнее использовать [1] и [3]из списка основной литературы	
6	Многоэлектронные атомы	Изучение литературы, решение задач	10	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3]из списка основной литературы	Письменный опрос
7	Электромагнитные переходы в атомах	Изучение литературы, решение задач	6	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3]из списка основной литературы	Контрольная работа
8	Рентгеновские спектры	Изучение литературы, решение задач	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3]из списка основной литературы и [4] из списка дополнительной литературы	Письменный опрос
9	Атом в поле внешних сил	Изучение литературы, решение задач	8	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3]из списка основной литературы	Письменный опрос
10	Молекула	Изучение литературы, решение задач	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3]из списка основной	Письменный опрос

				литературы	
11	Макроскопические квантовые явления	Изучение литературы, решение задач	6	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1] и [3] из списка основной литературы	Письменный опрос

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Формой отчетности по данной дисциплине является экзамен. Необходимые условия допуска к экзамену:

- 1) Наличие полного конспекта лекций
- 2) Выполнение всех контрольных работ с положительным результатом

В качестве основного учебного пособия по данной дисциплине выступает задачник Иродова И.Е. «Задачи по общей физике». На занятиях целесообразно решать задачи со сложным анализом физической ситуации, так как в данном случае преподаватель может различными методическими приемами подвести студентов к построению правильной физической картины рассматриваемого явления. Однако, при решении даже сложных задач необходимо акцентировать внимание учащихся на самых простых элементах физического анализа. Полезно на качественном уровне обсудить возможные варианты изменения исходных данных.

Так как в задачнике И.Е. Иродова не все темы представлены одинаково полно, используются также отдельные задачи из других сборников, в частности, из сборников задач И.В.Савельева, Д.И. Сахарова, Е.М. Гершензона и В.С. Волькенштейн.

Ниже приведены примерные планы семинарских занятий. Там, где это не указано отдельно, номера задач даны по задачнику И.Е. Иродова «Задачи по общей физике».

Содержание практических занятий

ТЕМА 1. Волны и кванты.

Тема для обсуждения: Квантовые явления в оптике

Задачи, решаемые на занятиях: 5.1, 5.5, 5.19, 5.25, 5.26, 5.28, 5.14-5.17

Задания для самостоятельной работы: 5.8, 5.12, 5.29-5.34

ТЕМА 2. Частицы и волны.

Темы для обсуждения: Корпускулярно-волновой дуализм. Физический смысл волн де Бройля. Физический смысл соотношения неопределенностей.

Задачи, решаемые на семинарах: 5.87-5.89, 5.91, 5.96-5.98

Задания для самостоятельной работы: 5.86, 5.90, 5.92, 5.99-5.101, 5.105-5.108, 5.102, 5.110

ТЕМА 3. Основные экспериментальные данные о строении атома.

Тема для обсуждения: Особенности теории Бора

Задачи, решаемые на семинарах: 5.42, Сахаров-40.16, Гершензон-4.41, Волькенштейн-19.37, 5.79, 5.112

Задания для самостоятельной работы: 5.57, 5.58, 5.74, 5.76

ТЕМА 4. Основы квантовых представлений о строении атома.

Тема для обсуждения: Физический смысл волновой функции

Задачи, решаемые на семинарах: 5.116-5.118, 5.124, 5.125

Задания для самостоятельной работы: 5.119, 5.120, 5.155, 5.156, 5.141

ТЕМА 5. Одноэлектронный атом.

Тема для обсуждения: Квантовое описание атома водорода
 Задачи, решаемые на семинарах: 5.120, 5.143(а)
 Задание для самостоятельной работы: 5.143(б), 5.145
 ТЕМА 6. Многоэлектронные атомы.
 Тема для обсуждения: Принцип Паули. Понятие спина.
 Задачи, решаемые на семинарах: 5.158, 5.159, 5.164-5.166
 Задания для самостоятельной работы: 5.167-5.172
 ТЕМА 7. Электромагнитные переходы в атомах.
 Тема для обсуждения: Физический смысл термина. Периодические свойства элементов.
 Задачи, решаемые на семинарах: 5.173-5.175, 5.185, 5.186
 Задания для самостоятельной работы: 5.178-5.181, 5.198-5.201
 ТЕМА 8. Рентгеновские спектры.
 Тема для обсуждения: Характеристические рентгеновские спектры
 Задачи, решаемые на семинарах: 5.55-5.58
 Задания для самостоятельной работы: 5.59-5.62
 ТЕМА 9. Атом в поле внешних сил.
 Тема для обсуждения: Простой и сложный эффекты Зеемана.
 Задачи, решаемые на семинарах: 5.207-5.209
 Задания для самостоятельной работы: 5.210-5.213
 ТЕМА 10. Молекула.
 Тема для обсуждения: Особенности молекулярных спектров
 Задачи, решаемые на семинарах: 5.224-5.227
 Задания для самостоятельной работы: 5.228-5.231
 ТЕМА 11. Макроскопические квантовые явления.
 Тема для обсуждения: Виды и особенности макроскопических квантовых явлений
 Задачи, решаемые на семинарах: Савельев-6.179-6.183
 Задания для самостоятельной работы: Савельев-6.184(а, б, в), 6.185

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 2-е изд., стереот. - Москва : Физматлит, 2002. - Т. 5. Атомная и ядерная физика. - 783 с. - ISBN 5-9221-0230-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991> (11.11.2018).
2. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев ; под ред. Л.Л. Енковского. - Изд. 3-е, доп., перераб. - Москва : Наука, 1970. - Т. 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. - 527 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483316> (11.11.2018).
3. Иродов И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие. - 3-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2001. - 416 с.

б) дополнительная

1. Матышев, А.А. Атомная физика : учебное пособие : в 2-х т. / А.А. Матышев. - Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2014. - Т. 1. - 531 с. : схем., ил., табл. - (Физика в технических университетах). - ISBN 978-5-7422-4209-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362983> (11.11.2018).
2. Матышев, А.А. Атомная физика : учебное пособие : в 2-х т. / А.А. Матышев. - Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2014. - Т. 2. - 344 с. : схем., ил., табл. - (Физика в технических университетах). - ISBN 978-5-7422-4209-3 ; То же

[Электронный ресурс]. -
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362984> (11.11.2018).

3. Сборник задач по общему курсу физики : в 5-х т. / В.Л. Гинзбург, Л.М. Левин, М.С. Рабинович, Д.В. Сивухин ; ред. Д.В. Сивухина. - 5-е изд., стереотип. - Москва : Физматлит, 2006. - Кн. 5. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц. - 184 с. - ISBN 5-9221-0606-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75704> (11.11.2018).

4. Фриш, С.Э. Курс общей физики / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - 6-е изд., стереотип. - Москва : Гос. изд-во физико-математической лит., 1962. - Т. 3. Оптика. Атомная физика. - 608 с. - ISBN 978-5-4458-4371-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213673> (11.11.2018).

5. Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. Физический практикум. Атомная физика. – Кострома, Изд-во КГУ им. Н.А. Некрасова, 2001. – 58 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Znaniium»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория для лекций:

Корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, ноутбук и проектор. Специализированное демонстрационное оборудование: скамья Жуковского, гироскоп с горизонтальной осью, гироскоп с вертикальной осью, китайский волчок, вращение катушки, модель продольных и поперечных волн.

Аудитория для практических занятий:

Корпус Е, № 212, количество посадочных мест – 24.

Аудитории для самостоятельной работы:

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМOffice ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCADEducation договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.