

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет



Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Т.А. Хагуров

2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.Б.08.05 ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность Фундаментальная физика

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация выпускника бакалавр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Физическая кинетика» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки по направлению подготовки 03.03.02 Физика

Программу составил:

А.В. Скачедуб, доцент кафедры теоретической физики и компьютерных технологий,  
к. физ.-мат. наук



подпись

Рабочая программа дисциплины «Физическая кинетика» утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

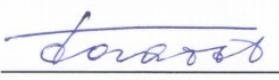
протокол № 10 от «16» апреля 2020 г.  
Заведующий кафедрой (разработчик) В.А. Исаев



подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики и информационных систем

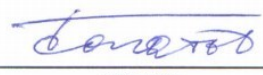
протокол № 13 от «20» апреля 2020 г.  
Заведующий кафедрой (выпускающей) Н.М. Богатов



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 9 от «20» апреля 2020 г.  
Председатель УМК факультета Н.М. Богатов



подпись

Рецензенты:

Г.Ф. Копытов, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой радиофизики и нанотехнологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»

Половодов Ю.А., к. пед. н., генеральный директор ООО «КПК»

# 1 Цели и задачи изучения дисциплины

## 1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физическая кинетика» является ознакомление с основными идеями и предпосылками, лежащими в основе описания случайных процессов, протекающих в природе в реальных условиях и в реальных системах, имеющих, как правило, бесконечное число степеней свободы при наличии активного воздействия внешней среды.

## 1.2 Задачи дисциплины

Основной задачей рассматриваемой учебной дисциплины является изучение макроскопических характеристик равновесных и неравновесных макроскопических систем на основе их феноменологического (термодинамического) и модельного (статистического) описания для осознанного воздействия на них выпускниками бакалавриата в их в будущей профессиональной деятельности.

## 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть

1.	ОПК-3	Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	основные понятия, методы и уравнения макроскопической физики, и вытекающие из этих уравнений основные закономерности поведения систем, состоящих из большого числа объектов.	применять основные законы макроскопической физики при решении практических задач в своей будущей профессиональной деятельности.	технологией построения математических моделей физических процессов и умением интерпретировать полученные решения при рассмотрении конкретных
----	-------	--	--	---	--

Дисциплина «Физическая кинетика» относится к базовой части Блока 1 "Дисциплины (модуль теоретическая физика)" учебного плана и является завершающим разделом курса теоретической физики в системе подготовки бакалавров по направлениям подготовки 03.03.02 Физика «Фундаментальная физика». Для успешного изучения дисциплины «Физическая кинетика» завершает цикл физических дисциплин и предполагает знание основ классической механики, теории поля, нерелятивистской квантовой механики, термодинамики и статистической физики, а также основ всех разделов высшей математики. Таким образом, для освоения данной дисциплины студент должен обладать знаниями по следующим дисциплинам: «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Термодинамика и статистическая физика». Знания, получаемые при изучении дисциплины «Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика», необходимы для выполнения квалификационной работы, дальнейшей производственной деятельности и являются базовыми при изучении всех учебных дисциплин естественнонаучного цикла в магистратуре и в аспирантуре.

#### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение учебной дисциплины «Физическая кинетика» направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональной компетенций: ОПК-3, ПК-3.

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
2.	ПК-3	Готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований.	основополагающие принципы, понятия и гипотезы, лежащие в основе кинетических уравнений; приближения, заложенные при выводе соответствующих уравнений.	адекватно сопоставлять данный конкретный случайный процесс способу его описания (выбор уравнения).	физических процессов и явлений.  методами решения соответствующих уравнений в требуемом приближении.

## 2 Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		8			
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>46,2</b>	<b>46,2</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	44	44			
Занятия лекционного типа	20	20			
Лабораторные занятия	-	-			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	22	22			
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>27,8</b>	<b>27,8</b>			
<i>Курсовая работа</i>	-	-			
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	17,8	17,8			
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	-	-			
<i>Реферат</i>	-	-			
Подготовка к текущему контролю	10	10			
<b>Контроль:</b>	-	-			

Подготовка к экзамену		-	-			
Общая трудоемкость	час.	72	72			
	в том числе контактная работа	44,2	44,2			
	зач. ед.	2	2			

## 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Основные разделы дисциплины:

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в физическую кинетику: теория флуктуаций, корреляций и броуновское движение	6	2	-	-	4
2.	Основы линейной неравновесной термодинамики	19,8	4	8	-	7,8
3.	Методы неравновесной термодинамики	18	4	8	-	6
4.	Кинетические уравнения	18	6	6	-	6
5.	Заключение: современное состояние неравновесной термодинамики	8	4	-	-	4
	<i>Итого по дисциплине:</i>	69,8	20	22	-	27,8

## 2.3 Содержание разделов дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2		4

1.	Введение в физическую кинетику: теория флуктуаций, корреляций и броуновское движение	Задача о «случайных блужданиях» в одномерном случае. Распределение Бернулли. Переход к непрерывным переменным (времякоордината). Предельный случай больших времен и малых отклонений от начальной точки в задаче о случайных блужданиях в одномерном случае. Распределение Гаусса. Вычисление коэффициента диффузии, его физический смысл. Случайные блуждания в 3-мерном пространстве. Теорема Маркова. Связь между Фурье-образом плотности вероятности попадания после $N$ шагов в точку $R$ и плотностями вероятности случайных перемещений на один шаг.	Ответы на контрольные вопросы (КВ) / решение задач (РЗ)
2.	Основы линейной неравновесной термодинамики	Термодинамическое описание неравновесной системы. Принцип локального равновесия. Принцип линейной связи между потоками и термодинамическими силами. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.	КВ / РЗ
3.	Методы неравновесной термодинамики	Термодинамическая теория возмущений. Вариационный принцип Боголюбова. Метод Боголюбова.	КВ / РЗ
4.	Кинетические уравнения	Уравнение Смолуховского. Уравнение Эйнштейна-Фоккера-Планка и его простейшие применения. Уравнение кинетического баланса. Спектральные представления в теории случайных процессов. Временные корреляционные функции. Тепловые шумы и обобщенная теорема Найквиста. Кинетическое уравнение Больцмана. Теорема Больцмана. Микроскопическая обратимость и макроскопическая необратимость. Столкновения в плазме, интегралы столкновений, кинетические коэффициенты.	КВ / РЗ
5.	Заключение: современное состояние неравновесной термодинамики	Самоорганизация в открытых системах. Переход ламинарного течения в турбулентное. Ячейки Бенара. Временная и пространственная когерентность в химических реакциях. Диссипативные структуры.	КВ / РЗ

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№ раздела	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение в физическую кинетику: теория флуктуаций, корреляций и броуновское движение	Флуктуации и предел чувствительности измерительных приборов. Флуктуации и корреляции основных термодинамических величин.	Опрос Решение задач
2.	Основы линейной неравновесной термодинамики	Локальное равновесие. Кинетические коэффициенты Онсагера. Решение уравнения Фоккера-Планка.	Опрос Решение задач
3.	Методы неравновесной термодинамики	Вариационный принцип Боголюбова. Метод Боголюбова.	Опрос Решение задач
4.	Кинетические уравнения	Уравнение кинетического баланса: уравнение Больцмана к неравновесным системам, уравнение Власова, уравнение кинетического баланса.	Опрос Решение задач

### 2.3.3 Лабораторные занятия

Лабораторные работы по данному курсу не предусмотрены.

**2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)** Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Введение в предмет термодинамики	1. Румер, Юрий Борисович. Термодинамика, статистическая физика и кинетика: учебное пособие для студентов физ. специальностей вузов. - 3-е изд., стер. - Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета: Сибирское университетское изд-во, 2001. - 608 с. - ISBN 5761505112. 2. Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики: учебное пособие для студентов физ. специальностей вузов: [в 5 т.]. Т. 2: Термодинамика и молекулярная и физика / Д. В. Сивухин. - Изд. 5-е, испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 543 с.: ил. - ISBN 5922106015.
2.	Равновесная термодинамика	
3.	Равновесная статистическая физика	



4.	Основы неравновесной термодинамики	3. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика: учебное пособие для студентов вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. - 4-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2005. - 261 с. - Библиогр.: с. 255-256. - ISBN 5060043444.
5.	Заключение	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом, – в форме электронного документа, Для лиц с нарушениями слуха:
- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3 Образовательные технологии

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, разбор конкретных ситуаций, творческие задания, мозговой штурм.

Большая часть лекций и практические занятия проводятся с использованием доски и справочных материалов. Для проведения меньшей части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержания, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемой профессии, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же формировании профессиональных компетенций. Используются программы моделирования физических процессов в физической кинетике и программы онлайн-контроля знаний студентов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения).

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину лектором материалами в виде электронного комплекса сопровождения, включающего в себя: электронные конспекты лекций; электронные варианты учебно-методических пособий.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- изучение и закрепление нового материала (использование вопросов, Сократический диалог);
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем («Займи позицию (шкала мнений)», проективные техники, «Один – вдвоем – все вместе», «Смени позицию», «Дискуссия в стиле телевизионного ток-шоу», дебаты, симпозиум);
- разрешение проблем («Дерево решений», «Мозговой штурм», «Анализ казусов»);
- творческие задания;
- работа в малых группах;
- технология компьютерного моделирования численных расчетов.

Проведение всех занятий лабораторного практикума предусмотрено в классе снабженном всем необходимым оборудованием и компьютерами для эффективного выполнения соответствующих лабораторных работ.

По итогам выполнения каждого практического задания студент предоставляет и объясняет проведенные расчёты, причем в беседе с преподавателем должен продемонстрировать знание как теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе, так и необходимых для глубокого понимания материала.

Дополнительная форма контроля эффективности усвоения материала и приобретения практических навыков заключается в открытой интерактивной форме на устном выступлении перед аудиторией сокурсников.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и путем подготовки докладов;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля**

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств входного контроля знаний (по ранее изученным дисциплинам), текущего контроля выполнения заданий (см. список практических работ), средств для промежуточной (тесты) и итоговой аттестации (экзамена):

Оценка успеваемости осуществляется по результатам:

- самостоятельного выполнения домашних заданий и ДСР;
- устного опроса во время семинарских занятий;
- качества выполненного индивидуального семестрового задания и устного опроса при его защите;
- работы студента во время коллоквиума;
- контрольных работ и кратковременных фронтальных тестов;
- ответа на экзамене (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины).

##### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

1. Задача о «случайных блужданиях» в одномерном случае. Распределение Бернулли. Переход к непрерывным переменным (время-координата).
2. Вывод уравнения Больцмана для разреженного газа.
3. Предельный случай больших времен и малых отклонений от начальной точки в задаче о случайных блужданиях в одномерном случае. Вычисление коэффициента диффузии, его физический смысл.
4. Точное односкоростное уравнение переноса нейтронов (фазовая плотность и фазовый поток, индикатриса рассеяния, вывод линеаризованного уравнения Больцмана). Граничные условия для раздела двух сред и границы среда – вакуум.
5. Случайные блуждания в 3-мерном пространстве. Теорема Маркова. Связь между Фурье - образом плотности вероятности попадания после  $N$  шагов в точку  $R$  и плотностями вероятности случайных перемещений на один шаг.

6. Понятие о совместной плотности вероятности  $W_n$  порядка  $n$ . Ее положительная определенность. Условие согласованности с плотностями вероятности низших порядков. Понятие плотности вероятности перехода от одного значения случайной величины к другому значению за время  $t$ . «Чисто случайные» процессы. Определение марковского процесса через совместную плотность вероятности и плотность вероятности перехода. Вывод интегрального уравнения Смолуховского (Чепмена-Колмогорова).
7. Точное решение односкоростного уравнения переноса нейтронов для чисто поглощающих сред.
8. Доказательство того, что решение Маркова для плотности вероятности перехода при произвольных случайных блужданиях удовлетворяет уравнению Смолуховского. Предельное значение плотности вероятности перехода за время  $t \rightarrow 0$ .
9. Вычисление плотности вероятности случайных 3-мерных блужданий для гауссовских распределений случайных перемещений (формула Маркова для плотности вероятности и ее Фурье-образ).
10. Уравнение Фоккера-Планка для плотности вероятности перехода.
11. Физический смысл коэффициентов переноса  $A(y)$  и  $B(y)$ . Вычисление коэффициентов переноса  $A(y)$  и  $B(y)$ , возникающих в уравнении Фоккера - Планка для броуновского движения (с использованием следствий уравнения Ланжевена).
12. Симметризация уравнения Больцмана по кинетическим переменным (различные представления интеграла столкновений с учетом законов сохранения энергии и импульса).
13. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Корреляции во времени случайных величин. Вычисление среднего значения квадрата скорости броуновской частицы. «Потеря» информации о начальных условиях.
14. Равновесное решение уравнения Больцмана.
15. Вывод H-теоремы Больцмана. Анализ допущений, используемых при выводе уравнения Больцмана.
16. Основное кинетическое уравнение Паули (master equation).
17. Функция распределения по числу частиц при радиоактивном распаде (вывод из основного кинетического уравнения Паули).
18. Фазовое пространство системы классических частиц, плотность вероятности, распределение Гиббса. Двухчастичная функция распределения, кинетическое уравнение Больцмана.
19. Матрица плотности квантовой системы, распределение Гиббса, квантовое кинетическое уравнение.
20. Вывод уравнений гидродинамики из кинетического уравнения Больцмана. Оценка кинетических коэффициентов для классических газов. Симметрия матрицы кинетических коэффициентов.
21. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы, затухание Ландау. Плазма в магнитном поле.
22. Кинетическое уравнение для плазмы. Уравнение Власова. Плазменные волны.
23. Фононный газ в диэлектриках, теплопроводность диэлектриков.
24. Электроны в металлах, поверхность Ферми. Рассеяние электронов на примесях, электрон-электронное и электрон-фононное взаимодействие.
25. Проводимость электронов за счет различных механизмов. Нормальный и аномальный скин-эффект. Гальваномагнитные свойства металлов в сильных магнитных полях, эффект Шубникова-де-Гааза.
26. Квантовые жидкости. Кинетика фононов, ротонов и фермиевских возбуждений. Кинетические свойства сверхпроводников. Кинетика магнонов в ферромагнетиках.
27. Теория генерирования лазерного излучения. Стационарное состояние, ширина спектра.

28. Критическая динамика. Замедление процессов релаксации вблизи критической точки или точки фазового перехода второго рода.

Итоговый контроль: зачёт.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом, – в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **5.1 Основная литература**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-ти томах. Молекулярная физика и термодинамика. / И.В. Савельев, - 5-е изд. - М.: Лань, 2011. - 224 с. - Режим доступа - [https://e.lanbook.com/book/706#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/706#book_name)

2. Термодинамика и статистическая физика: задачи и решения: учебное пособие / А.И. Ахмедов, Э.А. Кураев, В.И. Чижиков, Ю.М. Быстрицкий; М-во образования и науки Рос. Федерации; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: Кубанский государственный университет, 2011; Дубна: ОИЯИ ЛТФ, 2011. - 90 с. - Библиогр.: с. 89. - ISBN 9785820907456: 18.99.

3. Прудников В.В. Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика: практикум / В.В. Прудников, П.В. Прудников, М.В. Мамонова / Омск: Омский государственный университет, 2018. - 40 с. ISBN:978-5-7779-2148-0 - Режим доступа - [https://e.lanbook.com/book/110892#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/110892#book_name)

### **5.2 Дополнительная литература**

1. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1.: Теория равновесных систем: Статистическая физика: Учебное пособие. Изд. 2-е сущ. перераб. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 432 с. В 3-х т.

2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие: Для вузов. В 10 т. Т. V. Статистическая физика. Ч. I. 5-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 620 с.

3. Швецова Н.А. Термодинамика и статистическая физика: Методические указания. Ч. 2. – Краснодар, 2003. 68 с.

#### **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

№	Ссылка	Пояснение
1.	<a href="http://www.book.ru">http://www.book.ru</a>	BOOK.ru – электронная библиотечная система (ЭБС) современной учебной и научной литературы. Библиотека BOOK.ru содержит актуальную литературу по всем отраслям знаний, коллекция пополняется электронными книгами раньше издания печатной версии.
2.	<a href="http://www.ibooks.ru">http://www.ibooks.ru</a>	Айбукс.ру – электронная библиотечная система учебной и научной литературы. В электронную коллекцию включены современные учебники и пособия ведущих издательств России.
3.	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	Платформа ScienceDirect обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки, предоставляя доступ к более чем 2500 наименований журналов и более 11000 книг из коллекции издательства «Эльзевир».
4.	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	База данных Scopus индексирует более 18 тыс. наименований журналов от 5 тыс. международных издательств, включая более 300 российских журналов.
5.	<a href="http://www.scirus.com">http://www.scirus.com</a>	Scirus – бесплатная поисковая система для поиска научной информации.
6.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека (НЭБ) содержит полнотекстовые версии научных изданий ведущих зарубежных и отечественных издательств.

#### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Перед каждой лекцией, тема которой сообщается лектором на предыдущем занятии, повторить материал, указанный в методических рекомендациях и бегло по одному из учебных пособий просмотреть новый материал.

2. Прослушав лекцию, проработать новый материал, руководствуясь развернутым планом, изложенным в рекомендациях. Обращать особое внимание на выяснение механизма рассматриваемого явления или процесса, возможности и специфику экспериментальной проверки, применение как в теоретической физике, так и в других областях науки и техники. Далее следует выявить взаимосвязь изучаемых явлений, процессов, действие основных законов и категорий диалектики.

3. Ответить на вопросы для самоконтроля.

4. Решить рекомендованные задачи, предварительно просмотрев образец решения типичных задач.

5. Выполнить самостоятельные и контрольные работы к срокам, указанным преподавателем.

## 8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

### 8.1 Перечень информационных технологий

1. Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины.
2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
3. Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

### 8.2 Перечень программного обеспечения

Программный продукт	Договор/лицензия
Операционная система MS Windows	Дог. № 77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017
Интегрированное офисное приложение MS Office	Дог. № 77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017
Антивирус Kaspersky Endpoint Security 10 for Windows	Контракт №69-АЭФ/223-ФЗ от 11.09.2017
Программа Mathcad и язык программирования C++	Контракт №69-АЭФ/223-ФЗ от 11.09.2017

## 9 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность	Номера аудиторий / кабинетов
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой: проектор, экран, компьютер/ноутбук и соответствующим программным обеспечением. Специализированные демонстрационные стенды и установки для демонстраций опытов и физических явлений.	201С, 315С, 312С
2.	Семинарские занятия	Специальное помещение, оснащенное посадочными местами для учебной работы, белая доска.	230 С, 227С, 204С, 148С
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения.	204С
4.	Курсовое проектирование	Не предусмотрено.	
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория, (кабинет).	201С, 221С

6.	Текущий	Аудитория, (кабинет).	204С
	контроль, промежуточная аттестация		
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.	232С, 203С, Читальный зал