

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Университет «Дубна»  
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»  
Кафедра «Техническая физика»



/Евсиков А.А./  
Фамилия И.О.  
«28» 06 2020 г.

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

Термодинамика и статистическая физика

*наименование дисциплины (модуля)*

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

*код и наименование направления подготовки (специальности)*

Уровень высшего образования

бакалавриат

*бакалавриат, магистратура, специалитет*

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

*очная, очно-заочная, заочная*

Протвино, 2020

Автор программы:  
Клименко Константин Григорьевич, д.ф.м.н., с.н.с., кафедра «Техническая физика»

Клименко  
(подпись)

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) высшего образования  
03.03.02 Физика

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Программа рассмотрена на заседании кафедры технической физики  
*(название кафедры)*

Протокол заседания № 3 от « 26 » июня 2020 г.

И.о. зав. кафедрой Соколов /Соколов А.А./  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Эксперт \_\_\_\_\_

*(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность;  
подпись, заверенная по месту работы)*

## Оглавление

Оглавление .....	3
1 Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля) .....	4
3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП .....	4
5 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	6
6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий .....	6
7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	1
8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения .....	2
9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) .....	2
10 Ресурсное обеспечение .....	15
11 Язык преподавания.....	17

## **1 Цели и задачи освоения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» является ознакомление будущего бакалавра с основами статистической термодинамики – науки, которая является в некотором смысле вершиной группы дисциплин, объединенных в курс «Теоретической физики». Освоившие курс «Термодинамики и статистической физики», получают в свое распоряжение очень эффективные методы исследования самых разнообразных физических систем, состоящих из очень большого количества частиц. Методы статистической физики и термодинамики – важнейшие инструменты исследования в области других естественных наук, а также инженерно-технической деятельности. Освоение дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» способствует не только развитию у студентов рационального понимания окружающего мира, навыков логического мышления, но и формированию способности к самостоятельному мышлению, техническому творчеству, но и способности к самостоятельному чтению научной литературы по выбранной специальности. Успешное усвоение данной дисциплины является основой, на которой базируется изучение специальных курсов подготовки по профилю «Медицинская физика». Задачи изучения дисциплины охватывают теоретические и практические аспекты подготовки будущего специалиста.

### **2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)**

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования;
- физические, инженерно-физические, биофизические, химико-физические, медико-физические, природоохранные технологии.

### **3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

«Термодинамика и статистическая физика» Б1.Б.12.6 относится к числу обязательных дисциплин базовой части модуля дисциплин «Теоретическая физика». Курс призван обеспечить общеобразовательную теоретическую подготовку студентов к практической работе в различных областях науки и техники, включая физику. Изучается в VII семестре IV курса.

Программа дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» состоит из таких разделов, как основные законы термодинамики и статистической физики, теория фазовых переходов, теория идеальных газов, ферми- и бозе-газов и др. Её изучение проводится в седьмом и восьмом семестрах четвертого года обучения. Приступая к изучению дисциплины, студент должен достаточно хорошо иметь знания, умения, навыки и компетенции таких дисциплин, как математический анализ, квантовую механику и другие математические и физические дисциплины в объеме университетского курса обучения.

После обучения по программе «Термодинамика и статистическая физика» студент должен быть подготовлен к дальнейшему изучению спецкурсов вариативной обязательной части программы обучения по профилю «Медицинская физика» и чтению оригинальной научной и инженерно-технической литературы по основной специальности «Физика».

### **4 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

*Раздел заполняется в соответствии с картами компетенций.*

<p align="center"><b>Формируемые компетенции</b> (код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)</p>	<p align="center"><b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций</b></p>
<p><i>ОПК-3 - способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</i></p>	<p><i>Знать</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные понятия термодинамики: понятия о температуре, энтропии, равновесных и неравновесных процессах, внутренней энергии системы, работе и теплоте.</li> <li>- Основные законы и уравнения термодинамики: I, II, III начала термодинамики. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Условия равновесия фаз в термодинамических системах</li> </ul> <p><i>Уметь</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подготавливать обзоры, отчеты и научные публикации в соответствии с утвержденной нормативной базой;</li> <li>- пользоваться информационными базами данных и электронными библиотеками при анализе задач в своей профессиональной области и в смежных областях</li> </ul> <p><i>Владеть</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методикой нахождения термодинамических потенциалов сложных систем с переменным числом частиц и средних по статистическому ансамблю различных физических величин. Методикой расчетов термодинамических процессов</li> </ul>
<p><i>ПК-1 – способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i></p>	<p><i>Знать</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные положения (квантовой) статистической физики. Условия равновесия двух систем в тепловом и диффузионном контакте. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса</li> </ul> <p><i>Уметь</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выстраивать взаимосвязи между физическими науками;</li> <li>- решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения;</li> <li>- объяснять причинно- следственные связи физических процессов;</li> <li>- формулировать выводы и приводить примеры;</li> <li>- разбираться в используемых методах;</li> <li>- подбирать математический аппарат для решения конкретной физической задачи;</li> <li>- формулировать задачи для теоретических расчетов процессов в медицинских приборах;</li> <li>- находить необходимые справочные материалы из информационных источников, в том числе, из электронных каталогов;</li> <li>- производить оценочные расчеты эффективности того или иного физического явления;</li> <li>- излагать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- решать прикладные задачи на основе фундаментальных знаний</li> </ul> <p><i>Владеть</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Теорией равновесия фаз и теорией фазовых переходов 1-го и 2-го родов. Умением решать задачи, связанные с изменением агрегатного состояния вещества</li> </ul>
<p><i>ПК-2 – способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</i></p>	<p><i>Знать</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Представление чисел заполнения. Определения канонической и большой канонической суммы. Статистику Бозе-Эйнштейна и статистику Ферми-Дирака</li> </ul> <p><i>Уметь</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить научные изыскания в избранной области экспериментальных и(или) теоретических физических исследований;</li> <li>- оценивать изменения в выбранной области в связи с новыми разработками, полученными по различным тематикам исследований</li> </ul> <p><i>Владеть</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Умением проводить расчеты основных термодинамических характеристик одноатомного идеального газа, а также ферми- и бозе-газа. Методами расчета характеристик электронного газа в металлах</li> <li>- Законом излучения абсолютно черного тела -- законом излучения Планка</li> </ul>

- \*) результат обучения сформулирован на основании требований профессиональных стандартов:
- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» № 32 (приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. № 121н);
  - «Специалист в области рентгенологии», проект профессионального стандарта.

**5 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Объем дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единицы, всего 180 часов, из которых:

**68 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:**

34 часов – лекционные занятия;

34 часа – практические занятия.

**112 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.**

**6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:											
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них								Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них			
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	..	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
<b>VII семестр</b>													
Исходные положения термодинамики. Фазы и компоненты. Понятие температуры Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы, работа и теплота. Термодинамические процессы.		4		4						8			
Основные законы и уравнения термодинамики. I начало термодинамики. II начало термодинамики. Понятие об энтропии. Обратимые и необратимые процессы. III начало термодинамики.		4		4						8			
Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц.. Условия равновесия фаз в термодинамических системах. Понятие химического потенциала.		4		4						8			
Фазовые переходы и критические явления. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса. Правило Максвелла. Фазовые переходы 2-го рода.		4		4						8	56		56
Задание микроскопического состояния системы N тел. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса.		4		4						8			

Представление чисел заполнения. Каноническая и большая каноническая суммы. Статистика Бозе-Эйнштейна. Идеальный бозе-газ. Статистика Ферми-Дирака. Идеальный ферми-газ.		4		4					8			
Идеальный одноатомный квантовый газ. Вырожденный нерелятивистский ферми-газ. Идеальный нерелятивистский бозе-газ.		4		4					8			
Спектральная плотность энергии равновесного излучения. Функция распределения Планка для фотонов. Качественная теория теплоемкости твердых тел.		6		6					12	56		56
Промежуточная аттестация <u>зачет с оценкой</u>												
<b>Итого</b>		34		34					68	112		112

**7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)**

**Методические указания к практическим занятиям**

Тематика практических задач и задач, предлагаемых для самостоятельного решения:

1. Работа газа при расширении и сжатии.
2. Первое начало термодинамики.
3. Теплота, работа, энергия. 1.
4. Теплота, работа, энергия. 2.
5. Внутренняя энергия и теплоемкость газов. 1.
6. Внутренняя энергия и теплоемкость газов. 2.
7. Циклические процессы.
8. Цикл Карно.
9. КПД тепловых машин.
10. Уравнение состояния идеального газа.
11. Закон Бойля-Мариотта.
12. Задачи на фазовые превращения вещества. 1.
13. Задачи на фазовые превращения вещества. 2.
14. Кипение, плавление, испарение. 1.
15. Кипение, плавление, испарение. 2.
16. Насыщающие и ненасыщающие пары.
17. Простейшая точно решаемая модель: линейная цепочка магнитов.
18. Состояния модельной системы. Подсчет числа допустимых состояний. Вероятность.
19. Две системы в тепловом контакте. Понятие энтропии и температуры.
20. Энтропия и каноническое распределение. Фактор Гиббса.
21. Две системы в диффузионном контакте. Химический потенциал
22. Большая статистическая сумма. Фактор Больцмана.
23. Нерелятивистский ферми-газ.
24. Электронный газ в металлах.
25. Идеальный бозе-газ.
26. Осциллятор в термостате.
27. Формула Планка.

**Методические указания к лабораторным занятиям**

Тематика лабораторных работ, разбираемых на лабораторных занятиях:

1. Внутренняя энергия и механическая работа
2. Внутренняя энергия и работа электрического тока
3. Закон Бойля-Мариотта
4. Закон Гей-Люссака
5. Показатель адиабаты воздуха
6. Реальные газы и точка фазового перехода
7. Куб Лесли
8. Теплопроводность
9. Тепловое расширение твердых тел
10. Аномалия воды

11. Двигатель Стирлинга модели D
12. Двигатель Стирлинга модели G
13. Тепловые насосы

**Методическое обеспечение инновационных форм учебных занятий**  
Решение практических задач.

**Методические указания для самостоятельной работы обучающихся и прочее**

<i>№ п/п</i>	<i>№ раздела дисциплины</i>	<i>Содержание самостоятельной работы</i>	<i>Трудоемкость</i>
1	1-4	Разобрать самостоятельно тему: «Распределение Максвелла-Больцмана для идеального газа».	56
2	5-8	Разобрать самостоятельно тему: «Электронный газ в магнитном поле»	56

8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

*Перечень обязательных видов учебной работы студента:*

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение устных сообщений

В случае использования инновационных форм проведения учебных занятий приводится перечень инновационных форм проведения учебных занятий (по видам учебных занятий).

*(сведения о наличии по дисциплине (модулю) инновационных форм проведения учебных занятий, о количестве часов по видам учебных занятий отражаются в учебном плане по образовательной программе)*

**Инновационные формы проведения учебных занятий**

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
VII семестр	Практические занятия	Решение практических задач	7
Всего:			7

9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.



ПР-2.2								ВЗ							33
--------	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	----

ВЗ – выдача задания

33 – защита задания

- Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Компетенции ОПК-3, ПК-1, ПК-2

*код и формулировка компетенции*

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	Уровень освоения компетенции	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания <i>(критерии берутся из соответствующих карт компетенций, шкала оценивания (4 или более шагов) устанавливается в зависимости от того, какая система оценивания (традиционная или балльно-рейтинговая) применяется)</i>					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
31 (ОПК-3) <b>Знать:</b> базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории.	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории.	Имеет представление о базовых разделах общей и теоретической физики: основных понятиях, моделях, законах и теориях, но допускает неточности в формулировках.	Знает базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории.	Отлично знает базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории.	<i>Устное собеседование</i>
32 (ОПК-3) <b>Знать:</b> теоретические и методологические основы общей и теоретической физики и способы их использования при решении конкретных физических задач.	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает и не имеет общего представления о теоретических и методологических основах общей и теоретической физики.	Имеет общее представление о теоретических и методологических основах общей и теоретической физики, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности.	Имеет представление о взаимосвязи теоретических и методологических основ общей и теоретической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики	Имеет отличное представление о взаимосвязи теоретических и методологических основ общей и теоретической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики	<i>Устное собеседование</i>

<p><i>У1 (ОПК-3)</i> <b>Уметь:</b> решать типовые учебные задачи по основным разделам общей и теоретической физики; применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.</p>	<p>I - пороговый</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Не умеет решать типовые задачи из базовых разделов общей и теоретической физики; применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий</p>	<p>Умеет решать типовые задачи из базовых разделов общей и теоретической физики, но допускает отдельные ошибки. Частично умеет применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.</p>	<p>Умеет решать комбинированные задачи из базовых разделов общей и теоретической физики. В целом успешно умеет применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий</p>	<p>Отлично умеет решать комбинированные задачи из базовых разделов общей и теоретической физики. В целом успешно умеет применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>
<p><i>У2 (ОПК-3)</i> <b>Уметь:</b> применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов общей и теоретической физики, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональ-</p>	<p>I - пороговый</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Не умеет осваивать теоретический материал из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики. Не умеет использовать стандартные методики обработки результатов физических экспериментов.</p>	<p>Умеет осваивать теоретический материал из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики под руководством специалиста более высокой категории. Умеет использовать стандартные методики обработки результатов физических экспериментов, рекомендованные специалистом более высокой категории.</p>	<p>Способен самостоятельно освоить типовые методы решения задач из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики, но допускает отдельные ошибки при их применении в профессиональной сфере деятельности. Умеет оценивать условия применимости стандартных методик анализа и обработки физического</p>	<p>Совершенно не вызывает затруднений самостоятельно освоить типовые методы решения задач из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики, но допускает отдельные ошибки при их применении в профессиональной сфере деятельности. Умеет оценивать условия применимости стандартных методик анализа и обработки</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

<p>ных задач; применять знания базовых дисциплин по общей и теоретической физике для анализа и обработки результатов физических экспериментов.</p>					<p>эксперимента, допуская ошибки в отдельных случаях.</p>	<p>результатов физического эксперимента, допуская ошибки в отдельных случаях.</p>	
<p><i>В1 (ОПК-3)</i> <b>Владеть:</b> навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики; навыками решения базовых задач по общей и теоретической физике; основными методами научных исследований; навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента.</p>	<p>I - пороговый</p>	<p>Отсутствие владений</p>	<p>Не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики; навыками самостоятельной работы с учебной литературой; навыками решения базовых задач по общей и теоретической физике; основными методами научных исследований; навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента.</p>	<p>Недостаточно владеет методами решения базовых задач по общей и теоретической физике; владеет навыками воспроизведения основного учебного материала по базовым разделам общей и теоретической физики, в целом; плохо ориентируется в учебной литературе по общей и теоретической физике; недостаточно владеет навыками библиографического поиска; фрагментарное применение основных методов научных исследований, навыков проведения физического (лабораторного) эксперимента.</p>	<p>Хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики, навыками применения решения базовых задач по общей и теоретической физике; владеет навыками самостоятельного изучения отдельных разделов учебной литературы по базовым разделам общей и теоретической физики и хорошо в ней ориентируется; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основных методов научных исследований, навыков проведения физического (лабораторного) экспе-</p>	<p>Отлично владеет основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики, навыками применения решения базовых задач по общей и теоретической физике; владеет навыками самостоятельного изучения отдельных разделов учебной литературы по базовым разделам общей и теоретической физики и хорошо в ней ориентируется; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основных методов научных исследований, навыков проведения физического (лабораторного) экспе-</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

					римента	римента	
<p><i>B2 (ОПК-3)</i> <b>Владеть:</b> навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении конкретных физических задач</p>	I - пороговый	Отсутствие владений	Не владеет навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении конкретных физических и смежных задач.	Способен предложить примеры использования теоретических представлений отдельных разделов общей и теоретической физики для решения задач профессиональной деятельности.	Владеет навыками применения теоретических моделей из базовых разделов общей и теоретической физики при интерпретации результатов в отдельной области физики и смежных дисциплинах, но допускает отдельные неточности	Отлично владеет навыками применения теоретических моделей из базовых разделов общей и теоретической физики при интерпретации результатов в отдельной области физики и смежных дисциплинах, но допускает отдельные неточности	<i>Выполнение практического задания</i>
<p><i>31 (ПК-1)</i> <b>Знать:</b> воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты; основной математический аппарат, который используется для освоения профильных физических дисциплин</p>	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает понятий, идей и методов фундаментальной и экспериментальной физики; методологию построения математических алгоритмов и моделей; не понимает смысла основных законов физики и математики; не раскрывает учебный материал	Слабо знает учебный материал и математический аппарат, используемый при решении профильных задач; плохо знает специализированную литературу и эффективные методы решения профильных задач	Достаточно полно знает понятия, идеи и методы, связанные с дисциплинами профиля «Медицинская физика»; знает, как систематизировать методы фундаментальной математики для построения математических моделей в элементарных прикладных задачах	В совершенстве знает понятия, идеи и методы, связанными с дисциплинами профиля «Медицинская физика»; свободно ориентируется в эффективных методах решения задач; знает классические методы, применяемые для решения этих задач, а также необходимые и достаточные условия их реализации	<i>Устное собеседование</i>
<p><i>32 (ПК-1)</i> <b>Знать:</b> свойства и структуру физических процессов, происходящих в различных средах;</p>		Отсутствие знаний	Не имеет представления о физических процессах, происходящих в различных средах; не	Знает основные методы решения типовых задач и умеет применять на практике; путает	Знает методы корректного использования математического моделирования при решении теоретических и	Самостоятельно выбирает и оценивает физический (математический) метод анализа физического процесса;	<i>Устное собеседование</i>

<p>основные закономерности формирования законов в области теоретической и экспериментальной физики</p>			<p>знает основные закономерности формирования законов и методов теоретической и экспериментальной физики</p>	<p>характеристики физических процессов, протекающих в различных средах; делает ошибки в основной терминологии и в законах фундаментальной и экспериментальной физики</p>	<p>прикладных задач; четко формулирует основные законы теоретической и экспериментальной физики; хорошо знает профессиональную терминологию; понимает связь между различными физическими понятиями</p>	<p>чётко формулирует основные закономерности теоретической и экспериментальной физики</p>	
<p><i>У1 (ПК-1)</i> <b>Уметь:</b> выстраивать взаимосвязи между физическими науками; решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения; объяснять причинно-следственные связи физических процессов; формулировать выводы и приводить примеры; разбираться в используемых методах; подбирать математический аппарат для решения конкретной физической задачи; формулировать задачи для теоретических расчетов процессов в</p>	<p>I - пороговый</p>	<p>Отсутствии умений</p>	<p>Не умеет использовать физическую терминологию; не видит связи между физическими науками; не умеет анализировать, делать выводы и приводить примеры; не разбирается в используемых методах, не в состоянии найти нужную информацию и сформулировать цели и задачи исследований; не способен оценить эффективность требуемого метода</p>	<p>Делает ошибки в используемой терминологии; не всегда видит связь между физическими науками; умеет решать только типичные задачи; поверхностно анализирует; способен интерпретировать только типичные явления; слабо разбирается в используемых методах</p>	<p>Умеет выстраивать взаимосвязи между физическими науками; хорошо умеет решать типичные задачи; объяснять причинно-следственные связи физических процессов; анализировать, делать выводы и приводить примеры; хорошо разбирается в используемых методах; умеет самостоятельно находить необходимую информацию; умеет формулировать цели и задачи исследований</p>	<p>Самостоятельно умеет выстраивать взаимосвязи между физическими науками; умеет уверенно объяснять причинно-следственные связи физических процессов; умеет самостоятельно анализировать, делать выводы и приводить нетривиальные примеры; отлично разбирается в используемых методах; умеет самостоятельно находить необходимую информацию; формулировать цели и задачи исследований и производить оценочные расчеты эффективности того или ино-</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

<p>медицинских приборах; находить необходимые справочные материалы из информационных источников, в том числе, из электронных каталогов; производить оценочные расчеты эффективности того или иного физического явления</p>						<p>го физического явления</p>	
<p><i>У2 (ПК-1)</i> <b>Уметь:</b> излагать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию; решать прикладные задачи на основе фундаментальных знаний</p>		<p>Отсутствие умений</p>	<p>Не умеет применять теоретические знания к конкретному фактическому материалу; не использует профессиональную терминологию при изложении материала; не умеет решать прикладные задачи; не в состоянии анализировать информацию, полученную в результате исследования; не умеет адекватно применять известные естественнонаучные и математические знания в учебной и профессиональной</p>	<p>Умеет применять только типичные, наиболее часто встречающиеся приемы по решению конкретной физической задачи; плохо оперирует профессиональной информацией; поверхностно излагает информацию; недостаточно использует математический аппарат при решении задач; путается в основных понятиях фундаментальной и экспериментальной физики; делает ошибки при решении физических задач</p>	<p>Умеет корректно применять профессиональный понятийный аппарат при изложении общепрофессиональной информации; выражать и аргументировано обосновывать положения предметной области знания; вести корректную дискуссию в процессе изложения материала; использовать методы математического моделирования при решении теоретических и прикладных задач; применять компьютерные математические программы при решении задач</p>	<p>Умеет уверенно применять различные методы решения задач в незнакомых ситуациях; умеет квалифицированно применять математический аппарат для поиска решения прикладных задач; умеет корректно выражать и аргументировано обосновывать положения предметной области знания; умеет аргументировано доказывать оптимальность выбранного алгоритма или метода решения и объяснять его задачи и функции; умеет устанавливать связи между физическими</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

			деятельности			идеями, теориями, дисциплинами и т.д.	
<p><i>В1 (ПК-1)</i> <b>Владеть:</b> навыками самостоятельной работы со специализированной литературой; навыками решения сложных задач по основным направлениям теоретической и прикладной физики, физики оптических, атомных и ядерных явлений на основе приобретенных знаний, умений, навыков, полученных при изучении таких модулей, как Общая физика, Высшая математика и Информатика; приемами обработки информации с помощью современного программного обеспечения (ПО); навыками применения современного математического инструментария для решения физических задач; методами</p>	I - пороговый	Отсутствие владения	<p>Не владеет понятиями м аппаратом физики; навыками самостоятельной работы со специализированной литературой; навыками решения сложных задач по основным направлениям теоретической и прикладной физики, физики оптических, атомных и ядерных явлений на основе приобретенных знаний, умений, навыков, полученных при изучении таких модулей, как Общая физика, Высшая математика и Информатика; приемами обработки информации с помощью современного программного</p>	<p>Недостаточно владеет методами математического аппарата, статистическими методами обработки данных; приемами обработки информации с помощью современного ПО; не владеет техникой решения сложных задач; плохо владеет методами анализа математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений; плохо ориентируется в специализированной литературе; не достаточно владеет навыками библиографического поиска</p>	<p>Хорошо владеет навыками применения современного математического инструментария для решения как тривиальных, так и сложных физических задач; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений, используя современную ПО, ориентируется в специализированной литературе</p>	<p>Свободно владеет математическим аппаратом и статистическими методами обработки данных с применением современного ПО; уверенно владеет техникой решения сложных задач; легко ориентируется в специализированной литературе</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

<p>математического аппарата, статистическими методами обработки данных; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений</p>			<p>обеспечения (ПО); навыками применения современного математического инструментария для решения физических задач; методами математического аппарата, статистическими методами обработки данных; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений</p>				
<p><i><b>В2 (ПК-1)</b></i> <i><b>Владеть:</b></i> навыками проведения научно-исследовательского эксперимента, в том числе для исследования физических процессов, протекающих в живых организмах; методами моделирования различных физических ситуаций; навыками публичной</p>		<p>Отсутствия владения</p>	<p>Не владеет учебным материалом и специализированными знаниями в области физики; не владеет навыками проведения научно-исследовательского эксперимента; не обладает способностью вести корректную дискуссию в процессе</p>	<p>Не всегда в состоянии продемонстрировать оптимальность выбранного метода исследования и объяснить его задачи и функции; не использует профессиональную терминологию при презентации построенных моделей; слабо владеет правилами и приемами</p>	<p>В состоянии проводить экспериментальные исследования под руководством опытного преподавателя; хорошо владеет навыками синтеза различных методов математического аппарата и программирования для их эффективного использования</p>	<p>Свободно ориентируется в способах воздействия на аудиторию; уверенно владеет навыком прогнозирования результатов применения различных математических и программных методов при решении физических задач; самостоятельно проводит</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

речи, ведения дискуссии и полемики			представления результатов собственной теоретической работы или эксперимента	ведения дискуссии в процессе представления математической модели и результатов эксперимента	я в профессиональной деятельности; в состоянии продемонстрировать, объяснить и защитить построенную математическую или физическую модель	научно-исследовательский эксперимент	
<p>31 (ПК-2) <b>Знать:</b> теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и(или) экспериментальной физики; основные современные методы расчета объекта научного исследования, использующие передовые инфокоммуникационные технологии</p>	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и(или) экспериментальной физики; основные современные методы расчета объекта научного исследования, использующие передовые инфокоммуникационные технологии	Дает определения только основных понятий; воспроизводит основные физические факты, идеи; перечисляет основные теоремы, законы, постулаты и правила; знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике; делает ошибки при выводе и объяснении основных законов фундаментальной и экспериментальной физики	Знает основной теоретический материал; основной математический аппарат; техническую и научную терминологию; основные современные методы расчета объекта научного исследования; понимает связь между различными физическими понятиями; имеет представление о физических моделях; анализирует возможности методов, границы их применимости, возможные риски, степень надежности	Знает не только основную, но и дополнительный теоретический материал; математический аппарат; техническую и научную терминологию; основные современные методы расчета объекта научного исследования, использующие передовые инфокоммуникационные технологии; понимает широту и ограниченность применения физики к исследованию процессов и явлений в природе	Устное собеседование
<p>У1 (ПК-2) <b>Уметь:</b> проводить научные изыскания в избранной области экспериментальных и(или)</p>	I - пороговый	Отсутствие умений	Не умеет проводить научные изыскания в избранной области экспериментальных и(или) теоретических исследований	С помощью своего руководителя умеет подбирать и готовить для эксперимента оборудование; применять	Умеет самостоятельно подбирать и готовить для эксперимента оборудование; применять	Умеет грамотно устанавливать прочные логические связи между физической интерпретацией и ис-	Выполнение практического задания

<p>теоретических физических исследований; оценивать изменения в выбранной области в связи с новыми разработками, полученными по различным тематикам исследований</p>			<p>ретических физических исследований; оценивать изменения в выбранной области в связи с новыми разработками, полученными по различным тематикам исследований</p>	<p>оборудование и проводить на нем наблюдение за физическими процессами; умеет фиксировать происходящие во время проведения эксперимента изменения; не всегда находит требуемую для научного исследования информацию; в случае ее обнаружения анализирует ее поверхностно; умеет воспроизводить только известные научные результаты под пристальным руководством</p>	<p>методы решения задач в незнакомых ситуациях; проводить решение физической задачи, используя современное ПО; оценивать влияние различных факторов на показатели качества эксперимента; строить зависимости; определять доверительные границы; устанавливать корреляционные связи; ориентироваться в информации, полученной из различных источников</p>	<p>ходным нематематическим описанием жизненной ситуации; умеет уверенно применять методы математического моделирования для решения теоретических и прикладных задач; умеет самостоятельно проводить наблюдение за физическими процессами; сопоставлять полученные результаты с уже известными; обобщать результаты; оценивать значимость и практическую пригодность полученных результатов</p>	
<p><i>В1 (ПК-2)</i> <b>Владеть:</b> методами работы в различных операционных системах, с базами данных, с экспертными системами; прикладными программами для изучения различных физических процессов в электронных устройствах и биологических объектах; необходимой</p>	<p>I - пороговый</p>	<p>Отсутствия владения</p>	<p>Не владеет методами работы в различных операционных системах, с базами данных, с экспертными системами; прикладными программами для изучения различных физических процессов в электронных устройствах</p>	<p>Не уверенно владеет стандартными и методами работы с различными операционными системами, с базами данных и с экспертными системами; частично владеет приемами обработки информации с помощью современного программного</p>	<p>Владеет разными способами сбора, обработки и представления теоретических и экспериментальных данных; критически осмысливает полученные знания; компетентен в различных ситуациях; владеет навыками библиографи</p>	<p>Уверенно владеет методами работы в различных операционных системах, с базами данных, с экспертными системами; грамотно использует прикладные программы для накопления, обработки и интерпретации данных, полученных в ходе</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования			и биологических объектах; необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования	обеспечения (ПО); способен интерпретировать только типичные явления; владеет терминологией предметной области знания; недостаточно владеет навыками библиографического поиска	ческого поиска; самосовершенствуется, используя возможности информационной среды	проведения эксперимента; уверенно решает сложные задачи, используя современное ПО; способен корректно представить результат проведенных исследований с помощью современного ПО; свободно ориентируется в специализированной литературе и информации, полученной из различных источников	
---	--	--	---	---	--	---	--

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

### Список вопросов к зачету

#### а. Основные положения термодинамики.

2. Фазы и компоненты.
3. Понятие температуры и давления.
4. Равновесные и неравновесные процессы.
5. Внутренняя энергия системы.
6. Работа и теплота. Термодинамические процессы. Цикл Карно.
7. Основные законы и уравнения термодинамики.
8. I начало термодинамики.
9. II начало термодинамики.
10. Понятие энтропии.
11. Обратимые и необратимые процессы.
12. III начало термодинамики.
13. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц.
14. Понятие химического потенциала.
15. Условия равновесия фаз в термодинамических системах.
16. Фазовые переходы и критические явления.
17. Классификация фазовых переходов.
18. Фазовые переходы 1-го рода.

19. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса.
20. Правило Максвелла.
21. Фазовые переходы 2-го рода.
22. Задание микроскопического состояния системы N тел.
23. Микроканоническое распределение.
24. Каноническое распределение.
25. Большое каноническое распределение.
26. Представление чисел заполнения.
27. Каноническая статистическая сумма.
28. Большая каноническая статистическая сумма.
29. Статистика Бозе-Эйнштейна.
30. Идеальный бозе-газ.
31. Статистика Ферми-Дирака.
32. Идеальный ферми-газ.
33. Идеальный одноатомный квантовый газ.
34. Вырожденный нерелятивистский ферми-газ. Электронный газ в металлах.
35. Идеальный нерелятивистский бозе-газ.
36. Спектральная плотность энергии равновесного излучения. Закон Планка.
37. Качественная теория теплоемкости твердых тел.

- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

## 10 Ресурсное обеспечение

### • Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### *Основная учебная литература*

1. Ландау Л.Д. Статистическая физика : Учебное пособие для вузов. Ч.1 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П.Питаевского. - 6-е изд.,стер. - М. : Физматлит, 2018. - 620 с. : ил. - (Теоретическая физика в 10 т. ; Т.5). - ISBN 978-5-9221-1510-0
2. Ефремов, Ю.С. Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие / Ю.С. Ефремов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 208 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN – ISBN 978-5-4475-4620-5. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн" – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428682> (дата обращения: 15.04.2020). - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Кузнецов, С.И. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика : учеб. пособие / С.И. Кузнецов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014. — 248 с. - ISBN 978-5-9558-0317-3 (Вузовский учебник) ; ISBN 978-5-16-006894-7 (ИНФРА-М). - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com". - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=149547> (дата обращения: 08.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
4. Браун, А. Г. Основы статистической физики : учеб. пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. — 3-е изд. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 120 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/5493](http://www.dx.doi.org/10.12737/5493). - ISBN 978-5-16-102120-0. - Текст : электронный

// ЭБС "Znanium.com". - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1009625> (дата обращения: 15.06.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

***Дополнительная учебная литература***

1. Борщевский, А. Я. Физическая химия : учебник. В 2 т. Т. 2: Статистическая термодинамика / А. Я. Борщевский. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 383 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104235-9. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com". - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1009047> (дата обращения: 15.06.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
2. Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории : учебное пособие / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. – Москва : Физматлит, 2007. – 254 с.– ISBN 978-5-9221-0876-8. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68401> (дата обращения: 15.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

• **Периодические издания**

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики: / Учредитель: РАН, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН; гл. ред. акад. Андреев А.Ф. - М.: ФГБУ «Российская академия наук». – Журнал выходит 1 раз в мес. - Основан в 1931 году. - ISSN 0044-4510. – Текст : электронный. Полные тексты статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: [https://www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8682](https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=8682)
2. Медицинская физика: научно-техническое издание / Учредитель: Ассоциация медицинских физиков России; гл. ред. Наркевич Б.Я, д.т.н., проф., в.н.с. – М.: Ассоциация медицинских физиков России. – журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1995 году. – ISSN: 1810-200X. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=42372751>
3. Ядерная физика: научный журнал / Учредитель: Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ "Курчатовский институт"; гл. ред.: Далькаров О.Д. – М.: ООО «ИКЦ «Академкнига». – Журнал выходит 6 раз в год. - Журнал основан в 1965 году. - ISSN 0044-0027. – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=8304](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8304)
4. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: физика-математика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный областной университет; гл. ред. Бугаев А.С. – М.: МГОУ. – Журнал выходит 6 раз в год. - Основан в 1998 году - ISSN 2310-7251. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=25657](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25657)

• **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

***Электронно-библиотечные системы и базы данных***

1. ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

### ***Научные поисковые системы***

1. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
4. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
5. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>

### ***Профессиональные ресурсы сети «Интернет»***

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXPonenta.ru: <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru: <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики: <http://www.inm.ras.ru/>

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

Проведение лекционных занятий предполагает использование комплектов слайдов и программных презентаций по рассматриваемым темам.

Проведение практических занятий по дисциплине предполагается использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет. Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определенном порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы Open office, Scilab, Scicos, свободная лицензия, код доступа не требуется).

- **Описание материально-технической базы**

Компьютерный класс (18 ПК): ул. Победа, д.2, к. 412 (собственность)

11 Язык преподавания

Русский