

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИБСиБ  
\_\_\_\_\_ А.В. Васин  
«30» мая 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Математическая физика»**

|   |   |
|---|---|
| Разработчик                               | Высшая школа биомедицинских систем и технологий |
| Направление (специальность)<br>подготовки | 06.05.01 Биотехнология и биоинформатика         |
| Наименование ООП                          | 06.05.01_01 Биотехнология и биоинформатика      |
| Квалификация (степень)<br>выпускника      | <b>биотехнолог и биоинформатик</b>              |
| Образовательный стандарт                  | <b>СУОС</b>                                     |
| Форма обучения                            | <b>Очная</b>                                    |

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП  
\_\_\_\_\_ Д.И. Богомаз  
«15» апреля 2025 г.

Соответствует СУОС  
Утверждена протоколом заседания  
высшей школы "ВШБСиТ"  
от «15» апреля 2025 г. № 6

РПД разработал:  
Доцент, к.б.н. Д.И. Богомаз

# 1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

## Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины "Математическая физика (МФ)" является получение студентами знаний, умений и навыков, которые помогут им в практической и научно-исследовательской работе. При ее изучении студент должен получить знания: о предмете, о методах, направлениях и достижениях МФ, о применении МФ в анализе физических явлений. На основании этих знаний студент должен уметь: свободно оперировать основными теоретическими понятиями курса, использовать знания МФ в изучении дисциплин, связанных с медициной и биологией (биологией человека), а также при решении прикладных задач с аналогичной тематикой. Курс МФ формирует у студентов следующие навыки: поиска, обработки и анализа информации, свободного владения терминологией, ведения научной дискуссии, самостоятельной работы с научной информацией.

## Результаты обучения выпускника

| Код           | Результат обучения (компетенция) выпускника ООП  |
|---------------|--|
| ОПК-2         | Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)                         |
| ИД-2<br>ОПК-2 | Использует специализированные знания фундаментальных разделов физики, математики и информатики, полученных на факультативных занятиях для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей) |

## Планируемые результаты изучения дисциплины

### знания:

- Знание специализированных фундаментальных разделов физики, математики и информатики, полученных на факультативных занятиях для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

### умения:

- Умение применять специализированные фундаментальные разделы физики, математики и информатики, полученных на факультативных занятиях для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

**навыки:**

- Владение специализированными фундаментальными разделами физики, математики и информатики, полученных на факультативных занятиях для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

**2. Место дисциплины в структуре ООП**

В учебном плане дисциплина «Математическая физика» относится к модулю «Теоретическая физика».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Высшая математика
- Физика

### 3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

#### 3.1. Виды учебной работы

| Виды учебной работы                    | Трудоёмкость по семестрам |
|--|---------------------------|
|  | Очная форма               |
| Лекционные занятия                     | 30                        |
| Практические занятия                   | 30                        |
| Самостоятельная работа                 | 21                        |
| Часы на контроль                       | 16                        |
| Промежуточная аттестация (экзамен)     | 11                        |
| Общая трудоёмкость освоения дисциплины | 108, ач                   |
|  | 3, зет                    |

#### 3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

| Формы текущего контроля и промежуточной аттестации | Количество по семестрам |
|--|-------------------------|
|  | Очная форма             |
| Промежуточная аттестация                           |                         |
| Экзамены, шт.                                      | 1                       |

### 4. Содержание и результаты обучения

#### 4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

| № раздела | Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля                        | Очная форма |        |        |
|-----------|--|-------------|--------|--------|
|           |  | Лек, ач     | Пр, ач | СР, ач |
| 1.        | 1. Дифференциальные уравнения 1-го и 2-го порядка в частных производных. |             |        |        |
| 1.1.      | Дифференциальные уравнения 1-го порядка.                                 | 3           | 3      | 3      |
| 1.2.      | Дифференциальные уравнения 2-го порядка в частных производных.           | 3           | 3      | 3      |

|  |   |         |    |    |
|--|---|---------|----|----|
| 2.   | Уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типа.  |         |    |    |
| 2.1.   | Уравнения гиперболического типа.  | 7       | 5  | 3  |
| 2.2.   | Уравнения параболического типа: уравнение теплопроводности, в том числе, неоднородное и с неоднородными граничными условиями  | 4       | 4  | 5  |
| 2.3.   | Уравнения эллиптического типа.  | 5       | 5  | 3  |
| 3.   | Решение дифференциального уравнения для колебаний двухатомных и многоатомных молекул  |         |    |    |
| 3.1.   | Модель гармонического и ангармонического осциллятора для двухатомных молекул. Решение дифференциального уравнения для колебаний двухатомных молекул. Решение дифференциального уравнения для колебаний многоатомных молекул с учетом ангармоничности и взаимодействия отдельных мод колебаний (на примере молекулы воды и диоксида углерода), а также учитывая наличие обертонов и составных частот | 8       | 10 | 4  |
| <b>Итого по видам учебной работы:</b>        |   | 30      | 30 | 21 |
| Экзамены, ач                                 |   |         |    | 16 |
| <b>Часы на контроль, ач</b>                  |   |         |    | 16 |
| <b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>    |   | 11      |    |    |
| <b>Общая трудоёмкость освоения: ач / зет</b> |   | 108 / 3 |    |    |

## 4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

| Раздел дисциплины  | Содержание   |
|--|--|
| <b>1. 1. Дифференциальные уравнения 1-го и 2--го порядка в частных производных.</b>  |  |
| <b>1.1. Дифференциальные уравнения 1-го порядка.</b>   | Общие понятия. Задача Коши<br>Линейные однородные уравнения первого порядка.<br>Квазилинейные уравнения первого порядка. Геометрическая интерпретация.   |
| <b>1.2. Дифференциальные уравнения 2--го порядка в частных производных.</b>  | Понятие об общем решении уравнения в частных производных.<br>Классификация уравнений в частных производных второго порядка   |
| <b>2. Уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типа.</b>   |  |
| <b>2.1. Уравнения гиперболического типа.</b>   | Свободные колебания струны, с закрепленными концами.<br>Продольные колебания стержня. Метод бегущих волн. Решение Даламбера. Решение задачи Коши для неограниченной струны.<br>Корректность постановки задачи. Пример Адамара некорректно поставленной задачи. Метод Фурье. Свободные колебания однородной струны, закрепленной на концах. Вынужденные колебания струны, закрепленной на концах. Вынужденные колебания струны с подвижными концами. Общая схема метода Фурье Единственность решения смешанной задачи Колебания прямоугольной мембраны. |
| <b>2.2. Уравнения параболического типа: уравнение теплопроводности, в том числе, неоднородное и с неоднородными граничными условиями</b> | Вывод уравнения теплопроводности для стержня.<br>Распространения тепла в конечном стержне. Интегрирование уравнения распространения тепла в ограниченном стержне методом Фурье<br>Нагревание бесконечного стержня.   |
| <b>2.3. Уравнения эллиптического типа.</b>   | Определения. Постановка задач. Фундаментальное решение уравнений Лапласа. Формулы Грина. Основная интегральная формула Грина. Свойства гармонических функций. Решение Дирихле для круга методом Фурье. Метод функции Грина. Решение задачи Дирихле для шара методом функции Грина.   |
| <b>3. Решение дифференциального уравнение для колебаний двухатомных и многоатомных молекул</b>   |  |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>3.1. Модель гармонического и ангармонического осциллятора для двухатомных молекул. Решение дифференциального уравнения для колебаний двухатомных молекул. Решение дифференциального уравнения для колебаний многоатомных молекул с учетом ангармоничности и взаимодействия отдельных мод колебаний (на примере молекулы воды и диоксида углерода), а также учитывая наличие обертонов и составных частот</b></p> | <p>Квантование энергии. Механическая и электрооптическая ангармоничность. Соответствие классического и квантового механического рассмотрения</p> |
|--|--|

## 5. Образовательные технологии

Учебно-методическое обеспечение курса МФ базируется на использовании специального оборудования. Занятия проходят в радиоклассе, позволяющем работать индивидуально с каждым студентом (в том числе плохослышащим), а при необходимости использовать интерактивную доску.

## 6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

## 7. Практические занятия

| №<br>раздела | Наименование практических занятий (семинаров)  | Трудоемкость,<br>ач |
|--------------|--|---------------------|
|              |  | Очная форма         |
| 1.           | Дифференциальные уравнения в частных производных 2-го порядка: решения однородных и неоднородных уравнений теплопроводности, в т.ч., с неоднородными граничными условиями. | 9                   |
| 2.           | Применение теории точечных групп симметрии для определения активности колебаний  | 10                  |
| 3.           | Решение дифференциального уравнения для колебаний двухатомных и многоатомных молекул с учетом ангармоничности.   | 11                  |
| Итого часов  |  | 30                  |

## 8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы



## Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

| Вид самостоятельной работы   | Примерная<br>трудоемкость,<br>ач |
|--|----------------------------------|
|  | Очная форма                      |
| <b>Текущая СР</b>  |                                  |
| работа с лекционным материалом, с учебной литературой  | 4                                |
| опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)                | 0                                |
| самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 0                                |
| выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ  | 7                                |
| подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям                                   | 6                                |
| подготовка к контрольным работам, коллоквиумам   | 0                                |
| <b>Итого текущей СР:</b>   | 17                               |
| <b>Творческая проблемно-ориентированная СР</b>   |                                  |
| выполнение расчётно-графических работ  | 0                                |
| выполнение курсового проекта или курсовой работы   | 0                                |
| поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме  | 4                                |
| работа над междисциплинарным проектом  | 0                                |
| исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах                                    | 0                                |
| анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных | 0                                |
| <b>Итого творческой СР:</b>  | 4                                |
| <b>Общая трудоемкость СР:</b>  | 21                               |

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Адрес сайта курса

<https://dl-vsbtpt.spbstu.ru/course/view.php?id=1520>

## 9.2. Рекомендуемая литература

### Основная литература

| № | Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания   | Год изд. | Источник  |
|---|--|----------|-----------|
| 1 | Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия: Москва: Эдиториал УРСС, 2001.   | 2001     | ИБК СПбПУ |
| 2 | Куликов К.Г., Фирсов А.Н. Уравнения и методы математической физики. Классические модели: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. URL: <a href="http://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-413.pdf">http://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-413.pdf</a> | 2011     | ЭБ СПбПУ  |

### Дополнительная литература

| № | Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания   | Год изд. | Источник  |
|---|--|----------|-----------|
| 1 | Сайт Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2005. URL: <a href="http://www.spbstu.ru/home.html">http://www.spbstu.ru/home.html</a> | 2005     | ЭБ СПбПУ  |
| 2 | Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Т. 1 Т. 1: Москва: Наука, 1972.  | 1972     | ИБК СПбПУ |
| 3 | Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Т.2 Т. 2: Москва: Наука, 1976.   | 1976     | ИБК СПбПУ |

### Ресурсы Интернета

1. <http://www.spbstu.ru/ru/libriarymap/>: <http://www.spbstu.ru/ru/libriarymap/>

## 9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Для изучения курса специализированные обучающие и контролирующие компьютерные программы, учебные фильмы и т.д. не требуются» Нужна лекционная аудитория с интерактивной доской и средствами рисования на ней (все написанное на ней автоматически вводится в память компьютера), а также предоставляющая возможность демонстрации компьютерных презентаций»

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для изучения курса требуется лекционная аудитория с доской и средствами рисования на ней (все

написанное на доске автоматически переносится в память компьютера)

, а также предоставляющая возможность демонстрации компьютерных презентаций» и имеющей систему голосования.

## 11. Критерии оценивания и оценочные средства

### 11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Математическая физика» формой аттестации является экзамен. Оценивание качества освоения дисциплины производится в свободной форме.

#### Экзамен

| Оценка              | Описание   |
|---------------------|--|
| неудовлетворительно | нет ответа ни на один из обязательных и дополнительных вопросов. Эти вопросы входят в программу подготовки экзамена по "Математической физике".            |
| удовлетворительно   | нет ответа на дополнительные вопросы. Эти вопросы входят в программу подготовки экзамена по "Математической физике".                                       |
| хорошо              | правильные ответы на обязательные и как минимум один дополнительный вопрос. Эти вопросы входят в программу подготовки экзамена по "Математической физике". |
| отлично             | правильные ответы на все вопросы. Эти вопросы входят в программу подготовки экзамена по "Математической физике".   |

Эти критерии оценивания выкристаллизовывались десятилетиями работы автора со времен тогда еще Ленинградского политехнического института им.М.И.Калинина. Что касается самих вопросов, то они входят в программу подготовки по курсу "Математическая физика".

### 11.2. Оценочные средства

Перечень экзаменационных вопросов.

Методы Лагранжа и Эйлера в гидродинамике. Уравнение непрерывности в гидродинамике. Потенциальное движение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера для идеальной жидкости (в т.ч. с учетом силы тяжести). Уравнение адиабатичности (для энтропии) для идеальной жидкости. Гидростатическое давление (получить из уравнения Эйлера). Уравнение Бернулли (получить из уравнения Эйлера). Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Стационарное движение вязкой жидкости между 2-мя параллельными плоскостями, движущимися относительно друг друга с постоянной скоростью. Стационарное движение вязкой жидкости между двумя параллельными плоскостями при наличии продольного градиента давления. Стационарное движение вязкой жидкости в трубе постоянного диаметра при наличии продольного градиента давления. Определение вязкости крови. Стационарное движение вязкой

жидкости по трубе с кольцевым сечением при наличии продольного градиента давления. Стационарное движение вязкой жидкости между 2-мя коаксиальными цилиндрами с постоянными радиусами (внутренний цилиндр движется с постоянной скоростью вдоль образующей). Стационарное движение вязкой жидкости с постоянной толщиной свободной поверхности над наклонной плоскостью, образующей с горизонтальной поверхностью постоянный угол, в поле силы тяжести. Определение точечной группы (ТГ) симметрии (ТГС). Порядок группы. Свойства симметрии равновесной конфигурации и ТГС. ТГ низшей, средней и высшей симметрии. Применение ТТГС к определению правил отбора в поглощении и испускании, в т.ч., невырожденных обертонов и составных частот колебаний в ИК и видимой области. Квантование энергии для двухатомных молекул. Соответствие классического и квантово-механического рассмотрения. Механическая и электрооптическая аангармоничность для двухатомных молекул. Соответствие классического и квантово-механического рассмотрения. Подвижная система координат (углы Эйлера) и отделение колебаний от вращения. Кинетика возбужденных состояний частиц. Время жизни и ее связь с вероятностью перехода. Типы оптических переходов и соответствующие мощности. Коэффициенты Эйнштейна. Естественная ширина спектральной линии (СЛ). Ее связь с временем жизни. Лоренцевский контур СЛ. Ее полуширина. Доплеровское уширение СЛ. Ее контур и полуширина. Закон Бугера-Ламберта-Бэра (вывод). Нормальные среды. Оптическая плотность. Определение неизвестного вещества (допинга) в ИК и УФ областях, используя равновесие  $A+B=AB$ . Определение концентрации неизвестного вещества (допинга) в ИК и УФ областях, в т.ч., используя закон Бугера-Ламберта-Бэра. Суть ПЭ и его реалии. Активность в атмосфере колебаний парниковых газов (ПГ), в т.ч., обертонов и составных частот, в ближней и дальней ИК областях, используя ТТГС. Влияние ПГ в этой области на окружающую среду и на человека. Активность в атмосфере ПГ в видимой области, в т.ч., используя ТТГС, и их влияние на человека.

Вариант билета.

1. Стационарное движение вязкой жидкости в трубе постоянного диаметра при наличии продольного градиента давления. Определение вязкости крови.
2. Активность в атмосфере колебаний парниковых газов, в т.ч., обертонов и составных частот, в ближней и дальней ИК областях, используя теорию точечных групп симметрии (ТТГС).

## 12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Курс МФ – важная дисциплина профессионального цикла, дающая представление о математических моделях, в т.ч., в медицине и биологии человека (его взаимодействие с окружающей средой). Речь идет прежде всего о применении допинга спортсменами. Именно выявлению применения запрещенных препаратов такими "спортсменами" и посвящены занятия. При этом используются статические и кинетические методики измерения принятых доз. Другой важный вопрос, который уже долгое время обсуждает все человечество - это парниковый эффект. Кратко суть явления такова. Если исходить из формулы Планка для теплового излучения и считать температуру Солнца равной 6000 К, то спектральная полоса солнечного излучения, проходящего через атмосферу Земли и ее нагревающего, лежит в видимой и ближней инфракрасной (ИК) областях. Волновые числа этой полосы находятся в интервале примерно  $3000 - 25000 \text{ см}^{-1}$  (атмосфера – это прозрачное стекло парника). Излучение же нагретой земной поверхности при комнатной температуре (290 К), лежащее в средней и длинноволновой ИК областях (примерно  $200 - 2000 \text{ см}^{-1}$ ), атмосферой не пропускается, тепло задерживается. Это приводит к повышению температуры в «парнике» по сравнению с открытым грунтом. Если исходить из этого определения (используя при этом теорию точечных групп симметрии), то его нет и никогда не было. Это объясняется вследствие поглощения обертонами и составными частотами паров воды в полосе излучения Солнца (видимая и ближняя ИК спектральные области), т. е. полосы пропускания «стекла парника». Таким образом, атмосфера Земли в реальности не осуществляет функции парника, а значит термины «парниковый эффект» и «парниковые газы» теряют свой первоначальный смысл и остаются символическими. И неявно об этом писал М.А.Ельяшевич еще в 1938 году. Основным видом учебных занятий являются: лекции, семинары, а также самостоятельная работа студентов.

## 13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.