

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Директор института



/ С.Б. Вениг/
2022 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕРМОДИНАМИКА БИОСИСТЕМ

Направление подготовки бакалавриата
03.03.02 Физика

Профиль подготовки бакалавриата
Физика живых систем

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Скапцов Александр Александрович		23.05.2022
Председатель НМК	Скрипаль Анатолий Владимирович		24.05.2022
Заведующий кафедрой	Тучин Валерий Викторович		23.05.2022
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Термодинамика биосистем» являются:

1. обеспечение студентов:
 - знаниями теорий физических явлений и процессов, законов термодинамики и основ биофизики, лежащих в основе функционирования живых биологических объектов;
 - умением применять законы термодинамики к теоретическим и практическим задачам биофизики;
 - представлением о фундаментальных опытах термодинамики и их роли в развитии науки;
2. формирование у студентов основ естественнонаучной картины мира;
3. выработке у студентов навыков практического применения законов и моделей термодинамики и биофизики к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем;
4. приобретение обучающимися универсальных и предметно специализированных компетенций, способствующих их социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Термодинамика биосистем» представляет собой физическую теорию как обобщение наблюдений, опыта и эксперимента с акцентом на биофизические примеры. Дисциплина изучается в течение 6 (шестого) учебного семестра.

Дисциплина «Термодинамика биосистем» даёт цельное представление о биофизических законах окружающего мира, в том числе живого, в их единстве и взаимосвязи, вооружает бакалавров необходимыми знаниями для решения научно-технических задач в теоретических и прикладных аспектах, закладывает фундамент последующего обучения в магистратуре, аспирантуре. В рамках данной дисциплины рассматриваются основные принципы и законы биофизики, методы наблюдения и экспериментального исследования основных термодинамических явлений и процессов.

Дисциплина должна быть изложена на соответствующем математическом уровне. Поэтому обучающимся будут необходимы знания основ математического анализа, функций комплексных переменных, методы математической физики.

Студенты должны иметь навыки самостоятельной работы с учебными пособиями и монографической учебной литературой, уметь решать физические задачи, требующие применения дифференциального и интегрального математического аппарата, уметь производить приближенные преобразования аналитических выражений.

Знания, приобретаемые студентами при изучении дисциплины «Термодинамика биосистем», являются базой и необходимы студентам для успешного освоения специальных дисциплин и практик профилей подготовки «Физика живых систем», приобретения ими универсальных и

предметно специализированных компетенций, способствующих их социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</p>	<p>ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.</p>	<p><u>Знать:</u> основные законы статистической физики; стандартные задачи и подходы для их решения; основные источники информации по дисциплине, физические основы и математические модели, лежащих в основе моделирования статистической физики и термодинамики <u>Уметь:</u> давать интерпретацию природным и техногенным явлениям с точки зрения законов и моделей статистической физики и термодинамики; рационально выбирать физические законы для количественно описания модели; <u>Владеть:</u> терминологией, навыками практического применения законов и моделей статистической физики и термодинамики в инженерной практике.</p>
<p>ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;</p>	<p>ОПК-2.1. Знает основные методы научных исследований физических объектов, систем и процессов и владеет навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента. ОПК-2.2. Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений. ОПК-2.3. Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов.</p>	<p><u>Знать:</u> физические основы математических моделей, лежащих в основе статистической физики и биофизики <u>Уметь:</u> обосновать необходимую методику статистического исследования биофизических процессов <u>Владеть:</u> оформлением результатов экспериментов в соответствии с государственными стандартами</p>

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	ПЗ ¹		ИКР ²	СРС ³	
ОТ ⁴	Из них - ПП ⁵								
1.	Раздел 1. Основные понятия и исходные положения термодинамики	6	1-2	4			6	6	Автоматизированное тестирование по лекционному материалу, проверка СРС
2.	Раздел 2. Законы классической термодинамики и их приложение к биохимическим процессам	6	3-5	6			6	6	
3.	Раздел 3. Второй закон термодинамики в открытых системах	6	6-8	6			6	6	
4.	Раздел 4. Соотношения между величинами скоростей сродства	6	9-10	4			6	6	
5.	Раздел 5. Стационарные состояния в неравновесных системах	6	11-12	4			6	6	
6.	Раздел 6. Некоторые приложения линейной термодинамики	6	13-14	4			6	6	
7.	Раздел 7. Нелинейная термодинамика	6	15-16	4			4	4	
	Промежуточная аттестация								Контрольная работа, экзамен
	Итого			32	32	16	40	4	

¹ Практические занятия

² Иная контактная работа

³ Самостоятельная работа студента

⁴ Общая трудоемкость

⁵ Практическая подготовка

4.2. Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Основные понятия и исходные положения термодинамики

Термодинамические системы, параметры и равновесие. Исходные положения термодинамики и их обсуждение. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота. Термическое и калорическое уравнения состояния

Раздел 2. Законы классической термодинамики и их приложение к биохимическим процессам

Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Характеристические функции. Химическое равновесие и расчеты стандартных энергий биохимических реакций.

Раздел 3. Второй закон термодинамики в открытых системах

Общее изменение энтропии в открытых системах. Возрастание энтропии вследствие необратимых процессов внутри открытых систем. Химическое сродство и скорость возрастания энтропии.

Раздел 4. Соотношения между величинами скоростей сродства

Соотношения Онзагера. Происхождение соотношений взаимности. Взаимодействие необратимых процессов. Сопряжение в стационарном состоянии.

Раздел 5. Стационарные состояния в неравновесных системах

Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии в стационарном состоянии. О термодинамической устойчивости равновесных состояний. Релаксация к равновесному состоянию. Устойчивость стационарных состояний. Изменение величины приращения энтропии.

Раздел 6. Некоторые приложения линейной термодинамики

Термодинамика роста и развитая. Термодинамика экологических систем. Диссипация энергии в открытых системах химических реакций в стационарных состояниях. Диссипация энергии в метаболических циклах

Раздел 7. Нелинейная термодинамика

Критерии устойчивости стационарных состояний, далеких от равновесия. Общие критерии эволюции системы. Термодинамика нелинейных химических процессов. Множественные стационарные состояния. Термодинамика управляемых метаболических процессов. Термодинамика процессов эволюции.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы обучения с применением информационно-коммуникационных технологий.

Активные формы включают лекции с использованием лекционных демонстраций: разбор конкретных ситуаций, обсуждение наблюдаемых при лекционных демонстрациях физических явлений и эффектов, компьютерные демонстрации, короткие выборочные опросы по разбираемому материалу.

Интерактивные формы:

– дискуссионные вопросы и проблемы, которые поднимаются студентами и инициируются преподавателем на лекциях;

– предусматривается связь преподавателя со студентами через компьютерные сети с целью индивидуализации процесса обучения (рефераты, презентации) и текущего контроля выполнения заданий по всем видам учебной деятельности.

Адаптивные технологии, применяемые при обучении инвалидов и лиц с ОВЗ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве, средства дистанционного общения.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

– для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство или монитор с высоким разрешением; задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом;

– для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

Все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме или с использованием компьютера.

Также предусмотрено:

– обеспечение учебно-методическими пособиями в печатном и электронном видах по согласованию с преподавателем, ведущим занятия,

- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья,
- использование индивидуальных графиков обучения,
- использование дистанционных образовательных технологий.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Термодинамики биосистем» включает текущий контроль успеваемости, контрольная работа и экзамен.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- а) самостоятельное решение типовых задач по разделу физики «Статистическая физика», представленных в сборнике задач: Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с, с целью закрепления учебного материала.

№ п/п	Раздел дисциплины	Номера задач по задачнику: Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.
1.	Раздел 1. Характерные особенности макроскопических систем	2.2 – 2.23
2.	Раздел 2. Основные понятия теории вероятностей, используемые в статистической физике	2.19 - 2.30
3.	Раздел 3. Статистическое описание систем, состоящих из частиц	2.34 – 2.50
4.	Раздел 4. Каноническое распределение в классическом приближении	2.61 – 2.69, 2.73, 2.76,
5.	Раздел 5. Основные понятия статистической биофизики и биостатистики	2.80 – 2.86, 2.88 – 2.91
6.	Раздел 6. Преобразование случайных процессов в задачах биологии и медицины.	2.63; 2.134; 2.136; 2.138; 2.141
7.	Раздел 7. Выборочные значения и оценивание параметров в биостатистике	2.101 – 2.112, 2.115
8.	Раздел 8. Основы анализа сложных биофизических сигналов	2.118 - 2.123
9.	Раздел 9. Понятие о статистических ошибках при оценивании основных параметров биофизических процессов и анализе сложных биофизических сигналов.	2.122, 2.127 - 2.134

- б) написание и защиту реферата по заданной теме.

Список примерных тем рефератов и докладов для самостоятельной работы студентов

1. Принцип температуры или нулевое начало термодинамики.
2. Виды термометров. Международная практическая шкала температуры.
3. Термоскоп Галилея. Термометры Фаренгейта, Реомюра и Цельсия.

4. Определение характерных констант в распределении Максвелла из условия нормировки и величины средней кинетической энергии частицы.
5. Экспериментальное определение постоянной Больцмана в опытах Перрена.
6. Распределение Больцмана и атмосфера планеты.
7. Вывод значения средней длины свободного пробега газа на основе вероятностных представлений.
8. Цикл Карно. Теоремы Карно.
9. Термодинамическая энтропия.
10. Практический цикл поршневой паровой машины.
11. Уравнение Бернулли ламинарного стационарного течения и первое начало термодинамики.
12. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Принцип Больцмана (статистический смысл энтропии).
13. Парадокс Гиббса.
14. Химический потенциал.
15. Статистика Ферми-Дирака.
16. Статистика Бозе - Эйнштейна.
17. Методы получения низких температур и сжижение газов.
18. Осмотическое давление.
19. Симметрия кристаллов.

Методические указания для решения задач

1. Приступая к решению задачи, хорошо вникните в её смысл и постановку вопроса. Установите все ли данные, необходимые для решения задачи, приведены. Недостающие данные можно найти в таблицах. Если позволяет характер задачи, обязательно сделайте схематический рисунок, поясняющий её сущность, - это во многих случаях резко облегчает как поиск решения, так и само решение.

2. Каждую задачу решайте, как правило, в общем виде (т. е. в буквенных обозначениях), так, чтобы искомая величина была выражена через заданные величины. Решение в общем виде придает окончательному результату особую ценность, ибо позволяет установить определенную закономерность, показывающую, как зависит искомая величина от заданных величин. Кроме того, ответ, полученный в общем виде, позволяет судить в значительной степени о правильности самого решения.

3. Приступая к вычислениям, помните, что числовые значения физических величин всегда являются приближенными. Поэтому при расчетах руководствуйтесь правилами действия с приближенными числами. В частности, в полученном значении вычисленной величины нужно сохранить последним тот знак, единица которого еще превышает погрешность этой величины. Все следующие цифры надо отбросить.

4. Получив цифровой ответ, оцените его правдоподобность. Такая оценка может в ряде случаев обнаружить ошибочность полученного результата. Так,

например, дальность полета брошенного человеком камня не может быть порядка 1 км, скорость тела не может оказаться больше скорости света в вакууме и т. п.

Методические рекомендации

для самостоятельной работы студентов по освоению дисциплины

1. Рекомендуется два уровня самостоятельной проработки материала. Первый – на уровне материалов, полученных на лекциях и на практических занятиях. Второй – на уровне углубленного изучения материала по учебникам. Необходимо прорабатывать материалы с карандашом и бумагой при выводе формул и графической интерпретации результатов.

2. Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использование электронных справочников и систем поиска по ключевым словам в Internet.

3. Важную роль в самостоятельной работе студентов играет самоконтроль, который рекомендуется осуществлять по контрольным вопросам и заданиям рабочей программы дисциплины.

4. Рекомендуется каждому студенту выработать собственные способы запоминания большого объема информации, умение ориентироваться и выделять основополагающие понятия каждого раздела и подраздела дисциплины.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля (автоматизированное тестирование) и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Термодинамические системы, параметры и равновесие.
2. Основные положения термодинамики.
3. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты.
4. Равновесные и неравновесные процессы.
5. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота.
6. Термическое и калорическое уравнения состояния
7. Первый закон термодинамики.
8. Второй закон термодинамики.
9. Характеристические функции.
10. Химическое равновесие и расчеты стандартных энергий биохимических реакций.
11. Общее изменение энтропии в открытых системах.
12. Возрастание энтропии вследствие необратимых процессов внутри открытых систем.
13. Химическое сродство и скорость возрастания энтропии.
14. Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера.

15. Взаимодействие необратимых процессов. Сопряжение в стационарном состоянии.
16. Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии в стационарном состоянии.
17. Термодинамическая устойчивость равновесных состояний.
18. Изменение величины приращения энтропии.
19. Термодинамика роста и развитая.
20. Термодинамика экологических систем.
21. Диссипация энергии в открытых системах химических реакций в стационарных состояниях.
22. Диссипация энергии в метаболических циклах
23. Критерии устойчивости стационарных состояний, далеких от равновесия.
24. Общие критерии эволюции системы.
25. Термодинамика нелинейных химических процессов.
26. Множественные стационарные состояния.
27. Термодинамика управляемых метаболических процессов.
28. Термодинамика процессов эволюции.
29. Понятие макросистемы и микросистемы. Параметры макросистемы, принцип Лоренца. Функции состояния.
30. Замкнутая и изолированная системы. Равновесное состояние системы и состояние термодинамического равновесия. Объем, давление, плотность, температура.
31. Внутренняя энергия макросистемы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
32. Эмпирические законы Бойля – Мариотта и Гей – Люссака.
33. Принцип температуры, термически идеальный газ, эталонный термометр. Шкала Кельвина.
34. Уравнение состояния идеального газа.
35. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Энергетический смысл температуры. Внутренняя энергия идеального газа.

Вопросы и задачи для проведения письменной контрольной работы.

Вариант 1.

Задание 1. С молекул идеального газа совершается процесс, в котором энтропия изменяется по закону

$$S(T) = \alpha T^2 + c_V \ln T,$$

где c_V – теплоемкость при постоянном объеме, α – постоянная. Найти теплоемкость газа в этом процессе. Какое количество тепла было подведено к системе, если начальная температура T_0 , а конечная $2T_0$?

Задание 2. Идеальный газ сжимается под поршнем в цилиндре так, что уходящее в окружающую среду тепло равно изменению внутренней энергии газа. Определить работу, затраченную на сжатие моля газа при изменении объема в два раза. Чему равна теплоемкость в этом процессе? Начальная температура газа T_0 . Теплоемкость при постоянном объеме c_V и показатель адиабаты известны.

Задание 3. Два закрытых цилиндрических сосуда с площадью поперечного сечения S и высотой H и $H/2$ находятся в поле тяжести Земли. Основания сосудов установлены на одной высоте. Цилиндры у основания соединены тонкой трубкой. Всего в сосудах находится один моль газа. Найти количество молекул в сосуде высотой H . Масса молекулы газа равна m .

Задание 4. Два тела с одинаковыми теплоемкостями C и температурами T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$) образуют адиабатически изолированную систему. Какую максимальную работу можно получить, используя эти тела в качестве нагревателя и холодильника?

Вариант 2.

Задание 1. С молем идеального газа совершается процесс, в котором $p = kV^3$, где k – известная постоянная. Найти теплоемкость газа в этом процессе. Теплоемкость при постоянном объеме c_V известна.

Задание 2. Для идеального газа найти в переменных T и V уравнение процесса, в котором молярная теплоемкость изменяется по закону:

$$c = c_V + \alpha p^2,$$

где α – постоянная.

Задание 3. Один моль одноатомного идеального газа с температурой T находится в цилиндре объемом V_0 , закрытом поршнем. Поршень удерживается на месте за счет силы трения. Газ начинают медленно подогревать. При температуре газа, равной T_1 , поршень приходит в движение и движется до тех пор, пока объем не удвоится. Найти подведенное к системе тепло. Считать, что в процессе движения поршня сила трения постоянная.

Задание 4. Во сколько раз изменится число ударов в единицу времени двухатомных молекул об единицу поверхности стенки, если газ адиабатически расширить в два раза?

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности по лекционным, практическим занятиям и самостоятельной работе студента

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	0	0	37	6	37	0	20	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции - не предусмотрены.

Лабораторные занятия - не предусмотрены.

Практические занятия - 37 баллов предусматривают 100% посещаемость занятий, решение не менее 70% от планируемого количества задач в расчете на одного студента, активность на занятии.

Самостоятельная работа - 6 баллов предусматривают 100% выполнение домашнего задания (самостоятельного решения задач). При неполном выполнении заданий баллы уменьшаются пропорционально.

Автоматизированное тестирование - 37 баллов предусматривают 100% выполнение всех 16 тестовых заданий. Каждое тестовое задание содержит 10 вопросов. При неполном выполнении заданий баллы уменьшаются пропорционально.

Другие виды учебной деятельности - не предусмотрены.

Промежуточная аттестация - представляет собой устный экзамен по билету и двумя дополнительными вопросами. Каждый билет содержит 2 вопроса. За каждый полный ответ на один вопрос из билета ставится 7 баллов. За каждый полный ответ на один дополнительный вопрос ставится 3 бала. Количество наводящих, уточняющих, подсказывающих вопросов - не ограничено. Наводящие, уточняющие, подсказывающие вопросы не оцениваются.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за шестой семестр по дисциплине «Термодинамика биосистем» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Термодинамика биосистем» в оценку (экзамен):

91 - 100 баллов	«отлично»
81 - 90 баллов	«хорошо»
61 - 80 баллов	«удовлетворительно»
0 - 60 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).

а) литература:

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики: учеб. пособие в 5 т. Т. 1: Механика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 и 2014 гг. Гриф МО (2010 г. изд. – в ОУОЕН НБ СГУ 114 экз. и 2014 г. изд. – в ОУОЕН 31 экз.).
2. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике: учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. ПО Microsoft Windows pro 7 + OfficeProPlus 2007 Rus.
2. Описания лабораторных работ Общего физического практикума СГУ: <http://www.sgu.ru/node/302/uchebnaya-rabota/obshchiy-fizicheskiy-praktikum>.
3. *Савельев И.В.* Курс общей физики [Электронный ресурс]: учеб. пособие : / И.В. Савельев = A course in general physics. – М. : «Лань», 2011. – URL: http://e.lanbook.com/books/?p_f_1_65=918&letter=%D0%A1. – ЭБС «ЛАНЬ»
4. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – URL: <http://library.sgu.ru/>
5. <http://www.physbook.ru/> : Электронный учебник физики.



9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные аудитории 3-го и 8-го учебных корпусов Саратовского государственного университета с возможностью использования мультимедийной техники.
- Мультимедийное оборудование физического факультета СГУ.
- Действующие учебные лабораторные установки Общего физического практикума СГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавриата 03.03.02 «Физика» с учетом профиля подготовки «Физика живых систем».

Автор: к.ф.-м.н. Скапцов Александр Александрович

Программа одобрена на заседании кафедры оптики и биофотоники от 14.09.2021 года, протокол № 13/21.

Программа актуализирована на заседании кафедры оптики и биофотоники от 23.05.2022 года, протокол № 09/22.