

Мат. 4

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

В. В. Журавков

«20» сентября 2023 г.

Регистрационный № УД-1413-23 /уч.

ФИЗИКА ЭНЕРГО- И МАССОПЕРЕНОСА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

7-06-0533-02 Прикладная физика

Профилизация Медицинская физика

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 7-06-0533-02-2023 от 28.07.2023 и учебного плана № 168-23/уч.маг.веч. от 07.04.2023 специальности 7-06-0533-02 Прикладная физика профилизация Медицинская физика

СОСТАВИТЕЛИ:

Т.С. Чикова, профессор кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент;

Н.А. Савастенко, заведующий кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

М. Н. Петкевич, заведующий отдела по инженерному обеспечению лучевой терапии учреждения здравоохранения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии имени Н. Н. Александрова»;

С. Е. Головатый, заведующий кафедрой экологического мониторинга и менеджмента учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол №_4_от_29_ноября_2023 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол №_4_от_20_декабря_2023 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Физика энерго- и массопереноса» разработана для специальности 7-06-0533-02 Прикладная физика (Профилизация Медицинская физика). Дисциплина «Физика энерго- и массопереноса» входит в модуль «Технические приложения теоретической физики» государственного компонента учебного плана образовательного процесса для подготовки специалистов по уровню углубленного высшего образования в области медицинской физики, компетентных в научно-исследовательском, образовательном и медико-профилактическом видах деятельности.

Изучение явлений переноса является важнейшей составляющей прикладной физики поскольку обмен массой, энергией и импульсом в физических средах и технических термодинамических системах лежит в основе теоретического объяснения многих явлений природы, широко используемых в технике и имеющих большую практическую значимость. Учебная программа содержит основы теории физических процессов переноса энергии и массы в трех средах – газе, жидкости и твердом теле. Все явления рассматриваются в рамках приближения механики сплошных сред и термодинамики. Основное внимание уделяется анализу физической стороны изучаемых явлений, общности моделей, подходов и математических обобщений в теоретическом описании теплопроводности, диффузии и вязкости (внутреннего трения).

Цель учебной дисциплины:

формирование системы теоретических знаний и ознакомление с методами решения физических и прикладных задач в области механизмов и закономерностей процессов энерго- и массопереноса в газе, жидкости и в твердом теле.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование представления о теоретических моделях и методах описания процессов энерго- и массопереноса в газе, жидкости и в твердом теле;
- изучение и понимание сущности основных законов энерго- и массопереноса;
- развитие умений и навыков по применению полученных знаний для решения конкретных теоретических и практических задач.

Для достижения указанных целей необходимо:

- объяснить студенту основные принципы и законы физики энерго- и массопереноса и их математические выражения;
- ознакомить его с основными физическими явлениями переноса энергии и массы в природе и технике;
- сформировать у студента навыки количественно формулировать и решать физические задачи переноса, оценивать порядки и физический смысл полученных физических величин;
- дать студенту научное представление о границах применимости физических моделей и гипотез энерго- и массопереноса;

– дать студенту диалектическое понимание важнейших этапов истории развития физики энерго- и массопереноса и ее методологических проблем.

Обучающийся должен владеть следующими компетенциями:

УПК-3. Использовать методы теоретической физики для описания термодинамических систем с энерго- и массопереносом.

В результате изучения дисциплины «Физика энерго- и массопереноса» студент должен

знать:

- основные положения и законы энерго- и массопереноса в газе, жидкости и твердых средах, понимать их физический смысл и области применения;
- внешние и внутренние факторы, влияющие на процессы энерго- и массопереноса в технических системах.

уметь:

- решать задачи физики теплопроводности, физики диффузии и физики вязкости (внутреннего трения);
- использовать знания фундаментальных наук при проведении исследований энерго- и массопереноса в биологических системах.

владеть:

- методами моделирования явлений энерго- и массопереноса в биологических и технических процессах;
- основами современных методов расчёта процессов переноса в прикладных и теоретических задачах.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины рассчитано на общее количество часов – 108. Аудиторное количество часов – 24, из них: лекции – 18 часов, семинарские занятия – 6 часов.

Форма получения высшего образования – очная (вечерняя).

Форма текущей аттестации – экзамен во 2 семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение в энергомассообмен

Основные определения и терминология. Явления переноса как передача энергии, массы и импульса в термодинамически неравновесных системах. История формирования термодинамики и физической кинетики. Процессы энерго- и массообмена в природе и технике.

Тема 2. Основы молекулярно-кинетической теории газа

Основные положения молекулярно-кинетической теории газа. Кинематические характеристики молекулярного движения. Эффективное поперечное сечение. Средняя квадратичная скорость движения молекул и их средняя кинетическая энергия. Средняя длина свободного пробега молекул газа. Средняя частота столкновений молекул газа. Закон распределения молекул по скоростям Максвелла. Основное уравнение кинетической теории газов.

Тема 3. Феноменологическая теория неравновесных явлений

Общие положения теории переноса. Термодинамика необратимых процессов. Законы сохранения массы, импульса и энергии в интегральной форме. Дифференциальная форма законов сохранения массы, импульса и энергии. Уравнения баланса и законы сохранения. Уравнения баланса массы многокомпонентной смеси. Уравнения баланса импульса. Уравнения баланса кинетической энергии. Уравнения баланса потенциальной энергии. Уравнение баланса механической энергии. Сохранение энергии и уравнения баланса внутренней энергии.

Тема 4. Энергоперенос

Виды энергопереноса в физике. Основные понятия и положения энергопереноса. Физическая природа явлений энергопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение. Общее уравнение переноса.

Тема 5. Теория теплопроводности

Основные положения учения о теплопроводности. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Феноменологический закон теплопроводности Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности для однородного твердого тела. Коэффициент теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Граничные условия первого рода. Граничные условия второго рода. Граничные условия третьего рода. Граничные условия четвертого рода. Механизмы теплопроводности в газах, жидкостях, твёрдых телах. Коэффициент теплопроводности газов Коэффициент теплопроводности жидкостей Коэффициент теплопроводности металлов.

Тема 6. Массоперенос

Виды массообмена в природе и технике. Основные понятия и положения массопереноса. Физическая природа явлений массопереноса. Общие закономерности диффузионных процессов массопереноса.

Тема 7. Теория диффузии

Виды диффузии. Основные понятия и положения. Физическая природа явлений диффузии. Самодиффузия. Взаимная диффузия. Термическая диффузия. Диффузия в твердых телах. Диффузия в плазме. Осмос. Поверхностная диффузия.

Аналогии между диффузией и теплопроводностью. Методы моделирования диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Термодинамика диффузии. Диффузия под действием градиента химического потенциала. Дифференциальное уравнение диффузии. Уравнение диффузии в трехмерном случае.

Тема 8. Теория вязкости (внутреннего трения)

Режимы течения жидкости и газа. Физическая природа вязкости (внутреннего трения) в жидкостях и газах. Вязкость газов. Влияние температуры на вязкость газов. Вязкость жидкостей. Динамическая вязкость. Кинематическая вязкость. Сила вязкого трения. Градиент скорости и перенос импульса. Закон вязкости Ньютона. Коэффициент динамической вязкости. Ньютоновская и неньютоновская жидкости.

Методы определения вязкости. Определение вязкости жидкости методом Стокса. Определение вязкости жидкости методом капиллярного вискозиметра (методом Пуазейля). Практическое применение вязкости в медицине. Вязкость крови и ее измерение.

Связь между коэффициентами переноса и их зависимость от температуры и плотности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	7	8
1	Введение в энергомассообмен	2			метод. пособие	самост. работа
2	Основы молекулярно-кинетической теории газа	2			метод. пособие	самост. работа
3	Феноменологическая теория неравновесных явлений	2	1		метод. пособие	самост. работа
4	Энергоперенос	2	1		метод. пособие	самост. работа
5	Теория теплопроводности	2			метод. пособие	самост. работа
	Контрольная работа № 1		1			контроль ная работа
6	Массоперенос	2	1		метод. пособие	самост. работа
7	Теория диффузии	4			метод. пособие	самост. работа
8	Теория вязкости (внутреннего трения)	2	1		метод. пособие	самост. работа
	Контрольная работа № 2		1			контроль ная работа
	ВСЕГО	18	6			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 1. Механика / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 560 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 544 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 3. Электричество / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 656 с.
4. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 4. Оптика / Д. В. Сивухин. – 3-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 792 с.
5. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 5. Атомная и ядерная физика / Д. В. Сивухин. – 3-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 784 с.
6. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика : учебник : в 2 ч. Ч. 1 : Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2014. – 303 с.
7. Ташлыкова-Бушкевич, Ия Игоревна. Физика : учебник : в 2 ч. Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2014. – 232 с.

Дополнительная

8. Литвяк, В.С. Волновое и корпусное строение материи-антиматерии: роль и значение пустоты в структуре : в 2 ч. Ч. 1. / В. С. Литвяк, В. В. Литвяк. – Минск : ИВЦ Минфин, 2018. – 440 с.
9. Литвяк, В.С. Волновое и корпусное строение материи-антиматерии: роль и значение пустоты в структуре : в 2 ч. Ч. 2. / В. С. Литвяк, В. В. Литвяк. – Минск : ИВЦ Минфин, 2018. – 687 с.

Инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины

При изучении дисциплины «Физика энерго- и массопереноса» рекомендуется активно использовать практико-ориентированный подход, методы проектного и группового обучения.

Практико-ориентированный подход предполагает: освоение содержания образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;

ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры; использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Метод проектного обучения представляет собой способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта. Указанный метод предполагает приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

Метод группового обучения представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

В процессе чтения лекций используются мультимедиа презентации с использованием видео- и аудио- технологий демонстрации математических понятий и их связи с окружающим миром.

В процессе проведения практических заданий используются дидактические материалы, включающие задачи повышенной сложности. Использование дидактических материалов позволяет работать хорошо успевающим студентам с большим коэффициентом полезного действия.

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов с рекомендуемыми учебно-методическими материалами, Internet-источниками и другими источниками.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе ЭУМК – комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, интерактивного тестирования, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам курса (модуля).

Перечень рекомендуемых средств диагностики

С целью диагностики знаний, умений и навыков обучающихся по данной дисциплине рекомендуется использовать:

- 1) контрольные работы;

- 2) самостоятельные работы;
- 3) коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
- 4) устный опрос в ходе практических занятий;
- 5) проверку конспектов лекций студентов;
- 6) тестирование, включая компьютерное.

Темы самостоятельных работ

1. Массоперенос в технологических процессах очистки веществ от вредных примесей.
2. Роль диффузии в процессах переноса веществ в биологических системах.
3. Факторы, влияющие на вязкость крови в организме.

Темы контрольных работ

1. Решение одномерного стационарного уравнения теплопроводности.
2. Вычисление коэффициентов уравнений переноса (закона Фурье, закона Фика, закон Ньютона).

Темы коллоквиумов

1. Уравнения (законы) теории энергопереноса.
2. Уравнения (законы) теории массопереноса.
3. Система дифференциальных уравнений явлений переноса.

Протокол согласования учебной программы

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласование с другими дисциплинами не требуется			