

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

« 17 » 05 2018 г.

Регистрационный № УД- 5602 уч.

Математическое моделирование в физике и механике

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

- | | |
|---------------|--|
| 1-31 03 03 | Прикладная математика (по направлениям)
направления специальности |
| 1-31 03 03-01 | научно-производственная деятельность |

2018 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 03-2013 и учебного плана УВО № G31-173/уч. 2013 г. от 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛЬ

А.В. Тетерев, доцент кафедры вычислительной математики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой вычислительной математики (протокол № 14 от 19.04.2018);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 5 от 04.05.2018)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Математическое моделирование в физике и механике» посвящена вопросам построения математических моделей и проведения вычислительного эксперимента в таких важных областях естествознания как физика и механика. Материал основан на построении моделей конкретных задач механики, физики и других наук. Применяемые при исследовании таких задач методы в значительной степени опираются на курсы "Уравнения математической физики" и "Численные методы математической физики", а также тесно связаны со спецкурсом "Моделирование и вычислительный эксперимент в механике и физике", являясь логическим продолжением последнего.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны закрепить навыки в исследовании сложных естественнонаучных явлений и процессов путем построения соответствующих математических моделей и проведения соответствующего вычислительного эксперимента.

Цель учебной дисциплины «Математическое моделирование в физике и механике»: закрепление у студентов навыков применения методологии решения сложных задач, основанной на математическом моделировании и вычислительном эксперименте.

Основные задачи, решаемые при изучении учебной дисциплины «Математическое моделирование в физике и механике»:

- формирование у студентов твердых навыков по применению методологии выбора математической модели и оценки уровня адекватности последней;
- освоение современных вычислительных алгоритмов, применяемых в ходе проведения вычислительного эксперимента.

Учебная дисциплина «Математическое моделирование в физике и механике» относится к циклу дисциплин специализации (1-31 03 03-01 04 Численные методы).

В результате изучения дисциплины студент должен **знать:**

- принципы построения математических моделей в газовой динамике;
- методологию построения математических моделей механики на основе вариационного принципа Лагранжа;
- современные численные методы, применяемые в ходе вычислительного эксперимента в различных областях естествознания;

уметь:

- строить математические модели с учетом основных процессов, характеризующих данное явление или объект;
- выбирать численный метод, обеспечивающий качественное проведение вычислительного эксперимента;

владеть:

- современной методологией построения математической модели, адекватно описывающей исследуемый процесс (явление);
- подходами к выбору численного метода, практически пригодного для проведения вычислительного эксперимента по данной модели;
- навыками самообразования и методологией исследования естественно-научных процессов (явлений) с помощью математического моделирования и проведения вычислительного эксперимента.
- Освоение учебной дисциплины «Математическое моделирование в физике и механике» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.

социально-личностные компетенции:

- СЛК-1. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

профессиональные компетенции:

- ПК-1. Работать с научно-технической, нормативно-справочной и специальной литературой.

В соответствии с типовым учебным планом специальности 1- 31 03 03 Прикладная математика (по направлениям) учебная программа предусматривает для изучения дисциплины 159 учебных часов, в том числе 68 аудиторных часов: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа. Трудоемкость учебной дисциплины – 4 зачетных единицы.

Форма обучения – дневная.

Форма текущей аттестации – зачет и экзамен в 8 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Вычислительный эксперимент в физике

Тема 1.1. Введение

Универсальные методологические подходы, позволяющие безотносительно к конкретным областям приложений строить адекватные математические модели изучаемых объектов. Вычислительный эксперимент как универсальный инструмент исследователя.

Тема 1.2. Основы построения программного комплекса для проведения вычислительного эксперимента

Методология проектирования «сверху-вниз». Система программирования OLYMPUS. Спецификации для систематического программирования. Деление программ на классы. Управление временными шагами при проведении вычислительного эксперимента. Управление выводом результатов. Стил программирования. Рекомендации по проектированию программ. Рекомендации по эффективности программ. Рекомендации по отладке больших программных комплексов.

Раздел 2. Моделирование на основе применения нескольких фундаментальных законов

Тема 2.1. Вывод уравнений газовой динамики в эйлеровых координатах

Предварительные понятия газовой динамики. Вывод уравнения неразрывности для сжимаемого газа. Уравнение непрерывности в курсе теоретической физики. Уравнение движения газа. Вывод уравнения Эйлера. Уравнение энергии.

Тема 2.2. Различные модели газодинамических течений

Поток энергии. Уравнения газовой динамики в лагранжевых координатах. Краевые условия для уравнений газовой динамики. Акустическое приближение. Уравнение Хопфа. «Градиентная катастрофа» - нелинейный эффект. Ударные волны.

Тема 2.3. Основные модели Рэлей-Плессетского типа

Модель Рэлей – Плессета для пузырька в несжимаемой жидкости. Численное решение системы уравнений Геринга-Флина для пузырька в акустическом поле с учетом вязкости и сжимаемости окружающей жидкости. Моделирование осцилляционной динамики пузырька на основании системы уравнений Келлера – Миксиса с учетом поверхностного натяжения вязкости и сжимаемости окру-

жающей жидкости. Модель Гилмора для воздушного пузырька в сильном ультразвуковом поле с учетом реальных свойств жидкости.

Раздел 3. Модели на основе уравнения Больцмана

Тема 3.1. Вывод уравнения Больцмана

Функция распределения. Распределение Максвелла. Н-теорема Больцмана. Свойства интеграла столкновений. Формула осреднения.

Тема 3.2. Вывод уравнений газодинамики из уравнения Больцмана

Система газодинамических уравнений для сжимаемого вязкого теплопроводного газа. Цепочка гидродинамических моделей газа. Уравнение Навье-Стокса.

Раздел 4. Системы отсчета

Тема 4.1. Уравнения движения в инерциальных и неинерциальных системах отсчета

Модель движения механической системы в форме Ньютона. Модель движения в форме Лагранжа. Вывод уравнения движения в неинерциальной системе отсчета, движущейся поступательно. Вывод уравнения движения в произвольной неинерциальной системе отсчета.

Раздел 5. Уравнения движения в форме Лагранжа

Тема 5.1. Вариационные принципы в задачах механики

Уравнение движения в форме Лагранжа для материальной точки в одномерном случае. Модель движения материальной точки в 3-х мерном пространстве. Вывод уравнения Лагранжа для системы N материальных точек. Преимущества моделей движения в форме Лагранжа.

Тема 5.2. Конкретные задачи механики

Уравнения движения свободной точки в цилиндрических и сферических координатах. Модель движения точки на расширяющейся цилиндрической поверхности. Точка на колеблющейся горизонтальной поверхности. Модель циклоидного маятника. Точка на пересечении сферы и движущейся плоскости. Закон сохранения обобщенного импульса. Закон сохранения обобщенной энергии. Модель сферического маятника. Точка на вращающейся прямой.

Тема 5.3. Каноническое уравнение Гамильтона

Законы сохранения в канонических переменных. Функция Гамильтона и интегралы канонических уравнений в задачах двух тел.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия		
1	Вычислительный эксперимент в физике				
1.1	Введение	2			
1.2	Основы построения программного комплекса для проведения вычислительного эксперимента		6		Экспресс-опрос
2	Моделирование на основе применения нескольких фундаментальных законов				
2.1	Вывод уравнений газовой динамики в эйлеровых координатах	2			Экспресс-опрос
2.2	Различные модели газодинамических течений	4			Экспресс-опрос
2.3	Основные модели Рэлей-Плессетского типа		8	2	Отчет по лаб. работе
3	Модели на основе уравнения Больцмана				
3.1	Вывод уравнения Больцмана	4			Экспресс-опрос
3.2	Вывод уравнений газодинамики из уравнения Больцмана	4			Экспресс-опрос
4	Системы отсчета				Коллоквиум
4.1	Уравнения движения в инерциальных и неинерциальных системах отсчета	4		2	Экспресс-опрос
5	Уравнения движения в форме Лагранжа				Контрольная работа по темам 1.2-5.3
5.1	Вариационные принципы в задачах механики	6			Экспресс-опрос
5.2	Конкретные задачи механики	6	8		Экспресс-опрос
5.3	Каноническое уравнение Гамильтона	2	8		Экспресс-опрос
	Всего	34	30	4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: «Наука». – 1997.
2. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц. М.: «Мир». – 1987.
3. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М.: «Наука». – 1970.

Перечень дополнительной литературы

4. Самарский А.А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент // Вестник АН СССР, №5. 1979. – С. 38-49.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 2. Моделирование на основе применения нескольких фундаментальных законов

1. Вывести систему уравнений для модели Гилмора.
2. Вывести систему уравнений для модели Келлера-Миксиса.
3. Вывести систему уравнений для модели Геринга-Флинна.
4. Построить вычислительную модель для решения системы в приближении Гилмора.
5. Построить вычислительную модель для решения системы в приближении Келлера-Миксиса.
6. Построить вычислительную модель для решения системы в приближении Геринга-Флинна.

Раздел 4. Системы отсчета

1. Построение вычислительной модели в сферических координатах и ее программная реализация для приближения Гилмора.
2. Построение вычислительной модели в сферических координатах и ее программная реализация для приближения Келлера-Миксиса.
3. Построение вычислительной модели в сферических координатах и ее программная реализация для приближения Геринга-Флинна.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- лабораторные работы;
- письменные контрольные работы;
- коллоквиумы;
- устные экспресс-опросы.

Лабораторные работы, как правило, представляют собой задания, включающие аналитическое исследование предложенной дифференциальной задачи, а также (по разделу 3) программную реализацию указанного численного метода (язык программирования обычно выбирается самим студентом), проведение вычислительного эксперимента и комментарии по его итогам. Рекомендуемая форма отчетности по лабораторной работе – письменный отчет. Лабораторная работа оценивается по стандартной 10-балльной шкале. Оценка за лабораторную работу может быть снижена в случае несвоевременного выполнения.

Письменные контрольные работы проводятся для контроля знаний по одному или нескольким разделам курса. Они включают, как правило, 4-5 заданий и оце-

ниваются по 10-балльной шкале. В случае неудовлетворительной оценки контрольная работа может быть переписана.

Коллоквиум представляет собой персональную устную беседу преподавателя со студентом с целью определения уровня знаний по пройденным темам. Для более точной оценки коллоквиум может включать дополнительный письменный этап. По результатам коллоквиума выставляется оценка по 10-балльной шкале.

Устный экспресс-опрос студентов проводится в свободной форме в течение лабораторных занятий. Его результаты учитываются преподавателем при выставлении рейтинговой оценки в конце семестра.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015)
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной 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
Численные методы и программные средства компьютерного моделирования и анализа	Кафедра вычислительной математики	Нет	Изменений не требуется, протокол № 14 от 19.04.2018

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
