

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«08» Января 2020 г.

Регистрационный № УД- 4738/уч.

Методы математического моделирования физических процессов

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

Специальность: 1-31 80 20 Прикладная физика

Профилизация: Сильноточная электроника

2020 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 20-2019, учебных планов № G31и–121/уч. и G31а–122/уч. от 30.12.2019 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В. И. Зеленков — доцент кафедры высшей математики и математической физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.А. Савва — профессор кафедры высшей математики Белорусского государственного технологического университета, доктор физико-математических наук, доцент.

Н.И. Горбачук — доцент кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой высшей математики и математической физики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 30.12.2019 г.).

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 3 от 03.01.2020 г.)

Заведующий кафедрой _____

подпись



Н.Г.Абрашина-Жадаева _____
Ф.И.О.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Методы математического моделирования физических процессов» разработана в соответствии с требованиями образовательных стандартов высшего образования по специальности 1-31 80 20 «Прикладная физика» второй ступени получения образования.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение основных принципов и ознакомление с сущностью современных подходов к математическому моделированию физических процессов, а также демонстрация роли математического и численного моделирования в актуальных научных задачах современных направлений физики.

Задачи учебной дисциплины:

1. обучение аналитическим и численным методам решения уравнений математической физики для линейных и нелинейных задач, способам установления связи между характеристиками отдельных тел и физическими свойствами образуемой ими макросистемы;
2. формирование навыков создания программ различной сложности в системе *Wolfram Research Mathematica*;
3. обучение исследованию математическими методами свойств моделей для получения информации об исследуемом объекте;
4. изучение основных подходов при выборе или разработке алгоритма компьютерной реализации модели.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к государственному компоненту и входит в модуль «Математические методы в физике». Дисциплина изучается иностранными студентами.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др. Учебная дисциплина «Методы математического моделирования физических процессов» основана на знаниях и представлениях, заложенных в следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Методы математической физики», «Основы функционального анализа и теории функций», «Программирование и математическое моделирование».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Методы математического моделирования физических процессов» должно обеспечить формирование следующих универсальных и углубленных профессиональных компетенций.

универсальные компетенции:

УК-3: Быть способным использовать фундаментальные математические знания для анализа, верификации, оценки полноты информации в ходе профессиональной деятельности, при необходимости восполнять и синтезировать недостающую информацию, работать в условиях неопределенности;

углубленные профессиональные компетенции:

УПК-5: Быть способным строить и развивать математические модели физических явлений, реализовывать их с использованием современных информационных технологий, анализировать свой продукт в контексте новейших достижений математического моделирования.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: принципы постановки вычислительного эксперимента и методы математического моделирования физических процессов;

уметь: выполнять построение моделей физических процессов и явлений; проводить анализ математических аспектов и физических характеристик моделируемых систем;

решать задачи аналитически, а также с использованием интерпретируемых языков высокого уровня (Mathematica) и современных методов численного анализа;

владеть: методологией математического моделирования;

– методикой построения математических моделей;

– методами решения и анализа задач в соответствии с целями образовательной программы.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 и 2 семестрах. Всего на изучение учебной дисциплины «Методы математического моделирования физических процессов» отведено 324 часа, в том числе:

– для очной формы получения высшего образования в первом семестре – 216 часов, в том числе 90 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, практические занятия – 20 часов, лабораторные работы – 28 часов, 8 часов УСР.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц в первом семестре.

Формы текущей аттестации – зачет.

- для очной формы получения высшего образования во втором семестре – 108 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, практические занятия – 4 часа, лабораторные работы – 24 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единиц. Формы текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Section 1. Introductory course

Topic 1.1. Refresher course in mathematics

1.1.1. Basic concepts of mathematical analysis and formulations of the theorems. Linear algebra in n -dimensional space.

1.1.2. Second order linear differential equations. Operator statements of boundary value problems. Existence, uniqueness of solution, stability.

1.1.3. Orthogonal functions systems expansion: completeness of systems, Fourier series, Fourier integral, cylindrical functions, Legendre polynomials, spherical harmonics.

1.1.4. Examples and classification of modeling problems: classification of differential equations, types of boundary conditions, differential equations with the Laplace operator, problems of heat and mass transfer and filtration, problems of hydrodynamics. Waves in one dimension and waves with spherical symmetry. Applications.

Topic 1.2. The basics of work in *Wolfram Research Mathematica* system

Syntax of the *Mathematica* language. Basic functions and operators. Mathematical typesetting. Creation of tables and plots. Solution of algebraic and differential equations (both analytical and numerical). Data import and export.

Topic 1.3. The basics of numerical methods

Method of finite differences. Economic difference schemes. Scheme of the variable directions. Conservative uniform difference schemes. Integro-interpolation method (balance method).

Topic 1.4. Main stages of a mathematical modeling method

Direct and inverse problems of mathematical modeling. Universality of mathematical models. Principle of analogies. Hierarchy of models. Linear and nonlinear models. Linearization.

Section 2. Various mathematical models

Topic 2.1. Problems of populations dynamics

Model of unlimited growth (Malthus model). Taking account of intraspecific and interspecific interaction (logistic model and prey-predator model). Problems with delay (Hutchinson model). Taking account of a population age structure (Lesley model). Management of biocenosis dynamics.

Topic 2.2. Dynamic chaos

Dynamic chaos in the determinate systems. Discrete logistic equation. The Feigenbaum mapping. Cascade of period doubling bifurcations. A strange attractor. Physical models of systems with chaotic dynamics and their application.

Topic 2.3. Various wave processes

Fisher's equation (Kolmogorov–Petrovsky–Piskunov equation). Temperature waves in the soil. Epidemic waves.

Topic 2.4. Branching processes

Birth and death processes. Galton–Watson process. Chapman–Kolmogorov equation. Markov chains. Multilevel systems dynamics.

Topic 2.5. Fractals

Fractal dimension. Fractals. Julia and Mandelbrot sets. Fractals in nature.

Topic 2.6. Solitons

Korteweg–de Vries equation. Concept of soliton. Solitons in physics. Shallow water equations. Tsunami.

Topic 2.7. Stefan problem on phase transition

Similarity method. Stefan problem on phase transition. One-dimensional single-phase Stefan problem. One-dimensional two-phase Stefan problem.

Topic 2.8. Problems of mathematical theory of hydrodynamics

2.8.1. Navier-Stokes equations. Stationary flow of an ideal liquid. Instabilities in hydrodynamics.

2.8.2. Complex hydrodynamic potential. Flow around cylinder.

Topic 2.9. Environment monitoring problems

2.9.1. Equations of impurity transfer and diffusion in the atmosphere.

2.9.2. Groundwater flow problem. Boussinesq equation. Hydrological barrier. A flood task.

Topic 2.10. Mathematical models of nonlinear heat conduction and burning

2.10.1. Boundary value problems for quasilinear equation of a heat conduction. Self-similar solutions. Models with sharpening.

2.10.2. Elements of fractional calculus. The concept of anomalous diffusion. Sub-diffusion and super-diffusion.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-Й СЕМЕСТР								
1	Introductory course	16	20		8		8	
1.1.	Refresher course in mathematics							
1.1.1	Basic concepts of mathematical analysis. Linear algebra in n -dimensional space.	2	4				2	Written test
1.1.2	Second order linear differential equations. Existence, uniqueness of solution, stability.	2	6				2	Written test
1.1.3	Orthogonal functions systems expansion.	2	4					Oral quiz
1.1.4	Examples and classification of modeling problems: classification of differential equations, types of boundary conditions. Applications.	2	6				2	Written test
1.2	The basics of work in <i>Wolfram Research Mathematica</i> system. Syntax of the <i>Mathematica</i> language. Basic functions and operators. Solution of algebraic and differential equations.	2			4			Report

1.3	The basics of numerical methods. Method of finite differences. Economic difference schemes. Scheme of the variable directions.	4			4			Report
1.4	Main stages of a mathematical modeling method. Direct and inverse problems of mathematical modeling. Universality of mathematical models. Principle of analogies. Hierarchy of models. Linear and nonlinear models. Linearization.	2					2	Essay: open (heuristic) task
2	Various mathematical models	18			20			
2.1	Problems of populations dynamics Model of unlimited growth, logistic model, prey-predator model, Hutchinson model, Lesley model. Management of biocenosis dynamics.	4			4			Report
2.2	Dynamic chaos. Dynamic chaos in the determinate systems. A strange attractor. Physical models of systems with chaotic dynamics and their application.	4			4			Report
2.3	Various wave processes. Fisher's equation (KPP equation). Temperature waves in the soil. Epidemic waves.	4			2			Report
2.4	Branching processes. Birth and death processes. Markov chains. Multilevel systems dynamics.	2			2			Oral quiz
2.5	Fractals. Fractal dimension. Julia and Mandelbrot sets. Fractals in nature.	2			4			Report
2.6	Solitons. Korteweg–de Vries equation. Concept of soliton. Solitons in physics. Shallow water equations. Tsunami.	2			4			Report

2-Й СЕМЕСТР								
2	Various mathematical models (cont.)	20	4		24			
2.7	Stefan problem on phase transition. Similarity method. Stefan problem on phase transition.	4			4			Report
2.8	Problems of mathematical theory of hydrodynamics.							
2.8.1	Navier–Stokes equations. Stationary flow of an ideal liquid. Instabilities in hydrodynamics.	4			4			Report
2.8.2	Complex hydrodynamic potential. Flow around cylinder.	2	2		4			Report
2.9	Environment monitoring problems.							
2.9.1	Equations of impurity transfer and diffusion in the atmosphere.	2			4			Report
2.9.2	Groundwater flow problem. Hydrological barrier. A flood task.	2			4			Report
2.10	Mathematical models of nonlinear heat conduction and burning.							
2.10.1	Boundary value problems for quasilinear equation of a heat conduction. Self-similar solutions. Models with sharpening.	4			4			Report
2.10.2	Elements of fractional calculus. The concept of anomalous diffusion. Sub-diffusion and super-diffusion.	2	2					Oral quiz

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Arfken, G. B. – Mathematical Methods for Physicists / G. B. Arfken, H. J. Weber, F. E. Harris. –7th Edition. – Elsevier, 2013. – 1206 p.
2. Demidovich, B. P. (Ed.) Problems in Mathematical Analysis / B. P. Demidovich e. a. – Mir Publishers, 1986. – 495 p.
3. Edwards, C. H. Elementary Differential Equations / C. H. Edwards, D. E. Penney. – 6th Edition. – Pearson Education, 2008. – 645 p.
4. Tikhonov, A. N. Equations of Mathematical Physics / A. N. Tikhonov, A. A. Samarskii. – Dover Publications, 2011. – 780 p.
5. Torrence, B. The Student's Introduction to Mathematica and the Wolfram Language / B. Torrence, E. Torrence. – 3rd Edition. – Cambridge University Press, 2019. – 543 p.
6. Samarskii, A. A. – The Theory of Difference Schemes / A. A. Samarskii. – Marcel Dekker, Inc., 2001. – 788 p.
7. Pinder, G. P. Numerical Methods for Solving Partial Differential Equations: A Comprehensive Introduction for Scientists and Engineers / G. P. Pinder. – Wiley, 2018. – 365 p.
8. Samarskii, A. A. Principles of Mathematical Modeling: Ideas, Methods, Examples / A. A. Samarskii, A. P. Mikhailov. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 360 p.
9. Murray, J. D. Mathematical Biology: I. An Introduction / J. D. Murray. – Springer, 2002. – 576 p.
10. Schuster, H. G. Deterministic Chaos: An Introduction / H. G. Schuster, W. Just. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. – 299 p.
11. Savva, V. Orthogonal Polynomials in Analytical Method of Solving Differential Equations Describing Dynamics of Multilevel Systems / V. Savva, V. Zelenkov, A. Mazurenko // Integral Transforms and Special Functions.– 2000.– Vol. 10, № 3–4.– p. 299–308.
12. Crownover, R. M. Introduction to Fractals and Chaos / R. M. Crownover. – Jones & Bartlett Publishers, 1995. – 304 p.
13. Newell, A. C. Solitons in mathematics and physics / A. C. Newell. – Society for Industrial and Applied Mathematics, 1985. 262 p.
14. Gupta, S. C. The Classical Stefan Problem: Basic Concepts, Modelling and Analysis with Quasi-Analytical Solutions and Methods. / S. C. Gupta. – Elsevier, 2018. –732 p.
15. Łukaszewicz, G. Navier-Stokes Equations: An Introduction with Applications / G. Łukaszewicz, P. Kalita. – Springer International Publishing, Switzerland, 2016. –395.
16. Chandrasekhar, S. – Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability / S. Chandrasekhar. – Dover Publications, 1981. – 654 p.
17. Marchuk, G. I. Mathematical Models in Environmental Problems / G. I. Marchuk. – Elsevier Science, 1986. – 220 p.

18. Dolzhansky, F. V. – Fundamentals of Geophysical Hydrodynamics / F. V. Dolzhansky. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. – 265 p.

Перечень дополнительной литературы

1. Jeffrey, A. Advanced Engineering Mathematics / A. Jeffrey. – Harcourt/Academic Press, 2002. – 1160 p.
2. Gamelin, T. W. Complex Analysis / T. W. Gamelin. – Springer, 2001. – 497 p.
3. Andrews, G. E. Special Functions / G. E. Andrews, R. Askey, R. Roy. – Cambridge University Press, 1999. – 680 p.
4. Asmar N. H. – Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems / N. H. Asmar. – 2nd Edition. – Pearson Education, Inc., 2005. – 810 p.
5. Gockenbach, M. S. Partial Differential Equations. Analytical and Numerical Methods / M. S. Gockenbach. – Philadelphia: SIAM, 2011. – 666 p.
6. Zimmerman, R. L. Mathematica for Physics / R. L. Zimmerman, F. I. Olness. – 2nd Edition. – Addison Wesley, 2002. – 665 p.
7. Holmes, M. H. Introduction to Perturbation Methods / M. H. Holmes. – New York: Springer, 2012. – 450 p.
8. Mandelbrot, B. B. The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – New York: W. H. Freeman and Company, 1982. 497 p.
9. Battjes, J. A. Unsteady Flow in Open Channels / J. A. Battjes, R. J. Labeur. – Cambridge University Press, 2017. – 312 p.
10. Interdisciplinary Topics in Applied Mathematics, Modeling and Computational Science / ed.: M. G. Cojocaru, I. S. Kotsireas, R. N. Makarov, R. V. N. Melnik, H. Shodiev. – N.-Y.: Springer, 2015. 538 p.
11. Karlin, S. A Second Course in Stochastic Process / S. Karlin, S. M. Taylor. – New York: Academic Press, 1981. – 558 p.
12. Blow-up in Quasilinear Parabolic Equations / A. A. Samarskii [et al.]. – Walter de Gruyter Berlin New York, 1995. – 560 p.
13. Uchaikin, V. V. Fractional Derivatives for Physicists and Engineers. Vol. 1: Background and theory / V. V. Uchaikin. – Springer, 2013. – 400 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Методы математического моделирования физических процессов» учебным планом предусмотрены в 1-м семестре – зачет и во 2-м семестре – экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуются устные опросы, лабораторные работы, контрольные работы и компьютерное тестирование.

При оценке текущего контроля учитывается также посещение занятий.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменной форме. На выполнение контрольной работы отводится 90 мин. Оценка проводится по десятибалльной шкале.

Оценка эссе в теме 1.4 осуществляется по 10-балльной шкале исходя из соображений полноты раскрытия темы, убедительности аргументации и оригинальности изложенных автором мыслей. Положительно оценивается наличие в тексте эссе упоминания в качестве примера собственной научной работы магистранта.

Открытое (эвристическое) задание посвящено раскрытию сути проблемы одного из передовых вопросов математического моделирования. Магистрант должен осветить, систематизировать и предложить свою экспертную оценку тех или иных аспектов данного вопроса, проанализировать взаимосвязи между отдельными компонентами рассматриваемой системы и их влияние на поведение системы в целом. При оценке открытого (эвристического) задания необходимо учитывать: оригинальность предложенного решения, исследование различных аспектов изучаемого предмета, интегрирование знаний из различных областей науки.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее арифметическое оценок за письменные контрольные работы, лабораторные работы, тесты и эссе.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета и/или экзамена, к экзамену допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не менее 4 баллов.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости — 0,4; для экзаменационной оценки — 0,6.

**Примерный перечень заданий для
управляемой самостоятельной работы студентов
(8 ч. в 1-м семестре)**

Тема № 1.1.1. Mathematical analysis and linear algebra. Контрольная работа по математическому анализу и линейной алгебре.

Тема № 1.1.2. Second order linear differential equations. Stability. Контрольная работа по обыкновенным дифференциальным уравнениям и основам теории устойчивости.

Тема № 1.1.4. Differential equations with the Laplace operator, problems of heat and mass transfer and filtration, waves in one dimension. Контрольная работа по уравнениям в частных производных второго порядка.

Тема № 1.4. Main stages of a mathematical modeling method. Открытое эвристическое задание в форме эссе.

**Описание инновационных подходов и методов к преподаванию
учебной дисциплины**

В качестве инновационного подхода рекомендуется использовать элементы *эвристического подхода*, что обусловлено необходимостью развития креативных навыков обучающихся для разработки оригинальных математических моделей.

Для темы 1.4 в качестве формы контроля предложено эссе. Обучающийся согласовывает с преподавателем рассматриваемую в эссе проблему так, чтобы она соответствовала основным этапам метода математического моделирования, используемым в области научной работы обучающегося. При оценке открытого (эвристического) задания необходимо учитывать: оригинальность предложенного решения, исследование различных аспектов изучаемого предмета, интегрирование знаний из различных областей науки.

Возможно также использование *метода группового обучения*, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности студентов, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Метод развития критического мышления студентов представляет собой систему, формирующую навыки работы с информацией по темам изучаемой дисциплины. Студенту в процессе изучения информации необходимо идентифицировать позицию, оценивать доводы и доказательства утверждений, проверять основания и допущения, исследовать альтернативные пути решения задачи.

Метод учебной дискуссии предполагает: участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода рекомендуется при анализе поведения построенной математической модели.

Наконец, особое значение имеет *метод практико-ориентированного обучения*, подразумевающий внедрение в учебный процесс профессионально ориентированных технологий обучения, способствующих формированию у магистрантов значимых для будущей профессиональной деятельности компетенций и личностных качеств на основе знаний, умений и навыков (опыта), обеспечивающих качественное выполнение их трудовых функций в будущем.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Основные понятия математического анализа.
2. Линейная алгебра в n -мерном пространстве.
3. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) первого порядка.
4. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка.
5. Системы линейных ОДУ. Основы теории устойчивости.
6. Ряды Фурье, интеграл Фурье.
7. Цилиндрические функции. Ортогональные полиномы.
8. Задачи тепломассопереноса и фильтрации.
9. Волны в одном измерении и волны со сферической симметрией.
10. Дифференциальные уравнения с оператором Лапласа.
11. Уравнения Навье–Стокса. Комплексный гидродинамический потенциал.

Примерный перечень тем контрольных работ

1. Вступительный тест по основным задачам высшей математики.
2. Основы математического анализа. Обыкновенные дифференциальные уравнения.
3. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка.
4. Основные этапы метода математического моделирования (открытое эвристическое задание в форме эссе).

Примерный перечень лабораторных работ

1. Основы работы в системе *Wolfram Research Mathematica*.
2. Основы численных методов.
3. Задачи популяционной динамики: модели Вольтерры–Лотки, Хатчинсона и Лесли.
4. Динамический хаос.
5. Температурные волны в почве. Эпидемические волны.
6. Ветвящиеся процессы.
7. Фракталы.
8. Солитоны.

9. Задача Стефана о фазовом переходе.
10. Уравнения Навье–Стокса. Неустойчивости в гидродинамике.
11. Комплексный гидродинамический потенциал.
12. Перенос и диффузия примесей в атмосфере.
13. Течение подземных вод.
14. Математические модели процессов нелинейной теплопроводности и горения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов, как то:

- учебно-программные материалы, методические указания к практическим занятиям и управляемой самостоятельной работе;
- материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету и/или экзамену, вопросы для самоконтроля;
- список рекомендуемой литературы.

Самостоятельная (практическая) работа студентов по изучению дисциплины «Методы математического моделирования физических процессов» выполняется в форме аудиторной и внеаудиторной работы. Студентам предлагается самостоятельное изучение ряда вопросов, что предполагает углубленное изучение основной и дополнительной литературы. Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего и итогового контроля знаний.

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной (практической) работы, предоставленной в системе дистанционного обучения:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- работы, предусматривающие решение задач и выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету и/или экзамену.

Зачет выставляется студентам, успешно выполнившим УСР и лабораторные работы. При необходимости проводится собеседование по темам лабораторных работ.

Примерный перечень вопросов к зачету 1-й семестр

1. Метод конечных разностей.
2. Экономичные разностные схемы.
3. Схема переменных направлений.
4. Интегро-интерполяционный метод (метод баланса).
5. Прямые и обратные задачи математического моделирования.
6. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий.
7. Иерархия моделей.
8. Линейные и нелинейные модели. Линеаризация.
9. Популяционная модель неограниченного роста (модель Мальтуса).
Учет внутривидового взаимодействия (модель Ферхюльста).
10. Популяционная модель межвидового взаимодействия (общий случай).
11. Популяционная модель Вольтерры–Лотки.
12. Популяционная модель с запаздыванием (модель Хатчинсона).
13. Популяционная с учетом возрастной структуры популяции (модель Лесли).
14. Управление динамикой биоценоза.
15. Динамический хаос в детерминированных системах.
16. Дискретное логистическое уравнение. Сценарий Фейгенбаума. Каскад бифуркаций удвоения периода.
17. Странный аттрактор.
18. Физические модели систем с хаотической динамикой и их применение.
19. Уравнение Колмогорова–Петровского–Пискунова (уравнение Фишера).
20. Температурные волны в почве.
21. Эпидемические волны.
22. Процессы рождения и гибели. Уравнение Колмогорова–Чэпмена.
23. Марковские цепи. Динамика многоуровневых систем.
24. Фрактальная размерность. Фракталы.
25. Фракталы: множества Жюлиа и Мандельброта.
26. Уравнение Кортевега–де Фриза. Понятие о солитоне.
27. Уравнения мелкой воды. Цунами.

Примерный перечень вопросов к экзамену 2-й семестр

1. Одномерная однофазная задача Стефана.
2. Одномерная двухфазная задача Стефана.
3. Уравнения Навье–Стокса.
4. Установившееся течение идеальной жидкости.
5. Задача об обтекании цилиндра. Комплексный гидродинамический потенциал.
6. Неустойчивости в гидродинамике.
7. Уравнения переноса и диффузии примесей в атмосфере.
8. Течение подземных вод. Уравнение Буссинеска.
9. Гидрологический барьер.

10. Задача о наводнении.
11. Краевые задачи для квазилинейного уравнения теплопроводности.
12. Режимы с обострением.
13. Дробная производная и дробный интеграл.
14. Понятие об аномальной диффузии. Суб- и супердиффузия.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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 (с указанием даты и номера протокола)
Вычислительные методы в физике и физическом эксперименте	Кафедра компьютерного моделирования	Предложений по изменению содержания учебной программы нет.	Вносить изменения не требуется (протокол № 5 от 30.12.2019 г.).

**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
высшей математики и математической физики
(протокол № 5 от 30.12.2019 г.)

Заведующий кафедрой
высшей математики и математической физики
к.ф.-м.н., доцент _____ Н.Г.Абрашина-Жадаева

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета БГУ
к.ф.-м.н., доцент _____ М.С. Тиванов