

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Компьютерное моделирование динамики околоземных объектов

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавриат

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности..

ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

ПК-3 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, применять методы компьютерного моделирования для решения задач профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.2 Применяет общее и специализированное программное обеспечение для теоретических расчетов и обработки экспериментальных данных

ИПК 1.2 Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в выбранной области

ИПК 3.1 Знает основы программирования, владеет навыками создания компьютерных моделей физических явлений и процессов

2. Задачи освоения дисциплины

Дать студентам базовые знания и сформировать необходимые умения в области компьютерного моделирования динамики околоземных объектов естественного и искусственного происхождения, помочь им овладеть компетенциями, необходимыми для научной деятельности в изучаемой области.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 8, зачет с оценкой.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Небесная механика, Технологии программирования, Фундаментальная астрометрия, Астрономические базы данных.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часа, из которых:

– лекции: 24 ч.;

– семинарские занятия: 0 ч.

– практические занятия: 24 ч.;

– лабораторные работы: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Астероиды

- Популяция малых тел Солнечной системы
- Орбитальные резонансы
- Астероидно-кометная опасность
- Способы противодействия астероидно-кометной опасности
- Последствия столкновений малых небесных тел с Землей
- Методы моделирования движения астероидов

Тема 2. Искусственные космические объекты

- Засоренность космоса, возникающая в результате космической деятельности
- Контроль околоземного космического пространства
- Прогнозирование возможных последствий, обусловленных космическим «мусором» и способы противодействия
- Устойчивость и хаос в динамике ИСЗ

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, докладов, выполнения домашних заданий, отчетов по результатам выполнения практических заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

В случае пропуска занятия, студент получает задание по пропущенной теме.

Оценка текущей успеваемости определяется как среднее арифметическое из оценки учебной деятельности студента.

Темы лабораторных работ.

1. Выбор астероида для исследования и предварительное знакомство с ним.
2. Оценка потенциальной опасности для Земли от выбранного астероида.
3. Улучшение орбит астероидов.
4. Исследование орбитальной эволюции астероидов.
5. Работа с каталогом «History of on-orbit satellite fragmentations»
6. Моделирование распада КА

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится в устной форме по билетам. Билет состоит из двух частей (одного теоретического вопроса и практического задания).

Билеты составлены таким образом, чтобы проверить освоение обучающимся дисциплины по индикаторам: ИОПК 3.2; ИПК 1.2.

Примеры вопросов.

1. Когда и кем был открыт первый астероид?
2. Дайте определение понятию «планета».
3. Дайте определение понятию «карликовая планета».
4. Дайте определение понятию «метеороид».
5. Дайте определение понятию «метеор».
6. Дайте определение понятию «метеорит».
7. Предварительное обозначение астероидов.
8. Дайте определение понятию «астероид, сближающийся с Землей».
9. Дайте определение понятию «потенциально опасный астероид».
10. Назовите даты самых значительных столкновений Земли с космическими телами в XX веке
11. Последствия столкновения астероида с Землей в зависимости от его размера
12. От каких параметров зависит оценка по Туринской шкале?
13. Ближайший к нам большой астероидный кратер

14. Самый известный астероидный кратер (лучше всего сохранившийся)
15. Дата падения Челябинского метеорита. Какой астероид сближался с Землей в это время?
16. От каких последствий падения метеорита пострадали люди в Челябинске?
17. Основные задачи на пути преодоления проблемы астероидной опасности. Какие из этих задач решаются в ТГУ?
18. Основные классы методов противодействия угрожающим объектам
19. Когда произошло первое в истории реальное изменение орбиты астероида? Как назывался космический аппарат?
20. Сколько всего было предсказанных падений астероидов? Когда было первое? А последнее?
21. Основные этапы моделирования движения астероидов
22. Чем отличается рефлектор от рефрактора?
23. Основные виды ошибок численного моделирования
24. Какие возмущающие силы необходимо учитывать при моделировании движения астероидов?
25. В чем заключается эффект Ярковского?
26. Перечислите нелинейные методы построения начальной доверительной области
27. Какие методы численного интегрирования вы знаете?
28. С помощью каких параметров можно исследовать хаотичность движения?
29. Перечислите известные вам методы оценки вероятности столкновения
30. Что такое орбитальный резонанс?
31. Основные характеристики орбитального резонанса
32. Что такое люки Кирквуда?
33. Как называются астероиды, движущиеся в орбитальном резонансе 1:1 с Юпитером?
34. Назовите типы орбит астероидов, движущихся в орбитальном резонансе 1:1
35. Что такое вековой резонанс?
36. Дайте определение понятию «космический мусор»
37. Дайте определение понятию «геостационарная зона»
38. Назовите известные вам каталоги околоземных космических объектов
39. Как определяется пространственная плотность распределения околоземных космических объектов
40. Назовите области ОКП с естественным механизмом самоочистки
41. Назовите наиболее засоренные области ОКП
42. Каковы особенности динамики приполярных космических объектов
43. Назовите первый в мире искусственный спутник Земли (название, происхождение)
44. Для чего служит моделирование распадов космических аппаратов
45. Назовите существующие и предлагаемые программы по очистке ОКП
46. Что такое параметр MEGNO и для чего он нужен?
47. Назовите вид космического мусора, который составляет наибольший процент от общего числа
48. Виды распадов спутников согласно каталогу «History of on-orbit satellite fragmentations»
49. Назовите основные этапы моделирования распада КА
50. В каком формате представлены данные о фрагментах распадов КА в каталоге «History of on-orbit satellite fragmentations»?

Каждая выполняемая часть билета оценивается по системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

Оценка промежуточной аттестации определяется как среднее арифметическое из оценок за выполнение заданий билета и оценки текущей успеваемости в соответствии с

таблицей, приведенной ниже, при условии, что все оценки не ниже «удовлетворительно». В случае, если одна из оценок «неудовлетворительно», общая оценка не может быть выше «удовлетворительно».

Оценивание промежуточной аттестации

Оценка	Критерий оценивания
отлично	среднее арифметическое 4.7-5
хорошо	среднее арифметическое 3.7-4.6
удовлетворительно	среднее арифметическое 3-3.6 и/или одна из оценок на экзамене и итоговая за текущий контроль - «неудовлетворительно»
неудовлетворительно	среднее арифметическое <3 , (от двух и более оценок «неудовлетворительно»)

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=32987>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра / Под ред. Б.М. Шустова, Л.В. Рыхловой. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2010.
 - Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 588 с.
 - Челябинский суперболид / под. ред. Н.Н. Горькавого, А.Е. Дудорова. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. 2016. 223 с.
 - Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А.. Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы: учебное пособие. Томск. Изд-во Том. ун-та. 2016.–262 с.
 - Авдюшев В.А. Численное моделирование орбит небесных тел. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. 336 с.
 - Бордовицына Т.В. Технологии глобального позиционирования (GPS/ГЛОНАСС)/Электронное учебное пособие. Томск.2007 URL: <http://astro.tsu.ru/TGP/index.html>
 - Klinkrad H. Space debris . Springer. 2006. 430p.
 - Рыхлова Л.В. Засоренность околоземного пространства объектами техногенного происхождения // Околоземная астрономия – 2003. Тр. конф. Т. 2. Терскол, сентябрь 2003 г. Институт астрономии РАН.СПб.: BVM, 2003. С. 11–19.
 - Galushina T.Yu., Letner O.N. Modified version of IDA software and its application to the study of the motion of asteroid 2007 PR10 // Astronomical and Astrophysical Transactions. 2021. V. 32. Is.4. P. 355–370.
- б) дополнительная литература:

– Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А. Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы: учебное пособие. Томск. Изд-во Том. ун-та. 2007.–220 с.

– Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1977. 360 с.

– Бордовицына Т.В. Современные численные методы в задачах небесной механики. М.: Наука, 1984. 136 с.

– Бордовицына Т.В., Александрова А.Г., Чувашов И.Н. Устойчивость и хаос в динамике неуправляемых объектов геостационарной зоны // Математическое и физическое моделирование опасных природных явлений и техногенных катастроф. Матер. Всероссийской конференции с участием зарубежных ученых. Томск: Изд-во ТГУ. 2010б. С. 29–30.

– Назаренко А.И. Моделирование техногенного загрязнения околоземного космического пространства. Краткий обзор решаемых задач и применяемых методов // Околоземная астрономия – 2001. Тр.конф. Звенигород, сентябрь 2001 г. М.: ГЕОС, 2001. С. 92–97.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Сайт кафедры <http://astro.tsu.ru>

– Официальный сайт Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения АО ЦНИИмаш <https://www.glonass-iac.ru/about/feedback/>

– www.astronet.ru

– Сайт международного центра малых планет <https://www.minorplanetcenter.net/>

– Каталог элементов орбит астероидов <ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.dat.gz>

– <http://neo.jpl.nasa.gov/>

– <http://www.astronomer.ru>

– <http://www/ipa/nw.ru/PAGE/DEPFUND/LSBSS/rushazard.htm>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); программный комплекс ИДА.

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юпайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Галушина Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н.

Александрова Анна Геннадьевна, к.ф.-м.н.