МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ_____С.Н. Филимонов

«_____4_____»_____04_____2022г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине
соответствующей научной специальности программы подготовки научных и
научно-педагогических кадров в аспирантуре

1.3.1. Физика космоса, астрономия
шифр и наименование научной специальности

Томск – 2022

Авторы-разработчики:

Галушина Татьяна Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии Государственного Университета,

Согласовано:

Руководитель ОП О.Н. Чайковская

1. Общие положения

1.1. Программа вступительного испытания по специальной дисциплине соответствующей научной специальности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

1.3.1. Физика космоса, астрономия

шифр и наименование научной специальности

(далее – Программа), сформирована на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к программам магистратуры (специалитета) по соответствующим направлениям (специальностям) подготовки. Программа разработана для поступления на обучение в аспирантуру НИ ТГУ.

Программой устанавливается:

– форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;

– шкала оценивания;

– максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;

– критерии оценки ответов.

Вступительное испытание проводится на русском языке или на английском языке для абитуриентов из стран дальнего зарубежья, поступающих на обучение по PhD программе.

Форма, процедура сдачи вступительного испытания, а также шкала оценивания и критерии оценки ответов экзаменуемого, установленные Программой, не зависят от языка проведения вступительного испытания.

1.2. Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора НИ ТГУ, действующими на текущий год поступления.

1.3. По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

2. Форма, структура, процедура, программа вступительного испытания и шкала оценивания ответов

2.1. Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в форме экзамена (письменно, устно или сочетанием обеих форм) в соответствии с перечнем тем и (или) вопросов, установленных данной Программой.

Структура экзамена:

по билетам.

2.2. Процедура проведения экзамена представляет собой сдачу экзамена в очной форме и (или) с использованием дистанционных технологий (при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний):

очно и дистанционно.

Для дистанционной формы проведения экзамена используются платформы Moodle и программы для организации видеоконференций: Zoom , Adobe Connect и другие. Для наблюдения за участниками экзамена и идентификации их личности создана система прокторинга. Проктор (наблюдатель) перед началом экзамена при помощи веб-камеры абитуриента проводит инструктаж и собеседование по вопросам организации и проведения экзамена, идентификацию личности путем сравнивания фото в паспорте и лица сдающего (абитуриент показывает в веб-камеру свой паспорт в развернутом виде рядом со своим лицом).

Видео, транслируемое с веб-камеры участника экзамена, доступно проктору для наблюдения и записывается на сервер для дальнейшего просмотра при возникновении спорных ситуаций.

2.3. Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

2.4. Программа экзамена.

В основу данной программы положены следующие дисциплины: астрометрия, радиоастрономия, небесная механика и основы гравиметрии

1. Системы координат и времени

1.1. Явления прецессии, нутации, аберрации и рефракции. Приведение на видимое место.

1.2. Методы определения основных астрометрических постоянных. Теоретические связи между постоянными. Системы астрономических постоянных, принятые МАС

1.3. Измерение времени: шкала атомного времени IAT. Классические шкалы времени UTO, UT1, UT2, ET. Релятивистские шкалы времени TDT и TDB, TT, TCG, TCB.

1.4. Хранение и воспроизведение шкал времени и эталонных частот. Методы их распространения и синхронизации.

2. Наземная оптическая астрометрия

2.1. Звездные каталоги и их систематические ошибки. Вывод фундаментальной системы звездных положений и собственных движений. Ориентировка системы координат. Относительные и сводные каталоги. Важнейшие фундаментальные каталоги.

2.2. Фотографическая астрометрия. Астрографы и приборы для измерения астронегативов. Измеренные и стандартные координаты. Методы Тернера и Шлезингера. Фотографические определения координат Луны, планет и ИСЗ.
2.3. Использование ПЗС в астрометрии.
247. Техника лазерной локации ИСЗ и Луны.
3. Космическая астрометрия
3.1. Методы позиционных измерений небесных объектов с помощью космических аппаратов. Проект Hipparcos.
3.2. Интерферометрические методы в астрометрии. Наземные и космические интерферометры.
3.3. Спутниковые навигационные системы. Орбитальные и наземные технические средства.
4. Радиоастрометрия
4.1. Радиоинтерферометры со сверхдлинной базой (РСДБ), устройство, принцип измерений. Корреляционная обработка сигналов в РСДБ.
4.2. Радиоастрономические методы определения координат объектов, неравномерности вращения Земли, движения полюсов и расстояний на поверхности Земли.
4.3. Небесная опорная система координат (ICRS) и земная опорная система координат (ITRF).
5. Вращение Земли и ее ориентация в пространстве
5.1. Уравнения Эйлера, Пуассона, Лиувилля.
5.2. Неравномерность вращения Земли вокруг оси. Движение полюсов.
5.3. Инструменты для изучения вращения Земли.
5.4. Интерпретация движения полюсов и неравномерности вращения Земли. Короткопериодические, сезонные, вековые вариации вращения Земли. Чандлеровское движение полюса.
5.5. Международная Служба Вращения Земли (IERS), ее организации и задачи. Стандарты МСВЗ (IERS).
5.6. Изучение прецессии и нутации оси вращения Земли методами РСДБ.
6. Аналитические методы небесной механики
6.1. Невозмущенное движение. Уравнения движения в задаче двух тел и их решение. Возмущенное движение. Уравнения движения п тел и их первые интегралы. Уравнения движения в координатах Якоби.
6.2. Уравнения движения Эйлера и Лагранжа в оскулирующих элементах. Теория возмущенного движения. Малые параметры в теории движения планет и спутников. Промежуточные орбиты. Разложение пертурбационной функции.
6.3. Интегрирование с помощью рядов по степеням времени (метод неопределенных коэффициентов и метод рядов Ли).
6.4. Формальное интегрирование уравнений движения в элементах промежуточной орбиты методом малого параметра Ляпунова-Пуанкаре. Малые знаменатели. Резонанс.

6.5. Теоремы Пуанкаре о ранге и классе возмущений. Сходимость в методе малого параметра.
6.6. Формальное интегрирование методом осреднения. Асимптотический характер метода осреднения.
6.7. Канонические преобразования. Метод Гамильтона-Якоби.
6.8. Метод преобразований Ли в теории возмущений. Теория вековых возмущений.
7. Основы гравиметрии
7.1. Основы теории гравитационного потенциала. Представление потенциала в виде разложения по сферическим функциям. Сходимость разложения. Гравитационный потенциал Земли, Луны, планет. Масконы.
7.2. Основы теории фигуры Земли. Методы определения параметров гравитационного поля и фигуры.
8. Движение спутников планет и искусственных спутников Земли
8.1. Возмущенное движение спутников. Промежуточная орбита. Возмущающие факторы в движении естественных спутников планет. Возмущающие факторы в движении искусственных спутников Земли.
8.2. Разложение возмущающей функции, обусловленной не центральностью гравитационного поля планеты. Возмущения от зональных гармоник. Возмущения от тессеральных и секториальных гармоник. Возмущающая функция от притяжения внешнего тела. Лунно-солнечные возмущения ИСЗ.
8.3. Возмущения, вызываемые сопротивлением атмосферы планеты. Возмущения от светового давления и приливов в теле упругой планеты.
9. Определение орбит по результатам измерений
9.1. Постановка задачи определения орбит. Определение орбиты по двум положениям. Основы методов Лапласа и Гаусса определения орбиты по трем угловым наблюдениям.
9.2. Метод дифференциального уточнения параметров движения небесных тел из наблюдений. Метод наименьших квадратов при известной ковариационной матрице наблюдений.
9.3. Построение условных уравнений при уточнении элементов орбит спутников из лазерных и радиотехнических наблюдений.

Перечень вопросов к экзамену

1. Небесная (ICRS) и земная (ITRS) системы координат. Небесная опорная система координат (ICRF) и земная опорная система координат (ITRF)
2. Звездные каталоги, их построение и предназначение.
3. Измерение времени: шкала атомного времени IAT. Классические шкалы времени UT0, UT1, UT2, ET. Релятивистские шкалы времени TDT и TDB, TT, TCG, TCB.
4. Системы астрономических постоянных и их определение.

5. Закон притяжения Ньютона, силовая функция взаимного притяжения системы материальных точек, свойства силовой функции.
6. Задача n тел: постановка задачи, дифференциальные уравнения движения в абсолютных координатах, первые интегралы.
7. Уравнения относительного движения задачи n тел: уравнения в барицентрической системе координат, планетная форма уравнений, уравнения в координатах Якоби; первые интегралы.
8. Дифференциальные уравнения движения в цилиндрических и сферических координатах в задаче n тел, первые интегралы.
9. Уравнения Лагранжа второго рода. Канонические форма дифференциальных уравнений движения, понятие Гамильтониана, первые интегралы.
10. Канонические преобразования. Теорема Якоби. Метод Гамильтона– Якоби нахождения общего решения канонической системы дифференциальных уравнений.
11. Задача двух тел. Дифференциальные уравнения движения невозмущенного кеплеровского движения в абсолютной и относительной системах координат. Интегралы площадей и энергии, интегралы Лапласа.
12. Невозмущенное кеплеровское движение. Уравнение траектории движения в орбитальных прямоугольных и полярных координатах. Кеплеровские элементы орбиты, связь между постоянными интегралов площадей, интегралов Лапласа и интеграла энергии с кеплеровскими элементами.
13. Исследование невозмущенного движения: общие свойства, законы Кеплера, основные типы кеплеровского движения. Уравнение Кеплера. Определение типа движения по величине вектора Лапласа, по постоянной энергии.
14. Выражение прямоугольных координат и компонент скорости через кеплеровские элементы орбиты. Зависимость кеплеровских элементов невозмущенного движения от начальных условий: значений прямоугольных координат и компонент скорости в начальную эпоху.
15. Ряды невозмущенного эллиптического движения: разложение координат эллиптического движения в ряды Фурье, в ряды по степеням эксцентриситета, в ряды по степеням времени.
16. Теория возмущенного движения: метод Лагранжа вариации произвольных постоянных. Понятие оскулирующей орбиты и оскулирующих элементов. Основная операция.
17. Ограниченная задача трех тел. Уравнения движения в инерциальной и вращающейся системах координат. Интеграл Якоби.
18. Поверхности нулевой скорости (поверхности Хилла). Области возможного движения тела «нулевой массы». Топология поверхностей Хилла. Устойчивость движения по Хиллу.
19. Частные решения ограниченной задачи трёх тел (лагранжевы решения). Лагранжевы точки равновесия: коллинеарные и треугольные.

20. Теория возмущенного движения: уравнения Ньютона (Эйлера) в оскулирующих кеплеровских элементах.
21. Теория возмущенного движения: уравнения Лагранжа в оскулирующих кеплеровских элементах.
22. Методы приближенного интегрирования дифференциальных уравнений возмущенного движения: метод Пуанкаре малого параметра.
23. Метод Пикара интегрирования уравнений в оскулирующих кеплеровских элементах. Аналитическая структура возмущений.
24. Теория возмущенного движения: принципы разложения возмущающей функции.
25. Теорема Лапласа об устойчивости Солнечной системы. Современное состояние проблемы устойчивости Солнечной системы.

2.5. Шкала оценивания ответов на экзамене:

неудовлетворительно	**удовлетворительно**	**хорошо**	**отлично**
до 59 баллов	60 – 75 баллов	76 – 84 баллов	85 – 100 баллов

Общая продолжительность экзамена составляет 45 минут.

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 60. Поступающий, набравший менее 60 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

Таблица критериев оценки устных и письменных ответов (при наличии)

Вид деятельности		
Оценка	Балл	Уровень владения темой
неудовлетворительно	до 59	Неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях или отсутствие необходимых знаний.
удовлетворительно	60-75	Недостаточно полный объем ответа, наличие ошибок и пробелов в знаниях
хорошо	76-84	Правильный, не содержащий существенных ошибок ответ. Оценка может быть снижена за отдельные несущественные ошибки.
отлично	85-100	Полный безошибочный ответ с правильным применением понятий и определений.

Вступительное испытание проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Итоговая оценка за экзамен определяется как средний балл, выставленный всеми членами экзаменационной комиссии.