

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
по специальности 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика»**

по физико-математическим наукам, по техническим наукам

1. Системы координат

- 1.1. Явления прецессии, нутации, абберрации и рефракции. Приведение на видимое место.
- 1.2. Методы определения основных астрометрических постоянных. Теоретические связи между постоянными. Системы астрономических постоянных 1896, 1964, 1976/80 гг.
- 1.3. Геометрический, кинематический и динамический методы построения системы отсчета.
- 1.4. Измерение времени: шкала атомного времени IAT. Классические шкалы времени УТО, UT1, UT2, ET. Релятивистские шкалы времени TDT и TDB, TT, TCG, TCB.
- 1.5. Хранение и воспроизведение шкал времени и эталонных частот. Методы их распространения и синхронизации.

2. Наземная оптическая астрометрия

- 2.1. Меридианная астрометрия. Теория и устройство основных меридианных инструментов. Методы абсолютных и относительных определений координат.
- 2.2. Звездные каталоги и их систематические ошибки. Вывод фундаментальной системы звездных положений и собственных движений. Ориентировка системы координат. Относительные и сводные каталоги. Важнейшие фундаментальные каталоги.
- 2.3. Фотографическая астрометрия. Астрографы и приборы для измерения астронегативов. Измеренные и стандартные координаты. Методы Тернера и Шлезингера. Фотографические определения координат Луны, планет и ИСЗ.
- 2.4. Определение собственных движений и параллаксов звезд. Использование галактик для вывода ошибок системы собственных движений звезд.
- 2.5. Фотографические каталоги. Карта неба, каталоги Астрономического общества (AGK), каталог PPM.
- 2.6. Использование ПЗС в астрометрии.
- 2.7. Техника лазерной локации ИСЗ и Луны.

3. Космическая астрометрия

- 3.1. Методы позиционных измерений небесных объектов с помощью космических аппаратов. Проекты Hipparcos и GAIA.
- 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).
- 4.4. Радиолокационные и радиоинтерферометрические методы наблюдений тел Солнечной системы.
- 4.5. Методы согласования оптических и радиосистем координат.

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: пассажный инструмент, зенит-телескоп, призменная астролябия, фотографическая зенитная труба, РСДБ, лазерный дальномер, системы GPS и Глонасс.
- 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 n 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.
- 6.9. Уравнения поступательно-вращательного движения небесных тел. - Стационарные решения этих уравнений.

7. Качественные методы небесной механики

- 7.1. Переменные действие - угол. Интегрируемые системы. Теорема Лиувилля Теоремы Брунса и Пуанкаре об интегрируемости задачи нескольких тел.
- 7.2. Сохранение фазового объема. Периодические орбиты. Методы Ляпунова и Пуанкаре. Функция последования.
- 7.3. Условно-периодические функции. Среднее значение. Инвариантные торы. Основные идеи метода Колмогорова - Арнольда - Мозера.
- 7.4. Основы первого и второго методов Ляпунова определения устойчивости движения. Орбитальная устойчивость. Устойчивость по Лагранжу. Устойчивость по Пуассону.

- 7.5. Ограниченная задача трех тел. Интеграл Якоби. Топология поверхностей Хилла. Устойчивость точек либрации. Семейства периодических решений вблизи точек либрации.

8. Основы гравиметрии

- 8.1. Основы теории гравитационного потенциала. Представление потенциала в виде разложения по сферическим функциям. Сходимость разложения. Гравитационный потенциал Земли, Луны, планет. Масконы.
- 8.2. Основы теории фигуры Земли. Методы определения параметров гравитационного поля и фигуры.

9. Движение спутников планет и искусственных спутников Земли

- 9.1. Возмущенное движение спутников. Промежуточная орбита. Возмущающие факторы в движении естественных спутников планет. Возмущающие факторы в движении искусственных спутников Земли.
- 9.2. 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.
- 9.3. Интегрирование уравнений обобщенной задачи двух неподвижных центров. Характер движения. Формулы промежуточной орбиты. Возмущения на основе промежуточной орбиты обобщенной задачи двух неподвижных центров.
- 9.4. Задача Хилла и ее использование в теории движения.
- 9.5. Возмущения, вызываемые сопротивлением атмосферы планеты. Возмущения от светового давления и приливов в теле упругой планеты.

10. Определение орбит по результатам измерений

- 10.1. Постановка задачи определения орбит. Определение орбиты по двум положениям. Основы методов Лапласа и Гаусса определения орбиты по трем угловым наблюдениям.
- 10.2. Метод дифференциального уточнения параметров движения небесных тел из наблюдений. Метод наименьших квадратов при известной ковариационной матрице наблюдений. Метод коллокации. Метод наименьших модулей.
- 10.3. Построение условных уравнений при уточнении элементов орбит спутников из лазерных и радиотехнических наблюдений.

11. Звездная динамика

- 11.1. Строение Галактики. Звёздные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики.
- 11.2. Звёздная кинематика. Вращение Галактики и движение Солнца относительно её центра.
- 11.3. Модели Галактики и орбиты звезд в них.
- 11.4. Фазовая плотность и уравнение Больцмана для звёздных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и её применение. Регулярные и иррегулярные силы. Время релаксации.
- 11.5. Теория движения в поле ротационно-симметричного потенциала. Поле направлений движения.

- 11.6. Гидродинамические уравнения Эйлера во вращающейся системе координат. Уровненные поверхности. Фундаментальные свойства фигур равновесия.

Основная литература

1. Куликов К.А. Сферическая астрономия. М.: Наука, 1975.
2. Подобед В.В., Нестеров В.В. Общая астрометрия. М.: Наука, 1982.
3. Киселев А.А. Теоретические основы фотографической астрометрии. М.: 1989.
4. Абалакин В.К. Основы эфемеридной астрономии. М.: Наука, 1979.
5. Kovalevsky. J. Modern Astrometry. Kluwer Acad.Publ., 1995.
6. Walter H.G., Sovers O.J. Astrometry of Fundamental Catalogues. Springer, 2000.
7. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. М.: Физматгиз, 1962.
8. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1964.
9. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М.: Наука 1968.
10. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1977.
11. Гребенников Е.А., Рябов Ю.А. Новые качественные методы в небесной механике. М.: Наука, 1971.
12. Бахшиян Б.Ц., Назиров Р.Р., Эльясберг П.Е. Определение и коррекция движения: гарантирующий подход. М.: Наука, 1980.
13. Губанов В.С. Обобщенный метод наименьших квадратов. СПб.: Наука, 1997.
14. Емельянов Н.В. Методы составления алгоритмов и программ в задачах небесной механики. М.: Наука, 1983.
15. Холшевников. К.В. Асимптотические методы небесной механики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985.
16. Антонов В.А., Тимошкова Е.И., Холшевников К.В. Введение в теорию ньютоновского потенциала. М.: Наука, 1988.
17. Murray C.D, Dermott S.F. Solar System Dynamics. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1999.
18. Binney J., Merrifield M. Galactic astronomy. Princeton: Princeton University Press, 1998.

Дополнительная литература

1. Мориц Г., Мюллер А. Вращение Земли: Теория и наблюдения. Киев: Наукова думка, 1992.
2. Губанов В.С., Финкельштейн А.М., Фридман П.А. Введение в астрометрию. М.: Наука, 1983.
3. Кинг-Хили Д. Теория орбит искусственных спутников в атмосфере. М.: Мир, 1966.
4. Уокер Г. Астрономические наблюдения. М.: Мир, 1990.
5. Токовинин А.А. Звездные интерферометры. М.: Наука, 1988.
6. Кондратьев Б.П. Теория потенциала и фигуры равновесия. Москва-Ижевск: РХД, 2003

Примечания

По физико-математическим наукам - разделы 1(пп 1.1-1.4), 2 (пп 2.1-2.5), 3 (пп 3.1, 3.2), 4(пп 4.2-4.5), 5 (пп 5.1-5.6), 6 (пп 6.1-6.9), 7 (пп 7.1-7.5), 8 – 11 программы.

По техническим наукам - разделы 1(пп 1.4, 1.5), 2(пп 2.1, 2.3, 2.6, 2.7), 3(пп 3.2, 3.3), 4 (пп 4.1, 4.2, 4.4), 5 (пункт 5.3) программы.

Зав. кафедрой небесной механики, астрометрии и гравиметрии
профессор

В.Е. Жаров