



ОРБИТЫ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Авторы: Г. И. Ширмин

ОРБИТЫ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, траектории движения тел в космич. пространстве под действием сил естественного или искусственного происхождения. К первой группе сил относятся прежде всего силы гравитационной природы, ко второй группе – силы тяги двигателей КА на активных участках траектории.

Определение О. н. т. из астрономич. наблюдений – одно из осн. практич. приложений небесной механики. Простейшей из применяемых при этом моделей является двух тел задача, в которой рассматривается относит. движение двух тел с учётом только сил их взаимного притяжения. Общее решение дифференциальных уравнений этой модельной задачи допускает в качестве О. н. т. конич. сечения (окружность, эллипс, парабола, гипербола) с фокусом в доминирующем притягивающем центре, причём относит. движение происходит с постоянной секторной скоростью. Такое движение называется невозмущённым или кеплеровым, а соответствующая орбита – невозмущённой или кеплеровой.

Невозмущённая орбита полностью характеризуется элементами орбиты – параметрами движения, определяющими пространственную ориентацию орбиты, её размеры и форму, а также положение тела на орбите. Так, ориентация орбитальной плоскости относительно осн. плоскости системы отсчёта характеризуется долготой восходящего узла орбиты и наклоном. Ориентацию О. н. т. в самой орбитальной плоскости характеризует угловое расстояние перицентра от узла орбиты. Фокальный параметр и эксцентриситет О. н. т. характеризуют размер и форму конич. сечения. Все перечисленные элементы орбиты являются по своей природе геометрич. характеристиками. Существует также т. н. динамич. элемент орбиты – момент прохождения объекта через перицентр орбиты.

Положение объекта на орбите задаётся его орбитальными координатами:

расстоянием от центра притяжения, а также т. н. истинной аномалией – углом, отсчитываемым от перицентра в сторону направления движения по орбите. Интервал времени между двумя последовательными прохождениями небесного тела через перицентр называется аномалистич. периодом обращения.

[Возмущения орбит небесных тел](#) (т. е. их отклонения от кеплеровых невозмущённых движений) возникают вследствие влияния разл. возмущающих факторов, в качестве которых выступают: притяжение др. небесных тел, световое давление, сопротивление среды, несферичность фигур взаимодействующих тел и т. п. Исследование возмущённых движений сопряжено с серьёзными математич. трудностями и составляет предмет [возмущений теории](#) в небесной механике. Одним из старейших методов этой теории является метод вариации произвольных постоянных (метод Лагранжа). В теоретич. астрономии роль таких варьируемых постоянных играют т. н. оскулирующие элементы орбиты, соответственно движение небесного объекта рассматривают как движение по [оскулирующей орбите](#), элементы которой зависят от времени. Истинная (возмущённая) орбита является огибающей семейства оскулирующих орбит. Истинную орбиту можно представить также в виде кеплеровой орбиты с непрерывно изменяющимися с течением времени элементами. Среди множества существующих методов определения элементов О. н. т. наибольшее распространение получили: для параболич. орбит – метод, разработанный Г. [Ольберсом](#) в 1797, для эллиптич. орбит – метод К. [Гаусса](#), опубликованный в 1809.

Высокоточное прогнозирование движений небесных объектов разбивается на 3 этапа:

- 1) определение приближённой орбиты по нескольким (3–4) наблюдениям;
- 2) уточнение элементов орбиты на основе всего комплекса имеющихся наблюдений;
- 3) максимально точное вычисление орбиты, учитывающее наибольшие по величине возмущения. Рассчитанные таким образом О. н. т. позволяют находить положение и скорость объектов в любой заданный момент времени, т. к. в процессе определения элементов орбиты становятся известными и пространственные траектории объектов, и законы их движения по этим траекториям.

Хотя изучением видимых движений небесных тел астрономы занимаются с древнейших времён, проблема прогнозирования движений небесных тел

была сформулирована в совр. виде лишь в кон. 17 в. благодаря работам И. [Ньютона](#). В его труде «Математические начала натуральной философии» (1687), наряду с основами дифференциального и интегрального исчисления, изложены основы классич. механики и теории тяготения. Именно тогда изучение движений небесных тел было сведено к математич. задаче интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений, что позволило Ньютону объяснить эмпирические [Кеплера законы](#) движений планет как следствие закона всемирного тяготения.

Начиная со 2-й пол. 20 в. для создания теорий движения ИСЗ, Луны и др. тел Солнечной системы успешно применяются как аналитические, так и численные методы небесной механики. Исходные данные для разработки этих теорий получают благодаря наблюдениям ИСЗ (и др. КА), а также естеств. небесных тел (в т. ч. Луны, Меркурия, Марса) с использованием радиотехнич., радиолокационных и светолокационных (лазерных) методов. На нач. 21 в. модифицированы классич. методы определения О. н. т. и разработаны новые методы (напр., по фотографич. или лазерно-локационным наблюдениям). Исследованиям орбит искусственных космич. объектов посвящён отд. раздел небесной механики – [астродинамика](#), служащая теоретич. основой космонавтики.

Литература

Лит.: Дубошин Г. Н. Небесная механика. 3-е изд. М., 1975; Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г. Н. Дубошина. 2-е изд. М., 1976; Лукьянов Л. Г., Ширмин Г. И. Лекции по небесной механике. Алматы, 2009.