

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРЕВОДА

Небесная механика является по существу одним из разделов теоретической механики, изучающим движение тел солнечной системы в гравитационном поле. Так как расстояния между телами солнечной системы очень велики по сравнению с размерами самих тел, то все тела солнечной системы в большинстве задач небесной механики можно рассматривать как материальные точки, притягивающие друг друга по закону Ньютона (так называемая проблема n тел). Поправки, являющиеся следствием теории относительности, очень малы и учитываются дополнительно.

Так как строгое математическое решение проблемы n тел, которое было бы пригодно для конкретных астрономических задач, пока не существует, приходится рассматривать отдельно различные задачи небесной механики, используя при этом некоторые специальные особенности солнечной системы.

После успешного запуска искусственных спутников Земли и космических ракет в Советском Союзе и в США значительно увеличился интерес к классическим методам небесной механики, позволяющим получить окончательный результат решения задач в конкретной числовой форме.

Книга американских астрономов Д. Брауэра и Дж. Клеменса «Методы небесной механики» как раз и отвечает этой задаче. В то время как известные советские и зарубежные руководства по небесной механике обычно только знакомят читателя с основными идеями методов небесной механики, книга Брауэра и Клеменса вводит читателя в самую «кухню» практической работы специалиста, занятого расчетами движения естественных и искусственных небесных тел в солнечной системе. Книга содержит много числовых примеров и насыщена практическими советами, обобщающими многолетний опыт работы в области прикладной небесной механики в США с учетом современной вычислительной техники.

В Советском Союзе было издано несколько книг, посвященных методам небесной механики. Отметим, в частности, трехтомный «Курс небесной механики» М. Ф. Субботина и первые две книги из намеченной серии учебных пособий Г. Н. Дубошина: «Теория притяжения» и «Небесная механика. Основные задачи и методы». Из переведенных на русский язык книг можно указать книгу американского астронома Ф. Мультона «Введение в небесную механику». Книга Брауэра и Клеменса, как уже сказано выше, по характеру изложения и по содержанию значительно отличается от этих изданных ранее руководств. Она строго ограничена вопросами, имеющими непосредственное практическое применение. Теоретические вопросы, связанные с теми или иными методами небесной механики, изложены недостаточно подробно или даже совсем не затронуты. Читателю, интересующемуся чисто математическими вопросами небесной механики, необходимо обратиться к указанным выше книгам Г. Н. Дубошина или М. Ф. Субботина.

Таким образом, книгу Брауэра и Клеменса нужно рассматривать не как теоретический курс небесной механики, а как практическое руководство по этим вопросам. С этой точки зрения книга представляет большой интерес благодаря обилию свежего материала, четкому и ясному изложению трудных вопросов, широкой иллюстрации разбираемых методов численными примерами. Семнадцать глав книги содержат следующий материал.

Главы I—III рассматривают задачу двух тел (невозмущенное движение), причем в третьей главе разобраны вопросы притяжения между телами конечных размеров.

Главы IV—V рассматривают методы численного интегрирования уравнений небесной механики.

Главы VI—VIII излагают вопросы сравнения теории с наблюдениями (абerrация, прецессия, нутация, параллакс). Подробно изложен метод наименьших квадратов, широко применяемый в астрономии и геодезии.

Глава IX содержит изложение метода дифференциального исправления элементов орбиты.

Глава X посвящена знаменитой задаче трех тел.

Глава XI содержит общий метод интегрирования уравнений небесной механики (метод вариации произвольных постоянных).

Главы XII—XVI излагают основные методы небесной механики (метод Хилла, метод вычисления возмущений в координатах, метод Ганзена, метод разложения в ряды возмущающей функции, теорию вековых возмущений, метод Делонэ).

Глава XVII интересна, в частности, тем, что содержит теорию движения искусственных спутников Земли, основанную на методе Делонэ, но в оригинальной переработке Брауэра.

В этой же главе рассматривается связь задачи о движении искусственных спутников в нормальном гравитационном поле Земли с задачей о двух неподвижных центрах.

В конце каждой главы книги содержатся краткие сведения исторического характера. Подробную библиографию литературы по небесной механике на русском языке читатель найдет в приложении.

Г. А. Чеботарев

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга по небесной механике предназначена для того, чтобы обеспечить всестороннюю подготовку для практических приложений. Она рассчитана на студентов старших курсов и аспирантов, а также на инженеров и других лиц, желающих овладеть этим предметом. Специалисты могут использовать ее также как справочное руководство. Расположение излагаемого материала имеет целью по возможности облегчить вычислительную работу. Однако мы стремились к гораздо большему, чем к руководству по вычислениям. Мы изложили предмет логически, исходя из начальных принципов, постарались обосновать применяемые способы и заложить фундамент для будущих самостоятельных исследований другими лицами.

Небесная механика представляет собой отрасль астрономии, посвященную движениям небесных тел. Основной силой, определяющей эти движения (по крайней мере, движения тел внутри нашей собственной Галактики), является тяготение, и это единственная сила, которая рассматривается в этой книге. Почти во всех случаях полагают, что наблюдаемые движения можно описать полностью, не прибегая к помощи негравитационных явлений, и что многочисленные расхождения между наблюдениями и теорией большей частью обусловлены неполнотой существующих в настоящее время теоретических построений; точность наблюдений в течение последних двух столетий увеличивалась, как правило, быстрее точности вычислений. Однако со строго практической точки зрения это убеждение не основано на чем-либо более существенном, чем успехи в прошлом, достигнутые при рассмотрении относительно грубого материала наблюдений, доступного в то время. Громадный объем вычислительной работы, необходимой для более точного исследования этого вопроса, удержал многих исследователей от шагов в указанном направлении. Создание в последнее время более совершенной вычислительной техники уже привело к возрождению деятельности в этой области небесной механики, в которой несомненно остаются еще возможности сделать захватывающие открытия, и желание облегчить такую работу было нашим главным стимулом при написании этой книги.

Наиболее яркими примерами важных негравитационных сил, известных в настоящее время, являются силы, вызывающие неправильные и сезонные изменения в скорости вращения Земли, силы, которые влияют на движение спутников в атмосфере Земли, и силы, воздействующие на движения комет и компонент тесных двойных систем. Единственным разделом в этой книге, в котором рассматриваются некоторые из этих вопросов, является раздел об атмосферном сопротивлении, поскольку оно влияет на движение искусственного спутника (гл. XVII, разд. 14).

Мы ограничиваемся законом тяготения Ньютона. Случаями, в которых известно, что он неточен, являются движения линий апсид внутренних планет, но их легко рассмотреть, добавляя малые поправки в соответствии с принципами общей теории относительности.

Небесная механика может изучаться либо как абстрактная дисциплина, чтобы получить общее понимание законов и формальных соотношений, либо с целью практических приложений. Мы имели в виду исключительно эту последнюю цель. Мы приводим все основные методы, которые наиболее широко применялись для численных расчетов, и не упоминаем ни одного метода, не соответствующего этому назначению.

Предполагается хорошее знание читателем дифференциального и интегрального исчисления. Кроме того, для полного понимания некоторых выводов необходимо знание алгебры, теории алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, однако отсутствие такого рода знаний не помешает практическому применению методов, изложенных в книге.

Эта книга не построена в логической последовательности, так, чтобы ее необходимо было читать подряд от начала до конца, а написана по более или менее независимым главам; порядок глав можно было бы изменить различными способами, не затрудняя правильного понимания. Исключение составляют гл. I и II, которые должны следовать перед гл. XI—XVII. Подобным образом гл. IV логически предшествует гл. V, а гл. VI—IX связаны друг с другом. Каждая из гл. III и X—XVII является в сущности самостоятельной. Таким образом, разумным подбором глав можно значительно разнообразить пути изучения.

Глава IV дана главным образом как предпосылка к гл. V, чтобы последнюю можно было понять без полного курса исчисления конечных разностей, а также чтобы сделать легко доступными правила интерполирования. В гл. VI—IX мы включили сводку тех разделов сферической и практической астрономии, которые существенны для обработки астрономических наблюдений. Аберрация рассмотрена более подробно, нежели другие разделы, ввиду той небрежной манеры, с которой ее излагают другие авторы.

Что касается самих методов, то они изложены в гл. XI—XVII. В заключительной главе мы подчеркнули важность применения канонических переменных для количественного решения задач в небесной механике. Мы полагали, что будем способствовать осуществлению этой цели наилучшим образом, давая единый общий подход и оставляя в стороне все то, что не является необходимым.

По-видимому, бросается в глаза отсутствие дифференциального уравнения Гамильтона—Якоби с частными производными в его обычной форме, имеющей особое значение для решения проблем, которые допускают разделение переменных. Мы предпочитаем подчеркнуть преимущества более общей формы этого уравнения, предложенной Цейцелем, которая была специально задумана, чтобы служить фундаментом мощного метода теории возмущений. Этот метод содержит метод Делонэ как частный случай. Лица, интересующиеся другими аспектами этого вопроса, найдут многочисленные дополнительные сведения в «Аналитической динамике» Уиттекера и других руководствах.

Обозначения в небесной механике представляют много затруднений, главным образом из-за большого количества требуемых символов. Часто невозможно избежать применения одного символа в двух или более различных смыслах, не вводя обозначений, которые чрезмерно громоздки или настолько новы, что вводят в заблуждение тех, кто уже несколько знаком с предметом. Мы предпочитали, как правило, обозначения, применявшиеся авторами, которые писали больше всего по определенному вопросу, даже вплоть до того, что иногда в различных

главах для обозначения одной и той же величины использовали два символа. Однако мы сделали исключение для наиболее часто встречающихся величин, как, например, средняя аномалия, для обозначения которых всюду применяется единственный символ. Мы надеялись этим по возможности облегчить читателю обращение к оригинальной литературе, не возлагая чрезмерного бремени на ограничивающихся этой книгой.

Считаем нашим приятным долгом выразить сердечную благодарность д-ру Джен-Ичиро Хори (Отделение астрономии Токийского университета). Первый год его пребывания на Йельской обсерватории совпал с тем периодом, когда в рукописи делались последние штрихи. Его тщательному чтению всей рукописи в целом мы обязаны многими исправлениями и улучшениями. Д-р Хори помог нам в равной степени и при чтении корректур.

*Д. Брауэр
Дж. М. Клеменс*

Февраль 1961 г.