



# ВОЗМУЩЕНИЯ ОРБИТ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Авторы: Г. И. Ширмин

---

ВОЗМУЩЕНИЯ ОРБИТ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, отклонения реальных орбит небесных тел от т. н. невозмущённых кеплеровых орбит, по которым они двигались бы в случае гравитационного взаимодействия лишь с одним точечным или сферически симметричным телом, играющим роль центра притяжения, в соответствии с законом всемирного тяготения. Невозмущённые кеплеровы орбиты представляют собой конич. сечения – эллипс, параболу, гиперболу – и их прямолинейные вырождения (см. [Двух тел задача](#)).

Невозмущённое движение по конич. сечению можно рассматривать как первое приближение к истинному движению при условии, что одна из притягивающих масс значительно превосходит все остальные. Напр., в Солнечной системе доминирующим телом является Солнце, поэтому движение любого тела вокруг Солнца можно в первом приближении рассматривать как движение по эллипсу. Возмущающие притяжения всех остальных тел в этом случае малы и могут проявиться лишь на больших промежутках времени. Поэтому в классич. теории возмущений взаимное влияние планет вычисляют путём разложения в ряды по степеням малых параметров. В качестве малых параметров выступают массы планет, выраженные в единицах массы Солнца, а также эксцентриситеты и наклоны их орбит. Отд. члены этих рядов называются возмущениями или неравенствами в движении планет. Возмущения, содержащие массы планет (в единицах массы Солнца) в первой степени, называют возмущениями первого порядка, во второй степени – второго порядка и т. д. При построении теории движения больших планет обычно учитывают возмущения второго порядка и некоторые возмущения третьего порядка.

Для вычисления [эфемерид](#) небесного объекта определяют изменение его координат, вызванное возмущением орбиты. Для описания движения тела по орбите

рассчитывают возмущения элементов орбиты, что позволяет находить зависимости от времени т. н. оскулирующих элементов (см. Оскулирующая орбита). В. о. н. т. делятся на вековые и периодические. Вековые возмущения тел Солнечной системы зависят от взаимного расположения их орбит, которое в течение больших промежутков времени изменяется очень мало. Поэтому вековые возмущения элементов орбиты происходят в одном и том же направлении и величина их приблизительно пропорциональна времени. Вековым возмущениям подвержены два элемента орбиты – долгота восходящего узла и долгота перигелия. Периодич. возмущения зависят от относительного положения тел на орбитах, которое при движении по замкнутым орбитам повторяется через определённые промежутки времени. Поэтому периодич. возмущения элементов орбит происходят попеременно то в одном, то в противоположном ему направлении; им подвержены в той или иной степени все элементы орбит.

Среди периодич. возмущений особенно большие амплитуды имеют т. н. долгопериодические возмущения, возникающие в том случае, когда отношение периодов обращения возмущённой и возмущающей планет близко к точной соизмеримости (т. е. выражается простой дробью типа  $1/2$ ,  $2/3$  и т. п.). Периоды долгопериодических возмущений велики по сравнению с орбитальными периодами планет.

Причинами В. о. н. т., кроме притяжения др. объектов, могут быть также несферичность формы этих тел и распределения масс внутри них, сопротивление среды, в которой происходит движение, изменение массы тела с течением времени, световое давление и др. Особенно заметно влияние этих факторов на движение искусств. спутников Земли.

Возмущениям подвержены не только движения планет или спутников, но и движения звёзд, напр. в двойной системе. Траектория движения каждой звезды вокруг общего центра масс испытывает возмущения, вызванные несферичностью компонентов системы, обменом веществом между ними, притяжением др. звёзд, близких к системе, а также общим гравитационным полем галактики.

Определение В. о. н. т. – трудоёмкая задача, требующая громоздких вычислений. Так, в теории движения Луны, предложенной амер. астрономом Э. Брауном, формула для вычисления долготы Луны содержит 312 тригонометрич. членов, учитывающих возмущения орбиты Луны, вызванные притяжением Солнца. Решение таких задач немыслимо без привлечения численных методов. При численном интегрировании уравнений движения координаты объекта могут быть получены непосредственно, без предварительного вычисления возмущений орбиты. Теория возмущённого движения небесных тел составляет осн. содержание небесной механики.

## Литература

Лит. см. при ст. [Небесная механика](#).