

ло. Прямые космонавтические исследования Луны показали, однако, что слой пыли, покрывающий лунную поверхность, сравнительно тонок (не толще нескольких сантиметров).

ДВИЖЕНИЯ ЛУНЫ

Казалось бы, движения Луны очень просты: вращение вокруг оси и обращение вокруг Земли. К этим двум движениям можно также прибавить и третье — обращение Луны вместе с Землей вокруг Солнца. На самом деле мы перечислили лишь главные, простейшие из лунных движений. Кроме них, есть множество «второстепенных», учет которых, однако, совершенно необходим. Вот почему теория движения Луны считается одной из самых трудных проблем небесной механики. Можно смело сказать, что ни одно небесное тело не потребовало столько труда для изучения его движения, сколько наш естественный спутник.

Еще в 1747 г. Клеро, знаменитый французский математик, заложил первые основы теории лунных движений. Затем свои творческие способности в этой области применили Даламбер и Лаплас. Последний более 30 лет занимался теорией движения Луны, но тема отнюдь не была исчерпана и в дальнейшем крупнейшие математики мира пробовали свои силы в этой, оказавшейся очень сложной, области небесной механики. Среди них были Эйлер и Пуассон, Делоне и Пуансо, Хилл и Браун. Современная теория движения Луны окончательно оформилась лишь к 1923 г. С тех пор на основе этой теории во всех астрономических ежегодниках публикуются данные о положениях Луны на небе для различных моментов времени.

В чем же причина всех этих трудностей? Почему движение Луны так сложно?

Лишь в первом, самом грубом приближении орбиту Луны можно считать окружностью. На самом деле это эллипс, в одном из фокусов которого находится центр Земли. Ближайшая к Земле точка лунной орбиты называется *периселием*, самая удаленная — *апоселием*. В момент прохождения Луны через периселий ее центр отстоит от центра Земли на расстоянии 363 300 км. На земном небе видимые размеры Луны становятся наибольшими — ее поперечник достигает 32' 52". Наоборот, в апоселии, когда Луна удаляется от Земли до расстояния 405 500 км, видимый диаметр лунного диска сокращается

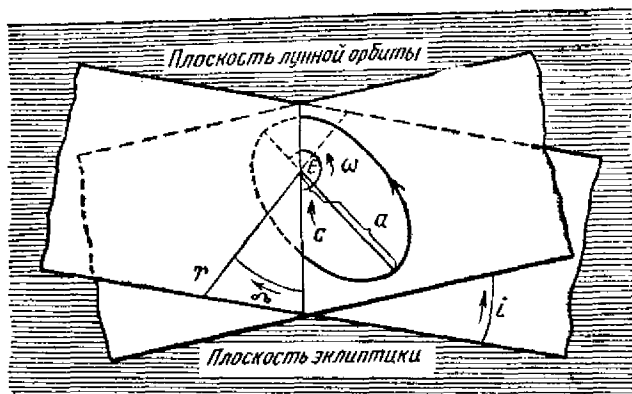


Рис. 4. Элементы лунной орбиты:

a — большая полуось; i — наклонение к эклиптике; Ω — долгота восходящего узла; ω — расстояние от восходящего узла до периселения; точка E — фокус орбиты Луны; c — расстояние от центра лунной орбиты до фокуса.

до $29'28''$. Конечно, эти изменения незначительны, для невооруженного глаза почти незаметны, но они существуют и свидетельствуют о том, что расстояние от Земли до Луны меняется непрерывно. Амплитуда этих колебаний (42 500 км) настолько велика, что игнорировать ее, например, при посылке космических аппаратов на Луну невозможно.

Плоскость, в которой лежит лунная орбита (рис. 4), составляет с плоскостью земной орбиты угол i , равный $5^{\circ}09'$ (наклон к эклиптике). Прямая, по которой пересекаются обе эти плоскости, называется линией узлов. Ее положение в пространстве определяется долготой восходящего узла Ω . Так называют угол, который образует линия узлов с направлением из центра Земли на точку весеннего равноденствия Υ — ту точку звездного неба, где Солнце бывает ежегодно 21 марта. Этот угол отсчитывают от направления на точку весеннего равноденствия против часовой стрелки, если смотреть со стороны северного полушария звездного неба.

Размеры и форма лунной орбиты характеризуются ее большой полуосью a и эксцентриситетом e . Первая из этих величин равна 384 400 км, вторая 0,05. Расположение лунной орбиты в ее плоскости задается расстоянием периселения от узла ω — так называют угол, который образует

линия узлов с направлением из центра Земли на периселений. Наконец, положение Луны на орбите можно вычислить, если известен T_0 — какой-то из моментов прохождения Луны через периселений.

Все эти шесть величин (i , Ω , a , e , ω , T_0) называются элементами лунной орбиты. Если бы Земля была строго шарообразна и при этом плотность вещества внутри земного шара зависела бы только от расстояния до центра Земли и если бы, наконец, система Земля — Луна была изолирована от влияния всех остальных небесных тел, теория лунного движения была бы очень несложной. Луна обращалась бы вокруг Земли по неизменному эллипсу, и все элементы лунной орбиты оставались бы постоянными. На самом деле на Луну воздействуют одновременно и притяжение Солнца и сплюснутость Земли, и даже гравитационные поля других планет. Благодаря всему этому в движении Луны наблюдаются возмущения, или, как их чаще называют, «неравенства». В результате все элементы лунной орбиты непрерывно изменяются, и движение Луны, по существу представляющее собой сумму многих одновременно совершающихся движений, оказывается чрезвычайно сложным. Здесь мы отметим лишь четыре главных лунных «неравенства».

1. Регрессия линии узлов. Слово «регрессия» означает отступление, движение назад. Регрессия линии узлов лунной орбиты выражается в очень медленном, но неуклонном перемещении этой линии в направлении, обратном движению Луны по орбите. Иначе говоря, плоскость лунной орбиты поворачивается в пространстве и полный оборот линия узлов завершает за 18,6 года. Легко подсчитать, что ежегодно поворот линии узлов лунной орбиты составляет $19^\circ,3$.

2. Движение линии апсид. Оно выражается в том, что эллипс лунной орбиты непрерывно поворачивается в своей плоскости в сторону движения Луны и быстрее, чем линия узлов. В первоначальное положение линия апсид (прямая, проходящая через периселений и апоиселений лунной орбиты) возвращается спустя 8,9 года.

3. Колебания наклона лунной орбиты. Эти периодические «покачивания» плоскости, в которой лежит лунная орбита, имеют небольшую амплитуду (угол i меняется в пределах от $4^\circ59'$ до $5^\circ17'$, в среднем составляя $5^\circ09'$). Возврат в первоначальное положение совершается каждые 18,6 года.

4. Колебания эксцентриситета. Форма лунной орбиты также не остается постоянной. Она то слегка вытягивается, то снова возвращается к первоначальному виду спустя 8,9 года и при этом эксцентриситет меняется в пределах от 0,04 до 0,07. Соответственно и среднее расстояние Луны от Земли меняется в пределах от 356 400 км до 406 730 км.

Повторяем, что перечисленные четыре неравенства главнейшие, самые заметные. Они составляют, увы, лишь малую долю всех тех неравенств, которые приходится учитывать в современной теории движения Луны. В сущности каждый элемент лунной орбиты испытывает не одно, а сотни периодических возмущений, причем каждое из них имеет свою амплитуду и свой период. Попробуйте представить себе все эти движения совершающимися одновременно — ведь астрономам приходится учитывать именно это суммарное, результирующее движение нашего естественного спутника.

В других случаях, для других небесных тел многими возмущениями из-за их малости попросту пренебрегают. Но Луна имеет сравнительно небольшую массу и поэтому чутко «отзывается» на внешние влияния. С другой стороны, она близка к Земле и даже небольшие неравенства с Земли становятся заметными. Эти два обстоятельства и объясняют необыкновенную сложность движения Луны. Космонавтика со своей стороны предъявляет к астрономам требования уточнить, улучшить и без того сложную теорию — ведь полеты на Луну предполагают уверенное определение расчетной траектории космических аппаратов. Впрочем, здесь, как и во всех других областях познания, человек постепенно все глубже и глубже проникает в суть изучаемого явления, подчиняясь запросам практики.

НОЧНОЕ СВЕТИЛО

Звездное небо намного потеряло бы в своей привлекательности, если бы иногда на его фоне не появлялось такое великолепное ночное светило, как Луна. В прошлом некоторые авторы астрономических трактатов высказывали даже сожаление, что жители других планет лишены подобного зрелища. Сегодня мы знаем, что это сожаление адресовать некому: мы, люди — единственные разумные обитатели Солнечной системы.