

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.

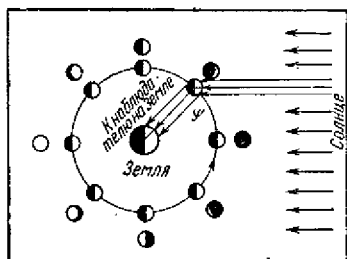


Рис. 5. Смена фаз Луны.

Как светило Луна прежде всего характерна своим непостоянством. Непрерывно меняется ее видимый облик, ее фазы и соответственно изменяется и освещенность, создаваемая Луной на земной поверхности.

На рисунке 5 показаны различные положения Луны на ее орбите и рядом фазы Луны т. е. ее вид для земного наблюдателя.

Так как Солнце очень далеко от Земли, то солнечные лучи, падающие на Луну, почти параллельны, и поэтому Солнце всегда освещает ровно половину лунного шара. Но это освещенное полушарие Луны с Земли мы видим по-разному.

Когда Луна находится между Землей и Солнцем, но не заслоняет собой солнечный диск, земному наблюдателю Луна невидна. Эта фаза Луны называется *новолуние*. Спустя 1—2 дня после новолуния в лучах вечерней зари появляется узенький серпик «молодой», растущей Луны. С каждым вечером этот серпик утолщается, и спустя примерно неделю после новолуния наступает первая четверть. В этой фазе Луна выглядит светлым полукругом, обращенным выпуклостью вправо. Далее Луна продолжает расти, и еще спустя неделю наступает *полнолуние*, когда земному наблюдателю становится видно все освещенное полушарие Луны.

После полнолуния смена лунных фаз происходит в обратном порядке. Луна «ущербляется» справа, через неделю наступает *последняя четверть* (светлый полудиск с выпуклостью, обращенной влево), а затем «старая» Луна становится похожей на букву «С» и, с каждым днем приближаясь на небе к Солнцу, в конца концов теряется в лучах утренней зари.

Договоримся впредь край лунного диска называть *лимом*, а границу между освещенной и неосвещенной частями лунного шара — *терминатором*. Из-за неровностей лунной поверхности терминатор не всегда имеет правильную форму полуэллипса. «Зазубрины» терминатора иногда различимы даже невооруженным глазом (серп Луны «с носом»), в бинокль же и телескоп они видны всегда.

Когда серп Луны достаточно узок, часто удается наблюдать пепельный свет Луны — слабое свечение ее несвещенной части. Собственно при этом мы видим свет не Луны, а Земли, рассеянный лунной поверхностью. Любопытно, что, когда к Луне обращен Тихий океан, пепельный свет приобретает заметный голубоватый оттенок, а когда Земля повернута к Луне Азиатским континентом, пепельный свет становится желтоватым. Так в «кривом» шероховатом лунном зеркале отражается наша богатая красками планета!

Обращаясь вокруг Земли, Луна перемещается на фоне созвездий, за сутки смещаясь к востоку примерно на  $13^\circ$ . Промежуток времени, за который Луна совершает полный оборот вокруг Земли, называется сидерическим месяцем. Он равен 27,3 земных суток. Полный цикл изменения лунных фаз занимает несколько больший промежуток времени. Он называется синодическим месяцем и равен 29,5 земных суток.

Причина, по которой сидерический месяц не равен синодическому, достаточно ясна. Когда Луна, завершив полностью оборот вокруг Земли, снова вернется в прежнее положение относительно звезд, Солнце (благодаря орбитальному движению Земли) сместится на небе к востоку и, следовательно, фаза Луны будет иной, чем в начале сидерического месяца. Лишь через два с небольшим земных дня Луна, догоняя Солнце в их видимом движении по небосводу, снова достигнет первоначальной фазы и тем самым синодический месяц будет завершен.

Если бы не было никаких лунных неравенств, путь Луны на фоне звездного неба всегда был одним и тем же. На самом деле, строго говоря, он никогда не повторяется и можно отметить лишь тот пояс созвездий, через которые может пройти (и иногда проходит) Луна. В этот пояс, кроме зодиакальных созвездий (Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей), входят и некоторые созвездия, граничащие с ними.

Условия видимости Луны зависят от сезона. Например, зимой, когда суточный путь Солнца в северных широтах невысок над горизонтом, полная Луна, противостоящая на небе Солнцу, наоборот, около полуночи ярко сияет высоко в небе. Летом же наблюдается обратная картина — видимый путь полной Луны над горизонтом очень низок. Для всех сезонов восход полной Луны совпадает с заходом Солнца и,

наоборот, с восходом Солнца уходит под горизонт полная Луна.

Зная, как располагаются на небе видимый годовой путь Солнца и видимый месячный путь Луны, можно, например, сообразить, что «молодая» Луна лучше всего видна в весенние вечера — тогда ее суточный путь над горизонтом высок и длинен. Наоборот, в осенние вечера «молодая» Луна поднимается над горизонтом невысоко и заходит рано. Желаящие самостоятельно наблюдать Луну сведения о ее видимости смогут найти не только в астрономических ежегодниках, но и в обычном отрывном календаре, где указываются на каждый день фаза Луны и время ее восхода и захода.

На светлой поверхности лунного диска глаз без труда различает сероватые пятна постоянных очертаний — так называемые лунные «моря». То, что они всегда одинаковы, было подмечено еще в древности. Этот факт свидетельствует о том, что Луна всегда обращена к нам одним и тем же полушарием. Второе, не видимое с Земли полушарие стало доступным изучению лишь с помощью космических аппаратов.

Сохраняя постоянную ориентацию по отношению к Земле, лунный шар в то же время вращается вокруг оси так, что время оборота Луны вокруг оси в точности равно периоду ее обращения вокруг Земли —  $27 \frac{1}{3}$  сут. Такое движение называется с и н х р о н и з м, и оно, по-видимому, свойственно и некоторым спутникам других планет. Заметим, что ось вращения Луны почти перпендикулярна плоскости земной орбиты (угол наклона равен  $88^{\circ}28'$ ).

Период полного оборота Луны вокруг оси ( $27 \frac{1}{3}$  сут) можно назвать л у н н ы м и з в е з д н ы м и с у т к а м и, так как движение Луны в этом случае рассматривается относительно звезд. Солнечные же сутки на Луне несколько длиннее, и они, как нетрудно сообразить, равны синодическому месяцу ( $29 \frac{1}{2}$  земных суток). Действительно, в этом случае по завершении солнечных суток терминатор возвращается в исходное положение, а значит, повторяется первоначальная лунная фаза. Таким образом, солнечные сутки на Луне длятся почти месяц, а день и ночь — по две земные недели. Эта особенность лунного мира приводит к тому, что поверхность Луны периодически испытывает длительный нагрев, сменяющийся столь же продолжительным охлаждением.

Казалось бы, из синхронного движения Луны неизбежно следует, что земному наблюдателю всегда доступна лишь половина лунной поверхности. На самом деле это не совсем так. По некоторым причинам, которые мы сейчас рассмотрим, Луна слегка «покачивается», чуть-чуть приоткрывая нам часть невидимого своего полушария. Благодаря этому «покачиванию» или либрации земной наблюдатель видит не половину, а около 60% всей лунной поверхности. Различают четыре типа либраций.

**Либрация по долготе.** Она вызвана тем, что вращение Луны вокруг оси совершается равномерно, а обращение Луны вокруг Земли по эллипсу происходит неравномерно (второй закон Кеплера). Из-за этого создается впечатление, что Луна слегка покачивается, попеременно приоткрывая земному наблюдателю то восточную, то западную часть своего невидимого полушария. В течение сидерического месяца вид красивых зон Луны заметно меняется, что легко проверить, наблюдая Луну хотя бы в бинокль.

Наибольшее значение либрации по долготе составляет  $+7^{\circ}45'$ .

**Либрация по широте.** Плоскость лунного экватора образует с плоскостью земной орбиты угол  $1^{\circ}32'$ , а плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости земной орбиты под углом, близким к  $5^{\circ}$ . Следовательно, наклон лунного экватора к лунной орбите составляет  $6^{\circ},5'$ . При обращении вокруг Земли ось вращения Луны перемещается в пространстве параллельно самой себе. По этой причине Луна периодически обращает к земному наблюдателю то северный полюс, то южный вместе с их окрестностями. Тем самым мы как бы «заглядываем» через полярные зоны в невидимое полушарие Луны. Либрация по широте достигает  $\pm 6^{\circ}41'$  и благодаря ей становятся частично доступны околополярные зоны обратной стороны Луны.

**Параллактическая либрация.** Все, что было сказано по поводу двух предыдущих либраций, относилось к воображаемому наблюдателю, помещенному в центр Земли. Реальный же наблюдатель находится на поверхности вращающейся Земли, которая переносит его из одной точки пространства в другую. Меняется положение наблюдателя, чуть-чуть изменяется и вид Луны. Даже, если бы Луна относительно центра Земли оставалась совершенно неподвижной, земному наблюдателю из-за вращения

Земли она казалась бы слегка покачивающейся. Эта параллактическая либрация совсем невелика и не превышает  $\pm 1^\circ$ .

Все три перечисленные выше либрации в сущности имеют геометрический характер. Они связаны не с реальным «покачиванием» самой Луны, а с изменениями условий ее наблюдения. Однако существует и настоящая физическая либрация. Она вызвана тем, что Луна (как и Земля) имеет форму не идеального шара, а трехосного эллипсоида. Правда, отклонения Луны от шарообразной формы очень невелики — направленный к Земле радиус Луны превосходит перпендикулярные к нему радиусы всего на несколько километров.

Но все-таки вытянутость Луны в направлении к Земле существует. Большая ось лунного эллипсоида при обращении Луны вокруг Земли периодически выходит из положения своеобразного «равновесия» и становится направленной не к центру Земли, а слегка в сторону. Но тяготение Земли старается привести лунный эллипсоид в устойчивое положение. В итоге возникают настоящие физические колебания Луны, правда, с очень маленькой амплитудой — физическая либрация не превышает  $\pm 2''$ .

Лунный свет и лунные ночи восторженно описаны многими поэтами и прозаиками. И с ними трудно не согласиться — Луна как светило изумительно красива. Но она кажется в темные ночи ослепительно яркой лишь по контрасту с черным фоном ночного неба — днем Луна выглядит куда менее эффектно.

Самое парадоксальное, пожалуй, то, что на самом деле Луна — очень плохое «зеркало». Она отражает лишь 7% падающего на нее солнечного света. По своим отражательным способностям Луна напоминает сухой чернозем, мокрый суглинок и очень темные горные породы типа базальта и диабазы. Иначе говоря, в целом Луна темно-серая, а не ослепительно серебристая, какой кажется нашим, подверженным различным оптическим обманам, глазам.

Если изучить более детально, как отражает Луна лучи разного цвета, то окажется, что с увеличением длины волны отражательная способность лунной поверхности возрастает. Так, например, Луна отражает 4% падающих на нее фиолетовых лучей, 7% желтых и 9% красных. Вещество с такими оптическими свойствами воспринимается нашим глазом, как темно-серое с коричневатым оттенком.

Первые фотоснимки Луны были получены вскоре после изобретения фотографии. Позже Луну фотографировали через разные светофильтры. На цветных фотографиях Луны цветовые контрасты усилены — при наблюдении Луны в телескоп лишь иногда удается различить очень слабую окраску какого-нибудь участка Луны. В целом лунная поверхность, в отличие от земной, отличается однообразием окраски. Тем необычнее облик разноцветной Луны, созданный средствами химии.

Впрочем, даже слабые цветовые оттенки лунных объектов указывают на их разную природу и, возможно, на различное происхождение. Но это относится уже к деталям лунного мира, а не к свойствам Луны как ночного светила.

### ОБЛАКА КОРДЫЛЕВСКОГО

В прошлом веке шли споры о том, сколько лун имеет Земля. Вопрос этот отнюдь не праздный. Некоторые из планет очень богаты спутниками — у Юпитера их 14, у Сатурна 10. Открыли их не сразу и, естественно, возникало предположение, что, может быть, вокруг Земли кружится один или несколько маленьких неизвестных спутников, пока ускользающих от наблюдателей. Небесмысленными казались и поиски «луны Луны», т. е. небольшого спутника Луны, обращающегося вокруг нее на сравнительно небольшом расстоянии. Некоторые астрономы уверяли своих коллег, что им удавалось заметить вблизи Луны какие-то неизвестные быстродвижущиеся звездочки. Но ими оказывались или малые планеты (астероиды), или просто оптические блики в линзах и зеркалах телескопов. И хотя никаких новых лун в космических окрестностях Земли и Луны обнаружить не удалось, известный французский романист Жюль Верн в романе «Вокруг Луны» счел нужным упомянуть о второй луне — так популярна была в то время эта идея.

Ныне и Земля и Луна имеют искусственные спутники, и мы привыкли к мысли, что орбиты всех этих искусственных космических тел представляют собой эллипсы, в одном из фокусов которых находится Земля или Луна. Между тем могут в системе Земля — Луна существовать небольшие естественные спутники с орбитами совсем необычными.

Как доказал еще в XVIII в. знаменитый французский математик Лагранж, в системе Земля — Луна есть пять