

МОСКОВСКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ

Г. А. ГУРЕВ

ЛУННЫЙ МИР



Москва — 1946

МОСКОВСКИЙ ПЛАНЕТАРИЙ

Г. А. ГУРЕВ

Прогресс

52

Г 45

ЛУННЫЙ МИР

Прогресс 1958

183

Прогресс
1953

ЗНИ

ПРОГРЕСС
1959

Москва—1946

ВВЕДЕНИЕ

Луна выделяется на ночном небе среди других светил как своей величиной и яркостью, так и сменой своих форм. Вопросы о природе этого небесного светила, о его образовании и будущем, занимали уже очень многих мыслителей древности, которые знали, что оно постоянно движется вокруг Земли. Некоторые из них высказывали весьма замечательные предположения, получившие подтверждение лишь два тысячелетия спустя. Так, выдающийся древнегреческий философ Анаксагор (500—428 г.г. до хр. э.) считал, что Луна приблизительно равна Пелопоннесу — полуострову на юге Греции — и что она, подобно нашей Земле, имеет горы, долины и т. п. Такая мысль противоречила тогдашним религиозным представлениям о мире, и поэтому Анаксагор в конце концов был заключен в тюрьму, как безбожник.

Для верующих небо является местопребыванием бога и вообще сверхестественных существ. Поэтому в религиозном мировоззрении вселенная представляется состоящей из двух противоположных частей — из подлунного мира и «царства небесного». Средневековые богословы, отстаивая натурфилософский дуализм, т. е. учение о двойственности природы, допускали коренное отличие земного от небесного. В связи с этим богословы всячески поддерживали учение великого древнегреческого философа Аристотеля (384—322 г.г. до хр. э.) о существенном различии между веществом небесных тел и веществом Земли. Согласно этому учению, небо — это область неизменного эфира (пятого элемента — «квинтэссенции»), где все совершенно, чисто, вечно. Наоборот, Земля — это мир преходящих четырех элементов — стихий (земли, воды, воздуха, огня), где все несовершенно, возникает и умирает. Средневековая церковная «наука», схоластика, в этой идее Аристотеля видела научное оправдание религиозного представления о «царстве небесном».

В 1543 г. Коперник (1473—1543) опроверг геоцентризм (греческое слово «ге» — Земля) — учение о центральном положении Земли во вселенной. Он высказал смелую мысль, что Земля есть лишь третья, считая от Солнца, планета, обращающаяся вокруг этого светила. Но если это так, т. е. если

Земля сама есть в сущности одно из «небесных светил», то не может быть речи о коренном различии между «земным» и «небесным». Следовательно, благодаря учению Коперника, начала рушиться фантазия о «царстве небесном», и был сделан первый важный шаг к признанию материального единства вселенной.

Следующий шаг сделал в 1610 г. великий коперниканец Галилей (1564—1642) при помощи только-что изобретенного зрительного прибора — телескопа. Направив свой еще весьма несовершенный телескоп на Луну, он убедился, что она представляет собой темное землеподобное тело, отражающее солнечный свет. При этом из факта неравномерной освещенности лунной поверхности Галилей заключил, что эта поверхность «покрыта огромными горами, глубокими пропастями и обрывами», и, следовательно, подобна земной поверхности. Лунные горы Галилей в конце концов ясно разглядел в свой телескоп и даже измерил их высоту. Таким образом, Галилей подтвердил точку зрения Анаксагора и пришел к выводу, что в мировом пространстве существуют также «иные земли», другие миры.

Конечно, защитники средневекового религиозного мировоззрения никак не могли примириться с этим выводом — об известном сходстве Луны с Землей. Поэтому они пытались истолковать обнаруженное Галилеем с помощью телескопа неравномерное освещение лунной поверхности так, чтобы не считать Землю небесным телом. При этом они не желали считаться с тем, что Луна имеет горы и долины, и, следовательно, похожа на Землю. Но еще Галилей опроверг все эти попытки, показав всю их вздорность и необоснованность.

В настоящее время никто уже не осмеливается отрицать тот факт, что Луна — мир, в некоторых отношениях сходный с Землей. Более того, мы знаем, что Луна является в известном смысле частью земного шара, ее неотъемлемой принадлежностью. Но спор о природе Луны, возникший в связи с первыми телескопическими открытиями, имел огромное значение, так как он касался не только астрономии, но и богословия. Он затрагивал одну из основ религиозного представления о мире — антропоцентризм (греческое слово «антропос» — человек) и вытекающий из него геоцентризм. Ведь богословы учат, что человек является целью вселенной, что вся природа существует для человека и поэтому Земля в качестве важнейшего мирового тела должна находиться в центре вселенной. А между тем допущение на Луне гор, долин и т. п. неизбежно ведет к крайне еретической мысли, что Земля не является единственным миром, а человек — не «цель творения».

Расстояние до Луны

Луна очень хорошо изучена астрономами, так как она находится от Земли ближе всех светил. Но прежде, чем ее описать, посмотрим, как узнали ее расстояние до нас.

Очень часто приходится встречаться с людьми, которые не верят в возможность измерения расстояния от Земли до небесных светил. Но такие сомнения неосновательны, так как эти расстояния измеряются, по существу, так же, как и расстояние до недоступного предмета на Земле, т. е. не прямым, а косвенным путем.

Всякий служивший в артиллерии знает, что можно измерить расстояние до неприятельской батареи, хотя к ней подойти нельзя. Известно также, что землемер точно определяет расстояние до предмета, отделенного от него рекой, не переходя самой реки, причем он делает это при помощи особого угломерного инструмента. Таким же способом, пользуясь специальными, более точными угломерными приборами, можно измерить расстояние и до недоступных небесных светил.

Сущность этого способа вкратце состоит в следующем.

Положим, что вы хотите узнать расстояние до какого-нибудь одиноко стоящего дерева, находящегося на противоположном берегу. Вы смотрите на него, стоя на месте, и вам кажется, как будто дерево расположено как раз против определенной избы отдаленной деревни. Воткните палку А в том месте, где вы стояли, и пройдите по берегу метров 50. Остановившись, снова воткните палку Б и посмотрите на дерево В. Вам покажется, что дерево сместилось, что оно расположено уже не против избы, а против, положим, мельницы, хотя вы знаете, что дерево никуда не передвигалось. Дерево вам кажется смещенным потому, что передвигались вы сами, потому, что вы смотрите на дерево с другого места. Если бы дерево было дальше, оно казалось бы вам менее передвинутым, или наоборот, если бы оно стояло ближе к вам, кажущееся передвижение его было бы еще значительнее. Вместе с тем этот кажущийся сдвиг зависит и от основной линии или базиса — от расстояния между А и Б, т. е. от тех двух мест, с которых мы производили наблюдения.

Чем длиннее основная линия, тем больше смещение наблюдаемого предмета, чем она короче, тем смещение меньше. А чтобы определить это смещение с двух разных мест, расстояние между которыми известно, измеряют при помощи специальных угломерных инструментов (например, астролябий) два угла: с одной стороны — угол между направлением линии АБ и направлением линий АВ, с другой — угол между направлениями АВ и ВВ. Кто имеет самые начальные сведения из области геометрии, тот знает, что треугольник известен нам во всех своих частях, если известны одна сторона и два угла его. Но эти элементы треугольника нам в данном случае известны: это — основная линия определенной длины АБ и два прилегающих к ней угла. Следовательно, математическим путем мы можем точно вычислить расстояние дерева от любой точки А и В или от любой из точек, лежащих на основной линии АБ.

Конечно, при определении расстояний небесных тел от Земли применяются очень сложные вычисления и приспособления, но самый прием похож на тот, который мы только что описали. Что же касается Луны, то для определения ее расстояния наблюдают различие в тех направлениях, по которым она одновременно видна из двух достаточно удаленных друг от друга мест земной поверхности. С этой целью два наблюдателя обычно располагаются приблизительно на одном меридиане и по возможности дальше друг от друга, один в северном полушарии, а другой — в южном. Оба эти наблюдателя, местоположение которых должно быть хорошо известно, измеряют положение Луны на небе одновременно, именно тогда, когда она занимает наивысшую точку над горизонтом.

Из такого рода определений было совершенно строго установлено, что Луна из всех других небесных объектов (Солнца, планет, звезд и пр.) наиболее близка к Земле. Ее расстояние от нас не остается постоянным, а меняется в определенных пределах (вследствие эллиптичности лунной орбиты), но в среднем оно равно 384 400 км, т. е. в среднем на таком расстоянии отстоят центры Земли и Луны*. Оно примерно раз в 400 меньше расстояния Земли от Солнца, только в 10 раз больше окружности земного экватора и раз в 30 больше длины земного диаметра. Если бы Землю поместить в центре Солнца, то Луна приходилась бы почти в середине между центром Солнца и его поверхностью, так как

*) В самое последнее время удалось направить на Луну радиоволны определенной длины, которые отразились от лунной поверхности и вернулись обратно на Землю. Скорость радиоволн равна скорости всякого рода лучей и хорошо нам известна (300 000 километров в секунду), так что появился новый (не астрономический, а физический) способ определения расстояния до нашего спутника.

диаметр Солнца примерно в 100 раз больше диаметра Земли. Следовательно, огромное для нас, жителей Земли, расстояние в 384 400 км очень невелико не только по сравнению с расстоянием до других небесных тел, но даже и по сравнению с размерами некоторых из них.

Только благодаря незначительности расстояния Луны, она нам кажется довольно большим диском, хотя по размерам Луна принадлежит к числу самых небольших небесных тел. Зная ее расстояние и измерив угол, под которым виден нам ее диаметр, можно вычислить самый диаметр. Он равен 3 476 км, что почти вчетверо меньше земного, так что поверхность Луны почти в 13 раз, а объем в 49 раз меньше, чем поверхность и объем земного шара. Что же касается массы Луны, определенной по явлениям притяжения, оказываемого на Землю, то она почти в 82 раза меньше массы Земли. Следовательно, Луна состоит из более легкого, менее плотного вещества, чем земной шар: ее плотность составляет 0,6 земной плотности, т. е. лишь в $3\frac{1}{2}$ раза превышает, плотность воды (близкой к этому плотностью обладают наружные слои Земли). В результате тяжесть на поверхности Луны весьма невелика — почти в 6 раз слабее, чем на Земле, т. е. каждый предмет оказался бы в шесть раз легче, чем на Земле. Поэтому, будучи перенесены на Луну, мы проявили бы в шесть раз большую силу и легкость, чем на нашей планете: мы поднимали бы в шесть раз более массивные тела, бросали бы тела в шесть раз выше, в шесть раз выше прыгали бы и т. д.

Причина лунных фаз

С давних времен широко распространено мнение о том, что Луна влияет на погоду или, как говорят, «Луна делает погоду». Однако исследования не обнаружили такого влияния, и если оно существует, то должно быть в высшей степени незаметным. В этом нет ничего удивительного, ибо исследования показали, что Луна посылает нам в 465 000 раз меньше света и в 280 000 раз меньше тепла, чем Солнце, от которого зависят все явления, совершающиеся на Земле. Распространенность же поверья о влиянии Луны на погоду объясняется тем, что многие запоминают те перемены погоды, которые просто совпадают с изменениями вида Луны (такие случаи, конечно, бывают).

Луна — спутник Земли: двигаясь вокруг Земли, она в то же время следует за нею в ее движении вокруг Солнца. В этом движении Луны легко убедиться, наблюдая в течение нескольких дней за ее положением на небе. Мы увидим, что Луна, двигаясь вместе со всеми звездами в том же направлении — слева направо, заметно отстает от нас, перемещаясь с запада на восток, т. е. справа налево. Она восходит и за-

ходит каждые сутки с опозданием немного более $\frac{3}{4}$ часа, т. е. промежуток времени между ее последовательным прохождением через меридиан — полуденную линию — несколько более 24 час. Время, в течение которого Луна возвращается в одно и то же видимое положение между звездами, равно 24 дн. 7 ч. 43 м. 11,5 с. Это время, которое можно определить из непосредственных наблюдений, названо звездным или сидерическим месяцем, причем оно не есть истинное время обращения Луны вокруг Земли.

Как известно, при своем перемещении между звездами Луна периодически меняет свой вид — от очень узкого серпа до полного круга. Эти различные фигуры, в виде которых представляется нам Луна в различные дни, называются фазами Луны. Отчего же они происходят?

Весьма легко заметить, что лунные фазы находятся в полной зависимости от взаимного расположения Солнца и Луны. Например, вид серпа Луна имеет только тогда, когда она находится на небесном своде недалеко от Солнца, причем, этот серп всегда выгнут в ту сторону, где находится Солнце (значит, рога серпа всегда обращены в сторону, противоположную Солнцу). В это время Луна бывает видна или утром незадолго до восхода Солнца, или вечером вскоре после его захода. Это указывает на то, что сама Луна не дает света, что мы можем видеть только ту часть лунной поверхности, которая освещена Солнцем. Действительно, уже давно установлено, что Луна не является, как Солнце, «огненным» шаром, источником света и тепла, сияющим собственным, незаимствованным блеском. Луна представляет собой также шар, движущийся в небесном пространстве, но этот шар — холодный, темный, как и земной шар, хотя по плотности и твердости, а также по объему значительно уступающий Земле. Луна так же, как и другие спутники и все планеты, не испускает света, т. е. сама не светит, как, например, свеча или лампа. Она получает свет от Солнца и, как гигантское зеркало, отражает этот свет в разные стороны, при этом часть его — по направлению к Земле.

Если бы Солнце не освещало Луны, она оставалась бы совершенно темной, и мы бы не видели ее. Если Луна кажется нам такой блестящей, то это только потому, что мы видим ее среди темного ночного неба. Наблюдая Луну днем, мы находим ее не более блестящей, чем какое-нибудь освещенное Солнцем белое облачко, плавающее в воздухе. Свет, непосредственно исходящий от Солнца, настолько силен, что более слабое его отражение от Луны кажется нам рядом с ним совсем бледным. Наоборот, ночью то же самое отражение представляется весьма ярким по сравнению с темной глубиной неба.

Так как Луна — шар, то одновременно может освещаться Солнцем только половина ее поверхности, именно та, которая обращена к Солнцу. Другая же половина Луны находится в темноте совершенно так же, как это бывает с Землей и другими планетами. Это обстоятельство, в связи с периодическим

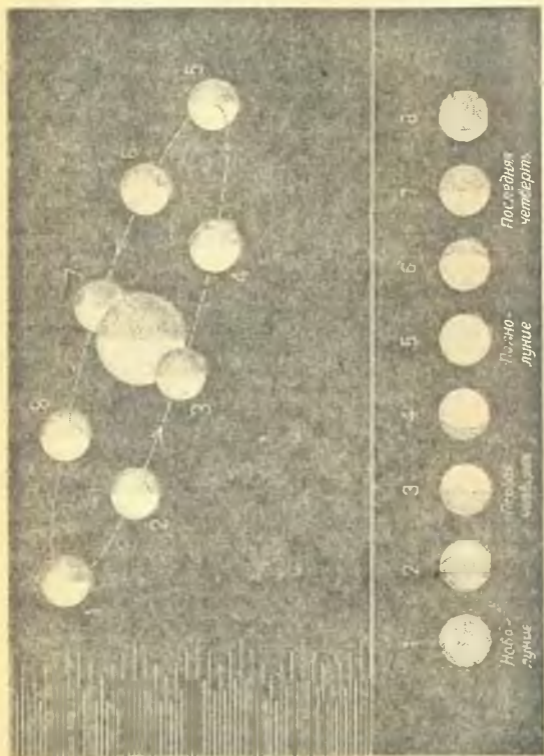


Рис. 1. Объяснение лунных фаз.

изменением взаимного расположения Солнца, Луны и Земли, и является причиной тех различных перемен вида Луны, которые называются ее фазами и при которых к нам бывает обращена то освещенная, то темная ее половина, то, наконец, часть той и другой одновременно.

Как известно, иногда мы Луны совсем не видим — тогда, очевидно, она обращена к нам своей неосвещенной стороной. Эта фаза называется «новолунием»: во время новолуния Солнце и Луна восходят и заходят почти одновременно, ибо Луна расположена тогда почти между Землей и Солнцем (как говорят, она находится в «соединении» с Солнцем). Затем Луна отходит от линии, соединяющей Землю с Солнцем, ее восход отстает от Солнца, и по истечении нескольких дней та половина ее поверхности, которая обращена к Земле, будет уже частично освещена. Мы видим тогда Луну в западной части неба вскоре после захода Солнца в виде узкого серпа, выпуклая сторона которого обращена вправо, к западу, к зашедшему Солнцу. Постепенно, по мере того, как Луна все больше удаляется от линии Земля—Солнце, обращенная к Земле освещенная часть Луны увеличивается. Когда Луна сделает $\frac{1}{4}$ своего оборота вокруг Земли, т. е. когда ее восход отстанет от восхода Солнца на 6 час. (говорят, что в этом положении Луна находится в «квадратуре»), то она вступает в фазу, которая называется «первой четвертью». В это время Луна расположена относительно Земли так, что мы видим освещенной ее половину (западную, правую). При дальнейшем движении Луны мы видим все большую и большую освещенную ее часть, а когда она сделает половину своего оборота вокруг Земли, то ее восход отстанет от восхода Солнца на 12 час. В это время Земля находится как раз между Луной и Солнцем, и Луна обращена к нам всей освещенной половиной. Это так называемое «полнолуние», когда мы видим яркий, полный круглый диск Луны (она находится тогда в «противостоянии» по отношению к Солнцу).

Затем начинается ущерб: Луна снова приближается к Солнцу, часть ее поверхности опять становится невидимой, но теперь уже невидима правая ее часть, а левая, обращенная к Солнцу, — светлая. Она видна утром даже после солнечного восхода направо от Солнца, как прекрасное нежное кружево. Изю дня в день видимая часть диска делается все уже и уже, выпуклая часть ее обращена к востоку, к восходящему Солнцу. Наконец, Луна, пройдя все свои фазы, снова занимает место против Солнца, вновь вступает «новолуние».

Уже давно было замечено, что когда Луна бывает близка к новолунию, т. е. кажется только узким серпом, то часто можно видеть и неосвещенную непосредственно солнечными

лучами часть Луны, хотя она (так называемая «старая «Луна») освещена гораздо слабее и является в каком-то бледном сиянии.

Это так называемый «пепельный свет» Луны. Что же это за свет? Оказывается, что это — отраженный свет нашей Земли, падающий на Луну. Вель Земля так же, как и Луна — тело темное, причем она освещается Солнцем и, как и Луна, отражает падающие на ее поверхность солнечные лучи. Эти отраженные лучи попадают отчасти на Луну, слабо освещают ее поверхность и придают ей «пепельный» оттенок. Значит, исследуя пепельный свет, мы, так сказать, исследуем собственный свет Земли, иначе говоря, тот свет, какой Земля имеет при наблюдении из какой-нибудь точки мирового пространства. Исследования советского астронома проф. Г. А. Тихова в Пулковской обсерватории выяснили, что при наблюдении с расстояния, равного расстоянию Луны, Земля наша должна иметь в общем вид яркого бледно-голубоватого диска.

Заметим, что Земля, в свою очередь, имела бы фазы, если бы ее наблюдать с поверхности Луны. При этом, когда на Земле мы имеем новолуние, то на Луне наша Земля, наоборот, представляется в полной фазе. Вообще фазы Земли и Луны являются «дополнительными» друг к другу, т. е. освещенная часть Луны, какой она кажется при наблюдении с Земли, плюс освещенная часть Земли, какой она кажется при наблюдении с Луны всегда составляет 180° . Значит, о земном свете можно говорить так же, как и о лунном, причем пепельный свет мы наблюдаем тогда, когда Земля, видимая с Луны, находится почти в полной фазе (в «полноземлии»).

Присматриваясь к темным, матовым пятнам, которые каждый из нас легко различает на поверхности Луны, замечашь, что они постоянны, всегда имеют одни и те же формы. Например, фотографические снимки Луны в первой и последней четверти, если их сложить вместе, дают точное воспроизведение снимков Луны, получаемых в момент полнолуния (с изменениями лишь в освещении отдельных частей лунной поверхности). Отсюда ясно, что Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной, другой ее половины мы никогда не видим. Это, однако, не значит, что Луна совсем не вращается вокруг своей оси: она вращается, но так, что время ее оборота вокруг оси в точности равняется времени ее оборота вокруг Земли, т. е. одному месяцу. Значит, сутки на Луне равняются месяцу ($29\frac{1}{2}$ дням), и двухнедельная ночь на каждой точке ее поверхности сменяется столь же продолжительным днем.

Мы только что сказали, что Луна обращена к нам всегда одной и той же стороной и, таким образом, мы в состоянии

видеть только одну половину ее поверхности. Однако, последнее заключение не совсем точно.

На самом деле мы знаем немного больше половины лунной поверхности — приблизительно 0,59. Объясняется это тем, что при своем движении вокруг земного шара Луна, как бы несколько покачивается по отношению к линии, соединяющей центры Земли и Луны, слегка поворачиваясь в ту и другую сторону, показывая нам попеременно небольшие участки скрытого от нас полушария. Это явление называется «либрацией» (качанием) Луны, но в действительности никакого колебания нет. Дело в том, что ось вращения Луны не перпендикулярна к плоскости ее орбиты относительно Земли, а наклонена к ней под углом $83^{\circ}19'$. Вследствие этого Луна наклоняется к нам попеременно то одним, то другим из своих полюсов, позволяя видеть $6^{\circ}41'$ за ее полюсы, т. е. несколько больше точкой половины всей своей поверхности.

С другой стороны, орбита Луны не есть окружность, а эллипс, по которому она движется согласно законам, открытым Кеплером. В частности, соблюдается и тот закон Кеплера, по которому угловая скорость движения Луны по орбите не одинакова в различные моменты. Наоборот, вращение Луны вокруг своей оси происходит совершенно равномерно. Вследствие этого получается, что иногда Луна успевает повернуться вокруг себя немного больше, чем следовало бы, если бы ее движение по орбите было тоже равномерным, а иногда — меньше. В результате мы получаем возможность заглянуть несколько то за восточный, то за западный край лунного диска.

В общем только 41% лунной поверхности остается для нас совершенно невидимым.

Лунные и солнечные затмения

Земля и Луна, как и всякое темное тело, при освещении Солнцем отбрасывают за собой тень.

Земная тень, отбрасываемая в пространство, в среднем имеет длину 1.382 000 км, т. е. в три раза более расстояния до Луны. Конечно, лунная тень короче: она достигает примерно 373 000 км, т. е. почти равна среднему расстоянию Луны от Земли. Естественно, что Луна, попав при своем движении вокруг Земли в земную тень, должна затемниться, померкнуть, т. е. должно произойти явление, называемое лунным затмением.

При этом явлении солнечные лучи не достигают Луны: они задерживаются непрозрачной Землей, находящейся между Солнцем и Луной и бросающей на Луну свою тень. Но и обратно, иногда Луна становится между Солнцем и Землей, и тогда лунная тень падает на Землю и закрывает от нас

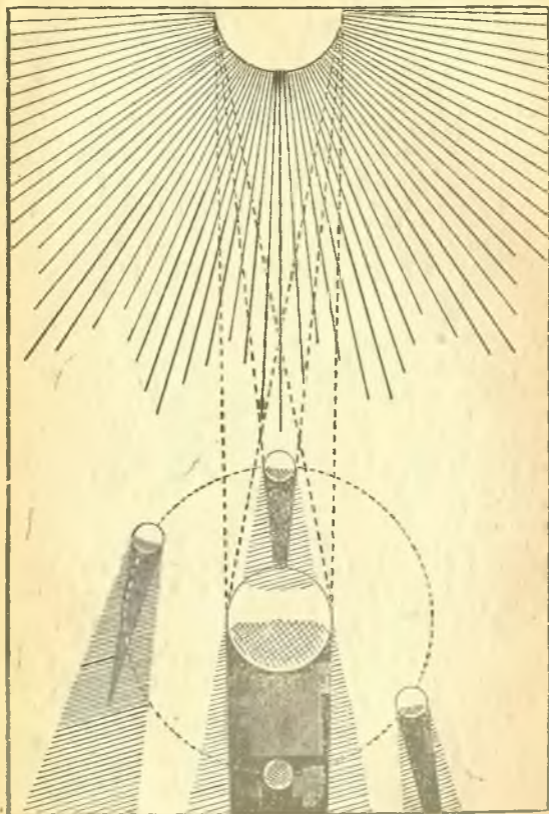


Рис. 2. Условия наступления затмений.

Солнце, т. е. происходит явление, называемое солнечным затмением. Значит, это явление обуславливается тем, что темный, сам по себе не светящийся шар Луны загораживает от нас Солнце, иначе говоря, бросает свою тень на Землю.

Смотря по тому, покрывает ли земная тень всю Луну или часть ее, лунное затмение может быть полным или частным. Лунное затмение всегда начинается с левого края лунного диска, ибо Луна вступает в земную тень, двигаясь около Земли с запада на восток. Что же касается солнечного затмения, то оно, напротив, начинается всегда с правого края солнечного диска, вследствие указанного движения Луны с запада на восток, т. е. справа налево.

Лунные затмения всегда случаются только в полнолуние, т. е. в момент «противостояния» Луны с Солнцем, так как только тогда Луна может оказаться в конусе земной тени. Наоборот, солнечные затмения всегда происходят только в новолуние, т. е. в момент «соединения» Луны с Солнцем, так как только при этом условии конус лунной тени иногда достигает Земли.

Солнечное затмение бывает видимо только в той части земной поверхности, куда упадет лунная тень.

Наблюдатель, находящийся в одной из таких точек земной поверхности, видит, что темный диск Луны совершенно заслонил от него яркий солнечный диск. В этом месте, как говорят, происходит центральное солнечное затмение. Так как тень Луны вследствие ее движения перемещается по земной поверхности с запада на восток, то она образует на ней «полосу центрального затмения». Ширина этой полосы бывает довольно различной в зависимости от расстояния от Земли до Луны в момент затмения. Наибольшая ширина ее около 427 км.

Выше мы отметили, что длина лунной тени равна приблизительно 373 000 км. При различных условиях она может отличаться от этой средней величины на 6 400 км в ту или другую сторону. С другой стороны, расстояние от Земли до Луны, как уже было указано, в среднем равно 384 400 км. Однако, вследствие эллиптичности лунной орбиты, оно может изменяться в пределах между 357 000 и 406 000 км. Благодаря этому лунная тень не всегда (и даже большей частью) не достигает земной поверхности. Для того, чтобы лучше понять это, разберем три следующих случая.

Первый случай: лунная тень как раз касается земной поверхности. Тогда наблюдатель видит, что лунный диск как раз в точности покрыл солнечный. Иначе говоря, в этом случае видимые размеры лунного и солнечного диска одинаковы.

Второй случай: лунная тень не достигает земной поверхности. Тогда наблюдатель видит, что лунный диск меньше

солнечного и потому она не может целиком покрыть солнечный. В момент затмения от Солнца остается видной часть его поверхности, образующая яркий кружок вокруг темного диска Луны.

Наконец, третий случай: лунная тень достигает земной поверхности. Тогда лунный диск больше солнечного и в момент затмения закрывает последний целиком.

В соответствии с этим солнечные затмения бывают двух видов: кольцеобразное, соответствующее второму случаю, и полное, соответствующее третьему случаю. Первый случай по существу, не отличается от третьего и был выделен нами отдельно лишь для удобства объяснения. Таким образом, в «полосе центрального затмения», затмение бывает либо кольцеобразным, либо полным. В точках, находящихся по бокам от нее, на которые падает лишь полутень Луны, наблюдателю будет казаться, что Луна во время затмения прошла, задев Солнце лишь краем. Такое затмение называется частным, причем полоса частного затмения бывает значительно шире полосы центрального затмения. Она тянется параллельно последней и простирается на расстояние до 3 000 км. с лишним в обе стороны от нее.

Очень часто случается, что лунная тень не падает на Землю, а проходит боком, не задевая ее. Тогда на Земле ни из одной точки на ее поверхности нельзя наблюдать полного солнечного затмения, а лишь частного.

Следует отметить, что полные лунные затмения бывают всегда значительно продолжительнее полных солнечных. В некоторых случаях полное лунное затмение может продолжаться 1 ч. 48 м. Объясняется это тем, что тень Земли на расстоянии, равном расстоянию до Луны, имеет еще диаметр в $2\frac{3}{4}$ раза больший диаметра Луны, так что требуется довольно продолжительное время для того, чтобы Луна прошла сквозь эту тень. Что же касается полного солнечного затмения, то оно весьма непродолжительно и никогда не длится больше 7 м. 40 с. При этом, условия видимости лунного и солнечного затмения сильно разнятся между собой, так как мы здесь имеем различные явления.

Именно, каждое лунное затмение видно во всех тех местах земного шара, где Луна находится над горизонтом, ибо при погружении в земную тень часть этого светила действительно становится темной. Солнечные же затмения видны лишь из тех пунктов земной поверхности, для которых Солнце кажется скрытым Луной, так что эти затмения (особенно полные, видимые лишь в узкой полосе земного шара) представляют собой для каждого данного места Земли довольно редкие явления. Всякое лунное затмение для всех мест происходит одновременно, а всякое солнечное затмение для различных мест начинается в различные моменты, в за-

висимости от того, когда область тени (или полутени) вследствие движения Земли и Луны придет в данное место.

Как видно из сказанного, затмение может произойти только тогда, когда Солнце, Луна и Земля располагаются вдоль прямой линии. Но почему же в таком случае не каждое полнолуние бывает лунное затмение и не каждое новолуние — солнечное? Это не бывает только потому, что плоскость орбиты Луны не совпадают с плоскостью земной орбиты (с «эклиптикой»), а наклонена к ней под углом в $5^{\circ} 8'$ и в двух диаметрально противоположных точках, названных лунными узлами (точнее — узлами лунной орбиты), пересекает ее. В силу этого, затмения могут быть только тогда, когда новолуние или полнолуние застает Луну поблизости от точки пересечения ее пути с плоскостью земной орбиты, т. е. когда Луна находится недалеко от одного из узлов (ибо в этом случае Луна находится примерно на одной линии с Солнцем и Землей). Если этого нет, то Луна при полнолунии проходит или над или под земной тенью и не затемняется, а при новолунии лунная тень проходит или выше или ниже Земли, и солнечного затмения не получается.

В течение года может быть самое большое 7 затмений, из которых тогда 5 будет солнечных и 2 лунных, или 4 солнечных и 3 лунных; наименьшее число затмений в году равно 2, и оба они в этом случае будут солнечные. Следовательно, солнечных затмений бывает обычно больше, чем лунных, но как уже отмечено, видимы они могут быть не везде, и поэтому для какой-нибудь точки земной поверхности они являются сравнительно редкими явлениями (наблюдаются в среднем только 1 раз в 360 лет).

Как лунные, так и солнечные затмения предсказываются на сотни лет вперед с поразительной точностью, так как движение Луны вокруг Земли и движение Земли вокруг Солнца в настоящее время хорошо изучено. Ближайшее полное солнечное затмение, которое будет хорошо видимо в пределах СССР, произойдет 12 сентября 1950 г., причем полоса полного затмения пройдет от Северного полюса через северо-восточную оконечность СССР до Тихого океана, а продолжительность полной фазы затмения составит 1,6 мин.; в районе Москвы ближайшее полное затмение будет видно только через двести лет: 24 мая 2142 г.

Предсказание затмений значительно облегчается тем, что эти явления периодически повторяются. Эту периодичность заметил еще древние астрономы, и они ею широко пользовались для предсказания этих небесных явлений. Они знали так называемый Сарос, т. е. период или цикл в 18 лет и 11 дней, по истечении которого лунные и (немного менее точно) солнечные затмения повторяются в прежнем порядке,

сохраняя в общих чертах свои особенности. Происходит это от того, что действие на Луну солнечного притяжения вызывает непрерывное перемещение лунных узлов в направлении с востока на запад, т. е. навстречу движению самой Луны по ее орбите. При этом по истечении указанного периода Солнце, Луна и узлы лунной орбиты возвращаются приблизительно к первоначальному относительному положению, так что все затмения повторяются в прежнем порядке. Всего же в течение каждого Сароса происходит около 70 затмений, из них 41 солнечное и 29 лунных.

Когда Луна закрывает значительную часть солнечного диска, все кругом становится мрачным: лица людей принимают бледный цвет, как у трупов, а небо становится серо-зеленым у горизонта и свинцовым около Солнца. Животные пугливо мечутся и прячутся, все приобретает какой-то странный характер. Эта картина сразу резко меняется, когда гаснет последний луч Солнца: в это время заметно падает температура, на темном небе ярко вспыхивают некоторые звезды и планеты, находящиеся недалеко от солнечного диска, а на месте исчезнувшего Солнца виден черный диск Луны, окруженный красивым ореолом из серебристых лучей, так называемой солнечной короной, которая является крайней частью солнечной атмосферы. Через несколько минут внезапно вспыхивает ослепительной звездой первый луч Солнца, свет начинает быстро прибывать и воцарившееся молчание сменяется шумом и движением. Вся эта картина производит не только на малокультурных, но и на высокообразованных людей неизгладимое впечатление.

Что же касается полных лунных затмений, то они, конечно, производят на нас гораздо более слабое впечатление. Характерно при этом то, что во время полного затмения Луна никогда полностью не исчезает, а только весьма тускло светит своеобразным медно-красным цветом (от затмения к затмению эта краска заметно меняется). А между тем на основании сказанного следовало бы заключить, что в это время Луна должна казаться совершенно темной (черной), ибо конус полной земной тени, в который она попадает, не должен пропускать ни одного солнечного луча. Так оно и было бы, если бы Земля не была окружена атмосферой: последняя преломляет солнечные лучи, вследствие этого часть солнечного света все-таки попадает внутрь конуса тени и освещает поверхность Луны. Красноватый оттенок поверхности Луны принимает именно потому, что наша атмосфера лучше всего пропускает как раз красные лучи, задерживая остальные (это особенно заметно при восходе и закате Солнца и Луны, когда они бывают красного цвета).

Физические условия на Луне

Переходя теперь к описанию поверхности нашего спутника, поставим прежде всего вопрос: имеет-ли Луна атмосферу?

Целый ряд фактов указывает на то, что Луна не имеет воздушной оболочки или, если имеет, то крайне разреженную. Плотность ее не может быть выше примерно $1/10000$ плотности земной атмосферы, так что для земных существ такая оболочка не отличалась бы от безвоздушного «пустого» пространства.

Как известно, определение физического состояния и химического состава небесных тел производится при помощи спектрального анализа — изучения спектров этих тел, т. е. цветных полос, которые получаются при разложении световых лучей, проходящих через прозрачную призму. Оказалось, что спектр Луны совершенно тождественен со спектром Солнца и, следовательно, свет Луны является простым отражением солнечного света. Но если бы отраженный солнечный свет прошел через атмосферу Луны, то это сказалось бы на его темных линиях, называемых линиями поглощения. А между тем никакого намека на такие линии, которые могли бы вызываться поглощением света в лунной атмосфере, не наблюдается значит, спектральные исследования говорят о том, что Луна не имеет заметной атмосферной оболочки.

Это подтверждается также и тем, что так называемая линия терминатора, иначе говоря «световая граница» между темной и светлой (т. е. освещенной Солнцем) частью, на Луне очень резка. Значит, там день и ночь наступают сразу, сумерки отсутствуют, — ведь на Земле сумерки обуславливаются именно земной атмосферой, рассеивающей солнечный свет. В связи с этим тени, отбрасываемые предметами, находящимися на поверхности Луны (горами и т. п.), совершенно черны и чрезвычайно резки — никакого заметного рассеяния света там не происходит.

Наконец, давно уже установлено, что при явлении «покрытия звезд Луной», т. е. когда Луна при своем движении среди звезд «покрывает», точнее, закрывает от нас, и, следовательно, делает невидимыми для нас некоторые звезды, эти звезды исчезают (и при выходе из-под лунного диска появляются) мгновенно, сразу, а не постепенно. Между тем, если бы Луна обладала атмосферой, поглощающей свет, то мы замечали бы постепенное уменьшение блеска звезд во время их покрытия Луною. Таким образом, надо считать доказанным, что атмосферы на Луне совсем нет или «почти нет», другими словами, если она все же существует, то она чрезвычайно разреженная по сравнению с земной.

Почему же Луна почти совсем лишена атмосферы?

Нужно думать, что в это состояние она пришла не сразу. Было время, когда Луна имела атмосферу, но эта атмосфера, молекула за молекулой рассеялась в небесном пространстве. В самом деле, так называемая кинетическая теория газов приводит к заключению (вполне согласному с наблюдениями), что планеты и спутники планет, имеющие малую массу, не могут обладать сколько-нибудь заметной атмосферой, ибо слабое притяжение этих тел не способно удержать вблизи их поверхностей молекулы газов. Так как сила тяжести на поверхности Луны примерно раз в шесть меньше силы тяжести у поверхности Земли, то, как показали вычисления английского астрофизика Джинса, водород и гелий должны были очень скоро покинуть атмосферу Луны. Если она в начале своего существования, подобно Земле, была сильно нагрета, то кислород и азот и даже наиболее тяжелые газы тоже должны были покинуть Луну.

Что же касается воды, то она не может существовать на Луне в жидком состоянии. Если бы она и была на ней, то она очень скоро испарилась бы и образовала атмосферу из водяных паров, которая, в свою очередь, рассеялась бы в пространстве. Во всяком случае наблюдения указывают на отсутствие всяких облаков, туманов и вообще следов водяных паров, так как различные подробности лунной поверхности никогда не помутнены, в телескоп они представляются нам всегда одинаково резкими и отчетливыми. Согласно вычислениям Джинса, водяной пар должен был покинуть лунный мир уже через несколько тысяч лет после образования Луны.

Земля и Луна получают от Солнца приблизительно одинаковые количества света и тепла (на единицу своей поверхности), так как средние расстояния этих тел от Солнца почти одинаковы. Отношение количества отраженного света к тому, которое получает поверхность небесного тела, или, как говорят астрономы, альбедо, для Луны составляет 0,07 и показывает, что солнечный свет отражается непосредственно самой поверхностью Луны, что опять-таки подтверждает вывод, что у нее нет ни атмосферы, ни облаков. Значит 7% того количества тепла, которое достигает Луны, ею отражается в пространство, а остальные 93% поглощаются поверхностью Луны и определяют ее температурное состояние.

Эту температуру в последние годы удалось довольно точно определить астрономам Кобленцу и Лапланду, а также Петтиту и Никольсону при помощи особо чувствительных крошечных приборов — термоэлементов, помещавшихся в фокусе мощных телескопов обсерваторий Ловелловской и Маунт-Вилсоновской. Оказалось, что температура на Луне днем, при высоком стоянии Солнца, может превысить точку

кипения воды, достигая даже $+130^{\circ}\text{C}$. Наоборот, ночью (как это видно из измерения температуры Луны во время лунных затмений, когда она, попав в земную тень, почти не получает солнечных лучей) мороз на ее поверхности может достигать даже до $150^{\circ} - 160^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, вследствие отсутствия атмосферы ничто не предохраняет лунную поверхность от чрезмерного нагревания в течение дня и от чрезмерного остывания в течение ночи. В результате колебания температуры на поверхности Луны весьма значительны: они достигают, примерно, 280°C .

Все это, конечно, показывает, что физические условия на Луне резко отличаются от земных и что это отличие вызвано, в первую очередь, отсутствием атмосферы и воды.

Вид лунной поверхности

Величина обращенной к Земле поверхности Луны равняется приблизительно величине поверхности европейской территории СССР. Эта половина Луны благодаря могуществу новейших телескопов и фотографических инструментов изучена очень хорошо и занесена на карты, которые поражают богатством своих деталей. Можно даже сказать, что «география Луны», селенография (от греческого «селенэ» — Луна) знакома нам в некоторых отношениях больше, чем география некоторых частей нашей Земли. Даже места, величиной чуть ли в поселок или средней величины поле, можно найти на лунных картах. Благодаря продолжающемуся усовершенствованию орудий и методов изучения, наши знания о Луне становятся все точнее и детальнее.

Так называемые «пятна» на Луне видны уже простым глазом в полнолуние, когда Луна стоит низко над горизонтом и яркий свет ее ослаблен. Фантазия человека видела в них очертания различных предметов, — чаще всего человеческого лица. На самом деле, как показывает даже самый маленький телескоп, эти пятна — тени, которые зависят от устройства лунной поверхности, отличающейся крайней неровностью, изобилующей долинами, плоскогорьями, горами и т. д.

Темные пятна были названы Галилеем «морями», хотя потом оказалось, что воды в них никакой нет. Это обширные равнины, несколько опущенные сравнительно с окружающей их местностью, причем они также имеют неровности, в них нередко видно много гор. По краям этих впадин, носящих различные фантастические названия (Море Кризисов, Море Ясности и пр.), часто высятся целые цепи, круто обрывающиеся во внутрь «моря».

Вся остальная, более светлая поверхность нашего спутника чрезвычайно гориста, причем большинство лунных гор

значительно отличается от земных. В общем, главными образованиями лунной поверхности являются не горные цепи, а неправильно и крайне часто разбросанные круглые, кольцеобразные горы, отдаленно напоминающие жерла вулканов (чащеобразные углубления, ямы) на Земле.



Рис. 3. Фотографический снимок первой четверти Луны.

Большие из них обычно называют цирками, а меньшие — кратерами, хотя строгого, резкого различия между ними сделать невозможно, так как и цирки и кратёры, в сущности, обозначают одно и то же образование. Их обычный вид таков:

круглый вал, вышиной, по большей части, километра два-три над поверхностью, диаметром нередко во много десятков километров; внутрь — крутой обрыв, а снаружи — пологий спуск. Часто вал налегает на вал, разрывая друг друга, иногда на поверхности вала видны мелкие кратеры, а внутри, на дне, в большинстве случаев, поднимается горка. В общем это довольно плоские образования, их можно сравнить примерно с гигантскими тарелкообразными углублениями, но «тарелку» надо вообразить себе — мелкую, а не глубокую. Наиболее значительные по величине горы давно уже названы именами различных астрономов и философов.

Встречаются на Луне и сплошные массивы, более или менее конические горы, как разбросанные в отдельности, так и расположенные цепями, преимущественно по берегам «морей». О высоте лунных гор мы можем судить по тени, которую они отбрасывают, когда бывают освещены Солнцем сбоку. Наиболее заметным из горных цепей на Луне даны названия земных горных цепей, как например, Кавказ, Апеннины, Альпы и пр.

В общем лунный ландшафт представляет собой нечто в высшей степени своеобразное: это обширная суровая пустыня, усеянная главным образом гигантскими кольцевыми горами и кратерами. Последних на лунной карте диаметром в 2 м, составленной Шмидтом (1825 — 1884), насчитывается около 35 000, но действительное число их, как указывал сам Шмидт, должно быть раза в три больше. Высота лунных гор в иных случаях значительна и почти равна высоте самых высоких гор на Земле, а это для Луны является огромной величиной. В самом деле, в то время как высота самой высокой горы на земной поверхности — Эвереста — составляет лишь $\frac{1}{700}$ часть земного радиуса, самая высокая гора на Луне (одна из вершин гор Лейбница) составляет $\frac{1}{200}$ часть лунного радиуса (она почти такой же вышины, как Эверест).

Но особенно оригинальны большие лунные кратеры, или цирки. Они представляют собой огромнейшие углубления, многие из которых (цирки Птоломей, Клавиус, Струве и др.) имеют свыше 150 км. в диаметре. А, ведь, диаметр величайшего из земных кратеров (Нгоро-Нгоро в Африке, близ озера Танганьика) не превосходит 19,3 км. Следовательно, на площади самых больших лунных кратеров могло бы поместиться такое государство как Бельгия...

В различных частях Луны видно более тысячи так называемых «борозд» или трещин, они узки, глубоки и тянутся на сотни километров.

Происхождение их, по всей вероятности, объясняется тем, что Луна, подобно Земле, в отдаленнейшие времена находилась в расплавленном состоянии, потом она охладилась,

покрылась корой, которая при остывании трескалась. Должны были сказаться, вероятно, также те огромные колебания температуры, вызываемые отсутствием атмосферы, о которых мы уже говорили. Это — в высшей степени странные образования, которым, можно сказать, почти ничто не соответствует в земной топографии.

Наконец, укажем на то, что во время полнолуния на Луне видны длинные световые полосы, или «лучи», исходящие от некоторых цирков (например, от крупного цирка Тихо) во все стороны, пересекая на своем пути горы, долины



Рис. 4 Луна в полнолуние с лучевыми системами (фотоснимок).

и кратера на протяжении более 100 км. По всей вероятности, эти образования, столь же странные, как и борозды, представляют собой следы пепла, который под влиянием вулканических сил выбрасывался из различных цирков. Пепел этот

покрывает некоторые горы и долины, причем он остался до сих пор в таком положении, в каком осел. Вообще, все указывает на то, что Луна совершенно остыла и никаких значительных изменений на ней, по крайней мере, в настоящее время не происходит.

О вулканическом происхождении «светлых лучей» свидетельствует ряд недавно установленных фактов. Так в 1934 г. астроном Пэз на обсерватории на горе Вилсон (США) в 100-дюймовый гигантский рефлектор увидел эти «лучи» на Луне в виде легких насыпей «в несколько метров высотой». В 1935 г. были произведены специальные исследования, которые показали, что вещество «светлых лучей» находится в порошкообразном состоянии.

Итак, наша ближайшая соседка и спутница — Луна, радикальным образом отличается от Земли. Но не подлежит сомнению, что в прежнее время Луна пережила очень бурный вулканический период. Это, между прочим, видно из тех фотографий пятна около лунного кратера Аристарха, которые физик Вуд сделал при помощи цветных стекол (светофильтров): он считает, что это пятно есть легкий слой серы на черной породе, похожей на вулканический туф. Точно так же астроном Армеллини нашел, что некоторые части лунной поверхности (в особенности дно «морей»), имеют такую же способность отражать световые лучи, как и лава. Еще раньше астрофизики Шейнер и Вильзинг в результате своих спектрофотометрических исследований (т. е. измерений степени яркости цветов спектра) нашли, что пепел, выброшенный из кратеров земных вулканов, имеет спектр отражения почти такой же, как и склоны лунных кратеров. Наконец, Лио, сравнивая лунный свет со светом, отраженным разными веществами (глинами, почвами, мелом и др.), недавно нашел, что лунный свет сходен лишь со светом, отраженным вулканическим пеплом. С другой стороны, советский астроном, проф. Н. П. Барабашев в Харьковской обсерватории пришел к почти аналогичному выводу, что наиболее темные места лунной поверхности состоят, повидимому, из темных лавообразных, весьма пористых пород, покрытых вулканическим пеплом. Все это, конечно, позволяет заключить, что некогда на Луне была весьма интенсивная вулканическая деятельность.

Снимки Луны, сделанные в последние годы Мите, Зегертом, Россом и др. астрономами, через различные цветные стекла (светофильтры), показали, что различные области лунной поверхности отражают неодинаково лучи различного цвета. Например, дно гигантского цирка Клавиуса (с поперечником более 200 км), как оказывается, имеет фиолетовый оттенок, что можно сравнить с цветом базальтовых потоков у нас на Земле. Следовательно, хотя наши знания о химическом

составе лунной поверхности еще весьма незначительны, но все-таки можно с достоверностью говорить о присутствии на ней изверженных пород — базальта и лавы.

Общая картина Лунного мира

Из сказанного видно, что строение твердой коры Луны, вид ее гор, «морей» и т. п. — все это совершенно не похоже на то, что имеется на Земле. Но самое главное, что отличает, лунный мир от земного, — это, конечно, отсутствие там атмосферы и воды, а, следовательно, «неба» и облаков. Ведь, если бы влага существовала там в заметном количестве, то, как нами уж отмечено, она испарялась бы, превращалась в облака и скрывала бы от нас некоторую часть лунной поверхности, а между тем мы ничего подобного никогда не наблюдали. Правда, американский астроном В. Пиккеринг указывал,



Рис. 5. Кольцевая гора Коперник на Луне

что, по его наблюдениям, некоторые беловатые пятна на Луне можно считать чем-то вроде снега или инея, образующегося в некоторых местах лунной поверхности в течение долгой лунной ночи и исчезающего при его нагревании солнцем. Однако этот вывод резко расходится с мнением подавляющего большинства астрономов. Во всяком случае несомненно то, что если на Луне и есть воздух и влага, то в самых ничтожных, совсем незаметных количествах, так что не может быть

речи о какой-либо жизни на ней: лунная природа совсем не похожа на нашу земную природу.

Ничто на Луне не смягчает и не ослабляет силы солнечных лучей: там неизвестно, что такое самый слабый ветерок. Солнце светит ослепительно ярко и в то же время жжет, точно пламя, но в тени скалы не видно почти ни зги и царит страшный холод, ибо солнечные лучи там не рассеиваются плотной воздушной оболочкой, как на Земле. С солнечной стороны скала освещается и нагревается весьма сильно, с противоположной же стороны царят густая тьма и лютый мороз. Все контуры на Луне резки, определены, постоянны и неизменны, и в связи с этим все тени весьма черны. Там, следовательно, нет никаких полутеней, и вдали незаметно ни синевы, ни сероватой дымки испарений, как это бывает на Земле, на которой есть воздух, рассеивающий свет. На высоких лунных горах нет ни снегов, ни ледников, никаких потоков в рывинах или рек в глубине долин. В так называемых «морях» нет ни капли воды: это не более, как обширные каменистые пустыни, покрытые вулканическим пеплом.

Словом, лунный мир—печальный и пустынный мир. Повсюду голая суша, бесплодные скалы. Нет никакой заметной растительности, так как никакое растение не может, конечно, существовать без воды и воздуха. При этом, все кругом, в общем, постоянно, неизменно, мертво...

«Мир, в котором не бывает погоды, в котором никогда ничего не случается, — вот, что такое Луна», — так резюмирует представление современной науки о природе Луны знаменитый американский астроном Ньюком (1835—1909). И он в общем прав, ибо те изменения, которые там происходят, почти незаметны.

Внимательное изучение различных форм лунной поверхности не обнаруживает в них никаких следов выветривания и размывания — действия воздуха и воды. Это дает основание считать, что на Луне никогда не было ни значительной атмосферы, ни большого количества воды, а значит, и жизни, сколько-нибудь напоминающей земную. Что же касается вулканических извержений на Луне, то, как сказано, данные наблюдений позволяют думать, что они давно прекратились. Следовательно, весьма вероятно, что Луна уже давно достигла той стадии своего развития, когда всякого рода крупные, заметные изменения на ее поверхности уже совершенно не происходят.

Следует ли отсюда, что Луна в настоящее время представляет собой мир, в котором не бывает никаких изменений? Отрицать возможность небольших изменений на лунной поверхности нельзя, хотя, по видимому, Луна является телом, развитие которого в основном закончилось. Время от вре-

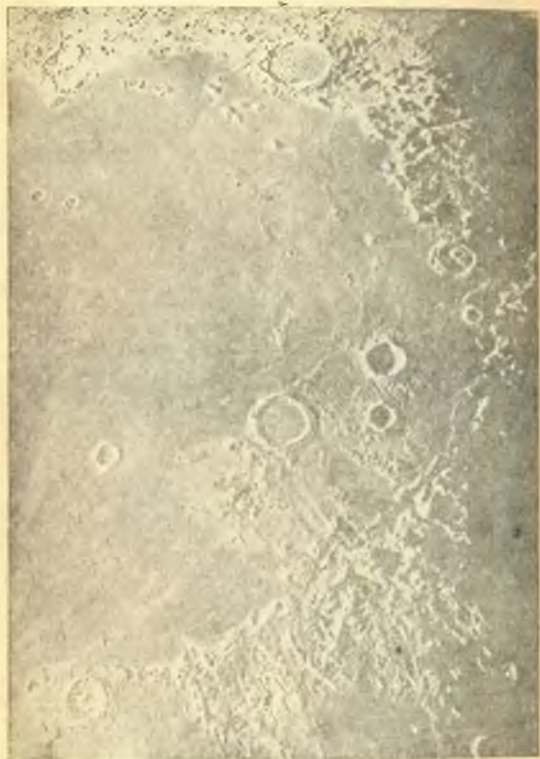


Рис. 6. Лунная поверхность. (Море Дождей с окружающими его горными цепями и группой цирков).

мени астрономами делаются указания на некоторые небольшие перемены в некоторых лунных кратерах (например, в большом кратере Линней), но действительность этих изменений далеко не во всех случаях вполне доказана, и вопрос о них в настоящее время приходится считать открытым.

Так как время, в течение которого Луна совершает вокруг своей оси один оборот, как раз равно времени обращения ее около Земли, то каждая точка лунной поверхности освещается солнечными лучами в течение двух недель, т. е. половины своего оборота, и столько же времени она находится на противоположной от Солнца стороне. Для каждой местности на Луне двухнедельная ужасающая жара сменяется столь же продолжительным ледящим холодом: разница в температуре на Луне, как мы видели, доходит до 280°C (возможно даже, что разница превышает 300°C). При этом доказано, что переход лунной поверхности от столь сильной нагретости к столь низкой температуре совершается с удивительной быстротой. А это указывает не только на отсутствие на Луне воздуха и воды, но и на то, что солнечное тепло может проникнуть весьма неглубоко в поверхностные слои Луны.

Между прочим, это вполне согласуется и с предположением, что поверхность Луны покрыта вулканическим пеплом, так как это вещество очень плохо проводит тепло. Несмотря на это, вполне естественно, что резкая смена тепла и холода в различных местах лунной поверхности должна вызвать процессы разрушения: это будут, конечно, разные мелкие катастрофы, как-то: образование трещин в скалах, обвалы в горах и пр. Но эти изменения «лика Луны», повидимому, крайне редки, почти незаметны и во всяком случае не нарушают общего характера безмолвной пустыни. Все тихо, беззвучно: где нет воздуха, нет и звуков: Луна—мир постоянной тишины...

Вследствие отсутствия воздуха на Луне нет сумерек, нет зари, т. е. день и ночь там наступают сразу, как только Солнце восходит или заходит, — ничто не предвещает солнечного восхода или заката. Вместе с тем на Луне нет никакого голубого неба, как на Земле: последнее там совершенно черно и усыпано звездами, причем звезды сияют там гораздо ярче, чем у нас на Земле. Видны они там днем так же, как и ночью: каждая из них видна на небе совершенно отчетливо даже вблизи яркого солнечного диска.

А наша Земля служит «луной» для Луны! Диск ее на небе Луны в 14 раз больше лунного диска, так что она ярко освещает лунный мир и, подобно нашей Луне, видна на лунном черном небе в разных фазах. Иногда—именно во время лунных затмений—Солнце заслоняется Землей, и тогда на Луне бывает видимо солнечное затмение. Но этих величественных картин никто не видит: повсюду мертво, тихо, пустынно...

Как образовался «лик Луны»

Различные образования на поверхности Луны очень трудно разграничить, ибо они как бы постепенно переходят одно в другое.

Большинство «морей» имеет в общем почти круглую форму и окружено кольцевой грядой возвышенностей, вроде цепи гор. С другой стороны, имеется довольно много цирков, которые обладают большими размерами, а наружный вал у них очень низок. Такие цирки весьма трудно отличить от «морей», иначе говоря, между морями и цирками можно установить непрерывную последовательность. А так как между цирками и кратерами, в свою очередь, также не имеется никакой границы, то приходится сделать вывод, что все эти образования — моря, цирки и кратеры — суть только различные формы, появившиеся на Луне в результате какого-то процесса, часто имевшего там место.

Отсюда ясно, насколько общий рельеф лунной поверхности отличается от рельефа поверхности нашей планеты; можно

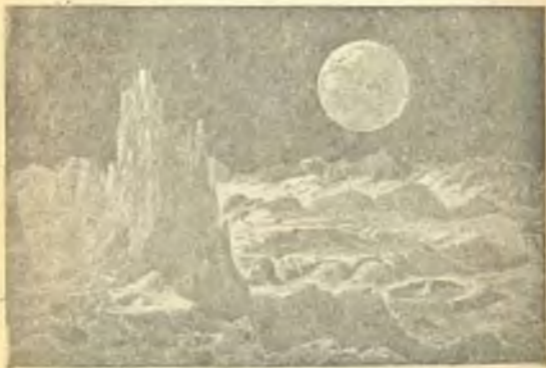


Рис. 7. Вид Земли с Луны (лунный ландшафт).

думать, что вообще «лик Луны» образовался иным путем, чем «лик Земли». Каково же происхождение лунного рельефа?

Хотя поверхность Луны очень успешно изучается, но до сих пор еще не найдено вполне удовлетворительного, исчерпывающего объяснения всех форм лунной поверхности. Если

нет сомнений в том, что Луна пережила бурный вулканический период, то зато очень спорно предположение, что все круглые лунные горы представляют собой действовавшие когда-то, но уже потухшие вулканы. Это могло иметь место, пожалуй, только для небольших кратеров, но вряд ли для таких огромных образований, как, например, упомянутые выше цирки Птоломей и Клавиус, ибо на земном шаре мы таких гигантских цирков не видим. А между тем нет никаких оснований считать настолько значительной разницу между вулканическими силами на Луне и на Земле.

Немало было выдвинуто гипотез для объяснения особенностей лунного рельефа, но ни одна из них не объясняет всех его особенностей. Стало быть, пока еще не наступило время для окончательных заключений в этой интересной проблеме. Все-таки высказанные гипотезы довольно интересны и некоторые из них мы вкратце приведем.

Гипотеза, предложенная покойным русским геологом, академиком А. П. Павловым, сравнивает большие лунные цирки и кратеры не с земными вулканами, а с лавовыми озерами. Например, довольно большое лавовое озеро существует и до сих пор у нас на Земле на острове Гавайи; оно называется на местном наречии «Килауэа». Около этого озера при поднятии лавы изнутри всегда образуется кольцевой вал; через этот вал лава переливается, застывает и увеличивает вал в высоту и толщину. Точно так же, по мнению А. Павлова, некогда образовались большие лунные цирки, дно которых, подобно поверхности лавовых озер, ниже окружающей местности. Развитию более мощных кратеров и цирков способствует отчасти то, что сила тяжести на Луне в шесть раз меньше, нежели на Земле,—одинаковые силы могли поднять лаву на Луне на большую высоту, чем на Земле. Кроме того, воздуха и воды на Луне давно нет, а потому формы первоначального лунного рельефа сохранились до наших дней неизменными. Если внимательно взглянуть в фотографический снимок, на котором изображены цирки Теофил, Кирилл и Катерина, то на нем можно отыскать «затопленный» кратер Фракастор. Подобных «затопленных» или «потонувших» кратеров с разрушенным валом астрономы Лоеви и Пьюзё открыли несколько, и при взгляде на них создается впечатление, что лава их затопила и разрушила часть их валов. Как уже сказано, показателями прежних вулканических явлений на Луне являются также наблюдаемые около некоторых кратеров трещины.

По другой гипотезе, предложенной еще в XVII столетии английским ученым Гуком и поддержанной Лоеви и Пьюзё кольцевые горы представляют собой нечто вроде следов разрыва огромных лопнувших «пузырей», т. е. вздутый в вязкой еще лунной коре, вызванных напором газов из недр Луны

вскоре после того, как огненно-жидкая Луна покрылась тонкой корой. Когда такой «пузырь» лопался, на его месте оставалась впадина, окруженная кольцеобразным возвышением — валом кратера. Соответствующие опыты Гука дали некоторое подтверждение этой гипотезе, хотя величина этих «пузырей» должна быть столь чудовищной, что гипотеза Гука в настоящее время считается маловероятной.

За последние годы очень часто для объяснения особенностей лунного рельефа привлекается так называемая метеоритная гипотеза, которая считает, что эти особенности — результат действия сил, которые совсем не связаны с самой Луной. Еще в 1827 г. немецкий астроном Груйтуйзен, высказал предположение о том, что лунные цирки и кратеры образовались благодаря падению на Луну крупных метеоритов — небесных камней, и что наблюдаемые во многих цирках центральные горки являются остатками этих метеоритов. Значит, в те отдаленные времена, когда Луна еще не успела остыть и представляла собой раскаленный жидкий шар с гладкой поверхностью, только покрытой тонкой, неплотной, недостаточно затвердевшей коркой, она попала в какой-то «густой» рой небесных камней. Как мы уже знаем, Луна или вовсе не имеет атмосферы, или имеет настолько ничтожную, что действием ее можно пренебречь. Поэтому ее поверхность не защищена, подобно земной, как бы некоей «воздушной броней», в которой метеориты «сгорают». Там метеориты могут свободно падать прямо на Луну, а наиболее крупные даже оставлять на ее поверхности следы падений в виде круглых ям, т. е. чашеобразных углублений (греческое слово «кратер» значит чаша). Между прочим, под влиянием падения метеоритов наружный слой лунной поверхности должен был в известной мере притти в пылевидное или порошкообразное состояние.

Это мнение о метеоритном происхождении кольцевой формы лунных кратеров имело мало сторонников среди астрономов, но в последнее время оно встретило горячую защиту со стороны крупного геофизика Вегенера. В 1919 г. этот ученый произвел ряд таких опытов: он насыпал на ровную поверхность толстый слой порошка и затем сверху бросал ложкой некоторое количество рыхлого порошка цемента или гипса. У него получился целый ряд образований, во многом похожих на лунные кратеры: вал и посередине горка. По мнению Вегенера в давно прошедшие времена Луна и Земля обе попали в рой метеоритов, но Луна должна была остыть значительно раньше Земли.

Поэтому в момент прохождения через метеоритный рой Луна уже имела твердую — хотя, быть может, и очень тонкую — кору, а Земля еще нет. Вследствие этого на нашей планете и не осталось следов падавших на нее метеоритов, а ее

спутник сохранил эти следы полностью. Вообще поверхность Луны способна дольше хранить память о «пережитом», чем поверхность Земли, так как там отсутствует разрушительное действие воздуха и воды.

Американец Айвс в 1919 г. пошел дальше Вегенера: он производил опыты с метанием авиабомб на поверхность Земли; получившиеся воронки очень напоминали небольшие лунные кратеры,—появлялись даже центральные горки и системы «светлых лучей» (опыт войны 1940—1945 гг., вероятно даст новые аналогичные факты). Следовательно, вполне возможно объяснить происхождение малых лунных кратеров падением метеоритов, но только небольших размеров. Вычисления советского астронома Станюковича показали, что для объяснения этим путем очень больших лунных цирков понадобилась бы прямо сверхгигантские метеориты. Это лишает гипотезу Вегенера большой доли правдоподобности.

Замечательно, однако, что и на Земле найдены кратеры, напоминающие лунные. Один из таких кратеров находится в Северной Америке (в пустынной местности штата Аризона, в «Ущельи дьявола») и имеет 1500 м в диаметре, причем его вал поднимается над окружающей местностью на 40—49 м а его плоское дно ниже уровня окружающей местности на 174 м. Баррингер подробно исследовал этот кратер и пришел к заключению, что он произошел в результате падения очень большого метеорита и что главная масса метеорита ушла в Землю и лежит в глубине, в северной части кратера. В настоящее время в указанном им месте положена буровая скважина. И что же оказалось? На глубине 400 м действительно были найдены метеорные массы; бур, пройдя 14 м. в этих твердых слоях, сломался, и дальше вести работу этим способом было нельзя. Можно поэтому считать несомненным, что данный кратер имеет не вулканическое происхождение, а образован падением метеорита. По всей вероятности, этот небесный камень весил около 500 000 т. При этом интересно, что самое падение, повидимому, произошло даже на человеческой памяти: у местных жителей сохранились об этом некоторые предания.

Как видно, и на земле при исключительно благоприятных, редких условиях могут образовываться «кратеры падения». Это, конечно, значительно подкрепляет изложенные идеи Вегенера о происхождении кольцевых гор на Луне. Но и эти соображения, как видно из изложенного, не могут объяснить всех особенностей лунной поверхности, так что приходится прибегнуть и к другим предположениям. А это делает не лишённой основания мысль о том, что в образовании лунной поверхности несколько факторов действовали совместно.

Теперь перейдем к вопросу о том, откуда взялась Луна, и в связи с этим, скажем несколько о приливах и приливном тлении.

Не подлежит сомнению, что среди явлений, происходящих на земном шаре и вызванных Луною, наибольший интерес представляют приливы и отливы. Углубленное математическое изучение этого явления, сделанное знаменитым английским астрономом Джоржем Дарвином (1845—1912 г.), сыном великого Чарльза Дарвина—создателя эволюционной теории в биологии,—привело к заключению, что тут перед нами один из тех космических процессов, значение которого для космогонии, т. е. науки об образовании и развитии миров, крайне велико.

Во всех океанах и морях, кроме внутренних (как, например, Черное море), ежедневно два раза наступает прилив, столько же раз и отлив, т. е. море то «вздувается», то вновь «спадает», оттягивая от берега свои воды. Время, в течение которого происходит это двойное поднятие и опускание океанической воды, не равняется в точности 24 часам; оно составляет в среднем 24 ч. 50 м. — как раз то время, в течение которого Луна совершает свой суточный полный круг на небе, т. е. из своего наивысшего (кульминационного) положения вновь возвращается в то же положение. Это обстоятельство ясно показывает зависимость явлений приливов и отливов от нашего спутника. И действительно, Ньютон математически доказал, что эти явления объясняются влиянием притяжения Луны.

Высота прилива, т. е. различие уровня моря при наиболее высоком и следующем за ним более низком состоянии, не остается постоянно одинаковой для одного и того же места. Она также меняется в зависимости от положения Луны относительно Солнца: именно, во время полнолуния высота прилива становится во всяком месте наибольшей. Наконец, время наступления прилива также с ясностью подтверждает, что это явление зависит, главным образом, от Луны; именно, прилив достигает своей наибольшей величины спустя некоторое время после наивысшего положения Луны на небе.

Явления приливов и отливов объясняются очень просто притяжением частиц воды земных океанов Луною (отчасти и Солнцем). Как известно, по закону всемирного тяготения, притяжение между двумя телами находится в зависимости от расстояния. Все тела, находящиеся на той половине земной поверхности, которая обращена к Луне, притягиваются этой последней сильнее, чем тела, находящиеся на противоположной стороне земной поверхности. На твердые тела, находя-

щиеся на земной поверхности, Луна действует с той же силой, как и на частицы воды земных океанов и морей, но только на жидких ее приливное действие становится для нас более заметным. Луна, следовательно, притягивает к себе воды океанов и морей на полушарии, обращенном к ней, сильнее, чем всю Землю в целом, и поэтому «оттягивает» с этой стороны воду от Земли, образуя приливную волну, приливный горб. Появившемуся вследствие притяжения Луны на одной стороне Земли водяному горбу соответствует образование такого же водяного горба и на противоположной стороне Земли. Притяжение тем сильнее, чем тело ближе, так что всю Землю наш спутник притягивает сильнее, чем воду, находящуюся в самой далекой ее точке: и в результате вода в этом полушарии в своем «падении» к Луне отстает от твердого тела Земли, отдаляется от нее, т. е. поднимается выпуклостью, как будто Луна ее отталкивает, а не притягивает. Иначе говоря, Луна «оттягивает Землю от воды» на противоположной стороне совершенно так, как она «оттягивает воду от Земли» на стороне, расположенной непосредственно под нею.

Благодаря этому, океан принимает в разрезе форму эллипса, большая ось которого совпадает с линией, соединяющей центр Земли с центром Луны. Значит, в каждый момент прилив, иначе «высокая вода», бывает на обеих противоположных сторонах Земли, а в середине, т. е. на границе двух полушарий (одно направлено к Луне, другое — от Луны) — отлив, «низкая вода».

Обычно на рисунках, дающих объяснение приливов, приливы преувеличены для наглядности. На самом деле высота приливного горба очень невелика: она в океане в среднем равна всего около 75 см. Тот зачастую очень большой морской прилив, который наблюдается у берега, хотя и вызывается лунно-солнечным приливом, но значительно усложнен и усилен чисто береговыми местными явлениями. Поэтому высота его весьма различна в различных местах, даже расположенных совсем близко одно от другого.

В связи с этим очень важно отметить следующее: знаменитому американскому физика Майкельсону удалось, наблюдая колебания воды в узких длинных трубах, непосредственно измерить силу приливного действия с большой точностью. И вот, сравнивая величину этой силы с высотой поднятия уровня воды, Майкельсон показал, что эта высота на 30% меньше той, на которую способна поднять воду приливная сила.

Куда же деваются эти 30%? Оказывается, они уходят на приливы в земной коре. Поднимая горбы на поверхности воды, приливные силы вместе с тем деформируют немного

и самую земную кору. В тех местах, где приливы подняли уровень воды, они поднимают и самую земную кору. Таким образом, то поднятие уровня воды, которое мы наблюдаем, на самом деле есть только разность между поднятием уровня воды и суши. За последние годы, особенно благодаря ра-

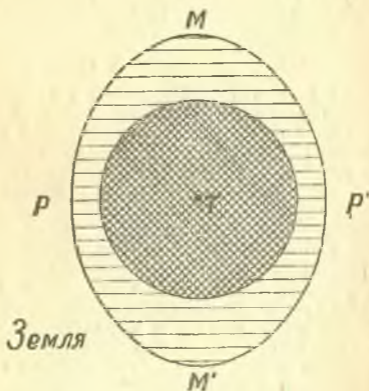


Рис. 8. Объяснение лунных приливов.

ботам советского ученого проф. А. Я. Орлова, приливное поднятие земной коры было непосредственно измерено в местностях, весьма далеко лежащих от океанов. Эти измерения вполне подтвердили выводы Мейкельсона. Суша, вследствие приливов, поднимается на 20—25 см.

Сказанное выше имеет большое значение для понимания приливного действия. Оно показывает, что приливное действие вовсе не требует присутствия воды на Земле. Приливы продолжались бы и тогда, если бы вода почему-либо исчезла с лица Земли.

Солнце также вызывает приливы и отливы, но вследствие необычайно большого расстояния его от Земли, действие Солнца, несмотря даже на его громадную массу, невелико по сравнению с действием Луны. Действие Солнца должно относиться к действию Луны, как 1 : 2,2, так что в явлении приливов «на долю» Луны приходится $\frac{2}{3}$, а на долю Солнца лишь $\frac{1}{3}$. Но солнечный прилив отдельно не наблюдается; он только влияет на величину лунных приливов, как бы «налагается» на них. При этом во время новолуния и полнолуния наблюдается самый большой прилив, ибо действия Луны и Солнца складываются, а во время первой и последней четверти, напротив, прилив выходит наименьшим, так как из действия Луны вычитается действие Солнца. Заметим, что из сравнения величины лунных и солнечных приливов можно довольно просто вычислить массу нашего спутника.

Последствия приливого трения

Громадная масса воды, приведенная в движение, главным образом, притяжением Луны, постоянно, хотя и незаметно испытывает все время некоторое трение о дно океана, т. е. движение «приливной волны» всегда сопровождается приливым трением. Это трение вызвано тем, что оба «выступа» приливной волны все время стремятся остаться на линии, соединяющей центры Луны и Земли, а так как Земля вращается быстрее, чем движется по своей орбите Луна (сутки короче месяца), то эти «горы» передвигаются по поверхности океана в направлении, противоположном направлению вращения Земли. Таким образом, сила приливого трения оказывается постоянно направленной навстречу суточному движению нашей планеты, в результате чего приливая волна действует на вращение как тормоз. Значит, «приливное трение» в высшей степени медленно, но непрестанно оказывает задерживающее влияние на вращение земного шара, т. е. увеличивает продолжительность суток. А согласно законам механики, неизбежным следствием этого является то, что Луна постепенно, хотя и крайне медленно отдаляется, как бы отталкивается от Земли, т. е. увеличиваются размеры лунной орбиты.

Дело в том, что механика учит о «количестве движения» системы, которое есть величина, равная сумме произведений отдельных масс, составляющих систему, на их скорости, при-

чем установлен принцип «сохранения количества движения системы» для изолированной системы, т. е. для такой, на которую не действуют никакие внешние силы. Этот принцип приводит к необходимому заключению, что если вращение Земли постепенно замедляется, то количество движения Луны при ее движении по орбите должно все время увеличиваться, так как только в этом случае общее количество вращения системы Земля — Луна не изменится. Но для того, чтобы увеличилось количество орбитального движения Луны, необходимо, чтобы радиус лунной орбиты все время рос, т. е. чтобы неуклонно увеличивалось расстояние Луны от Земли, а вместе с этим (согласно третьему закону Кеплера) удлинялось бы и время обращения Луны вокруг Земли, а значит, замедлилось ее орбитальное движение. Вообще следует не забывать, что как давно уже известно, всякое «противодействие» всегда равно и противоположно «действию», т. е. действия двух тел друг на друга всегда равны и имеют противоположные направления (третий закон движения Ньютона).

Таким образом, трение проливной волны производит в системе Земля — Луна два важных следствия: вращение Земли замедляется (действие Луны на Землю), т. е. сутки становятся длиннее, и одновременно Луна отдаляется от Земли (обратное действие Земли на Луну), т. е. происходит удлинение месяца, что тоже означает замедление движения. Значит, вращение Земли вокруг оси и обращение Луны вокруг Земли нельзя рассматривать отдельно, независимо друг от друга: изменение одного из этих движений неизбежно вызывает изменение другого.

Итак главная наша единица времени — сутки — не представляет собой постоянной величины: она постепенно, хотя крайне медленно увеличивается (в связи с этим происходит удаление от нас Луны и увеличение месяца). По вычислениям Дж. Дарвина, замедление вращения Земли под влиянием приливного трения составляет 0,01 сек. в течение 1 000 лет. т. е. удлинение суток на 1 сек. совершается в течение 100 000 лет. Согласно новым вычислениям английского геофизика Джеффриса, это замедление происходит даже еще более медленно. Значит, влияние производимого Луною приливного трения так мало, так ничтожно, что целые миллионы лет пройдут, прежде чем ему удастся произвести едва ощутительный результат. Но все-таки, при всей своей ничтожности, эти приливные влияния — громадная величина, ибо они накапливаются все в одном направлении: они никогда не перестают действовать, и им не приходится также работать в противоположном направлении, разрушая собственные результаты. Словом, это вроде капли воды, вечно долбящей

один и то же место: пусть падает в год только по одной капле, но дайте ей достаточно времени, и она продолбит самый крепкий камень! Так всегда происходит во всей необъятной вселенной: маленькие влияния, постепенно накапливаясь, в конце концов, производят очень ощутительные, важные последствия.

Есть ли однако какое-нибудь фактическое доказательство правильности этого вывода?

Такое доказательство дает тот факт, что Луна обращена к Земле постоянно одной и той же стороной, что она не показывает нам последовательно разные стороны своей поверхности. Луна делает оборот вокруг своей оси в то же время, в которое она совершает оборот вокруг Земли, т. е. в течение месяца, так что с первого взгляда нам кажется, будто Луна не вращается вокруг своей оси. Не подлежит сомнению, что эта особенность вращения Луны не произошла сама собой, а вызвана действием приливов, но не лунных, а земных, т. е. не тех приливов, которые наш спутник возбуждает в земных морях, а тех приливов на Луне, которые производились притяжением Земли в ту эпоху, когда наш спутник еще находился в расплавленном «огненно-жидком» состоянии. Этих приливы в расплавленной массе были чудовищной силы, ибо вес Земли почти в 82 раза больше веса Луны, а приливное трение в такой массе несравненно больше, чем в воде в виду ее значительной вязкости. Поэтому тормозящее действие приливов сказалось на Луне гораздо быстрее и сильнее, чем на Земле: оно настолько замедлило осевое вращение нашего спутника, что он уже давно повернулся к нам одной своей стороной.

Таким образом, как показал Дж. Дарвин, лишь по причине приливного влияния Земли на Луну наш спутник повернут к нам одной стороной. Значит, было время, когда с Земли была видна вся поверхность Луны; в это время и сама Земля вращалась быстрее, т. е. ее сутки были короче. Заметим, что спутники других планет, повидимому, обладают этой же особенностью и что причина этого должна быть та же, что и в случае Луны.

Откуда взялась Луна

После установления того факта, что вращение Земли вокруг оси некогда происходило быстрее, чем в настоящее время, у нас не может не возникнуть вопрос: а какова же предельная скорость вращения нашей планеты?

Известно, что при постепенном увеличении скорости вращения любого тела, наконец, достигается предельная, «критическая» скорость, после которой наступает революционный

момент—разрыв тела. Следовательно, если бы Земля вращалась слишком быстро, то вследствие развившейся громадной центробежной силы она бы разлетелась в куски. Дж. Дарвин вычислил, что критическая или предельная скорость для Земли наступила бы тогда, когда оборот ее вокруг оси равнялся 3—4 часам. Если бы когда-нибудь «сутки» равнялись 3—4 часам, то это повлекло бы за собой самые катастрофические, губительные последствия для Земли, ибо она должна была бы разлететься в куски или по меньшей мере, разлететься на две части. Значит, «сутки» никогда не могли длиться меньше 3—4 часов (по более точным вычислениям Джеффриса это величина меньше 4,8 часа).

Что же касается Луны, то она постепенно отступает от нас, и «месяц» удлиняется. Земные приливы, как бы «отталкивают» ее, хотя и очень медленно: пройдут миллионы лет, и Луна довольно сильно удалится от Земли, так что «месяц» станет длиннее. Наоборот, мысленно обращаясь назад, мы видим, что в давно минувшие века Луна была к нам ближе и месяц короче. Предположим, что Луна некогда касалась земной поверхности: нетрудно вычислить, с какой скоростью, она должна была обращаться вокруг Земли для того, чтобы не упасть на нее. Оказывается, периода всего примерно в 4 часа было достаточно для полного оборота Луны в эту далекую эпоху, т. е. «месяц» в то время равнялся примерно только 4 часам.

Припомним теперь первоначальную длину «суток» по вычислениям Дарвина: Земля могла вращаться вокруг своей оси в течение нескольких часов, и при такой скорости некоторая часть могла отделиться от нее. Вместе с тем Луна некогда находилась с Землею в соприкосновении и обращалась вокруг нее в течение того же «критического» периода. Сопоставим оба эти вывода.

Очевидно, Луна составляла некогда часть Земли и отделилась от нее. Мы пришли, таким образом, к великому открытию — к разгадке происхождения Луны: она «рождена земным шаром».

Астроном Вильям Пиккеринг высказал предположение, что отделение Луны от Земли произошло в том месте, где сейчас находится Тихий океан. Следовательно, дно Тихого океана — это шрам, оставшийся на земле вследствие отделения от нее Луны. Что же касается Атлантического океана, то, по мнению В. Пиккеринга, он образовался тогда же вследствие расщепления под влиянием толчка от отделения Луны оставшейся поверхности на две части, отчего и образовалась широкая щель, ныне заполненная водами Атлантического океана. Эта точка зрения поддерживается видным геологом Швиннером на основании геологических соображе-

ний. Однако пока этот вопрос еще недостаточно выяснен геологами.

Сколько же времени с тех пор прошло? Точно ответить на этот вопрос мы пока не можем. Но не подлежит сомнению, что этот промежуток равняется нескольким миллиардам лет...

Итак, в очень давние времена Луны еще не существовало, а была только Земля: наша планета и ее спутник были слиты в одно целое, в один расплавленно-жидкий шар, очень быстро обращающийся вокруг своей оси. Всякая быстро вращающаяся жидкая или очень уплотненная газообразная масса под влиянием центробежной силы сплюсчивается по направлению полюсов и начинает напоминать яйцо, которое вращается, лежа на боку. При более быстром вращении центробежная сила еще более отбрасывает частицы вещества к средней части и вследствие этого, как показали исследования ряда математиков, в особенности выдающегося русского математика А. М. Ляпунова (1857—1918 г.), на «яйце» появляется перехват, так что фигура массы становится похожей на лежащую на боку грушу (на «апионд», как говорят математики). Когда время вращения этой массы достигло 3—4—5 часов (благодаря охлаждению и сжатию вращение всякой массы постепенно ускоряется), она стала неустойчивой. Поэтому достаточно было сравнительно небольшой внешней силы, чтобы это вращающееся тело разорвалось в месте перехвата, отделив от себя сравнительно небольшую массу — Луну.

На основании сказанного ясно, что такой силой могла быть приливообразующая сила Солнца. Это постороннее, внешнее тело своим притяжением должно было неуклонно влиять на процесс растягивания Земли в грушевидное тело. Солнце все время оказывало притягательное действие на «огненную» оболочку нашей планеты, периодически вызывая в двух взаимно противоположных точках ее приливные волны, горбы. А эти горбы все более и более нарастали, т. е. при каждом приливе они становились больше, чем при предыдущем, в согласии с принципом, которые физики называют принципом резонанса.

Этот принцип учит, что при некоторых условиях небольшая энергия может вызвать очень значительный эффект. Например, представим себе, что мы раскачиваем кого-нибудь на качелях в ритм их колебаний (в такт их размаха), т. е. последовательными слабыми толчками каждый раз, как качели проходят через нижнюю точку своего пути. Тогда даже очень слабыми толчками, направленными в одну и ту же сторону, мы можем раскачать качели чрезвычайно сильно, ибо в этом случае действия последовательных тол-



Рис. 9. Отделение Луны от Земного шара.

чков будут как бы складываться, суммироваться. В этом и состоит принцип резонанса, под влиянием которого, как ясно показал Дж. Дарвин, приливные горбы, вызванные Солнцем в жидкой или вязкой массе Земли, постепенно возрастали.

Таким образом, приливные горбы, нарастая, еще сильнее растягивали Землю и значительно облегчали и ускоряли ее превращение в грушевидное тело. Что же было дальше?

С ускорением вращения этого грушевидного тела его меньшая более тонкая часть, «шейка», все более растягивалась. Наконец, когда это тело начало делать оборот вокруг оси в течение нескольких (повидимому, 4,8) часов, наступил критический, «роковой» момент, когда центробежная сила преодолела силу притяжения и совсем оторвала шейку от общей массы. Таким образом, благодаря центробежной силе и приливному влиянию Солнца от быстро вертящейся земной массы оторвался порядочный комок, т. е. наша планета распалась на две неравные части, причем более крупная из них имеет массу почти в 82 раза большую, чем меньшая. Из этой меньшей массы и образовалась наша Луна: оставшаяся же масса уже больше не разрушалась, а вследствие вращения; в дальнейшем приняла лишь слегка сплюснутую форму, какую имеет Земля и по сейчас.

Итак, когда-то, в некоторую «начальную эпоху», Земля вращалась вокруг оси в течение нескольких часов, и во столько же времени вращалась вокруг нее Луна. Другими словами, в ту эпоху «месяц» был равен «суткам», так что Земля представляла собой как бы очень «тесную» двойную планету. Оба тела — Земля и Луна — продолжали вращаться, почти соприкасаясь и вытягивая друг друга в продолговатую форму. Но равновесие этих тел было неустойчиво, так что такое движение долго продолжаться не могло, они должны были разойтись или слиться. Случилось второе: Луна не упала на Землю, а несколько удалилась от нее. При этом «месяц» стал, как показывает расчет, сразу значительно (раза в четыре) длиннее «суток». Вместе с тем, вмешалась посторонняя возмущающая сила — приливное взаимодействие, т. е. влияние притяжения этих тел. С этого времени Луна начала вызывать приливы огненно-жидкой лавы вышиной в сотни километров, приливы не в открытом океане, — потому что его не было, — а во всей вязкой массе Земли. А благодаря этому немедленно последовал ряд вполне определенных перемен: скорость осевого вращения Земли постепенно ослабела, Луна удалялась все дальше и дальше от нас, и время ее обращения вокруг Земли стало быстро возрастать. Вначале перемены совершались скорым темпом, благодаря гигантским размерам приливов: но когда мало-по-

малу тела отошли на довольно большое расстояние друг от друга, ход изменений замедлился. Наконец, по истечении огромного количества времени, наши сутки стали равны 24 часам. Луна отошла в среднем на 384 400 км. и обращается в течение $27\frac{1}{8}$ суток. Наступила эра, которую мы называем «нашим временем».

Следует отметить, что некоторым подтверждением этого представления о «рождении» Луны является тот факт, что средняя плотность Луны (3,34) близка к плотности земной коры. Ведь по Дж. Дарвину на образование Луны должны были пойти наружные слои первоначальной грушевидной массы, а эти слои были, конечно, значительно легче глубоких слоев и центральной массы ядра.

Что произойдет с Луной

Можем ли мы считать приливные изменения в системе «Земля — Луна» законченными? Конечно, нет. Настоящим состоянием процесс приливного развития системы «Земля — Луна» еще не прекратился. Изменения будут продолжаться медленным, ровным ходом.

Что же произойдет с Землей и Луной? Слишком далеко вдаваться в подробности мы здесь не можем, поэтому сообщим лишь основной результат исследований Дж. Дарвина, недавно развитых его учеником Джеффрисом.

Прежде всего «месяц» (продолжительность обращения Луны вокруг Земли) и «сутки» (продолжительность вращения Земли вокруг своей оси) снова сравниваются: длина их дойдет до 57—58 суток или почти 1 400 часов, причем Луна в это время будет удалена от Земли на расстоянии 600 000 км. В году, таким образом, Земля успеет повернуться вокруг своей оси всего приблизительно $6\frac{1}{2}$ раз, т. е. в году будет $6\frac{1}{2}$ суток, столько же и месяцев. Ни Земля, ни Луна не будут вращаться относительно друг друга: они как бы соединяются друг с другом твердым стержнем, и приливное влияние их друг на друга совершенно уничтожится, т. е. приливная волна перестанет обегать земную поверхность, и поэтому приливное трение прекратится.

Приливная эволюция повлияла на Луну гораздо больше, чем на Землю, так как наша планета уже давно заставила Луну (благодаря незначительности массы Луны по сравнению с массой Земли) обратиться к нам одной своей стороной. Но Луна, так сказать, никогда «не оставляет» своих усилий привести Землю в такое же состояние, какое приняла поневоле она сама. В результате должна наступить такая эпоха, когда влияние лунных приливов пересилит и когда Земля начнет обращать к Луне всегда одну и ту же сторону,

как теперь Луна, Луна в свою очередь будет обращать одну и ту же сторону всегда к Земле. Тогда с одного земного полушария никогда не будет видна Луна, между тем, как на другой стороне нашей планеты Луна будет светить каждую ночь. В эту эпоху приливные горбы, как бы «застынут» на поверхности Земли. Словом, вся система «Земля—Луна» достигнет устойчивого состояния, все ее скорости — именно: скорость вращения Земли вокруг оси, скорость вращения Луны вокруг оси и скорость обращения Луны вокруг Земли — окажутся друг другу равными. По вычислениям Джеффриса, это произойдет примерно лишь через 46 миллиардов лет...

Но это еще не будет последней ступенью.

Что же будет дальше?

Нам известно, что Солнце также вызывает приливы на Земле. Солнечные приливы до возникновения Луны имели решающее значение, а потом они значительно утратили свое значение по сравнению с приливами Луны. Но в дальнейшем развитии, когда сутки и месяц сравниваются, лунные приливы прекратятся и в системе «Земля—Луна» опять начнут действовать солнечные приливы. Хотя действие их невелико, но оно будет, ясное дело, накапливаться в течение веков: благодаря ему постепенно, но и еще гораздо медленнее, продолжительность земных суток, будет увеличиваться, но месяц начнет укорачиваться и Луна станет понемногу приближаться к Земле.

Это приведет к тому, что лунные приливы опять появятся на Земле, но они будут вызывать ускорение вращения земного шара, т. е. действовать в обратном направлении чем теперь. Так, в течение миллиардов лет вращение Земли будет замедляться от лунных приливов, и, наоборот, ускоряться от солнечных. Но в конце концов, по истечении очень многих миллиардов веков Луна уже настолько приблизится к Земле, что расстояние ее центра от центра Земли будет составлять 2,5 радиуса Земли. Что это возможно — видно из того, что аналогичный случай представляет собой ближайший спутник Марса, названный Фобосом: он отстоит от поверхности планеты лишь на расстоянии 6 000 км и обращается вокруг планеты в $7\frac{1}{2}$ часов, в то время как сама планета делает полный оборот вокруг оси более чем в 24 часа. Следовательно, Фобос гораздо дальше пошел по пути к катастрофе, чем наша Луна.

Почему же мы говорим о катастрофе?

Еще в 1850 г. видный французский теоретик Рош (1820—1883) показал, что расстояние в 2,5 земного радиуса является «критическим», предельным, опасным расстоянием, т. е. самым коротким, на котором спутник вообще может

существовать. На таком расстоянии, называемом «пределом Роша», наш спутник должен подвергнуться столь сильным приливным влияниям, что он «не выдержит» (ведь при приливном взаимодействии двух тел меньшее «страдает» несравненно сильнее другого). Он окончательно разделится, развалится на отдельные крупные осколки, т. е. превратится в несколько отдельных маленьких спутников. Однако эти «спутники» будут еще «разорваны» мощным притягательным действием Земли на тысячи осколков, а затем эти осколки будут еще более раздроблены взаимными столкновениями. В конце концов Луна, светило наших теперешних ночей, превратится в скопление в среднем небольших метеоритов, кружащихся на определенном расстоянии от Земли. Другими словами, она примет состояние, подобное кольцевидному рою маленьких спутников, составляющих систему колец планеты Сатурн.

Но по Джеффрису, это «кольцо» тоже не вечно: составляющие его мелкие спутники (метеориты) будут постепенно приближаться к Земле и падать на ее поверхность. Процесс падения будет происходить крайне медленно и, быть может, океаны уже замерзнут или исчезнут на Земле, пока завершится это «возвращение» Луны в материнское лоно Земли.

Таким образом, полный цикл приливной эволюции нашей планеты закончится тем же, чем он начался, — слиянием Луны в одно целое с Землей.

Все это показывает, что в мире нет ничего постоянного: все, что кажется нам неизменным, в действительности исторично, развивается. Если бы наша жизнь обнимала миллиарды веков, то те вещи, которые нам теперь представляются неизменными, показались бы нам в состоянии нескончаемого «течения», становления. Звезды, ныне называемые неподвижными, передвинулись бы на наших глазах, и небо приняло бы совершенно иной вид; мы видели бы материки то сухими, то покрытыми водой. Бесчисленные века, измеряющие жизнь солнечных систем, представлялись бы нам, как капли, затерянные в океане вечности.

В помощь лектору

I. МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Среди различных интересных астрономических тем «Луна — спутник Земли» является весьма «благодарной» темой лекции для широкой аудитории. Луна возбуждает наше внимание не только сменой своих фаз, но и тем, что она — «виновница» таких необычайных и величественных небесных явлений, как солнечные затмения, которые особенно поражают нас. С другой стороны, наука может сообщить нам особенно много интересного о природе лунного мира, так как это небесное тело является наиболее близким к Земле и поэтому лучше всего изучено астрономами. Наконец, в вопросе о происхождении Луны, наука разбирается гораздо лучше, чем в вопросе об образовании планет, и не подлежит сомнению, что теория приливной эволюции системы «Земля—Луна» — это наиболее надежный отдел современной космогонии. В связи с этим и составлен план настоящей брошюры: сначала речь идет преимущественно о явлениях, вызванных движением Луны вокруг Земли, затем излагаются современные данные и гипотезы о лунной поверхности и о тех физических условиях, которые царят на ней, и, наконец, дается представление об образовании нашего спутника и об его будущем согласно теории приливной эволюции.

С методической стороны эта тема в основном не вызывает особых трудностей. Надо только приспособить изложение к составу аудитории, делая акцент на определенные моменты в зависимости от степени подготовки слушателей. В мало подготовленной аудитории следует останавливаться, главным образом на объяснении фаз Луны и солнечных и лунных затмений и нарисовать общую картину природы лунного мира, причем о происхождении Луны и ее будущем сказать в самых общих словах, дав лишь самые необходимые выводы из теории Дж. Дарвина. В более подготовленной аудитории можно лишь весьма бегло касаться лунных фаз и затмений, но зато подробно рассказать о природе Луны и строении ее поверхности и дать некоторое представление о роли приливного трения в эволюции системы «Земля—Луна». Наиболее же подготовленным слушателям

можно совсем не говорить о явлениях, вызванных движением Луны, и все внимание уделить вопросам о природе нашего спутника и об основах теории приливной эволюции.

Ориентировочное содержание данной брошюры, дающей материал для лекции (а следовательно, и план ее), рассчитано на слушателя средней подготовки и дано в развернутом виде, охватывая материал, касающийся не только движения Луны но и ее природы и происхождения. Дело лектора — использовать этот материал в зависимости от аудитории, развивая одни пункты и совершенно опуская или лишь вскользь излагая другие. Особое внимание должно быть уделено лектором подбору иллюстраций, так как современные фотографии лунной поверхности и рисунки лунного ландшафта производят сильное впечатление на аудиторию.

Вкратце рассмотрим теперь некоторые из тех вопросов, которые обычно задают лектору в связи с этой темой.

Отвечая на вопрос о силе тяжести на Луне, следует отметить, что для сравнения веса тела на Земле с его весом на Луне, пришлось бы воспользоваться пружинными весами. Обыкновенные весы не годятся для этой цели, так как весы и гири на Луне тоже весят в 6 раз меньше, чем на Земле.

Не всегда слушатели сразу убеждаются в том, что Луна действительно вращается вокруг оси, и поэтому можно сделать простой опыт. Поставьте посредине комнаты стул и попробуйте обойти его кругом, оставаясь все время обращенным к нему прямо лицом. При этом вы заметите, что по мере обхода, вы будете обращены лицом поочередно ко всем углам вашей комнаты. А это ведь и значит, что обойдя вокруг стола, вы повернулись вокруг себя.

Многих слушателей интересует способ определения высоты лунных гор по длине их тени. Следует указать, что длину тени измеряют на фотоснимке Луны в долях лунного радиуса. Так как величина этого радиуса нам хорошо известна в километрах, то мы находим длину тени в километрах. Найти высоту Солнца над горизонтом рассматриваемой лунной местности в момент получения снимка тоже нетрудно так как для этого следует лишь знать взаимное расположение Солнца, Луны и Земли в этот момент. По этим двум данным — длине тени и высоте Солнца — легко вычислить высоту любой лунной горы.

Нередко спрашивают: в чем причина разногласий астрономов об изменениях на лунной поверхности? Нужно разъяснить, что, ввиду резкости контраста между светом и тенью на лунной поверхности, вид ее сильно зависит от условий освещения. Так как взаимное расположение Солнца, Луны и Земли, с которой мы наблюдаем, непрерывно меняется, то и вид лунной поверхности непрерывно и довольно значитель-

но изменяется. В течение нескольких минут отдельные детали (например, горные вершины), дотоле бывшие невидимыми, могут вдруг засверкать яркими точками и наоборот, — отсюда ясно, что главная трудность при отыскании следов происходящих на Луне перемен заключается в том, что нужно отделить кажущиеся, вызванные лишь условиями освещения, изменения от действительных. К тому же мы знаем, что, если изменения и происходят, они должны быть очень малы.

Говоря о приливах, обычно возникает вопрос, о возможности использовать приливную энергию. Действительно, если бы инженеры научились владеть этой энергией, мы получили бы новый, весьма мощный источник энергии, мы могли бы приводить в движение машины прямо за счет движения Земли вокруг оси: они бы так сказать, запрягли Землю и воспользовались Луной, как точкой приложения силы. Луна, притягивающая приливной выступ и удерживающая его в одном положении, вопреки вращению Земли, — это механизм, с помощью которого можно развить огромную энергию, это та «ручка», посредством которой мы могли бы управлять огромной силой. Опыты в этом направлении делаются и не без успеха; так, в Канаде удалось использовать приливное поднятие воды в качестве силы, приводящей в движение турбины электростанции.

2. ПЛАН ЛЕКЦИИ

Два представления о Вселенной. Значение вопроса о природе Луны для мировоззрения. Один из способов определения расстояния до небесных тел. Расстояние, размеры и масса Луны. Влияет ли Луна на погоду. Движение Луны вокруг Земли. Отчего происходит смена лунных фаз. Разгадка «пепельного света» Луны. Как Луна вращается вокруг оси. Какая часть лунной поверхности видна. Земная и лунная тень. Отчего, как и когда происходят солнечные и лунные затмения. Предсказание затмений. Общая картина затмений.

Есть ли на Луне атмосфера. Могут ли на Луне существовать воздух и вода. Колебания температуры на Луне. Формы лунной поверхности. Характер лунных цирков и кратеров. Лунные трещины и «светлые лучи». Луна некогда пережила бурный вулканический период. Луна — мир, в котором не бывает погоды. Изменения на лунной поверхности. День и ночь на Луне. Земля служит «луной» для Луны. Отличие «лика Луны» от «лика Земли». Гипотезы образования лунных цирков и кратеров. Опыты с авиабомбами. Открытие на Земле «кратеров падения».

Приливы и отливы в морях и их объяснение. Приливные явления в земной коре. Роль солнечного притяжения в общем

явлении приливов. Приливное трение и его следствие. Удлинение суток и удаление Луны. Как велико замедление вращения Земли. Почему Луна постоянно обращена к Земле одной стороной. Предельная скорость вращения земного шара. Превращение Земли в грушевидное тело. Разгадка происхождения Луны: она отделилась от Земли в результате приливного влияния Солнца. Прошлые системы «Земля—Луна». Будущие системы «Земля—Луна». Вероятный конец Луны, как результат приливной эволюции нашей планеты. Во Вселенной нет ничего неизменного.

3. СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ.

1. Геоцентрическая картина мира Аристотеля.
2. План солнечной системы
3. Земля и обращающаяся вокруг нее Луна.
4. Определение расстояния до далекого земного предмета путем измерения его параллакса.
5. Способ определения расстояния до Луны.
6. Сравнительные размеры Земли и Луны.
7. Схема, поясняющая смену лунных фаз.
8. Фотоснимок пепельного света Луны.
9. Рисунок, показывающий, почему Луна всегда обращена к Земле одной и той же своей стороной.
10. Общая схема, поясняющая причину солнечных и лунных затмений.
11. Полоса полного солнечного затмения.
12. Схема, поясняющая редкость затмений вследствие перемещения лунной орбиты в результате движения Земли вокруг Солнца (условия возможности и невозможности наступления затмений).
13. Вид частного солнечного затмения.
14. Полное солнечное затмение.
15. Частное и полное лунное затмение.
16. Различие силы тяжести на небесных телах (человек мог бы прыгать на Луне гораздо выше и дальше, чем на Земле, Марсе и Юпитере).
17. Фотоснимок вида Луны во время полнолуния.
18. Фотоснимок вида Луны в первой четверти.
19. Фотоснимок Луны во время последней четверти.
20. Лунные равнины: Море Ясности, Море Спокойствия и пр.
21. Северная часть Луны во время последней четверти по снимку, сделанному с 100-дюймовым рефлектором.
22. Кольцевая гора Коперник с окружающими ее кратерами и отходящими от нее «светлыми лучами».

23. Область около центра Луны во время последней четверти с цирками Птоломея, Альфонс и Арзахель.
24. Лунный ландшафт: закат Солнца, видна солнечная корона (рисунки Рюдо)
25. Картина прилива и отлива.
26. Объяснение приливов, вызванных притяжением Луны.
27. Грушевидное тело («Апионид»): форма Земли до отделения от нее Луны.
28. Отделение Луны от земного шара (формы Земли до и после отрыва от нее части массы).
29. Кольца Сатурна (рой маленьких спутников — метеоритов).
30. Портрет Джорджа Дарвина.

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Франц Ю. — Луна. 1923 г.
2. Фаут — Природа Луны. 1911 г.
3. Баев К. и Шишаков В. — Луна. 1940 г.
4. Вегенер А. — Происхождение Луны и ее кратеров. 1923 г.
5. Дарвин Дж. — Приливы. 1923 г.
6. Болл Р. — Века и приливы. 1909 г.
7. Гальперсон С. Атлас Луны, 1922 г.
8. Перельман Я. — Занимательная астрономия.
9. Разделы о Луне в общих книгах по астрономии Фламмарюна, Клейна Майера, Литрова, Ньюкомба, Мультона, Рессела, Полака, Баева и др.

51221



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Расстояние до Луны	5
Причина лунных фаз	7
Лунные и солнечные затмения	12
Физические условия на Луне	18
Вид лунной поверхности	20
Общая картина лунного мира	25
Как образовался лик Луны	29
Приливы в воде и земной коре	33
Последствия приливного трения	36
Откуда взялась Луна	38
Что произойдет с Луной	43
В помощь лектору	
1. Методические замечания	46
2. План лекции	48
3. Список иллюстраций	49
4. Литература	50