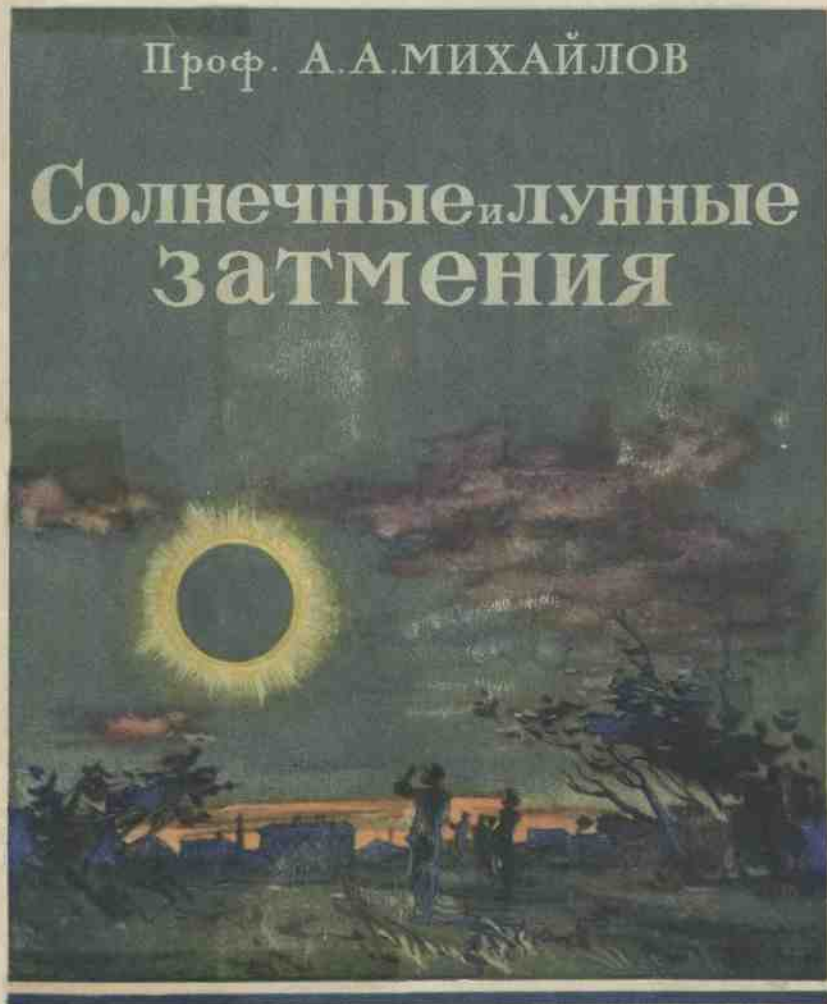


НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА



Проф. А.А.МИХАЙЛОВ

Солнечные и лунные затмения



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

ВЫПУСК 5

Проф. А. А. МИХАЙЛОВ

Член-корреспондент Академии наук СССР

СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Как происходит солнечное затмение	4
2. Причина солнечных затмений	6
3. Фазы Луны	8
4. Видимые движения Луны и Солнца	10
5. Как часто бывают солнечные затмения	13
6. Три вида солнечных затмений	14
7. Повторение затмений	17
8. Предсказание затмений	18
9. Наблюдение полных солнечных затмений	23
10. Что видно вокруг Солнца при полном затмении	26
11. Влияние солнечных явлений на Землю	29
12. Отклонение лучей света	30
13. Как учёные наблюдают солнечные затмения	32
14. Лунные затмения	34
Приложения:	
1. Полные солнечные затмения с 1950 по 2000 год	38
2. Полные лунные затмения с 1950 по 2000 год	39

Редактор В. А. Мезенцев.

Техн. редактор М. Д. Суховцева.

Подписано к печати 20/1 1950 г. 2,5 печ. л. 2,36 уч.-изд. л. 37790 тип. зн.
в печ. л. Тираж 100 000 экз. Цена книги 70 коп. Т-00217. Заказ № 2029.

3-я тип. «Красный пролетарий» Главполиграфиздата при Совете Министров СССР.
Москва, Краснопролетарская, 16.

Отпечатано с матриц в 3 типографии ЛРТПП,
г. Рига, ул. Ленина, 137/139.



ВВЕДЕНИЕ

В старину солнечные и лунные затмения порождали ужас и смятение. Это объяснялось тем, что большинству людей причины этих необычных явлений природы и сроки их наступления оставались неизвестными. Не умея объяснить причины затмений, многие люди считали их каким-то чудом, непонятым и таинственным знамением. В действительности же никакого чуда и ничего таинственного в затмениях нет. Уже давно учёные узнали, что затмение такое же естественное явление, как смена дня и ночи; достаточно точно научились они и предсказывать наступление затмений.

В настоящее время не происходит ни одного солнечного или лунного затмения, о наступлении которого население не было бы своевременно оповещено через газеты и по радио. Сроки начала и конца видимости солнечных затмений за несколько лет до их наступления вычисляются с точностью до трёх-четырёх секунд.

Учёные-астрономы, изучающие небесные явления, составляют на много лет вперёд расписание затмений. В конце этой книжки приложены две таблицы, из которых читатель узнает о том, какие полные затмения Солнца и Луны будут с 1950 по 2000 год, в каких странах они будут видны и сколько времени они будут продолжаться.

Чтобы составить такое расписание, учёные должны были точно изучить законы природы, согласно которым происходит движение небесных светил. На протяжении многих веков нужно было наблюдать затмения, точно описывать их и обрабатывать результаты этих наблюдений. Только на основе правильно понятых законов природы и правильных выводов из наблюдений затмений астрономы научились предвычислять их наступление. Это служит ярким примером

мощи современной науки, доказательством того, что люди правильно поняли законы движения небесных тел и что для них нет таких небесных явлений, которые они не могли бы правильно понять и объяснить.

1. КАК ПРОИСХОДИТ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ

Ясный день. Солнце сияет среди безоблачного неба, ничто не предвещает грядущего явления. Но вдруг солнечное сияние становится слабее, Солнце уже не так сильно греет,

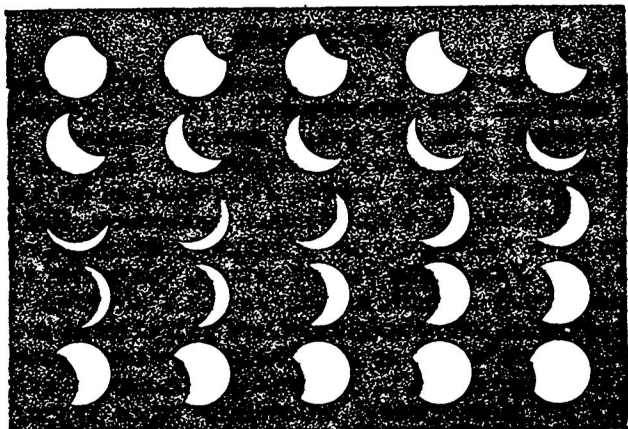


Рис. 1. Ход частного солнечного затмения. На рисунке (слева направо) изображены 25 фотографий частного солнечного затмения, снятых через каждые 5 минут.

а свет его стал каким-то тусклым. Самый вид Солнца на небе изменился: вместо обычного ослепительного круга оно приняло форму серпа, как Луна перед новолунием. Это началось *частное солнечное затмение* (рис. 1).

В окружающей природе тоже заметно изменение. Какое-то затишье наступило кругом. Среди птиц и животных — беспокойство.

Потемнение становится заметнее, солнечный свет уже больше не греет, он принял какой-то зловещий коричневатый оттенок. Все краски стали тусклыми. Солнце превратилось в узкий серпик, который вдруг разделяется на несколько ярких, быстро исчезающих точек. Тёмная тень пронесится

над Землёю, сразу становится темно, словно поздним вечером. Небо принимает почной вид, на нём вспыхивают яркие звёзды. Там, где было Солнце, на небе стоит чёрный круг, окружённый серебристым сиянием. Природа замерла — наступило *полное затмение*.

Две, три, иногда пять минут продолжается необычная темнота. Наконец у тёмного круга, стоящего на месте Солнца, появляется алая каёмка с правой стороны, затем вдруг вспыхивают ослепительные лучи яркого солнечного света. Словно вздох облегчения проносится в природе. Ночная тьма исчезла, опять стало светло. Полное затмение кончилось. Появилось Солнце, но ещё пока узким серпом, теперь повернутым в другую сторону, как серп молодой Луны вскоре после новолуния. Ширина солнечного серпа постепенно возрастает, и приблизительно через час после полного затмения Солнце принимает свой обычный круглый вид; кончается частное затмение. Но уже задолго до этого заметные признаки затмения в природе исчезли: солнечные лучи опять стали греть, животные и птицы оправились от испуга, все краски стали вновь яркими. Ничто, кажется, не напоминает больше о только что происшедшем необыкновенном природном явлении.

Не только животные и птицы проявляют беспокойство и страх во время полных солнечных затмений. Отсталые люди, не знающие причины затмения и не предупреждённые о нём заранее, также приходят от него в ужас. Смятения, порождаемые солнечными затмениями, были в старину столь сильны, что древние историки и летописцы считали необходимым свидетельствовать в летописях о наблюдавшихся затмениях. Это принесло большую пользу астрономии и истории, о чём будет подробнее сказано дальше.

В китайских летописях имеется много указаний на различные солнечные затмения. Из них наиболее древнее относится к 2136 году до нашей эры, когда во время правления императора Чунг-Канга произошло солнечное затмение, которое не только не было предсказано двумя придворными астрономами Хи и Хо, но даже и не наблюдалось ими. Оказалось, что они во время затмения были пьяны.

На глиняных дощечках, найденных при раскопках Вавилона и Ниневии (древние города в Малой Азии), удалось прочитать о шести затмениях, из которых древнейшее произошло в 911 году до нашей эры. В 585 году до нашей эры в Малой Азии произошло сражение между лидийцами и

мидьянами, во время которого днём вдруг наступила ночная темнота. От страха войны побросали оружие и разбежались, что привело к заключению длительного мира между воевавшими народами.

Хотя в средние века причина солнечных затмений была уже известна, однако страх, вызываемый ими, был все ещё очень велик. Мы читаем о людях, которые прятались в подвалах во время затмения, о женщинах, которые падали в обморок. А баварский король Людовик даже умер, испугавшись полного затмения 840 года, продолжавшегося немого более пяти минут.

2. ПРИЧИНА СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ

Чем же вызываются солнечные затмения? Ответить на этот вопрос нетрудно. Для этого нужно принять во внимание, что, во-первых, солнечные затмения случаются только во время новолуний, когда Луны на небе ночью не бывает. Во-вторых, Солнце во время частных затмений имеет такой вид, будто часть его закрыта каким-то круглым телом, почти таких же видимых размеров, как и само Солнце. Уже давно учёные догадались, что это Луна закрывает собою Солнце как ширмой, отчего и происходит затмение. Для того чтобы обосновать такую догадку и разобрать все обстоятельства затмения, познакомимся подробнее с тем, что такое Земля, Луна и Солнце, и как они движутся.

Земля имеет форму шара, о чём было известно людям ещё более двух тысяч лет назад.

Согласно новым точным измерениям мы знаем, что поперечник земного шара составляет 12 740 километров, а окружность Земли равна 40 000 километров. Сама длина километра была выбрана полтора столетия назад с таким расчётом, чтобы в четверти окружности Земли содержалось ровно 10 000 километров.

Земной шар вращается вокруг воображаемой линии — оси, проходящей через его центр и два полюса. Полный оборот Земля совершает в сутки, что вызывает смену дня и ночи. Вращаясь, Земля несётся по слегка вытянутому кругу, близ центра которого находится Солнце. Свой путь вокруг Солнца Земля совершает в течение года, с чем связана смена времён года. Расстояние Земли от Солнца очень велико: оно составляет в среднем 150 миллионов километров. Поскольку путь Земли вокруг Солнца, или, как

гозорят, *земная орбита*, не есть точный круг, и Солнце находится не точно в его центре, расстояние Земли от Солнца в разное время года неодинаково. Летом Солнце бывает на 2 500 000 километров дальше, а зимой на столько же ближе приведённого его среднего расстояния.

Может показаться странным и непонятным, что Солнце бывает ближе к нам зимой. Но это — неоспоримый факт, который легко проверить с помощью фотографии. Если сфотографировать Солнце большим аппаратом в крупном масштабе, то, сравнивая между собой различные снимки, легко

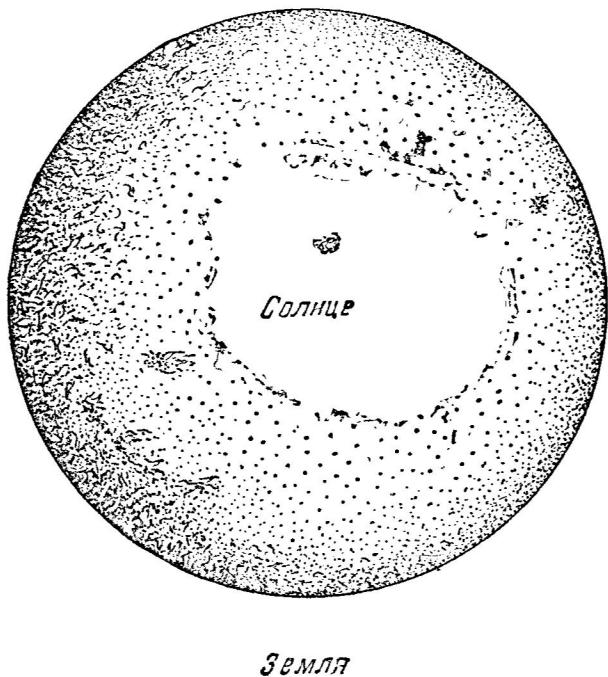


Рис. 2. Сравнительные размеры Солнца и Земли.

убедиться в том, что в январе поперечник Солнца на $\frac{1}{30}$ долю больше, чем в июле.

Времена года вызываются совсем не изменением расстояния от Земли до Солнца, а наклоном земной оси. Благодаря наклону оси земной шар поворачивается в сторону Солнца и подставляет его лучам в большей мере то

северное полушарие, то южное. Поэтому, когда в декабре в северном полушарии зима, то в южном полушарии в это время лето, а в июне там наступает зима *).

Солнце, как и Земля, имеет форму шара, но гораздо больших размеров. Поперечник солнечного шара составляет 1 390 000 километров, что в 109 раз больше поперечника Земли (рис. 2).

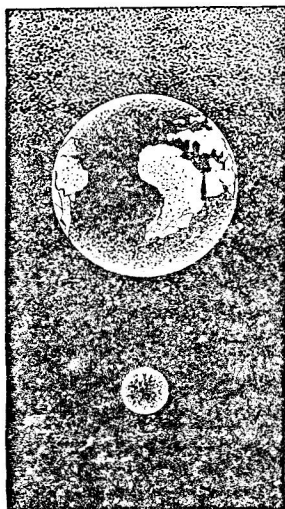


Рис. 3. Сравнительные размеры Земли (вверху) и Луны (внизу).

Земля совершает свой ежегодный путь вокруг Солнца не одинокой, а в сопровождении своего спутника—Луны. Луна обращается вокруг Земли, находясь от неё в среднем на расстоянии в 380 000 километров или почти в 400 раз ближе Солнца. Она тоже шарообразна, её поперечник равен 3 480 километров, что почти в 4 раза меньше поперечника Земли (рис. 3) и приблизительно в 400 раз меньше поперечника Солнца. Чем ближе предмет, тем больше он нам кажется. Поэтому Луна, находясь в 400 раз ближе к Земле, чем Солнце, и вместе с тем будучи в 400 раз меньше Солнца по своему поперечнику, кажется нам почти такой же величины, как и Солнце. Такое совпадение вди-

мых размеров Солнца и Луны, конечно, случайное. Вследствие того, что расстояния от Земли до Солнца и от Земли до Луны подвержены небольшим изменениям. Луна может казаться нам иногда чуть-чуть больше Солнца, а иногда чуть-чуть меньше. Какое влияние это оказывает на затмения, мы разберём подробнее дальше.

3. ФАЗЫ ЛУНЫ

Самое приметное у Луны — её *фазы*. Так называются различные формы, под которыми Луна нам видна. Бывают промежутки в несколько дней, когда Луны совсем

*) Подробнее об этом см. брошюру «Научно-популярной библиотеки»: Гостехиздата проф. Р. В. Куницкий, «День и ночь. Времена года».

не видно — это *новолуние* (рис. 4). Через два-три дня после новолуния Луна появляется в виде узкого серпика по вечерам на фоне зари при заходе Солнца и заходит вскоре вслед за Солнцем. С каждым днём ширина лунного серпа увеличивается. Через семь дней после новолуния она принимает вид светлого полукруга, обращённого выпуклой частью в сторону Солнца, т. е. вправо и вниз. Это — *первая четверть* Луны. Становясь всё больше и полнее, Луна через 14 дней после новолуния, или через 7 дней после первой четверти, представляется правильным светлым кругом и восходит в восточной части неба при заходе Солнца, находясь в противоположной Солнцу точке неба. Это — *полнолуние*. Затем с правой стороны у Луны появляется ущерб и через неделю после полнолуния Луна вновь приобретает форму полукруга, но повернутого в обратную сторону — влево; это — *последняя четверть*. В это время Луна восходит ночью и остаётся на небе до утра и даже бывает видна в первую половину дня справа от Солнца. После этого лунный полукруг превращается в серп, который становится всё более узким и восходит всё позже, ближе к утренней заре. Наконец узкий серп исчезает на фоне утренней зари, и вновь наступают безлунные ночи — время *новолуния* (см. рис. 4).

Между двумя последовательными новолуниями (или полнолуниями) в среднем проходит 29 суток и 13 часов — промежуток времени, называемый *синодическим месяцем*.

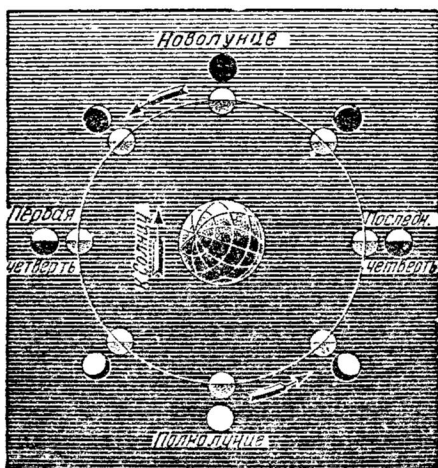


Рис. 4. Объяснение фаз Луны. Солнце находится далеко сверху. На орбите изображена Луна в различных положениях относительно Земли; всюду освещено полушарие Луны, обращённое к Солнцу. Снаружи от орбиты изображены различные фазы Луны, как они видимы с Земли.

Фазы Луны объясняются тем, что Луна является тёмным, не самосветящимся шаром. Поэтому мы видим только те части лунной поверхности, которые обращены к нам и освещаются Солнцем. В зависимости от положения Луны по отношению к Солнцу, мы видим освещённой большую или меньшую её часть. Солнце всегда освещает половину всей поверхности Луны, но её полушарие, повёрнутое к Земле, не всегда совпадает с этим освещённым полушарием. Во время новолуния Луна находится между Землёй и Солнцем. Понятно, что в это время к Земле обращено неосвещённое тёмное полушарие Луны, как это пояснено на рисунке 4 вверху. Через несколько дней Луна передвинется, и с Земли будет виден краешек освещённого полушария — Луна покажется нам узким серпом.

Не останавливаясь на промежуточных фазах, перейдём сразу к полнолунию (рис. 4, внизу). В это время Луна находится от Земли в стороне, противоположной Солнцу; к Земле обращено целиком освещённое Солнцем полушарие Луны, почему она и бывает видима в форме правильного равномерно освещённого круга.

Говоря о солнечных затмениях, важно отметить, что во время новолуния Луна проходит между Солнцем и Землёю. Следовательно, именно в это время Луна может закрыть собою Солнце для земного наблюдателя и тем вызвать солнечное затмение. Поэтому солнечное затмение может произойти *только во время новолуния*. Однако далеко не каждое новолуние сопровождается солнечным затмением. Причину этого нужно выяснить.

4. ВИДИМЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЛУНЫ И СОЛНЦА

Путь Луны вокруг Земли, называемый лунной орбитой, очень близок к окружности, но его плоскость не совпадает с той плоскостью, в которой Земля движется вокруг Солнца. Лунная орбита немного наклонена по отношению к орбите, по которой движется Земля. Правда, взаимный наклон этих орбит невелик — он составляет всего 5 градусов, но этого достаточно для того, чтобы большинство новолуний не сопровождалось солнечными затмениями.

Со времени великого польского учёного Коперника (1473—1543 гг.) мы знаем, что неверно старое представление о том, будто Земля стоит неподвижно в центре Вселенной, а вокруг неё движутся все небесные светила, в том числе и

Солнце. Небо представляется нам шаром, окружающим Землю, находящуюся как бы в его центре. Нам кажется, что небесный шар равномерно вращается, вследствие чего мы и видим восход и заход звёзд, как бы прикреплённых к внутренней поверхности небесного шара и вместе с ним вращающихся вокруг Земли. Кроме этих «прикреплённых к небу» звёзд, названных поэтому «неподвижными» и расположенных в форме неизменных созвездий, существует несколько подвижных светил, медленно переходящих из одного созвездия в другое. К этим светилам, названным планетами, что по-гречески означает «блуждающий», в древности причисляли также Солнце и Луну.

Движение Луны по звёздному небу проследить легко. Если заметить рядом с Луною яркую звезду, то уже через несколько часов окажется, что Луна от звезды передвинется справа налево. Если изо дня в день следить за положением Луны среди звёзд, то можно заметить, что в течение месяца она совершает полный оборот по небу, всё время двигаясь справа налево.

Движение Солнца по звёздному небу проследить гораздо труднее, потому что днём звёзд не видно, и на небе около Солнца нет таких меток, по которым можно было бы заметить положение Солнца на каждый день. Тем не менее это удалось сделать. Ещё в древнем Египте было известно, что Солнце движется тоже по кругу, обходя кругом всё небо в течение года; круг этот получил название *эклиптики*.

Говоря о движении Луны и Солнца по небу, мы имеем в виду их перемещение относительно «неподвижных» звёзд, из одного созвездия в другое, а не суточное их движение, сопровождаемое восходом и заходом, в котором участвуют все светила вместе со всем небом.

Коперник показал, что на самом деле вращается не небесный шар, а земной, и движется не Солнце вокруг Земли, а Земля вокруг Солнца. Да и самого шарообразного неба не существует, есть лишь бесконечное пространство, которое окружает Землю со всех сторон. Но мы, находясь на Земле, не замечаем её движения. Мы видим лишь, как относительно Земли меняют своё положение Солнце и звёзды, и приписываем движение именно им, а не самим себе вместе с Землёю.

Учение Коперника подверглось ожесточённым атакам церковников. Последователи великого учёного преследовались церковью; один из них, итальянский учёный Джордано

Бруно, был в 1600 году сожжён по приговору церковного суда на костре.

Для объяснения некоторых явлений, связанных с затмениями, нагляднее говорить о том, что мы видим на небе, то-есть говорить о кажущемся движении Солнца и Луны по небу, а не о том, как в действительности движется Земля. Недаром видимые движения светил на небе были уже хорошо известны во времена древних греков, действительное же движение Земли и других планет в пространстве вокруг Солнца было изучено только в XVI и XVII веках.

Итак, в своём видимом или кажущемся движении по звёздному небу Солнце совершает один полный оборот

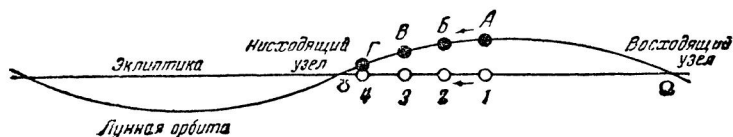


Рис. 5. Лунная орбита и эклиптика.

в год, пройдя по эклиптике через двенадцать созвездий, в каждом из которых оно остаётся по месяцу. Лунный путь или орбита, есть тоже круг, опоясывающий всё небо, но не совпадающий с эклиптикой, а наклонный к эклиптике, как уже говорилось, под углом в 5 градусов. Лунная орбита пересекает эклиптику в двух взаимно противоположных точках, которые называются *узлами лунной орбиты* или просто *лунными узлами*. В узлах пути Солнца и Луны встречаются, затем они расходятся и дальше всего отстоят друг от друга в середине между узлами, где их взаимное удаление достигает 5 градусов. Если изобразить эклиптику прямой линией (как земной экватор на некоторых географических картах), то лунная орбита примет форму, показанную на рисунке 5.

Пусть Солнце находится в положении 1. Когда Луна, двигаясь по своей орбите, проходит точку А, наступает новолуние. Но здесь расстояние между центрами Луны и Солнца составляет 5 градусов, тогда как полупоперечники Луны и Солнца равны только $\frac{1}{4}$ градуса каждый. Поэтому между краями Луны и Солнца, в их видимом положении на небе, останется большой промежуток. Луна не сможет закрыть Солнца, и затмения не произойдёт. Можно сказать, что Луна в данном новолунии проходит выше Солнца.

Через месяц Солнце перейдёт в положение 2, пройдя приблизительно $\frac{1}{12}$ часть эклиптики или $\frac{1}{6}$ расстояния между ближайшими узлами. Луна за это время успеет обойти кругом по своей орбите и, нагоняя Солнце, вновь пройдёт через точку А, двигаясь к точке В. Когда Луна пройдёт через ближайшую к Солнцу точку В, опять наступит новолуние, но и на этот раз затмения не будет. Ещё через месяц новолуние будет с Солнцем в положении 3 и Луной в точке В. Теперь расстояние между ними сократилось, но всё ещё слишком велико для того, чтобы могло произойти затмение. Только на следующее новолуние с Солнцем в положении 4 и Луною в точке Г затмение окажется неминуемым, однако это будет не полное затмение, а лишь частное, при котором верхний край Солнца окажется закрытым Луною. Если же во время новолуния Солнце будет находиться ещё ближе к узлу, то произойдёт и полное солнечное затмение.

Итак, затмение происходит только в те новолуния, когда Солнце бывает достаточно близко от узла. Древним китайцам не была известна действительная причина затмений, и они думали, что Солнце меркнет вследствие нападения на него злого дракона, который начинает его проглатывать. Чтобы испугать дракона и отогнать его от Солнца, они поднимали оглушительный шум и били в барабаны. Однако они уже знали, что затмение может произойти только вблизи узла лунной орбиты и поэтому считали, что здесь находится жилище дракона. Отголоски этого суеверия сохранились до сих пор в том, что узел обозначается в астрономии особым знаком (см. на рис. 5), который представляет упрощённый рисунок дракона, изогнувшегося для прыжка; промежуток же времени между двумя последовательными прохождениями Луны через данный узел называется *драконическим месяцем*.

5. КАК ЧАСТО БЫВАЮТ СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Солнце не может миновать узел без того, чтобы не произошло затмения. Может случиться даже, что два новолуния подряд будут наблюдаться затмения, но тогда оба частных, во время которых лишь небольшая доля Солнца закроется Луной, поскольку первое из них должно произойти, когда Солнце едва войдёт в область затмений, а второе незадолго перед выходом Солнца из этой области.

Если произошло одно полное или подряд два частных затмения, то дальнейшие новолуния уже не могут сопровождаться затмениями, и нужно ждать приблизительно полгода, пока Солнце не дойдёт до следующего узла. Здесь опять повторится то же самое, что было нами разобрано для первого узла. Таким образом, каждый год должны быть два промежутка времени, приблизительно разделённых полугодием, когда происходят одно или два затмения.

Дело осложняется тем, что узлы лунной орбиты не сохраняют неизменного положения на эклиптике, а медленно передвигаются слева направо, навстречу Солнцу, совершая полный оборот по эклиптике в 19 лет. Поэтому Солнце идёт от одного узла до другого не ровно полгода, т. е. не 183 суток, а на $\frac{1}{19}$ долю меньше, т. е. 174 суток. Этому в среднем и равен промежуток между теми временами, когда бывают затмения. Наименьшее число затмений в течение года будет два, по одному у каждого узла. Так, в 1945 году имели место два затмения: 14 января (частное) и 9 июля (полное). Наибольшее число затмений в году составляет пять. Для этого нужно, чтобы первое затмение произошло в самом начале года, в первых числах января, при вступлении Солнца в область частного затмения у одного из узлов. Второе затмение совершится через месяц, у того же узла. Затем наступает перерыв в пять месяцев, в течение которых Солнце переходит к другому узлу, где опять происходят подряд два затмения. Наконец в самом конце года, в декабре, может случиться ещё одно затмение опять у первого узла. Таким образом, всего в течение года будет пять затмений, но все они, в особенности первые четыре, будут небольшими, частными. Именно такой случай был в 1935 году, когда было пять затмений: 5 января, 3 февраля, 30 июня, 30 июля и 25 декабря.

Ежегодно бывает никак не меньше двух солнечных затмений. Читатель может с недоумением спросить: почему же мы их так редко видим? К объяснению этого мы и переходим.

6. ТРИ ВИДА СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ

Представим себе, что наступило новолуние, которое сопровождается затмением. Это значит, что Солнце, Луна и Земля расположились по одной прямой линии, так что при наблюдении с Земли Луна закрывает Солнце. Мы уже знаем, что Луна, благодаря своей близости к

Земле, имеет почти такие же видимые размеры, как и Солнце.

Однако, вследствие изменения в небольших пределах расстояний от Земли до Солнца и от Земли до Луны, видимые размеры этих светил подвержены небольшим колебаниям. Если взять Луну на ближайшем к нам расстоянии, а Солнце в наибольшем удалении (последнее бывает летом), то Луна по своим видимым размерам окажется больше Солнца и сможет его целиком заслонить во время затмения; при этом произойдёт полное затмение. Но если взять Луну и Солнце на средних расстояниях, а тем более, если Луна находится в наибольшем удалении, а Солнце — в наименьшем (зимой), то Луна покажется нам меньше Солнца и полного затмения уж никак не произведёт. В лучшем случае, если центры Солнца и Луны для наблюдателя совпадут, от Солнца останется видимым узкий яркий краешек в виде кольца. Такое затмение называется *кольцеобразным*.

Если Луна проходит настолько сбоку от Солнца, что закрывает только часть его, причём Солнце имеет вид серпа (см. рис. 1), то происходит частное затмение.

Перед наступлением полного или кольцеобразного затмения, когда Луна только ещё надвигается на Солнце, затмение тоже бывает частным; равным образом и после окончания полного или кольцеобразного затмения.

Эти три вида затмений можно пояснить ещё иначе. Луна, как всякий непрозрачный предмет, при освещении её Солнцем, отбрасывает тень. Там, куда упадёт тень Луны, произойдёт полное солнечное затмение. Если бы Солнце было светящейся точкой, то тень от Луны была бы совершенно резкой. Однако Солнце представляется светлым кругом или, как говорят, диском, довольно значительных размеров. Как известно, лампа с большим матовым абажуром или шаром молочного стекла резких теней не даёт: если перед такой лампой поставить непрозрачный предмет, то между густой тенью, откуда лампы совсем не видно, и вполне освещённым местом существует область, из которой видна матовая лампа лишь отчасти — эта область называется полутенью. Если предмет, отбрасывающий тень, меньше лампы, то тень идёт, сужаясь на конус. Всё это имеет прямое отношение к лунной тени, как пояснено на рисунке 6, где изображены Солнце, Луна с её тенью и полутенью на Земле.

Луна отбрасывает тень, которая, суживаясь, имеет вид сходящегося конуса. Внутри этого конуса тени (на обоих рисунках густо заштрихованного)—затмение полное. Дальше вершины конуса идёт расширяющаяся часть конуса (нижний рисунок), где затмение кольцеобразное, так как отсюда Солнце покажется большим, чем Луна. Широкий конус полутени (на обоих рисунках редко заштрихованный) вытекает область, где затмение частное, тем меньшей величины, чем ближе к наружному краю конуса. Вне этих конусов

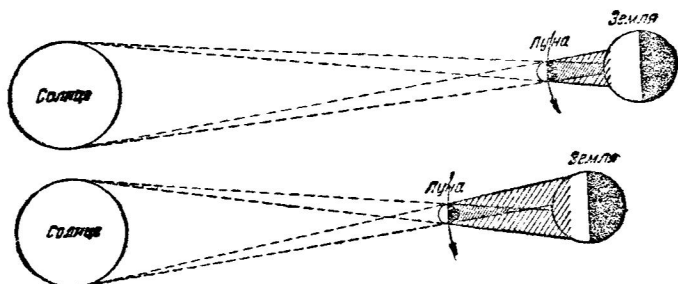


Рис. 6. Схемы солнечных затмений: вверху — для полного затмения (Земля находится дальше от Солнца, а Луна ближе к Земле); внизу — для кольцеобразного (Земля находится ближе к Солнцу, а Луна дальше от Земли).

вообще никакого затмения нет. Расстояния и размеры Солнца и Луны таковы, что Земля может войти в ту часть конуса тени, которая близка к его вершине, причём может попасть либо в область полного затмения (верхний рисунок), либо в область кольцеобразного затмения (нижний рисунок). При наиболее глубоком вхождении в тень Луны поперечник тени, падая на земную поверхность, может достигнуть самое большее 270 километров.

Луна движется по своей орбите вокруг Земли со скоростью около 1 километра в секунду, что несколько превосходит скорость полёта пули. Земной шар вращается вокруг своей оси, подставляя при этом под лунную тень разные свои стороны. При этом тень Луны быстро скользит по земной поверхности. Когда она находит на какое-нибудь место на Земле, в нём наступает полное затмение, когда тень сходит — затмение кончается. Малые размеры тени и большая скорость её движения приводят к тому, что тень не может закрыть надолго какое-то одно место на Земле, и полное затмение никогда не продолжается более восьми минут,

а обычно значительно меньше. Двигаясь по Земле, лунная тень описывает узкую, но длинную полосу, из которой последовательно наблюдается полное солнечное затмение, сначала в западной части полосы, а затем в восточной, потому что именно в этом направлении движется Луна и в эту сторону уносится её тень.

Таким же образом происходит и кольцеобразное затмение при вхождении Земли в соответствующую часть тени. Оно тоже наблюдается на узкой и длинной полосе, ширина которой может в редких случаях достигать до 450 километров.

Конус лунной полутени идёт, расширяясь, и в том месте, где он может упасть на Землю, его поперечник составляет почти 7000 километров, так что полутень может покрыть значительную часть земной поверхности. Однако лишь в глубине полутени, близ её середины, частное затмение имеет большую величину; на краях полутени лишь незначительный краешек Солнца закрыт Луною, и такое затмение может остаться незамеченным, если наперёд не знать о том, что должно произойти затмение.

Вот почему солнечные затмения наблюдаются так редко, несмотря на то, что ежегодно их бывает не меньше двух. Прежде всего не все затмения бывают полными: приблизительно одна треть всех затмений бывает полными, одна треть — кольцеобразными и одна треть — только частными. Затем каждое затмение наблюдается не на всей Земле, а только на небольшой части её поверхности, причём область полного затмения представляет собой хотя и длинную (иногда свыше 10 000 километров), но узкую (меньше 270 километров) полосу. Полосы полных затмений проходят через одно и то же место в среднем раз в 400 лет. Но если не ждать, пока полное затмение произойдёт там, где проживает наблюдатель, а заранее направляться туда, где будет видно полное затмение, то можно видеть его в среднем не реже, чем раз в полтора года.

7. ПОВТОРЕНИЕ ЗАТМЕНИЙ

Современная наука может предсказывать затмения на много лет вперёд. Приближённое предсказание дня затмения, но не точного времени и не места, где будет видно затмение, сделать очень легко. Мы знаем, что для того, чтобы произошло затмение, нужно стечение двух обстоя-

тельств: должно наступить новолуние, и Луна (а также, конечно, и Солнце) должна находиться близ узла своей орбиты. Из многовековых наблюдений над движением Луны установлено, что в среднем новолуния чередуются через синодический месяц, равный 29 суткам 12 часам 44 минутам 5 секундам, а к одному и тому же узлу Луна возвращается через драконический месяц, содержащий 27 суток 5 часов 5 минут и 36 секунд.

Если найти такой промежуток времени, который содержал бы целое число как синодических, так и драконических месяцев, то по истечении такого промежутка Луна, Солнце и узлы вновь придут в первоначальное взаимное расположение, и все те затмения, которые были в течение этого промежутка, начнут чередоваться вновь в прежней последовательности. Определение такого промежутка времени сводится к тому, что в арифметике называется нахождением наименьшего кратного. Оказывается, что 223 синодических месяца равны 6585 суткам 7 часам 43 минутам, а 242 драконических месяца составляют 6585 суток 8 часов 34 минуты, т. е. лишь на 51 минуту больше. Этот промежуток содержит 18 лет и $11\frac{1}{3}$ суток и известен под египетским названием «сарос», что значит повторение. Уже две с половиной тысячи лет назад в Греции и Египте учёные и жрецы знали о существовании сароса и пользовались им для предсказания затмений. Достаточно составить список всех затмений, бывших в течение сароса, чтобы иметь возможность предсказывать затмения для ряда будущих саросов. Оказывается, что в течение одного сароса бывает 43 солнечных затмения, из них 15 частных, 15 полных и 13 кольцеобразных.

Однако для точного предсказания затмения с указанием места и часа его видимости сароса недостаточно.

8. ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАТМЕНИЙ

С помощью сароса можно только приближённо предусмотреть предстоящее затмение, то-есть указать день и лишь очень приблизительно место, где оно будет видимо. Определить путь, по которому побежит тень Луны по земной поверхности, с помощью сароса нельзя. Для точного предсказания затмений понадобилась огромная работа астрономов и математиков в течение многих столетий. Для этого нужно было знать законы, по которым совершаются

движения Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли. Вот несколько основных шагов, сделанных наукой в этом направлении. Коперник в первой половине XVI века показал, что Земля движется вокруг Солнца, а не наоборот. Кеплер в начале XVII века установил три основных закона, по которым движутся планеты, в том числе и Земля. Ньютон в конце XVII века открыл силу всемирного притяжения, под влиянием которой происходит движение всех небесных тел, и нашёл закон действия этой силы. Математики XVIII и XIX веков развили теорию Ньютона и приложили её к тому, чтобы на основании закона всемирного притяжения планет к Солнцу и друг к другу вычислить действительные движения планет и Луны. Однако одна теория ещё бессильна: она требует наблюдений Солнца и Луны, чтобы в общие законы движения вложить определённое содержание и уточнить различные числовые данные, относящиеся к движениям планет. В этом отношении огромную службу сослужили затмения, наблюдавшиеся в глубокой древности.

Если ассирийский летописец отмечает, что «во время правления губернатора Гозана в столице (Ниневии) произошло восстание в месяц Сиван и Солнце затмилось», то, следовательно, в далёком прошлом Луна двигалась так, что во время указанного затмения её тень прошла через Ниневию. Удалось установить, что это было затмение 15 июня 763 года до нашей эры.

Древние затмения оказались важными не только для астрономии, для точного установления движения Луны и Солнца несколько тысячелетий назад, но и для истории и летоисчисления. Дело в том, что различные народы вели своё летоисчисление от разных важных в их жизни событий. Так, например, в Китае считали по династиям императоров, в древнем Риме — от основания города Рима, в древней Греции — по олимпиадам (соревнованиям в беге, борьбе и т. п.). Месяцы и дни тоже считались по-разному и иначе, чем в нашем календаре. Разобраться в этой путанице и перевести все указанные в летописях события на наше современное летоисчисление было бы невозможно, если бы не помогли записи древних затмений. Так, например, из древней истории известно, что в первый год Пелопонесской войны между Спартой и Афинами за господство в Греции произошло кольцеобразное затмение Солнца. Астрономы установили, что около того времени только одно кольцеобразное затмение было видимо в Греции, именно

затмение 3 августа 431 года до нашей эры. Отсюда можно заключить, что Пелопонесская война началась в 432 году до нашей эры.

Ввиду такой важности затмений для астрономии и истории в конце прошлого века были вычислены все солнечные и лунные затмения, начиная с 1207 года до нашей эры по 2161 год нашей эры, всего 8000 солнечных и 5200 лунных затмений. Линии видимости полных и кольцеобразных затмений нанесены на карты, по которым видно, где проходит полоса того или другого затмения.

Для затмений, упоминаемых в русских летописях, были произведены подробные вычисления и составлены карты русским учёным М. А. Вильевым. Так, например, в Ипатьевской летописи про затмение, упомянутое в «Слове о полку Игореве», мы читаем: «Святославич Игорь, внук Олегов, поеха из Новгорода месяца апреля в 23 день, во вторник, идяхуть тихо, собираючи дружину свою. Идущим же им к Донцу реки, в год вечерний, Игорь возрев на небо и виде Солнце стояще яко месяц, и рече боярам своим и дружине своей: видите ли что есть знамение се?» По картам Вильева сразу можно установить, что речь идёт о затмении 1 мая 1185 года, которое действительно наблюдалось «в год (то есть в час) вечерний». Оно было полным в Новгороде, Вологде и Ярославле. Игорь в то время был на Донце, где затмение было частным, но большой величины. Слова летописца «виде Солнце стояще яко месяц», т. е. в виде серпа, совершенно точно описывают это явление.

С помощью тех же карт можно установить, например, что в Москве за последнюю тысячу лет полные затмения были 11 августа 1124 года и 20 марта 1140 года, когда в летописях слово «Москва» ещё не упоминалось; затем 7 июня 1415 года и 25 февраля 1476 года. Ближайшее полное затмение будет видимо в Москве 16 октября 2126 года. Но между 1476 и 2126 годами многие полные затмения проходили или пройдут близко от Москвы. Так, например, затмение 19 августа 1887 года было полным в северных пригородах Москвы.

Мы ещё не объяснили, как же производится подробное предсказание затмений. После того, как с помощью сароса найдено новолуние, сопровождающееся затмением, вычисляют на каждый час для четырёх предшествующих новолунию и четырёх последующих часов, в каком направлении и на каком расстоянии от Земли будут находиться Солнце и

Луна. Это делается с помощью особых таблиц, которые составлены на основании разработанной математической теории и наблюдений Солнца и Луны, произведённых в течение более двухсот лет с использованием древних затмений. Получив эти направления и расстояния, вычисляют, как от Луны идёт тень, на какое место земного шара эта тень попадёт и как она передвигается по земной поверхности. С помощью математического расчёта, шаг за шагом следят за движением тени и полутени, нанося это движение на географическую карту. Если выбрать определённый город или место на Земле, то можно вычислить, когда до него дойдёт лунная тень и, следовательно, когда в нём наступит затмение, сколь глубоко это место погрузится в тень и сколько времени затмение будет продолжаться.

Вычисления эти очень трудоёмкие. Достаточно сказать, что для подробного предсказания затмения 9 июля 1945 года только для территории СССР, нам потребовалось исписать около 200 страниц мелкими цифрами, число которых превышает 300 тысяч. Зато нам стало известно, где, когда и как будет видимо это затмение. Почти такая же работа потребовалась для вычисления затмений 1952 и 1954 годов, которые будут видимы в СССР (рис. 7).

Точность, с которой предсказывается момент наступления и конца полного или частного затмения для данного места, поистине замечательна: ошибка в моменте не превосходит трёх или четырёх секунд, а ошибка в положении лунной тени на Земле редко превышает один километр. Большая часть этих ошибок объясняется не ошибочностью вычислений, а особыми причинами. Дело в том, что при составлении упомянутых таблиц предполагалось, что земной шар вращается вокруг своей оси совершенно равномерно. Но оказалось, что временами, по ещё не выясненным причинам, в скорости вращения Земли происходят ничтожные изменения, которые влияют на наше измерение времени, поскольку показание часов мы согласуем с вращением Земли. Вычисление же затмений производится в предположении, что вращение земного шара строго равномерно; это и вызывает упомянутую разницу в несколько секунд. Таким образом, наблюдение затмений, т. е. точное определение момента наступления полного или частного затмения, помогает подметить любопытные особенности во вращении Земли, связанные, возможно, с землетрясениями или другими катастрофическими явлениями на Земле.

9. НАБЛЮДЕНИЕ ПОЛНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИИ

Волосу полного затмения для наблюдения его заблаговременно выезжают научные экспедиции. Расскажем о тех наблюдениях, имеющих большое научное значение, которые производятся во время полных солнечных затмений. Для этого сначала нужно рассказать о некоторых явлениях, происходящих на Солнце.

При наблюдении Солнца в зрительную трубу через тёмные стёкла видно, что его яркая поверхность не однородна, а вся покрыта мелкими рябинками и тёмными крапинками, которые всё время передвигаются и меняются; их размеры составляют 500—1000 километров. Бывает, что одна из тёмных крапинок начинает увеличиваться, расти, превращаясь в большое тёмное пятно. Такое пятно, размеры которого иногда значительно превышают величину земного шара, может существовать в течение нескольких дней, недель, реже — месяцев. После этого оно разрушается, а иногда делится на несколько частей, которые затем исчезают.

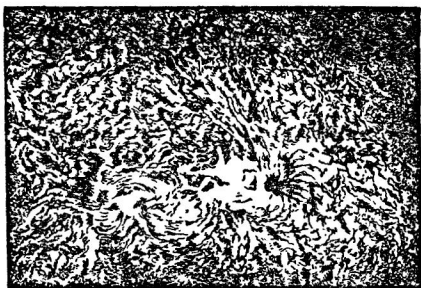


Рис. 8. Вихри раскалённого водорода вокруг солнечных пятен.

Установлено, что число солнечных пятен каждые 11 лет увеличивается, затем уменьшается, а через 11 лет вновь становится большим. Установлено, что на Солнце нет твердой поверхности, как у Земли или Луны; всё оно состоит из раскалённых газов. На солнечной поверхности они нагреты до 6000 градусов. В центре же Солнца температура по некоторым предположениям доходит до 20 миллионов градусов. Газы в наружных слоях Солнца разрежены и состоят главным образом из водорода — самого лёгкого из всех веществ, газа гелия, о котором мы подробнее скажем дальше, раскалённых паров металла кальция и др. Порою в этих газах возникают вихри (рис. 8) наподобие земных смерчей. В эти вихри втягивается вещество из более высоких, а следовательно, и более холодных слоёв солнечной атмосферы,

вследствие чего происходит местное охлаждение, где температура падает с 6000 до 4500 градусов. Такое место по сравнению с окружающим раскалённым газом кажется нам тёмным — это и есть солнечное пятно.

Газы солнечной атмосферы не вполне перемешаны между собою, как перемешаны, например, азот и кислород в земном воздухе; в солнечной атмосфере газы плавают отдельными облаками. Размеры этих облаков огромны по сравнению не только с земными облаками, но часто даже по сравнению со всей Землёй. В некоторых местах на Солнце



Рис. 9. Солнечные выступы.

скопляются облака, занимающие большие пространства и поднимающиеся на большую высоту. Бывают облака, которые мощными взрывами выбрасываются из более глубоких слоёв Солнца на высоту в десятки и даже сотни тысяч километров (рис. 9). Если взрыв происходит близ солнечного края, то он может наблюдаться в виде огненного фонтана, иногда очень причудливой формы, выступающего на солнечном краю, почему и называется выступом или протуберанцем.

Мы сейчас сказали: «может наблюдаться». Однако, если на Солнце смотреть в самую сильную и хорошую зрительную трубу (конечно через тёмные стёкла, чтобы не повредить глаза) или сфотографировать Солнце с помощью самого совершенного фотографического аппарата, то кроме тёмных пятен и мелких крапинок на нём ничего не будет видно. Ни облаков из разных газов, ни выступов и извержений мы не заметили бы. Их изучение впервые стало возможным благодаря наблюдениям солнечных затмений.

Раскалённые газовые облака и выступы на Солнце имеют более низкую температуру, чем лежащие под ними более глубокие, а потому и более горячие слои. И на Солнце имеет место, хотя и по другой причине, то же яв-

ление, что и на Земле: чем выше, тем холоднее. Между тем известно, что сила свечения раскалённого тела зависит от степени его накала, то-есть от температуры. Так, при низкой температуре в 600—700 градусов кусок железа кажется нам тёмнокрасным, при 800 градусах он становится жёлтым, при 1000 градусах наступает белое каление. Согласно хорошо установленному и проверенному физическому закону можно по излучаемому свету определить температуру и, наоборот, по температуре определить яркость и цвет нагретого вещества.

Раскалённая поверхность Солнца, называемая фотосферой, имеет температуру около 6000 градусов и потому ослепительно ярка. Газовые облака и выступы, находясь выше, нагреты до 4500—5000 градусов; они светятся гораздо слабее и на фоне блестящей фотосферы или дневного неба у солнечного края совершенно незаметны.

Мы знаем, что днём ясное небо бывает светлоголубым и на нём звёзд не видно, а ночью оно чёрное и усеяно бесчисленными звёздами. Это происходит потому, что земной шар окружён воздухом. Днём этот воздух освещается Солнцем; он рассеивает солнечные лучи, распыляет их по всем направлениям и поэтому кажется нам таким светлым. В белом солнечном свете содержатся все цвета радуги. Воздух сильнее рассеивает фиолетовые и синие лучи, а красные и жёлтые рассеивает слабее, в большей степени пропуская их сквозь свою толщу. Поэтому освещённый воздух и имеет голубой цвет, а Солнце кажется нам жёлтым или даже красным, когда вечером близ горизонта мы смотрим на него сквозь большую толщу земного воздуха.

Днём звёзды на небе остаются, но они не видны, так как их слабый свет застилается ярким освещённым воздухом. Впрочем, в сильные зрительные трубы, которые усиливают свет звёзд, можно звёзды видеть и днём. Ночью воздух становится тёмным и через него мы почти беспрепятственно видим слабые звёзды. Если бы солнечные выступы могли наблюдаться ночью, то на фоне тёмного неба мы смогли бы их легко видеть. Но днём, рядом с Солнцем, их слабый свет застилается светом яркого неба, то-есть освещённого Солнцем земного воздуха.

Можно подумать, что если закрыть яркое Солнце непрозрачным кружочком, чтобы оно не слепило глаз, то можно будет увидеть и выступы. Но это не так, потому что хотя мы и предохраним наш глаз от прямого действия солнечных

лучей, но не предохраним от них воздуха, который, продолжая оставаться освещённым, не позволит видеть слабых выступов на солнечном краю. Чтобы их увидеть, нужно поместить заслонку, закрывающую Солнце, не у самого глаза, а за пределами земной атмосферы, чтобы загорodить от солнечного света не только наш глаз, но и воздух. Тогда небо потемнеет почти как ночью или поздним вечером, и только тогда можно будет действительно увидеть ближайшие окрестности Солнца. Такой заслонкой и служит Луна во время полных солнечных затмений. Она как раз способна закрыть Солнце, но не закрывает его окрестностей, оставляет открытым всё то, что его окружает. К сожалению, эта заслонка быстро движется и не даёт нам долго наблюдать то, что творится вокруг Солнца. Мы знаем, что из-за движения Луны полные затмения не могут продолжаться больше 8 минут, а чаще длятся только 2—3 минуты или ещё меньше. Поэтому приходится задолго и тщательно готовиться к наблюдениям полных солнечных затмений, чтобы эти немногие минуты использовать возможно полнее и разностороннее.

10. ЧТО ВИДНО ВОКРУГ СОЛНЦА ПРИ ПОЛНОМ ЗАТМЕНИИ

При внимательном наблюдении полного солнечного затмения, особенно с помощью бинокля или зрительной трубы, видны замечательные явления, которые хорошо описаны одним астрономом, наблюдавшим затмение 8 июля 1842 года из окна дома.

«В момент наступления полного затмения я был поражён, — писал астроном, — громким выражением восторга, донёсшегося с улицы, и в то же мгновение я увидел одно из самых замечательных и великолепных явлений, которое только можно вообразить. Потому что в этот момент тёмное тело Луны было внезапно окружено короной, вроде яркого сияния... Я действительно ожидал появления светлого круга около Луны во время полного затмения, но не предполагал стать свидетелем такого великолепного зрелища. Ширина короны от лунного края казалась мне почти равной половине поперечника Луны. Она имела вид блестящих лучей, цвет её был совершенно белым... Это замечательное явление было великолепно и поразительно и не могло не вызвать восхищения у каждого зрителя... Но самое

замечательное обстоятельство заключалось в появлении трёх больших выступов, которые, казалось, исходили от окружности Луны, но, повидимому, составляли часть короны. Эти выступы были розоватого оттенка и резко отличались от чисто белого света самой короны. Все три выступа были видимы до последнего момента полного затмения, по крайней мере я не терял их из вида, смотря в их направлении. Но когда появился первый луч света от Солнца, они сразу исчезли вместе с короной, и дневной свет мгновенно возобновился».

Солнечная корона и выступы представляли с тех пор главный предмет наблюдений и исследования учёных. Во второй половине прошлого века был изобретён замечательный способ наблюдения, основанный на разложении света на его составные части. Белый свет, пропущенный сквозь гранёную стеклянную призму, разлагается на семь цветов радуги. Получаемую радужную полосу, называемую *спектром*, можно видеть, отбросив её на белую поверхность, или наблюдать через выпуклое стекло. Оказывается, что распределение радужных цветов в спектре, их яркость и положение в нём отдельных тёмных или светлых полосок зависят от различных условий: от того, каким телом или веществом излучается свет, какова температура источника света, какие вещества находятся в раскалённом состоянии в источнике света и через какие вещества луч света проходит на своём пути *).

При наблюдении полного солнечного затмения 18 августа 1868 года было установлено, что выступы излучают не белый свет, содержащий все цвета радуги, а лишь лучи вполне определённых оттенков, таких, какие испускают нагретый газ водород и раскалённые пары кальция. Этим была установлена химическая природа выступов. Помимо лучей водорода и кальция были обнаружены ещё яркие жёлтые лучи, которые не излучались ни одним из известных на Земле веществ. Отсюда сделали вывод, что на Солнце существует какое-то новое для нас вещество, которое называли гелием («гелий» значит «солнечный»). Много лет спустя, в 1894 году гелий был обнаружен на Земле. Он оказался негорючим и очень лёгким газом, по своей лёгкости уступающим только водороду.

*) Подробнее об этом см. брошюру «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: С. Г. Суворов, «О чём говорит луч света».

Лучи, испускаемые солнечными выступами, оказались настолько яркими, что была надежда увидеть их и без затмения. Но для этого нужно было искать их не просто глазом, хотя бы и вооружённым сильной зрительной трубой, а смотреть в дополнение к трубе через стеклянную призму. Смысл этого заключается в следующем. Солнечный выступ излучает лишь некоторые лучи, свойственные его газам. Так, например, находящийся в них водород посылает нам яркие красные лучи. Светлый фон неба посылает лучи всевозможных цветов и, поскольку их очень много, на его

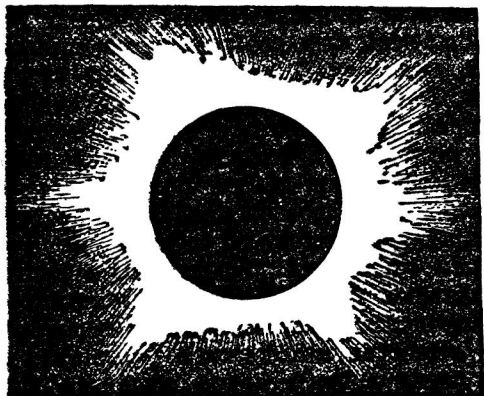


Рис. 10. Вид солнечной короны.

фоне теряются красные лучи выступа. Стеклянная призма позволяет выделить из всевозможных цветов только один, по нашему выбору. Если мы выберем красные лучи, испускаемые водородом, то свет выступа этого оттенка попадёт в наш глаз без ослабления. Свет же неба будет ослаблен во столько раз, во сколько всех испускаемых им, но не допущен-

ных до глаза лучей больше, чем выделенных призмой красных лучей.

Таким способом стало возможным видеть и даже фотографировать не только выступы на краю Солнца, но и наблюдать распределение раскалённых облаков различных веществ на самом Солнце. Постепенно научились выбирать облака, плавающие в солнечной атмосфере на различной высоте, и определять не только состав веществ, но даже узнавать, какое количество этих веществ образует то или иное облако.

Выше тех слоёв солнечной атмосферы, где наблюдаются описанные явления, находится *солнечная корона*. Это — внешняя наиболее разрежённая часть солнечной атмосферы, которая окружает Солнце белым лучистым сиянием (рис. 10). Внутренняя часть короны, более яркая и сплош-

ная, переходит в струйчатые лучи, иногда имеющие вид лепестков и достигающие длины свыше миллиона километров. Астроном Пулковской обсерватории А. П. Ганский обнаружил, что общий вид солнечной короны меняется в зависимости от числа пятен на Солнце. Корона состоит из газов, в том числе из газообразного, вследствие высокой температуры, железа, а также из пыли и мельчайших электрических частиц.

11. ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ЗЕМЛЮ

Метеорологи — это учёные, которые изучают погоду, чтобы уметь её предсказывать. Для этой цели они наблюдают те явления, происходящие в земной атмосфере, которые определяют собою погоду: это — температура, ветер, облачность, осадки. Астрономы во время затмений изучают явления, происходящие в солнечной атмосфере. Можно сказать, что они изучают погоду на Солнце, которая, однако, более сложна, поскольку там состав атмосферы более разнообразен и толщина её значительно больше земной. Но зачем заниматься изучением погоды на Солнце? Оказывается, солнечная погода, то-есть явления, происходящие в солнечной атмосфере, имеют огромное влияние не только на земную погоду, но и на многие другие явления, совершающиеся на Земле.

Было обнаружено, что временами на Солнце происходят сильные взрывы и вспышки, когда из горячих недр выбрасываются большие массы особо раскалённых газов. В это время и на Земле наблюдаются сильные изменения её магнитных и электрических свойств. Стрелка компаса начинает колебаться; ухудшается, а иногда и совсем прекращается работа телеграфа и междугородного телефона; радиопередачи испытывают большие помехи. Отзываются эти вспышки и на движения воздуха в земной атмосфере; погода претерпевает резкие изменения. С солнечными явлениями связаны также полярные сияния, которые наблюдаются на крайнем севере и на крайнем юге и происходят вследствие электрических разрядов в высоких слоях земной атмосферы.

Солнце посылает на Землю не только свет и тепло. Оно испускает также потоки мельчайших частиц, которые проникают в земную атмосферу и вызывают в ней ряд электрических явлений. Лучи солнечной короны и представляют

начало этих потоков или истечений. Найдено, что требуется около суток для того, чтобы выброшенные Солнцем частицы долетели до Земли. Отсюда можно было подсчитать и их скорость: оказалось, что они летят со скоростью около 1600 километров в секунду. Скорость огромная, но всё же много меньшая, чем наибольшая известная в природе скорость света, равная 300 тысячам километров в секунду, при которой луч света долетает от Солнца до Земли в 8 минут 20 секунд.

Выброшенные Солнцем частицы, называемые *корпускулами*, также перехватываются во время затмения Луной, в их потоке образуется как бы тень, которая, однако, из-за различия в скоростях падает на Земле в другие области, чем тень от световых лучей. Поэтому такое «корпускулярное» затмение происходит в другом месте и в другое время, чем затмение обычное, световое. Чем медленнее летит поток корпускул, тем сильнее отличается по месту и времени корпускулярное затмение от светового.

Наблюдая корпускулярное затмение, можно установить скорость и природу этих частиц. Однако наблюдать его приходится совсем другими способами, чем обычное затмение, которое воспринимается просто глазом. Корпускулярного затмения глаз не видит. Его можно обнаружить только косвенным путём следующим образом. Радиопередатчиком посылается вверх луч радиоволн. Этот луч обычно встречает на высоте около 220 километров над Землёй слой, наэлектризованный влетевшими корпускулами, от которого радиоволны отражаются обратно, как от зеркала, что можно обнаружить расположенным поблизости радиоприёмником. Если набежала корпускулярная тень, то в этом месте наэлектризованность исчезает, и радиоволны перестают отражаться; они уходят от Земли в пространство и не воспринимаются больше радиоприёмником. Исследования такого рода производились во время последних затмений; они важны для улучшения техники радиопередач.

12. ОТКЛОНЕНИЕ ЛУЧЕЙ СВЕТА

Мы привыкли считать, что свет распространяется прямолинейно. Поэтому, чтобы проверить правильность линейки, мы смотрим одним глазом вдоль её ребра и легко обнаруживаем, имеет ли она искривление. На том же свойстве света основаны все прицельные приспособления, начи-

ная от простого прицела у винтовки и кончая сложными панорамными прицелами в артиллерии и на подводных лодках.

Однако в 1913 году известный учёный Эйнштейн вычислил, что, пролетая мимо тяжёлого тела, световые лучи должны изгибать свой путь, как бы притягиваясь этим телом.

Теория дала для этого изгиба совершенно ничтожную величину, обнаружить которую из опыта нет никакой возможности для таких тел, с которыми мы имеем дело на Земле. Лишь в том случае, когда свет пролетает мимо такого тяжёлого тела, как Солнце, изгибание становится более заметным. Но как его обнаружить? Случай для этого представляется только во время полных солнечных затмений. В это время вокруг затмившегося Солнца на потемневшем небе бывают видны звёзды, которые в действительности находятся от нас в миллионы раз дальше, чем Солнце, но свет которых, прежде чем достигнуть Земли, проходит близко мимо Солнца. Если их световые лучи изгибаются под действием Солнца, то звёзды должны показаться нам слегка сдвинутыми со своих обычных мест. Подсчёты показали, что наибольшее смещение должно наблюдаться у такой звезды, световой луч от которой идёт, касаясь солнечного шара: смещение такой звезды должно равняться $1\frac{3}{4}$ секунды дуги, что соответствует толщине двадцатикопеечной монеты, видимой с расстояния в 150 метров. Однако такая звезда должна была бы находиться у самого солнечного края и наблюдаться не могла бы. В лучшем случае можно наблюдать сквозь свет короны такую звезду, которая находится от солнечного края на расстоянии видимого полупоперечника Луны; смещение такой звезды будет ещё вдвое меньше.

Проверить эту теорию удалось впервые во время полного солнечного затмения 29 мая 1919 года. Смещение было обнаружено у семи звёзд, ближайших к Солнцу, и оказалось почти точно таким, каким оно было предсказано по теории Эйнштейна. С тех пор «смещение Эйнштейна» наблюдалось во время затмений в Австралии в 1922 году, на острове Суматра в 1929 году и советской экспедицией на Дальнем Востоке в 1936 году. Будка с инструментом, использованным для наблюдения отклонений лучей света вблизи Солнца советской экспедицией в 1936 году изображена на рисунке 11. Последние наблюдения дали смещение заметно

большее, чем следует по теории Эйнштейна. Чем это вызвано, пока ещё неизвестно. Тем интереснее проверить его

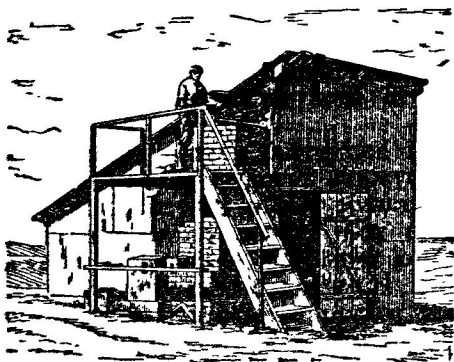


Рис. 11. Будка с инструментом для наблюдения отклонения лучей света во время полного солнечного затмения.

и точнее вывести его величину во время предстоящих затмений.

13. КАК УЧЕНЫЕ НАБЛЮДАЮТ СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Большинство наблюдений производится теперь с помощью фотографии. Это понятно: фотография позволяет запечатлеть в течение немногих секунд много подробностей. Эти подробности можно рассмотреть глазом и запомнить только в гораздо более длительный срок, которого в распоряжении наблюдателя не имеется. Ведь всё полное затмение длится лишь несколько минут. Снятые во время затмения фотографии затем тщательно изучаются и подвергаются всестороннему исследованию.

Фотографические аппараты, которыми затмение снимается, имеют большую длину (рис. 12). Это объясняется желанием получить снимки достаточно крупных размеров. Так, если фотоаппарат имеет длину в 5 метров, то Солнце на снимке получается поперечником только в $4\frac{1}{2}$ сантиметра. Дело усложняется тем, что аппарат должен во время фотографирования точно двигаться вслед за Солнцем; для этого служат специальные часовые механизмы и моторы.

Такие большие приборы требуют прочных установок на специальных каменных фундаментах с защитой от непо-

годы. Они устанавливаются заранее, иногда за несколько недель до затмения. Перед затмением много раз повторяют исполнение всех действий, которые должны выполнять наблюдатели. Во время самого затмения думать о том, как нужно действовать, уже поздно. Каждый наблюдатель должен без рассуждения точно выполнять заученные действия — открывать и закрывать затворы у фотоаппаратов, менять пластинки, поворачивать части инструментов и т. п.

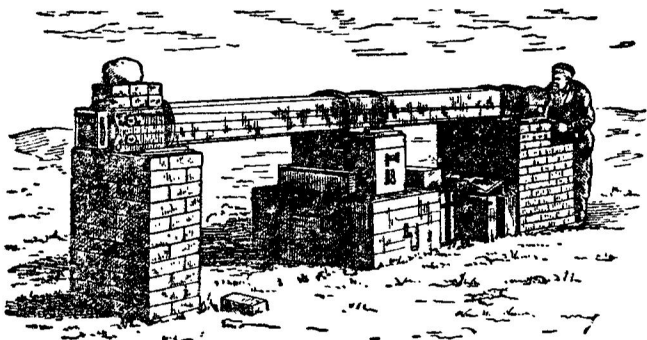


Рис. 12. Длиннофокусный фотографический аппарат для фотографирования солнечной короны.

Всё должно идти гладко в заранее намеченные секунды, для чего один из участников громко ведёт счёт секунд.

Большинство наблюдений можно производить только при ясном небе. Случайное облачко, набежавшее на затмившееся Солнце, может испортить всё дело.

Учёные, наблюдающие затмение, так заняты, их внимание настолько приковано к инструментам, что часто у них не бывает времени или возможности полюбоваться величественным зрелищем. Автор этой книжки наблюдал три полных затмения. Во время первого затмения — 29 июня 1927 года ему пришлось сидеть за фотографическим аппаратом, повернувшись спиной к Солнцу. Он мог видеть солнечную корону только в отражении от находившегося перед ним зеркала, да и то лишь в течение 10 секунд, так как нельзя было отвернуться от инструмента. Во время затмения 19 июня 1936 года и 21 сентября 1941 года он находился внутри тёмного домика, представлявшего собою огромный фотографический аппарат, и, конечно, затмения не видел.

Наблюдатель неспециалист-астроном находится в более счастливом положении, так как ему ничто не мешает пол-

постью любоваться необыкновенной картиной солнечного затмения. Однако необходимо сделать серьёзное предупреждение. Во время частного затмения, когда часть яркого Солнца ещё видна, смотреть на него простым глазом или в бинокль нельзя. Чтобы не испортить глаза, нужно предохранить их от ярких солнечных лучей тёмными стёклами, которые можно приготовить, закоптив обычное стекло или проявив на полном свету фотографическую пластинку.

Сказанное относится только к наблюдению частного затмения. Когда исчез узкий серп Солнца, погас его последний луч и наступило полное затмение, нужно смотреть без всяких тёмных стекол, лучше в бинокль; слабый свет короны совершенно безопасен для глаза.

14. ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Нам остаётся рассказать о лунных затмениях. Эти явления представляют значительно меньший интерес, чем затмения Солнца, и мы будем поэтому более кратки.

Бывает, что Луна во время полнолуния меркнет. Пол-

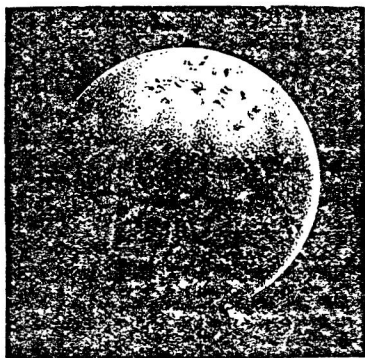


Рис. 13. Вид частного лунного затмения.

ный светлый круг Луны начинает темнеть у своего левого края. Потемнение постепенно распространяется дальше и примерно через час после начала охватывает всю Луну. Затмившаяся часть Луны не исчезает совершенно, как часть Солнца во время солнечного затмения, а продолжает оставаться слабо видимой. Она принимает тусклый бурый или медно-красный оттенок, обычно с чёрно-синей каёмкой.

Видна Луна и во время полного затмения, но она становится очень тёмной и буроватой. Через некоторое время у левого края затмившейся Луны появляется посветление. Отсюда Луна начинает медленно приобретать свою полную яркость.

Всё явление говорит о том, что на Луну падает какая-то тень, передвигающаяся слева направо. Край этой тени слегка округлый и, если внимательно проследовать за тенью

при различных её положениях, то можно заметить, что тень имеет вид круга значительно больших размеров, чем Луна.

Видимость лунных затмений только во время полнолуний и круглая форма тени ясно указывают на причину этих явлений. При полнолунии между Луной и Солнцем находится Земля, которая, конечно, тоже отбрасывает от себя тень и притом в сторону Луны. Эта тень может упасть на Луну или, лучше сказать, Луна при своём движении вокруг Земли может пройти через тень Земли. Солнечные

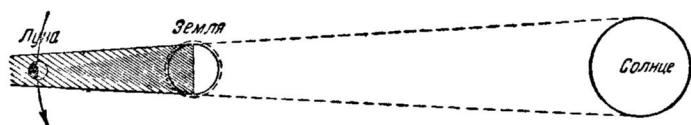


Рис. 14. Схема лунного затмения.

лучи при этом перехватываются Землёй и на Луну не попадают. Луна же собственного света не имеет и видна лишь потому, что освещается Солнцем. Поэтому, когда на Луну падает тень Земли, Луна меркнет, и происходит лунное затмение.

Земля, как мы знаем, больше Луны почти в четыре раза, считая по поперечнику. Тень Земли хотя и имеет форму конуса, суживаясь, как и тень Луны, вызывающая солнечные затмения, однако на том расстоянии от Земли, на котором находится Луна, земная тень всё же в $2\frac{2}{3}$ раза больше Луны (рис. 14). Поэтому Луна может целиком войти в тень Земли; при этом и происходит полное лунное затмение. Продолжительность его может достигать 1 часа 40 минут. Центр земной тени движется вместе с Землёй по эклиптике, совершая один оборот в год. Пока земная тень ни на что не падает — она не видна. До планет она не достаёт, так как её длина составляет приблизительно 1 400 000 километров. Ближайшая же к Земле внешняя планета — Марс при наименьшем расстоянии от Земли отстоит на 55 миллионов километров и, понятно, затмиться не может.

Поскольку тень Земли идёт по эклиптике, лунные затмения могут происходить только в те полнолуния, когда Луна бывает близко к эклиптике, то-есть около одного из узлов её орбиты. Как для солнечного затмения необходимо новолуние близ узла, так и для лунного затмения необходимо полнолуние тоже близ узла. Область, в пределах которой обязательно происходит частное затмение Луны, простирается в обе стороны от узла на 10 градусов, то-есть всего

охватывает 20 градусов. Область полного затмения в два раза меньше: она составляет 10 градусов, по 5 градусов в каждую сторону от узла. Эти пределы более узкие, чем для солнечных затмений, и поэтому затмения Луны происходят реже, чем затмения Солнца.

Между двумя новолуниями, а следовательно, и между двумя полнолуниями проходит $29\frac{1}{2}$ суток. В течение этого времени Солнце продвигается по эклиптике приблизительно на 29 градусов. На столько же передвигается и земная тень. Так как это больше, чем область даже частных лунных затмений, то может случиться, что два ближайших к узлу новолуния пройдут без затмений: одно раньше узла, а другое позже. Возможно, что и через полгода, когда земная тень подойдёт к другому узлу, повторится то же самое. Таким образом, могут быть годы, когда не бывает ни одного лунного затмения. Таков был, например, 1944 год.

Больше одного лунного затмения вблизи данного узла быть не может, и поэтому наибольшее число лунных затмений в году будет три: одно — в самом начале года у одного узла, второе — в середине года у другого узла и третье — в конце года опять у первого узла. Такой случай был в 1917 году, когда произошли три полных лунных затмения 8 января, 4 июля и 28 декабря. Вновь такой случай повторится в 1982 году, когда будут тоже три полных затмения.

В повторении лунных затмений играет роль тот же промежуток времени, что и у солнечных, именно сарос. В течение одного сароса бывает 28 лунных затмений, из них 15 частных и 13 полных, хотя эти числа могут слегка изменяться. В упомянутом на стр. 20 предвычислении затмений содержится для промежутка в 3369 лет 8000 солнечных и лишь 5200 лунных затмений. Если наименьшее число солнечных затмений в году — два, то бывают годы без единого лунного затмения. Наибольшее число солнечных затмений в году равно пяти, а лунных только трём.

Но почему же мы видим лунные затмения довольно часто? Ответ на этот вопрос очень прост. Находясь в каком-нибудь определённом месте, мы можем видеть половину всех лунных затмений, которые вообще происходят, так как лунное затмение бывает видимо на полушарии Земли, повернутом в это время к Луне. Солнечные же затмения бывают видны в сравнительно ограниченной области, а полные солнечные затмения — лишь на узкой полосе, и очень редко эта полоса проходит как раз через то место, где мы находимся.

Между солнечными и лунными затмениями существует важная разница: во время затмения Солнце не меркнет, оно лишь закрывается для нас Луною. На самом же деле Солнце продолжает излучать свет и тепло, только его лучи до нас не доходят. Луна же во время затмения действительно становится тёмной, когда на неё падает тень Земли. Поэтому лунное затмение всюду наступает одновременно.

Лунные затмения вычисляются заранее с не меньшей точностью, чем затмения Солнца, но вследствие размытых очертаний земной тени трудно замечать моменты их начала и конца точнес, чем до одной или двух минут.

Заслуживает внимания вопрос, почему Луна не вполне исчезает при полном лунном затмении и чем объясняется её красный цвет. Происходит это благодаря действию воздушной оболочки Земли. Некоторая часть солнечных лучей проходит сквозь земную атмосферу, преломляется в ней и, загибаясь, входит внутрь конуса земной тени, попадая на Луну. Мы знаем, что земной воздух преимущественно пропускает красные лучи, которые и достигают Луны во время полного затмения, придавая ей упомянутый бурый или медно-красный оттенок. Количество лучей, которые таким путём освещают Луну, зависит от погоды в тех частях Земли, где эти лучи пронизывают земную атмосферу, то-есть вдоль окружности Земли, если смотреть на Землю с Луны. В случае ясной погоды лучи смогут пройти через всю толщу воздуха, и Луна будет более яркой и красной. Высокая облачность в этих местах Земли задержит лучи, идущие через глубокие части атмосферы; лучи пройдут лишь через верхние слои воздуха и преломятся они слабее. Тогда Луна будет тёмной и не такой красной. Бывали случаи, когда Луна при полном затмении становилась почти совсем невидимой.

Изучение цвета Луны во время затмения и распределение по ней различных оттенков позволяют определять степень прозрачности и рассеяние света на разных высотах земной атмосферы.



№ по порядку	Середина полного затмения по московскому времени			Наибольшая продолжительность полного затмения мин.	Где полное затмение будет видимо
	год	месяц и число	час		
30	1991	июль 11	22	7	Тихий океан, Центральная Америка
31	1992	июнь 30	15	5	Атлантический океан
32	1994	ноябрь 3	17	4	Тихий океан, Южная Америка
33	1995	октябрь 24	8	2	Тихий океан
34	1997	март 9	4	3	Восточная Сибирь
35	1998	февраль 26	20	4	Тихий океан, Центральная Америка
36	1999	август 11	14	3	Западная Европа, Иран, Индия

2. Полные лунные затмения с 1950 по 2000 год

№ по порядку	Год	Месяц и число	Начало полного затмения по московскому времени	Конец полного затмения по московскому времени	Видимость в Европейской части СССР
1	1950	апрель 2/3	23 час. 25 мин.	0 час. 3 мин.	да
2	1950	сентябрь 26	6 » 53 »	7 » 37 »	нет
3	1953	январь 30	2 » 9 »	3 » 31 »	да
4	1953	июль 26	14 » 27 »	16 » 1 »	да
5	1954	январь 19	5 » 15 »	5 » 53 »	да
6	1956	ноябрь 18	9 » 8 »	10 » 26 »	нет
7	1957	май 14	0 » 52 »	2 » 12 »	да
8	1957	ноябрь 7	17 » 12 »	17 » 44 »	да
9	1960	март 13	10 » 42 »	12 » 18 »	нет
10	1960	сентябрь 5	13 » 33 »	15 » 8 »	нет
11	1961	август 26	6 » 1 »	6 » 15 »	нет
12	1963	декабрь 30	13 » 25 »	14 » 49 »	нет

№ по порядку	Год	Месяц и число	Начало полного затмения по московскому времени	Конец полного затмения по московскому времени	Видимость в Европейской части СССР
13	1964	июнь 25	3 час. 18 мин.	4 час. 56 мин.	нет
14	1964	декабрь 19	5 » 3 »	6 » 7 »	да
15	1967	апрель 24	14 » 26 »	15 » 48 »	нет
16	1967	октябрь 18	12 » 48 »	13 » 44 »	нет
17	1968	апрель 13	7 » 21 »	8 » 17 »	нет
18	1968	октябрь 6	14 » 10 »	15 » 12 »	нет
19	1971	февраль 10	10 » 3 »	11 » 21 »	нет
20	1971	август 6	21 » 53 »	23 » 35 »	да
21	1972	январь 30	13 » 32 »	14 » 14 »	нет
22	1974	ноябрь 29	17 » 38 »	19 » 54 »	да
23	1975	май 25	8 » 1 »	9 » 31 »	нет
24	1975	ноябрь 19	1 » 1 »	1 » 47 »	да
25	1978	март 24	18 » 40 »	20 » 10 »	да
26	1978	сентябрь 16	21 » 22 »	22 » 44 »	да
27	1979	сентябрь 6	13 » 28 »	14 » 20 »	нет
28	1982	январь 9	22 » 14 »	23 » 38 »	да
29	1982	июль 6	9 » 39 »	11 » 21 »	нет
30	1982	декабрь 30	13 » 53 »	14 » 59 »	нет
31	1985	май 4	22 » 22 »	23 » 32 »	да
32	1985	октябрь 28	20 » 22 »	21 » 4 »	да
33	1986	апрель 24	15 » 10 »	16 » 18 »	нет
34	1986	октябрь 17	21 » 42 »	22 » 56 »	да
35	1989	февраль 20	17 » 59 »	19 » 15 »	да
36	1989	август 17	5 » 15 »	6 » 53 »	нет
37	1990	февраль 9	21 » 49 »	22 » 35 »	да
38	1992	декабрь 10	2 » 6 »	3 » 20 »	да
39	1993	июнь 4	15 » 11 »	16 » 49 »	нет
40	1993	ноябрь 29	9 » 1 »	9 » 51 »	нет
41	1996	апрель 4	2 » 27 »	3 » 51 »	да
42	1996	сентябрь 27	5 » 17 »	6 » 29 »	да
43	1997	сентябрь 16	21 » 14 »	2 » 20 »	да

Цена 70 коп.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

- Вып. 1. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. Было ли начало мира.
- Вып. 2. Проф. М. Ф. СУББОТИН. Происхождение и возраст Земли.
- Вып. 3. Проф. К. Л. БАЕВ. Земля и планеты.
- Вып. 4. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. На чём Земля держится.
- Вып. 5. Проф. А. А. МИХАЙЛОВ. Солнечные и лунные затмения.
- Вып. 6. Акад. В. А. ОБРУЧЕВ. Происхождение гор и материков.
- Вып. 7. Проф. В. И. ГРОМОВ. Из прошлого Земли.
- Вып. 8. Е. П. ЗАВАРИЦКАЯ. Вулканы.
- Вып. 9. Проф. Г. П. ГОРШКОВ. Землетрясения.
- Вып. 10. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Подводный мир.
- Вып. 11. Б. Н. СУСЛОВ. Между пылинками и молекулами.
- Вып. 12. А. С. ДАНЦИГЕР. Электрическая лампочка.
- Вып. 13. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Моря и океаны.
- Вып. 14. А. С. ФЁДОРОВ. Огненный воздух.
- Вып. 15. Б. Н. СУСЛОВ. Звук и слух.
- Вып. 17. А. Л. КОЛЕСНИКОВ. Из чего состоит Вселенная.
- Вып. 18. А. П. КРЮЧКОВ. Искусственный каучук.
- Вып. 19. Проф. А. И. КИТАЙГОРОДСКИЙ. Кристаллы.
- Вып. 20. Проф. Б. Б. КУДРЯВЦЕВ. Движение молекул.
- Вып. 21. Г. Н. БЕРМАН. Счёт и число.
- Вып. 22. О. А. РЕУТОВ. Органический синтез.
- Вып. 23. К. А. ГЛАДКОВ. Дальновидение.
- Вып. 24. Н. Г. НОВИКОВА. Необыкновенные небесные явления.
- Вып. 25. Н. В. КОЛОБКОВ. Грозы и бури.
- Вып. 26. А. И. ПОГУМИРСКИЙ и Б. П. КАВЕРИН. Производственный чертёж.
- Вып. 27. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. День и ночь. Времена года.
- Вып. 28. Е. В. БОЛДАКОВ. Жизнь рек.
- Вып. 29. А. В. КАРМИШИН. Ветер и его использование.
- Вып. 30. Г. А. ЗИОМАН. Мир атома.