22.6
П16

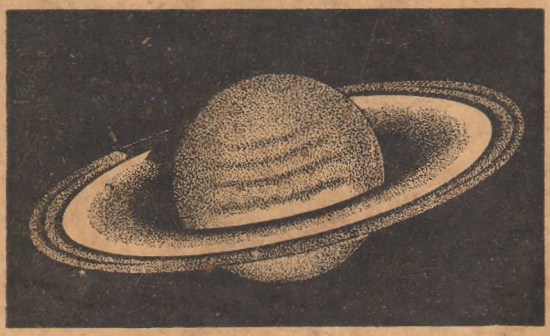
П-16

О. Н. ПАНІВ

СВІТОЗНАВСТВО

5699

24414/95



КНИГОЗБІРНЯ
№ 5699

ДЕРЖАВНЕ ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНИ

О. Н. ПАНІВ

СВІТОЗНАВСТВО

ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ КОМІТЕТ НАРКОМОСВІТИ УСРР ПО СЕКЦІЇ СОЦІЯЛЬНОГО ВИХОВАННЯ, ПОЛІТОСВІТИ ДОЗВОЛИВ ДО ВЖИТКУ ПО КНИГОЗБІРНЯХ УСТАНОВ СОЦВИХУ Й ПОЛІТОСУ

ДЕРЖАВНЕ ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНИ
1929

Бібліографічний опис цього видання вміщено в „Літопису Українського Друку“, „Картковому репертуарі“ та інших покажчиках Української Книжкової Палати

Укрголовліт № 1720.

Друга Держдрукарня ім. *Леніна*,
Одеса, Пушкінська вул., № 18.
Телефон № 5-49.
Зам. № 3564. — Тир. 7000 прим.
$8^{1}/_{2}$ арк.

Про що розповідатиме ця книжка?

Ця книжка розповідатиме про світ, тобто про ввесь всесвіт— нашу землю, наш місяць, наше сонце, планети, комети й незчисленну силу зір, що сяють на небі. В ній розповідатиметься про форму землі та небесних світил, про їхній рух у небесних просторах і про закони цього руху. Наприкінці коротко скажемо про походження землі та всесвіту і про перші часи життя землі в далекому минулому.

Наука про світ дуже стара походженням своїм

Дуже, дуже давно зводила очі свої людина на небо й стежила за сонцем, місяцем і рухом зір. І дуже швидко помітила людина, що є якийсь зв'язок між положенням деяких світил і тим, що на землі діється. Наприклад, інколи сонце вдень високо йде над землею, а інколи низько, і залежно від цього буває раз тепло, а раз холодно, і дні різні бувають—то короткі, то довгі. Один з найкультурніших народів старовинного сходу— єгиптяни, що жили в Африці вдовж великої річки Нілу, давно вже помітили, що сонце переміщується на небі від однієї групи зір до іншої і тому небо має неоднаковий вигляд за тієї самої години в різні доби року. Наприклад, найяскравіша зоря нашої північної небесної півкулі Сіріюс в сузір'ї Пса (єгиптяни звали цю зорю Сотіс) сходить в різні години ночі, і скоро вона засяє в проміннях ранкового сонця, починається повідь на Нілі. Жерці стежили за небом і провіщали народові своєму початок поводі.

Помітила також людина, що сонце й місяць переміщуються на небі від однієї групи зір до іншої і правильно через певні переміжки часу повертаються на ті місця, де були раніш. Наприклад, людина помітила, що від однієї повені до другої завжди

минає майже однаковий час, і тоді почали обчислювати час за місяцем. А потім люди дізнались, що й сонце переміщується на небі від зорі до зорі й завжди через той самий час повертається на колишнє місце. Так люди навчились обчислювати час за сонячним роком, так люди склали календар. Звичайно, не одразу все це стало. Людина помалу збирала свої знання про небесні світила й небесні явища, і ці знання передавались наступним поколінням, нагромаджувались, уточнювались. Ось, з таких численних спостережень склалась і сучасна наука про світ, про всесвіт, так звана астрономія [1]), тобто наука про небесні світила і закони їхнього руху.

Як уявляли собі світ люди в старовину

Людина завжди запитувала собе, що є світ, і хотіла відповісти на це запитання. Але поки люди мало знали природу й закони, що керують нею, не могли вони правильно відповісти на це запитання, а тому уявлення старовинних народів про світ були якнайхимерніші. Наприклад, старовинні єгиптяни уявляли світ як величезний довгий та вузький ящик, а над ним небо, як дах. Зорі на небі—це лямпи, що деякі з них висять на вірьовках, а інші лямпи носять божества. Небо тримається на чотирьох колонах, а навколо світу й під ним тече річка, де плаває човен з вогненним сонцем, богом Ра, який народжується щоранку. Іноді на човен сонця нападає велика гадюка, й тоді буває сонячне затемнення. На другому човні пливе великою річкою місяць. Бореться він з ворогами, блідне, вмирає і знову народжується. Іноді буває, що його ковтає на деякий час свиня, і тоді буває затемнення місяця.

А другий старовинний народ—халдеї—уявляв собі, що в центрі всесвіту міститься земля, ніби та гора. Навколо неї всюди море, що його не може переплисти жодна смертна людина. Навкруги світу здіймається високий мур, а на ньому тримається небесне склепіння з твердого металу. Коли сонце заходить, то воно опускається у дірку на західній частині муру, а потім трубою проходить на східню частину і знову йде вгору. Вище по-

[1]) Ця назва походить від грецьких слів — астрон — світило і номос — закон.

над твердим склепінням небесним містяться дощові води й падають на землю, коли одкриваються особливі заслінки.

А на чому тримається світ? Старовинні індуси вважали, що світ стоїть на слонах, а слони на священній черепасі, що плаває в безмежному океані. Багато є некультурних народів, що й до цього часу мають найхимерніші уявлення про світ. Ось, приміром, жителі островів Полінезії у Великому океані вважають, що бог тримає землю на собі й коли він чи сердиться, чи розважається й повертається, тоді буває землетрус; і полінезійці під таку годину б'ють землю палками, щоб бог лежав тихо.

В темних закутках Росії по глухих селах ще й до недавнього часу вірили, що

„На трех китах, на рыбинах,
На тридцати было, на малых,
Основана на них вся сыра земля'

А тому

„Когда кит рыба потронется,
Тогда мать-земля поколеблется,
Тогда белый свет наш покончится"...

Ці дитячі уявлення про світ дуже й дуже неподібні до наших наукових уявлень.

Отже, уявіть собі, скільки треба було докласти невтомної праці, поки нарешті склала людина собі правильне уявлення про світ.

Почнімо опис всесвіту з нашої маленької землі.

ЗЕМЛЯ

Запитайте першого-ліпшого школяра молодшої групи про землю, і він, не вагаючись, скаже вам, що земля наша ніби куля, що обертається вона навколо своєї осі, й тому буває день і ніч; скаже він, що обертається вона також навколо сонця, а тому бувають різні доби року на землі. Та не так думали про це за старих часів. Людина дуже мала порівняно з землею, ніби при-

куто її до землі, й не може вона відірватись і полинути високо вгору, щоб з цієї висоти глянути на землю, дізнатись, який вона рух має, та як мчить у небесних просторах.

Ось чому нам, маленьким мешканцям землі, вона здається рівна й пласка. Довго люди не могли дізнатись про те, яку форму має земля й уявляли собі її то як циліндер, то як куб, то як пласке тіло. Навіть такий високоосвічений народ старовини, як греки, не мали правильного уявлення про форму землі й уважали її пласкою. Земля, на їхній погляд,—це пласке коло, оточене рікою—океаном. Над цією пласкою землею здіймається мідяне склепіння небесне, а під ним рухаються сонце, місяць і зорі; вони поринають в океан на заході й виходять з нього на сході. Бог сонця Геліос щодня їде небом на вогненній колісниці. Тільки починаючи з кінця VI століття до нашої доби доходять правильнішого уявлення про форму й розміри землі. Багато грецьких астрономів того часу вже знали, що земля є куля. Та про це потім забули. Загинула велика Римська імперія, згоріла велика Александрійська бібліотека—сховище всіх книг старовинного світу, і темна ніч середньовіччя оповила Европу. Науку старовинних філософів забули, відкинули, як єретицьку, і знову запанували серед людей найбезглуздіші, фантастичні уявлення про землю.

Наприклад, в одному з творів VI століття після початку нашої доби розповідається, що земля—це є гора з чотирикутньою основою. Довжина її вдвоє більша, ніж ширина. Завдовжки вона 400 днів дороги, а завширшки— тільки 200 днів. Навколо землі мур, а вгорі дах. Під цим дахом-небом обертаються небесні світила.

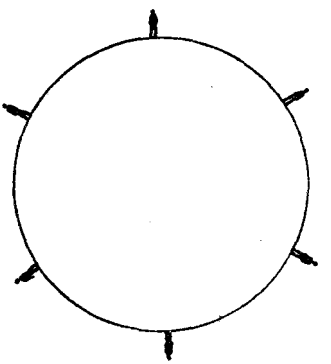
Антиподи

Думали ще й так: коли б земля була як куля, то як могли б бути люди на протилежному боці землі. Бо тоді вони ходили б догори ногами порівняно з нами і мусили б попадати. (Жителі земної кулі, що є на землі саме під нами, мають назву антиподи)[1]). Ось, як між іншим казав про це один з середньовічних письменників:

[1]) Від грецьких слів анті — супроти й пус — нога. *Прим. перекл.*

„Перейдімо до антиподів: коли ноги однієї людини протилежні до ніг іншої, то як вони можуть стояти, як і ті й ці можуть жити, головою вниз бувши? Аж коли дощ піде, хіба можна сказати, що він на них падає? Дощ падає на одного, а на того, що внизу, не падає, а радше йде вгору по ньому,—отже це дурниці, сміху гідні". Такими міркуваннями хотіли розбити думку про кулясту форму землі. До речі скажемо тут, чому саме неправильні погляди середньовічних письменників про антиподів.

Верх і низ не мають абсолютного (безумовного, необмеженого) значення. В природі немає ні верху, ні низу. Це поняття відносні, властиві лише нам, мешканцям землі. Та й справді, що таке верх і що таке низ? Ми називаємо низом той напрямок, що ним нас тягне земля, а верх напрямок протилежний. Наша земля притягує всі речі, а значить і нас з вами до свого центру. Отже, коли навколо землі на її обводі уявимо собі багато спостерігачів з стрімницями, то продовження цих стрімниць перетнуться в центрі землі. Для кожного спостерігача напрямок по стрімниці до центру землі був би низ, а зворотний верх, отже, в кожного з них був би свій верх і свій низ. Коли б можна було просвердлити наскрізь нашу землю, то з того боку землі, якийсь голий острів'янин на Великому океані стояв би вгору ногами, порівняно з нами. І коли б ми запитали його, де в нього верх і низ, він показав би нам два напрямки, цілком протилежні до наших. І мав би рацію.



Мал. 1. Напрямок стрімниць у різних спостерігачів на землі.

Великі подорожі. Маґеллан і перша подорож кругосвітня

Помалу ці помилкові уявлення зникали і цьому допомагали великі подорожі людей. В XIII столітті Марко Поло подорожував на сході й багато чого розповів европейцям про Китай і Японію. Сміливий портуґальський мореплавець Діяц (1450—1500 р.), хотівши обплисти Африку, перший з европейців переплив екватор. Екватором зветься коло, що проходить на землі

на однаковому віддаленні від кінців земної осі. Навколо цієї осі обертається земля, а кінці осі звуться полюсами.

Підчас цих подорожей европейці дізнались, що на екваторі день завжди такий довгий, як і ніч, і що на південному небі сяють інші зорі, а тих, що ми бачимо на нашому, там немає. Підчас цієї подорожі захопила Діяца в океані велика буря, і кілька його кораблів потонуло. Та це не зупинило сміливого мореплавця: не зважаючи на всі небезпеки, він доплив з рештою своїх кораблів до південного краю Африки й назвав його рогом Бур. Потім цей ріг перейменували на ріг Доброї Надії, бо, дійшовши цього місця на півдні Африки, Діяц сподівався, що далі зробить великі відкриття. 1492 року другий відважний мореплавець Христофор Колюмб, походженням з Ґенуї, відкриває нову частину світу, що про неї зовсім не знали старовинні народи.[1]) Америку відділяє від Европи й Африки Атлантійський океан, а від Азії — Великий океан. А поки не було компасу,—старовинні народи не знали його,—люди не наважувались пливти далеко в океан, боячись заблудитись у цій водній пустелі. Коли відкрито Америку, значно змінились погляди людей на землю, бо тепер очевидно було, що й по той бік землі є люди, що ходять вони так, як і ми, а не догори ногами, і нікуди не падають. Думка про те, що земля є куля, почала дедалі більш поширюватись після подорожі Колюмба, але остаточно люди переконались, що земля є куля, після першої кругосвітньої подорожі. Хто ж зробив перший цю подорож? То був портуґальський мореплавець Фердинанд Маґеллан. Ще з молодих літ ця відважна невтомна людина полюбляла подорожувати. Йому спало на думку, чи не можна відкрити, йдучи на захід, шлях до багатої Індії, теперішнього Індостану, підвладного Англії (про це між іншим мріяв і Колюмб і саме тому він розпочав свою подорож, але замість Індії відкрив Америку). З багатою Індією зв'язки тоді підтримувалось тільки суходолом, а це було незручно й небезпечно. От Фердинанд Маґеллан і переконав еспанського короля дати йому гроші на таку подорож. Король поставився прихильно до Маґелланової думки і дав йому маленьку фльоту з 5 кораблів,

[1]) Це не зовсім точно. Грецький філософ Платон розповідає про землю на далекому заході—Атлантиду. Про це можна прочитати прегарну книжку Бенуа—Атлантида. *Прим. перекл.*

хоч і поганеньких. Набралось 286 чоловіка, що згодились їхати з Маґелланом. 20-го вересня 1519 року попливли кораблі Маґелланові з Еспанії на захід Атлантійським океаном. А морем плавати тоді було дуже важко, бо не було пароплавів, і кораблі рухались силою вітру, або веслами. І моряки ще не вміли знаходити дорогу за зорями так добре, як тепер. Та й океани ще не були досліджені, не було географічних мап, і велику мужність треба було мати, щоб наважитись плисти в безмежних невідомих просторах океану.

Та не лякався Маґеллан. Спочатку він плив увесь час на захід, а потім повернув на південь і плив вдовж берегів Півден-

Мал. 2. Мапа східньої земної півкулі. Рисою позначено початок і кінець шляху Маґеллана.

Мал. 3. Мапа західної півкулі. Рисою позначено початок і кінець шляху Маґеллана.

ної Америки, де відкрив гирла річки Ріо де ля Плята і доплив до теперішньої Патаґонії. Тут Маґеллана ледве не вбили матроси, що ремствували й не хотіли далі пливти.

Але й це не зупинило Маґеллана. Він остільки був певен своєї перемоги, що ладен був на всякі жертви, на всяке бідування. І нарешті, після кількох місяців втомного чекання, одного ранку матроси побачили в далині невеличку протоку, що перетинала суходіл, вдовж якого ввесь час плив на південь Маґеллан. Коли припливли ближче, виявилось, що протока ця дуже вузька й так багато в ній скель, що матроси й не надіялись переплисти тут. Але сміливий Маґеллан все ж відважився на цю важку справу й переплив протоку, хоч і загинули при цьому 3 його кораблі. Цю протоку названо на честь великого мореплавця— Маґелланова протока. Вона відділяє Південну Америку від Вог-

ненної Землі. Таким чином, після трьох тижнів плавби в цій протоці Маґеллан знову вибився у Великий океан. То був такий самий океан, як і Атлантійський, тільки що не такий бурхливий. Ось чому Маґеллан назвав його Тихим океаном. І знову на захід пливли кораблі. Два роки на морі. 1521 року Маґеллан доплив до якихось невідомих островів. Матроси сподівались дістати води й харчу. Більшість пішло на берег. Коли ось дикі острів'яни напали на еспанців і багатьох убили отруєними стрілами, між ними й Маґеллана. Ці острови потім названо Філіппінські. Як бачимо, не пощастило самому Маґелланові довести краю своїй важкій подорожі, її довершив товариш Маґелланів Себастіян дель Кано. З двома вцілілими кораблями Кано поплив вдовж берегів Азії. При цьому один з кораблів відстав і десь загинув, і Кано мав лише один корабель і з ним закінчив цю важку подорож, повернувшись 16 вересня 1522 року до Еспанії. Вся подорож тривала 3 роки й 28 днів; з 5-ти кораблів, що випливли з Еспанії, повернувся лише один, а з 286 чоловіка—лише 18 чоловік, а всі інші загинули—хто з голоду і від хвороби, хто від бур, а хто в бою з дикими. Так закінчилась перша кругосвітня подорож. Вона мала величезне значіння, бо довела, що земля має кулясту форму й що можна об'їхати навколо неї, йдучи ввесь час тим самим напрямком. Більш як три роки тривала ця перша кругосвітня подорож, повна несподіванок і дуже важка. А тепер на всю цю подорож треба лише один місяць плавби, тобто майже в 37 разів менше. Але важкий і велику вагу має перший крок в науці. Подорож Маґелланова остаточно переконала людей, що земля має форму кулі.

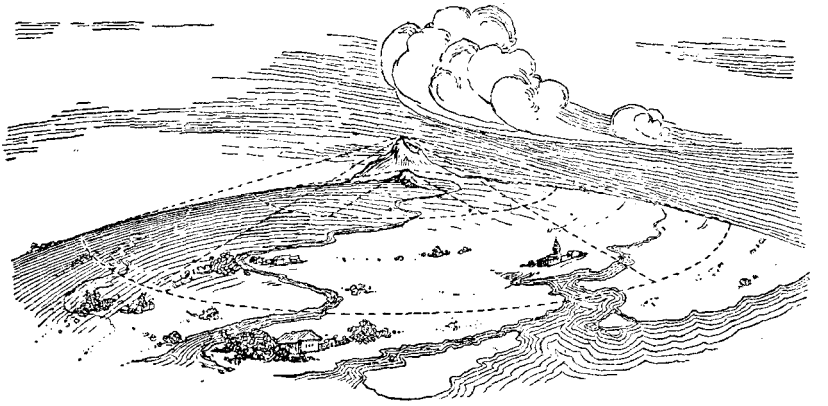
Докази того, що земля має форму кулі

Уявімо собі, що ми десь з вами опинились на рівнині, в полі або на морі. Вгорі над нами—небесне склепіння. Воно спирається на землю по круглій лінії, що зветься лінією обрію, або горизонтом [1]). Хоч де ми будемо на землі на відкритому місці, цей обрій матиме форму кола. Чому це так? Може тому, що наші очі не мають достатньої сили? Ні, це не так, бо ми добре бачимо простим оком і в прозорні труби все те, що є на обрії.

[1]) Від грецького слова г о р і д з о — оточую навколо, обмежую. *Прим. перекл.*

А бачимо ми це коло тому, що опуклість землі не дозволяє нам бачити речі поза цим обрієм. Коли ж ми підіймемось вгору, чи то пішки зійдемо на гору, чи аеропляном полетимо, то обрій цей пошириться, і побачимо ми більше. Щождо самої лінії обрію, яка має вигляд кола, то вона можлива лише на кулястій поверхні.

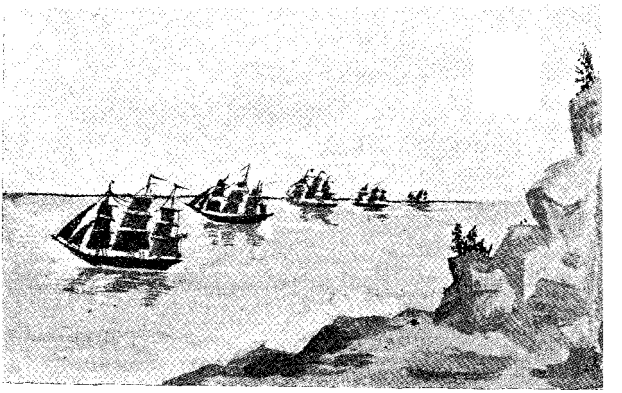
Хто з наших читачів був на морі, той знає, що коли сидиш на березі й стежиш (краще в бінокль) за пароплавом, як він одпливає, то спочатку видно, як зникають нижні його частини, потім щогли — знизу, потім середина, потім верх, а далі на обрії



Мал. 4. Що вище буде спостерігач, то ширший бачитиме обрій.

ще довго видно дим з димарів, хоч корабель давно вже щез. Навпаки, коли ми стежимо за пароплавом, що підпливає, то видно спочатку дим, потім вершини щогол, середини їх і нарешті ввесь пароплав. Чому це так буває? Хіба поверхня води в морі не рівна? А буває це тому, що опуклість землі закриває від нас подальші речі: поверхня води в морях і океанах лише на позір рівна й пласка на невеличких ділянках, а справді вона куляста (сферична). Про це саме скаже нам і схід сонця, коли освітлюється спочатку вершини гір і верхи будівель, а потім низ. Так само, коли заходить сонце, й нижні частини високих будівель поринули в тіні, сонячне проміння ще сяє деякий час на верхів'ях гір, на хрестах дзвіниць. Коли б земля наша була зовсім рівна, пласка, то ми бачили б увесь час річ, що віддаляється,

тільки вона дедалі меншала б. І ввесь час ми бачили б її, мавши досить сильні прозорні труби. Наведімо ще один доказ кулястої форми землі, поданий за кілька століть до початку нашої ери—доказ Пітагора і Арістотеля. Може вам доводилось коли бачити затемнення місяця. Хто його бачив, то пригадує, що на диск місяця насовується якась кругла тінь. Це тінь від нашої землі. Місяць—тіло темне, тобто світить не своїм світлом, а тому що його освітлює сонце. А коли між сонцем і місяцем стане земля, вона застує сонце, і на диск місяця з просторів світових



Мал. 5. Кривина морської поверхні. Послідовний вигляд пароплавів, що віддаляються.

насовується тінь землі. Отже, коли наша земля куля, то й тінь від неї повинна мати таку саму форму, як і земля, тобто круглу. Це й бачимо ми завжди підчас затемнення місяця.

Розмір землі

Коли переконалась людина, що земля наша кулястої форми, захотіла дізнатись вона, які розміри землі. Ви, мабуть, усі знаєте, що обвід усякого кола більший за діяметр його приблизно в $3^1/_7$ рази. Отже, коли ми маємо обвід кола, то легко обчислити діяметр землі,—для цього треба довжину кола поділити на $3^1/_7$. Виходить, що діяметр землі можна обчислити, знаючи об-

від її. Але на землі можна провести через будь-яку точку скільки завгодно обводів. Які з них найзручніше виміряти? Треба виміряти такий обвід, що його напрямок нам завжди відомий, так щоб, ідучи ним, ми завжди були певні, що йдемо тим самим напрямком, не одхиляючись; бо інакше ми нічого точного не обчислимо.

Який же цей обвід? Напрямок його легко визначити. Коли ми поставимо простопадно до землі рівну палицю й стежитимемо за тінню від неї, то побачимо, що опівдні ця тінь буде найкоротша. Одним кінцем ця тінь показуватиме на південь, другим на північ. А лінія, перпендикулярна до неї, показуватиме на захід і схід. Лінія, що йде по землі між точками півночі та півдня (напрямок найкоротшої тіні) зветься південна лінія, або земний меридіян. Що напрямок південної лінії в даному місці протягом року лишається без зміни, то коли ми йтимемо весь час в напрямку цієї лінії, то вимірюватимемо той самий обвід земної кулі. Земні меридіяни проходять через усю землю від полюса до полюса. Вони проходять через моря, океани, пустелі й такі країни, де дуже важко робити виміри. Що ж тоді робити? Як виявляється—зовсім не треба виміряти весь обвід кола, а треба виміряти лише частину його й тоді можна обчислити довжину цілого кола. Ще вавилоняни поділяли обвід кола на 360 рівних частин. Кожну таку частину звуть градусом і позначають так: 5°, 7° і т. ін. (п'ять, сім градусів), кожний градус поділили на 60 мінут, (напр., 6′, 10′—6, 10 мінут); кожну мінуту поділяють на 60 дугових секунд (позначається їх двома рисочками вгорі: 9″, 12″—дев'ять, дванадцять секунд). Досить вимірити довжину одного градуса, щоб обчислити обвід цілого кола. Отже, задача щодо виміру землі сходить до такої задачі: треба вимірити в лінійних одиницях, приміром у верствах, або кілометрах деяку частину якогось земного меридіяна, а потім обчислити, скільки дугових одиниць, тобто градусів, мінут і секунд є в цій дузі. Після цього вже легко буде обчислити довжину дуги, що відповідає одному градусові. Помноживши це число на 360, матимемо довжину обводу земної кулі, а поділивши довжину цього обводу на $3^1/_2$, матимемо довжину земного діяметра. Вперше довжину земного діяметра обчислював грецький астроном Ератостен, що жив більш як 2.000 років тому в Александрії, в Єгипті. Як на

ті часи, то важке було завдання. Ератостен припускав, що земля наша має форму кулі й, знаючи довжину невеличкої дуги, він обчислив увесь обвід земної кулі. А зробив це він ось як. Він знав, що в день літнього сонцестояння, тобто тоді, коли сонце опівдні стоїть найвище, в місті Сієні, а воно в Єгипті куди далі на південь від Александрії, сонце стоїть саме над головою (в зеніті) і тому зазирає на дно найглибших колодязів. В цей самий час у місті Александрії сонце віддалено від зеніту на $7^1/_5°$ (градуса). Ератостен зробив відси цілком правильний висновок, що коли Сієна й Александрія лежать на тому самому меридіяні, то дуга меридіяна між ними теж має $7^1/_5°$. Після цього легко вже було обчислити довжину, знаючи віддалення від Сієни до Александрії в якихось лінійних мірах. Віддалення між цими містами тоді було на старовинну грецьку міру 5.000 стадіїв. Що $7^1/_5°$ становить приблизно $^1/_{50}$ цілого кола, то, значить, увесь обвід земної кулі буде в 50 разів більше, ніж 5.000 стадіїв, тобто увесь обвід землі, за обчисленням Ератостена, дорівнює 250.000 стадіїв. Перечисливши на наші міри, це буде приблизно 44.000 кілометрів. Ця величина на кілька тисяч кілометрів більша проти справжньої. Ератостен помилився в своїх обчисленнях, але його велика заслуга в тому, що він перший зробив спробу обчислити розміри землі й подав цілком правильний спосіб розв'язати цю задачу.

По смерті Ератостена деякий час не цікавились питанням про розміри землі, не знали, яка справжня форма землі, і було багато людей, що вважали її за майже безмежний плаский центр всесвіту. Лише щось через 1.000 років після Ератостена арабські астрономи знову повертаються до таких обчислень. Згідно з їхніми обчисленнями, довжина одного градуса меридіяна дорівнює $56^2/_3$ арабських миль. Оскільки це обчислення було точне, ми не можемо сказати, бо не знаємо точно величини арабської милі. В арабських книжках між іншим читаємо, що миля дорівнює 4.000 ліктів, а лікоть поділяється на 8 кулаків, кулак на 4 пальці, палець на 6 ячмінних зерен, а ячмінне зерно на 6 волосин з ослячої морди.

Після цього протягом кількох століть знову не думали про розміри та форму землі, й лише після першої кругосвітньої подорожі Магелланової, коли люди вже більш менш упевнились, що земля куляста, знову робиться спроби обчислити діяметр

землі та її форму. Один учений (Снелліюс) запропонував дуже точний спосіб вимірювати лінії на поверхні землі; цей спосіб зветься тріянґуляція. Земну поверхню на протязі вимірюваної дуги меридіяна розбивають на кілька великих трикутників, виміряють якнайточніше кути цих трикутників і сторону одного з них, що зветься базою, потім, на основі всіх цих обчислень, можна знайти довжину дуги меридіяна й дізнатись, скільки в ній градусів. Ці обчислення довжини дуги меридіяна зветься градусними вимірами.

Виміри ці дуже складні, й треба багато на них часу. Ще й тепер, як і раніш, їх доручається найвидатнішим вченим і дуже досвідченим обчислювачам і спостерігачам. Один з найвідоміших градусних вимірів зроблено у Франції, згідно з наказом Національного зібрання в 1792 р. Тоді вимірили дугу меридіяна майже в $12^1/_2°$, що проходить через місто Париж. В цих градусних вимірах брали участь найвидатніші французькі математики й астрономи. Після вимірів,—а вони тривали кілька років,—виробили нову систему мір (так звану метричну). За основу її взято $\frac{1}{40\cdot000\cdot000}$ частину довжини Паризького меридіяна, що й зветься метр. Градусні виміри робилось по різних країнах і після цих вимірів; між іншим, в Росії на початку минулого століття виміряно дуже велику дугу меридіяна.

Які ж були наслідки цих численних градусних вимірів?

Поперше такі виміри підтвердили, що земля справді куляста, хоч і не являє цілком правильної кулі. Щодо середньої величини земного радіюса, то її обчислено в 6.371 кілометр. Подруге, градусні виміри переконали, що земля наша не є правильна геометрична куля, а трохи здавлена біля полюсів. На цю думку навели ще старі градусні виміри 1740 р., бо тоді виявилось, що довжини дуг меридіянів, відповідних тому самому градусові меридіяна, були не однакові на півночі та на півдні, а саме на півдні вони були менші, ніж на півночі. А коли б земля була правильна геометрична куля, то довжина одного градуса меридіяна на всій землі була б та сама. А що виміри кажуть нам, що довжина одного градуса меридіяна на півночі більша, ніж на півдні, то це значить, що на півночі поверхня землі пласкіша, ніж на півдні, тобто біля полюсів земля ніби здавлена. Таким чином, справжня форма землі не куля, а наближається, вислов-

люючись грубо, до помаранча. Це є еліпсоїд обертання, тобто тіло, яке постає, коли еліпса обертається навколо своєї меншої осі. За останніми вимірами велика піввісь (екваторіяльна) земного еліпсоїда дорівнює 6.378 кілометрам, а мала піввісь (полярна) 6.356. Отже, полярний діяметр земного еліпсоїда коротший від екваторіяльного лише на 22 кілометри.

Коли б це стиснення передати деяким маштабом на моделі земної кулі (цю модель зветься ґ л ь о б у с), наприклад, діяметром в 1 сажень, то довелось би один з діяметрів ґльобуса зменшити менш, ніж на півцаля. На око ми не могли б помітити цієї величини й лише старанні виміри довели б нам що наша модель є куля. Отже, не можна не дивуватись генієві людського розуму, що збагнув і такі непомітні величини.

Знаючи діяметр землі, можна легко обчислити обвід землі, також її об'єм.

Обвід землі на екваторі дорівнює 40.766 кілометрам, а об'єм 1.083.205 мільйонам кубічних кілометрів.

Чи рухається наша земля? Чи стоїть на місці? Коли ми поглянемо навкруги, то помітимо, що всі, так звані нерухомі, речі перебувають незмінно у тому самому відносному положенні Міста, море та океани, гори тощо сотні й тисячі років стоять на тому самому місці. Все це на землі не рухається й ніщо не каже нам про її рух. А коли ми подивимось на небо, то побачимо навпаки, що там не має спокою, що там все рухається Щоранку сходить сонце, йде вгору небом і наприкінці дня заходить на заході. І так день-у-день, і так рік-у-рік. Рухаєть на небі місяць, йдучи на захід, рухаються на небесному склепінні міріяди світил—окраса нашого неба. На перших щаблях свого розвитку людина сліпо довіряла своїм почуттям. Вона вважала за правду все, що бачила, й тому люди вірили, що земля нерухома, а сонце, місяць і зорі ходять небом навколо неї, кудись далеко заходять на заході, а потім якимось невідомим шляхом проходять під землею й знову сходять на сході.

Довгий час люди тримались цього помилкового погляду Правда, що й за старих часів були мудреці, які навчали, що земля рухається в небесних просторах. Наприклад, Філолей, з послідовників грецького філософа Пітагора,—а той жив у віці до нашої ери,—навчав, що в середині всесвіту не земля,

центральний вогонь“, і навколо нього обертаються земля, місяць, сонце, п'ять планет і сфера нерухомих зір.

Коли ми не бачимо центрального огню, то лише тому, що залюднена частина землі повернена в протилежний бік від цього вогню. Таке було перше вчення, за яким земля переміщується в світових просторах. Відомий грецький астроном Арістарх Самоський (III стол. до нашої ери) навчав, що земля рухається в світо- просторах. Ось що каже про це великий Архімед в одному з своїх творів: „Більшість астрономів припускає, що всесвіт є куля, й у центрі її міститься земля, але Арістарх Самоський розбив погляд і подав учення, де він доводить протилежне. На його думку сонце та зорі нерухомі, а земля обертається навколо що міститься в центрі сфери нерухомих зір“.

Про вчення цього великого астронома люди забули й більш як 2.000 років вважали, що земля нерухома. Наводили такі докази цього. Коли б земля рухалась та ще й швидко, то на ній були б завжди бурі в наслідок такого руху; цього ми не бачимо —отже земля нерухома. Крім того, коли б земля рухалась, то камінь, кинутий угору, не падав би туди, звідки його кинуто, а одлітав би вбік. Так само й птах, летючи вгору, відхилився б убік, але нічого такого ми не бачимо; камінь, кинутий вгору, падає на своє місце, і птах, здійнявшись угору, вільно тримається над тим самим місцем, як, наприклад, жайворонок над своїм гніздечком. Отже, міркували тодішні мудреці, що земля нерухома. Протягом середніх віків землю вважали за нерухому. Вона була за центр всесвіту, що навколо нього обертались усі небесні світила, а людина була вищою істотою, що для неї утворено цей всесвіт. Все на світі утворено для людини—каже один середньовічний письменник. Ввесь цей світ, сонце, місяць і зорі й чотири стихії (вогонь, вода, повітря, земля), птахи в повітрі, риби в воді, звіри в лісах, черваки в землі, золото й дороге каміння, смачні овочі, барвисті квітки, садовина й городина і все, що живе на землі—утворено на користь і на допомогу людині“. Але народилась велика людина й довела, що цей геоцентричний світогляд[1]) хибний, що земля наша рухається в світових просторах, обертається навколо своєї осі й навколо сонця. Ця велика людина, що, як кажуть, перша зрушила землю з мертвої точки, був Микола Коперник.

[1]) Світогляд, що визнає за центр всесвіту землю. *Прим. перекл.*

Коперник

Микола Коперник був поляк походженням. Народився він 19-го лютого 1473 р. в місті Торні на Вислі, тобто 456 років тому. Батько його був пекар. Спочатку Коперник вчився в Краківському університеті, а потім мало не 10 років вивчав в Італії астрономію, математику, грецьку мову, а також і медицину. Повернувшись на батьківщину, він обняв посаду соборного священика (каноніка) в місті Фрауенбурзі, відмовившись від запропонованої йому професорської діяльности. „Мені треба самому вчитись“, казав він. Більш як 30 років Коперник жив у Фрауенбурзі, займаючись адміністративними справами й вивчаючи астрономію. Він був обізнаний з творами старовинних філософів. Ці твори навели його на думку, що земля наша обертається навколо своєї осі, а також навколо сонця. Більш як 30 років Коперник думав над цим питанням і ці глибокі думки свої виклав у славетній книзі: „Шість книг про кругові рухи небесних тіл, Миколи Коперника з Торну“. У цих книгах він розбивав старе, як людство, учення про нерухомість землі. В передмові до свого твору Коперник каже: „В творах старовинних філософів шукав я інших поглядів на рух землі... і знайшов свідчення про мудреців старовинних, про Філолея та інших, які припускали, що земля рухається. Тоді й я припустив, що земля рухається, щоб краще пояснити рух небесних тіл, ніж його пояснювали раніш“... Самому засновникові нового вчення не судилось бачити, як сучасники поставились до його вчення. Великий мислитель був уже на сконі, коли йому принесли один примірник його надрукованого твору—це було в 1543 році. Подивімось тепер, яке було вчення Коперникове і що воно дало нового людям.

Учення Коперникове

Уявімо собі добовий рух сонця, місяця та зір. Ось зійшло сонце. Помалу воно підіймається вище та вище, а потім заходить. Простежте ясної зоряної ночі за зорями. Ви побачите, що одні зорі сходять, підіймаються вгору, а інші заходять. Небо має неоднаковий вигляд в різні години. Про це добре знає всякий, хто жив на селі. При цьому взаємне віддалення між зорями

не змінюється. Все це відбувається так, ніби все небо повільно протягом доби обертається навколо землі. Отже, ми бачимо, що сонце, місяць і зорі, взагалі все небо обертається навколо землі, й люди протягом багатьох тисяч років думали, що земля нерухома, а небо з усіма світилами обертається навколо землі. Коперник перший сказав, що це не так, що це неправильно, що це є помилка наших очей. А справді, небо нерухоме, сонце та зорі зовсім не обертаються навколо нерухомої землі, а, навпаки, наша земля обертається навколо своєї осі в зворотному напрямку, тобто з заходу на схід. А що ми не помічаємо руху її, то нам і здається, мов небо та всі зорі рухаються в зворотному напрямку, тобто зі сходу на захід. Та й вам доводилось спостерігати щось подібне. Ви сидите спокійно у вагоні на станції, ваш потяг стоїть, а потяг на ближчій колії рушив. Тоді вам здається, що ваш потяг іде, а сусідній, навпаки, стоїть на місці, і від цього обману так важко звільнитись, що треба глянути в вікно й лише тоді ви переконуєтесь, що то була помилка. Або візьмімо ще такий приклад. Коли пароплав поволі одходить од пристані, то деякий час вам здається, ніби пристань віддаляється від вас у протилежний бік. Так само буває, коли підіймаються на аеростаті, аеропляні: не помічається руху аеропляна й здається, ніби земля кудись провалюється вниз. Це саме переживаємо ми й на нашій земній кулі. Ми не помічаємо її руху, бо разом з нею рухаємось і ми і всі навкольні речі. Тому нам і здається, що земля стоїть на місці, а небо обертається навколо землі. Отже, тут ми маємо зоровий обман, або, як кажуть, оптичну ілюзію, й людство йняло їй віру протягом тисячоліть, аж поки розбив цю ілюзію Микола Коперник, син пекаря з міста Торну. Однак, мало сказати, що земля обертається, а небо нерухоме; треба це довести. Як же Коперник доводив своє вчення?

Він міркував так. Неймовірно, щоб таке величезне світило, як сонце—а воно куди більше за землю—оберталось навколо нашої маленької землі. Простіше було б припустити протилежне. Крім того, коли б сонце протягом доби оберталось навколо землі, то воно мусило б рухатись з неймовірною скорістю, бо віддаль його від нас дуже далека, а що сказати про зорі? Вони ще далі від нас, як сонце, в багато тисяч і мільйонів разів на більшому віддаленні. Отже, ці зорі повинні були б рухатись з неймовірною

швидкістю в світових просторах, щоб протягом доби обернутись навколо землі. Крім того, безперечно, що віддалення до зір неоднакове. А чому ж у всіх їх скорість така, що всі вони обертаються навколо землі протягом доби? Неймовірне все це. Куди простіше—так навчав Коперник—припустити, що земля обертається навколо своєї осі в протилежному напрямку, тобто з заходу на схід, ніж робити цілком неймовірні припущення, ніби всі незчисленні світила небесні, куди більші від нашої землі, обертаються в світових просторах з неймовірною скорістю, а до того ще обертаються навколо такого маленького світу, як наша земля. Наша бо земля—ніби порошинка порівняно з безмежним всесвітом. Так міркував Коперник і такі докази наводив, захищаючи своє вчення. Але не переконливі були ці докази для сучасників Коперника. Крім того, це нове вчення гостро суперечило всьому тому, в що непохитно вірили протягом тисячоліть, і навіть святому письму суперечило, а тому й визнали його за помилкове та єретицьке. Та хіба ж можливо, щоб наша земля, що її стільки століть людина вважала за нерухомий центр світу, за „зерно всесвіту“, зійшла на рівень якогось невеличкого небесного тіла, вийшла з свого багатовікового спокою й закрутилась із запаморочливою скорістю навколо самої себе? Засновника нового вчення підняли на сміх, підняли на глум. На щастя, Коперник тоді лежав у сирій землі й не чув, як люди кпили з його великого вчення.

Докази того, що земля обертається навколо своєї осі

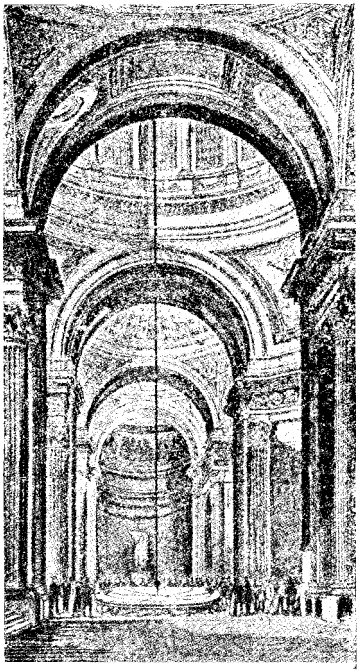
Міркування Коперника про рух землі не лише не задовольнили його сучасників, але й наступні покоління мислителів почали шукати інших поважніших і переконливіших доказів. Більш як 300 років минуло від смерти Коперника, раніш ніж вчені довели нарешті якнайдокладніше, найточніше правильність його вчення. Деякі з цих доказів ми наведемо. Ми вже казали, що не припускали рухомости землі, посилаючись на те, що коли б земля рухалась, то камінь, кинутий з великої висоти на землю, одлетів би далеко вбік, бо земля протягом того часу, як камінь падає віддаляється чимало від нього на схід. А що нічого цього не буває і камінь падає саме в ту точку, над якою він був у момент па-

діння, то й зробили висновок, що земля нерухома. Та чи це так? Чи справді камінь падає так, як падав би він на нерухому землю, тобто зовсім не одхиляючись? Ні, це не так. Вчені багато разів робили таку спробу: кидають металеві кульки на дно глибоких шахт, і при цьому завжди виявляється, що кулька не падає саме в ту точку, над якою була вона в момент падання, а одхиляється трохи на схід, а не на захід, як гадали раніш. Приміром, учений Райх в XIX столітті кидав металеві кульки на дно шахти завглибшки в $158^1/_2$ метрів і обчислив, що кульки одхилялись на схід на 28,4 міліметра. Як це пояснити? І як ця спроба може бути за доказ того, що земля обертається навколо своєї осі? А ось як. Коли земля справді обертається навколо своєї осі, то на поверхні шахти всі речі, а в тім і металева кулька повинні рухатись швидше ніж речі на дні шахти. Чому? Тому, що на поверхні шахти речі проходять більшу дугу, ніж речі на дні шахти протягом того самого часу. За законом інерції,—а про нього ми ще казатимемо далі,—кожне тіло в русі намагається зберегти ту скорість, яку воно має. Доказів цьому можна навести безліч. Приміром, сидячи у вагоні, ви підкидаєте вгору яблуко, й воно падає вам у руку, а не перелітає на голову пасажира десь в іншому купе, бо яблуко має ввесь час таку саму скорість (якщо не брати на увагу опір повітря), як і всі речі та пасажири у вагоні. Так само, верхівець у цирку, підстрибнувши, знову сідає на сідло, а не на хвіст коневі. Це саме буває і в спробі з кулькою. На поверхі шахти вона має деяку скорість і зберігає її майже незмінно до моменту падіння на дно, а що всі точки на дні шахти рухаються повільніше, ніж кулька, то вона їх випереджає й тому відхиляється на схід в напрямку руху землі, а не на захід, як гадали Коперникові супротивники. Наведімо ще один доказ того, що земля обертається навколо осі, і цей доказ буде якнайяскравіший.

Спроба Фуко

1851 року видатний французький Фізик Фуко, щоб довести обертання землі, перевів таку спробу (мал. 6). Під банею однієї з найвищих будівель паризьких—Пантеону,—де ховають великих людей Франції, прикріпили на дротині завдовжки 67 метрів вагу в 27 кілограмів. Це був ніби величезний маятник. До ваги

прикріпили металеве вістря, що і креслило пряму лінію на піску, насипаному на підлозі Пантеону. Маятник вивели з рівноваги, й він повільно коливався. Багато вчених, що були при цій великій спробі, стежили за коливанням маятника й скоро помітили, що, накресливши на піску одну лінію, вістря не пішло далі нею, а накреслило другу лінію, потім третю і т. ін., так що з кожним розмахом маятника слід на піску одходив трохи на захід проти попереднього; отже виходило так, ніби площа коливань маятника поверталась до заходу, тобто в напрямку добового руху небесного склепіння. Як же пояснити цю спробу? Наука про рух і сили, механіка, доводить, що коли маятник зрушимо в якомусь напрямку, то площа коливань його повинна лишатись незмінна в просторі. Наприклад, коли ми підвісимо маятник до стелі нашої кімнати й пустимо його в рух у напрямку до якоїсь речі, що є надворі, приміром, в напрямку до якогось стовпа, колодязя, або вікна сусіднього будинку тощо, то маятник повинен коливатись ввесь час у цьому напрямку. Коли тепер уявити собі, що наша кімната непомітно для нас починає обертатись, наприклад, у напрямку, зворотньому до руху годинникової стрілки, то що тоді буде? Наш маятник ввесь час повинен коливатись у напрямку до нерухомої речі надворі, а що наша кімната обертається, підлога переміщується відносно маятника, й ми зовсім не помічаємо руху кімнати, то нам і здається, що маятник почав коливатись в другому напрямку відносно до предметів, що є в кімнаті, тобто так, ніби площа його коливань перемістилась порівняно з кімнатою в протилежний бік, в нашому прикладі—в напрямку руху годинникових стрілок. Коли ж ми подивимось у вікно, то переконаємось, що маятник коливається в тій



Мал. 6. Спроба Фуко у Паризькому Пантеоні.

площі, як раніш. Тому, сидячи на пароплаві, можна було б стежити за поворотами його, спостерігаючи відхилення маятника. Те саме буває й на нашій землі. Ми, мешканці землі, ніби пасажири, мчимо в світових просторах на небесному кораблі, що плавко, без поштовхів і непомітно для нас обертається навколо своєї осі, і тому ми не помічаємо його руху. Маятник, пущений в рух, коливається в тій самій площі, а що ми не помічаємо обертання землі навколо осі, то нам і здається, що площа коливань маятника повільно переміщується в напрямку, зворотньому рухові землі навколо осі. Кут відхилення маятника можна обчислити для всякого місця на земній кулі. Наприклад, на полюсі маятник відхиляється на 15° щогодини, у нас в Харкові на 11° щогодини, на екваторі він зовсім не відхиляється і т. ін. Численні спостереження, зроблені з маятником Фуко, в різних пунктах земної кулі, справді доводять, що площа коливань маятника відхиляється цілком так, як це показують обчислення і теорія. Тепер вже не може бути жодного сумніву в цьому.

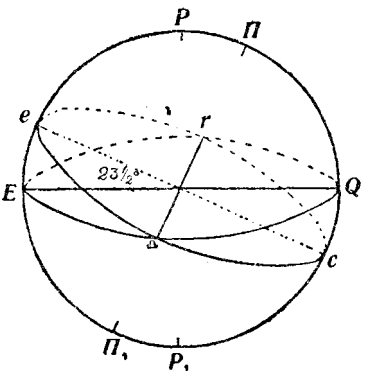
Наведімо ще один доказ того, що земля обертається навколо своєї осі. Ми вже казали, як градусні виміри землі довели, що земля наша біля полюсів ніби здавлена. Чому це сталось? Це сталось в наслідок обертання землі навколо осі. Наука тепер довела, що в дуже далекі часи земля наша була в стані розтопленому, у вогненно-рідкому, а потім повільно протягом тисячоліть холонула, а що при цьому вона весь час оберталась навколо своєї осі, то стиснулась біля полюсів. Ви зрозумієте це з такого прикладу. Коли насадити обруч на стрижень і швидко обертати його навколо цього стрижня, то обруч стискуватиметься й замість круглого стане овальним. Це буває тому, що в наслідок обертання обруча розвилася так звана відосередкова сила, при чому частки обруча ніби намагаються віддалитися від стрижня і то більше, що далі вони від стрижня, тобто від осі обертання. Так само було і з нашою землею, коли вона ще не встигла охолонути й була напіврідка. У наслідок обертання її навколо осі, екваторіяльні частини земної кулі, тобто ті, що обертались найшвидше, одійшли далі, а частини біля полюсів стиснулись; а коли земля охолола, то вона й зберегла цю форму. Отже, тепер не може бути жодного сумніву, що земля наша

обертається навколо своєї осі. Але скільки тисяч років треба було людству, скільки спостережень і спроб треба було перевести, скільки передумати треба було, поки люди дійшли тієї простої істини, що небо нерухоме, що його рух—оптична ілюзія, зоровий обман, а що обертається наша земля навколо своєї осі. Звичайно не треба уявляти це собі так, ніби в середині землі є якась вісь, що навколо неї рухається земля. Ні, в середині землі є лише ряд нерухомих точок, що й становлять земну вісь. Земля обертається навколо неї з заходу на схід (протилежно до руху годинникових стрілок) і протягом доби робить повний оборот. Ті точки, де земна вісь перетинає її, звуть полюси: полюс нашої півкулі зветься північним, а другий—південним. Кола, що їх можна провести на землі від полюса до полюса, звуться географічні меридіяни. Те коло, що проходить на однаковому віддаленні від обох полюсів, є географічний екватор. Він поділяє землю на дві півкулі: північну та південну. Кола, що їх можна провести на землі рівнобіжно з екватором, зветься паралельні кола, або паралелі.

Позірний річний рух сонця навколо землі

Позірний добовий рух сонця навколо землі відбувається так швидко, що всі його знають. Але видимий річний рух сонця навколо землі дуже повільний і непомітний. Як же можна виявити цей рух? Насамперед ми знаємо, що взимку сонце куди нижче над землею ходить, ніж влітку, коли високо йде воно небом. Отже, наше сонце не лишається на небі на тому самому місці, а іноді підіймається вгору, іноді опускається вниз. Крім того, сонце рухається серед зір з заходу на схід, тобто в напрямку, протилежному до добового руху небесного склепіння. Ось яким способом можна переконатись цього. Протягом кількох тижнів спостерігатимемо, які зорі видно на заході, коли зайде сонце. Мине кілька днів, і ми помітимо, що тих зір, що ми їх бачили після заходу, приміром, по двох або трьох годинах, тепер уже не видно, бо вони ніби наблизились до сонця й потонули в його промінні. Ще мине кілька днів, і ми побачимо, що інших зір також не видно вже після заходу, бо вони тепер ближчі до сонця й зникли в сяйві його проміння. Коли б ми так спостері-

гали протягом року, то помітили б, що зорі ніби рухаються в напрямку протилежному, а саме з заходу на схід. Цілий оборот сонце робить протягом часу, що його ми звемо рік. В своєму річному русі сонце переходить з однієї групи зір до іншої. Ці групи зір зветься сузір'я. І ось, ті сузір'я, що серед них переміщується сонце протягом року, вже відомі були ще й за давньої давнини. Виявляється, що з найдавніших часів і до наших сонце незмінно йде тим самим шляхом серед сузір небесних. Ще в давні часи ці сузір'я називалось ім'ям різних тварин. Всіх сузір 12, і кожним із них сонце йде приблизно місяць. Всі ці 12 сузір утворюють так званий пояс зодіякальний. Всю цю групу зір названо поясом, бо вони оперізують усе небо, ніби поясом, а зодіяком звуть від старовинного грецького слова зоон,—що значить тварина, бо сузір'я, як ми сказали, мають назву різних тварин. Подаємо далі назви цих сузір за тим порядком, як проходить ними сонце протягом року: Баран, Бик, Близнята, Рак, Лев, Вага, Скорпіон, Стрілець, Козерог, Водолій, Риби й Діва. Кожне сузір'я позначається особливим знаком, і ці знаки зветься знаки зодіяка. Річний шлях, що ним проходить сонце на небі протягом року, зветься екліптика. Ми вже казали, що коли продовжити земну вісь так, щоб перетнула вона небесне склепіння, то матимемо вісь світу, що навколо неї обертається небесне склепіння. Коли далі ми уявимо площу, яка проходить через центр землі й простопадно до осі світу, то вона перетне небо по колу, що його зветься небесний екватор. Як виявляється, небесний екватор і екліптика не суміщуються, а утворюють кут, що дорівнює майже $23^1/_2$ градусам (тобто майже чверть прямого кута. рис. 7).



Мал. 7. Перетин екліптики з екватором.

Розгляньмо тепер рух сонця на екліптиці. Ті точки екліптики, де її перетинає небесний екватор, зветься точки рівнодення. В одній з них сонце буває на початку весни, 21-го березня. 2.000 років тому сонце в цей час було в сузір'ї Овна, а тепер воно в сузір'ї Риб. Друга точка перетину екліптики з екватором

є точка осіннього рівнодення. Ці точки звуться рівноденними, тому що, коли сонце буває на них, день дорівнює ночі всюди на землі. 21 березня, в день весняного рівнодення, сонце проходить через небесний екватор. Кожного дня воно дедалі більше вгору йде, віддаляючись від екватора на північ. Так триває до 22 червня, коли сонце досягає найбільшого північного віддалення, зупиняється і починає йти на південь. Це—день літнього сонцестояння, або сонцеповороту. Потім, опустившись на південь, сонце 23 вересня проходить через точку осіннього рівнодення, а 22 грудня досягає найбільшого віддалення на південь. Це зимове сонцестояння—деякий час сонце стоїть ніби на тому самому місці.

Боротьба за новий світогляд

Так от маємо вже другий позірний рух, що в нього люди вірили протягом тисячоліть. Землю вважалось за центр світу, що навколо нього обертались усі небесні світила, а між ними й сонце. Коперник доводив, що „центр землі не є центр всесвіту; всі шляхи йдуть навколо сонця; воно міститься посередині й є центр системи світу". Наша земля, разом з усіма своїми жителями, обертається навколо сонця, а що цей рух плавкий, без поштовхів і шуму, та, крім того, і ми беремо в ньому участь і всі навкольні речі, то ми його й не помічаємо: нам здається, що не земля обертається навколо сонця, а сонце, навпаки, рухається навколо землі, як центру всесвіту. Старе вчення, що вважало за центр всесвіту нашу землю, звуть геоцентричним світоглядом.

І вперше це вчення докладно подав більш як півтори тисячі років тому видатний грецький астроном Птоломей. Він написав книгу про будову всесвіту, під назвою Альмаґест. В старовину цю книгу шанували майже так само, як книги святого письма. Ніхто не сумнівався щодо правдивости відомостей, поданих у цій книзі, й майже півтори тисячі років, аж до Коперника, геоцентрична система світу, або, як ще її звуть,—система світу Птоломеєва мала загальне визнання. Вчення Коперникове про те, що в центрі всесвіту є сонце (грецькою мовою воно зветься геліос) зветься геліоцентричний світогляд, або від імени засновника цього вчення — Коперникова система світу.

В історії людства ніколи не бувало, щоб люди одразу відмовлялись від своїх старих помилок і раптом визнавали якесь нове вчення. Здебільша, між старим та новим вченням точиться боротьба. Боротьба ця часто буває запекла й жорстока і триває протягом багатьох років. Так само було й з новим вченням Коперника. Довгий час, протягом тисячоліть люди вірили в те, що вони бачили, й звикли до думки, що земля — нерухомий центр світу, а людина — цар світу, й для нього все утворено. Коли ось нове вчення каже їм, що це неправильно. Споконвіку нерухомий центр всесвіту — земля — зрушила з свого місця і з запаморочливою швидкістю помчала безоднями просторів світових. Це здавалось чимось неймовірним і жахливим. Крім того, на думку сучасників Коперника, його вчення суперечило святому письму, бо в ньому завжди землю розглядається, як нерухомий центр всесвіту, що навколо нього обертаються сонце, місяць та всі небесні світила. В одній з книг святого письма, наприклад, сказано „зупинись, сонце", а не сказано „зупинись, земле". В наслідок цього й думали, що вчення Коперникове не лише безглуздя, а ще й єретицьке, бо суперечить воно святому письму, та правди ніде діти. Дедалі більшало число прихильників нового вчення, й почалась запекла боротьба між новим і старим вченням. Та не тільки кпили з прихильників нового вчення, їх переслідували, кидали у в'язниці й навіть спалювали на славу католицької церкви. Так, приміром, загинув один з перших наслідувачів Коперника Джордано Бруно [1]). Він був чернець, але не вірив у забобони й тому скинув рясу. Він не тільки визнавав нове вчення, але пішов навіть далі, ніж його вчитель. Він навчав, що в безмежних просторах всесвіту багато є таких сонць, як наше. Ці сонця — міріяди зір, що сяють на небі. Навколо кожного такого сонця, як і навколо нашого, обертаються планети. Життя є не тільки на нашій землі, але й усюди в безмежних просторах всесвіту.

І за це своє вчення, що його тепер визнають правильним, Джордано Бруно спочатку кинули у в'язницю. А коли й у в'язниці не похитнулись його переконання, й лишився він тим самим

[1]) Джордано Бруно, родом з міста Ноли, завзято повставав проти старих середньовічних поглядів. Викладав філософію в Парижі. Роки життя його — 1550 — 1600. *Прим. перекл.*

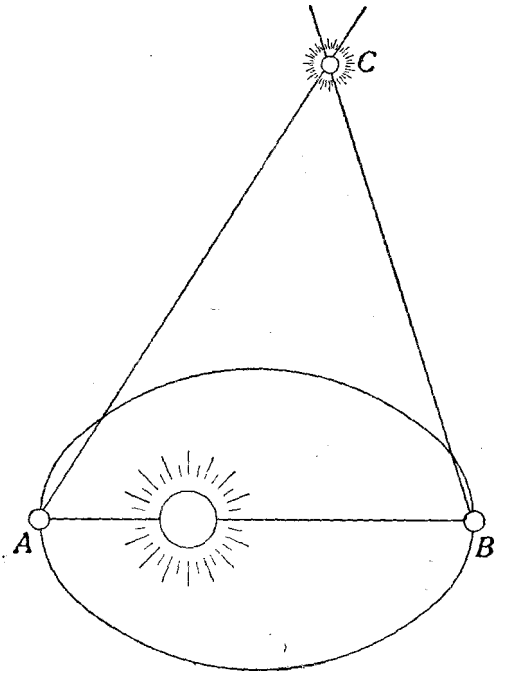
незламним філософом, то, за присудом інквізиції, його прилюдно спалили в Римі. Це було 300 років тому. Тепер на цьому місці— на площі Джордано Бруно стоїть пам'ятник, поставлений нащадками мученикові за нове вчення. Багато лиха зазнав за нове вчення і відомий вчений Ґалілео Ґалілей, що жив приблизно в ті самі часи. За те, що він проповідував нове вчення, його примушували зректися нового вчення й загрожували найжахнішими карами. Старого Ґалілея викликали до Риму. Тут в одній з церков, підчас урочистої служби божої, де було багато народу і вищих духовних осіб, старий Ґалілей, стоячи навколішках і поклавши руку на євангелію, повинен був зректися нового вчення й сказати: „Зрікаюсь, проклинаю і відразу маю до єресі про рух землі". Але старий не стерпів і, підвівшись, тупнув ногою й вигукнув: „А все ж вона рухається". Кінець життя свого Ґалілей жив під суворим доглядом духовних суддів (інквізиції) й незадовго до смерти осліп.

Навіть, по смерті його загрожували, що викинуть його кості, якщо прихильники його будуватимуть йому пам'ятника. Багато ще інших було мучеників за нове вчення.

Доказ річного обертання землі.

Тепер усі вважають учення Коперника за правильне, тепер ніхто не сумнівається, що земля обертається навколо осі й навколо сонця й вільно мчить світовими просторами, ні на що не спираючись — і мимоволі постає питання, чому так довго не визнавали вчення Коперникового? А пояснюється це тим, що коли Коперник подав своє нове вчення, він не міг навести таких точних і очевидних доказів, щоб кожний зрозумів правильність цього вчення. Коперник почував, що його вчення так само добре пояснює рух усіх небесних світил, як і старовинне вчення Птоломея. Крім того, він вважав своє учення за простіше, ніж старе геоцентричне, та цього було мало. Річ у тому, що для того, щоб повірити, що наша земля обертається навколо своєї осі і навколо сонця, треба бачити наочно цей рух, а це неможливо, бо щоб бачити цей рух, треба одлетіти від землі дуже високо й дивитись на неї з цієї висоти. Майже 300 років від часів Коперника людство шукало певних і точних доказів того, що земля рухається

навколо сонця; лише в минулому столітті знайшли цей доказ. Який же цей доказ? Ще противники Коперника цілком слушно зазначали, що коли б не сонце рухалось, а земля у просторі, то ми бачили б, що зорі, до яких наближається земля, розбігались би, а ті, від яких земля віддалялася б, — збігались би. Це цілком слушно, чому так? Тому що кут зору, що під ним ми бачимо дві якісь речі (таким кутом зветься кут, складений двома променями до двох речей), збільшуватиметься, коли ми наближаємось до тих речей, і меншає, коли ми віддаляємось від них. Ось чому, коли ми швидко їдемо на відкритій вагоновій плятформі, то всі речі, що від них ми віддаляємось, ніби сходяться, а ті, що до них ми наближаємось, розходяться. Те саме має бути, коли земля рухається: на нашому небесному потязі — землі ми то наближаємось до деяких зір, майже на 300 мільйонів кілометрів, то віддаляємось від них. Але не помічаємо ми, щоб зорі розходились, або сходились. Супротивники Коперника вважали, що це є доказ хибности його вчення. А як сам Коперник думав про це? Він казав, що зорі так далеко від нас, що той розмах, що його робить земля, обертаючись протягом року навколо сонця, є величина дуже незначна, і тому ми не помічаємо переміщення зір. Коперник мав рацію. На початку минулого століття доведено, що справді зорі трохи переміщуються підчас річного руху. А саме, здається, що вони описують на небі невеличкі овали (еліпси), такі маленькі, що їх спостережено лише для деяких зір і до того тільки в



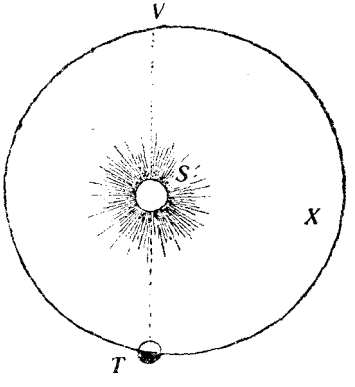
Мал. 8. Схема річного переміщення близьких зір.

сильні астрономічні труби. Коли довели це переміщення зір, то не могло вже бути сумніву, що наша земля рухається навколо сонця. Є ще один доказ річного руху землі, але про нього ми тут не будемо казати зовсім, бо зрозуміти цей доказ не так то легко.

Як обертається земля навколо сонця

Подивімось тепер, як обертається земля навколо сонця. Шлях, що його проходить вона навколо сонця, зветься орбіта (від латинського слова орбіс — коло).

Коперник припускав, що орбіта землі — коло, а другий великий астроном Кеплер, що жив пізніше, довів що земна орбіта є оваль, або його інакше звуть еліпса (мал. 9). Цю фігуру ви легко можете накреслити самі: візьмімо два гвіздки, встромімо їх на аркуші паперу, перекиньмо через них зв'язану нитку, натягнімо її вістрям олівця й обведімо навкруги, ввесь час натягуючи нитку. Тоді олівець накреслить овальну криву—еліпсу. Ті точки, де ми встромили гвіздки, зветься фокусами еліпси, лінію, що проходить через них і перетинає еліпсу, зветься великою віссю, середину її—центром еліпси, а лінію, що проходить через центр простопадно до великої осі, зветься мала піввісь еліпси. Наша земля рухається навколо сонця еліптичною орбітою, але сонце при цьому міститься не в центрі еліпси, а в одному з фокусів, так що віддаль землі від сонця протягом року змінюється. Та точка земної орбіти, де земля буває найближче від сонця, зветься перигелій, а та, де віддалення від сонця найбільше, зветься *афелій*. В перигелії земля буває взимку, а в афелії влітку. Не думайте, що еліпса земної орбіти подібна до поданої на малюнку. Вона так мало відрізняється від кола, що коли б її точно передати відповідним маштабом на сторінці цієї книги, ми ніколи не сказали б, що це еліпса.



Мал. 9. Земля робить один оборот навколо сонця в $365^1/_4$ діб. Обертається навколо сонця зі скорістю 106.000 кілометрів на годину, проходячи протягом року 930 мільйонів кілометрів.

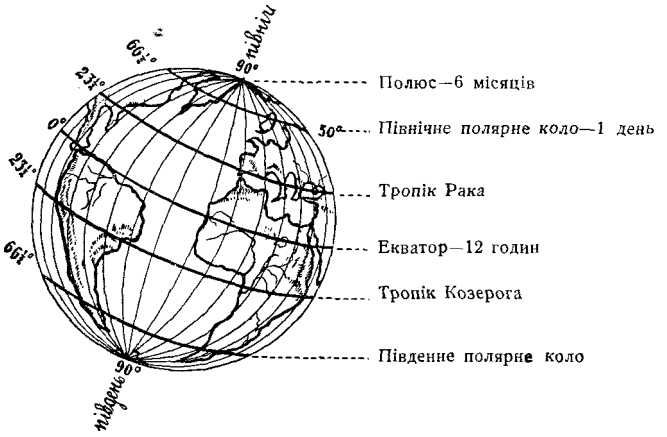
А як же дізнались, що шлях землі навколо сонця—не коло, а еліпса, дуже близька до кола? Про це дізнались, стежачи за видимим рухом сонця й за зміною його видимого діяметра. В перигелії, коли сонце до нас найближче, цей видимий діяметр буде найбільший, а в афелії, коли сонце від нас найдальше, діяметр буде найменший. Отже, підчас річного руху землі навколо сонця, воно здається нам то меншим, то більшим. Ця зміна у величині сонця така непозначна, що голим оком її й не помітиш. Але про це дізнались спостерігаючи сонце в астрономічні труби. Астрономи помітили цю зміну й зробили відси висновок про форму земної орбіти. Зазначмо ще одну особливість в русі землі навколо сонця. Земля не лише обертається навколо сонця, але й навколо своєї осі. Який напрямок має вісь обертання землі підчас річного руху: чи буде вона проста (перпендикулярна до площі земної орбіти, чи нахилена? Чи лишається кут нахилу її той самий, чи змінюється? Що небесний екватор має нахил до екліптики в $23^1/_2°$, то, значить, і земна вісь і площа орбіти земної утворюють такий самий кут. Про розміри цього кута можна скласти собі уявлення так: візьміть олівець, поставте його спочатку прямо, а потім нахиліть його майже на чверть прямого кута (приблизно $23^1/_2°$), тоді ви матимете кут нахилу земної осі до площі її орбіти. Щоб уявити собі, як переміщується вісь землі, коли земля обертається навколо сонця, треба вести олівець колом, яке позначає у нас земну орбіту, так, щоб один напрямок цієї осі був рівнобіжний з будь-яким іншим. Отже, земля наша обертається навколо своєї осі, а не навколо сонця, і при цьому нахил земної орбіти не змінюється, а напрямок осі в просторі лишається завжди рівнобіжним з самим собою.

Що постає в наслідок обертання землі навколо своєї осі

В наслідок обертання землі навколо осі маємо на землі чергування дня та ночі. Потім, в наслідок добового обертання землі навколо своєї осі і річного обертання навколо сонця постає таке відоме явище. Ми знаємо, що взимку дні коротші, а ночі довші, а влітку навпаки: ночі короткі, а дні довгі. Чому це? Спробуймо з'ясувати. Сонце дуже далеко від нашої землі, а земля мала порівняно з тим віддаленням, а тому промені, що

йдуть до нас від сонця, можна вважати за рівнобіжні. Легко переконатись цього, коли накреслити велике коло, в центрі нарисувати сонце, як невеличку кулю, а на обводі кола нарисувати землю нашу, завбільшки як крапка. Промені, що падають від сонця на землю, розділюють її на дві рівні половини: світлу — денну і темну — нічну. Коли б вісь обертання землі була проста (перпендикулярна) до площі земної орбіти, то на землі день завжди був би такий, як і ніч, бо тоді роздільна лінія між темною й освітленою частиною проходила б через кінці осі обертання (тобто через полюси), і всі кола, що їх описує кожна точка землі, *були б поділені навпіл*. Тому кожна точка землі половину кола проходила б у затемненому боці й половину кола в освітленому денному; але, справді, вісь земна нахилена до площі орбіти і крім, того переміщується рівнобіжно сама з собою. В наслідок цього роздільна лінія між темною та освітленою частинами лише двічі на рік, а саме — 21 березня й 23 вересня, проходить через кінці земної осі обертання (полюси) і розділяє всі круги, кола, що ними обертаються точки земної поверхні (паралельні кола, або *кола широт*) навпіл. В ці дні, на всій землі денні та нічні дуги, описувані точками землі підчас її обертання, рівні. Інакше кажучи, в ці дні, день дорівнює ночі всюди на землі. Таке положення землі зветься весняним (21 березня) і осіннім (23 вересня) рівноденням. Коли земля в своєму русі дійде положення, що позначено на мал. 9 значком Т, тоді один кінець земної осі (полюс), а саме північний полюс буде відхилений від сонця. Тоді роздільна лінія між освітленою й темною частиною не проходить вже через *полюси* й тому кола, описувані точками на земній поверхні, поділяються на нерівні частини: в північній півкулі денні дуги, описувані точками земної поверхні, будуть коротші, ніж нічні, а в південній півкулі (по другий бік від екватора) навпаки — нічні дуги будуть коротші, ніж денні. Отже, за такого положення осі обертання в північній півкулі будуть довгі ночі й короткі дні, а в південній навпаки — короткі ночі й довгі дні. В усіх тих точках земної кулі, що містяться між північним полюсом і роздільною лінією освітленої й темної частин, дня зовсім не буде. Всі такі точки містяться між північним полюсом і паралельним колом, що проходить на віддаленні $23^1/_2°$ від північного полюса. Це коло зветься північно-полярне коло (мал. 10)

На цьому колі 22 грудня ніч триває цілу добу. А на самому полюсі ніч триває півроку. В тих місцях, що між північним полюсом і полярним колом, довжина ночі змінюється від доби до півроку, залежно від того, де буде ця точка землі: що ближча вона до полюса, то довша ніч. Коли північний полюс землі нахилиться до сонця, то роздільна лінія між освітленою денною частиною й темною нічною розділить усі кола, описувані точками землі підчас її обертання на нерівні частини: денні дуги будуть більші за нічні в північній півкулі. В південній півкулі



Мал. 10. Тривалість дня й ночі для різних широт у день літнього сонцестояння.

навпаки — нічні дуги будуть більші, ніж денні. Отже, в північній півкулі дні будуть довші за ночі, а в південній — навпаки. В тих точках землі, що містяться на північному полярному колі, день триває цілу добу. В південній півкулі, в точках, що містяться на південному полярному колі, ніч тоді триватиме цілу добу. Щодо точок між полюсом і полярним колом у північній півкулі, то тут дні будуть то довші, що ближче місце до полюса. А в південній півкулі ночі будуть то довші, що ближче буде місце до південного полюса. Роздільна лінія між освітленою й темною частинами, між днем і ніччю на земній поверхні завжди протягом року розділяє екватор, тобто те коло, що проходить на землі на однакових віддаленнях від північного та південного полюсів, на дві рівні частини. Тому на екваторі день завжди до-

рівнює ночі, а в точках землі, що між полюсом і екватором, довжина днів і ночей змінюється протягом року, при чому, коли в північній півкулі дні довгі, а ночі короткі, то в південній півкулі будуть тоді дні короткі, а ночі довгі. Те, що ми казали вище про довжину дня й ночі на земній поверхні, може й не так цікаве, але все це треба знати, щоб правильно розуміти всі навкольні явища.

Тепер ми в короткий час намагаємось зрозуміти й засвоїти те, над чим працювала невтомно думка людська протягом тисячоліть, шукаючи правильного розв'язання.

Чому на землі чергуються доби року

Чому взимку холодно, а влітку тепло? Може, взимку ми далі від сонця, а влітку ближче? Зовсім ні. Доведено, що зміна віддалення землі від сонця жодного значіння для нагрівання землі не має. І справді, взимку ми не тільки не далі від сонця, ніж улітку, а навіть ближче. Чому ж тоді взимку холодно, а влітку тепло? Ступінь нагрівання, якоїбудь поверхні, як навчає фізика, залежить між іншим від величини того кута, що під ним падають на цю поверхню теплові проміння. Що пряміший цей кут, то більше буде нагрівання й навпаки: що гостріший буде цей кут, то менше нагрівання. Можна таким простим способом переконатись цього. Коли нам треба зігріти руки, то ми ставимо долоні до грубки так, щоб теплові проміння падали на них прямо (перпендикулярно). Взимку, як усі ви знаєте, сонце не високо стоїть над обрієм, і проміння його падає на землю під гострішим кутом, ніж улітку, а тому й менше нагріває землю. Крім того, взимку дні коротші, й сонце менше часу перебуває над обрієм і протягом меншого часу огріває землю, ніж улітку. Ось чому взимку холодніше, ніж улітку. А влітку, навпаки, сонячне проміння падає пряміше на поверхню землі, й сонце довший час над обрієм, ніж взимку, і тому влітку буває тепло. Таким робом, в наслідок того, що вісь обертання нашої землі нахилена до площі її орбіти, і що вона переміщується в просторі рівнобіжно сама з собою, чергуються доби року на землі. Однак, можна запитати, чи ці доби року чергуються так само на всій землі, чи є яка ріжниця? Цілу земну кулю поділяють на п'ять

так званих кліматичних поясів. Подивімось, що то за пояси. Коли ми відлічимо на дузі будь-якого меридіяна $23^1/_2$° (градуси) від екватора на північ і $23^1/_2$° на південь і проведемо потім через кінці цих дуг кола, рівнобіжні з екватором, то ввесь обшир землі між цими колами й є так званий жаркий пояс. В усіх точках землі, що містяться між тропіками, клімат жаркий, або тропічний. Зими тут ніколи не буває, тут завжди літо, сонце завжди високо над обрієм і двічі на рік стоїть воно саме над головою, або в зеніті (зенітом зветься та точка на небі, в яку доходить продовжена вгору лінія стрімниці, а протилежна точка на небі під нашими ногами по той бік землі зветься надиром). Тоді від речей немає тіні. Коли відлічити від тропіка Рака в напрямку до північного полюса 43° (градуси) і провести через кінець дуги коло, то ввесь обшир між цим колом (так званим північним полярним колом) і тропіком Рака є те, що зветься північний помірний пояс. Коли відлічити 43 градуси на південь від тропіка Козегора й через кінець дуги провести коло, рівнобіжне з екватором (так зване південне полярне коло), то ввесь обшир між тропіком Козерога та південним полярним колом є те, що зветься південний помірний пояс.

В помірних поясах—а в одному з них і ми живемо—буває чотири доби року: весна, літо, осінь і зима, залежно від положення земної осі до сонця. Чергування діб року в обох помірних поясах неоднакове. Коли, приміром, у нас зима, в південному помірному поясі буває літо; коли у нас літо, там зима; коли у нас весна—там осінь, тобто чергування діб року в обох півкулях землі зворотне.

Обшир землі між полярними колами й полюсами (тобто кінцями земної осі) становить так звані холодні пояси землі. Їх теж два: південний і північний холодні пояси. В холодних поясах буває лише дві доби року: довга й сувора зима й дуже коротке літо. На полярних колах раз на рік день дорівнює добі й раз на рік ніч дорівнює добі. Це буває 21 грудня й 21 червня. А що ближче до полюсів, то довші бувають дні й ночі, і вже на полюсах, як ми бачили, буває піврічний день, що його невеличку частину становить літо, й північна ніч з полярною зимою. Отже, чергування дня й ночі на землі є наслідок обертання землі навколо своєї осі, а чергування діб року є наслідок річного руху землі навколо сонця.

Вимір часу

Ще в дуже давню давнину почали вимірювати час, беручи на увагу рівномірний обертальний рух нашої землі навколо осі та рух землі навколо сонця. Але тоді вважали землю за нерухомий центр всесвіту, а позірний рух сонця на небі за справжній і вимірювали час за рухом сонця. Уважно й протягом довгого часу спостерігаючи рух сонця на небі й рух нічних світил, що сходять, підіймаються вище й вище на небі, а потім заходять, людина давно вже визначила першу одиницю часу, тобто добу. Це було дуже давно, ще на світанку людської історії.

Як обчислити протяжність доби? Це робиться так: обираємо якусь яскраву зірку й стежимо, коли вона проходить саме через небесний меридіян. Небесним меридіяном зветься те коло на небі, що його можна провести через полюс світу і через зеніт. А полюсом світу зветься та точка на небі, куди доходить уявно продовжена земна вісь. Вона лежить недалеко від так званої Полярної зорі. Якимбудь способом зазначимо момент, коли наша зоря буде в меридіяні й почекаємо, поки вона в наслідок добового обертання знову буде в меридіяні. Переміжок між цими двома проходженнями тієї самої зорі через меридіян зветься зоряною добою. Всі зоряні доби рівні, бо обертання землі навколо осі, а значить і позірне обертання землі навколо осі в зворотному напрямку рівномірне.

Але протяжність доби можна виміряти ще інакше. А саме, треба зазначити, коли через меридіян проходить центр сонця. Це буде саме опівдні. Коли виміряти час, що минає від одного проходження центру сонячного через меридіян до другого, то цей переміжок часу й є так звана сонячна доба. Коли порівняємо між собою зоряну та сонячну добу, то побачимо, що сонячна доба майже на 4 хвилини більша за зоряну добу. Це постає тому, що сонце не лише видимо обертається разом з усім небесним склепінням у напрямку зі сходу на захід, а має крім того ще видимий річний рух на небі в напрямку протилежному, тобто з заходу на схід, а тому проходження його через меридіян трохи запізнюється порівняно з зорями.

Пояснімо це таким прикладом. Ось перед нами велика куля, що обертається навколо осі протягом доби. Позначаємо в деякий

момент якусь крапку на кулі, і коли після деякого переміжку часу цю крапку знову можна буде бачити в такому самому напрямку, як і раніш, то ми звичайно скажемо, що куля обернулась один раз навколо своєї осі й минула одна доба. Але уявімо собі, що на цій крапці сидить дрібненька комаха, яка повільно переміщується в протилежний бік порівняно з обертанням кулі, й спробуємо визначити час обертання кулі, стежачи за цією комахою. Чи буде той самий наслідок, як і першого разу, коли ми визначали час з нерухомої крапки? Звичайно ні, бо протягом часу, коли нерухома крапка зробить повний оборот, комаха трохи одлізе, й куля має ще деякий час повертатись, поки побачимо ми комаху в первісному напрямку. Приблизно те саме буває, коли визначаємо ми протяжність доби, спостерігаючи рух сонця.

Зоряна доба завжди незмінна, тобто одна зоряна доба дорівнює кожній іншій зоряній добі. А протяжність зоряних діб протягом року неоднакова. Сонячні доби бувають і коротші і довші. Це буває тому, що позірний річний рух сонця на екліптиці не рівномірний: іноді він прискорюється, іноді уповільнюється. Виміряти час за сонячною добою незручно й тому, що тоді протяжність діб протягом року була б неоднакова. А що ми живемо й робимо всі наші справи, як кажуть, за сонцем, а не за зорями, то й умовились за одиницю часу вважати середню сонячну добу. Щоб обчислити протяжність цієї доби, треба скласти протяжність всіх сонячних діб за рік і суму поділити на число діб. Така середня доба інакше ще зветься цивільна доба. В нашому звичайному житті ми живемо за середнім, або цивільним часом. Середня, або цивільна доба приблизно на 4 хвилини довша, ніж зоряна.

Як відомо, доба поділяється на 24 години, година на 60 хвилин, а хвилина на 60 секунд. В колишній Росії добу поділяли спочатку на 12 годин, і лише з 1722 р. наказом уряду заведено загально-европейський поділ на 24 години.

Час вимірюють особливими приладами, що звуться годинниками. Годинники з маятником, що ними ми вимірюємо час, уперше зробили порівняно недавно—в XVII столітті. Перший такий годинник зробив відомий вчений Гюйґенс[1]), а до того часу

[1]) Христіян Гюйґенс—голяндський вчений, фізик, геометр і астроном. Перший застосував у годинниковому механізмі спіралю і точно обчислив закони руху маятника. (Народ. 1629—пом. 1695). *Прим. перекл.*

з найдавніших часів уживали сонячних годинників, де час позначається тінню від стрижня, прикріпленого до дошки, на мурі, або вкопаного в землю. Були ще в старовину й водяні годинники, або клепсидри. Тут час вимірялось за кількістю води, що витікала з посуду, де плавав поплавець. Цей поплавець і правив за стрілку, що позначала час. Час визначався тут витіканням води, або вибіганням її, й тому постав вислів „час біжить“.

Місцевий час

Що наша земля має форму кулі, то очевидно, що годинники, орієнтовані на сонце, показуватимуть в різних частинах земної кулі в той самий момент різний час. Наприклад, коли в Харкові сонце проходить меридіян, тобто опівдні, в тих місцевостях, що на схід від Харкова, буде вже більш, як південь, бо там сонце перейшло меридіян раніш, ніж у нас. А в місцевостях на захід від Харкова годинники показуватимуть менше півдня, бо там сонце ще не переходило меридіян. А в тих місцях, що є на протилежній частині земної кулі під Харковом, годинник показуватиме північ. Отже, кожна точка на земній кулі має свій середній сонячний час, або, як кажуть інакше, місцевий час.

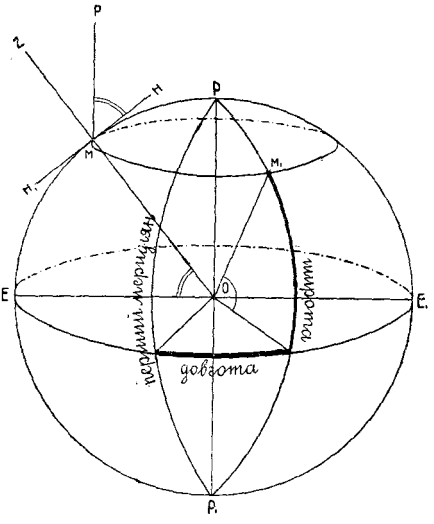
Треба при цьому зауважити, що всі місця на землі, які є на тому самому географічному меридіяні (коло, що проходить через усю землю від полюса до полюса), мають той самий місцевий час, бо в усіх таких місцях сонце проходить меридіян (тобто буває південь) в той самий момент. З цього завжди можна дізнатись, чи два якихось пункти будуть на тому самому меридіяні, чи на різних. Для цього треба тільки порівняти свій годинник, приміром харківський, з місцевим. Коли годинники показуватимуть однаково, то, значить, обидва пункти містяться на тому самому географічному меридіяні, або, як кажуть, мають ту саму довготу (географічні меридіяни ще звуться—к о л а д о в г о т). Коли харківський годинник показує менше, ніж місцевий, значить, цей пункт на схід від Харкова, а коли харківський годинник показує більш, ніж місцевий, значить пункт цей буде на захід від Харкова.

Поняття про довготу та широту

Місцевий час дає нам змогу обчислити положення якогось місця на земній кулі. Сонце протягом доби робить видимий пов-

ний оборот навколо землі (не треба забувати, що цей рух сонця є позірний в наслідок обертання землі навколо осі в протилежному напрямку). Протягом доби, тобто 24 годин, сонце переходить усі небесні меридіяни, тобто перейде проти всіх кіл довгот на землі. Ось тут і можна визначити положення якогось пункту на земній кулі. Робиться це так.

Обираємо на поверхні землі якийбудь географічний меридіян, або коло довгот і від нього вимірюватимемо віддалення. За таке початкове, або відпровідне (головне) коло обирають найчастіше меридіян, що проходить через астрономічну обсерваторію в місті Ґрінвічі в Англії. В Росії часто бралось за початковий меридіян Пулківський, тобто той, що проходить через Пулківську астрономічну обсерваторію. Як же можна виміряти віддалення якогось місця до головного меридіяна? Може, верстами, кілометрами і взагалі якимись лінійними мірами? Ні. Це роблять інакше. Віддаль до 1-го меридіяна умовились позначати куди простіше, й робиться це так. Проведімо в уяві через пункт спостереження на землі коло, рівнобіжне з екватором. Це буде коло широт (мал. 11). Ви знаєте, що всяке коло поділяється на 360 рівних частин, і вони звуться градуси; кожен градус має 60 дугових мінут, а кожна дугова мінута—60 дугових секунд. Порахуймо тепер на колі широт, на скільки градусів, мінут і секунд наше місце буде на схід, або на захід від головного меридіяна. Коли, приміром, виявилось, що воно буде на 10° 5′ 30″ (10 градусів, 5 мінут, 30 секунд) на схід від головного меридіяна, то кажуть тоді, що східня довгота цього місця дорівнює 10°5′30″. Коли вона, приміром, буде на 20° (градусів) 25′ (мінут) 47″ (секунд) на захід від головного меридіяна, то кажуть, що західня довгота цього місця дорівнює 20°25′47″. Звичайно, поди-



Мал. 11. Широта й довгота.

вившись на географічний ґльобус, або мапу, дуже легко визначити довготу якогось місця, але як це зробити не на мапі, а на землі? Як, приміром, дізнатись, яка довгота міста Харкова? Це можна зробити за допомогою годинника, а саме так. Старанно перевіривши свій годинник, я дізнаюсь, що ґрінвічський годинник відстає від харківського на 2 години 24 хвилини 56 секунд. Про це можна було б дізнатись телеграфом, бо віддаль від Харкова до Ґрінвіча електричний струм проходить майже миттю.

Коли я дізнався про місцевий час у Ґрінвічі, то щоб дізнатись, на скільки градусів, мінут і секунд Харків на схід, або на захід від Ґрінвіча, я розв'язую таке просте завдання. Що мій годинник поспішає проти ґрінвічськото, то, значить, Харків буде на схід від Ґрінвіча. На скільки ж градусів, дугових мінут і секунд? Це можна обчислити так. Протягом 24 годин, або 1440 мінут сонце робить повний оборот на небі навколо землі, тобто обертається на 360, або на $360 \times 60 = 21600$ (дугових мінут). Протягом хвилини сонце обертається на $21600 : 1440$—на 15 дугових мінут. Для того, щоб з Харківського меридіяна сонце перейшло на Ґрінвічський, треба 2 години 24 хвилини 56 секунд, тобто майже 145 хвилин. Що кожної хвилини сонце проходить, як ми бачили, 15 дугових мінут, то віддалення від Харкова до Ґрінвіча дорівнює $145 \times 15 = 2175$ дуговим мінутам, або 36° (градусам) і 15′ (мінутам). Це є довгота міста Харкова.

Коли, наприклад, ми на морі й хочемо визначити, в якому саме ми пункті земної кулі, то нам треба буде особливими інструментами визначити місцевий час, а потім подивитись на годинник, що йде, приміром, за ґрінвічським часом, і порівняти місцевий час і ґрінвічський. Ріжниця і позначатиме східню, або західню довготу місця в годинах, мінутах і секундах порівняно з Ґрінвічем, а цю величину легко вже можна перечислити на дугові градуси, мінути і секунди вищенаведеним способом.

Але не досить визначити лише довготу місця, щоб дізнатись про положення його на землі. Чому так? Тому, що всі місця на тому самому меридіяні (колі довгот) мають той самий місцевий час. Інакше кажучи, ту саму довготу від Ґрінвіча має дуже багато пунктів на земній кулі. Отже, треба зазначити, в якому пункті кола буде місце спостереження. Для цього треба знати положення кола широти, що проходить через місце спостереження. Поло-

ження кола широти для місця спостереження, або, як кажуть, географічну широту місця обчислюють, одлічивши на дузі меридіяна або—а це те саме—на дузі кола довгот, на скільки градусів, мінут і дугових секунд коло широт віддалене на північ або на південь від екватора, й тоді кажуть, що це місце має стільки й стільки градусів, мінут і секунд північної або південної широти. Наприклад, Харків має північну широту 50° (градусів) 10,2″ (дугових секунд).

А як же визначають широту місця дебудь на морі? Це роблять, спостерігаючи сонце або зорі. Докладно ми казати про це не будемо, а скажемо тільки, що широта місця майже дорівнює в дугових одиницях висоті полярної зорі над обрієм. Широта й довгота місця —це є, як кажуть, географічні координати місця.

Зміна числа підчас кругосвітних подорожей

Що кожний пункт на земній кулі на різних колах довгот має свій місцевий час, то підчас кругосвітних подорожей трапляються цікаві явища. Уявімо собі, наприклад, що з Харкова виїхали 2 подорожувачі, при чому один їде ввесь час на захід, а другий на схід. Через деякий час обоє вони об'їдуть навколо землі, і припустімо, що приїдуть до Харкова одночасно. В Харкові годинник показує північ вночі на неділю. Але жоден з наших мандрівників не згодиться з цим. Той, що їхав увесь час на схід, запевнятиме, що за його календарем буде не неділя, а понеділок, а той мандрівник, що їхав увесь час на захід, навпаки, запевнятиме, що за його рахунком тепер субота, а не неділя.

Отже, троє приятелів можуть зустрітись у суботу, у неділю й понеділок; вони сперечатимуться, кожен буде доводити своє і кожен матиме рацію з свого погляду. Справді, підчас кругосвітних подорожей, що їх роблять на схід, один день, як приїдуть додому, буде зайвий порівняно з місцевим часом. А коли кругосвітню подорож роблять на захід, то мандрівник нарахує на один день менше порівняно з місцевим часом. Між іншим, коли супутники відомого подорожувача Маґеллана, що вперше об'їхали навколо землі, з заходу на схід, повернулися в Еспанію, то дуже здивувались, що в Еспанії тоді було 10 липня 1522 року, тимчасом як, згідно з їхнім корабельним журналом, було ще

тільки 9 липня 1522 р. В зв'зку з цим вони навіть спокутували свій гріх, вважаючи, ніби неправильно дотримували посту.

Чого ж буває така плутанина в рахуванні днів? Тому, що мандрівник, який їде ввесь час на схід, тобто в той бік, в який обертається земля навколо своєї осі, нарахує на один оборот землі навколо осі, а значить і на одну добу більше, ніж той, що сидить на місці. Це буває тому, що підчас своєї подорожі один зайвий оборот робить він сам. Навпаки, той, хто їде на захід, тобто напрямком, протилежним до обертання землі, нарахує на один оборот землі, а значить і на одну добу менше, ніж той, що лишається на місці, бо їде він проти обертання землі й один оборот навколо землі робить у напрямку, протилежному до її обертання навколо осі.

Щоб уникнути таких незручностей підчас кругосвітних подорожей у Великому океані, від Берінґової протоки, на захід від Японії, Нової Ґвінеї, Нової Зеляндії, тобто на боці земної кулі, протилежному Лондонові, проведено на мапі розмежувальну лінію дня й ночі. Коли корабель перепливає її, йдучи зі сходу на захід, то в корабельному журналі додають один день, наприклад, після середи одразу записують п'ятницю, після 3-го числа рахують 5-е. А коли пливуть з заходу на схід, то в корабельному журналі підряд два дні рахують за той самий, наприклад дві неділі, і двічі те саме число. Таким робом і уникається плутанини в рахуванні днів. А щоб не було незручностей, у зв'язку з місцевим часом, нещодавно ввели до вжитку так званий поясний час.

Всю земну кулю поділяють на 24 частини колами, що проходять через полюси. В кожній такій частині або поясі в усіх пунктах умовились рахувати той самий час. А час кожного сусіднього поясу буде на одну годину назад, або наперед, залежно від того, чи буде цей пояс на схід, чи на захід від Ґрінвіча. Через Европу проходять три пояси: Західньо-европейський, Середньо-европейський і Східньо-европейський. У нас на Україні годинники йдуть за східньо-европейським часом.

Місячний рік

Великі переміжки часу, наприклад, протяг життя людського, різні історичні події тощо, було б незручно рахувати за добами, бо довелося б рахувати дуже великими числами. Треба було

вигадати якусь велику одиницю часу. Відки ж узяла її людина? Спочатку із спостережень над місяцем. Як відомо, місяць змінює свій зовнішній вигляд, тобто має свої фази. То він сяє на небі, у повні, то як півколо, то світить вузеньким серпом. Людина давно звернула увагу на місяць і помітила, що від однієї фази до іншої минає приблизно $29^1/_2$ днів, і таким чином дійшли до нової одиниці часу—до місяця. 12 місяців сполучили в один ще більший період часу, і то був місячний рік. Місячний рік мав шість місяців по 29 днів і 6 місяців по 30 днів, а разом 354 дні.

Місячний рік—найстаровинніша міра часу. Місячним роком рахували час старовинні вавилоняни, індуси, китайці, євреї та інші народи. У слов'ян до прийняття християнства рік був теж місячний, але мав він не 12, а 13 місяців по 27 днів кожен. Старовинні назви цих місяців збереглися ще й досі в нашій мові (серпень, травень тощо). Помітила також людина, що від однієї місячної фази до наступної минає майже 7 днів, і таким чином дійшли до другої одиниці часу—до неділі. Дні тижня присвятила людина сонцю, місяцеві і п'ятьом відомим тоді мандрівним світилам (планетам), Марсові, Меркурієві, Юпітерові, Венері, Сатурнові, що від них, на думку старовинних мудреців, залежала доля народів і окремих людей.

Сонячний рік

Коли б доби року, чергування жарких та холодних місяців і скреслення річок добре згоджувалися з рухом місяця, то місячний рік був би найпростішим і найзручнішим для людини. Але ще старовинні дослідники помітили, що доби року чергуються не через 354 дні, а приблизно через 365 днів, коли сонце знову повертається на своє попереднє місце серед зір. Ще старовинні єгиптяни,—а їхній добробут і життя дуже залежали від їхньої великої ріки Нілу, — помітили, що скоро засяє на сході на світанку найяскравіша зоря нашої північної півкулі—Сіріюс, починається повідь на Нілі, й таким чином вони обчислили довжину сонячного року в 365 днів. А старовинні вавилоняни спостерігали, коли тінь від високих кам'яних стовпів (ґномонів) знову після деякого часу буває така сама завдовжки і йде тим самим напрямком. Вони ще точніше визначили сонячний рік, а саме—

вважали, що він має $365^1/_4$ днів. Так постала нова одиниця часу— сонячний рік.

Але людина не одразу перейшла до рахування часу за сонячним роком. Велику бо силу має звичка. Щоб узгодити місячний рік з добами року, деякі народи, наприклад, старовинні греки, вставили в місячний рік додатковий 13-й місяць; а інші зберегли 12 місячних місяців у році, але збільшили в них число днів. Так зробили старовинні римляни, які починали рік з першого березня й рахували в місяці то 31, то 30 днів, за винятком лютого, в якому було 28 днів.

Юліянський календар і старий стиль

Середня протяжність римського року була більша, ніж справжній сонячний, а що, крім того, найвищі жерці, які складали календар, робили, що хотіли, іноді скорочуючи, іноді збільшуючи місяці, то календар дійшов великого безладдя: весняні свята доводилось справляти восени, свята з приводу жнив узимку. Тоді римський вождь, і державний діяч, Юлій Цезар, вирішив виправити календаря і звернувся до міста Александрії, що була тоді осередок учености, до астронома Созіґена і просив виправити календаря. Це було в 46 році до нашої ери. Созіґен дуже добре розв'язав поставлене йому завдання.

Насамперед, до цього року (46-го) додали 85 днів, щоб узгодити його з рухом сонця; отже, цей рік мав 445 днів. Мабуть таки це накоїло багато плутанини в тодішньому житті, бо цей рік і тоді називали плутаним роком. А далі рік вимірювали в $365^1/_4$ діб. Таку величину сонячного року було обчислено з спостережень. З природою звичайно нічого не вдієш, та дріб в обчисленні діб—дуже незручна штука в практичному житті. Справді, коли цього року новий рік починається опівночі, то наступного року, тобто через 365 з чвертю діб, він починається не опівночі, а о 6-й годині ранку, ще через рік, почнеться він о 12 годині дня. Потім о 6-й годині вечора і т. ін., тобто початок року припадатиме на різні години дня. А практично це дуже незручно.

Але Созіґен дав собі раду з цією справою: умовились рахувати в році 365 днів, а коли через 4 роки з отих чвертей діб

складалась ціла доба, то їх додавали до 4-го року і в ньому рахували вже 366 днів. Цей додатковий день був у місяці лютому, й цей день звали біссекстус, що значить двічі шість. А звідси вже походить наша назва високостовий, або високосний для того року, що має 366 днів.

Які ж роки вважати за прості й які за високосні? Згідно з наказом Юлія Цезаря, новий календар завели до вжитку в 45 р. до нашої ери. Цей рік і був високосний, а тому й четвертий рік після нашого літочислення, 8-й, 12-й і т. інші роки були високосні. Тепер легко зрозуміти, що високосним роком буде такий, що його назва, позначена в числах, ділиться на 4. Наприклад, 1800, 1900, 1904, 1908 і т. ін. були високосні роки, а 1801, 1905, 1913 були прості. Високосний день тепер додається до місяця лютого, і в тому році він має 29 днів. На честь Юлія Цезаря нове літочислення назвали юліянським.

Цивільний календар і новий стиль

Та чи можна вважати юліянський календар за цілком правильний? Дуже скоро після початку нашої ери переконались, що й цей спосіб неправильний, бо справжній рік, тобто час, що протягом його сонце робить один оборот на небі серед зір, дорівнює не 365 добам, а буде трохи менший, так що за 128 років числення за юліянським календарем відстає від дійсного на 1 добу. 325-го року після нашого літочислення ця помилка в рахуванні днів дорівнювала 3-м дням, і цю помилку виправили, але причина, що зумовила її, лишилась, тобто рік визнавали й далі в $365^1/_4$ діб. В наслідок цього що 128 років ріжниця досягала однієї доби. В XV столітті ця помилка вже являла поважну величину, й люди бачили, що треба реформувати календар. Але з різних причин цю справу відкладали, і лише в 1582 р. цю реформу здійснив папа Григорій XIII.

1582 року ця помилка в численні часу дорівнювала 10 дням. Папа наказав виправити її, й для цього замість 5-го жовтня почали рахувати 15 жовтня, а щоб не припускати помилки й надалі й узгодити календар зі справжнім рухом сонця, змінили рахування високосних років. За юліянським календарем, всі роки повних століть, напр., 1700, 1600, 1900 і т. ін. вважається за

високосні, а папа Григорій наказав вважати за високосні тільки ті роки повних століть, що в них число століть ділиться на 4 без остачі. Наприклад, 1600 р. був високосний і за юліянським і за григоріянським календарем. 1700 р. був високосний за юліянським календарем і простий за григоріянським, бо 17 не ділиться на 4 без остачі. Так само, невисокосні за новим календарем були 1800, 1900 роки, а 2000 рік буде високосним в обох календарях. Щодо років з неповними століттями, то рахунок високосних років за обома календарями однаковий, наприклад, 1924 р. високосний і за юліянським і за григоріянським календарем. Новий календар від імени папи Григорія XIII зветься григоріянським, а рахунок за ним—новим стилем; тимчасом, як рахунок за юліянським календарем зветься старим стилем. Ріжниця між старим і новим стилем досягла 13 днів. Союз Радянських Республік і всі культурні народи рахують за новим стилем.

Чи має наша земля ще якийбудь рух, крім добового та річного? Добовий рух землі навколо осі і річний рух навколо сонця—найголовніші, що мають величезне значіння для нашого повсякденного життя. Але, крім цих двох головних рухів, є ще деякі інші рухи, що не мають такого великого значіння, наприклад, форма шляху, що його земля описує навколо сонця, трохи змінюється, змінюється приміщення цього шляху (земної орбіти) в просторі, трохи змінюється нахил земної осі до площі орбіти, коли земля разом з сонцем та іншими планетами мчить до групи зір—сузір'я Ліри. Але про ці рухи ми не будемо казати, бо практичного значіння вони не мають.

Атмосфера

Земну кулю оточує з усіх боків газувата оболонка, або так звана атмосфера, тобто газувата сфера (атмос—пара, газ). Атмосфера рухається разом з землею й не відлітає геть, бо її тримає сила земного тяжіння. В старовину і пізніше вважали аж до початку XVII століття, що атмосфера не має жодної ваги, а тепер ми знаємо, що вона має вагу і справляє певне тиснення на всі тіла, що є на поверхні землі. Вперше італійський вчений Торрічеллі в XVII столітті довів своїми спробами, що на кожен квадратовий сантиметр поверхні землі атмосфера тисне з силою,

яка дорівнює майже 1 кілограмові, а що поверхня землі дорівнює 510.082.000 кв. кілометрів, то тиснення атмосфери на всю земну поверхню можна обчислити, помноживши 1 кілограм на це число.

Тиснення атмосфери позначається особливими приладами, так званими барометрами. Як далеко над землею є атмосфера? Чи йде вона в вишину, чи є якась межа, поза якою немає вже атмосфери? На це питання хотіли відповісти, робивши спостереження над падущими зорями. Далі ми докладно скажемо про них. А тепер скажемо, що падуща зоря—це небесне тіло, яке, мавши величезну скорість, влітає в земну атмосферу і так розжарюється в ній у наслідок тертя, що загорається і спалахує. Там, де загораються падущі зорі, атмосфера ще досить густа, а вище вона вже так розріджена, що падущі зорі там не загораються. Астрономи обчислили, що зорі загораються на висоті кожні 120 кілометрів. Отже, наша атмосфера доходить до цієї висоти. Але чи кінчається вона тут? Ні, бо інше явище, а саме—північне сяйво доводить, що атмосфера є на висоті 400—500 кілометрів, хоч і дуже розріджена. За обчисленням видатного французького астронома Ляпляса, крайня межа, де немає вже атмосфери й починається порожнява світових просторів, є вище, приблизно на 40.000 кілометрів над землею. Мимовлі постає питання: а що ж далі, поза межами земної атмосфери—абсолютна порожнява, чи там є якась інша речовина, неподібна до нашого повітря? На це питання наука каже, що всі світові простори, всі переміжки не лише між небесними світилами, але й між усіма найдрібнішими частками, що з них складаються всі тіла природи, так званими атомами, заповнено особливою речовиною—світовим етером.

Світовий етер—це не газ, а речовина цілком особлива. Він у багато мільйонів разів легший за повітря, а повітря майже в 770 разів легше за воду. Небесні світила цілком вільно проходять в етері, що не ставить жодного опору. Світовий етер передає від одного світила до іншого світлові промені й електричну енергію.

Коли ми здіймемось угору на аеростаті, або на аеропляні, то помітимо, що вгорі повітря рідшає й дихати важче. На великій висоті людина може вмерти, не мавши потрібного повітря. Що повітря рідшає, то й тиснення його меншає, й це показує барометр—він падає.

Горішні шари атмосфери досліджують тепер різними приладами на повітряних бальонах. Ці прилади автоматично записують температуру, тиснення повітря на різних висотах. Ці маленькі повітряні бальони звуться бальони-зонди. Досягши деякої висоти, бальон розривається, і рештки його разом з інструментами падають на землю [1]). Найбільша висота, що її досягли ці бальони,—37 кілометрів. Бальони-зонди дуже збільшили наші знання про атмосферу. Виявилось, що температура повітря вгорі меншає, наприклад, коли на поверхні землі буде 8° тепла, то на висоті 1 кілометра буде 4° тепла,

на	висоті	2	кілометрів	0°	
„	„	4	„	8°	холоду
„	„	8	„	31°	„
„	„	12	„	43°	і т. ін.

Що вище, то температура нижча, а в світовому просторі холод доходить до 273° Ц. Це найбільший холод, і далі температура не знижується. Це є так званий абсолютний 0 температури.

З чого складається наша атмосфера? Головна складова частина її—це гази, кисень і азот, при чому азоту в 4 рази більше, ніж кисню. Крім цих головних складових у повітрі ще є трохи углекислоти, щось 0,03, ще менше газу амоніяку, водяної пари, та різних мінеральних і органічних часток, а, крім того, дуже мало таких газів, як аргон, неон, крептон, ксенон [2]), водень та ін. З усіх цих складових найбільше значіння має кисень, що без нього не можуть жити організми, і вуглекислий газ, що ним живляться рослини.

Земна атмосфера має величезне значіння для живих організмів ще й тому, що вона реґулює тепло, одержуване від сонця. Сонячне проміння раніш, ніж досягне земної поверхні, проходить чималий шар атмосфери. При чому частина сонячної теплоти затримується (вбирається) частками повітря і то більше, що під

[1]) Щоб не розбились інструменти, до них прикріплюється парашюти. Але дуже часто, не зважаючи на ці парашюти, інструменти односить далеко вітер, падають вони в море, або розбиваються. *Прим. перекл.*

[2]) Ці гази, що їх є в повітрі непозначна кількість, інакше ще звуться благородні гази, бо вони, як і благородні метали, не сполучаються з іншими тілами. *Прим. перекл.*

гострішим кутом падає проміння на землю. Отже, не вся сонячна теплота нагріває нашу землю. Коли земля нагрівається, то й повітря, що над нею, також нагрівається. Вітер (тобто рухоме повітря) розносить цю теплоту всюди по землі. Вночі, коли зайде сонце, нагріта земля випромінює одержану протягом дня теплоту в світові простори; ця теплота випромінюється в темних теплопроменях, але не вся, бо наша атмосфера затримує приблизно $^{4}/_{5}$ частину тієї теплоти, яку одержала земля в світових просторах. А коли в повітрі багато хмар, то атмосфера затримує майже $^{9}/_{10}$ випромінюваної теплоти.

Отже, наша атмосфера—це є ніби одяг землі, що вкриває її з усіх боків, так що вона не дуже холоне вночі й не дуже розжарюється вдень. Коли б не було атмосфери, то вдень у нас була б велика спека, а вночі страшний холод. Тоді живі організми неминуче загинули б у наслідок таких гострих температурних змін.

Саме тому, що є атмосфера, наше небо має свій чарівний блакитний і синій колір. Коли б не було атмосфери, небо над нами було б чорне, і на ньому ми бачили б зорі вдень, і не було б присмерку, ніч надходила б одразу по заході сонця, не було б світанку.

Чи є атмосфера на інших небесних світилах? Так, є. Приміром на планетах, на зорях, на сонці є атмосфера, і на деяких небесних світилах вона подібна своїм складом до нашої земної атмосфери, тільки має іншу густину, а на деяких зовсім неподібна до нашої

Що є всередині землі

Уважно придивляючись до навкольної природи, бачимо, що все в ній безупинно змінюється. Не лише рослини й тварини змінюються, ростуть і вмирають, але й сама поверхня землі, саме обличчя землі, що його ми звикли вважати за незмінне, безупинно змінюється. Ці зміни відбуваються дуже повільно, й можна їх виявити тільки на великих переміжках часу. Зазначмо деякі зміни й почнімо з тих, що про них людство зберегло пам'ять.

Буває, що в деяких місцях море одходить от своїх берегів, а в інших, навпаки, затоплює береги, так що прибережні місця затоплюються. Робили виміри й довели, що береги Балтицького моря в одних місцях опускаються, а в інших підіймаються. Згадаємо тут про катастрофу в наслідок вулканічних вибухів,

коли попіл вулкану засипає навкольну землю й навіть цілі міста. Приміром, 79 року нашої ери попелом з вулкану Везувій засипано місто Помпею. Згадаймо про висихання рік, озер, морів, приміром наших морів Каспійського та Аральського, що висихають навіч; згадаймо про те, як сипучі піски засипають квітнучі землі—і ми переконаємось, що поверхня землі навіть за короткий протяг життя людини змінюється безупинно

Поступінно змінились обриси берегової лінії морів та океанів —тут море залило суходіл, там навпаки, суходіл витиснув море. Ці так звані вікові переміщення берегової лінії відбувались повільно, але і в широкому маштабі, наприклад, там, де колись хвилюв океан, в більшій частині европейської Росії, там бачимо ми тепер квітнучі поля, сади, городи. Навпаки, там де тепер океан, колись був суходіл, і життя на ньому було, а потім все це зникло. Приміром, між Европою та Америкою був колись суходіл, так звана Атлантида; в дуже давні часи суходіл цей поглинуло море. Колись через усю Европу й більшу частину Азії котилися хвилі величезного центрального Середземного моря, що від нього тепер лишилися тільки поодинокі моря. Ми звикли думати, що найвищі гірські пасма з їхніми високими сніговими вершинами лишаються незмінні. Але це не так. І гори завжди змінюються; був час, коли, як доводить наука про землю, геологія, не було Кавказьких гір, Альпійських, Корділ'єрів. Ці гори молоді, а коли їх не було, то були на землі старіші гори: Уральські, Скандинавські, Германські. Тоді зовнішній вигляд землі був зовсім не такий, як тепер.

Був час, коли більшу частину Европи вкривав льодовий шар, завтовщки майже у верству. То був льодовиковий період в історії нашої землі. Отже, обличчя землі безупинно змінюється, невпинно змінюється на землі розподіл води й суходолу, гір і рівнин, а в наслідок цього змінюється на землі клімат, а разом з ним рослинний і тваринний світ.

А коли ми заглянемо ще далі вглиб минулих віків, то мимоволі постає перед нами питання: яка була земля на самому початку свого життя? Чи була вона тверда, рідка й газувата? Чи була вона холодна, чи розпечена? Наука нам каже, що колись земля наша являла собою розпечену вогненну кулю, що яскраво сяяла, як сонце. На підставі чого думають так?

В різних місцях землі є гарячі й киплячі джерела, так звані ґейзери. Такі джерела є на островах Ісляндії, Новій Зеляндії і в Північній Америці. Вода в цих джерелах кипить і б'є вгору на кілька саженів. На землі, крім того, багато є вогнедишних гір, або вулканів, що й до наших часів викидають гарячий попіл, розпечену пару й вогненну ляву. Це є так звані діючі вулкани. Їх є кілька сотень. До них, між іншим, належать — Везувій біля Неаполя, Етна на острові Сіцілії, вулкани на півострові Камчатці та ін. Але крім діючих вулканів багато є на землі вулканів загаслих. До них належать між іншим гори Ельбрус, Казбек, Арарат та інші.

Варто уваги ще одне дивне явище, яке можна спостерігати в усіх місцях земної кулі. Як виявляється, в глибоких копальнях, в глибоких свердловинах, починаючи приблизно з 16 метрів від поверхні землі, температура досить правильно підвищується приблизно на 1° (градус) кожні 33 метри, або приблизно на 30° на кожен кілометр, і тому на глибині 2-х кілометрів температура повинна бути близько 60°, що справді і потверджують спостереження та виміри в найглибших свердловинах.

Отже, що є гірські джерела, ґейзери, вулканічні явища й що правильно підвищується температура, коли копають вглиб землі, то це й доводить, що й тепер в середині землі така висока температура, що гірські породи розтоплюються, як лід, і в кратери вулканів викидається їх, як ляву. Таким робом, в середині нашої землі є розпечена вогненна маса, так звана магма. А на поверхні її земля має тверду кору завтовщки в 60—70 кілометрів, а за іншими обчисленнями майже 4.000 кілометрів.

СОНЦЕ

Перейдімо тепер від землі до небесних світил і почнімо насамперед з нашого сонця, бо для нас і всього живого на землі сонце має найбільше значіння.

Сонце є єдине джерело енерґії для нашої землі. І справді, хіба ще може відкибудь надходити тепло на поверхню землі? Ми вже знаємо, що в середині землі температура дуже висока.

Але чи доходить ця теплота до поверхні землі, чи впливає вона якнебудь на життя землі? Майже не впливає, бо земна кора так погано проводить внутрішню теплоту землі, що під впливом цієї теплоти земля могла б нагрітись лише на соті частини градуса. Крім того, падає на землю проміння зір, і разом з світловим промінням надходить до нас і теплове. Справді, до нас доходить теплове проміння від зір, але його так мало, що лише недавно пощастило виявити його дуже чутливими приладами, і брати його на увагу вже не доводиться. Отже, сонце—єдине джерело теплоти на землі. Протягом однієї секунди земля одержує від сонця стільки теплоти, що її досить було б, щоб протягом години довести до кипіння $2^1/_2$ мільярди кубічних верстов холодної води. Коли б це робити в грубці, то треба було б спалити 780.161 мільярд пудів кам'яного вугілля, тобто куди більш, ніж все те вугілля, що його видобуло людство протягом усього часу розроблення кам'яновугільних покладів. Сонце нагріває поверхню землі. Повітря дотикається з нагрітою поверхнею землі й теж нагрівається. В одних місцях повітря нагрівається більше, а тому легшає, в інших воно буде холодніше, а тому буде важче. В наслідок цього постає вітер, і теплі й холодні шари повітря переміщуються. Під впливом сонячного проміння випаровує вода з морів та океанів, пара йде вгору, згущується в хмари. Вітер жене ці хмари усюди на землі й таким чином розносить атмосферну вологу. Отже, сонце є єдине джерело життя та всякого руху на землі. А що ж таке саме сонце? Яка його будова, які його розміри? Яке віддалення його від нас? Такі і подібні питання давно вже ставила собі людина, але до недавнього часу не могла дати на них відповіді, поки не вигадали могутніх знарядь для вивчання небесних світил (телескоп і спектроскоп).

Яке віддалення від нас до сонця

На це питання людина спромоглася відповісти порівняно дуже недавно, а саме, після того, як виміряли діяметр землі. А до того часу вважали, що віддалення від землі до сонця не дуже велике.

Наприклад, учні відомого грецького мудреця Пітагора вважали, що від сонця до нас приблизно 70.000 верстов, і що діяметр

його дорівнює 600 верствам. Видатний астроном грецький Арістарх Самоський робив багато обчислень і вважав, що віддалення до сонця дорівнює майже 7 мільйонам верстов. Але старовинні філософи і мудреці дуже помилялись, обчислюючи віддалення до сонця. Згідно з новітніми обчисленнями, сонце куди далі від нас. А саме, від нас до сонця приблизно 150 мільйонів кілометрів. Це величезне віддалення. Коли б, наприклад, ми могли їхати до сонця потягом, що проходить 100 верстов на годину, то ми доїхали б до сонця тільки через 160 років, а навкруг землі по екватору можна об'їхати нашу землю майже в 4.000 разів швидше.

Ви легко зрозумієте, що розміри сонця дуже великі. Коли воно здається нам порівняно невеликим диском, то це тому, що воно дуже далеко від нас. Геометрія вчить про те, як, знаючи віддалення до якоїсь речі і кут, що його утворюють два промені, які йдуть з ока спостережника до кінців речі (це буде так званий кут зору), можна обчислити розміри речі. Після того, як людина обчислила віддалення до сонця, а з спостережень відомо кут, що під ним ми бачимо сонячний диск, то відси вже не важко обчислити величину сонячного діяметра. Виявилось, що він у 109 разів більший за діяметр землі й дорівнює 1.308.000 верстов. Коли ми нарисуємо на папері наше сонце, як коло, що діяметр його дорівнює 5 сантиметрам, то нашу землю доведеться позначити відповідно за маштабом точкою; або коли ми уявлятимемо собі землю з горошину завбільшки, то сонце треба уявляти, як великий гарбуз. Коли б наша земля була така завбільшки, як сонце, то щоб об'їхати її по екватору в потязі, що йде безупинно, роблячи 100 кілометрів на годину, треба було б майже 5 років, а тепер ми могли б об'їхати землю навкруги в такому самому потязі лише протягом 16 днів.

Коли сонце уявляти, як велику порожню кулю, то треба 1.300.000 маленьких кульок, що означали б землю, й тоді вони заповнили б велику кулю. Маса сонця, тобто кількість його речовини в 333.000 разів більша, ніж маса землі. А що маса сонця має дуже великий об'єм, то густина сонячної речовини невелика; вона трохи більша, ніж густина води. Пізніше ми побачимо, що вага тіла залежить від величини тієї сили, з якою тіло притягується землею. На сонці теж усі тіла мають вагу. Робили обчислення й дізнались, що на сонці усі речі (тіла) повинні ва-

жити в $27^1/_2$ разів більше, ніж на землі. Наприклад, гиря, що важить 10 кілограмів у нас, важила б там 275 кілограмів, тобто майже 12 пудів.

Будова сонця

Насамперед, треба знати, що спостерігати сонце голим оком, без якихбудь охоронних приладів не можна, бо сонячне про-

Мал. 12. Ґрануляція на поверхні сонця.

міння засліплює. Сонячне світло перевищує своєю яскравістю всі штучні джерела світла, що їх винайшла людина.

Згідно з обчисленнями, сонячне світло в 600.000 разів яскравіше, ніж світло місяця у повні. Це світло освітлює поверхню на землі з такою самою силою, з якою її освітлювали б 1.340 квадрильйонів свічок[1]), що були б на такому віддаленні від нас, як і сонце. Що сонце дає нам надзвичайно багато тепла, то очевидно воно дуже розпечене. Так вважали ще старовинні мудреці. Деякі з них казали, що сонце—це горящий камінь, інші—що це кусок розпеченого заліза в кілька десятків верстов, а один з грецьких мудреців Анаксімандр, що жив за 600 років до нашої ери, вважав сонце за величезну колісницю, повну вогню. В цій колісниці є круглий отвір, і через нього ми бачимо вогненне містиво колісниці.

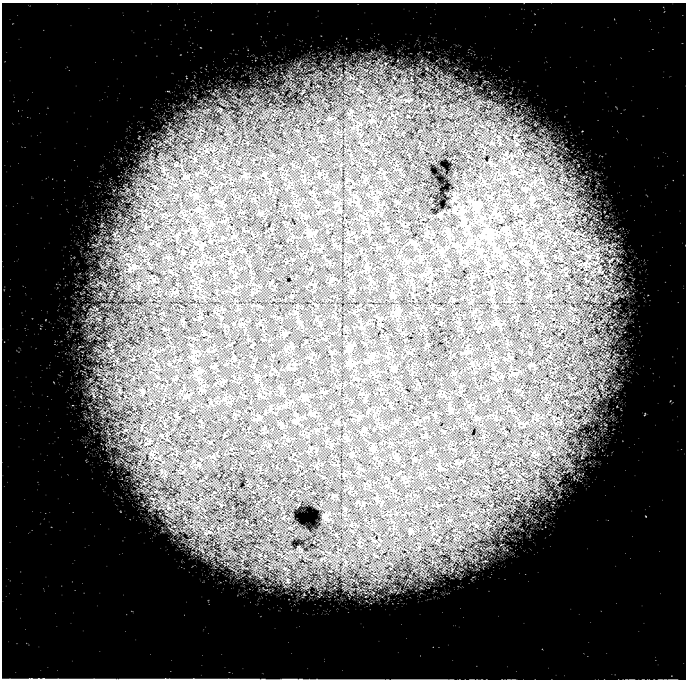
Згідно з обчисленнями сучасних вчених, температура на поверхі сонця повина бути дуже висока й дорівнює вона не менш, як 6.000 градусів. Це така висока температура, що її не дають жодні наші печі, і в ній тануть, як лід, метали та гірські породи. Така температура сонця на поверхні його, а в середині вона ще вища й, мабуть, доходить до кількох десятків тисяч градусів.

В якому ж стані перебуває речовина сонця при такій високій температурі? Як відомо, кожне тверде тіло, коли його нагрівають, спочатку топиться, а потім, як підвищиться температура, переходить в стан газуватий. Кожне тверде тіло при достатньо високій температурі повинно перетворитись у цей газуватий паруватий стан. При температурі в 6.000 всі тіла, відомі нам на землі, повинні перейти в паруватий стан. Ось чому і думають, що речовина, з якої складається сонце, не тверда або рідка, а газувата, парувата.

Що можна бачити на поверхні сонця

Коли дивитись на сонце крізь закурене скло, то нічого особливого не помітимо на його поверхні. Ми бачитимемо світле коло, темніше по краях. Ця неодностайність в освітленні видимого сонячного диску є наслідок того, що сонце є розпечена газувата куля, а не пласке коло. Ось що побачимо ми на сонці,

[1]) За мільйонами йдуть мільярди, потім трильйони, а далі квадрильйони.

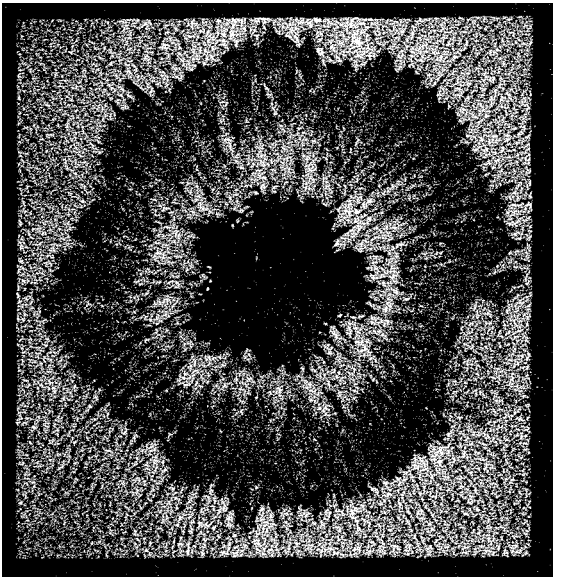


Мал. 13. Сонце (зфотографоване 13-го липня 1905 р.).

щуються на сонці. Та сонячна оболонка, що складається з цих ґрануль, зветься фотосфера (світяща сфера), бо переважно вона й випромінює яскраве проміння. Крім ґрануль, на сонці можна бачити іноді голим оком великі плями — вони здаються нам маленькими, а справді куди більші, ніж наша земля. Не кожного року можна бачити плями на сонці. Бувають роки, коли сонячний диск зовсім чистий, а в інші роки на ньому дуже багато плям. Тепер відомо, що кількість плям змінюється протягом пе-

ріоду в 11 років. Протягом $4^1/_2$ років плям дедалі більшає, надходить максимум, тобто плям видно найбільше; потім сонячна поверхня ніби заспокоюється, і плям меншає, аж поки надходит мінімум, тобто плям видно якнайменше. Приміром, 1924 р. бу мінімум сонячних плям, потім 1928 року—максимум і 1932 р. буд знову мінімум.

В середині плями є ядро або тінь, що здається нам темною Навколо ядра є світліша смуга, так звана півтінь. Ядро нам зда



Мал. 14. Сонячна пляма.

ється чорним лише порівняно з дуже яскравою поверхнею сонця, а справді й воно теж яскраве, розпечене й дає куди більш світла, ніж місяць у повні. Плями ці утворюються на сонці спочатку у вигляді маленьких отворів у сонячній поверхні, або так званих пор. Потім пляма більшає, форма її при цьому змінюється. Минає деякий час, іноді лише кілька днів, а іноді кілька місяців, пляма розпливається і зливається з усією сонячною поверхнею.

Чи є якийсь зв'язок між сонячними плямами та явищами на землі

Раніше вважали, що є якась залежність між сонячними плямами й погодою, недугами, урожаями, неврожаями, але ґрунтовні дослідження цього не потвердили. Тепер безперечно доведено зв'язок між явищами магнетизму земного й сонячними плямами. Напевно, ви всі знаєте, що таке компас. Одним кінцем стрілка компасу показує завжди на північ (північний магнетовий полюс), а другим на південь (південний магнетовий полюс). Коли зробити дуже чутливий компас, то стрілка його не лишається в тому самому положенні, а повільно одхиляється протягом доби то на захід, то на схід. І виявилось, що всі роки, коли буває максимум сонячних плям, ці коливання магнетної стрілки куди більші, ніж у роки з мінімумом плям. А коли по середині сонячного диску проходить велика пляма, то постають магнетові бурі. Тоді стрілка компасу швидко коливається зі сходу на схід.

Спостереження над сонячними плямами довели, що сонце обертається навколо своєї осі з заходу на схід протягом часу, що дорівнює пересічно $27^1/_3$ доби.

Смолоскипи, хромосфера, протуберанці

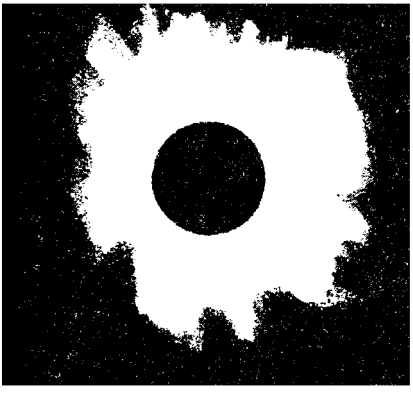
Крім плям і ґрануль, на поверхні сонця можна бачити ще загустки яскравої речовини, так звані смолоскипи. Їх добре видно по краях сонячного диску. Особливо багато їх буває навколо сонячних плям. Над фотосферою здіймається на висоту щось 1.800 кілометрів друга сонячна оболонка, так звана хромосфера, тобто забарвлена сфера, бо вона має колір полум'я. Хромосфера має температуру в 5.000°, тобто майже на 1.000° холоднішу за фотосферу. Підчас повних сонячних затемнень, коли сонячний диск цілком закрито тінню місяця, над поверхнею хромосфери видно червоні випини різноманітніших форм. Це так звані протуберанці. Вони з'являються раптом

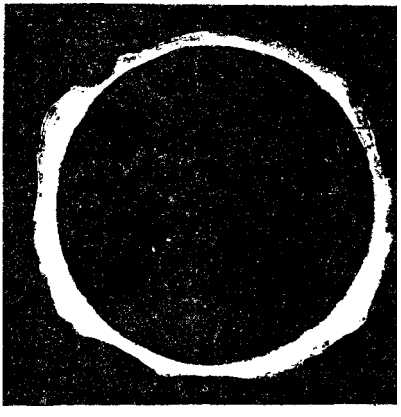
Мал. 15. Протуберанці.

на поверхні хромосфери й дуже швидко зникають. Нарешті, підчас повних сонячних затемнень, ми бачимо на темному тлі неба навколо червоного кільця хромосфери ніжне сяйво перлистого кольору. Воно далеко йде від сонця, ніби проміння. Це є сонячна корона. Оце все те, що можна бачити на сонці, як простим оком, так і в телескоп; перелічуємо знову, що саме можна бачити: ґранулі, що плавають в атмосфері фотосфери, сонячні плями, смолоскипи, хромосферу, протуберанці та сонячну корону.

Склад сонця

Внутрішня частина сонця, що міститься під фотосферою, складається з розпечених газів. Вищі шари так стискують їх, що ці гази майже тверді. Фотосфера складається з хмар таких газів,





Мал. 16. Сонячна корона і протуберанці підчас повного затемнення 16-го квітня 1893 р. (Праворуч випадково відкрита підчас повного затемнення комета).

що пробилися вгору й уже охололи, втративши теплоту випромінюванням у світові простори. Ці хмари, що складаються з дуже яскравих краплин, розпечених металів, утворюють ґранулі, які плавають в атмосфері не згущених газів. Плями — це лійкуваті заглибини у фотосфері, що постали в наслідок вихрових рухів, а смолоскипи—це випини фотосфери. Хромосфера, що обгортає фотосферу, є шар, ще не згущеної пари заліза, натрію, гелію й насамперед газу водню. Щождо сонячної корони, то вона скла-

дається (це лише припущення) з дрібненьких твердих порошинок, що плавають в атмосфері невідомого на землі газу — корона. Таким робом, сонце є величезний бурхливий газовий океан, де вирують бурі серед металевих хмар. З надр сонця безупинно викидається на величезну висоту в кілька сотень тисяч кілометрів розпечена пара металів і горящий водень. Там постійні вибухи, прориви розпеченої пари та газів, колосальні бурі металевих вихорів, неймовірний гук, шипіння і свист розпеченої пари. Це така жахна картина оскаженілих стихій, що з нею годі й порівняти вибухи земних вулканів, наші бурі, наші землетруси.

Які речовини є в складі сонця

Здавалось би, що не можна відповісти на це питання. Справді, як можна дізнатись про склад нашого сонця, коли до нього майже 150 мільйонів кілометрів, на ньому ніхто не був і від нього до нас нічого не доходить. Здавалось би, що це задача не розв'язна. Але двоє німецьких вчених (Кірхгоф і Бунзен) розв'язали цю задачу. Вони відкрили дивний спосіб досліджувати небесні світила, що зветься спектральною аналізою. В наслідок застосування цієї аналізи саме сонячне проміння, що йде безупинно до нас на землю, розкриває нам таємницю будови сонячної поверхні і склад сонячної атмосфери. Подивімось, що це за спосіб.

Коли промінь світла йде з однієї прозорої речовини в іншу, або, як кажуть, з одного прозорого середовища в інше, наприклад, з повітря в скло, то напрямок його змінюється. А саме, на межі, що відділює одне прозоре середовище від другого, промінь змінює свій напрямок і в цьому місці ніби переломлюється. Тому це явище і звуть переломлення світла. Цим переломленням світла між іншим пояснюється властивість запальних скелець: вони заломлюють світлопромені, збираючи їх в одну точку.

Візьмімо за середовище заломлення трикутну скляну призму на взір тих, що їх вішають як окрасу на люстри. Спробу треба переводити в темній кімнаті. Поставмо цю призму так, щоб одне ребро її було вгорі проти вузенької дірочки у віконниці, при чому, у цю тільки дірочку і проходить сонячне проміння. Можна було б думати, що сонячний промінь, пройшовши крізь скляну

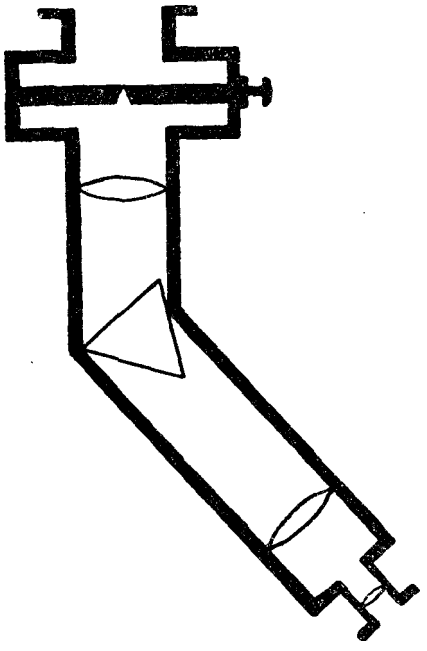
призму, заломиться в ній і, вийшовши з неї, ляже на протилежному боці світлою смугою, цілком безколірною, бо сонячний промінь білий. А справді, на мурі буде не біла смуга, а забарвлена у всі кольори веселки й за таким самим порядком, як у веселки: червоний, жовтогарячий, жовтий, зелений, блакитний, синій і фіялковий. Цю барвисту смугу ще відомий вчений Ісак Ньютон (1642—1727 рр.) назвав спектром і перший з'ясував причину цього явища. Чому ж утворюється ця барвиста смуга спектру? Тому, що безколірний сонячний промінь не простий, а складний. Він складається з променів різних кольорів, які всі разом складають безколірний промінь.

Що це так, можна довести такою спробою. Коли змішати всі промені веселки, пропустивши їх через запальне скло, то на другому боці буде безколірна пляма, а не барвиста смуга. Отже, чому постає цей спектр? А постає він тому, що промені різних кольорів заломлюються неоднаково. Найбільше заломлюються фіялкові, потім сині, блакитні і т. ін. і найменше червоні. Тому, безколірний сонячний промінь, пройшовши крізь призму, ніби розкладається на свої складові частини.

Почали вивчати спектри різних розпечених тіл. Винайшли особливий для цього прилад, спектроскоп. Його побудовано так: рурка з вузькою щілиною і збільшуваним склом прикріплена перед екраном з щілиною теж. Пасмо світлопроменів проходить крізь цю щілину, падає на збільшувальне скло, а відти на скляну призму. Ця призма розкладає промінь на його складові кольори— кольори веселки. Ця перша трубка зветься коліматор. Після того, як промені вийдуть з призми, вони потрапляють до другої трубки, де є друге збільшувальне скло. Спостерігач, що розглядає спектр крізь цю рурку, бачить його в збільшеному вигляді й тому в подробицях. Вивчали різні спектри з допомогою спектроскопу й виявилось, що коли світло йде від розпеченого твердого або рідкого тіла, то буває так званий суцільний спектр, де є всі кольори веселки, без якихбудь переміжків. А коли світлові промені йдуть від розпечених газів і пари, то буде не суцільна барвиста смуга, не суцільний спектр, а замість нього побачимо ми ряд яскравих ліній різного кольору, а між ними темні переміжки. При цьому число кольорових ліній та їхня закраска й розміщення будуть різні для різних речовин, але для кожної ре-

човини завжди ті самі. Наприклад, розпечений водень дає одну комбінацію таких кольорових ліній, кисень—другу, пара заліза—третю і т. ін. Коли в полум'я спиртової лямпи кинути трохи звичайної кухенної соли, то ми побачимо в спектрі дві блискучі жовті лінії. Ці лінії властиві лише натрієві, і з них легко пізнати його.

Спектри, що складаються з кольорових смужок, відділених темними переміжками, звуться лінійні спектри, або спектри випромінювання. Дивлячись на спектр випромінювання, можна сказати, який розпечений газ дав його, коли є в нас таблиці та опис усіх спектрів від розжарених газів та пари. Третя відміна спектру—це спектр вбирання. Він буває тоді, коли промені, що йдуть від розжареного твердого або рідкого тіла, раніш ніж упасти на призму проходять через шар якогось холоднішого газу; тоді буває спектр у вигляді барвистої смуги, прорізаної темними смужками саме в тих місцях, де були б блискучі лінії газу, що через нього проміння проходило, коли б газ був лише один. Наприклад, світло від електричної лямпи дає спектр суцільний, а світло від розжареної пари натрію (кухенна сіль) дає спектр випромінювання з двома головними блискучими жовтими смужками. А коли полум'я спиртової лямпи, де розпечено кухенну сіль (отже, спектр повинен бути з жовтими блискучими лініями), освітлити ззаду електричним світлом, то буде спектр вбирання, тобто суцільний спектр з темними смужками саме там, де повинні бути блискучі лінії розжареної пари натрію. Розжарена пара натрію ввібрала в суцільному спектрі від електричної лямпи всі промені, які відповідають розпеченій парі натрію.



Мал. 17. Спектроскоп.

Коли ми бачимо в спектроскопі спектр суцільний, то значить

ми маємо розжарене тверде, або рідке тіло. Коли спектр буде смужчастий, лінійний, то значить ми спостерігаємо в спектроскоп розжарений газ, або пару. А коли ми бачимо спектр вбирання, то це значить, що промені світлові від розжареного твердого або рідкого тіла, раніш ніж дійшли до нашого ока, перейшли атмосферу якихось газів, що їхня температура нижча, ніж у розжареного рідкого, або твердого тіла.

Що каже нам спектроскоп про склад сонця

Ми пригадуємо собі, що сонце є величезна газувата куля. Один газуватий шар її тисне на сусідні, і що нижчий шар то й тиснення на нього більше. Отже, гази, що є на великій глибині під поверхнею сонця, перебувають під дуже великим тисненням. Такі розжарені, дуже стиснуті шари дають на спектр випромінювання, як розріджені гази, а суцільний спектр, як тверді й рідкі тіла. Отже, світлові промені, що надходять у наші спектроскопи від унутрішніх розжарених і дуже стиснутих шарів сонця, повинні давати суцільний спектр без будь-яких темних переміжків. Так воно й було б, коли б сонце не мало атмосфери. А ми вже знаємо, що над поверхнею сонця здіймається на величезну висоту сонячна атмосфера — фотосфера і хромосфера. Таким чином, сонячні промені, йдучи від внутрішніх шарів сонця, повинні пройти крізь сонячну газувату атмосферу, а потім уже входять в спектроскоп. Що внутрішні шари сонця розпечено куди більше, ніж зовнішні, то промені сонячні від внутрішніх шарів вбиратиметься в сонячній атмосфері, і в наслідок цього будуть темні смужки в сонячному спектрі саме в тих місцях, де були б блискучі смужки, властиві розжареним газам сонячної атмосфери.

Спостереження доводять, що сонячний спектр не суцільний— його перерізують в багатьох місцях темні смужки. Ці смужки в сонячному спектрі вперше відкрив учений фізик Фравнгофер, і тому їх звуть фравнгоферовими лініями. Фравнгофер налічував їх в сонячному спектрі щось 600, а тепер їх налічують мало не 5.000. Вчені вивчають фравнгоферові лінії і з цього дізнаються про речовини, які є в сонячній атмосфері. Насамперед, треба знати, що склад сонячної атмосфери для невеличкого принаймні протягу часу можна вважати за сталий. Тут майже те

саме, що й на нашій землі, де кисень, азот та інші гази нашої атмосфери рівномірно перемішані. Зауважмо, крім того, що кожен газ має свій спектр випромінювання, і спектри різних газів не подібні. Знаючи це, ми легко зрозуміємо, як можна вивчити склад сонячної атмосфери. Сонячна атмосфера вбирає всі ті промені від внутрішніх шарів сонця, що їх вона сама випромінювала б, коли б лише вона одна вилучала світло. Порівнюють сонячний спектр зі спектрами різних газів, і коли виявляється, що темні фравнгоферові лінії цілком збігаються з світловими лініями газів, то це значить, що в атмосфері сонця й є цей газ. Потім перевіряють спектр другим, третім газом і т. ін. і таким чином дізнаються про те, які гази є в сонячній атмосфері; так і дізнались, що в сонячній атмосфері є всі ті речовини, що й на землі.

Тільки дуже небагатьох речовин, наприклад золота, не виявлено там. Можливо, що воно, як дуже важкий метал, осіло у внутрішні шари сонця, і тому його немає в сонячній атмосфері. Хромосфера сонця складається переважно з газів водню й гелію. Варто уваги, що газ гелій спочатку відкрито на сонці, а тому й назвали його гелій від слова геліос, що значить грецькою мовою сонце. Спочатку думали, що ця речовина є лише на сонці, а на землі її немає. Але минуло кілька років, і гелій відкрили на землі, й це велика перемога спектральної аналізи.

Чим підтримується сонячне тепло

Ми казали вже, що все наше життя на землі залежить від сонця. Коли сонце менше даватиме свого живодайного проміння на землю, то все життя на землі поволі загасне. Коли загасне сонце, то й на землі буде темрява й смерть. Ось чому мимоволі постає тривожне запитання, чи на довгий час вистачить сонячної теплоти. Може, сонце дуже швидко холоне, а коли ні, то які причини підтримують цю теплоту?

Наше сонце мчить серед холоду й темряви світових просторів. А холод у світових просторах може досягати 273 градусів. Це така низька температура, що на землі лише штучно в лябораторіях доходять її. Природно, що наше сонце, рухаючись у такому холодному оточенні, повинно холонути. Але виявляється, що воно холоне так повільно, що протягом історичного періоду

існування людини сонячної теплоти майже не зменшилось у тих країнах, де жили старовинні народи, бо рослинний і тваринний світ їх лишився майже той самий. А коли ми візьмемо невеличкі переміжки часу й десятки років, коли за сонцем невтомно стежить ціла армія астрономів, озброєна телескопами та різними вимірними приладами, то можна сказати, що протягом такого часу середня кількість теплоти сонячної лишається незмінна. Які ж причини підтримують цю сонячну теплоту? Бо коли б сонце не одержувало відкілясь запасів теплоти, то воно давно загасло б. Наприклад, коли б сонце все було з кам'яного вугілля й коли б його запалити, то воно згоріло б дощенту лише за 25 тисяч років. А наше сонце, як і наша земля, існує вже на світі багато мільйонів років.

Багато робилось припущень (гіпотез) щодо причин, які підтримують сонячну теплоту. Деякі вчені думали між іншим, що на поверхню сонця падає з світових просторів безліч метеорних каменів. Коли камінь, падаючи на сонячну поверхню, зупиняється, то неодмінно виділюється багато теплоти, бо вся енергія кінетична (движна) переходить у теплову. А що на поверхню сонця падає, як дехто вважає, дуже багато метеоритів, то вони й підтримують безупинно сонячну теплоту.

Сучасна наука відкинула цю гіпотезу, бо довелось би тоді припустити, що на поверхню сонця падає величезна сила метеоритів, і тільки в такому разі підтримувалось би сонячну теплоту. А коли б цих метеоритів було багато, то вони збільшили б масу сонця, і це в усякому разі помітили б наші астрономи. Але нічого подібного не спостерігають.

Ще пояснювали, чому сонце не охолоджується тим, що воно стискується. Справді, згідно з фізичними законами, кожне тіло охолоджуючись стискується. А коли воно стискується, то постає енергія, що частина її переходить у теплоту, й тіло трохи нагрівається. Це стиснення можна порівняти з повільним паданням часток тіла до центру. Коли б це було так, то сонячна теплота могла б безупинно поновлюватись у наслідок стискування. Та чи на довгий час вистачило б цієї теплоти? Дуже легко обчислити, що приблизно по 20 мільйонах років в таких умовах дальше стискування сонця вже не могло б покривати витрати теплоти. А історія землі свідчить, що земля та сонце існують не 20 міль-

йонів років, а в десятки й сотні разів більше. Тому, коли б стиснення сонця було за єдине джерело сонячної теплоти, то за величезний час свого існування воно давно було б загасло, й життя на землі було б припинилось.

Тепер вбачають таку найбільш імовірну причину, що підтримує сонячну теплоту. Наприкінці XIX століття відкрили нову речовину—радій. Цей радій має дивну властивість безперервно вилучати з себе в навкольний простір запаси своєї енерґії, в вигляді проміння. Відси походить і сама назва цієї речовини „радій", що значить—промінь (промениста речовина). Крім радія, таку саму властивість—безупинно виділювати з себе запаси енерґії—мають ще інші, так звані радіоактивні речовини. От і думають, що речовини, які є на сонці, мають властивості радіоактивних речовин, тобто вони безупинно вилучають з себе енерґію в формі теплоти, й тому сонячне випромінювання може триматись на тому самому рівні багато мільярдів років, і нічого нам турбуватися про долю сонця і всесвіту.

МІСЯЦЬ

Після сонця місяць є найяскравіше світило, що за рухами його стежила людина з найдавніших часів, хотівши дізнатись, що то за світило. Деякі старовинні народи вважали місяць за божество й на честь йому будували храми й приносили жертви. І тепер ще по глухих селах лишаються пережитки старовинних свят, і люди моляться молодикові, коли він засяє вузеньким серпом, і хочуть провіщати погоду, залежно від того, куди повернуто його роги. Але ми не віримо в ті забобони, ми знаємо місяць, його рух у просторах, поверхню, розміри—і знаємо дуже добре.

Коли дивитись на місяць, то насамперед впадає в очі зміна його зовнішнього вигляду: то він сяє яскравим диском, то половиною диску, то вузеньким серпом. Це—фази місяця. Одразу ж по заході сонця ми бачимо на небі вузенький серп, що охоплює диск, який ледве-ледве світить тьмяним червонуватим світлом. Це молодик. Кажуть тоді, що народився новий місяць. Цей вислів

лишився в народній мові, як пережиток далекої старовини, коли люди не вміли з'ясовувати тоді фаз місяця й думали, що місяць умирає щомісяця й народжується тоді новий — молодий.

День-у-день більшає серп місяця й день-у-день більше часу він лишається на небі й пізніше заходить. Нарешті, ми бачимо місяць, як половину освітленого диску. Ця фаза місяця зветься перша чверть, або перша кватира. Величина диску місячного дедалі більшає, й нарешті за тиждень після першої чверти ми побачимо цілий освітлений диск. В цей час місяць сходить на сході скоро зайде сонце. Ця фаза зветься повня. Потім видимий диск місяця починає зменшуватись. Кажуть, що місяць ущербився, й нарешті за тиждень після повні ми побачимо місяця на небі пізно вночі, як половину диску, поверненого освітленим боком не на захід, як підчас першої чверти, а на схід. Ця фаза зветься остання чверть. Освітлений диск місяця дедалі меншає, сходить він пізніше й пізніше й нарешті зовсім зникає в промінні ранкового світла й стає невидимим, бо сходить і заходить одночасно з сонцем. Ця фаза зветься новий місяць.

Від фази до фази, так само від однієї повні до другої проходить $29^1/_2$ діб (точніше: 29 днів, 12 годин, 44 хвилини, 29 секунд). І цей переміжок часу зветься синодичний оборот місяця. Чому ж постають фази місяця? А постають вони тому, що місяць—тіло темне й не світиться своїм світлом, а світлом, що його одержує від сонця, а потім відбиває від своєї поверхні. Коли б не було сонця, то ми не могли б бачити місяця. Ніби величезний небесний прожектор, сонце кидає своє проміння на темну поверхню місяця, і тому вона стає видима, а нам здається, що вона світиться своїм світлом. Залежно від того, яке положення має місяць відносно до землі та сонця, ми й бачимо з землі іноді ввесь місячний диск, іноді частину його, а іноді й зовсім не бачимо.

Коли місяць стоїть проти сонця, а земля між місяцем і сонцем, то ми бачимо з землі увесь диск місяця, отже буде повня. При цьому треба зауважити, що підчас повні місяць стоїть трохи вище від лінії, яка сполучає центри землі та сонця. А коли центри місяця, землі та сонця розміщуються на тій самій прямій лінії, то буде затемнення.

Коли місяць, земля та сонце бувають на одній прямій лінії, то місяць міститься між землею і сонцем і трохи вище від лінії,

яка сполучає центри землі й сонця, й тоді ми зовсім не бачимо місяця, бо освітлюється лише задній бік його, а передній, до нас повернений, буде темний. Нарешті, коли місяць, рухаючись у просторах, стане так, що лінії від землі до місяця й сонця утворять прямий кут, тоді ми бачимо з землі половину місячного диску, й це буде перша або остання чверть місяця.

Коли уважно стежити за рухом місяця на небі, то помітимо, що він заходить кожного разу майже на 50 хвилин пізніше, ніж напередодні. Це буває тому, що місяць переміщується на небі серед зір у напрямку, протилежному добовому рухові небесного склепіння, тобто переміщується на небі з заходу на схід. Коли ми зазначимо положення місяця відносно якоїбудь нерухомої зорі, то наступне таке саме положення відносно тієї самої зорі буде по $27^1/_3$ добі (27 днів, 4 години, 43 хвилини, 12 секунд)— цей період часу зветься сидеричним (зоряним) оборотом місяця. Це є час справжнього обертання місяця навколо землі. Коли б земля була цілком нерухома в просторі й не оберталась би навколо сонця, то синодичний і сидеричний обороти місяця були б однакові між собою. Але справді, як ми бачили раніше, земля обертається навколо сонця в тому самому напрямку, як і місяць навколо землі, тобто з заходу на схід. Тому від однієї фази до другої минає не $27^1/_3$ діб (зоряний оборот), а трохи більше, бо місяць повинен наздогнати землю, яка пішла за цей час далі, щоб стати на попереднє положення відносно землі та сонця, тобто у попередній фазі. Ось чому синодичний оборот довший ніж сидеричний (зоряний). Таким чином, місяць ходить навколо нашої землі ввесь час, і переміщується навколо сонця разом з землею, а тому й звуть його супутник землі.

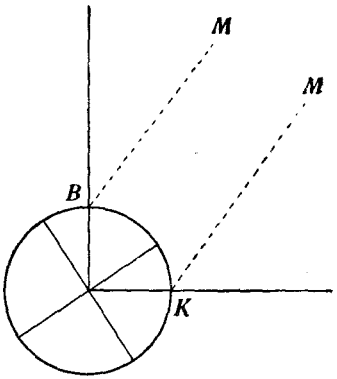
Яка віддаль до місяця

На це запитання довго не могли дати правильної відповіді. Наприклад, старовинні астрономи вважали, що це віддалення дуже невелике. Помилялись тому, що тоді не знали ще величини земного діяметра. Далі ми пояснимо, чому треба знати розміри земного діяметра, щоб обчислити віддаль від землі до місяця. Віддаль від землі до місяця обчислювалось так само, як обчислюють геометри на землі віддаль до якоїсь неприступної

речі. Для цього обирають на землі на рівному місці пряму лінію, так звану базу, вимірюють її, а також вимірюють і кути, що їх утворює з базою промінь зоровий від кінця бази до неприступної речі. Цих даних досить для того, щоб розв'язати трикутник, що складається з бази та променів, які йдуть від кінців її до неприступної речі.

Як же скористатись із цього способу, щоб обчислити віддаль від землі до місяця?

Два спостерігачі спостерігають на тому самому географічному меридіяні та ще й дуже далеко один від одного. Наприклад, 1752 р., коли віддаль від землі до місяця обчислили дуже точно, один астроном був у Берліні, а другий у той самий час—на розі Доброї Надії в Африці. Знаючи географічні широти пунктів спостереження, обчислюють, скільки градусів має дуга меридіяна між спостерігачами. А знаючи це, легко можна обчислити довжину лінії, що сполучає кінці цієї дуги, або так званої хорди. Обидва спостерігачі в той самий, заздалегідь обраний час виміряють кути, що їх утворюють зорові промені, скеровані на якийбудь певний пункт місячної поверхні з простопадним напрямком даного місця. Тоді вже не важко буде геометричними способами, що про них ми тут не розповідаємо, обчислити віддаль до місяця. Такими обчисленнями звичайно можна дізнатись, який є кут, що під ним з землі видно радіюс (півдіяметра) місяця. Цей кут зветься місячна паралакса. Він дорівнює майже 57 мінутам дуги. Відси обчислили, що віддалення від землі до місяця в $60^1/_4$ разів більше, ніж земний радіюс, тобто дорівнює 385 тисячам кілометрів (384.455). Це віддалення дуже невелике, порівняно з віддаленнями від нас до сонця та інших небесних світил. Наприклад, на аеропляні, що робить 400 кілометрів на годину, можна було б долетіти до місяця менш, як у $1^1/_2$ місяця, а гарматний набій, який летить ввесь час зі швидкістю 1 кілометра на секунду, долетів би до місяця майже за 4 доби.



Мал. 18. Обчислення віддалі до місяця, вимірюючи напрямок до місяця (*M*), з Берліну (*B*) і Капштадту (*K*).

Після того, як обчислили віддаль від землі до місяця, можна було вже обчислити розміри місяця. Справді, із спостережень, за допомогою кутовимірних приладів ми знаємо, що кут, утворений променями зоровими від ока спостерігача до центру й до краю місяця, тобто кут, що під ним ми бачимо з землі місячний радіюс, дорівнює 15′ 34″ (15 дуговим мінутам і 34 дуговим секундам). А що віддаль від землі до місяця відома, то не важко вже з трикутника, утвореного зоровими променями до центру місяця та його краю, обчислити радіюс місяця. Як виявляється, він дорівнює 1.740 кілометрам, тобто майже в $3^1/_2$ рази менший за радіюс землі. Отже, місяць куди менший проти нашої землі. Його поверхня тільки в четверо більша за поверхню нашої Европи, або дорівнює поверхні обох Америк разом.

Потім дізнались і про середню густину речовини, що з неї складається місяць, і обчислили його масу. Виявилось, що маса місяця, тобто кількість речовини в ньому, майже в 80 разів менша, ніж маса землі, а густина місячної речовини трохи більша, ніж у три рази, за густину води. Що ж являє собою місяць, як фізичний світ? Яка його поверхня, чи є на ньому гори, моря, чи є повітря, життя й розумні істоти? На ці питання людина не могла дати точної відповіді, поки не було ще прозорних труб і телескопів.

Що таке астрономічна труба

В старовину люди не знали астрономічних труб і спостерігали небесні світила голим оком, а тому майже нічого не знали про будову цих світил. Прозорна труба посилила людський зір у сотні й тисячі разів і відкрила людству світи й таємниці, цілком невідомі старовинним спостерігачам.

Розповідають, що першу прозорну трубу винайшов голяндський годинникар Ліннерсгай 1608 року. Кажуть, ніби діти його граючись випадково поставили одне збільшувальне скло проти другого, а коли подивились крізь них на сусідню дзвіницю, то вона дуже наблизилась до них. Тоді батькові спало на думку заправити ці скельця в трубу. Так, згідно з переказами, винайдено першу прозорну трубу. Звичайно, вона була дуже недосконала й давала невелике збільшення, тимчасом як теперішні велетенські телескопи збільшують у сотні й тисячі разів.

Тепер є два типи телескопів: рефрактори й рефлектори. В рефракторах є одно велике опукле збільшувальне скло, повернене до розглядуваної речі. Це скло зветься об'єктив. Воно збирає дуже багато променів від небесного світила й дає на деякому віддаленні від себе всередині труби дуже яскраве зображення небесного світила. Це зображення розглядають потім крізь друге скло, що в нього дивиться око спостерігача. Тому його звуть очне скло, або окуляр. Окуляр збільшує в багато разів зображення, що його дає об'єктив. Збільшення в рефракторах між іншим залежить від розміру об'єктива й від віддалі між зображенням і об'єктивом. Ця віддаль зветься фокусна віддаль об'єктива. Ось чому, щоб досягти великих збільшень, тепер будують величезні труби з дуже великими об'єктивами. Наприклад, Лікська обсерваторія в Каліфорнії має рефрактор завдовжки в $17^1/_2$ метрів, а діяметр об'єктива дорівнює 91 сантиметрові. Єркська обсерваторія має рефрактор завдовжки в 19 метрів, а діяметр об'єктива—102 сантиметри. Такі величезні труби важать кілька тисяч пудів, а тому для них будують особливі приміщення, так звані астрономічні обсерваторії. Ці величезні труби рухають особливими механізмами, й їх можна легко навести на будь-який пункт неба.

Але, крім рефракторів, є ще інша система телескопів—їх звуть рефлектори. Їхня будова ґрунтується на такому фізичному явищі. Коли на світящу річ повернути ввігнуте дзеркало, то промені від речі, відбившись у дзеркалі, дадуть дуже яскраве зображення цієї речі на деякому віддаленні від дзеркала. Це зображення й розглядають потім крізь збільшувальне скло (окуляр). Щоб мати дуже велике збільшення, роблять дзеркала дуже великі й приміщують їх у величезні довгі труби. Наприклад, найбільший рефлектор у світі, що є на горі Вілсон в Америці, має в діяметрі $2^1/_2$ метри (більш як сажень) і важить більш як 5.000 пудів. Коли дивитись у ці велетенські телескопи, то місяць здається таким, якби дивитись на нього з віддалення приблизно 1.000 кілометрів. Інакше кажучи, коли б на місяці були такі величезні споруди, як єгипетські піраміди, або собор св. Петра в Римі, то ми побачили б їх, як точки.

Що бачимо ми на місяці, розглядаючи його в телескоп

Щоб побачити на місяці багато різних подробиць, зовсім не треба велетенських телескопів Америки, а досить труб з невеликим збільшенням у кілька десятків разів. Приміром, відомий італійський вчений Ґалілей, після того, як дійшла до нього чутка про винайдену в Голяндії прозорну трубу, сам собі зробив 1609 р. поганеньку трубу, так щось ніби половина теперішнього бінокля; з цим недосконалим інструментом він зробив такі відкриття, що здивували ввесь світ. Наставмо й ми прозорну трубу на місяць і подивімось, які є там дива.

Коли дивитись на місяць голим оком, то ми побачимо на ньому ряд темних і світлих плям. Особливо добре помітно ці плями в повню, коли місяць сходить і не дуже яскраво світить.

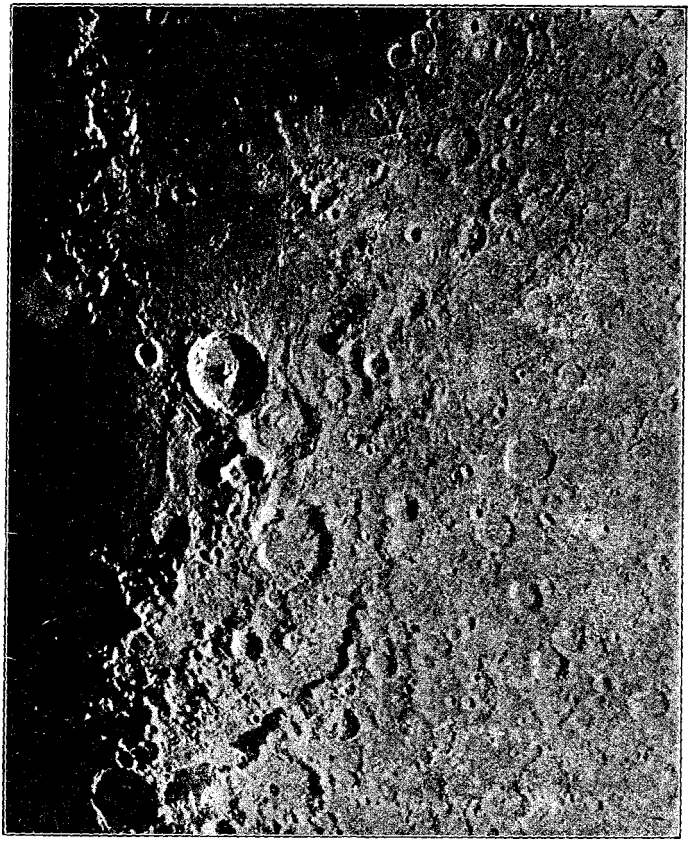
У різних народів були різні уявлення щодо цих плям на місяці. В них або бачили вагу, або коня, або зайця, або людину, що прихилилась до дерева. Між іншим у нас по глухих закутках кажуть, що це Авель та його брат-убивця Каїн. А найбільш ці плями скидаються на кругле людське обличчя, що посміхається. Але коли глянути на поверхню місяця в прозорну трубу, то не побачимо там уже людського обличчя, а лише поверхню, вкриту якимись кільцями, випинами, чорними точками, різними смужками.

Подивімось на те місце, де ми бачили ніс, обличчя, що всміхалось. Там легко відрізнити величезне гірське пасмо, так звані місячні Альпи (мал. 19). Воно закінчується величезним кільцюватим валом, що скидається на кратер вулкана і зветься кратер Коперника. Внутрішня заглибина його така велика, що там умістилось би кілька наших округ. Праве око обличчя являє величезну сіру поверхню. Це так зване Море дощів, хоч між іншим треба сказати, що ця назва зовсім не відповідає дійсності, бо на місяці немає ні морів, ні дощів.

Там, де ми бачили ліве око, тепер перед нами велика сірувато-зелена площа—так зване Море тиші. На чолі цього місячного обличчя голим оком можна побачити темну смугу, або пляму. Це є так зване Море холоду і т. ін.

Отже, розглядаючи місяць у прозорну трубу, ми бачимо на ньому ряд гірських пасом, почасти неподібних до наших, а зде-

більша—кільцюваті вали, так звані кратери й величезні рівні площі або моря. Моря саме і здаються нам сірими плямами. Та тільки в цих морях немає води—це рівні низинні поверхні, де теж можна помітити численні горби, кільцюваті гори.



Мал. 19. Вигляд місяця в прозорну трубу.

Вивчати поверхню місяця найзручніше не в повню, а біля першої чверти, коли місяць буде як половина диску, або трохи менше. Особливо гарне видовище, коли ми наставимо трубу на лінію, що відокремлює світлу й темну частину, на так званий термінатор. В усіх місцях на цій лінії щойно починається ранок, тоді від гір лягають довгі тіні, а тому й гори добре видно. А в

повню, коли на місяці буде південь, тіні короткі, немає жодного контрасту між світлом і тінню, все зливається в один загальний ясний тон, і багатьох подробиць не видно. Коли розглядати місяць в прозорну трубу для першої чверти, ми виразно бачимо багато кільцюватих гір, чітко видно тіні від цих гір і рівні поверхні, так звані моря. Між іншим, обчисливши довжину тіні від цих гір, учені дізнались і про висоту гір на місяці. З 1.000 гір на місяці, що їхню висоту виміряно, шість вищі за 6.000 метрів і майже 30 вищі за 5.000 метрів, тобто вищі, ніж Монблян. Взагалі будова поверхні місяця дуже відрізняється від поверхні землі. У нас гори сполучаються в гірські кряжі, а на місяці переважають кільцюваті гори, що внутрішня частина їх зветься кратер, а в центрі їхньому є конусувата гора. Крім того, є дуже багато гір менших розмірів. В діяметрі кратери цих кільцюватих гір часто мають кілька десятків, ба навіть сотень кілометрів.

Крім цього, на місяці є гірські конуси на відшибі, піки, скелі, видно розколини, або так звані борозни. Деякі думали, що ці борозни—ложбища висхлих річок, але це неправильно, бо йдуть ці борозни не лише рівнинами, а перетинають також і кратери.

Нарешті, на місяці навіть і в малосилі астрономічні труби видно яскраві смуги, що променями розходяться від деяких кільцюватих гірських груп. Найяскравіші й найбільші смуги виходять з різних кратерів, що їх звуть кратери Тіхо і Коперник, на честь великих астрономів. Ці смуги йдуть через моря, кратери, гори й завжди прямими лініями. Що власне являють собою ці смуги, ще не з'ясовано.

Чи є на місяці повітря й водяна пара

Різноманітні спостереження і дослідження про те, чи є на місяці яка атмосфера, подібно до нашої, дали неґативні наслідки. Ось, які міркування можна навести на доказ того, що на місяці немає атмосфери. Вивчаючи місячний спектр за допомогою спектроскопа, бачимо, що спектр місячного світла цілком такий самий, як і сонячний, отже сонячне проміння, відбившись від поверхні місяця, доходить до нас, не змінюючись, а це значить, що там немає вбирання променів, тобто, значить, немає й атмосфери. Далі, місяць до нас ближче, ніж зорі, й коли він перемі-

щується серед них, то деякі зорі закриває. Це є так зване покриття зір місяцем. Коли б на місяці була досить густа атмосфера, то зоря, наближаючись до самого краю місяця, робилась би менш яскравою, бо промені від неї, раніш ніж дійти до нашого ока, повинні були б пройти крізь атмосферу місяця й почасти затримались би, ввібрались би нею.

А справді, чи хоч трохи меншає яскравість зорі, коли вона наближається до місячного диску? Ані трохи. Крім того, коли б навколо місяця була атмосфера, то промені від зорі, проходячи цю атмосферу, заломлювалися б у ній, і тому видиме положення зорі близько місячного диску змінювалося б. Але нічого подібного не буває. Коли б на місяці була атмосфера, то ми бачили б його не як плаский диск, а як кулю, бо краї його були б темніші, ніж середина в наслідок більшого вбирання. Тіні від гір на місяці дуже чіткі й зовсім немає півтіней, а це знову таки доводить, що там немає атмосфери.

На підставі всіх цих міркувань припускають, що на місяці або зовсім немає атмосфери, або вона там така розріджена, що її не можна виявити. Атмосфера на місяці очевидно колись була, але потім, протягом мільйонів років існування нашого супутника вона розвіялась у світових просторах. Можливо, те саме буде й з нашою земною атмосферою та атмосферою інших планет. Тепер доведено, що газ взагалі, а значить і повітря, що вкриває землю, складається з величезної сили часток-молекул, що швидко рухаються; середня скорість руху молекул газу дорівнює кільком сотням верстов на одну секунду, але деякі молекули можуть рухатися з такою великою скорістю, що притяжна сила не може затримати їх біля поверхні тіла, й тому такі молекули одлітають у світовий простір, і то швидше, що менша притяжна сила на поверхні планети, тобто що менше важать тіла на її поверхні. Місяць притягує до себе всі речі майже в шість разів з меншою силою, ніж земля, а тому нічого дивного немає, що атмосфера його давно вже розвіялась, а наша земна ще поки є.

Чи можливе життя на місяці

Щоб взагалі могло бути якесь життя, подібне до нашого земного, треба деяких умов. Насамперед, треба певної теплоти та

світла, треба повітря, треба вологи. Чи є все це на місяці? Ні, немає. Повітря та вологи в вигляді водяної пари там немає зовсім. Немає на місяці ні річок, ні озір, ні морів. А тому, хоч як шукали й хотіли виявити на місяці якісь сліди, якісь незначні натяки на життя, не могли дійти позитивних результатів. Це світ померлий. На місяці навіть вулкани не вибухають. Коли деякі спостерігачі й помічали невеличкі зміни на поверхні місяця, то ці зміни очевидно постають тому, що розвалюються і розколюються скелі, нерівномірно нагріті протягом дня й ночі. Ми навмисно сказали протягом дня і ночі,—а хіба на місяці є чергування дня і ночі, хіба він обертається навколо своєї осі? Так, місяць справді обертається навколо своєї осі. Ми завжди бачимо те саме веселе обличчя з посмішкою, або його частину. Це значить, що місяць до нас повернений завжди тим самим боком. А це і свідчить про те, що місяць обертається навколо своєї осі і робить один оборот саме протягом того часу, що протягом його обертається навколо землі, тобто протягом $27^1/_3$ діб. Коли б місяць зовсім не обертався навколо своєї осі, то протягом місяця ми могли б бачити усю поверхню його, тимчасом як тепер, через зазначену вище особливість, ми не бачимо протилежної частини місяця.

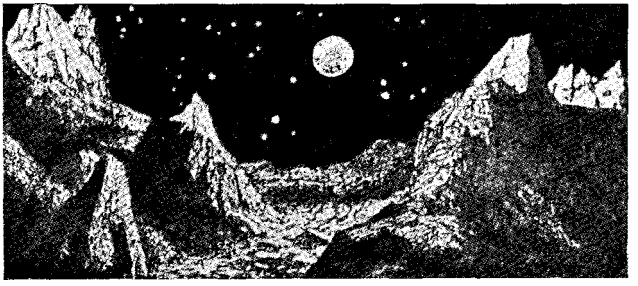
Отже, доба на місяці триває майже 28 днів, день триває 14 наших діб і стільки ж ніч. А що на місяці немає атмосфери, то сонячне проміння розжарює поверхню місяця до такої високої температури, що в ній загинуло б усе живе. Навпаки, коли надходить ніч, температура нижчає, бо атмосфера не затримує тепла, й тому воно вільно випромінюється в світові простори. Мороз серед ночі на місяці, особливо на світанку, може сягати 200°, а то ще й нижче.

Особливості місячного краєвиду

Уявіть собі, що винайшли апарат, який може переносити людину з землі на місяць. Що ми побачили б, висадившись на поверхні місяця? Поперше, треба зауважити, що підчас нашої подорожі ми втратили б усяку змогу визначати, де в нас верх і де низ. Це саме було б там, де притяжна сила місяця й землі однакові. До цього часу ми вважали б, що земля внизу, а мі-

сяць вгорі, бо ми вважаємо за низ той напрямок, яким нас притягує якесь небесне тіло, наприклад, земля, а верхом—протилежний напрямок. А коли б ми перелетіли через усю невтральну смугу, то притяжна сила місяця була б більша, й ми побачили б місяць внизу, а нашу землю вгорі.

Ось ми наближаємося до місяця, вже відрізняємо подробиці: кратери, кільцюваті гори, піки, конусуваті гори і, нарешті, щасливо сідаємо на поверхні місяця. Насамперед, нас вражає глибока мертва тиша; жодного шарудіння не чути, крім шуму в ухах та постуку серця. Це тому, що на місяці немає повітря, а звук саме й передається в наслідок коливання атмосфери. Подивімось угору. Над нами небо зовсім чорне: у нас на землі небо синє,



Мал. 20. Як видно землю з місяця.

блакитне, тому що частки повітря відбивають переважно сині промені різних відтінків. А на місяці немає повітря, й тому там небо не такого кольору, як у нас. Які зорі сяють там на небі? Ті самі, що й у нас. Ми легко знайдемо знайомі нам групи зір, наприклад: Великого Воза, Малого Воза, Полярну Зорю і т. інш. При цьому фігури цих зоряних груп там такі самі, як і в нас на землі. Це тому, що переміщення від землі до місяця на 360.000 кілометрів є ніщо порівняно з зоряними віддаленнями. Так ми ніби і зовсім нікуди не літали, а лишались на місці. Далі, на місяці небесне склепіння обертається, як і на землі, а саме, зі сходу на захід. Все небесне склепіння на місяці обертається навколо осі світу, а вона на місяці проходить не близько Полярної Зорі, як у нас, а через точку в групі зір, що зветься сузір'я Дракона. Отже, на місяці вісь світу інша, ніж на землі. Майже

над головою (в зеніті) сяє величезний повний диск землі. Він майже в 4 рази більший за місяць, сяє блакитнувато зеленим світлом і дає місяцеві в 30 разів більше світла, ніж ми маємо від нього в повні. Бачимо океани, суходоли, бачимо хмари на землі і блискучі нагромадження полярних льодів на кінцях земної осі (мал. 20). Бачимо, як земний диск повільно обертається навколо своєї осі протягом 24 годин, і як при цьому проходить перед нами більша частина земної поверхні. Так само помітили б ми й фази землі, подібні до фаз місяця. І на місяці ми бачили б затемнення землі й затемнення місяця.

А коли б нам захотілось піти в прохідку на місяці, то ми відчули б, як легко там рухатись, і здивувало б нас, що ми так легко підіймаємо на місяці дуже важкі речі, що на нашу земну вагу важили б пудів 10—20. Це тому, що на місяці тіла важать майже в 6 разів менше, ніж на землі. А з вершини скелі ми побачили б сумне видовище оголених гір, кратерів і кільцюватих гір, що про них ми вже казали раніше.

Вплив місяця на землю

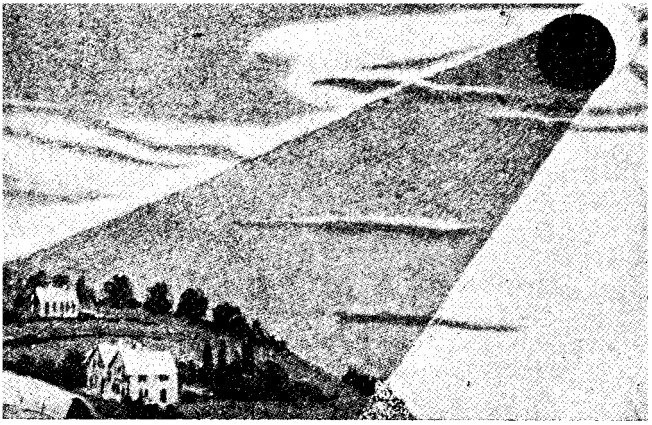
Чи має місяць якийбудь вплив на землю та її життя? Народ і до цього часу вірить, що місяць дуже впливає на зміну погоди, на стан атмосфери, на рослини й тварин. Та все це не відповідає дійсності, все це є пережитки того далекого часу, коли люди ще вірили в таємничий вплив небесних світил на долю народів, окремих людей і взагалі на все, що діється на землі. Наприклад, щодо впливу місяця на погоду, то, як тепер безперечно доведено, немає жодного зв'язку між фазами місяця й погодою. Та так воно й мусить бути, бо тепловий і світловий вплив місяця цілком непозначний.

Та є одне явище на землі, що давно вже вражало людину своєю таємничістю та величчю—це припливи і відпливи,—і тут уже вплив місяця безперечний. Річ у тому, що в одкритих морях і океанах вода двічі на добу підіймається вище над нормальний рівень, і тоді буває приплив. Біля скелястих берегів вода підіймається на кілька сажнів вище середнього рівня, а низькі береги заливає водою далеко вглиб суходолу. Коли приплив досягне найбільшої сили, починається відплив, потім знову приплив і т. ін. Отже, біля берегів океану буває двічі на добу приплив і двічі

на добу відплив. Переміжок між ними дорівнює майже 6 годинам. В нашому Союзі найбільші припливи можна бачити в Білому морі, а в Чорному й Каспійському морях припливи дуже невеликі. Ще в старовину люди звернули увагу на зв'язок між припливом та фазами місяця, але не могли розгадати справжню причину цього явища. Це зробив великий англійський мислитель Ісак Ньютон, і про це ми скажемо в розділі про всесвітнє тяжіння.

Затемнення місяця

Іноді буває, що підчас повні на ясний місяць насовується якась тінь і закриває його весь, або частину. Це є так зване



Мал. 21. Тінь від місяця падає на землю.

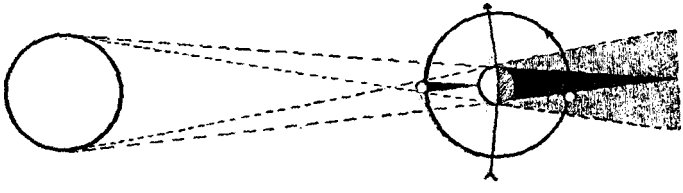
затемнення місяця. Раніше вважали, що затемнення місяця віщують великі лиха, й думали, що при цьому діють якісь ворожі сили. Відомо, наприклад, що коли славетний Христофор Колюмб зі своїми матросами на острові Ямайці не мав що їсти, і їм загрожувала голодна смерть, то він добрав способу, як дістати харч, оголосивши дикунам, що з цього вечора він наведе тьму на місяць. Коли затемнення почалось, дикуни скорились і дали їсти мореплавцям, аби тільки знову повернули їм ясний місяць. Це було 1-го березня 1504 року.

Земля є тіло непрозоре, й від неї лягає тінь. Ця тінь, коли дивитися з боку на неї, має форму конусу, що його основа має радіюс, рівний діяметрові землі, а довжина (інакше висота) дорівнює 216 земним радіюсам. Місяць обертається навколо землі на віддалі майже в 60 земних радіюсів і буває іноді, що він потрапляє в тінь від землі й тоді робиться невидимим—постає

Мал. 22 Положення місяця між землею й сонцем і тінь від місяця.

затемнення місяця. Коли ввесь місячний диск закрито земною тінню, то буде повне затемнення місяця, а коли тільки частину, то буде часткове затемнення. Ви легко зрозумієте, що затемнення місяця може бути лише в повні, тобто, коли місяць, земля та сонце розміщуються майже на одній прямій лінії.

Коли б у повню центри місяця, землі та сонця завжди були на одній прямій лінії, то повні місячні затемнення повторювались би приблизно що 28—29 днів, але справді цього не буває: затемнення місяця бувають усе ж порівняно рідко. Пояснюється



Мал. 23. Схема кільцюватого затемнення.

це ось чим. Місяць обертається навколо землі по еліптичній орбіті. Площа цієї орбіти і площа земної орбіти не збігаються, а утворюють невеличкий кут, приблизно 5°. Ось чому місяць у повні звичайно буває трохи вище, або нижче над площею земної орбіти, а значить вище, або нижче конусу земної тіні, і тому затемнення не буває. А коли трапиться, що підчас повні місяць буде в точці перетину орбіти місяця з орбітою землі (ці точки

звуться місячні вузли), або дуже близько до них, тоді тінь від землі падає на місяць і буде затемнення місяця. Затемнення місяця буває видно звичайно на всій тій півкулі землі, що саме тоді обернена до місяця. При цьому, самий характер затемнення, початок і кінець для всіх пунктів землі, де його видно, буде той самий. Тепер астрономи обчислюють затемнення місяця на багато років уперед, точно визначаючи початок і кінець, а також і характер їх, тобто, чи буде затемнення повне, чи часткове. Крім того, астрономи обчислюють початок і кінець затемнень, що були багато століть тому, і допомагають історикам точно визначити час деяких дуже важливих історичних подій.

Затемнення сонця

Куди більше враження справляють на людину затемнення сонця. Вважали, що вони віщують великі лиха: потопи, пожежі, отруєння повітря і т. ін. І так вірили в це, що полохливі люди ховались у льохи, щоб туди не пройшло отруєнне повітря підчас затемнення, а забобонні люди, чекаючи останнього часу, сповідали гріхи свої. Самі затемнення пояснювали тим, що якась почвара хоче проковтнути сонце, щоб не світило воно своїм життєдайним світлом. Тому підчас сонячного затемнення дикуни та малокультурні народи ще й тепер здіймають страшенний шум і галас, щоб залякати злого духа й одігнати його від сонця. Але ми добре знаємо тепер причину сонячних затемнень і можемо точно визначити початок їх і кінець за багато років наперед.

Сонячні затемнення бувають тому, що між землею та сонцем проходить місяць і застує нам сонячне світло. Що місяць порівняно—невелике небесне тіло, і, крім того, дуже далеке від сонця (майже на 150 мільйонів кілометрів), то тінь від місяця на поверхні землі дуже невелика, щось 250 кілометрів завширшки. Така тінь на величезній поверхні землі являє собою невеличку пляму. Для всіх місцевостей земної кулі, що їх покриється тінню, буде повне затемнення сонця і досить рідко—кільцювате затемнення, коли сонце має вигляд блискучого кільця з темною серединою. Це буває тоді, коли тінь від місяця на землі не досить велика й тому не закриває цілого сонячного диску.

В тих місцевостях, що будуть недалеко від тіні місяця на землі, буде так зване часткове затемнення. Спостерігачі в цих

місцевостях побачать, як закриється лише частина сонячного диску, а в місцевостях, які ще далі, видно буде ввесь диск сонця, й жодного затемнення люди не побачать.

Тінь від місяця на поверхні землі не лишається на тому самому місці землі, а переміщується на її поверхні поперше тому, що земля обертається, і подруге тому, що й місяць і земля переміщуються в просторі. Ось чому затемнення сонця протилежно до затемнення місяця починається і закінчується в різних пунктах земної кулі в різний час. Астрономи заздалегідь обчислюють той шлях, що його зробить на землі конус від місяця, тобто обчислюють зону, що всередині її можна буде бачити повне сонячне затемнення.

Повне сонячне затемнення триває менше як вісім хвилин, тимчасом як повне затемнення місяця триває аж до 2-х годин. Підчас повного сонячного затемнення, коли зникає останній яскравий край світила, на темному небі видно планети й найяскравіші зорі, раніше непомітні в сяйві дня. Температура повітря знижується, холоднішає, подимає холодний вітер і ніби тіні якісь пробігають у повітрі. Рослини, ніби почуваючи ніч, розгортають своє листя, а квіти закриваються. Кажани виходять із сховищ своїх і шугають у повітрі, стихають птахи й ховаються в гнізда, тварини лякаються і навіть людина, що знає причину цієї незвичайної темноти, все ж відчуває деякий неспокій. Темнота підчас повного сонячного затемнення не подібна до ночі, а радше нагадує присмерк. Такий присмерк залежить почасти від сонячної корони, що перлистим, надзвичайно гарним кільцем оточує темний диск місяця.

Щоб обчислювати затемнення, треба знати рух місяця та землі в світових просторах (або рух сонця на екліптиці). Ще старовинні вавилоняни знали формулу, за якою можна обчислити затемнення. Згідно з цією формулою сонячні й місячні затемнення повторюються за однаковим порядком що 18 років і 11 днів. Цей період зветься цикл Сароса. Протягом одного циклу Сароса буває мало не 70 затемнень: 41 сонячне і 28 місячних.

Треба зауважити, що ця формула не дуже точна, й за нею можна обчислити час затемнення лише приблизно. Вчені нашого часу роблять точніші обчислення й наперед можуть сказати не лише рік, місяць і день затемнення, але навіть хвилини й секунди— і жодного разу не було, щоб вони помилились у своїх обчисленнях.

ПЛАНЕТИ

Ще в далеку старовину звернула увагу людина на те, що серед зір, які сяють на нашому небі, є якісь особливі зорі. Погляньте на групу зір, хоч би ту, що її звуть Возом, і ви побачите, що фігура цієї групи лишається завжди однакова. Така вона була, коли бачили ми її в дитинстві, така вона буде, коли дивитимемось ми на неї в літні роки. Жодна зоря в цій групі не віддаляється й не наближається до іншої. Це є так звані нерухомі зорі, що завжди сяють на небі на однакових віддаленнях одна від однієї, утворюючи однакові фігури, або, як кажуть, сузір'я. Та серед цих нерухомих зір гостре око людини ще в старовину помітило деякі дуже яскраві зорі, що рухались серед інших, переміщувались на небі: від одних зір вони віддалялись, до інших наближались. Ці світила греки назвали планетами. Планета—значить мандрівне світило. Яскравих планет небагато. Старовинні астрономи знали такі планети: найближча до сонця Меркурій, потім Венера, Марс, Юпітер і Сатурн. Урана й Нептуна тоді не знали, їх відкрито куди пізніше. Планети названо іменами старовинних римських богів. Планета Венера здобула собі цю назву на честь богині краси та любови—Венери, бо ця зоря дуже яскрава. Планету Марс, що сяє червонастокриваво, названо так на честь старовинного кривавого бога війни—Марса.

Юпітер, що сяє на небі спокійним світлом і повільно урочисто рухається, названо на честь царя старовинних богів—Юпітера. І нарешті Сатурн з його загадковим тьмяним світлом здобув собі свою назву на честь старовинного бога часу та долі—Сатурна. Планету Уран, відкриту в XVIII столітті (1781 р.), названо на честь неба (уранос—небо), і найвіддаленішу від сонця планету Нептун, відкриту в першій половині XIX століття (1846 р.), названо так на честь старовинного бога морів і океанів—Нептуна.

Уран і Нептун дуже далеко від нас, і їх можна бачити лише в телескопи.

В минулому столітті, крім того, відкрито дуже багато маленьких планет, так званих астероїдів; голим оком їх не видно. Тепер їх нараховується близько 1.000.

Як рухаються планети? Коли простежимо кілька днів, або тижнів рух якоїбудь планети, то побачимо, що вона перемі-

щується серед зір з заходу на схід, і при цьому шлях планети завжди проходить дуже близько екліптики, тобто того річного видимого шляху, що ним іде наше сонце на небі. Рух усіх планет крім того має ще й таку особливість: то планета рухається в напрямку з заходу на схід, як і наша земля, то навпаки, зі сходу на захід, то зупиняється на одному місці, але ввесь час вона переміщується далі, роблячи на небі петлі. Коли ми зазначимо положення якоїбудь планети серед зір і почекаємо, поки через деякий час вона знову прийде на те саме місце, то ми визначимо зоряний оборот планети навколо сонця. Ще старовинні астрономи на підставі своїх спостережень обчислили такі зоряні обороти п'ятьох тоді відомих яскравих планет:

Меркурій обертається навколо сонця в 88 днів, або приблизно в 3 місяці.

Венера обертається навколо сонця в 224,7 днів, або приблизно в $7^1/_2$ місяців.

Марс обертається навколо сонця в 687 днів, або приблизно в 2 роки.

Юпітер обертається навколо сонця в 4.332,6 днів, або приблизно в 12 років.

Сатурн обертається навколо сонця в 10.759,2 днів, або приблизно в 29 років.

Коли відкрили потім Уран і Нептун, то виявилось, що Уран обертається навколо сонця в 30.686,8 днів, або майже в 84 роки.

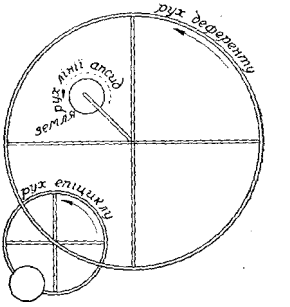
Нептун обертається навколо сонця в 60.126,7 днів, або майже в 164 роки.

Як пояснюється рух планет? В давні часи вважали, що планети, а також сонце й місяць рухаються якимись прозорими кришталевими небесами, що підтримують усі світила. Ось як між іншим каже про це один з письменників і ораторів римських (Ціцерон): „Всесвіт складається з дев'ятьох кіл, або радше з дев'ятьох рухомих сфер. Зовнішня сфера є сфера небесна, що охоплює всі інші. На ній прикріплено зорі. Нижче обертаються сім сфер у протилежному напрямку. На першій з цих сфер рухається зоря, що її люди назвали Сатурн; на другому рухається Юпітер, світило сприятливе людям; потім сяє лютий Марс, а під ним у середній сфері сяє сонце, володар, князь і правитель всіх інших світил і душа всесвіту. Потім ідуть його супутники—Ве-

нера і Меркурій. Нарешті, в найнижчій сфері рухається місяць, що має своє світло від денного світила. Наша земля міститься посередині світу, на однаковому віддаленні від неба всіма напрямками й лишається нерухома".

Поза межами цих сфер була сфера нерухомих зір, а дев'ятим небом було „перводвижне", де жили душі спасенні. Щоб пояснити всі особливості в русі планет, число сфер потім збільшили до 27.

Але приблизно в 130 році нашої ери, в місті Александрії працював славетний астроном Клавдій Птоломей, що довів усю необґрунтованість учення про кришталеві небесні сфери й подав свою систему світу, що на честь його зветься Птоломеєвою. Ми вже казали, що цю систему визнавали, і ніхто проти неї не заперечував, майже півтори тисячі років, аж до Коперника. І казали ми вже, що за Птоломеєм в центрі всесвіту міститься земля, а всі інші планети, а також сонце обертаються навколо землі. Щоб пояснити неправильний заплутаний рух планет, він казав, що планети рухаються найдосконалішими кривими лініями, а за такі в старовину вважалось кола. Центр того кола, що ним рухається планета, і собі рухається навколо землі. Перше мале коло, що ним рухається планета, назвали епіциклом, а те коло, що ним рухається центр епіциклу, зветься деферент (мал. 24). Цей рух епіциклом і деферентом можна уявити собі так: уявім собі палицю з колесом на кінці; коли по обводі колеса рухатиметься кулька, і разом з тим ми обертатимемо палицю, то рух кульки в просторі й буде рух епіциклічний.



Мал. 24. Механізм епіциклічного руху за Птоломеєм.

Система світу Птоломея досить просто з'ясовувала рух планет, але в міру того, як назбирувалось нові факти, вона ускладнялась дедалі більше, бо на епіциклах доводилось будувати нові епіцикли, і система Птоломея дедалі ускладнялась і заплутувалась. Кажуть, що король Альфонс X Кастильський, який захоплювався астрономією, на соборі єпископів у XIII віці сказав, що коли б бог запросив його, як радника, творивши світ, то цей світ не було б так складно збудовано... І ось наприкінці XV віку

з'являється геніяльний Коперник (1473 р.—1543 р.), доводить неправильність системи Птоломея з його деферентами й епіциклами і пропонує свою систему світу.

В своєму геніяльному творі („Про окружні рухи небесних світил") Коперник висловлює сім таких тверджень:

1) Не всі небесні шляхи мають той самий центр.

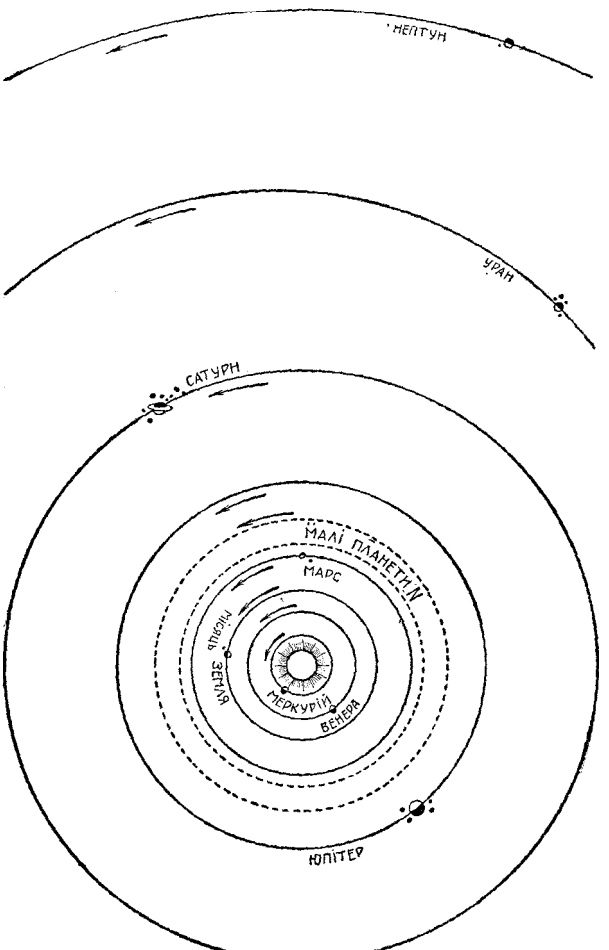
2) Центр землі не є центр всесвіту, а лише центр тяжіння і місячного шляху.

3) Всі шляхи йдуть навколо сонця, а воно, бувши в середині, являє центр системи світу.

4) Коли порівняти віддалення сонця від землі з віддаленням нерухомих зір, то перше непозначно мале порівняно з другим.

5) Видимий рух небесного склепіння є не що інше, як обертальний рух землі навколо своєї осі.

6) Ми рухаємося з землею навколо сонця, й



Мал. 24. Сонячна система.

7) Ця причина пояснює видимий рух і прямі рухи планет. Досить отже самого руху землі, щоб пояснити всі різні видимі рухи на небі.

Отже, заплутані рухи планет Коперник пояснював тим, що

планети не тільки мають самостійний рух навколо сонця, але й позірний рух в наслідок обертання землі навколо сонця. Якщо сполучити ці два рухи, то й матимемо прості й зворотні рухи планет.

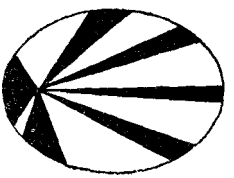
Закони Кеплерові. Після смерти Коперника астрономічні спостереження дедалі уточнювались. Винайшли прозорну трубу, що в багато разів посилила зір людини. І тоді виявилось, що вчення Коперникове взагалі цілком правильне, але його припущення, що планети рухаються колами, неправильне. Справжні закони руху планет відкрив славетний німецький астроном Кеплер. Йоган Кеплер (1571—1630) був син корчмаря. Завдяки власній енергії та працьовитості, він здобув досить добру освіту. Ще змолоду Кеплер думав про те, щоб прикласти до нової системи світу, як її уявляв Коперник, закони фізики та механіки. Обставини склались сприятливо для нього: його запросили за помічника до видатного тоді астронома Тіхо де Браге, що зробив дуже багато важливих спостережень. Між іншим, Тіхо де Браге зробив багато спостережень над планетою Марс. Коли вмер Тіхо де Браге, увесь цей матеріял дістався Кеплерові. Скориставшись з цього матеріялу, Кеплер хотів обчислити орбіту планети Марса. Багато років минуло. Важкі й складні були обчислення, але нарешті Кеплер відкрив свої три великі закони, що керують рухом планет. Тепер доведено, що згідно з цими законами рухаються не лише планети навколо сонця, але взагалі всі небесні світила. Ось ці закони:

Перший закон. Всі планети рухаються навколо сонця еліпсою. В одному з фокусів її міститься сонце. Орбіти планет являють собою еліпси, що дуже мало відрізнються від кіл. Треба дивуватись геніеві Кеплера, що помітив такі незначні відхилення. Міра стиснення еліпси, що нею вона відрізняється від кола, зветься її ексцентриситетом[1]). Виявляється, що ексцентриситети планетних орбіт дуже невеликі.

Другий закон Кеплерів такий: радіюси-вектори планетних орбіт протягом однакового часу описують однакові площі.

[1]) Коли позначимо літерою a велику піввісь еліпси, літерою b малу піввісь, то ексцентриситете ліпси e позначиться так: $e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$.

З'ясуймо цей закон. Радіюс-вектор планетної орбіти є пряма лінія, що сполучає центр сонця з планетою, тобто фокус еліпси з точкою на її периферії. Та частина еліпси, що міститься між двома радіюсами-векторами, зветься сектор. Виявляється, що кожна планета рухається еліпсою так, що площі цих секторів для однакових переміжків часу будуть однакові. Тому, наприклад, коли планета буде найменш віддалена від сонця (це положення є перигелій) і коли вона найбільш віддалена (це положення є афелій), площі, описані радіюсами-векторами в той самий час, приміром в 5, 10, 12 хвилин, будуть однакові Але що в перигелії сектор еліпси має коротші радіюси-вектори, ніж в афелії, то щоб площі були однакові, радіюси-вектори в перигелії повинні бути більш розсунуті, ніж в афелії. Отже, дуга в перигелії більша за дугу еліпси в афелії протягом того самого часу, тобто значить перший шлях довший, а проходиться його протягом того самого часу, — значить і скорість у перигелії більша, ніж в афелії.



Мал. 25. Кеплерова еліпса. (Зарисовані площі всі рівновеликі)

Третій закон Кеплера. Квадрати часу обертання планет навколо сонця відносяться між собою, як куби їхніх великих півосей, або як куби їхніх середніх віддалень від сонця. Квадрат якогось числа є число, що буває від помноження цього числа на саме себе, наприклад, квадрат 2 позначається так: 2^2 і дорівнює $2^2=2\times2=4$; 3 в квадраті позначають $3^3=3\times3=9$; 5 в квадраті, або квадрат п'ятьох позначають $5^2=5\times5=25$ і т. ін. Кубом якогобудь числа зветься число, що постає в наслідок помноження даного числа на саме себе двічі. Наприклад, куб двох позначають так: $2^3=2\times2\times2=8$; куб трьох буде: $3^3=3\times3\times3=27$; куб 5-х$=5\times5\times5=125$ і т. ін. Виявляється, що коли число, яке позначає час обертання планети навколо сонця, підвищити в другий ступінь і поділити на число, яке позначає віддалення планети від сонця у третьому ступені, то для всіх планет, що обертаються навколо сонця, матимемо те саме число.

Правильність цього закону можна перевірити з такої таблиці, де віддалення планет від сонця позначено в частках віддалення землі від сонця. При цьому, віддалення від землі до сонця обрано за одиницю.

Планети	Середня віддаль від сонця	Оборот у роках	Куб віддалі	Квадрат часу обертання
Меркурій .	0,39	0,24	0,058	0,058
Венера . .	0,72	0,62	0,378	0,378
Земля . . .	1,00	1,00	1,000	1,000
Марс . . .	1,52	1,88	3,540	3,538
Юпітер . .	5,20	11,86	140,8	140,7
Сатурн . .	9,54	29,46	868	867,9

Ґалілео Ґалілей і закони руху тіл

Коли Кеплер відкрив закони свої, то не міг він з'ясувати, чому планети рухаються саме згідно з цими законами. З'ясував ці закони Кеплерові відомий англійський мислитель і математик Ісак Ньютон. А що відкриття й дослідження Ньютона почасти ґрунтувались на дослідженнях великого італійського вченого Ґалілея, то ми скажемо дещо й про нього. Ґалілей зробив дуже багато, відкрить в науці. Приміром, він перший виявив закони коливання маятника, що їх потім застосовувалось у наших годинниках. Він перший побачив у саморобну трубу плями на сонці, супутників Юпітера, фази Венери тощо. Але для пояснення законів руху небесних світил найбільше значіння має відкритий ним закон падіння тіл. До Ґалілея між іншим вважали, що важкі тіла падають швидше на землю, а легкі—повільніше. Ґалілей довів помилковість цього погляду, а саме довів, що всі тіла, незалежно від їхньої ваги, падають з однаковою скорістю, а коли ми спостерігаємо щось протилежне, то це пояснюється різним опором, що його ставить падущим тілам повітря; коли перевести спробу в рурці, відки випомповано повітря, то побачимо, що всі речі—й перо, і куля олив'яна, і корок падають однаково швидко під впливом самої лише притяжної сили землі.

Ґалілей довів також, що всяке тіло, падаючи на землю, рухається не рівномірно, а рівномірно прискорено. Пояснімо, що це значить. Коли якесь тіло рухається так, що в кожну одиницю часу проходить ту саму віддаль, то кажуть, що воно рухається рівномірно, приміром, потяг, коли він досяг певної скорости; а коли тіло рухається так, що скорість його протягом кожної одиниці часу збільшується або зменшується на ту саму величину

тоді кажуть, що тіло рухається рівномірно прискорено, коли його скорість збільшується, і рівномірно уповільнено, коли скорість невпинно зменшується на ту саму величину. Тіло тільки тоді може рухатись рівномірно прискорено, або рівномірно уповільнено, коли на нього безупинно впливає певна сила.

Саме збільшення скорости в рівномірно прискореному русі, або зменшення в рівномірно уповільненому зветься прискорення. Виявляється, що сила та прискорення пропорційні між собою, тобто, коли сила збільшиться в 2, 3 і 5 разів, то в стільки ж разів збільшиться і прискорення. Навпаки, коли ми бачимо, що прискорення тіла збільшилось у 3, 5 і 6 разів, то значить і сила, що впливає на тіло, збільшилась у стільки ж разів. Коли ж на тіло не впливає жодна сила, тіло лишається в стані спокою, абож рухається рівномірно і прямолінійно. Як довів Ґалілей, всі тіла, наприклад, камені тощо, падають на землю рівномірно прискорено, і щосекунди скорість каменя, коли не брати на увагу опір повітря, збільшується пересічно на 981 сантиметр. Коли тіло летить угору, то його скорість уповільнюється на 981 сантиметр щосекунди.

Закони падіння тіл, що їх відкрив Ґалілей, допомогли Ньютонові з'ясувати закони Кеплера і відкрити найважливіший закон—закон всесвітнього тяжіння.

Ісак Ньютон і закон всесвітнього тяжіння. Ісака Ньютона справедливо вважають за найвидатнішого мислителя всіх часів і всіх народів світу. Народився він в Англії, в маленькому селі, 1643 р. в сем'ї англійського середняка фармера. Життя цієї видатної людини не багате на зовніші події. Дуже рано він вступив у славетний тоді Кембриджський університет, закінчив його, зробився професором і майже до кінця свого довгого життя читав він там лекції з математики і фізики. Умер Ньютон 1727 року на 84 році життя в авреолі слави й загальної пошани. А на могилі його можна прочитати такий напис: „Хай радіють смертні, що на землі була така окраса роду людського".

Але сам великий мислитель був дуже скромний і казав:

„Я не знаю, що думає про мене світ, а самому собі здаюся хлопчиком, що грається на морському березі й то тут, то там знаходить дивовижний камінець, або ракушку трохи незвичної форми, тимчасом як великий океан істини лишається для нього непізнаванним".

Своє вчення Ньютон виклав у відомій книзі, що зветься „Початки природничої філософії“. В цій книзі, раніш, ніж викласти закон всесвітнього тяжіння, Ньютон формулює такі три основні закони руху, що на них ґрунтується вся сучасна механіка, тобто наука про рух і сили.

Перший закон руху. Ньютон зформулював так: „Кожне тіло зберігає стан спокою, або рівномірного прямолінійного руху, поки діяння сил не змінить цього руху“. Цей закон висловлює основну властивість матерії, що зветься інерція або косність. Закон цей відкрив Ґалілей. Він каже, що тіло, яке не зазнає впливу сторонніх сил, рухається прямолінійно і з сталою скорістю, або перебуває в стані спокою. Коли цей закон не потверджується повнотою серед навкольних рухів, то лише тому, що кожне тіло в русі мусить перемагати різні перешкоди, як от тертя, опір повітря і т. ін. А тому, рухаючись за інерцією, воно зупиняється, а коли б не було перешкод, то воно рухалось би вічно.

Другий закон руху. Зміна руху пропорційна до прикладеноїдвижної сили й має однаковий з нею напрямок. Цей закон можна ще зформулювати й так: „Прискорення кожного даного моменту є пропорційне чинній силі і має однаковий з нею напрямок“. Про це ми вже казали раніше.

Нарешті, третий закон Ньютонів висловлюється так: „Дія і протидія завжди рівні величиною і протилежні (напрямком), або дія двох тіл завжди рівні й скеровані у протилежні боки“. Ми бачимо навколо себе тисячі прикладів, що потверджують правдивість цього закону. Приміром, коли я натискую рукою на пружину, то вона стискується і з такою самою силою тисне на мою руку. Коли пустити на воді магнет на корку і кусочок заліза, то з якою силою магнет притагуватиме залізо, з такою самою силою й залізо притягуватиме магнет. Прикладів, що потверджують правильність третього закону руху, можна навести скільки завгодно.

Ньютон також висвітлив поняття маси. Масу він розумів, як кількість речовини в певному об'ємі. Ці три основні закони руху дали Ньютонові змогу відкрити й довести великий закон всесвітнього тяжіння.

Як відкрито закон всесвітнього тяжіння? Розповідають, що Ньютон сидів якось під яблунею, заглибившись у думки. Коли ось

з дерева впало яблуко... Ньютон замислився над цим звичайним простим явищем і за допомогою звичайних логічних міркувань від причин падання переходить до причин рухів місяця, а потім і до відкриття всесвітнього закону тяжіння.

Можливо, що ця леґенда про яблуко є вигадка, яка показує, як геній з найпростіших, звичайних явищ робить несподівані й дивовижні висновки. Але простежмо й ми міркування Ньютонові, що довели його до відкриття закону всесвітнього тяжіння. Чому падає яблуко на землю?

Тому, що наша земля притягує до себе речі, так само як магнет притягує до себе залізо. Взагалі земля притягує всі речі, і тому, коли підкинути їх угору, вони знову падають на її поверхню. А коли вони лежать спокійно на якійсь поверхні й не можуть впасти на землю, наприклад, на столі або на терезах, то вони в наслідок земного тяжіння справляють певне тиснення на цю поверхню. Це тиснення ми звемо вагою. Отже, вага тіла є наслідок притягання його нашою землею. Сила земного притягання поширюється геть на всі тіла, що є на землі. Немає жодного тіла на землі, що не зазнавало б сили притягання, тобто не мало ваги. Раніше, наприклад, вважали, що повітря не має ваги, але потім безпосередніми вимірами довели, що це неправильно і що повітря теж має вагу, хоч і не велику.

Отже, одна з властивостей сил притягання в тому, що воно поширюється на всі тіла протилежно, приміром, до магнетового притягання, що на одні тіла поширюється, а на інші майже не поширюється. Крім того, земна притяжна сила виявляє себе в усіх пунктах землі. Немає такого місця на землі, ні на дні глибоких шахт, ні на вершинах гір, де земне тяжіння не впливало б і де речі не мали б ваги. Сила земного тяжіння виявляється всюди. Коли так, то мимоволі постає питання: а як ж місяць, що дуже далеко від нас, чи його притягує наша земля, чи ні? А коли притягує його наша земля, то чи не можна обчислити силу й величину цього притягання?

Таке питання постало у молодого ще Ньютона, коли на землю упало яблуко. Але раніш, ніж відповісти на це питання, треба було з'ясувати, чому місяць не падає на землю, коли вона його притягує. Відповідь на це дав ще раніше від Ньютона відомий голяндський вчений Гюйґенс.

Спробуймо це пояснити на прикладі. Ось у мене камінь, прив'язаний вірьовкою; коли я підкину його вгору й пущу, то він упаде вниз, бо його притягує земля. Але що буде, коли я почну швидко крутити камінь? Почувається, як вірьовка натягується дедалі більше. Отже, підчас обертального руху постала якась сила, що віддаляє камінь від руки й напружує вірьовку. Камінь упав би вниз, але ця сила, що постала відчас обертального руху, віддаляє його геть, — ця сила зветься відосередкова сила. Вона завжди виявляється підчас обертальних рухів, приміром, коли в машині обертається реґулятор, в екіпажі й на потягах на поворотах, коли ніби хоче скинути екіпаж і пасажирів з їхнього шляху. Така сама сила відосередкова постає й за вільного обертального руху місяця.

Сила земного тяжіння тяґне місяць на землю. Це є сила доосередкова. А сила відосередкова, що постає підчас обертального руху, не дозволяє місяцеві упасти на землю, увесь час тримає його на орбіті, й тому місяць рухається навколо землі, хоч і ввесь час падає на її поверхню. Щоб довести, що місяць справді притягується землею і ввесь час падає на землю, Ньютон обчислив, який шлях пройшло б вільно падуще тіло, бувши на віддаленні місяця, а потім перевірив ці обчислення безпосередніми спостереженнями над рухом місяця.

Після того, як проробили дуже довгі обчислення й перевірили їх, дійшли тих самих результатів, і не було вже сумнівів, що та сама сила, яка притягує всі тіла до землі, рухає також і місяць.

Потім Ньютон довів, що сила, подібна до сили земного притягання, походячи від нашого сонця, керує рухами всіх планет, що обертаються навколо сонця. Так само, як навколо землі обертається місяць, супутник землі, так і навколо планет обертаються супутники. Ньютон довів, що рухи цих супутників залежать від притяжної сили кожної планети.

Велика заслуга Ньютона в тому, що він перший відкрив силу, яка керує рухами планет нашої землі та супутників планетних. Це сила притяжна, подібна до сили земного тяжіння. Сонце притягує до себе планети, що обертаються навколо нього, кожна планета притягує до себе своїх супутників, а наша земля притягує до себе місяць. Що всі ці небесні тіла обертаються, — а підчас

усякого обертального руху, як ми бачили, постає відосередкова сила, що урівноважує силу доосередкову, то з цієї причини небесні світила безперервно обертаються навколо своїх центрів, безперервно падають на них, але ніколи не впадуть.

Вже по смерті Ньютона довели, що не лише небесні тіла притягуються одне до одного, але й частини їх і взагалі будь-які два тіла в природі притягуються одне до одного. Наприклад, і на поверхні землі всі речі притягуються одна до однієї,—люди, екіпажі притягуються до будівель, меблі в кімнаті до стін і т. ін. Ми не помічаємо цього притягання, тому що воно дуже незначне, й можна виявити його лише дуже чутливими приладами.

Відомий англійський фізик Кавендіш (1781—1810) збудував такий прилад, щоб довести взаємне притягання речей. На дуже тоненькій і гнучкій нитці він підвісив металевий стрижень, що на кінцях його прикріплено олив'яні кульки. Такий прилад зветься обертальною вагою. Коли він наблизив до однієї з кульок велику олив'яну кулю, то вага одхилилась до цієї кулі, бо вона притягала до себе найближчу кульку. Потім робили ще й інші спроби. І всі вони потвердили, що справді будь-які дві речі навзаєм притягуються.

Притягання двох матеріяльних сил відбувається за певним законом, що його формулюється так: дві матеріяльні частки притягаються одна до однієї по лінії, що сполучає ці частки. При цьому, сила притягання пропорційна здобуткові мас цих двох часток і зворотно пропорційна квадратові віддалення між ними.

Коли за незмінної віддалі маса однієї з часток збільшиться в 2 рази, а маса другої—в 3 рази, то взаємне притягання між частками збільшиться в $2 \times 3 = 6$ разів. А коли маси лишаються ті самі, а віддаль між ними збільшиться, наприклад в 2 рази, то сила притягання зменшиться в $2^2 = 4$ рази; коли віддаль збільшиться в 5 разів, то сила притягання зменшиться в $5^2 = 25$ разів. Коли віддаль зменшиться в 4 рази, то сила притягання збільшиться в $4^2 = 4 \times 4 = 16$ разів і т. д.

Останніми часами доведено, що не лише рух небесних світил навколо сонця та рух місяця навколо землі підлягають цьому законові притягання, що його відкрив Ньютон, але цей закон поширюється й на дуже віддалені від нас небесні світила. Ось чому закон притягання, відкритий Ньютоном, правильно зветься

закон світового притягання, бо всі небесні світила, хоч і великі, хоч і дрібні, навзаєм притягуються згідно з цим законом.

Коли земля притягує до себе камінь, так що він падає в напрямку до лінії центру, то й навпаки, згідно з 3-м законом руху, камінь з такою самою силою притягує до себе землю. А що в першому разі притяжна сила зрушує камінь, а в другому та сама сила зрушує землю, а маса її в мільйони разів більша за масу каменя, то й буде от що: камінь, маючи меншу масу, досить швидко й помітно наблизиться до землі, а земля, під впливом тієї самої сили, маючи куди більшу масу, падатиме назустріч каменеві з такою непозначною скорістю, що цього й не помітити.

Можливо, придасться читачам математичний вираз великого закону світового притягання. Коли ми позначимо маси двох кіл літерами m і M, віддалі між цими масами літерою R, силу, що з нею одиниця маси притягує другу одиницю маси на віддаленні, що дорівнює одиниці, позначимо буквою f, силу взаємодії літерою F, то сила взаємного притягання між масами m і M позначиться такою альгебричною формулою:

$$F = f \cdot \frac{m \cdot M}{R^2}.$$

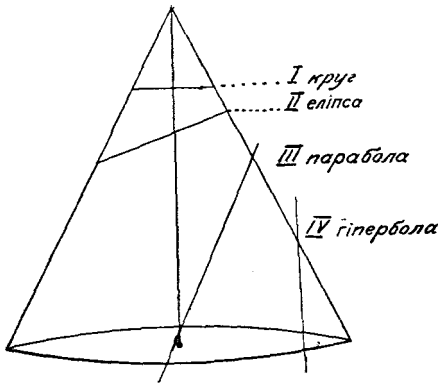
Відкривши цей закон притягання, Ньютон довів математично, що планети рухаються за 3 законами Кеплера. Таким чином, загадкові закони Кеплерові тепер було розкрито й пояснено. Ньютон довів також, що всяка матеріяльна частка, притягуючись до якогось центру, повинна згідно з його законом обертатись навколо цього центру по одному з конічних перерізів, згідно з законами Кеплера.

Конічні перерізи—це є особливі криві лінії: еліпса, параболя і гіперболя. Їх зветься конічними тому, що вони утворюються на поверхні конусу, коли його перетинає площа. Коли конус перетинається площею, простопадною до висоти конусу, то в розтині буде коло, а коли площа, яка перетинає конус, буде не простопадна до висоти конусу, то в перерізі буде еліпса.

Коли площа перетинатиме конус рівнобіжно до твірної, тобто тієї лінії, що, обертаючись навколо висоти конусу, утворює конічну поверхню, то в перерізі буде розімкнена крива, що її дві лі-

нії йдуть у безмежність. Її звуть параболя. А коли конус перетинається площею, рівнобіжною до його висоти, то вона перетне й другий конус, приміщений зісподу, по кривій лінії, яка зветься гіпербольою. Ця крива лінія розімкнена, й обидві частини її ніколи між собою не сходяться.

В світовому просторі ми спостерігаємо рух усіма цими конічними перерізами: еліпсами рухаються планети й місяць, а параболями та гіперболями — інші небесні тіла (комети). Форма шляху залежить від сили початкового поштовху. За невеликого поштовху орбіта небесного тіла буде еліпса, а коли поштовх більший — параболя, або гіперболя. Між іншим, усі речі, що їх ми кидаємо на землю похило до горизонту, приміром камені, кулі, артилерійські набої тощо, летять параболями. Ньютон довів також, що з законів Кеплерових випливає і закон всесвітнього тяжіння.



Мал. 26. Конічні перерізи.

Припливи і відпливи. Закон всесвітнього тяжіння дав змогу з'ясувати багато загадкових явищ, що їхня причина була невідома. Ми вже казали, що в морях і океанах протягом доби правильно підвищується і знижується рівень води. При цьому, двічі на добу вода прибуває і двічі на добу спадає. Це є так звані припливи й відпливи. Ще старовинні дослідники виявили безперечний зв'язок припливів з місяцем, але пояснити, як саме місяць може впливати на водяну оболонку землі, вони не могли. Припливи й відпливи, як казали старовинні мудреці, були могилою людської допитливости. Ньютон перший пояснив припливи й відпливи притяганням від місяця, тобто впливом притяжної сили місяця.

Місяць притягує до себе нашу землю й окремі частини її. Що це притягання послаблюється відповідно до віддалі, то частини землі, ближчі до місяця, притягуватимуться до нього більше, ніж центр землі, а центр землі притягуватиметься більше, ніж частини землі, що на протилежному боці її, тобто більш віддаленому від місяця. Тому всі частки, неприкріплені до землі, приміром.

частки води в океанах на тому боці землі, що обернений до місяця, під впливом притяжної сили місяця набудуть більшу скорість, ніж центр землі, а центр землі більшу скорість, ніж частки води в океані на більш віддаленому боці від місяця. Отже, частки води, ближчі до місяця, будуть переганяти рух центру землі й тому вони підіймуться над землею, і тут буде приплив. Навпаки, частки води на протилежній півкулі відставатимуть від руху центру і ці відсталі водні частки утворять опуклу поверхню на землі, тобто й тут буде приплив. Отже, підо впливом притяжної сили місяця приплив буде на землі одночасно на двох діяметрально протилежних боках земної кулі.

В точках землі, віддалених на 90° від того місця, де тепер спостерігається приплив, рівень води знизиться, й буде відплив. А що земля обертається навколо своєї осі, то притяжної сили місяця зазнаватимуть на собі послідовно всі точки землі, тобто хвиля припливу оббігатиме навколо землі протягом доби. На припливи й відпливи впливає також і сонце, але куди менше ніж місяць. Підчас нового місяця, коли місяць і сонце стоять на одній прямій, вплив їх на водяну оболонку землі складається, а тому припливи підчас нового місяця будуть найбільші.

Отже, закон всесвітнього тяжіння, відкритий Ньютоном, дав змогу пояснити закони Кеплерові, що згідно з ними небесні світила обертаються завжди тими самими шляхами. Він пояснив нам багато явищ у навкольній природі, що до цього часу були незрозумілі й загадкові, як от, приміром, припливи й відпливи в океанах і морях.

Але що являє собою ця сила всесвітнього притягання? На жаль, на це питання наука не дала відповіді ще й досі. Ми не знаємо, чи є енерґія притягання промениста енерґія, на зразок електричної, світлової, чи вона є якась інша відміна енерґії. Ми не знаємо також, з якою скорістю поширюється енерґія притягання від тіла до тіла. Деякі вважали, що вона поширюється в непозначний час, а інші припускають, що енерґія тяжіння поширюється з деякою певною скорістю, приміром, з такою скорістю, як світло та електромагнетні хвилі, тобто приблизно 300.000 кілометрів на одну секунду. Сам Ньютон, що зформулював закон всесвітнього тяжіння, нічого не каже про саму суть цієї сили. „Я гіпотез не вигадаю“, казав з цього приводу Ньютон. Від ча-

сів Ньютона й до нашого часу багато спроб було розкрити цю таємницю притягання, але всі вони не мали успіху, й хоч як це дивно, найзвичайніша річ, явище, яке подибується щохвилини— притягання та вага тіл, так і лишаються для нас таємницею. Але сподіваємося, що наш вік, який розкрив нам уже багато таємниць, розкриє і цю.

Фізичний опис планет

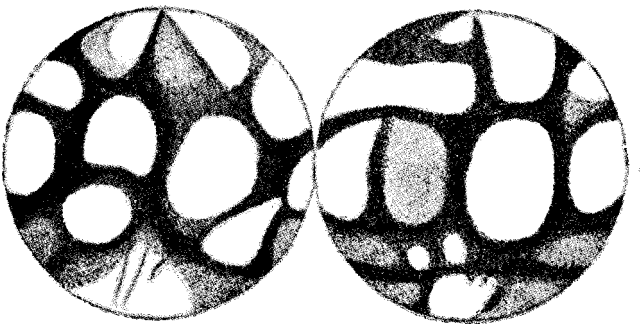
Всі планети обертаються навколо сонця з заходу на схід. Навколо планет обертаються їхні супутники в такому самому напрямку, тобто з заходу на схід і при цьому, разом з своєю планетою, обертаються вони навколо сонця. Сонце, разом з усіма своїми планетами, та їхніми супутниками, являє собою так звану сонячну систему, що є ніби маленький острівець у безмежному океані всесвіту.

Обізнаймося ближче з нашою сонячною системою й почнімо з планет, ближчих до сонця.

Меркурій—найближча до сонця планета. Віддаль її від сонця дорівнює 58 мільйонам кілометрів. Що віддаль землі від сонця дорівнює 150 мільйонам кілометрів, то значить орбіта Меркурія лежить в середині земної орбіти. Меркурій обертається навколо сонця протягом 88 діб. Своєю величиною він куди менший, ніж земля: діяметр його дорівнює 4.800 кілометрів, а діяметр землі— 12.756 кілометрів. Маса Меркурія теж куди менша проти маси землі і є лише $^1/_{25}$ маси землі. Меркурій дуже близько обертається навколо сонця, й тому його важко побачити. Він завжди в проміннях сонячного світла. В астрономічну трубу Меркурій видно, як маленьку кулю з плямами на поверхні. Що являють собою ці плями, невідомо. Невідомо також досить точно, з якою скорістю обертається Меркурій навколо своєї осі. Супутників у Меркурія не виявлено.

Трохи більше ми знаємо про другу планету, йдучи від сонця, —про *Венеру*. Це дуже яскрава й красива планета. Скоро зайде сонце, вона сяє в рожевому сяйві вечірнього заходу; день-у-день вона одходить дедалі від сонця, яскравішає, а потім знову потопає в сонячному промінні й на деякий час зникає. Через деякий час ми її побачимо перед сходом сонця, й вона сяє, як

ранкова зоря. Венера вражає своїм блискучим сяйвом. Вона куди далі від сонця, ніж Меркурій, і тому за довгий час до схід сонця, або до заходу сяє на небі. Середня віддаль Венери від сонця дорівнює 108 мільйонам кілометрів. Час її обертання навколо сонця майже 225 діб. Величиною ця планета майже дорівнює землі, але маса її трохи менша, ніж маса землі. Коли дивитись на Венеру в астрономічну трубу, то ми побачимо її так, як і наш місяць, іноді у повні, іноді половину диску, іноді вузенький серп. Це—фази Венери. Такі самі фази відкрито і в Меркурія. Над поверхнею Венери є чималий шар атмосфери, де багато хмар, а тому й не можна добре розгледіти поверхню цієї планети. Час



Мал. 27. Мапа Венери.

обертання Венери навколо осі теж точно невідомий. Бувши близько до сонця, Венера одержує від нього майже вдвоє більше світла й теплоти, ніж наша земля. Тому, коли на Венері є життя, подібне до нашого, то є воно лише там біля полюсів планети, де сонце не таке гаряче. Що Венера й Меркурій ближчі до сонця, ніж наша земля, то коли вони проходять між нами та сонцем, то з землі можна бачити в трубу, як на поверхні сонця рухається якась маленька точка, ніби макове зернятко. Це є так звані проходження Меркурія та Венери сонячним диском. Спостерігати це можна дуже рідко. Наприклад, найближче проходження Венери сонячним диском буде тільки 7 червня 2004 року. Проходження Венери сонячним диском мають величезне значіння, бо на підставі їх обчислюється віддаль від землі до сонця.

Двоє спостережників *А* і *Б*, дуже віддалені один від одного, дивляться на Венеру. Перший бачить Венеру в точці V^1, а дру-

гий — в точці V^2 на сонячному диску. Сполучаємо ці дві точки прямою лінією. Величина цієї лінії є міра віддалення обох спостерігачів, коли дивитись на них із сонця. Проведімо з обох цих точок дві прямі лінії через Венеру до обох спостерігачів; тоді буде в нас два трикутники, що мають спільну вершину в тій точці, де міститься Венера. В цих двох трикутниках ми знаємо завжди прямолінійну віддаль між двома спостерігачами на землі. Крім того, з третього закону Кеплерового легко обчислити відношення боків цих трикутників. На підставі всіх цих даних, визначають кут, що під ним спостерігач на сонці міг би бачити діяметр землі. Цей кут зветься сонячною паралаксою. Він дуже невеликий. Знаючи паралаксу, можна легко за допомогою геометрії обчислити віддаль од землі до сонця. Що точніше виміриться сонячна паралакса, то й точніше можна буде обчислити віддаль землі від сонця. Крім цього способу є ще інший.

Після Венери найближча до сонця наша земля, а потім одна з найцікавіших і найзагадковіших планет нашої сонячної системи—планета *Марс*, що сяє червонастим світлом, а тому й названо її ім'ям кривавого бога війни Марса. Він лише вдвоє більший за наш місяць. Діяметр його лише 6.750 кілометрів. Отже, його поверхня менша ніж $^3/_{10}$ земної поверхні, об'єм дорівнює $^1/_7$ земного, а маса $^1/_9$ земної маси. Як бачимо, поміж інших небесних світил Марс порівняно невелике світило. Робить він свій оборот навколо сонця протягом 1 року 321 дня, тобто доби року на Марсі вдвоє більші, ніж у нас. Так само, як і наша земля, Марс обертається навколо своєї осі, й доба на Марсі лише на 41 хвилину більша, ніж у нас. Про час обертання Марса навколо осі, як і взагалі про час обертання всякої планети, дізнаються так: обирають на поверхні планети якусь дуже помітну точку і стежать, поки побачать її на тому самому положенні. Час, що проходить між цими двома спостереженнями, і є час обертання планети навколо осі, тобто це буде планетна доба.

Навколо Марса обертаються два недавно відкриті супутники. Один супутник зветься Фобос (страх), а другий Деймос (жах). Ці супутники мають у діяметрі щось 12 кілометрів. Орбіта Марса проходить поза земною орбітою, а що земля й Марс обертаються з неодноковою скорістю (земля швидше, ніж Марс), і, крім того, час обертання в них неоднаковий, то взаємна від-

даль між землею й Марсом змінюється: іноді вони бувають дуже близько, на віддалі 55 мільйонів кілометрів, а іноді одходять на величезну віддаль, майже 400 мільйонів кілометрів. Такі положення Марса, коли він буває найближче до землі, зветься протистоянням, а коли земля та Марс бувають обабіч від сонця, то таке положення зветься сполучення.

Найбільш цікаві для астрономів протистояння Марса бувають кожні 15—17 років. Особливо близько був Марс до землі в 1877 році, потім 23 серпня 1924 р. Такі найцікавіші протистояння Марса зветься велике протистояння. Великі протистояння Марса бувають звичайно в серпні, або в вересні. Найближче велике протистояння Марса таке саме, як було в серпні 1924 року, буде в 1975 році.

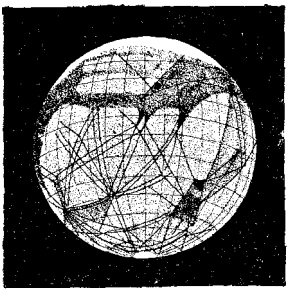
Коли дивитись у гарну трубу, що збільшує в 200 разів, на Марс підчас протистояння, то ми побачимо диск помаранчового кольору, при чому вгорі видно білу пляму з темною смужкою навколо, а по середині Марса якісь жовті смуги та плями; величина та форма білої плями змінюється залежно від доби року на Марсі. На цій планеті, так само, як і на землі, є свої доби року, при чому чергування їх у південній та північній півкулі Марса зворотне. Коли в одній півкулі починається весна, біла пляма на полюсі зменшується, ніби тане, а коли на Марсі буває літо, то вона зовсім маленька, а потім на осінь і зиму знову більшає. Отже, білі плями біля полюсів Марса подібні до тих полярних льодів і снігів, що вкривають наші земні полюси. Можна гадати, що біля полярної плями на Марсі є нагромадження льодів, а коли це так, то на Марсі очевидно є вода й атмосферні опади, приміром сніг. Дехто, проте, вважає, що білі полярні плями на Марсі є нагромадження твердої вуглекислоти.

На всій поверхні Марса видно багато подробиць, але не так чітко, як на місяці. Деякі частини Марса іноді видно дуже тьмяно, невиразно. Припускають, що над цими поверхнями проходять хмари. Іноді на червонуватому суходолі Марса спостерігають величезні хмари жовтого пороху. Все це наводить на думку, що на Марсі є атмосфера. Який її склад—чи такий, як у нашої земної атмосфери, це покищо точно невідомо. Вивчаючи уважно поверхню Марса, побачимо на ній темні плями, що їх астрономи звуть моря. Деякі астрономи вважають, що це справді моря,

тобто великі простори, затоплені водою, а інші кажуть, що це є низини, вкриті болотами. Іноді, коли тануть полярні льоди на ближчому полюсі, ці моря заливає вода, й вони змінюють свій колір.

Ця зміна кольору морів може також залежати й від рослинности, що виростає на цих болотах, а потім зникає.

Крім синюватих плям—морів, на Марсі є ще плями жовтуваті. Це суходіл Марса. Жовтавий колір його, на думку деяких астрономів, залежить від того, що суходіл на Марсі жовтавий, а інші думають, що цей колір залежить від рослинности на Марсі, яка там, мовляв, жовтогарячого кольору.



Мал. 28. Канали Марса.

Жодних гір на поверхні Марса до цього часу ще не помічено. Поверхня його більш-менш рівна.

Крім великих плям, так званих морів, на поверхні Марса можна побачити багато дрібних плям, так званих озір. Але найдивовижніше явище на поверхні Марса — це канали. Коли дивитись на Марс у дуже міцні труби, поверхня його ніби вкрита дуже тонкою сіткою, і всю поверхню вкривають сотні дуже тонких ліній. Відомий італійський астроном Скіяпареллі назвав ці тоненькі, як павутиння, нитки на поверхні Марса—каналами. Канали мають дуже правильні форми й нагадують сітку залізниць на залізничій мапі. Вони починаються у якогось озера, або моря і втікають один у один, або в моря та озера. Проходять вони на поверхні Марса на сотні й тисячі кілометрів. Ширина їхня приблизно 120 кілометрів. Але найдивовижніша особливість цих каналів така: „Праворуч і ліворуч від темної лінії (каналу) постають, зовсім не змінюючи напрямку, інші, здебільша рівнобіжні лінії; віддалення між ними різне—від 350 до 700 кілометрів, іноді лінія розпадається на дві й більше ліній. Це подвоєння каналів має очевидно зв'язок з певними періодами, й його можна бачити майже одночасно на всій освітленій поверхні Марса". Так пише про подвоєння каналів італійський астроном Скіяпареллі, що перший дослідив загадкові канали Марса. Деякі астрономи, приміром Скіяпареллі й американський астроном Лауєль, при-

пускають, що канали—це штучні споруди розумних істот, які живуть на Марсі. Що Марс старіший, ніж наша земля, то розумні істоти на Марсі мають вищу культуру, ніж наша, й техніка їхня вища і знання більші. Такі висококультурні істоти легко, мовляв, можуть спорудити величезні канали, на кілька тисяч кілометрів завдовжки й більш як сто кілометрів завширшки. Тимчасом, як наші найбільші канали Суецький і Панамський трохи довші за 100 кілометрів. Припускають, що цими каналами підчас поводі, коли тане сніг на полюсах, тече вода. А щодо подвоєння каналів, то й воно свідчить про високу техніку марсіян, які пускають воду в запасні канали, одкриваючи шлюзи, і тоді видно й ці канали.

Інші астрономи вважають, що канали, це є смуги рослинности між зрошувальними каналами, що їх ми з землі не бачимо. Деякі астрономи (Арреніюс) вважають канали за природні розколини на промерзлій поверхні Марса. З цих розколин виходить водяна пара, вуглекислота й сірчисті гази. Нарешті, деякі астрономи, що вивчали поверхню Марса в найміцніші сучасні астрономічні труби, не визнають цих каналів і кажуть, що на поверхні Марса вони бачили лише ряд дрібних крапок. Ці дрібні крапки, як розглядати їх у не дуже міцні труби, зливаються в суцільну лінію. Отже, ще й досі не вирішено, що таке ці канали на Марсі.

Умови життя на Марсі. Що Марс далі від сонця ніж земля, то й одержує він менше теплоти, ніж наша земля. Новітні досліди виявили, що й атмосфера Марса куди більше розріджена ніж наша земля, в ній мало водяної пари і майже в 16 разів менше кисню, ніж на землі. Тому припускають, що влітку на Марсі середня температура не вища за 27 градусів морозу. А найбільша спека навряд чи досягає кілька градусів тепла. А коли так, то рослинний і тваринний світ не може там бути подібний до нашого земного. На думку шведського вченого С. Арреніюса, Марс являє собою холодну мертву пустелю, де тільки дене-де ростуть мохи та обрісники. Оскільки цей погляд правильний, покаже майбутнє, а, крім того, не треба забувати, що життя виявляється в дуже різноманітних формах, а тому наші припущення та передбачення можуть бути неправильні.

Астероїди. За орбітою Марса навколо сонця обертаються маленькі небесні світила, так звані малі планети, або астероїди.

Їх приблизно 1.000, і щороку відкривають їх кілька десятків. Перший астероїд відкрито на самому початку минулого століття. Найбільша з цих планет має лише кілька сот кілометрів у діяметрі, а інші зовсім маленькі. Дехто припускає, що астероїди є уламки великої планети.

Юпітер. За астероїдами на віддаленні 770 мільйонів кілометрів від сонця обертається навколо нього найбільша з планет нашої системи—Юпітер (мал. 29). Він робить повний оборот навколо сонця в 11 років 312 днів і 14 годин. Після Венери це найяскравіша планета на небі. Він є велетень серед інших планет сонячної системи; своїм об'ємом Юпітер більший за нашу землю у 1.340 разів, його маса в 308 разів більша за масу землі, але маса сонця більша за масу Юпітера в 1.048 разів. Діяметр Юпітера більш, ніж в 11 разів перевищує діяметр нашої землі й дорівнює 144 тисячам кілометрів.

Мал. 29. Юпітер

Зробімо невеличкий відбіг і скажімо кілька слів про те, як астрономи обчислюють віддалення до планет і їхні розміри. Щоб обчислити віддаль від сонця до якоїбудь планети, треба знати віддаль від землі до сонця. Коли ця віддаль відома, то легко обчислити віддаль від сонця до якої завгодно планети в маштабі земної віддалі. Це робиться так. Згідно з 3-м законом Кеплеровим, квадрати часу обертання планет пропорційні кубам їхніх середніх віддалень від сонця. Записуємо альґебричною формулою цей закон і літерами R позначимо віддалі, а літерами T — час оборотів навколо сонця:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}.$$

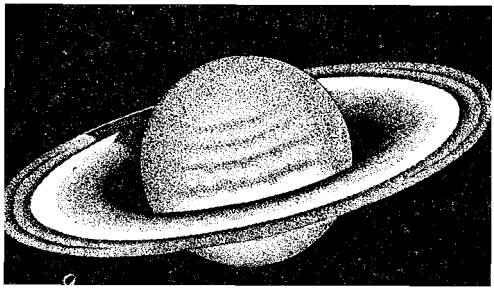
Коли в цій формулі ми підставимо значіння для часу повного обороту землі й планети навколо сонця, а також величину віддалі від землі до сонця, то обчислимо віддаль до планети. А коли треба виміряти діяметр планети, то роблять спостереження

й вимірюють кут, що під ним видно планету з землі. Знаючи віддаль до планети і кут, що під ним її видно, легко обчислити діяметр планети. А щодо маси планети, то її обчислюється на підставі закону світового тяжіння.

Повернімося знову до Юпітера. Подивімось на Юпітер в астрономічну трубу. Ми побачимо кулю, вкриту рівнобіжними темними та ясними смугами. Іноді на поверхні Юпітера постають плями, деякий час лишаються, а потім зникають. Наприклад, 1872 року постала червона пляма, яка й лишалась більш, ніж 20 років. Ця пляма, на думку вчених, являє собою розпечену рідку масу, що вилилась з середини Юпітера. Очевидно Юпітер ще не зовсім охолонув і являє собою напіврідку масу, при чому густина її трохи більша за густину води. Тому Юпітер почасти сяє й своїм світлом. Навколо нього обертаються супутники. Тепер відомо 9 супутників Юпітера. Іноді вони входять у тінь Юпітера, і тоді постає затемнення супутника. Спостерігаючи затемнення супутників Юпітера, данський астроном Ремер обчислив скорість світла. Знаючи рух Юпітера, землі та супутника по їхніх орбітах, можна заздалегідь точно обчислити, коли супутник ввійде в конус тіні Юпітерової і коли він вийде з неї, тобто обчислити початок і кінець затемнення. Можна скласти таблицю затемнень супутника на кілька завгодно років наперед. І ось, коли Ремер за цими таблицями перевіряв час виходу супутника з тіні, то виявилось, що коли Юпітер і земля бувають на одній прямій лінії та по один бік від сонця, то супутник виходить з тіні приблизно на 16 хвилин раніш, ніж тоді, коли земля, Юпітер і сонце будут теж на одній прямій лінії, але земля буде за сонцем (тобто сонце між Юпітером і землею). Ремер довго не міг з'ясувати справжню причину цього, але нарешті догадався, що в другому випадку затемнення запізнюється тому, що світло проходить не в одну мить і в цьому разі пробігає воно довший шлях, ніж у першому, поки впаде на сітківку спостерігача, а саме, в цьому другому випадку шлях цей довший на величину діяметра земної орбіти, тобто майже на 300 мільйонів кілометрів. Цей шлях світло проходить в 16 хвилин, або майже в 1.000 секунд. Отже, в одну секунду світло проходить у світових просторах 300.000 кілометрів.

Сатурн. За велетнем Юпітером обертається планета дуже дивної форми—Сатурн. Це друга величиною планета. Вона трохи

менша, ніж Юпітер. Віддаль Сатурна від сонця в $9^1/_2$ разів більша, ніж віддаль землі від сонця. Обертається Сатурн навколо сонця протягом 29 років і 174 днів. Густина планети куди менша, ніж густина води. Планета дуже швидко обертається навколо своєї осі. Один оборот навколо осі робить вона в 10 годин 16 хвилин. В наслідок такого швидкого обертання на екваторі цієї планети діє велика відосередкова сила, і планета ніби стиснута на полюсах. Цікава особливість цієї планети—її кільце. Коли подивитись на Сатурн в астрономічну трубу, то ми побачимо великий диск планети, вкритий смугами, а навкруги планети, над її екватором, тобто по середині між кінцями осі обертання, вільно висить над планетою якесь дивовожне кільце. Ширина цілого кільця майже дорівнює 50.000 кілометрів, а віддаль його від поверхні планети лише 10.000 кілометрів. Завтовщки воно не більш як 200 кілометрів. Поверхня кільця не суцільна, а має ряд концентричних переміжків. На думку астрономів, кільце Сатурна складається з безлічі маленьких камінців, що дуже швидко обертаються навколо планети. А що вони дуже далеко від нас, то ми й бачимо їх, як суцільне кільце. Навколо Сатурна обертаються 9 супутників. Голим оком їх бачити не можна. Планета Сатурн була остання, відома ще й старовинним народам. Але 1871 року нічим не видатний серед астрономів вчитель музики Вільям Гершель якось побачив у полі зору свого телескопа якусь зірочку у формі маленького диска. Минуло кілька днів, і він спостеріг, що ця зірочка має свій власний рух між зір. Спочатку Гершель вважав, що це комета, але потім з'ясувалось, що це планета, при чому орбіта її лежить поза Сатурном. Час обертання *Урана*—так назвали нову планету—навколо сонця дорівнює 84 рокам і 28 дням. Його середня віддаль від сонця досягає майже 3.000 мільйонів кілометрів. Поперечник Урана майже вп'ятеро більший,



Мал. 30. Сатурн.

ніж поперечник землі й дорівнює 59.000 кілометрів. На поверхні Урана видно якісь темніші смуги. Про фізичну будову Урана ми нічого не знаємо. Також нічого невідомо й про час обертання Урана навколо осі. Уран має 4 супутники.

Нептун. Коли відкрили планету Уран, астрономи почали обчислювати орбіту Урана. Спочатку спостереження та обчислення збігались між собою досить точно, але потім виявились великі розходження: згідно з обчисленнями виходило, що Уран повинен би бути на цьому місці, а справді він був в іншому. З плином часу ці відхилення дедалі більшали, й астрономам довелось вирішувати важку задачу—пояснити причину цих відхилень в русі Урана. Цю задачу розв'язав французький астроном Левер'є. Він припустив, що обчислення та справжній рух Урана не збігаються тому, що на Уран впливає якась невідома планета, яка й збиває його з шляху. Справді, згідно з законом Ньютона, кожна планета, під впливом притяжної сили сонця, повинна рухатись навколо сонця еліпсою. Але так буде, коли планета одна. А як взяти на увагу, що планети навзаєм притягуються, то кожна планета звичайно впливає на найближчу до неї планету й порушує її правильний рух. Тому орбіта планети вже не буде геометрично правильна еліпса, а трохи відрізнятиметься від неї. Ці відхилення від еліптичного шляху в наслідок притяжної сили планет звуться пертурбаціями. Отже, дуже складну задачу мав розв'язати Левер'є: знаючи великі пертурбації в русі Урана, відшукати причину їх, тобто обчислити шлях нової невідомої планети, її масу, віддаль від сонця, місце на небі і т. ін. Левер'є блискуче розв'язав цю задачу, й коли 1846 року звернувся до свого знайомого астронома в Берліні—Галле, прохаючи пошукати нову планету в сузір'ї Водолея, то там справді помітили якусь маленьку зірочку. Таким чином, нову планету сонячної системи відкрито самими лише обчисленнями й теоретичними міркуваннями. Одночасно з Левер'є ту саму задачу про нову планету розв'язав англійський математик Адам.

Нову планету назвали Нептун. Віддалення його від сонця 4.500 мільйонів кілометрів, а обертається навколо сонця він у 164 роки 180 днів. Маса Нептуна в 12 разів більша, ніж маса землі, а середня густина трохи більша за густину води. Жодних подробиць на поверхні Нептуна не помічено, бо навіть у най-

кращі телескопи ми бачимо його як маленьку кульку, завбільшки з просину. Сонячний диск з цієї планети здається в 1.000 разів менший, ніж з землі, отже сонце на Нептуні видно, як яскраву зорю, а південь там нагадує наш надвечірній присмерк. Навколо Нептуна обертається один супутник, такий самий завбільшки, як і наш місяць.

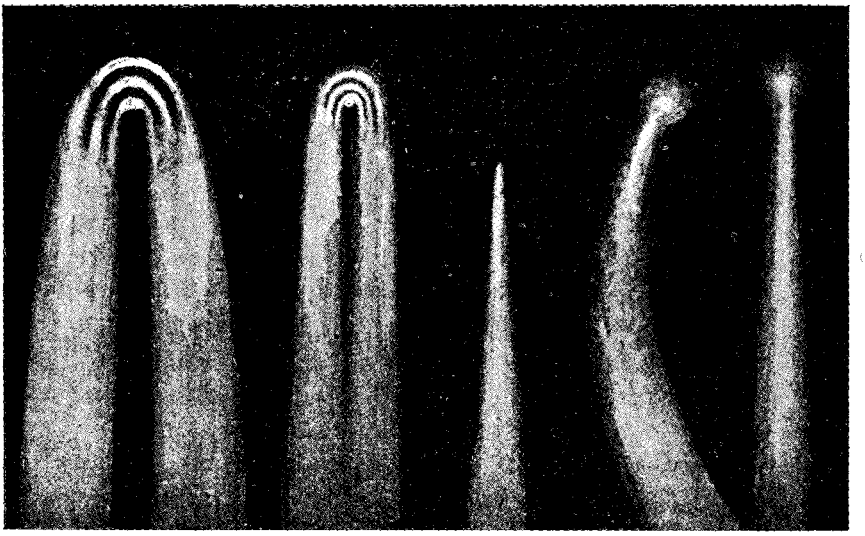
Чи є Нептун остання планета нашої сонячної системи, чи за Нептуном ще є якась планета, цього ми не знаємо. Так само не дали жодних наслідків і спроби розшукати ще ближчу до сонця планету, ніж Меркурій.

Комети. Інколи небом проходять незвичайні світила з довгим хвостом і з маленькою тьмяною зіркою спереду, в якомусь осяйному тумані. Ці хвостаті світила звуться комети. Комета—значить волосата зоря.

З усіх небесних світил, комети найбільше вражали людину, і в усіх країнах і в усі віки незвичайний таємничий вигляд комети, тьмяне світло її чолової частини, раптове постання її на небі справляли велике враження на людей. Вірили, що вони віщують щось недобре, таємниче, грізне. Але ми знаємо тепер, що комети, це є небесні світила, що не мають жодного зв'язку з життям на землі. Ще великий Ньютон, дослідивши комету 1680 р., дійшов висновку, що комети підлягають законам світового тяжіння і рухаються параболями. Більшість комет заходить лише один раз у нашу сонячну систему, а потім геть назавжди відходять у світові простори. Але деякі комети рухаються еліпсами. Такі комети звуть періодичні комети. Не можна сказати, щоб це були дуже рідкі гості в нашій сонячній системі. Правда, великі яскраві комети бувають рідко, але крім таких комет телескоп відкриває майже щорічно пересічно 5 комет, які перетинають земну орбіту. Зовнішній вигляд комет дуже різноманітний, але здебільша ми бачимо тьмяну зірку в якомусь тумані. Це є голова комети, де центральна зірка зветься ядро, а навкольну тьмяну не дуже ясну речовину звуть волоссям комети. Від голови комети йде довгий хвіст, дуже різноманітної форми: іноді він прямий, іноді викривлений, як турецька шабля; при цьому іноді буває хвіст один, а іноді їх виходить декілька на взір віяла. Такий хвіст у формі віяла мала комета 1744 року.

Але комета не одразу здається такою. Коли в сучасні міцні

телескопи відкривають комету, то бачать спочатку невеличку зірку, оточену світящим туманом. Що далі наближається голова комети до сонця, стає вона яскравіша, у зірки виростає хвіст, спочатку невеликий, а потім дедалі більший і яскравіший. При цьому хвіст завжди скеровано в напрямку, протилежному до сонця. Особливо яскравим стає хвіст, коли комета проходить через найближчу точку до сонця, або, як кажуть, через свій перигелій. Після цього хвіст дедалі меншає, комета ніби втягує його в себе, при чому тепер комета йде хвостом наперед, а не назад, як то



Мал. 31. Комети.

було, коли вона рухалась до сонця. Через деякий час хвіст у комети й зовсім зникає, й комета знову перетворюється у тьмяну зірку, оточену туманом, а потім і зовсім далеко одходить, так що не видно її в найміцніші телескопи.

Величина кометних хвостів дуже неоднакова, так само, як і їхній зовнішній вигляд (мал. 31). Іноді хвости комети поширюються на одну третину, або навіть на половину видимого небесного склепіння. При чому справжні розміри хвостів, а їх обчислили астрономи, надзвичайно великі, наприклад, хвіст комети Донаті, що проходила 1857 р., досягав 100 мільйонів кілометрів, а ве-

лика комета 1811 р. мала ще більший хвіст, завдовжки в 170 мільйонів кілометрів; хвіст комети 1843 р. досягав 300 мільйонів кілометрів. Щождо розмірів кометного ядра, то воно куди менше й, наприклад, у яскравої комети Донаті дорівнювало воно лише 900 кілометрам, а ядро комети 1818 р. мало в поперечнику щось 500 кілометрів. Комети складаються з надзвичайно розрідженої речовини, при чому густина її така незначна, що крізь хвіст комети добре видно зорі, й навіть голова комети теж прозора. Кількість речовини, що з неї складаються комети, їхня маса, надзвичайно мала. За висловом одного астронома, комети є ніби видиме ніщо. Цього можна переконатись, спостерігаючи, як комета проходить поблизу планет сонячної системи. Комета проходить близько планети, майже торкається її своїм ядром, і жодних відхилень у русі планети після цього не помічається. Наприклад, комета Брукса пройшла спочатку між супутниками Юпітера, наразилась на кількох з них і потім так наблизилась до Юпітера, що голова комети очевидно діткнулась поверхні цієї планети, але ні в русі Юпітера, ні в русі його супутників після цього проходження не помічалось жодних змін. Навпаки, сама комета змінила свій шлях під впливом притяжної сили Юпітера й розпалась на кілька частин, на кілька маленьких комет. Чому комети мають хвіст? Безперечно в цьому відограє ролю сонце. Комета мчить до сонця з глибин світових просторів, де лютує страшенний холод. Отже, речовину цієї комети ніби скуто цим холодом. Але що ближче комета до сонця, на неї більше впливає сонячна теплота, й коли комета мчить надзвичайно швидко на віддалі кількох сотень тисяч кілометрів, то потрапляє вона в смугу великого жару. Приміром, на віддалі 180.000 кілометрів від поверхні сонця сонячний жар і світло, які впливають на комету, в 60.000 разів більші від того, що одержує наша земля від сонця. В наслідок такого великого жару й світла починає випромінюватися речовина з ядра комети. Наприклад, у цікавої комети 1908 р., так званої комети Морхавза, видно було, як з ядра комети виділювались ніби вибухами великі маси в формі хмар, здіймались в напрямку до хвоста, а потім розвіювались у просторах.

Кометні хвости отже утворюються в наслідок діяння сонячного проміння. Російський професор Лебедєв довів, що світлові

проміння, падаючи на будь-яку поверхню, справляють на неї певне тиснення. Так от, коли комета наближається до сонця з безодні світових просторів, то сонячне проміння дедалі більше справляє тиснення на комету, ніби видавлює з комети хвіст, і то з більшою силою, що ближче комета підходить до сонця. Потім сонячне тиснення меншає, а разом меншає й хвіст.

З яких речовин складається хвіст комет? На це питання дає нам відповідь спектроскоп. Хвости комет складаються з розріджених газів. Розрідженість цих газів майже така сама, як в наших електричних лямпах, де доходиться майже абсолютної порожняви. В голові комети виявлено переважно вуглеводневу пару, крім того, газ водень, метил натрій, що є головна складовина нашої кухенної соли, а також виявлено залізо. Тому припускають, що ядро комети складається з розпечених твердих і рідких часток, оточених атмосферою газів. Комети почасти світять тим світлом, що його одержують від сонця, але мають також самостійне світіння в наслідок електричних розрядів, що відбуваються в їхній розрідженій атмосфері на зразок того, як світиться дуже розріджений газ у скляних трубках, коли ми пропускаємо крізь них електричні розряди.

Відки постають комети? Чи постають вони десь далеко в світовому просторі серед зір, чи постають вони в тих частинах, що над ними має силу наше сонце?

Гіперболічна орбіта комети є вказівка на те, що вона прийшла до нас з інших зоряних світів. Такі комети трапляються дуже рідко, а більшість комет мають еліптичні й параболічні орбіти й походять з нашої сонячної системи. Дуже можливо, що комети являють собою рештки тієї туманної речовини, що з неї багато мільярдів тому утворилась наша земля і ціла сонячна система. Чи можливе зіткнення комет з землею й чи не загрожує нам загибіллю це зіткнення? Це питання давно хвилювало людство.

Як виявляється, в минулому наша земля кілька разів переходила через хвости різних комет, і жодних прикрих наслідків від цього не було. Приміром, 1861 р. наша земля пройшла крізь хвіст комети. 19 травня 1910 р. ми щасливо пройшли крізь хвіст періодичної комети Галлея, що її шлях навколо сонця вперше обчислив астроном Галлей в 1705 р. Отже, коли земля

проходить крізь хвіст комети, то це не загрожує будь-якими катастрофічними наслідками для мешканців землі. А щодо зіткнення з ядром комети, то поперше це мало ймовірне, а подруге можна гадати, що ядро комети остільки розріджене, що, зіткнувшись з ним, земля так само мало відчує це, як падущий камінь, що проходить крізь павутиння.

Падущі зорі. Кожен бачив ясної ночі, здебільша перед світанком у серпні та листопаді, як раптом то в одній частині неба, то в другій ніби зривається з свого місця зірка, швидко летить, залишаючи по собі вогненний слід, а потім зникає. Кожної ночі можна нарахувати кілька десятків падущих зір, при чому число їх збільшується перед світанком. Не думайте, що падуща зоря є одна з тих зір, що сяяла в певному місці неба, а потім скотилась відти, лишаючи такий яскравий слід. Це неправильно. Бо коли б це було так, то всі зорі, що сяють на нашому небі, давно вже скотились би кудись геть. Падущі зорі загораються на небі порівняно невисоко, на висоті не більш як кілька сот кілометрів. Протягом року особливо багато падущих зір можна бачити в серпні місяці біля десятого числа. Тоді падущі зорі ніби ті бджоли прорізують небо всіма напрямками. І саме це падіння зір зветься зоряним потоком, або роєм. Коли ми будемо стежити серпневі зорі і в уяві продовжимо на небі путі всіх падущих зір, то побачимо, що всі ці вогненні лінії перетинаються в одній точці, що зветься радіянт. Всі зорі серпневого льоту ніби вилітають з радіянту, що міститься в сузір'ї Персея, а тому серпневий потік зір зветься Персеєвим. Другий багатий на зорі льот помічається 15 листопада. Цей потік падущих зір зветься Леоніди, бо радіянт його міститься в сузір'ї Лева.

Число падущих зір змінюється також залежно від року. Бувають роки, коли їх дуже багато падає. Приміром, дуже багато зір падало з потоку Леонід, і це помічається що $33^1/_4$ року. Що ж являють собою падущі зорі?

Це камені різної величини, починаючи від порошинок до брил на кілька десятків і навіть сотень пудів вагою. Ці камені мчать в світових просторах всіма напрямками. І коли такий камінь пролітає близько землі, то притяжна сила землі тягне його на землю. Тоді камінь з величезною скорістю в кілька десятків кілометрів на секунду влітає в земну атмосферу й, тручись об по-

вітря, так сильно розжарюється, що починає світити, й ми бачимо з землі, як зоря загорається й падає.

Що далі буває з падущою зорею? Вона може згоріти в атмосфері, може пройти її і знову полетіти в світові простори. Нарешті, метеорит може впасти на землю. Тоді ці розжарені камені досягають поверхні землі й глибоко в неї зариваються. Такі камені, що впали на землю, звуться метеорити.

Тепер по музеях Европи та Америки зберігається дуже багато каменів, що вони, згідно з свідченнями самовидців, упали з неба[1]). За підрахунками астрономів, таких каменів щороку падає щось мільйон пудів вагою, але далеко не всі камені знаходять.

Крім каменів різної величини, на землю падає дуже багато так званого метеорного пороху. Як доводить його склад, він не земного походження. Цей порох складається з заліза в дуже подрібненому стані й, закиснюючись у повітрі, він забарвлює сніг на червоний, ніби кривавий колір.

Складом своїм метеорити поділяються на дві групи: кам'яні та залізні метеорити. Кам'яні метеорити складаються з тих самих речовин, що з них утворюються наші земні породи гірські, так звані первісні шари, що утворились у земній корі, коли земля починала холонути. Залізні метеорити складаються з самородного заліза з домішкою металу ніклю. Отже, метеорити складаються з тих речовин, що є у нас на землі. Між іншим, у метеоритах виявлено й вуглець, а саме у формі графіту та маленьких кристалів діяманту. Жодних решток органічних форм у метеоритах не знайдено.

Світові простори, що ними мчить земля разом з сонячною системою, повні камінців різної величини та метеорного або космічного пороху. Це є порох від загинулих планет, і в деяких місцях ми спостерігаємо безперечні уламки загинулих планет.

Ми вже сказали про те, що потік Персеїд завжди буває в першій половині серпня. Це навело на думку, що Персеїди є група метеоритів, які обертаються навколо сонця. Коли земля проходить через цю групу, то ми й бачимо багато падущих зір. Друга група падущих зір, Леоніди, згідно з обчисленням італійського астронома Скія-

[1]) В мінералогічному кабінеті Харківського ІНО є великий камінь метеорит, майже 6 пудів вагою, що впав у Білгородському повіті 70-ми роками XIX століття.

пареллі, рухаються тією самою орбітою, як і зникла комета 1866 р. Крім того, доведено, що комета Бієла, відкрита 1826 р., розкололась потім на дві частини 1846 року й зникла після 1852 р. Але в листопаді 1872 р., коли знову чекали на неї, бачили натомість рясний потік падущих зір. Отже, безперечно є якийсь зв'язок між зоряними потоками й зниклими кометами.

Коли досліджували склад метеорів, то побачили, що вони збудовані з того самого матеріялу, що й наша земля.

Походження землі та сонячної системи

На всіх щаблях свойого розвитку людина завжди запитувала себе: відки постала наша земля, як і коли утворилось сонце, місяць і міріяди зір, що сяють на небі?

Тепер наука зробила такі величезні успіхи порівняно з тим далеким минулим, коли складалось всілякі міти й казки про походження світу, так багато розкрито таємниць природи, й людина збагнула так багато її законів, що може вона дати цілком наукову відповідь на питання про те, відки та як постали наша земля, сонце, місяць і зорі.

1796 р. вийшла дуже гарна книжка, а саме загально приступний виклад астрономії. Її написав відомий французький математик і астроном Ляпляс. Вона має назву „Виклад системи світу", і в останньому розділі автор виклав свої думки про походження сонячної системи. Ляпляс звернув увагу на такі факти й явища, спостережені в сонячній системі: 1) Всі планети сонячної системи обертаються навколо сонця в тому самому напрямку, з заходу на схід, при чому всі їхні орбіти, тобто шляхи, містяться приблизно в тій самій площі. Всі орбіти планет являють собою овали (еліпси), дуже мало відрізняючись від кіл. 2) Сонце обертається навколо осі в тому самому напрямку, як і планети, тобто з заходу на схід. 3) Коли провести площі через планети на однаковому віддаленні від кінців їхніх осей (такі площі є екваторіяльні), то орбіти супутників кожної планети збігаються з екваторіяльними площами. 4) Супутники обертаються навколо планет у тому самому напрямку, в якому ці планети обертаються навколо своїх осей, тобто з заходу на схід. Може все це випадкові явища? Ні, це не якась випадковість, і тут на, думку Ляп-

ляса, ми маємо вказівку на споріднений зв'язок між сонцем і планетами, на деяку спільну причину їхнього постання. Багато сотень мільйонів років тому наше сонце, всі планети сонячної системи разом з усіма супутниками являли собою величезну розпечену газувату масу; вона заповнювала всі простори, де тепер рухається сонце й обертаються планети. Вся ця маса виходила далеко за межі сонячної системи. Всі частки цієї газуватої туманної маси, подібно до кулястої туманности, підлягали силам взаємного тяжіння. Вся туманність оберталась навколо своєї осі; випромінюючи теплоту в світові простори, вона холонула, об'єм її меншав, туманна газувата куля стискувалась. Як відомо, коли обертається якесь тіло, то розвивається так звана відосередкова сила, при чому тіло віддаляється від центру обертання. Ця відосередкова сила то більша, що швидше обертається тіло. Коли оберталась первісна газувата туманність, теж діяла відосередкова сила й була найбільша там, де швидкість обертання туманности була найбільша, тобто на однаковому віддаленні від кінців осі обертання, інакше кажучи на екваторі. Коли об'єм туманности зменшився після того, як вона охолонула, скорість її обертання навколо осі збільшилась, а разом з тим збільшилась і відосередкова сила. Нарешті надійшов момент, коли відосередкова сила перевищила доосередкову силу, тобто ту, яка притягувала частки на поверхні до центру кулі. Тоді неминуче відривалось від туманности кільце. Ми кажемо кільце тому, що відосередкова сила найбільша там, де найбільша скорість, тобто на екваторі кулястої туманности, а що ближче до полюсів кулі, то скорість обертання там менша, й, значить, відосередкова сила там не може перевищити доосередкової. Отже, від кулястої туманности відірвалось перше кільце, що, очевидно, оберталось навколо центрального тіла тим самим напрямком, як і куля навколо своєї осі, тобто з заходу на схід.

Кільце, що відірвалось від екватора центрального тіла, не довго лишалось як кільце, бо воно було не однорідне, в деяких місцях міцніше, а в деяких слабіше; воно швидко розривалось, і після того всі його частини зливались в одну масу. Чому так? Кільце неодмінно мусило стягтись і набути форму кулі в наслідок закону світового тяжіння. Так постала перша найвіддаленіша планета сонячної системи.

Планета утворилась із кільця, що оберталось з заходу на схід. Ті частини кільця, що були ближче до центрального тіла, рухались повільніше, ніж ті, що були на зовнішньому боці кільця; вони рухались і далі з тією самою скорістю, а тому й планета починає обертатись навколо осі в тому самому напрямку, як оберталось кільце, тобто з заходу на схід. Так само відірвалось друге кільце й утворилась друга планета, потім третя і т. ін.

Супутники планет утворювались так само, як і планети. Коли планета була рідка, то від її поверхні відривались кільця, а з них поставали супутники. Коли від планети відривалось одне кільце, то утворювався один супутник, а коли декілька, то багато супутників, як, приміром, у Сатурна й Юпітера.

Щодо комет, то Ляплас вважав їх за небесні тіла, сторонні нашій сонячній системі, за тіла, що заходять до нас з найвіддаленіших просторів всесвіту. Ці мандрівні світила залітають у нашу сонячну систему в наслідок притяжної сили сонця.

Так просто, згідно з Ляплясом, пояснюється походження нашої сонячної системи з центральної розпеченої кулястої маси, що її рештки являє сонце. Найстаріша планета нашої системи отже є планета найбільш віддалена.

Всі астрономічні факти, відомі на початку минулого століття, цілком потверджували теорію Ляпляса, й вона мала майже загальне визнання серед вчених і загалу. Але що далі нагромаджувались факти, удосконалювались телескопи та витоншувалась гострота астрономів-спостерігачів, то більше виявлялось, що витримана й доладна теорія Ляпляса не може пояснити деяких явищ у сонячній системі. Зазначимо деякі з цих явищ: згідно з теорією Ляпляса, час обертання супутника не може бути більший за час обертання планети навколо своєї осі, бо на початку, коли кільце відірвалось від планети, скорість обертання планети і кільця була однакова, а потім планета холонула, стискувалась, і скорість обертання її навколо осі, як ми бачили, збільшилась, тобто, інакше кажучи, зменшився час обороту її навколо осі. Але виявилось, що один з маленьких супутників Марса, Фобос обертається навколо своєї осі в менший протяг часу, ніж Марс. Далі, 7-й супутник Юпітера, 9-й супутник Сатурна обертаються навколо своїх планет не з заходу на схід, а зі сходу на захід, тобто напрямком, протилежним до обертання Сатурна та Юпіте-

ра навколо осі. А це теж суперечить теорії Ляпляса, бо кільце, що з нього постав супутник, повинно обертатись тим самим напрямком, як і планета, що від неї відірвалось кільце.

Нарешті, орбіти астероїдів переплутуються між собою дуже складно, одні з них рухаються майже в тій самій площі, як і земля, і орбіти їхні наближаються до кола, а інші мають дуже розтягнені орбіти, утворюючи різноманітні кути до земної орбіти. Згідно з теорією Ляпляса цього б не повинно бути. Коли астероїди утворились так само, як і всі інші планети, тобто з кілець, що відірвались від екватора первісного сонця, то орбіти астероїдів повинні бути в одній площі, наближаючись до кіл.

Але невже в наслідок цього треба визнати за неправильну цю витриману й доладну теорію Ляпляса? Зовсім ні. Річ у тім, що коли Ляпляс склав свою теорію, йому невідомі були ці факти, й тому він не зважив усіх тих сил, що діяли в утворенні сонячної системи й зумовили порушення в загальному пляні постання планет. Зазначимо цю силу. Ми вже казали, що під впливом притяжної сили місяця, а почасти й сонця, на землі бувають припливи й відпливи. Що кожна планета була колись у рідкому стані, то вона зазнавала й від сонця й від інших планет такого впливу, який ми можемо назвати припливним. Особливо впливали планети на своїх супутників і навпаки, бо вони були дуже близькі. Вплив припливів виявляється між іншим у тому, що доба на планеті, тобто період її повного обороту навколо осі, довшає. Наприклад, на думку автора припливної еволюції небесних світил Дж. Дарвіна (сина Ч. Дарвіна, автора відомої еволюційної теорії) припливи, що їх викликало сонце в рідкій частині планети Марс, збільшили добу на цій планеті, й тому внутрішній супутник Марса обертається швидше, ніж планета навколо своєї осі. Так само можна пояснити й те, що внутрішні частини Сатурнового кільця обертаються швидше, ніж сама планета навколо осі.

Щодо зворотного руху, як у 7-го супутника Юпітера та 9-го супутника Сатурна, то деякі астрономи вважають, що всі планети обертались навколо своїх осей в зворотному напрямку, тобто зі сходу на захід і лише потім, в наслідок сонячних припливів і відпливів, що діяли на рідкі маси планет, цей рух спочатку уповільнився, а потім перетворився на прямий. 7-й супутник Юпі-

тера й 9-й супутник Сатурна утворились тоді, коли Сатурн і Юпітер мали зворотний рух навколо своїх осей. Потім цей рух перейшов у прямий, а супутники й далі обертались зворотним напрямком. Отже, теорія Ляпляса разом з припливною теорією Дж. Дарвіна досить добре пояснює всі явища в сонячній системі.

ЗОРІ

Зорі розміщені на небі різноманітними групами, ніби якісь незрозумілі й таємничі письмена. Ще в дуже давні часи людина хотіла виявити деяку правильність у розміщенні зір; вона виділила деякі зорі в окремі групи, а до них прилучила дрібніші зорі. Такі групи звуться сузір'я. Ці сузір'я мають імена різних героїв старовини,—наприклад, сузір'я Геркулес, Персей, Оріон, Касіопея та ін., а також назви різних тварин, наприклад, сузір'я Орла, Лебедя, Бика, Скорпіона, Рака, Воза та ін.

При цьому між назвою сузір'я та фігурою, що її утворюють зорі, часто немає найменшого зв'язку. Подивіться, приміром, на сузір'я Воза, або, інакше, Великої Ведмедиці. Чи є що там подібне до ведмедиці? Хоч скільки будете ви дивитися, в сімох яскравих зорях цього сузір'я не побачите ви найменшого натяку на цю тварину.

Найяскравіші зорі в кожному сузір'ї мають особливі назви. Наприклад, найяскравіша зоря в сузір'ї Ліри зветься Веґа, найяскравіша зоря в сузір'ї Скорпіона зветься Антарес і т. ін. Крім того, найяскравіші зорі в кожному сузір'ї часто позначаються грецькими літерами α (альфа), β (бета) і т. ін.

Досить подивитись на небо, щоб одразу помітити, що зорі там не всі однаково яскраві, що є між ними дуже блискучі, як от Сіріюс, що зимової ночі сяє на небі всіма барвами веселки, і є дуже дрібні зорі, ледве помітні голим оком і лише в ту мить, коли вони спалахують, блимаючи. Ще за два століття до початку нашої ери всі зорі, видимі голим оком, розподілено за їхньою яскравістю на 6 кляс, або величин. А коли винайшли телескоп, то цей розподіл зір продовжено до 7, 8 і т. ін. до 13-ої величини. А на фотографіях неба, що їх робиться в астрономічних обсерва-

торіях, є зображення зір понад 20-у величину. Таких зір не видно в найміцніші телескопи, й їх може бачити лише фотографічна платівка.

Яскравість зорі кожної кляси в $2^1/_2$ рази менша, ніж яскравість попередньої кляси. Отже, зоря 1-ої величини в 98 разів яскравіша ніж зоря 6-ої величини, й у 91 мільйон разів більша, ніж ледве помітна зоря, що її сприймає фотографічна платівка.

Коли дивишся на небо, вкрите зорями, то здається, що їх безліч. А справді, простим оком можна бачити не так уже багато зір. Робили обчислення й дізнались, що в нормальних умовах людина може нарахувати на кожній небесній півкулі мало не 3.000 зір, а в обох півкулях мало не 6.000 зір. Звичайно, це число може бути й трохи більше, все залежить від гостроти зору й прозорости повітря, але в усякому разі голим оком можна бачити не більш, як 12.000 зір. Але коли дивитись на небо в телескоп, то бачимо куди більше зір, залежно від сили телескопу. Уже в звичайний бінокль можна нарахувати сотні тисяч зір, і там, де неозброєне око бачило лише синяву неба, ми бачимо зорі. Коли збільшити силу телескопу, то безліч зір випливає з безодні простору, і доводиться рахувати їх не сотнями тисяч, а десятками й сотнями мільйонів. На чутливих фотографічних платівках, де фотографується різні ділянки неба, розглядають ці зорі в мікроскоп і нараховують їх надзвичайно багато. Отже, сказати, скільки всього зір на небі, не можна: все залежить від сили телескопу, що ним обсліджують небо, й від чутливости фотографічної платівки. Зір першої величини нараховують 20, другої—60, третьої—170, четвертої—400, п'ятої—1.100 і т. ін., зір 9-ої величини нараховують уже щось 300.000 і т. ін. Тобто що вища кляса, що менш яскрава зоря, то більше таких зір.

Колір зір. На перший погляд всі зорі на небі мають однаковий злотистожовтий колір. Але коли придивитись уважніше, то помітимо, що зорі мають різний колір: білі з блакитнуватим відтінком, білі, жовті, жовтогарячі й червоні. До найяскравіших зір білих належить Альтаїр, головна зоря в сузір'ї Орла, і Проціон в сузір'ї Малого Пса. Жовті й жовтяві зорі—Капелла, головна зоря у сузір'ї Великої Ведмедиці, й наше сонце, що теж є зоря, тільки дуже до нас близька. Жовтогарячі й червоні зорі—Альдебаран, найяскравіша зоря в сузір'ї Бика, Арктур у

сузір'ї Волопаса, Антарес—у сузір'ї Скорпіона. Колір зір має велике значіння, бо допомагає нам з'ясувати, до якої міри розжарена зоря.

Ми знаємо, що тіла змінюють свій колір залежно від нагрівання; приміром, коли ми розжарюємо залізний стрижень, то він спочатку червоніє, потім стає жовтий й нарешті, бувши дуже розпечений,—блискучобілий. Коли тіло охолоджується, то чергування кольорів зворотне. Припускають, що це правильно й для зір: що більш розпечена зоря, то більша вона. Отже, найхолодніші зорі—червоні; температура їхньої поверхні, як припускають, має 3.000 градусів тепла; більш розжарені—жовті зорі, і мають вони на поверхні температуру 5.000—8.000 градусів. І нарешті найбільш розпечені зорі—білі, що в них температура на поверхні доходить 15—20 тисяч градусів. Щодо температури в середині зорі, то вона там, мабуть, не менша як 100.000 градусів.

Як обчислити віддалення від нас до зір? Коли розв'язують цю задачу, то за базу править діяметр земної орбіти. Здавалось би, що видиме, або, як кажуть, перспективне положення зорі повинно було б дуже змінюватись, коли через півроку, віддалившись від первісного пункту спостереження на довжину діяметра земної орбіти, тобто майже на 300 мільйонів кілометрів, ми знову подивились на зорю, але справді зміна в видимому положенні зорі така непозначно мала, що її довго не могли схопити й лише в першій половині минулого століття виміряли цю зміну в перспективному переміщенні зорі. Обчислена величина була надзвичайно мала. Наприклад, переміщення тієї першої зорі, що до неї віддаль обчислив астроном Бессель, дорівнювало одній третині кутової секунди: це є кут, що під ним ми бачили б наперсток на віддалі 5 кілометрів. Звичайно, голим оком не схопиш цього кута. Але астрономи схопили й такі непозначні величини; дуже тут допомогла й фотографія, і таким чином виміряли віддалення до кількох сотень зір. Наслідки цих вимірів дивовижні. Наприклад, щоб дістатись до найближчої зорі альфи в сузір'ї Центавра, коли б ми летіли аеропляном із скорістю 300 кілометрів на годину, то на всю подорож нам треба було б приблизно 4 мільйони років, а це найближча до нас зоря. Щоб наочніше уявити собі віддаль від нас до зір, її позначають не в верстах або кілометрах, а інакше, а саме так. Ми вже казали,

що світло проходить 300.000 кілометрів протягом 1 секунди. От і умовились виміряти віддаль до зір числом років, що протягом них світло від зорі доходить до нас. Віддалення, що проходить світлопромінь протягом року, зветься світловим роком. Як виявилось, до Веґи в сузір'ї Ліри віддаль дорівнює 23 світловим рокам, до Полярної зорі—47 світловим рокам, до Арктура—163 світловим рокам і т. ін. Взагалі обчислено, що від зір першої величини світло доходить до нас пересічно в 50—60 років, від зір 6-ої величини приблизно в 230 років, від зір 10-ої величини в 700 років, від зір 14-ої величини приблизно в 2.500 років і т. ін. А є небесні світила, що від них світлопромінь іде до нашої землі сотні тисяч і мільйони років. З цього видно, що ми ніколи не бачимо зорі, як вона є тепер, а те, що ми бачимо, відповідає далекому минулому. Наприклад, найяскравішу зорю нашої півкулі—Сіріюс ми бачимо таким, яким він був 8 років тому, а зорі 14-ої величини такими, якими вони були за 600—700 років до початку нашої ери. Навпаки, коли б ми могли з такої зорі бачити те, що діється на нашій землі, то побачили б картину далекого минулого нашої історії, й перед нами воскресли б давно минулі часи нашої землі.

В якому стані перебувають зорі? Чи це тіла тверді, чи рідкі, чи газуваті? Щодо найбільших зір-велетнів, то припускають, що вони величезні газові кулі, а густина їх у багато разів менша за густину повітря. Зорі між білими й жовтими куди густіші й складаються з газуватої й почасти рідкої речовини. Нарешті, зорі жовтогарячі та червоні мають стан, середній між рідким і твердим. Крім того, в світових просторах є багато темних зір, що їхня поверхня охолонула й затужавіла.

Величина зір. Наука довела, що зорі своєю величиною й масою мало відрізняються від нашого сонця—найближчої від нас зорі. Приміром, згідно з дослідженнями американських вчених, червоний Антарес в сузір'ї Скорпіона майже в 2.000 разів більший об'ємов, ніж наше сонце. Дуже великі об'ємом Арктур—у сузір'ї Волопаса, Капелла у сузір'ї Візничого, найяскравіша зоря південної півкулі Канопус—у сузір'ї Корабля. А щодо кількости речовини, яка є в зорях, то вона взагалі або дорівнює, або трохи перебільшує масу нашого сонця. Відомий англійський вчений Едінґтон довів, що маса зорі не може перевищувати певної межі;

коли вона в 10—15 разів більша за наше сонце, то в середині зорі починають діяти різні сили, й зоря розпадається.

Найбільші масою зорі—це блакитнувато-білі; вони пересічно в 7 разів масивніші за наше сонце, отже, наше сонце належить до найменш масивних зір.

Тут ми до речі повинні сказати, що вчені обчислюють маси та об'єми зір різними бічними способами, бо безпосередньо виміряти діяметри зір неможливо. Чому? Тому, що зорі ми бачимо завжди, як світящі точки без якогобудь діяметра, хоч би в які міцні телескопи ми дивились. Це тому, що вони дуже віддалені від нас. Нещодавно американський вчений Майкелсон особливим приладом, інтерферометром, виміряв діяметри деяких зір. Наслідки, що їх він дійшов, цілком потвердили припущення інших учених про величину та масу зір.

Чи рухаються зорі в світовому просторі, чи вони нерухомі

Ми вже знаємо, що зорі сходять на сході, здіймаються над обрієм й заходять на заході. Цей рух зір—позірний. Він залежить від обертання нашої землі навколо осі. Але, крім цього позірного добового руху, зорі рухаються ще й в світовому просторі. Одні з них наближаються до нас, інші віддаляються, а треті переміщуються в напрямку, простопадному до зорового променя. Наприклад, Веґа наближається до нас з скорістю 13 кілометрів на секунду, Арктур наближається з скорістю 4 кілометрів на секунду, Полярна—з скорістю 14 кілометрів на секунду, а Альдебаран віддаляється від нас з скорістю 50 кілометрів на секунду. А що зорі від нас дуже далеко, то хоч і мчать вони швидше, ніж гарматний набій, то лише по багатьох століттях ми бачимо ці переміщення зір. Наприклад, протягом 2.500 років Сіріюс перемістився на небі лише на $1^1/_2$ діяметра місяця, Арктур у сузір'ї Волопаса перемістився на $2^1/_2$ місячних діяметра. Найбільше переміщується невеличка зірочка в сузір'ї Офіюха (Змієдержця), так звана Проксіма. Ця зоря переміщується на величину місячного діяметра протягом 180 років. Отже, зорі переміщуються в світовому просторі.

Ці переміщення дуже незначні, а тому небо, як ми бачимо його тепер, мало чим відрізняється від неба, як його бачили

старовинні єгиптяни, вавилонські та єврейські мудреці. Минуть віки, тисячоліття, і вигляд нашого неба зовсім зміниться. Наше сонце, що являє собою жовту зорю, теж мчить у світових просторах до невеличкої зорі, четвертої величини в сузір'ї Ліри (Капа Ліри).

Що знаємо ми про склад зір? Про це нам розповідає спектроскоп. Вивчаючи спектри зір, виявили, що вони за деякими винятками є спектри вбирання, тобто складаються з світлого безперервного спектру, вкритого темними смужками. Спектри білоблакитних зір виявляють, що на цих зорях є водень і гелій; ліній металів у них немає. Білі зорі не мають гелію, але в спектрах їх є виразні лінії водню, отже ці зорі водневі з невеликою домішкою металів. Спектр жовтих зір майже такий самий, як спектр нашого сонця. Це—зорі сонячного типу. В спектрах червоних зір є багато ліній металів і багато смуг вбирання. Ці смуги доводять, що атмосфера цих зір вже дуже охолонула. Взагалі треба сказати, що в спектрах зір до цього часу ще не виявлено такої речовини, якої не було б на нашій землі. Ось найголовніші речовини, що є на зорях: водень, гелій, азот, кальцій і різні метали.

Таким чином спектроскоп каже нам, що й наше сонце й атмосфера планет сонячної системи й далекі від нас зорі побудовано з того самого матеріялу, що й наша земля та все, що є на її поверхні.

Двійні та кратні зорі

Двійні, трійні та інші кратні зорі зветься такі близькі одна до однієї зорі, що, дивлячись на них голим оком, ми бачимо одну зорю, тимчасом, як телескоп розкладає їх на дві-три або й більше зір. Раніше вважали, що ці двійні зорі лише на позір близькі, а справді вони одна від однієї стоять на безмежній віддалі. Але потім довели, що двійні зорі справді дуже близько одна біля однієї й рухаються навколо спільного центру тяжіння, за тим самим законом світового тяжіння, що керує рухом небесних світил у межах нашої сонячної системи.

Двійних зір дуже багато. Поміж ними є зоряні пари, що проходять свій шлях протягом кількох років, а є й такі, що проходять його протягом 1.000 літ. Наприклад, супутник двійної зорі Кастор у сузір'ї Близнят робить оборот навколо головної зорі

в 306 років, при чому віддалення між цими зорями в 81 раз більше, ніж віддалення землі до сонця. Головна зоря має більшу масу, ніж наше сонце, майже в три рази, а супутник її в $2^1/_2$ рази. При цьому вся система Кастора рухається в просторах із скорістю 10 кілометрів на секунду. Другий приклад двійної зорі—найяскравіша зоря нашої півкулі—Сіріюс. Він має супутника, що в телескоп здається зорею 8-ої величини, а справді такий саме великий, як і наше сонце. Обертається він навколо центрального світила протягом 49 років.

Але крім двійних зір, що їх можна бачити в телескоп, спектроскоп відкрив багато таких двійних зір, що їх ми бачимо в телескоп як одинарні, а спектроскоп показує переміщення лінії в спектрі, а це є ознака того, що ці зорі двійні. Іноді можна навіть обчислити час обороту, орбіту й масу невидимого супутника. Наприклад, Полярна зоря має невидимого супутника, що обертається навколо центрального світила в 4 дні, а віддаль між цими двійними зорями майже дорівнює віддалі від землі до місяця. Одна з двійних зір Кастора має невидимого супутника, що обертається навколо центрального тіла протягом $9^1/_2$ днів, а цей супутник і собі має темного супутника, що обертається протягом 3-х днів, отже Кастор є не двійна, а четверинна зоря.

Нові зорі. Це ті зорі, що іноді загораються на небі там, де жодної зорі до цього часу не помічалось. Наприклад, 1572 року раптом загорілась нова зоря в сузір'ї Касіопеї, там де раніш жодної зорі не було. Вона була така яскрава, що видно її було навіть удень, і була яскравіша за Венеру. Не дуже давно нова зоря загорілась у сузір'ї Персея вночі з 21 на 22 лютого 1901 року. А ще за добу до цього на тому місці нічого не було видно—і раптом загорілась зоря, що скоро досягла яскравости зір першої величини, а потім світло її дедалі меншало, й 1903 р. вона була вже невидима для простого ока, зоря 13-ї величини. Тепер на тому місці в найміцніші телескопи помітно маленьку туманність. Крім яскравих нових зір, що звертають на себе загальну увагу, на небі дуже часто загораються маленькі нові зорі,—отже постання нової зорі не є якесь рідке явище. Між іншим, зауважмо тут, що нові зорі не мають нічого спільного з падущими зорями. Нові зорі, поперше, є світила такі саме великі, як і наше сонце, а подруге, вони загораються дуже далеко від

нас, тимчасом як падущі зорі є порівняно невеликі камені, що загораються на незначній висоті в наслідок тертя об земну атмосферу. Коли досліджували спектроскопом нові зорі, то виявилось, що їхній спектр протягом кількох годин зазнає дуже різких змін, а це значить, що на новій зорі відбуваються якісь надзвичайно бурхливі процеси, якісь катастрофи.

Чому постає нова зоря? Можливо, що нові зорі постають у наслідок зіткнення двох небесних світил. Коли два темні світила, летячи одно на одне з величезною швидкістю, зіткнуться, або навіть дуже наблизяться, то при цьому утворюється стільки теплоти, що обидва темні тіла розжарюються, загораються, й ми бачимо всю катастрофу з землі, як спалахнення нової зорі. Можливо також, що нова зоря загорається в наслідок внутрішніх катастроф на загаслій зорі, наприклад, коли на її поверхню виливаються розжарені маси з надр світила

Зоряні скупчення. Зорі розподілені на небі нерівномірно. Тут їх дуже мало, а в інших місцях їх стільки скупчилось, що майже зливаються вони в одну світящу хмару. Це зоряні скупчення. Їх дуже багато на небі, й мають вони різну форму. Відрізняють кулясті зоряні скупчення, що нам здаються лише тьмяними плямами, а в телескопи розкладаються на безліч зір. Зорі в таких скупченнях розміщені дуже щільно, а особливо в центрі, де майже зливаються в одну суцільну масу. Дуже цікаве кулясте зоряне скупчення в сузір'ї Геркулеса, що скидається на купу дорогого каміння, кинутого у світові простори. Американські астрономи стежили своїми велетенськими телескопами за цими скупченнями й обчислили, що вони переміщуються з велетенською швидкістю—500 кілометрів на секунду. Визначили також учені приблизне віддалення до зоряних скупчень. Як виявляється, віддалення до цих зоряних скупчень дорівнює десяткам і сотням тисяч світлових років, а ширина цих зоряних куп така велика, що світло лише протягом кількох сотень років проходить купу від краю до краю. Пригадайте собі, що світло проходить 300.000 кілометрів на секунду, й ви матимете уявлення про ці безмежно далекі велетенські світи.

Крім кулястих зоряних скупчень, на небі відрізняють ще розкидані скупчення. За приклад таких скупчень може бути відоме всім сузір'я Плеяд, або Волосожару, як зве його народ. В цьому

сузір'ї лише дуже бачучі очі можуть побачити з півтора десятка зірок, а в телескоп на тому самому місці можна нарахувати цілі сотні. Припускають, що ці розкидані скупчення були раніше кулясті, а потім, зазнаючи притяжної сили інших світил, поступінно змінили свою форму, і зорі розвіялись у світових просторах.

Туманності. Зоряні скупчення здаються нам тьмяними плямами, й лише міцні телескопи розкладають їх на окремі зорі. Але на небі дуже багато таких туманностей, що їх не можуть розкласти на зорі навіть наймiцніші телескопи. Коли досліджували їх спектроскопом, то виявилось, що вони складаються з дуже розріджених газів, насамперед з водню. Туманність ця світиться не тому, що вона розпечена,— це неймовірно,— бо гази в ній дуже розріджені, а можливо в наслідок електричних розрядів у цих газах. Густина газу, що з нього складається туманність, надзвичайно мала: вона куди менша, ніж густина повітря, що, як відомо, в 770 разів легше за воду.

Щодо зовнішнього вигляду туманности, то форма її різноманітна: бувають туманності без форми, в формі дисків, кілець, або хмар. З неправильних туманностей варто зазначити туманність Оріона. В цій туманності маси світлої та темної речовини переплутані найхимернішим способом, при чому всі ці маси, як доводить спектроскоп, перебувають у безперервному русі. В цій туманності є декілька зір на різних ступенях розвитку, отже, тут ми бачимо зв'язок споріднення між туманностями та зорями.

В історії розвитку нашого всесвіту газові туманності, як побачимо далі, мають величезне значіння. Газова туманність — це загинулий світ і разом—світ у постанні. Вони не лишаються нерухомі, деякі з них наближаються до нас, деякі віддаляються, а, крім того, в середині туманности, як виявлено, є вихровий рух.

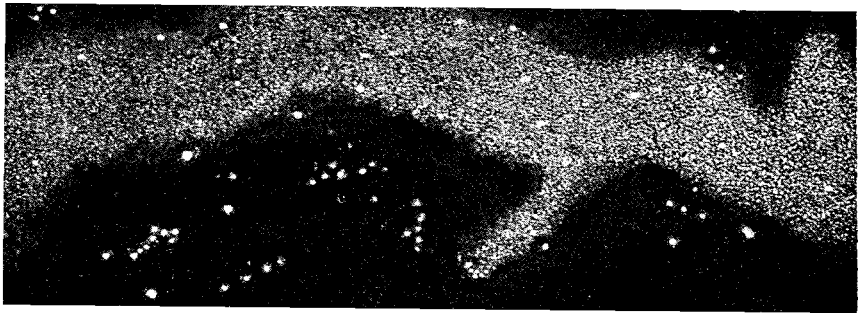
Спектроскоп виявив на небі, крім головних туманностей, багато таких плям, що дають спектр суцільний, а значить складаються не з газів, а з розпечених рідких і твердих речовин. З таких туманностей особливо цікава туманність у сузір'ї Андромеди. Це невелика пляма, що її можна бачити ясної ночі голим оком. Спектроскоп дає для цієї плями суцільний спектр, перерізаний темними лініями, а це значить, що ця туманність є скупчення міріядів окремих зір, що з них кожна дає свій спектр вбирання.

Туманність Андромеди належить до так званих спіральних туманностей. Їх найбільш у всесвіті й нараховується їх десятки тисяч. Вони рухаються в просторі з величезною швидкістю. Напри-

Мал. 32. Туманність Андромеди.

клад, туманність Андромеди віддаляється від нас з швидкістю 1.000 кілометрів на секунду. Ці туманності від нас на безмежно далекій віддалі. Наприклад, припускають, що віддаль від нас до туманности Андромеди дорівнює майже одному мільйонові світ-

лових років. Так само великі розміри цієї туманности. Промінь світла її проходить кілька десятків тисяч років. Ось такий колосально великий цей загадковий далекий світ, що його ми бачимо на небі, як ледве помітну пляму. Що ж являють собою ці загадкові скупчення? На думку одних, це такі світи, як і наш, подібні до нашого всесвіту, де є своє небо, своє сонце, свої планети й що являє ніби невеличкий острівець у безмежному океані всесвіту. А на думку інших, спіральні туманності являють собою згущення речовини в якомусь невідомому ще на землі стані. А проте питання це не з'ясоване, й лише майбутні дослідження дадуть на нього відповідь.



Мал. 33. Чумацький шлях.

Чумацький шлях. Ясної темної ночі дуже впадає в очі смуга Чумацького шляху, що ніжним сріблястим туманом проходить на небі. Ця срібляста смуга проходить небом, маючи різну форму. В сузір'ї Лебедя Чумацький шлях розгалужується на два рукави, що йдуть недалеко один від одного, а потім сходяться в південній півкулі у сузір'ї Північного Хреста. Отже, цей Чумацький шлях як поясом оперізує все небо. В деяких місцях Чумацький шлях дуже широкий, а в інших вузький, навіть іноді ніби зовсім уривається й проходить небом, утворюючи білуваті затоки, темні півострови й острови. Що він дуже нагадує потоки розлитого молока, в багатьох мовах його звуть Молочна дорога (лат., грецьк., англ., франц. і т. ін.)

На цьому Чумацькому шляху багато сяє яскравих зір і прикрашають його сузір'я (мал. 33). І здається, ніби ці яскраві зорі дуже близькі до нас, а Чумацький шлях десь далеко поза ними. Розглядаючи Чумацький шлях, бачимо, що він складається з багатьох плям, або, так би мовити, з багатьох осяйних і різного розміру хмар. Іноді ці плями яскраві, й видно як одна закриває одну. Іноді вони не такі яскраві й майже зливаються в одну смугу. Коли винайшли телескоп в 17-му віці, переконались остаточно, що Чумацький шлях є скупчення величезного числа дрібних зір. Коли подивитись в телескоп на яку завгодно ділянку Чумацького шляху, то там, де неозброєним оком ми бачимо лише якусь світящу хмаринку, постануть перед нами міріяди зір, ніби ті піщини на узбережжі морському. Але є на Чумацькому шляху серед безлічі зір і справжні туманності, що їх не можна розкласти на зорі; в телескоп їх видно, як великі, ледве світящі хмари. Крім того, на Чумацькому шляху є темні місця різних розмірів і неоднаково чорні; вони подібні до прорубів, ніби зроблених у шарі зір. Найдивовижніше з таких чорних місць є в сузір'ї Південного Хреста. Моряки звуть його „Мішком з-під вугілля". Це ніби дірки у нашому всесвіті, ніби вікна в безодні світовій. А, проте, треба зауважити, що і в цих чорних мішках можна бачити в міцні астрономічні труби чимало маленьких зір.

БУДОВА ВСЕСВІТУ

Коли уважно вивчати розподіл зір на небі, то виявляється, що зір стає дедалі більше, наближаючись до Чумацького шляху, і там їх так багато, що вони зливаються в сріблястий туман. Так само й головні туманності — скупчення зір переважно містяться на Чумацькому шляху, або недалеко від нього. Лише спіральні туманності без якогобудь порядку розкидані всюди на небі. Така правильність у розміщенні зір, зоряних скупчень і туманностей наводить астрономів на думку, що Чумацький шлях—це є особливий зоряний всесвіт, і що до нього належать усі планети, наша земля, сонце і всі зорі, туманності і зоряні скупчення, що їх ми бачимо на небі.

В такому всесвіті наше сонце з усіма планетами міститься не в центрі, а трохи осторонь. Найяскравіші зорі, що сяють на небі, утворюють разом з нашим сонцем розкидану зоряну купу. Вивчаючи, як розміщені зорі на небі, підраховуючи зорі більш яскраві і менш яскраві, астрономи хотіли дізнатись про форму нашого всесвіту і деякі з *них дійшли висновку, що він являє* собою дуже стиснуту кулю, ніби двояковигнуте скло, при чому діяметр цього велетенського сферичного скла в напрямку до Чумацького шляху вдвоє більший, ніж його найменший діяметр (простопадно до площі Чумацького шляху), а величина діяметра, за обчисленням американських астрономів, дорівнює майже 400.000 світлових років. Інші вчені дійшли висновку, що Чумацький шлях і весь всесвіт є величезна зоряна спіраля, й між витнями її міститься наше сонце й наша земля. Що ми майже в середині цієї зоряної спіралі, то окремі витні її суміщуються, й ми бачимо їх, як сріблясту смугу Чумацького шляху. Коли б можна було одлетіти геть далеко від землі, то ми побачили б велетенську світову спіралю в усій її величі та красі.

Чи наш всесвіт один, чи за межами нашого всесвіту є ще інший? На це питання різні вчені *відповідають неоднаково.* Одні кажуть, що наш всесвіт один і поза межами його немає нічого. А другі гадають, що всесвітів безліч, і що кожна спіральна туманність є теж Чумацький шлях, на зразок нашого, отже цілком новий всесвіт.

Припустімо, що ми летимо у світових просторах до цього нового всесвіту. Ми летимо з велетенською скорістю, що дорівнює скорості світлопроменя. Через кілька хвилин, промчавши повз планету Марс, ми бачили б землю, як яскраву зорю першої величини; ми бачили б її і пролітаючи повз Юпітера й Сатурна; ледве помітна вона була б на небі, коли б ми долетіли до Урана, але вже на межі нашої сонячної системи, біля Нептуна, ми не бачили б нашої землі, і лише в телескоп вона здавалась би нам маленькою кулькою. Ми летимо далі й далі. По $4^1/_2$ роках безупинного льоту, серед темряви й *холоду світових просторів, ми долітаємо до першої зорі альфи в сузір'ї Центавра.* Тут уже в наймiцніші телескопи ми не побачили б нашої землі. Там, де ми шукали б нашу землю, тепер сяє наше сонце, як зоря першої величини. Летячи далі повз міріяди розжарених сонць і

невідомих нам світил, після багатьох мільйонів років такої казкової подорожі, ми влітаємо в спіральну туманність. Це є новий світ, і на небі там інші сузір'я, інші небесні світила. Шукаємо наш світ і находимо його в безоднях простору, як ледве помітну спіральну туманність. Це наш світ. А над нами тут сяють нові спіральні туманності. Це інші всесвіти, інші світи. Чи буде колись і десь кінець нашої подорожі, чи хоч скільки ми летітимемо у світових просторах, завжди бачитимемо нові світи і т. д. без краю? Сучасна астрономія не може відповісти на це питання, бо що міцніші робилось телескопи, що досконаліші були спостереження астрономів, то далі й далі одсовувались межі всесвіту й ще жодного разу око людське не досягло його краю.

Походження всесвіту. Ми казали вже вище про теорію Ляпляса щодо походження нашої сонячної системи. В своїй теорії Ляпляс нічого не каже про походження зір, а також про те, чому первісна газова туманність почала обертатись навколо своєї осі. Сам Ляпляс очевидно припускав, що обертання туманности є її властивість на зразок сили тяжіння і що туманність почала обертатись раніш, ніж стискувалась. Це пояснення не задовольняло багатьох, а тому й подавалось інші теорії, що заповнювали прогалини Ляплясової теорії.

Скажімо кілька слів про найвидатнішу космічну теорію шведського фізика Арреніюса. Ми вже казали вище про небесні туманності. Що вони являють собою? Можливо вони є та первісна речовина, що з неї утворюватимуться нові світи? Як утворились туманності і чому більшість з них спіральні?

Кожна зоря, що її ми бачимо на небі, не є щось стале, незмінне. На світі немає нічого сталого, незмінного, все змінюється, народжується, розвивається і вмирає. Закон цей поширюється також і на зорі. Зорі народжуються з туманностей, які згущуються і ввесь час випромінюють теплоту в світові простори. Згідно з законом тяжіння частки туманної речовини притягуються до спільного центру й постає величезна червона куля. Це, так би мовити, дитинство зорі. Безупинно охолоджуючись, зоря стискується, об'єм її меншає. Коли зоря стискується, то виділюється дуже багато теплоти, й тому зоря розжарюється більше. Бувши раніш червона, вона стає тепер жовта, потім біла. Але надходить момент, коли ущільнення зорі досягає своєї межі, вона

ущільнюється дуже повільно й мало. Це стискування вже не може поповнити тепловитрату в наслідок випромінювання. Зоря холоне, старішає. Бувши раніш біла, вона стає тепер жовта, потім червона, береться корою, а крізь неї все ще подекуди видно центральне розпечене ядро. Кора на поверхні зорі часто тріскає, вогненно-рідка маса викидається геть і заливає темну поверхню зорі. Та це вже останні, так би мовити, передсмертні здроги умирущої зорі. Весь час охолоджуючись, зоря береться твердою корою і мчить тепер як темне небесне тіло. Зоря вмерла. Та чи справді умерла?

В світових просторах мчить величезна сила таких загаслих, ніби мертвих сонць, і мчать вони всіма напрямками. І можливо по багатьох мільйонах років шаленого льоту в безоднях світових просторів темна, затужавіла й ніби мертва куля наражається на таку саму мертву кулю. Летячи з швидкістю, в тисячі разів більшою за швидкість артилерійського набою, ці два світи наражаються один на один, і в наслідок такого зіткнення розвивається стільки теплоти, що темні світи знову загораються, і ми з землі бачимо цю небесну катастрофу, як спалахнення нової зорі, і світло, що доходить до нас звідти, каже нам про народження нового сонця та нового світу. Маси матерії, що вириваються підчас цього зіткнення, каже Арреніюс, складаються переважно з водню, гелію та дрібних часток легко згущуваної речовини, які підчас зіткнення набули такої величезної скорости, що можуть вийти поза межі притяжної сили центральної маси. Удар двох світил рідко коли буває центральний, а здебільша—це боковий удар. Тому від двох небесних тіл одходять два величезні струмені газів, що й закручуються навколо цих небесних тіл, як витні спіралі. А що підчас зіткнення утворюється дуже багато теплоти, то вся маса обох тіл перетворюється на туманну газувату речовину. Як же зі спіральної туманности постають нові світи? Велике значіння в зоряній еволюції, на думку Арреніюса, має світляне тиснення, що про нього ми вже згадували. Поверхня зір, особливо білих і жовтих, є бурхливий океан розпеченої пари газів і рідкої маси. На поверхні зір ввесь час постають вибухи, подібні до тих, що ми їх бачимо на сонці (протуберанці), і на величезну висоту залітають розпорошені краплини вогненно-рідкої маси. Простежмо за однією такою краплиною. На неї впливають дві сили: притяжна

сила до центру зорі, що тягне краплину назад, і світлове тиснення зоряних променів, що жене краплину геть від зорі. Обчислено, що коли зменшувати об'єм якоїбудь частки, то притяжна сила, що діє на неї, меншає швидше, ніж світлове тиснення. Отже, за деякого об'єму частки, світове тиснення на неї буде більше, ніж притяжна сила, і краплина назавжди вилетить у світові простори під поштовхами зоряних променів. Такі маленькі краплини завжди одлітають від зір, літають усіма напрямками, наражаються одна на одну і зливаються в більші краплини. Отже, від зорі до зорі, від одного світу до іншого мчить не лише світловий промінь, а разом з ним і найдрібніші краплини.

Ці краплини під поштовхами світлових променів влітають з усіх боків у спіральну туманність і являють там первісні невеличкі загустки, первісні центри, що навколо них далі згущується речовина туманности. А згущується вона тому, що маса цих краплин більша, ніж навкольна речовина, і притягує до себе навкольні частки. Але не одна і не дві зоряні краплини влітають у туманність, їх багато, а тому й центрів згущення багато. Кінець-кінцем уся туманність розподіляється на багато центрів, що притягують до себе навкольну речовину й утворюють смугу зір на зразок нашого Чумацького шляху. Таким чином, там, де, здавалось, смерть панувала на загаслих світах, знову загорається життя, і знову переходиться всі стадії розвитку від біло-блакитної зорі до червоної, а потім знову на деякий час світ умирає, щоб відродитись у спіральні туманності. Отже, починаючи з безмежно малих атомів нашої матерії, що за сучасним поглядом народжуються, живуть і вмирають, і кінчаючи безмежними небесними туманностями, що з них постають нові світи, мертве й живе, життя і смерть навзаєм зв'язано безупинним ланцюгом еволюції.

Чи може загинути всесвіт?

Коли розуміти загибель всесвіту, як знищення речовини, або матерії, що з неї його збудовано, — то загинути всесвіт не може, бо матерію не можна утворити й не можна знищити. Отже, всесвіт, як і матерія вічна в минулому й майбутньому. Але коли ми розумітимемо загибель всесвіту, як припинення будь-якого руху, загасання світил, припинення життя, то тут справа стоїть інакше.

Чи може загинути всесвіт, тобто чи може припинитись на ньому рух і вмерти все живе? Деякі вчені гадають так. Як відомо, кожна енерґія, наприклад, механічна, електрична, теплова та інші перетворюються в енерґію теплову. А теплова енерґія переходить від тіла до тіла, від теплого до холодного. Отже, всі відміни енерґії, які тільки є на світі, згідно з невблаганним законом природи, перетворюються на теплову енерґію, а вона й розвіюється у всесвіті, нагріваючи холодніші тіла. Що ж буде в наслідок цього? Минуть мільйони, мільярди років, і весь світ нагріється до однакової температури. Тоді не буде вже вирівнювання температури, а разом з тим припиниться будь-який рух, будь-яке життя, бо вони можливі тільки там, де є ріжниця температур, де є течія теплоти, а значить і всякої іншої енерґії. Тоді, кажуть, надійде велика смерть всесвіту, і припиниться життя в усіх світових артеріях. Та чи так це? Чи справді такий буде сумний кінець всесвіту? Ось як відповідає на це відомий німецький професор Нернст: „Уявлення, що все на світі почалось, так би мовити, в один певний день і так само колись в один день остаточно припиниться, є до того неправильне, що всяку теорію, яка доходить таких висновків, ми повинні вважати за надзвичайно неймовірну, а тому й неспроможну“. На підставі чого робить цей висновок професор Нернст? На підставі фактів, що їх відкрила сучасна астрономія. Згідно з дослідженнями відомого англійського астронома Едінґтона, кожного разу, коли холоне й тимчасово умирає зоря, народжується нова зоря, — отже, загасання зоряних світил та їх спалахнення, життя і смерть у всесвіті навзаєм урівноважуються, а тому й не можна припускати будь-якої загальної смерти всесвіту.

ЗМІСТ

Стор.

Наука про світ дуже стара походженням своїм 3
Як уявляли собі світ люди в старовину 4

ЗЕМЛЯ

Антиподи 6
Великі подорожі. Маґеллан і перша подорож кругосвітня 7
Доказ того, що земля має форму кулі 10
Розмір землі 12
Коперник 18
Учення Коперникове 18
Докази того, що земля обертається навколо своєї осі 20
Спроба Фуко 21
Позірний річний рух сонця навколо землі 24
Боротьба за новий світогляд 26
Доказ річного обертання землі 28
Як обертається земля навколо сонця 30
Що постає в наслідок обертання землі навколо своєї осі 31
Чому на землі чергуються доби року 34
Вимір часу 36
Місцевий час 38
Поняття про довготу та широту 38
Зміна числа підчас кругосвітних подорожей 41
Місячний рік 42
Сонячний рік 43
Юліянський календар і старий стиль 44
Цивільний календар і новий стиль 45
Атмосфера 46
Що є в середині землі 49

Стор.

СОНЦЕ

Яке віддалення від нас до сонця 52
Будова сонця 54
Що можна бачити на поверхні сонця 55
Чи є який зв'язок між сонячними плямами та явищами на землі 58
Смолоскипи, хромосфера, протуберанці 58
Склад сонця 59
Які речовини є в складі сонця 60
Що каже нам спектроскоп про склад сонця 63
Чим підтримується сонячне тепло 64

МІСЯЦЬ

Яке віддалення до місяця 68
Що таке астрономічна труба 70
Що бачимо ми на місяці, розглядаючи його в телескоп 72
Чи є на місяці повітря й водяна пара 74
Чи можливе життя на місяці 75
Особливості місячного краєвиду 76
Вплив місяца на землю 78
Затемнення місяця 79
Затемнення сонця 81

ПЛАНЕТИ

Ґалілео Ґалілей і закони руху тіл 89
Фізичний опис планет 98
Походження землі та сонячної системи 114

ЗОРІ

Чи рухаються зорі в світовому просторі, чи вони нерухомі 122
Двійні та кратні зорі 123

БУДОВА ВСЕСВІТУ

Чи може загинути всесвіт? 133