

І.А. Климишин,
О.І. Климишин,
О.І. Семак

ВІДКРИТТЯ НАШОГО ВСЕСВІТУ



ТЕРНОПІЛЬ
НАВЧАЛЬНА КНИГА — БОГДАН

Вступ

Климишин І.А., Климишин О.І., Семак О.І.
К49 Відкриття нашого Всесвіту. — Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2012. — 112 с.: іл.
ISBN 978-966-10-2748-9

У книзі захоплююче (і — доступно!) викладено основні «відкриття Всесвіту»: Земля є «усього лише» планетою, поряд з іншими планетами, що обертаються навколо Сонця, а Сонце є однією з мільярдів зір і вони разом утворюють велетенську зоряну систему — Галактику, яка є лише піщинкою серед інших у Всесвіті, який до того ж розширюється...

Видання розраховане на усіх тих читачів, які захоплюються астрономією і, можливо, мріють стати великими «відкривачами» Всесвіту.

ББК 22.6Г

*Охороняється законом про авторське право.
Жодна частина цього видання не може бути використана
в будь-якому вигляді без дозволу автора чи видавництва*

© Климишин І.А., Климишин О.І.,
Семак О.І., 2012
© Навчальна книга — Богдан,
майнові права, 2012

ISBN 978-966-10-2748-9

Ще на світанку своєї історії люди уважно стежили за небесними світилами. Яскравіші зорі об'єднували в сузір'я, складали про них легенди. Навіть здогадувалися, що зорі — це такі ж сонця, як і наше. Але, здається, на цьому й завершувалося будь-яке знання «про небо». І наче підсумком були ось ці слова давньогрецького філософа Сократа (469 – 399 рр. до н.е.): «Усе, що вище від нас, те нас не стосується». Бо ж «... усе це назавжди залишиться таємницею для смертного. І, звичайно, самим богам сумно бачити намагання людини розгадати те, що вони назавжди приховали від неї»...

Те саме, але двома тисячами років пізніше, говорив і французький філософ Огюст Конт (1798–1857): «Ми нічого не можемо дізнатися про зорі, крім того, що вони існують. Навіть їхня температура назавжди залишиться невизначеною». Заняття ж астрономією — це «марна трата часу, яка не може дати ні корисних, ні цікавих результатів».

Ці висловлювання згадуємо сьогодні з посмішкою. Адже тепер якраз наука про зоряне небо — астрономія — розгортає перед нами панораму Всесвіту в усій його величі й красі. І кожне тут відкриття — це свідчення (що б хто не казав) могутності людського розуму. Бо ж мова йде про вивчення об'єктів, які перебувають від нас на справді фантастичних відстанях. Сотні тисяч, мільйони й мільярди років проходять світлові промені в просторах Всесвіту, перш ніж потрапити в телескоп спостерігача на Землі. Нам залишається хіба повторити сказане французьким ученим Блезом Паскалем (1623–1662): «Дивне не те, що Всесвіт безконечний, а те, що людина здатна збагнути його таємницю».

Скромно додаючи: «Вичерпати усі таємниці з тої безконечності можна хіба за безконечно великий проміжок часу»...

За останні 250 років історики й археологи доклали багато зусиль, щоб відшукати сліди давніх цивілізацій, які намагалися залишити пам'ять про себе, зокрема, написами й малюнками в гробницях, на кам'яних стовпах (стелах), глиняних табличках і папірусних та шкіряних сувоях. Світ зі здивуванням дізнався про високі досягнення науки і культури шумерів, аккадців, асирійців, вавилонян і персів, давніх китайців та єгиптян, греків та інків, ацтеків і майя.

Загальноновизнано: саме астрономія як складова частина науки — упорядкованої системи понять про явища і закони навколишнього світу — віддавна мала для людей найважливіше значення. Саме астрономія — наука про закони руху, будови й розвитку небесних тіл та їхніх систем — досягла значних результатів уже тоді, коли інші галузі науки про природу, як ось фізика, хімія чи біологія, перебували у зародковому стані. І на це було декілька причин.

Перша з них — це потреби практичного життя людей: орієнтуватися у просторі й часі (для цього другого — розробляти певну систему календаря).

Другим стимулом була спроба знайти у змінах (і повтореннях) положень «блукуючих світил» (планет) серед зір якісь «вказівки» на долю держав та їхніх правителів, на долю окремих людей.

Третім (і, можливо, найважливішим) поштовхом у розвитку астрономії було намагання людської думки проникнути в суть речей, установити справжнє положення Землі (і людини) у Всесвіті. Відкрити закони, які керують рухом небесних тіл, а згодом — їх будовою і розвитком. Бо ж не випадково одним із елементів культури майже всіх давніх народів були міфи про походження світу та найбільш наївні уявлення про його будову.

Скажемо й так: піддавшись імпульсам свого духа, людина звела свій погляд уверх у пошуку відповіді на питання: «Чим є цей навколишній світ і яке місце в ньому займає Земля?», щоб таким чином отримати відповідь на інше, куди важливіше, болючіше для неї питання: «Хто вона на цій Землі, в чому її завдання і покликання?».

Варте уваги, що «від грецького філософа Платона (IV ст. до н.е.) і до Ньютона (XVII ст. н.е.)» єдиним засобом аналізу спостережень були геометричні прийоми. Тож і був напис на дверях Академії Платона: «Нехай не входить ніхто, хто не знає геометрії!» Тими ж методами Ньютон установив закон всесвітнього тяжіння... Поняття синуса сформувався у II ст. до н.е., тангенса — у X ст. н.е. Поняття десяткового дробу існує з 1585 р. (до цього часу використовували шістдесяткову систему числення). Лише в 1614 р. з'явилися таблиці

логарифмів Дж. Непера, тільки з середини XX ст. маємо швидкодіючі електронно-обчислювальні машини.

Упродовж багатьох сотень років спостереження небесних світил проводили «неозброєним оком», удосконалюючи зрештою певні кутовимірні прилади — *трикветруми* (пристрої з трьох рамок), *квандранти*, *астролябії* тощо. Телескопічна епоха в астрономії розпочалася з 1609 р., з побудови Галілеєм (1564–1642) першого рефрактора і невдовзі (1671 р.) Ньютоном (1643–1727) — першого дзеркального телескопа (рефлектора). У наш час «на озброєнні» астрономів — декілька 8-ми та 11-ти метрових рефлекторів, а до 2020 р. заплановано ввести в дію «аж» 32-метровий телескоп! З середини XIX ст. використовується фотографічний метод, у XX ст. розроблено фотоелектричний і телевізійний методи, а, головне, прийоми «вловлювання» практично всіх квантів світла, що приходять до спостерігача, так званими приладами зарядового зв'язку (ПЗЗ-матрицями). Дивовижні можливості розкрилися перед астрономами з настанням «космічної ери», запусками штучних супутників Землі (ШСЗ).

Тож, «продираючись через терня до зір», астрономам вдалося здійснити одне за одним ***ось ці важливі відкриття:***

— що Земля є велетенською кулею, а не островом, який плаває у Світовому океані чи підтримується на трьох китах або слонах;

— що Земля є «усього лише» планетою, яка разом з іншими планетами обертається навколо Сонця і яка, отже, не є центром світобудови;

— що над головами людей простягається неозора безодня, а не кришталеве склепіння, до якого нібито «підвішені» зорі;

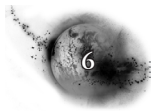
— що Сонце є одною з мільярдів зір і що всі вони складаються з однакових цеглинок — хімічних елементів — і черпають енергію з одних і тих же джерел;

— що зорі «народжуються» і «вмирають»;

— що наше Сонце разом з іншими зорями утворюють велетенську зоряну систему — Галактику, яка, однак, є лише піщинкою серед інших у Всесвіті, який до того ж розширюється;

— що за межами Землі, передусім на Сонці, трапляються явища і процеси, які впливають на кожного мешканця Землі, хоча й зовсім не так, як це придумали в давнину астрологи.

На все це можна поглянути й під іншим кутом зору. Астрономи, «сидячи» (до запуску ШСЗ) біля телескопів на поверхні Землі, як кажуть — на дні повітряного океану, і вловлюючи украй слабкі промені, що йдуть від небесних світил, зуміли встановити:



— відстані до цих світил, так начебто хтось з астрономів проміряв їх своїми кроками;

— температури поверхонь небесних світил, так нібито хтось із них побував там;

— маси далеких об'єктів, як нібито хтось власноруч укладав їх на велетенські терези;

— хімічний склад атмосфер зір і планет, як нібито комусь вдалося підлетіти до них і зачерпнути бодай жменьку цієї речовини;

— будову зоряних надр і фізичні умови там і таким чином, як нібито комусь вдалося просверлити хоча б одну зорю до її центра і зробити відповідні виміри.

І, нарешті, астрономи розповідають про те, як розвиваються зорі й галактики (увесь Всесвіт зрештою) упродовж мільйонів і мільярдів років, хоча жодному з них не довелося спостерігати за зоряним небом «якихось» принаймні сто років...

Якраз думаючи про це, французький учений П'єр Симон Лаплас (1749–1827) і сказав: «Астрономія за величиною свого об'єкта і за досконалістю своїх теорій є найпрекраснішим пам'ятником людського духа і проявом найвищого його інтелекту».

Тож пройдемося цими «історичними шляхами» науки про небо...

Перше Відкриття: Земля має форму кулі

«... плаває в Океані»

Підкреслимо тут: усю інформацію про навколишній світ ми отримуємо передусім за допомогою наших відчуттів. А вони часто обманюють нас! Скажімо, бачимо, нібито залізничні рейки вдалині зливаються в одну. Автомобіль віддаляється і ... зменшується в розмірах тощо. І лише навчені досвідом, кажемо: все це не насправді.

У всіх закутках Землі люди помилялися однаково, вважаючи її плоскою, Що вона — нерухома. Що Місяць, Сонце і планети, загалом — увесь небосхил, обертаються навколо неї.

Одною з колисок давньої цивілізації був Єгипет. І... їхні уявлення про світобудову були зрозумілі всім: «Земля має форму великої прямокутної долини, що простяглася з півночі на південь, посередині цієї долини тече Ніл. Її оточують гори, тут же є чотири стовпи, на яких тримається плоске залізне небо з підвішеними на ньому зорями».

У стародавньому Китаї вважали, що Земля має форму плоского прямокутника. Над ним нібито на стовпах підвішене кругле випукле небо. Колись там озлоблений дракон зігнув центральний стовп, тож Земля нахилилася на схід і тому всі ріки в Китаї течуть на схід. А що саме небо при цьому нахилилося на захід, то й усі небесні світила рухаються на захід. За відомим давньоіндійським уявленням, випуклу Землю підтримують чотири слони, які стоять на велетенській черепаці (рис. 1.1). Випуклою, наче перевернутою вверх дном кругла

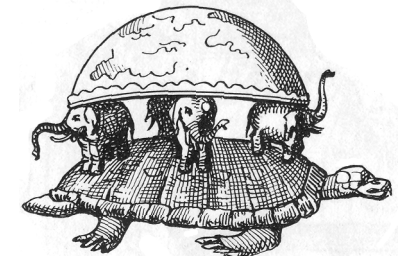


Рис. 1.1. Давньоіндійське уявлення про Землю

чаша, «була» Земля і в давніх вавилонян. Земля нібито підіймалася вгору з безкрайнього Світового океану. Такою зобразив Землю у поемі «Іліада» і давньогрецький поет Гомер (VIII – VII ст. до н.е.) на щиті героя Троянської війни Ахілла.

Чи не першим астрономом вважають давньогрецького філософа Фалеса (бл. 624–547 рр. до н.е.). Отож у працях пізніших авторів збереглися такі «відомості» про форму і розміри Землі, як їх, услід за Фалесом, указував інший філософ і мандрівник Гекатей Мілетський: Земля, мовляв, — це плоский диск, який плаває у безкрайньому Океані. Розміри цього диска, у сучасній мірі, — близько 3000 км. Гекатей навіть викарбував на мідній пластині карту Землі, де виділив три країни світу: Європу, Азію та Лівію, тобто Африку (рис. 1.2).

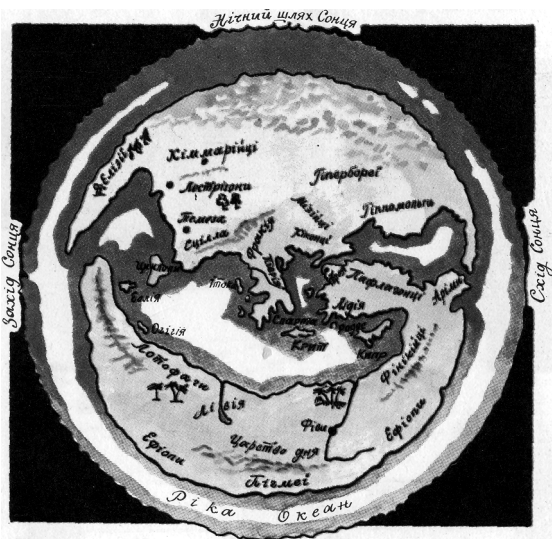


Рис. 1.2. Плоска Земля, за Гекатеєм Мілетським

Проте вже в ті часи в освічених греків, які плавали Середземним і Чорним морями, виникли сумніви щодо правильності таких уявлень. Адже якби Земля була плоскою, то зоряне небо мало б практично однаковий вигляд з будь-якої її точки. Тим часом спостерігач, який пересувається, скажімо, на північ, зауважує, що деякі відомі йому зорі вже не заходять за горизонт, тоді як інші, у південній частині неба, стають невидимими.

Щоб пояснити це явище, учень Фалеса Анаксимандр висловив припущення, за яким Земля «подібна до відрізка кам'яної колонії», тобто вона має форму циліндра, вісь якого збігається з напрямом схід–захід, а висота дорівнює третині його ширини.

Справжня форма Землі

Думку про те, що Земля має кулясту форму чи не вперше висловив філософ Піфагор (бл. 580–500 рр. до н.е.). Відомо: він був видатним математиком і дотримувався думки, що «все в природі можна оцінити числом» (кажучи сучасною мовою — між різними явищами в природі можна виявити певні взаємозв'язки, які визначаються тими чи іншими числовими співвідношеннями). Що більше, Піфагор твердив: таку ж кулясту форму мають також інші небесні світила! Це уявлення він склав, мабуть, зі спостережень зміни фаз (вигляду) Місяця і перебігу його затемнень. Бо ж лінія, яка відділяє світлу і темну частини місячної поверхні, є викривленою. А цього б не було, якби Місяць був плоским диском. До аналогічного висновку щодо Землі можна дійти, стежачи, як ховається за горизонт корабель, що вийшов із гавані: спочатку зникає корпус, а потім вітрила. Ще одним доказом кулястості Землі могла бути для Піфагора округла форма земної тіні, яка падає на Місяць під час його затемнень. Легко уявити, що коли б Земля мала форму циліндра, як це твердив Анаксимандр, то в одних випадках форма земної тіні була б округлою, але в інших — прямокутною.

Ці ж докази кулястої форми Землі проаналізував у своїй праці «Про небо» давньогрецький учений-енциклопедист Аристотель (384 – 322 рр. до н.е.), подавши також «величину кола Землі», тобто довжину земного екватора — «близько 400 тисяч стадій». Нагадаємо, що міра довжини давніх греків і єгиптян — *стадія*, або *стадій*, — це відстань, яку проходить людина приблизно за дві хвилини, тобто за час, протягом якого Сонце сходить (або заходить) над горизонтом. У різних місцях Греції і Єгипту довжина стадії була різною — від 157,5 до 185 метрів. Тому згадана Аристотелем довжина екватора мала б бути не то 63 000 км чи 73 670 км. Тобто радіус Землі — 10 032 км або 11 730 км (нагадаємо, що насправді він дорівнює 6 374 км).

До речі, від слова «стадій» і пішло звичне для нас — стадіон.

Рецидиви дитячості

Образно кажучи, уявлення про плоску Землю зародилися в епоху дитинства людства. Та ми вже бачили, як грецькі філософи зуміли встановити і форму Землі, і дати їй розміри (хоча й неточні). В подальшому, однак, упродовж ледве не тисячі років це правильне уявлення про Землю піддавали сумнівам, які не завжди були «занадто безглуздими»! Ось, скажімо, що писав християнський письменник Лактанцій (бл. 250–бл. 320): «Що сказати про людей, які допускають існування антиподів і які розміщують якихось людей під нашими ногами. Чи можна бути настільки обмеженим, щоб думати, нібито є люди, в яких ноги вище від голови, що існують країни, де все стоїть уверх дном, де плоди висять знизу вгору, верхівки дерев звисають униз, дощ, сніг і град падають знизу вгору ... Подібні помилки трапляються в людей, які допускають, що Земля кругла».

Звернемо увагу: Лактанцій доводить «абсурдність» уявлення про кулястість Землі не тому, що це мало б суперечити якимось релігійним поглядам, а виходячи з фізичних міркувань. Намалювавши Землю величиною з яблуко, а людей на ній — утричі більшими, Лактанцій і деякі його сучасники справді не могли змиритися з тим, що «є люди, в яких ноги вище голови». Їм можна поспівчувати: ні вони, ні усі інші тоді ще не мали уявлення про існування в небесних тіл властивості притягувати і притягуватися, про центр тяжіння, що конкретно для Землі співпадає з її центром. А саме наявність такого центра тяжіння і визначає «низ».

Інша річ — твір монаха Косми Індикоплевста «Християнська топографія Всесвіту, заснована на свідченнях Святого Письма, в якому християнам не можна сумніватися» (535 р.). Косма був купцем

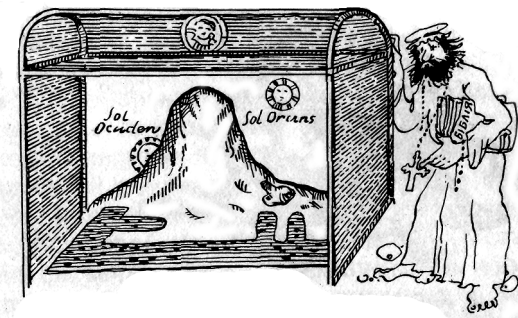


Рис. 1.3. Всесвіт в уявленні Косми Індикоплевста

і мандрівником, побував в Індії. У своїй книжці він твердить, що «не можна вірити світській науці, яка вважає, нібито за допомогою розуму можна досягнути Всесвіту». За Космою, Земля має форму прямокутника, в якого одні сторони удвічі довші за інші й посередині якого розташоване місто Єрусалим. Небесне склепіння нібито підтримується чотирма прямовисними стінами. На півночі Землі є величезна гора, за яку і заходять Сонце, Місяць і зорі на певну частину доби. Усі ж світила рухають ангели (рис. 1.3).

Слід зазначити, що такі примітивні погляди на світобудову поділяли далеко не всі освічені люди, а ними в ті часи, як правило, були представники духовенства. Зокрема, уявленнями Косми знехтував відомий богослов Іоан Дамаскін (680–760). Константинопольський патріарх Фотій (бл. 820–891) вважав кулястість Землі доведеною і назвав вигадки Косми цілковитим безглуздом.

Проте книгу Косми розмножували в багатьох примірниках. Бо надто, кажуть, мальовничими були в ній мініатюри. І — це з неї до наших часів дійшла крилата фраза «Земля має форму чемадана» ...

Перші землеміри

Імен математиків, які вперше встановили радіус Землі, не знаємо. Можливо, це був Піфагор або його учні. Бо ж ця проблема є, по суті, нескладною геометричною задачею. Справді, нехай спостерігач перебував спочатку в пункті А і виявив, що певна зоря проходить тут через зеніт — «прямо над головою» (рис. 1.4).

Нехай далі він пересувається строго на північ. Пройшовши відстань d , він виявить, що те ж світило найвище над горизонтом уже буде на кутовій відстані z від зеніту. Очевидне таке: якби спостерігач здійснив кругосвітню мандрівку, тобто описав коло довжиною $L = 2\pi R$, де R — радіус Землі, і повернувся в точку А, то картина проходження згаданої зорі через зеніт відновилася б. Тоді з пропорції «довжина кола Землі у стільки разів більша за відстань l , у скільки повний кут 360° більший за z », і знаходять радіус Землі. Як ми вже бачили, перші такі обчислення не були точними: давні

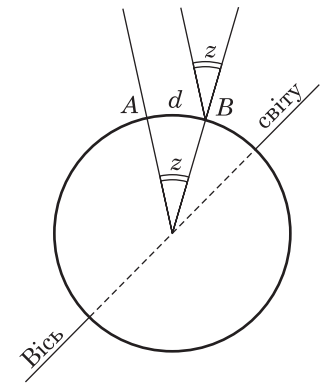


Рис. 1.4. До визначення радіуса Землі

спостерігачі не вмiли як слід вимiрювати кути, або ж не знали відстаней між окремими пунктами Землі.

Точніше розміри нашої планети вдалося встановити давньогрецькому вченому Ератосфену (бл. 276–194 рр. до н.е.). У місті Александрія на центральній площі було встановлено *скафiс* — чашу, яка мала вигляд півкулі і в центрі якої вертикально закріплювали шпичак. Прилад цей використовували як сонячний годинник, але на внутрішній поверхні чаші, куди падала тiнь від шпичака, були також нанесені горизонтальні кола, які дозволяли виміряти висоту Сонця над горизонтом опівдні.

Отож Ератосфен установив, що найдовшого дня влітку зенітна відстань Сонця опівдні становить 1/10 повного кола (тобто $7^{\circ}12'$). А йому було відомо, що саме тоді у місті Сіена (тепер Асуан) сонячні промені освітлюють дно найглибших колодязів, тобто падають вертикально. Відстань між Сіеною та Александрією оцінювали у 5000 стадій. Тож на підставі наведених вище міркувань Ератосфен обчислив, що довжина земного кола становить 250 000 стадій. Якщо стадія відповідала 158 м, то це було б 39 500 км, а радіус Землі мав би дорівнювати 6 290 км. І похибка виміру була всього 1,3%!

Звичайно, це лише випадковість — наслідок взаємної компенсації помилок, «щасливий збіг обставин». Бо і відстань між двома згаданими містами дещо більша, та й зенітна відстань Сонця в Александрії у зазначений час дещо відрізняється від 1/50 повного кута. Для нас тут головне: ілюстрація наукового підходу до питання про розміри планети, на якій живемо.

Уточнення

На початку другого тисячоліття кулястість Землі вже ні в кого не викликала сумнівів, бо уже дещо й раніше арабські майстри виготовляли земні глобуси!

Але розміри материків на них, як і на тогочасних картах були надто спотворені. Бо ж, скажімо, про існування цілого материка — Америки — не знали (точніше — забули, бо ж її нормани відкрили ще 999 р.)! І вважали, що шлях з Європи до Азії, якщо рухатися на захід, не перевищив би трьох тисяч кілометрів і був би значно меншим, ніж плисти «обхідним» шляхом навколо Африки.

Саме в бік заходу 1492 року і попливли три парусні кораблі Христофора Колумба (1446–1506). Через 70 дiб, 12 жовтня вони досягли острова, як вони думали, — поблизу Індії. Скажемо: не зважилися б вони на цю мандрівку, якби знали, що насправді Європу від Азії в цьому напрямку відділяють не три, а шістнадцять тисяч кілометрів!

Далі «залишалось небагато» — обігнути всю Землю і повернутися у свій порт зі сходу. На це зважився інший славний мореплавець — Фернандо Магеллан (1480–1531). 20 вересня 1519 р. п'ять кораблів під його командуванням розпочали плавання, яке завершилося через три роки — 6 вересня 1522 р. Уцілів лише один корабель («Вікторія»), а з 243 чоловік команди на батьківщину повернулося лише 18. Сам Магеллан загинув на одному острові у сутичці з місцевим населенням.

Та головне було зроблено: підтверджено уявлення про кулястість Землі! Упродовж десятків років згодом уточнено і розміри Землі (її радіус), і форму — з'ясовано, що вона дещо сплющена: відстань від її центра до полюса на 21 км менша, ніж до екватора.

Царство Аїда

У багатьох місцях Землі є «живі» гори — вулкани, з кратерів яких вилівають потоки гарячої речовини і водночас — густі хмари попелу. Не дивно, що давні люди «розмістили» там, у надрах Землі, «підземне царство», а простіше — пекло.

Ученим належало з'ясувати: якими ж є фізичні умови в надрах Землі, але передусім — знайти способи для вирішення цього питання.

Дещо з'ясовували ті, хто опускався в шахти, щоб видобути звідти ті чи інші корисні копалини. Зауважили: температура там зростає в середньому на один градус на кожні 33 метри (подекуди навіть на кожні 20 метрів!). І якби така тенденція зберігалася аж до центра Землі, — вона мала б сягати там 60 000 градусів. Всебічний теоретичний аналіз дає істотно менше число — близько 7 000 градусів. Густину в залізо-нікелевому ядрі Землі оцінюють числом 10 грамів у кубічному сантиметрі.

Фізичний стан у поверхневих шарах Землі з'ясовують бурінням свердловин до глибин 15–20 км. Вивчення ж земних надр (аж до центра планети) здійснюють «уловлюванням» сейсмічних хвиль. Адже практично неперервно — близько 10 щогодини — в різних пунктах планети відбуваються землетруси, за рік це майже 90 000! В середньому принаймні один дає катастрофічні наслідки. Як ось, у Китаї в 1920 р. загинуло близько 200 000 чоловік...

При землетрусах виявляють себе як руйнівні два типи хвиль: *поздовжні* (хвилі типу *P*) і *поперечні* (тип *S*, в них рух частинок земної речовини відбувається перпендикулярно до напрямку поширення хвилі). Біля поверхні Землі швидкість *P*-хвиль сягає 5 км/с, швидкість *S*-хвиль становить 2/3 від швидкості поздовжніх. Тож запізнення «другого удару» відносно першого дає змогу оцінити відстань

до *епіцентра* — місця виділення цієї руйнівної енергії. До речі, в рідинах поширюються лише хвилі *P*. І ще: на глибинах близько 3000 км їхні швидкості вже сягають 13,5 км/с. Хвильові зміщення земної поверхні реєструють за допомогою *сейсмографів*.

Орієнтовні все ще оцінки хімічного складу земних надр такі: 40% заліза, 28% кисню, 14% кремнію і лише 0,04% вуглецю. У приповерхневих шарах планети, включно зі Світовим океаном та атмосферою, картина дещо інакша: кисню 49%, кремнію 26%, алюмінію 7,5%, заліза 4,7%, вуглецю 0,09%. Ці числа цікаві ось з яких міркувань. В атмосфері Сонця (про це ще буде мова далі) кисню всього удвічі більше, ніж вуглецю. На Землі ж це відношення близьке до 700. І цікаво знати — чому це так? Адже за сучасними уявленнями Сонце і планети «зліпилися» з одного і того ж «уламка» газопилової хмари. То чому є така величезна різниця цих двох елементів, які за вагою не дуже сильно відрізняються один від одного?

А ось ще одна загадка хімічного складу. Гелію на Землі приблизно у 100 000 разів менше, ніж водню. Тим часом в атмосфері Сонця на 10 атомів водню припадає один атом гелію. Чому це так?

Тож, ведучи мову про «відкриття Всесвіту», доводиться ледве не на кожному кроці стикатися з питаннями, на які відповідей усе ще не маємо...

Скільки років Землі?

Упродовж тривалого часу на це питання люди не могли скласти жодної конкретної відповіді. Чи не єдиним джерелом для, скажемо так, європейської цивілізації було обчислення проміжку часу, який, за даними Біблії (за тривалістю життя її окремих персонажів), минув «від Адама до часів римських імператорів». За одним із варіантів («візантійським») — це 5509 років. Упродовж сотень років таке чи близьке до нього число (бо всіх таких ер складено ледве не 200) задовольняло і «простих» людей, і таких учених, як Ньютон.

Але якраз сучасник і друг Ньютона Едмонд Галлей (1656–1742) спробував відповідь на таке питання знайти природничо-науковим шляхом. Він міркував так: спочатку вода у Світовому океані була прісною. Солоною ж вона стала тому, що ріки вимивають з гірських порід і з ґрунту сіль і несуть її в Океан. І — знайшов число, більше за 10 000 років. Згодом цим же методом отримували навіть 350 млн. років.

Як виявилося, Галлей тут у принципі помилявся. За сучасними даними, вода вже від початку була в Океані солоною. Прісна ж вода з'явилася згодом унаслідок її природної дистиляції (випаровування води з поверхні Океану і випадання дощів на Землю). А ще: Галлей

не мав конкретних даних про те, скільки води несуть усі ріки планети і скільки солі міститься у воді при її впаданні в море.

Галлей висловив також думку, що вік Землі можна визначити, вимірюючи товщину осадових порід. Адже щороку ріки виносять у море величезну кількість піску, глини тощо. Все це поступово осідає на дно і під тиском перетворюється у тверді породи — вапняки, пісковики і т.д. Для сформування такого шару (за геологічною термінологією — верстви) товщиною один метр потрібно в середньому 5 тис. років. Оголені ж шари осадових порід товщиною до декількох десятків кілометрів трапляються в горах досить часто. На рівнині їхню товщину вимірюють при бурінні глибоких свердловин. Так геологи оцінили: загальний час формування осадових шарів сягає 500 млн. років.

Але обидва ці методи описують явища, що відбуваються на поверхні планети, яка вже існує і могла бути задовго до її розгортання! Усвідомивши це, чи не вперше взявся оцінити вік Землі французький учений Жорж Бюффон (1707–1788). За його гіпотезою, Земля разом з іншими планетами утворилася при зіткненні з Сонцем велетенської комети і на початку свого розвитку вона перебувала в розплавленому стані. Спочатку Бюффон установив тривалість охолодження розпечених кам'яних гарматних ядер. Тоді склав таке твердження: охолодження Землі тривало у стільки разів довше, у скільки її маса перевищує масу гарматного ядра. Так він дійшов висновку, що вік Землі — 75 000 років.

І тут вихідне твердження було помилковим. Бо, за сучасними уявленнями, планети формувалися з газопилової туманності, температура якої була дуже низькою. Розігрів надр Землі стався згодом, коли вона вже «зліпилася» як єдине ціле.

Через 150 років після експериментів Бюффона задачу про охолодження спочатку розжареної Землі розглянув англійський учений Уільям Томсон (лорд Кельвін) (1824–1907), враховуючи закономірності передачі тепла з надр планети до її поверхні. Він отримав вік Землі, рівний 27 млн. років.

Проте наприкінці XIX ст. вже склалося уявлення, що Земля набагато старша, оскільки в осадових породах було знайдено рештки окремих організмів, вік яких оцінювали принаймні в 300 млн. років. І тут на допомогу прийшов *радіоактивний метод*.

Нагадаємо, що в природі існують ядра окремих хімічних елементів, що є нестійкими і «самовільно» розпадаються на легші ядра. Для кожного з таких ядер (ізоотопів) можна вказати період піврозпа-

ду — час, за який їхня кількість зменшиться удвічі. Найвідомішим є розпад ізотопів урану. Саме так фізики, передусім англієць Ернест Резерфорд (1871–1937), розробили метод установлення віку твердих гірських порід і — оцінили вік Землі числом 4,5 млрд. років!

Відомо, що верхні шари Землі вміщують «одиницю і 14 нулів за нею» тонн урану. Один із ізотопів — уран-238 — має період піврозпаду 4,5 млрд. років, уран-235 відповідно 0,71 млрд. років. При розпаді першого утворюється ізотоп свинцю-206 і 8 ядер гелію, другого — ізотоп свинцю-207 і 7 ядер гелію. В цілому з одного кілограма урану через 100 млн. років «природа отримує» 13 грамів свинцю і 2 грами гелію, через 2 млрд. років — 225 грамів свинцю і 35 грамів гелію.

Ведемо мову про це не випадково. З теорії формування ядер урану випливає, що відносна кількість його ізотопів мала би бути однаковою! А тим часом сьогодні «У-238» у 138 разів більше, ніж «У-235». І звідси — висновок: синтез цих елементів припинився (у надрах близької зорі перед її вибухом) приблизно 7 млрд. років тому, тобто орієнтовно за 2 млрд. років до формування Сонця і планет навколо нього.

Сфери і «хвіст» Землі

Так упродовж кількох тисяч років люди поступово «відкривали» Землю, визначали її розміри, вік. Не оминули вони і зовнішні «сфери» Землі — *гідросферу* («сферу води») та *атмосферу* («сферу повітря»). Їхнє вивчення в наш час — не лише втамовування цікавості. Адже людство здатне вже тепер вносити настільки відчутні збурення у стан цих сфер, що може виникнути загроза самому існуванню життя на Землі...

Світовий океан займає 70,8% поверхні планети. Маса ж усієї води становить 0,024% маси Землі. Однак лише 2% цієї води придатні для пиття (прісна вода). І в наш час чи не кожне четверте ліжко в лікарні зайняте хворим, який потрапив на нього через споживання неякісної води.

Близько 10% поверхні Землі вкриті льодом і снігом — водою, що перебуває у твердому стані. За обчисленнями, якби вона перейшла в рідкий стан, то рівень Світового океану піднявся б орієнтовно на 60 метрів! І — було б затоплено 10% суші, зокрема, міста Амстердам, Нью-Йорк, Лондон, Париж і інші. А воно ж, людство, вже у змозі «це зробити»...

Маса атмосфери — це всього 0,0001% маси Землі. Поблизу поверхні її хімічний склад такий: азот — 78,03%, кисень — 20,99%, аргон — 0,94%, вуглекислий газ — 0,03%. З висотою ж цей склад істотно змінюється. Так, вище 500 км «головну роль» уже відіграють

гелій і особливо водень, який утворює своєрідну «корону» Землі. Як відомо, атмосфера Землі ділиться (рис. 1.5) на тропосферу, стратосферу, мезосферу і термосферу (або йоносферу). Тут звернемо увагу на таку обставину. Земля має магнітне поле, тож увесь простір навколо неї, де вплив цього поля стає помітним, названо *магнітосферою*. Вона — один із декількох щитів, які охороняють усе живе на Землі від згубних впливів тих чи інших космічних факторів.

Проілюструвати сказане можна ось чим. У 50-ті роки ХХ ст. вже стало ясным, що від Сонця в міжпланетний простір летять потоки іонізованої речовини — плазми (образно кажучи, там «дує соняч-

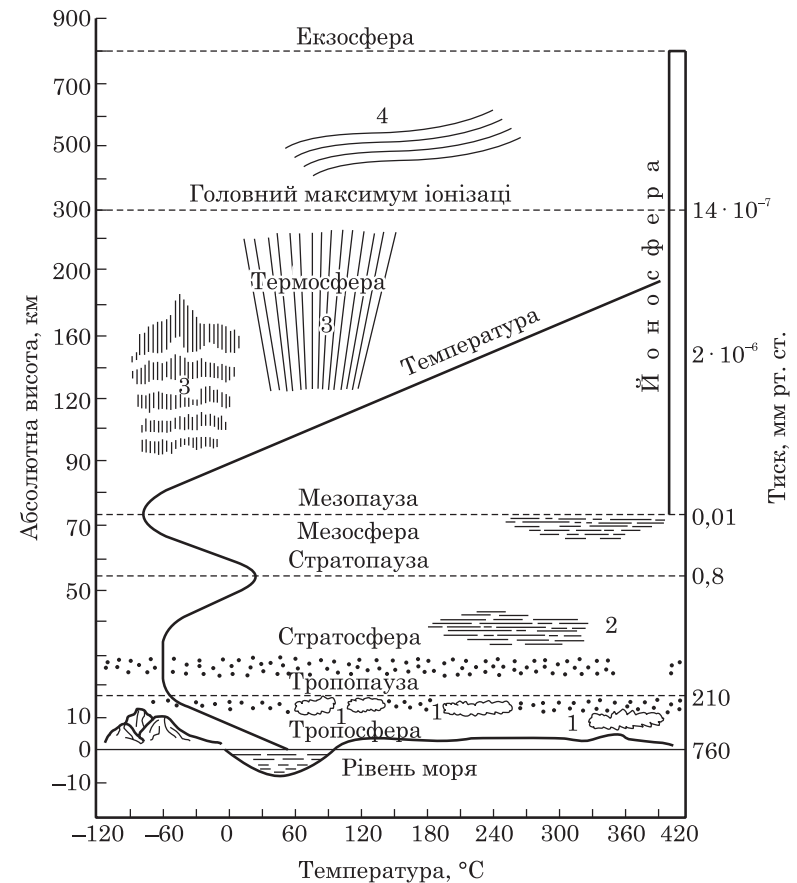


Рис. 1.5

Рис. 1.5. Будова атмосфери Землі

ний вітер»). Зударяючись із земною атмосферою, ця речовина стискає силові лінії магнітного поля Землі, утворюючи на висоті близько 65 000 км своєрідний щит — *магнітопаузу*. Потoki сонячного вітру наче ковзають по ній і мчать далі поза Землю, формуючи її протяжний «хвіст».

Магнітосфера певним чином охороняє Землю від потоків *сонячного вітру*, але коливання його потужності призводить до збурень магнітного поля нашої планети, створюючи магнітні бурі. В заключному розділі побачимо, що вони є дуже несприятливим фактором.

Вражаюча допасованість

Тут звернемо ще увагу на декілька співвідношень між параметрами, якими описуємо нашу планету і яким завдячуємо своє на ній перебування.

Передусім, складаючи рівняння теплового балансу енергії — «скільки її прийшло від Сонця у видимому світлі, стільки Земля повертає у міжпланетний простір», отримуємо несподіваний результат: середня температура біля поверхні Землі мала би бути -25 градусів за Цельсієм. А є $+15^\circ\text{C}$! Цей *парниковий ефект* обумовлений наявністю в земній атмосфері невеликої кількості водяної пари (близько 0,1%) і вуглекислого газу (0,03%).

Це «розігрівання» поверхні Землі відбувається так. Близько 40% прямих сонячних променів і ще 8% розсіяних в атмосфері поглинаються земною поверхнею. Врешті-решт встановлюється згадана тепла рівновага — «скільки прийшло, стільки пішло». Але «виходить» це тепло в далекому інфрачервоному діапазоні. І «завдяки щасливому збігу обставин» саме ці промені поглинають молекули як водяної пари, так і вуглекислого газу. Але й тут, в атмосфері встановлюється згадана тепла рівновага. Кванти інфрачервоного діапазону поглинаються і зразу ж перевипромінюються. Однак половина з них — назад до поверхні Землі, тут поглинаються нею, що й призводить до розігріву її до такої температури, при якій «нові» кванти вже «поза можливістю резонансу» і вільно виходять з атмосфери. Винятково точна «настройка»...

А ось ще один приклад «турботи природи» про наше тут життя. Від Сонця до Землі приходять промені найрізноманітніших довжин хвиль, зокрема, рентгенівські та ультрафіолетові. Щодо перших, то вони поглинаються у верхніх шарах атмосфери. Ці ж, другі, могли б досягати до земної поверхні і ... неминуче убивали б усе живе. Але ... вони не досягають її! І тим екраном, що їх затримує, є шар озону — молекул, утворених трьома атомами кисню. Утворюю-

ються вони на висоті від 10 до 100 км, але найбільше їх на висоті 25–30 км. Якби цей шар озону стиснути до поверхні Землі, то при тиску в одну атмосферу його товщина не перевищила б 2–3 міліметри, але їх достатньо, щоб затримувати ультрафіолетові промені: після кількох актів поглинання й перевипромінювання «відправляти» їх назад у космос.

Не допустити б самознищення...

В цьому — чи не найважливіше для всіх відкриття, зроблене зовсім недавно. Люди настільки вже «переорюють» планету, що виникла загроза... самогубства.

У менших масштабах таке вже бувало. І в Греції, де отари овець безповоротно спустошували плодючі землі. І в Мексиці, де ще корінні мешканці, обробляючи ґрунти, залишали після себе пустелю. У США рівнини Техасу були спустошені внаслідок спроб їхньої експлуатації у 1880–1930 рр.

За роки минулого вже ХХ століття з лиця Землі безповоротно зникло понад 1 000 видів тварин і рослин і близько 20 000 їх під серйозною загрозою винищення. Зараз щодня вмирає один вид живих організмів. Зокрема, під загрозою зникнення горили, орангутани, носороги. Усього на планеті наявних 10 мільйонів видів, але одному мільйону вже пророкують зникнення.

До катастрофи, кажуть, може призвести посилення парникового ефекту, обумовленого збільшенням в атмосфері вуглекислого газу. Зростання сили і кількості руйнівних ураганів — це вже очевидне. Можливі істотні зміни кліматичного режиму на великих територіях. Хвилює усіх проблема появи «озонових дір» над планетою. Руйнівними для молекул озону є азотні добрива. Виділяючись із ґрунту, окисли азоту підіймаються вгору, вступають в реакцію з озоном і розкладають його. Так само впливає і фреон, точніше — хлор, що є в його складі. У промисловості фреони використовують у холодильних установках, в кондиціонерах тощо. Щоправда, в останні роки в цілому світі виробництво фреонів начебто істотно скорочують.

Таке воно, це перше відкриття нашого Всесвіту. Земля наша виявилася кулею, і то дуже невеличкою, якщо взяти до уваги сучасні можливості міжконтинентальних перельотів. І все на ній настільки тендітне, що вимагає дуже дбайливого ставлення...

Друге Відкриття: Земля — «рядова» планета

«Блукаючі світила»

Задивляючись у нічне небо, люди здавна виділяли на ньому окремі групи яскравих зір — *сузір'я*. Вони складали про них легенди (для легшого запам'ятовування), в яких відображали свій спосіб життя, своєрідність свого мислення. Більшість цих легенд складена давніми греками. Близько 250 зір мають власні назви — це вже здобуток арабських астрономів.

Давні люди зауважили, що вигляд зоряного неба ритмічно змінюється упродовж року. Так, сузір'я, які весною після заходу Сонця були в південній частині неба, через три місяці опинялися в його західній частині, «поспішаючи» заховатися під горизонт услід за Сонцем. А через два–три місяці вони вже з'являються над горизонтом вранці, тепер — випередивши Сонце. Було зроблено висновок: упродовж року Сонце описує на небі коло, яке греки назвали *екліптикою*, 12 же сузір'їв — Овен, Телець, Близнята, Рак, Лев, Діва, Терези, Скорпіон, Стрілець, Козоріг, Водолій і Риби, через які вона пролягла, отримали назву *зодіакальних* (рис. 2.1).

Отже, Сонце відносно зір зміщується в напрямі із заходу на схід, за добу — на два свої видимі кутові діаметри, приблизно — на один градус. До речі, *градус* і означає «крок», тобто крок Сонця. Бо ж у давнину вважали, що Сонце здійснює свій шлях на небі, повертаючись до тої ж зорі, за 360 дб. Згодом уточнили: не за 360, а близько 365 дб (тому й написано вище: *приблизно* — на один градус...).

Наочніше виявлявся на зоряному небі рух Місяця. Бо ж за одну добу він зміщується (також із заходу на схід, назустріч видимому обертанню усього «неба сузір'їв») на понад 13 градусів, тобто на 26 своїх видимих кутових діаметрів (на один діаметр — за півго-

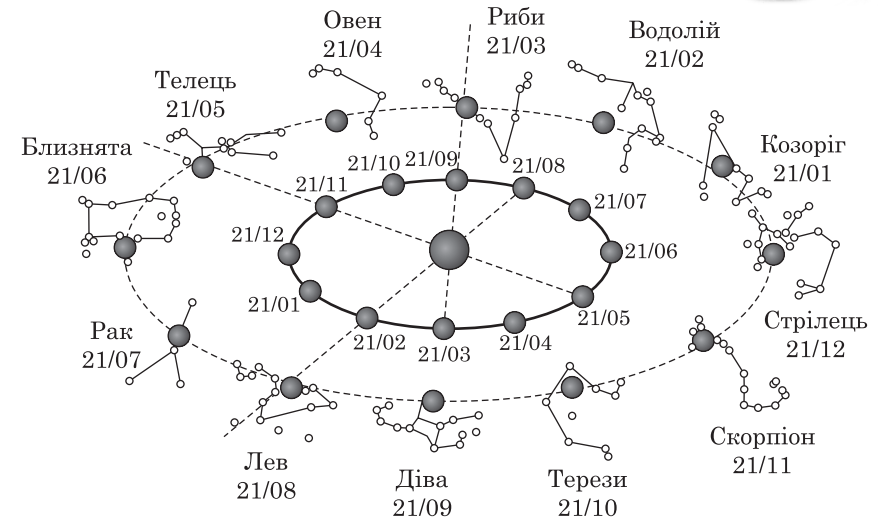


Рис. 2.1. Коло зодіакальних сузір'їв

дини, і допитливий читач це легко може зауважити). Повторює він свій зовнішній вигляд через кожні 29,53 доби.

Тож Сонце і Місяць можна назвати *мандрівними світилами*. Але давні астрономи зауважили на зоряному небі ще п'ять світил, положення яких на тлі зір також безперервно змінюється. З тою лише різницею, що їхні рухи складніші, «заплутані», вони наче «блукають» серед зір, щоправда не відходячи далеко від екліптики. Їхня спільна назва — *планети* (тобто «блукаючі світила») — дійшла до нас від давньогрецьких астрономів. З часом планети стали для давніх людей символами могутності богів, «віщунами» їхньої волі, отримавши кожна своє ім'я. Зокрема, світило, що сяяло сріблястими променями увечері чи вранці стало втіленням божественної краси. У вавилонян — це богиня Іштар, у греків — Афродита, в римлян — Венера. Рухлива планета, яка ніколи не відходить від Сонця далеко, стала зорею бога Набо, у греків — Гермесом, у римлян — Меркурієм. Криваво-червона планета дістала ім'я бога смерті, відповідно — Нергала, Ареса, Марса. Величне світило,

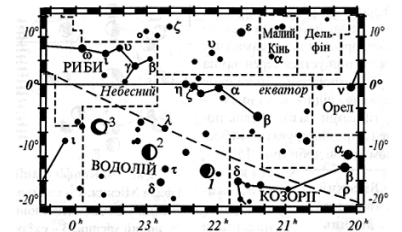


Рис. 2.2. Рух Місяця на тлі зір: 1–2 і 2–3 — зміщення за добу

яке рухалося «з царською гідністю», стало зорею головного бога — Мардука, Зевса, Юпітера. Найповільніша з усіх планет була символом часу і долі — зорею бога Нініба, у греків — Кроноса, в римлян — Сатурна.

Ось, зокрема, особливості «блукання» планети Юпітер. Упродовж 9-ти з кожних 13 місяців він зміщується серед зір у бік сходу, проходячи за цей час дугу 40 градусів. Тоді зупиняється (цей момент має назву *стояння*) і далі розпочинає рух назад, до заходу, зміщуючись на тлі зір за 4 місяці загалом на 10 градусів. Тут — ще одно стояння і вже наступний «ривок» уперед, в бік сходу на наступні 9 місяців (рис. 2.3). Аналогічно «поводять себе» планети Марс і Сатурн, однак кожна зі «своею» тривалістю рухів і зміщень. Меркурій же і Венера наче «коливаються» поблизу Сонця. Як ось, Венера опиняється зліва від нього, і тоді її видно ввечері, а через декілька місяців вона справа від нього — тоді її видно вранці перед сходом Сонця.

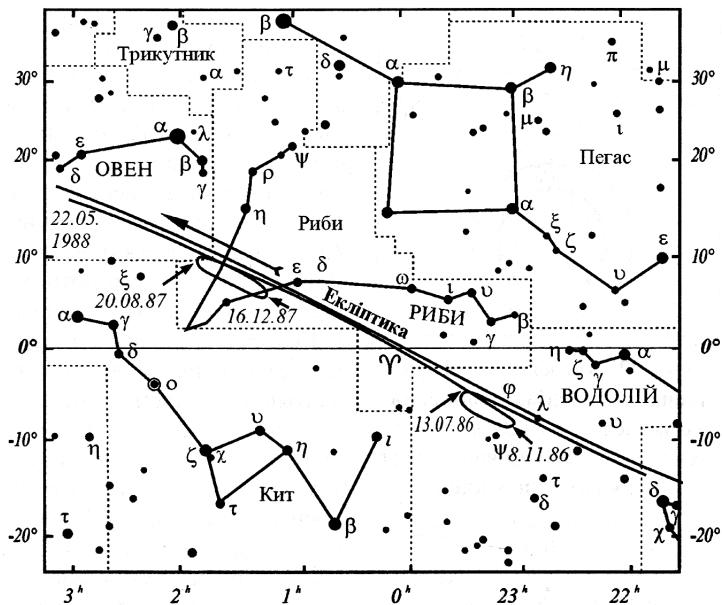


Рис. 2.3. Дві петлі, що їх описав Юпітер на тлі зір у 1986–1987 рр.

Земля — «центр світу»?

Про те, що Земля — «рядова» планета, що вона обертається навколо своєї осі і рухається навколо Сонця, знають навіть малята, ще не попрощавшись із колискою. Але і це *друге відкриття* (таке ж важливе, як і перше, коли йшлося про форму Землі) було зроблене не зразу. Його, образно кажучи, було вистраждано! Бо ж знову доводиться говорити про обманливість наших відчуттів. Ми ж не відчуваємо ні обертання Землі, ні її руху в просторі. Так і давні люди. Вони бачили, як вранці Сонце сходить, підіймається вгору і заходить увечері. І в них не було причин вважати, що цей рух є несправжнім, ілюзорним, що «їхні очі їх обманюють». Те ж стосується і видимого руху нічого неба: «все обертається навколо осі світу, а ця вісь проходить через нашу Землю».

Ось як Аристотель обґрунтовував центральне місце Землі в світобудові. Усі речі навколо нас збудовані з чотирьох стихій — землі, води, повітря і вогню. І чим стихія важча, тим сильнішим є її намагання зайняти місце, якомога ближче до центра світу. Тому-то земля і вода намагаються падати вниз — до центра світу, вогонь же і повітря рухаються вгору, «до свого природного місця». Тож головне твердження Аристотеля було таким: «Сонце і планети обертаються навколо Землі, що перебуває нерухомо в центрі світу».

Але простих слів «планети обертаються навколо Землі» вже в часи Аристотеля було замало. Бо ж від астрономії, яка саме зароджувалася, вимагали знання «де була (чи буде) та або інша планета стільки-то років у минулому (у майбутньому)?». На той час усе це було головною проблемою астрології, про яку мова ще буде у заключному розділі. Тут же маємо підкреслити: *такі знання можна отримувати за наявності певної моделі світу*. Віддамо належне античним ученим: вони гідно справилися з цією аж ніяк не легкою задачею.

Але якраз тут доречно й таке зауваження. За уявленнями «усіх тодішніх грецьких мудреців» небесні тіла можуть рухатися лише «досконалим чином», тобто рівномірно і по колових орбітах — зі сталими кутовими швидкостями. Їх, давніх учених, неважко зрозуміти: обчислення положень планет за умови сталої швидкості кожної по своїй коловій орбіті на той час було під силу. Інакше їм, напевне, уявлявся хаос, цілковита невизначеність («якщо рух нерівномірний, то де міра тої нерівномірності?»...).

Побудовою моделей світу грецькі вчені займалися упродовж багатьох сотень років. Так, Піфагор висловив думку про те, що кожна з семи планет розташована на своїй сфері і що ці сфери, як ціле, обертаються навколо Землі. При цьому виникає гармонійна музика («музика сфер»). Учень же Платона Евдокс твердив, що рух кожної

з планет регулюється кількома сферами, вкладеними одна в одну. Моделювання усього видимого руху планет він звів до обертання... 27 сфер. Цю модель удосконалив Аристотель, збільшивши число сфер до 55. І лише Птолемеєві (бл. 87–165) вдалося, і то блискуче, вирішити це завдання. Так звану геоцентричну модель світу Птолемея використовували понад тисячу років!

Забігаючи вперед, скажемо: нічого дивного. Бо при розгляді питань такого типу визначальним є *принцип відносності руху*. Або, як тепер кажемо, рівноправність систем відліку, що рухаються рівномірно одна відносно іншої. Можемо сидіти на березі і бачити, як човен віддаляється від нього. Але з човна бачимо, як від нас віддаляється берег...

Планети кружляють навколо Сонця, але ми спостерігаємо їх із Землі, яка сама бере участь у цьому «космічному танку». І — «описуємо рух інших човнів, як його бачимо зі свого».

Модель Птолемея

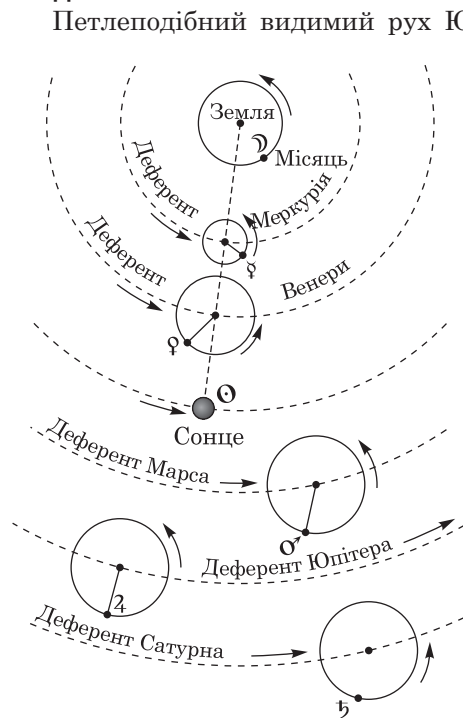


Рис. 2.4. Рух планет у системі світу Птолемея

Петлеподібний видимий рух Юпітера (як і інших планет) демонструє нам «дві нерівності». Перша: прямий рух планети в бік сходу починається з «нульової швидкості», досягає найбільшої і згодом знову зменшується до «нульової». І друга: «стояння» планети змінюється її рухом у бік заходу спочатку з пришвидшенням, далі — зі сповільненням аж «до нуля». Як виявилось, змоделювати такий рух можна дуже просто. Планета рухається зі сталою кутовою швидкістю σ по **епіциклу** — малому колу з радіусом r , центр же цього кола — так звана **середня планета** — з кутовою швидкістю ω по **деференту**, тобто більшому колу з радіусом R (рис. 2.4). Зі спостережень Птолемею вдалося визначити усі згадані тут величини для кожної з п'яти планет.

Певну нерівномірність видимого руху Сонця і Місяця він пояснив уведенням **ексцентрів** — кіл, центри яких не співпадають з положенням Землі. Зрештою і за диференти планет доводилося приймати ексцентри, і тоді рух «середньої планети» був рівномірним, якщо його розглядати з «вирівнювальної точки» — **екванта**. Її проставляли на продовженні прямої Земля–центр деферента на тій же відстані від нього, що й Земля. Якраз із цієї точки, зокрема, рухи і Місяця, і Сонця можна було розглядати як рівномірні.

Описана тут модель непогано «працювала», якщо питання стояло про обчислення положення планети на декілька десятків років наперед чи в минуле. Але ж в астрономів були, як прийнято говорити, довгі ряди спостережень і за сотні років, і їх треба було узгодити! Й ось тут ставало очевидним, що реальний рух кожної з планет значно складніший. Тому доводилося покращувати модель уведенням ще кількох епіциклів так, що радіус кожного наступного був значно меншим, ніж у попереднього (з відповідним добором кутових швидкостей!).

Урешті-решт система Птолемея «завалилася від власного тягару»...

Коперник «зрушив Землю»

Здогади про те, що Земля рухається у просторі, висловлені багатьма давньогрецькими вченими (Філолаєм, учнем Піфагора Гікетієм, Гераклідом Понтійським, Аристархом Самоським). У формі запитання те ж сформулював римлянин Сенека. У XIV–XV ст. значно конкретніше про рух Землі говорили французькі вчені Жан Буридан і Нікола Орем і вже «зовсім прямо» у книжці «Про вчену неграмотність» (1440 р.) німецький філософ (і кардинал, багаторічний дорадник папи) Микола Кузанський. У згаданій книжці (після винайдення книгодрукування її публіковано у 1488, 1514 і 1565 роках) він писав: «Земля насправді рухається, хоча ми цього не помічаємо, оскільки відчуваємо рух лише при порівнянні з чим-небудь нерухомим».

Але одна річ — висловити думку, навіть правильну, та зовсім інша — розробити конкретну модель, у цьому випадку — гармонійного поєднання рухів на той час семи світил! Вдалося це зробити видатному польському вченому Миколаю Коперникові (1473–1543) у книзі «Про обертання небесних сфер» (1543 р., перевидана в Базелі у 1566 р. та в Амстердамі у 1617 р.). На відкритому в 1830 році у Варшаві пам'ятнику Копернику написано: «Він зупинив Сонце, зрушив Землю».

Коперник довів, що видимий добовий рух Сонця, Місяця і зір обумовлений обертанням Землі навколо своєї осі, зміна ж пір року — рухом Землі, разом з іншими планетами, навколо Сонця. Згаданий же петлеподібний рух планет пов'язаний з тим, що їх ми спостерігаємо з Землі, яка також рухається.

Загальну схему цієї *геліоцентричної моделі* світу Коперник намалював ще в «Малому коментарі» (1512 р.) (рис. 2.5). Праця над фундаментальною книгою була нелегкою і тривала багато років. А все ж відомо, що він надто довго зволікав із її публікацією, і тому подекуди з'явилися твердження, нібито він боявся переслідування з боку Церкви. Це — не так. Бо ось що писав йому найближчий тоді дорадник папи кардинал Шонберг (1536 р.): «Я дізнався, що ти... склав нову теорію будови світу, в якій ти вчиш, що Земля рухається... Я ще і ще наполегливо прошу тебе повідомити про твій винахід ученим людям і в першу чергу прислати мені твої роздуми... якщо ти виконаєш у цьому моє прохання, то побачиш, що мав справу з людиною, яка турбується про твоє ім'я і бажає бути корисною такому генієві».

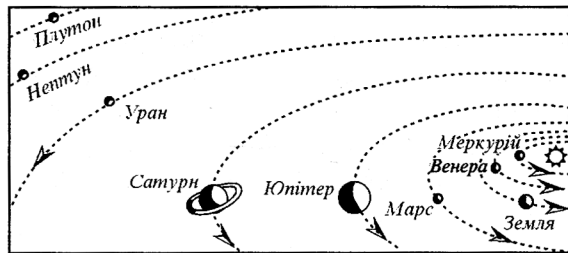


Рис. 2.5. Рухи планет у геліоцентричній моделі

То чому ж Коперник зволікав із публікацією книги? Відповідь, напевне, така: бо він був справжнім ученим. Він відчував, він знав, що в його моделі «не все гаразд», що в окремих місцях вона просто неправильна. Так, він розмістив Сонце «у центрі світу». Але зберіг уявлення давньогрецьких філософів про рівномірний коловий рух планет. А що насправді це не так, то він у свою геліоцентричну систему переніс із системи Птолемея поняття про ексцентричні орбіти та епіцикли. Тобто і тут нерівномірний рух планети зображався сумою декількох рівномірних рухів. Як ось: планета рухається по великому колу, центр якого обертається навколо Сонця по малому колу. А він же у своїй книжці говорить про тяжіння, яке «є не що інше, як деяке природне устремління, надане частинам...», щоб вони прагнули до цілісності та єдності,

збігаючись у форму кулі. Цілком можливо, що ця властивість притаманна також Сонцю, Місяцю та решті блукаючих світил, щоб при її дії вони продовжували перебувати у своїй кулястій формі, здійснюючи тим не менше різні колові рухи».

Якраз у цьому суть «проблеми Коперника». З одного боку, він уводив тяжіння як визначальний фактор світобудови. З другого ж — «змушує» центри великих кіл (орбіт) обертатися навколо фіктивних точок, які, у свою чергу, «мусять» обертатися навколо Сонця.

Ці штучні допоміжні конструкції, «це павутиння» вимів із неба Кеплер, замінивши рівномірні рухи по колу нерівномірними — по еліптичних орбітах. Образно кажучи, Коперник зволікав із публікацією своєї книги, бо чекав Кеплера. Але вони розминулися в часі. Такою є логіка розвитку науки...

Закони Кеплера

Тож наступний крок у вивченні законів світобудови зробив німецький астроном Йоганн Кеплер (1571–1630), загальноновизнаний «великий законодавець неба». Він довів, що для пояснення усіх тонкощів руху планет немає потреби нагромаджувати епіцикли. Бо планети рухаються навколо Сонця не по колових, а по еліптичних орбітах! У цьому й полягає суть *першого закону Кеплера*. За його *другим законом* швидкість планети тим більша, чим ближче до Сонця вона перебуває на своїй орбіті. *Третій закон* пов'язує середню відстань a планети від Сонця з періодом T її обертання навколо нього: «величина T у квадраті, поділена на a в кубі, є сталою й однаковою для всіх планет та їхніх супутників».

Щоб установити ці закони, Кеплерові, упродовж ледве не 20 років, довелося здолати неймовірні труднощі при обчисленнях (для їхнього полегшення він навіть склав таблицю логарифмів!). Це правда, але правдою є й те, що вся ця титанічна робота стала можливою завдяки не менш важким 20-річним зусиллям якомога точніше визначати положення одної з планет — Марса — серед зір. Такі спостереження провів видатний датський астроном Тихо Браге (1546–1601) — «фенікс астрономії», як назвав його Кеплер.

На підставі власних спостережень планет, які він проводив за допомогою виготовленого ним же типового для тих часів приладу — квадранта (рис. 2.6), бо ж телескопів тоді ще не було (!), Браге дійшов висновку, що система Птолемея справді не може пояснити особливості руху цих світил. Але Браге не погоджувався і з Коперником. Міркування було таке ж, як і в Аристотеля: якби Земля рухалася навколо Сонця, то відстані між двома довільно вибраними

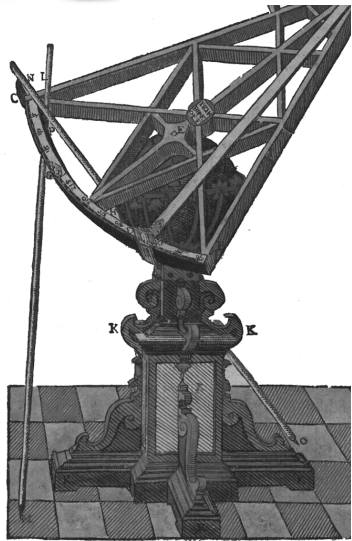


Рис. 2.6. Квадрант Тихо Браге

зорями упродовж року мали б змінюватися (рис. 2.7). Браге провів відповідні виміри для багатьох пар зір, але таких коливань відстаней між ними не виявив. Звичайно, це могло означати, що відстані до зір є дуже великими. Тихо Браге, однак, із цим не погоджувався, мовляв: «Коперник допускав неймовірну та безглузду відстань. У всьому ж мусить бути гармонія... Такий простір, позбавлений зір і планет, був би непотрібним».

Тож Тихо Браге запропонував свою модель світу: «всі планети обертаються навколо Сонця і вже разом із ним рухаються навколо Землі». Свої багаторічні спостереження Марса якраз Браге і хотів використати для доказу такої, придуманої ним світобудови. Та він встиг лише... знайти подвижника, якому якраз такі багаторічні спостереження були вкрай потрібні і якому була під силу ця титанічна робота щодо їхнього аналізу... Бо й Кеплер головною метою свого життя вважав те саме — «збагнути принципи світобудови».

Докази знайдено!

Жоден із тогочасних європейських учених не став прихильником моделі Тихо. Але і для підтвердження теорії Коперника довгий час доказів ще не було! Так, Коперник висловив думку про тяжіння «як деяке природне стремління, ... притаманне також Сонцю, Місяцю та решті блукаючих світил...». «Але — не все зразу»...

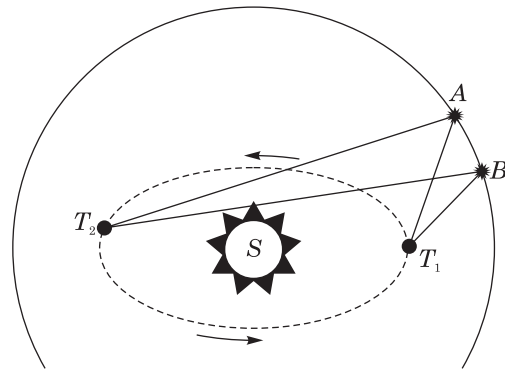


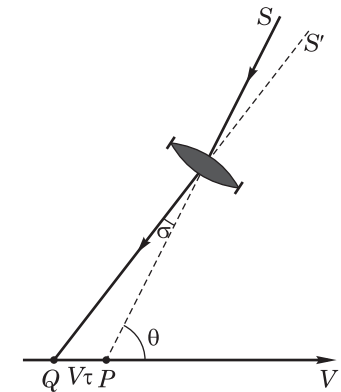
Рис. 2.7. Так, за Аристотелем, змінювалися б кутові відстані між двома зорями, якби Земля оберталася б навколо Сонця

У 1609 р. італійський учений Галілео Галілей (1564–1642) збудував перший телескоп і розпочав свої астрономічні дослідження. Зокрема — відкрив чотири супутники Юпітера і фази Венери. Щодо першого він писав так: «... ми маємо чудовий і найясніший доказ для усунення сумнівів у тих, які спокійно ставляться до обертання в коперниківській системі, але настільки бентежаться рухом одного Місяця навколо Землі, у той час, як вони обоє сумісно описують навколо Сонця річне коло, що навіть вважають необхідним відкинути таку будову Всесвіту як неможливу. Тепер ми маємо не лише одну планету, яка обертається навколо іншої, ... але наші відчуття показують нам чотири світила, які обертаються навколо Юпітера, як Місяць навколо Землі». Так відкриття супутників Юпітера показало, що не лише Земля, а й Юпітер є центром тяжіння.

Відкриття фаз Венери — її зовнішній вигляд змінюється, як і в Місяця, — заперечувало модель Птолемея! Але — воно лише доводило, що саме ця, «окремо взята» планета рухається навколо Сонця. І звідси аж ніяк ще не випливало твердження: «Земля обертається навколо Сонця»!

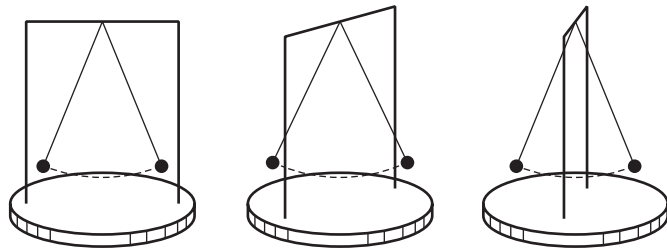
Доказом річного руху Землі навколо Сонця мало бути щорічне зміщення зір на небі. В пошуку цього ефекту на початку XVIII ст. англійський астроном Джеймс Брайдлей (1693–1762) виявив таке: упродовж року кутова відстань зорі γ Дракона від зеніту коливається в межах 20 секунд дуги. Аналіз, однак, показав: це явище обумовлене скінченністю швидкості світла і рухом Землі. Бо ж за час проходження світлового променя від об'єктива телескопа до окуляра сам інструмент зміщується. Тому його потрібно злегка нахилити в напрямі руху Землі, щоб обране світило залишилося в полі зору (рис. 2.8). Це явище названо **аберацією**. Воно й стало першим (опубліковано в 1729 р.) доказом правильності теорії Коперника.

А воно ж про існування явища аберації астрономи тоді й не здогадувалися! Вони намагалися виявити реальні зміщення в поло-

Рис. 2.8. Явище аберації: спостерігач, який рухається зі швидкістю v , побачить світило не в напрямі SP , а в напрямі $S'Q$

женнях ближчих зір, обумовлені рухом спостерігача (тобто — Землі). І це їм вдалося зробити «аж» у 1835–1840 роках! Тоді-то Василій Струве в Росії, Фрідріх Бессель у Німеччині і Томас Гендерсон у Кейптауні, «кожен для своєї зорі», виявили річні зміщення відповідно 0,13, 0,35 і 0,76 секунди дуги. А це — «нікчемно малі кути!» Тож маємо усвідомити: щоб виявити такі зміщення, довелося астрономам «вимордовувати себе» чи не 2000 років!

Сказане вище стосувалося руху Землі у просторі. Але було й інше, не менш важливе питання: «як усе ж таки пояснити зміщення світил на небі упродовж доби — обертанням усього неба чи Землі навколо своєї осі?». Першу відповідь на нього (бо їх було дві) отримано в 1791 р. Тоді-то італійський учений (і кардинал) Джованні Гулельміні виявив таке: металева куля, падаючи з висоти 73 метри, від-



Напрямок коливань маятника не змінюється при повороті підставки

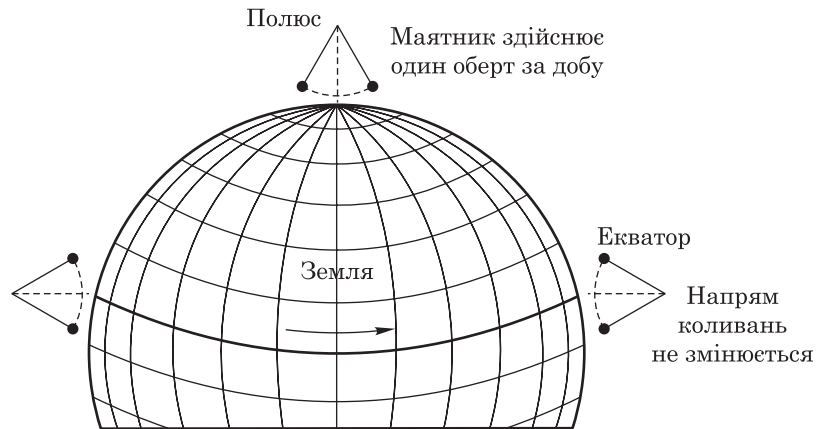


Рис. 2.9. Маятник Фуко: напрями коливань на полюсі й екваторі

хляється в бік сходу на майже один сантиметр. А воно ж саме так і має бути! Бо вершина вежі, з якої падає куля (проводили експерименти і в шахтах), розміщена далше від осі обертання Землі і тому має більшу швидкість. Її і зберігає кулька під час падіння.

Найбільш наочним для всіх допитливих було інше. У 1851 р. французький фізик Леон Фуко підвісив на тонкому дроті завдовжки 67 м кулю вагою 23 кг і надав цьому маятникові коливальний рух. Виявилось, що площина цих коливань повільно повертається за годинниковою стрілкою (назустріч обертання Землі). На полюсі площина маятника зберігала б своє положення відносно зір, а на широті 50 градусів цей поворот здійснюється за 34 години (рис. 2.9).

Рух навколо Сонця — чому?

Так, Земля разом з іншими планетами обертається навколо Сонця. Але чому?

Космі Індікоплевсту, згаданому раніше, «все було ясним»: рухом світил керують ангели. Бог, мовляв, «одним звелів рухати повітря, іншим — Сонце, деяким — Місяць, ще іншим — зорі, деяким, нарешті, звелів нагромаджувати хмари і готувати дощ».

Ці примітивні уявлення зустрічаються скрізь. «Щось таке» говорить Данте у своїй «Божественній комедії» (бл. 1300 р.). Та й у рукописі XVII ст., який зберігається в Бібліотеці ім. М.С. Салтикова-Щедрина (С.-Петербург), читаємо про планети таке: «1-ше небо від Землі, на якому планета Місяць, рухає Гаврііл...»; «2-ге небо рухає Урііл, планета Єрмія,..., 3-тє небо рухає Нафанаїл, планета Афродит,..., 4-тє небо рухає Михаїл, планета Сонце...».

Наукове ж з'ясування цього питання розпочав Кеплер, стверджуючи, що фізична причина рухів планет міститься в Сонці. Його «рушійна сила» подібна, мовляв, до променів світла і тепла, вона і втягує планети в рух навколо Сонця. Планети, за Кеплером, є магнітами, і їхні сили — то відштовхуючі, то притягуючі — поєднуються з обертальною силою Сонця, завдяки чому планети рухаються по еліптичних орбітах. Услід за Коперником Кеплер висловив думку, що тяжіння є властивістю усіх тіл. Він увів у фізику поняття інерції.

Вершиною цих зусиль, глибоким проникненням у таємниці світобудови стала праця видатного англійського вченого Ісаака Ньютона (1643–1727) «Математичні основи природознавства» (рис. 2.10). У ній Ньютон сформулював загальне твердження: усі тіла тяжіють одне до одного. Конкретніше: 1) тяжіння існує на всіх планетах;

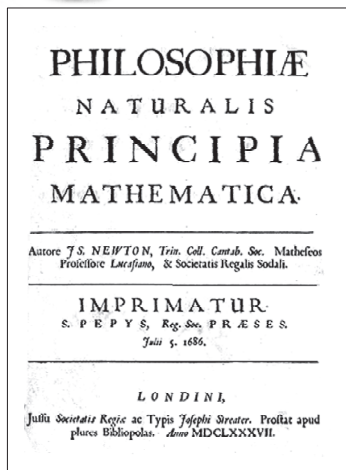


Рис. 2.10. Титульна сторінка книги І. Ньютона

2) тяжіння, спрямоване до будь-якої планети, обернено пропорційне квадратам відстаней місць до її центра; 3) усі планети тяжіють одна до одної. Ньютон довів, що еліптична орбіта — закономірний частковий випадок руху планети навколо Сонця, якщо тільки сила притягання, що діє між Сонцем і планетою, змінюється обернено пропорційно квадрату відстані між ними. Ньютон узагальнив третій закон Кеплера так, що за його допомогою можна було знайти масу Сонця (в одиницях маси Землі), маси усіх планет, що мають супутників, як і маси подвійних зір, галактик.

Від планет — до супутників

Давні астрономи знали п'ять «справжніх» планет. Це — Меркурій, Венера, Марс, Юпітер і Сатурн. У 1781 р. англійський астроном (на той час музикант і лише аматор астрономії) Вільям Гершель (1738–1822), оглядаючи небо, зовсім несподівано виявив у сузір'ї Близнят об'єкт — «зорю, помітно яскравішу від інших слабких навколишніх зір, вражений... я запідозрив у ній комету». Через чотири місяці, з аналізу особливості її зміщення на тлі нерухомих зір, зроблено висновок: цей об'єкт є новою, раніше невідомою планетою, якій дано назву Уран.

Подальше дослідження особливостей її руху — упродовж кількох десятиліть з більшою, то далі з меншою швидкістю (але які це відхилення від «середнього» положення — максимум на 40 секунд дуги, для порівняння: діаметр диска Місяці 1800 секунд) — змушували думати: за орбітою Урана є ще одна планета, яка і «збурює» її рух. Історія відкриття Нептуна (1846 р.) і згодом — Плутона (1930 р.) драматична і повчальна. Тут і молодечий запал та оптимізм, і певна втома й небажання, в старших, гайнувати час, «може, даремно». Але важливим було мати засоби, щоб такі пошуки робити, — телескоп та атлас (для порівнювання: «що я на небі саме сьогодні тут бачу, а що в цій ділянці було рік і десять тому незмінно», ... в одних «старших» не було першого, в інших — другого...). Все це описане в «Історії астрономії» (с. 382–385) од-

ного зі співавторів (див. www.lib.if.ua). Обмежимося зауваженням, що Плутон (його вже «перевели» з великих планет в планети-карлики, їх уже відкрили понад сто) майже у сто разів далше від Сонця, ніж Меркурій. Це — відстань майже 6 млрд. км, період же колового обертання тут майже 250 років.

Матеріали про кожну з планет є у шкільних підручниках. Нам важливо знати найголовніше: 1) Яким чином відбувся поділ речовини так, що планети земної групи «збудовані» з важчих хімічних елементів, тоді як планети-гіганти ледве не цілковито з водню і гелію (в одній популярній книжці так і намальовано: Сатурн зі своїм «капельюшком»-кільцем плаває у великій ванні, чому б ні, адже його середня густина на 30% менша, ніж густина води). Далі: 2) Чому, якщо дивитися на Сонячну систему «від Північного полюса світу», то практично всі планети і їхні супутники обертаються проти годинникової стрілки, але Венера — у протилежний бік, і рік на ній триває усього дві її доби (відносно Сонця — один оберт за 116 земних діб, відносно зір — за 243 наших доби), Уран обертається, лежачи на площині, в якій він рухається навколо Сонця. 3) Чому, як вже згадано, склався такий нерівномірний розподіл вуглецю (вуглекислого газу) у речовині Землі, з одного боку, та Венери і Марса, з іншого?..

Є ще й четверте запитання, про це — дещо пізніше. Тут же не можна не згадати справжню феєрію, пов'язану зі супутниками Марса. Після відкриття Галілеєм чотирьох супутників у Юпітера Кеплер написав Галілеєві, «шалено хочу мати телескоп, ... щоб випередити вас у відкритті двох ... у Марса». А ось що знаходимо про це у книжці «Мандри Гуллівера» (1726 р.) англійського письменника Джонатана Свіфта: «Вчені Лапути відкрили два супутники, що обертаються навколо Марса..., з яких внутрішній віддалений від центра планети точно на три її діаметри, а зовнішній — на п'ять, перший обертається в просторі за 10 годин, а другий за 21½...». Ну, Свіфт дещо помилився, бо справжня відстань Фобоса і Деймоса від центра Марса (в діаметрах планети) дорівнює відповідно 1,33 і 3,45, а періоди обертання навколо Марса — 7,66 і 30,3 години. Та головне, астрономи Лапути «знали», що за марсіанську добу (а її тривалість практично дорівнює нашій) Фобос здійснює більше двох обертів навколо Марса!

Відкрив супутники Марса, спочатку Деймоса, через 6 діб — Фобоса, американський астроном Асаф Холл — у серпні 1877 р. при випробуванні 66-сантиметрового рефрактора. І сам Холл, і згодом

один із синів, визнали: цього відкриття могло б і не бути, якби не наполегливість його дружини Анжеліни Стікні-Холл: «ти мусиш їх відкрити!»...

Малі планети і комети

У 1772 р. німецький астроном Йоганн Тіціус виявив, що розміри планетних орбіт можна представити у вигляді такого числового ряду: 4 , $4 + 3 = 7$, $4 + 3 \times 2 = 10$, $4 + 3 \times 4 = 16$, $4 + 3 \times 16 = 52$, $4 + 3 \times 32 = 100$, $4 + 3 \times 64 = 196$. Таку залежність відстаней планет до Сонця (прийнято, що для Землі це 10) завзято пропагував інший астроном Йоганн Боде, тож увійшла вона в астрономію як **правило Тіціуса–Боде**.

Як видно, у цьому ряді є пропуск, що відповідає відстані $4 + 3 \times 8 = 28$, або ж, в астрономічних одиницях (відстань Земля–Сонце = 1 а.о.), 2,8 а.о. Боде висловив припущення, що «там» є невідома планета. І — в 1796 р. на одній з астрономічних конференцій було вирішено провести її систематичні пошуки. Чом би не пожартувати: доки засідали, дискутували, писали протоколи і пили каву, новий об'єкт якраз у належному місці увечері 1 січня 1801 р. відкрив (кажуть, цілком випадково) італійський астроном («і абат за сумісництвом») Джузеппе Піацці. Насправді все не так: навіть обмеживши поле пошуку «плюс-мінус чотири диски Місяця», але уздовж усієї екліптики, «бо де цей об'єкт саме тепер має бути?», беручи до уваги невелике число телескопів на той час, переважаність їх іншими програмами, — отримати результат зразу таки було неможливо. Та й Піацці проводив спостереження для складання каталогу зір. Але — зауважив слабкий об'єкт 7-ї величини, який за добу на тлі зір змістився на 6 мінут дуги (на одну п'яту частину діаметра Місяця). Декілька тижнів спостережень — і орбіту його обчислено. За яскравістю визначено діаметр (близько 950 км), найменували Церерою. Наступного року відкрито Палладу, ще через два роки — Юнону, у 1807 р. — Весту.

На початок XXI ст. цих малих планет чи астероїдів налічено понад 40 000. Найбільшою є якраз Церера, найменші з відомих мають поперечники 10 км. Деякі з них рухаються по «надто» еліптичних орбітах, так що можуть «заходити» навіть усередину земної орбіти. А проте ймовірність зіткнення із Землею дуже мала! Аналіз *астероїдної загрози* показує: Земля зазнає такого зіткнення один раз за 500 000 років.

Комети — **«хвостаті світила»** — наводили в минулому жах на людей своєю несподіваною появою на небосхилі. Але їхню природу

вдалося з'ясувати аж ніяк не зразу. Аристотель твердив, що це явища, які «швидко народжуються в атмосфері і так же швидко зникають». Тобто, це ніби хмарки якихось випаровувань, що підіймаються в атмосферу і там, стикаючись зі «сферою вогню», згорають. Звідси випливало, що комети знаходяться ближче до Землі, ніж Місяць. І аж Тихо Браге провів спостереження комети 1577 р., намагаючись виміряти її зміщення серед зір унаслідок зміни положення спостерігача при обертанні Землі. Не виявивши такого ефекту, Браге зробив правильний висновок: комета перебуває на відстані, принаймні в шість разів більшій, ніж до Місяця. А звідси випливало: комети — такі ж небесні тіла, як Місяць і планети.

Наприкінці 1664 р., коли майбутньому соратнику і другу Ньютона Едмунду Галлею було шість років, на небосхилі з'явилася комета. Наступного року в Лондоні спалахнула епідемія чуми, внаслідок якої помер кожен п'ятий мешканець столиці. Тож було ледве не всезагальне переконання: це вона провозвістила «важку кару, повільну, але сувору, жахливу і страхітливу ...». І ось Галлей, здійснивши важку працю, обчислив елементи орбіт 24 яскравих комет, що з'являлися на небі з 1337 до 1698 року, виявив майже повний збіг цих параметрів для комет 1531, 1607 і 1682 років. Він дійшов висновку, що це — одна і та ж комета, яка обертається навколо Сонця по еліптичній орбіті з періодом 76 років. Галлей передбачив її появу у 1758 р., що й сталося. Згодом її — *комету Галлея* — спостерігали на нічному небі у 1835, 1910 і 1986 роках. Наступне її повернення до Сонця буде в 2062 році.

За традицією, комета отримує ім'я першовідкривача (буває — двох), тож це — певний стимул для аматорів. Підраховано: в середньому на відкриття комети витрачають 200–300 годин. Спостереження проводять за допомогою біноклярної труби або призматичного бінокля, встановленого на штативі, співставляючи їх з атласом чи картою зоряного неба. У першій половині ночі оглядають західну і південно-західну частини неба, згодом оглядають його північну частину, а над ранок — східну і південно-східну. Якщо об'єкт зауважено, про нього слід сповістити телеграмою в ГАО НАН України.

Фізична природа комет, механізми формування їхніх хвостів уже детально з'ясовані. На самому краю Сонячної системи є незліченна кількість залишків «будівельного матеріалу». З нього може «народитися» до 100 млрд. комет. Такі «брили», головним чином з льоду, зударяються, істотно змінюють свої орбіти, зближуються із Сонцем, стаючи кометами.

Камені з неба

Римський письменник й учений Пліній Старший (24–79) згадував, що грецький філософ Фалес ще в 566 р. до н.е. «передбачив, ... коли впаде з Сонця великий камінь, що й трапилося... Немає сумніву, що камені з неба падають часто».

А все ж у Середньовічній Європі і в пізніші часи, аж до кінця XVIII ст., різні світлові ефекти — «падаючі зорі», «вогняні кулі» (боліди), полярні саява тощо вчені, услід за Аристотелем, об'єднували в одну групу «вогняних метеорів», вважаючи їх атмосферними явищами. Випадки падання каменів «з неба» пояснювали ураганами, які переносять камені на великі відстані. Дійшло до того, що «саме допущення падіння твердих... кам'яних чи залізних брил з неба... здавалося суперечливим з логікою і розумом». А ось висновок (1772 р.) Паризької Академії наук: «Камені з неба падати не можуть, оскільки не лише фізично, а й взагалі нічим розумним це пояснити не можна».

Проте невдовзі довелося ці погляди змінити. Камені знаходили, і певним компромісом було висловлене декількома вченими, серед них — Лапласом: метеорити — наслідок вулканічних вивержень на поверхні Місяця.

Річ ясна, головно роль тут дотепер відіграє кільце малих планет, зударення більших і менших уламків речовини, що є в ньому. Але і про аж вулканізм на планетах та їхніх супутниках забувати не доводиться! Є ці явища аж на супутниках Юпітера...

Вище залишено без опису «щось» четверте, яке в нашій Сонячній системі — наче знак оклику. Йдеться про **хондри** — своєрідні «зернятка» діаметром від одного до десяти міліметрів, що «вкраплені» в речовину «камінців, які звалюються на голову з неба», тобто — одної з двох форм метеоритів. У хондрах виявлено всі хімічні елементи, які лише є в природі, у тій же пропорції, що й в атмосфері Сонця. Як це могло статися — невідомо. А ось у «залізних» метеоритах, якщо їхню поверхню відполірувати і протравити кислотою, виявляють дивні поздовжні і поперечні смуги — пластинки залізо-нікелевого сплаву, де в одному випадку нікелю близько 7%, у другому — до 50%. Фізики стверджують: таке може формуватися при дуже повільному охолодженні речовини, нагрітої раніше до 2300 градусів. То «як, де і коли?».

Як бачимо, загадок навколо нас ще багато. Але крок за кроком хтось та колись їх з'ясує...

ТРЕТЄ ВІДКРИТТЯ: ЗАМІСТЬ ТВЕРДІ — БЕЗОДНЯ

І єгиптяни, і китайці склали собі уявлення про небо як тверду півсферу, підперту стовпами. В давніх греків його нібито підтримував на своїх плечах Атлант. Складали здогади, з якого матеріалу «збудоване» небо.

Так, за шумерською легендою, небо — олов'яне. Мабуть, — бо мешканці Месопотамії олов'яну руду, потрібну для виплавки бронзи, знаходили в горах, які оточують долину Дворіччя. Тож: «кусочки олова — це уламки блискучого небосхилу».

Давні єгиптяни вважали: небо — залізне, в їхній мові нібито залізо прочитується як небесна руда. А чому дивуватися? Вони ж могли дізнатися про те, «що на світі є залізо», завдяки метеоритам, які справді «падали з неба»!

А що кам'яних метеоритів випадає значно більше, ніж залізних, то не могло не скластися уявлення: склепіння неба — кам'яне (це — у Вавилоні).

Найбільшим мислителем, здається, був давній грек. У нього всю роботу у виноградниках виконували три–чотири раби. Тож, кажуть, без цього і не було б усієї тої філософської картини («бо на осмислення чогось потрібен час!»).

Отож давні греки, коли хотіли щось сказати про небо, про навколишні небесні світила в їхній сукупності, вживали слово **космос**, що означало «прикраса, оздоба». Услід за персами, для яких небесна твердь зроблена з дорогоцінних каменів — рубінів, греки повели мову про сферу кришталеву. Та головне в іншому: вони здійснили спробу встановити відстань до неї. Навіть обґрунтувати, що наш світ має сферичну форму.

Світ Платона — затісний

Отже, давньогрецький світ «був обмежений» кришталевою сферою, на якій зсередини підвішено зорі. Конкретно про це писав філософ Платон, маючи на увазі Творця світу: «Обриси ж він надав всесвіту такі, які були б для нього пристойні і йому споріднені... Отже, він шляхом обертання закруглив космос до стану сфери, поверхня якої скрізь однаково віддалена від центра».

У свою чергу, Аристотель обґрунтовував сферичність Всесвіту тим, що Всесвіт, мовляв, є досконалим, а сфера — єдина досконала фігура. В середині сфери зір і мали розташовуватися сфери планет, по одній на кожну планету.

Водночас уже з'являлося питання: а якими ж то є розміри світу кришталевих сфер? І ото певну відповідь щодо цього маємо в Піфагора. Мовляв, відстані між сферами відповідають музичним інтервалам дорійського ладу: від Землі до Місяця — 1 тон, від Місяця до Меркурія — $\frac{1}{2}$ тону, від Меркурія до Венери — $\frac{1}{2}$ тону, від Венери до Сонця — $1\frac{1}{2}$ тону, від Сонця до Марса — 1 тон, від Марса до Юпітера — $\frac{1}{2}$ тону, від Юпітера до Сатурна — $\frac{1}{2}$ тону і від Сатурна до сфери нерухомих зір — $\frac{1}{2}$ тону. Інтервал в 1 тон — це нібито відстань 126 000 стадій. Приймаючи найбільше значення стадії 185 м, отримуємо: відстань від Землі до Місяця (в сучасних одиницях) — 23 310 км, *тобто менша в 21 раз*, до Сонця — 82 000 км, до сфери ж нерухомих зір — усього близько 140 000 км. А це ледве не втричі менше, ніж до Місяця! Тісним був цей світ і таки довелося згодом цю кришталеву сферу «руйнувати».

Щоправда, самі ж давні греки це відчули. Бо вже Аристотель твердив: радіус Всесвіту перевищує відстань до Сонця у... 9 разів. Там же, у Греції складено легенду, нібито бог вогню і ковальства Гефест викував небо із заліза та прикріпив до нього світила. На небі, на «небесному Олімпі» і жили нібито боги на чолі із Зевсом. Одного разу, розлютившись, Зевс скинув Гефеста з Олімпу, і той падав на Землю дев'ять днів...

Шлях, який проходить певне тіло, падаючи на Землю з великої відстані, знаходять методами інтегрального числення, бо ж сила тяжіння Землі з висотою зменшується. Так «з'ясовано», що «небесний Олімп» перебуває на відстані 574 000 км, тобто в півтора рази далше, ніж Місяць.

Може здатися зовсім неймовірним, але й сам «законодавець неба» Йоганн Кеплер знайшов — «після ретельних обчислень», що

відстань до «кришталевої сфери» становить чотири мільярди радіусів Сонця (тобто 2 800 млрд. км).

Не твердь, а безодня

Не всім, однак, давньогрецьким філософам до вподоби була модель «кришталевої сфери». Серед них був Демокрит (бл. 460 – 370 рр. до н.е.), який, як розповідали, «сам себе позбавив зору, бо гадав, що роздумування та розмірковування розуму при спогляданні і зрозумінні природи будуть жвавішими, коли звільняться від розваги зору і перешкоди очей»... У десятитомній книжці «Біографії філософів» Діоген Лаертський (I-а пол. III ст.) писав про Демокріта: «Він вважав, що Всесвіт безконечний. І в цьому безмежному Всесвіті внаслідок зіткнення атомів утворюється нескінченно велика кількість світів, розмаїтих за своєю величиною». Ці ідеї (Демокріта) згодом у поетичній формі переповів римський поет і філософ Тіт Лукрецій Кар (I ст. до н.е.) у поемі «Про природу речей»: «Світ безконечний у просторі // Немає ніякого краю ні з одного боку у всесвіті ...».

З початком другого тисячоліття, як казали, «Європа пробудилася від сплячки». У 1175 р. було перекладено з арабської мови на латинську «Альмагест» Птолемея. Засновано університети: в Болоньї (1119 р.), Равенні (1180 р.), Парижі (1200 р.), Кембриджі (1209 р.), Оксфорді (1214 р.). Серед освічених людей, а ними здебільшого були представники духовенства, було багато тих, хто за своїми поглядами випереджував рівень тогочасної науки. Найвидатнішим серед них був уже згадуваний Микола Кузанський, який писав: «Земля не може перебувати у центрі Всесвіту, оскільки Всесвіт має свій центр скрізь, а своє коло ніде».

Інакше кажучи, Всесвіт не може мати кола, тобто бути обмеженим у просторі, бо ж за цим колом повинно міститися що-небудь ще. Отже, Всесвіт не має ні центра, ні кола, тобто він безмежний у просторі, а тим самим, — жодної «тверді» чи «кришталевої сфери» у ньому немає.

Силою логіки

Як бачимо, і друге, і третє «відкриття нашого Всесвіту» здійснені не завдяки аналізу спостережувальних даних. Навпаки, для підтвердження теорії Коперника перший доказ (явище аберації) було виявлене через двісті, другий (річні паралакси зір) — ще через сто років. Тож ні в часи Кузанського, ні Коперника чи Кеплера не було жодних даних про те, що «кришталева сфера зір» — це ілюзія, що

насправді Всесвіт безмежний у просторі. Обидва ці кроки зроблено завдяки логічним розміркованням.

Поглянемо на першу проблему: обертається Земля навколо осі чи то весь небосхил навколо неї. Для всіх, хто з часів Демокріта уявляв Всесвіт нескінченним у просторі, поняття «безконечний зоряний Всесвіт» і «добове обертання сфери зір» були логічно несумісними. Бо ж неможливо уявити собі, як можна узгодити, упорядкувати рух усіх зір навколо Землі, точніше — навколо «осі світу», яка проходить через Землю. Адже ці зорі мали б перебувати на найрізноманітніших відстанях від цієї осі! Для тих же, хто, услід за Платоном та Аристотелем, «злякавшись безконечності», обмежив світ «сферою зір», ставало очевидним, що лінійні швидкості обертання окремих точок цієї сфери повинні бути фантастично великими. Куди легше уявити, що це Земля обертається навколо осі. І водночас — рухається навколо Сонця. І як тільки Коперник оформив ці погляди у своїй книзі, повернення до старих уявлень стало неможливим.

Щоправда, логіка буває різною. Іноді нібито логічні міркування є абсурдними. Так, після відкриття Галілеєм супутників Юпітера флорентійський астроном Франческо Сіцці для їхнього заперечення писав таке (1611 р.): «У голові є сім отворів..., а також з того, що ... існують сім металів, ми вбачаємо, що планет має бути неодмінно сім. Крім цього, супутники невидимі для простого ока, а тому й не можуть виявляти вплив на Землю, отже, непотрібні, а тому вони не існують».

Цей скептицизм стає зрозумілим, якщо прийняти до уваги, що перші телескопи давали надто погане зображення. І багато дехто, дивлячись у трубу, не міг нічого конкретного розгледіти.

Галілей був сучасником Кеплера. Але якщо Кеплер все ще «визначав» відстані до «кришталеві сфери зір», то Галілей на підставі своїх телескопічних спостережень доводив безмежність зоряного світу. З тої точки зору дуже цікавим є його «Послання до Інголі» (1624 р.) — богослова, знавця східних мов (текст поширювали в рукописних копіях). Серед іншого в ньому є таке: «... ви припускаєте, що всі зорі небосхилу поміщені на одну і ту саму сферу. Але це настільки сумнівне твердження, що ні ви, ні будь-хто інший не зможе довести цього ніколи. Що ж стосується мене, то я, залишаючись у царині допустимого та правдоподібного, скажу, що навіть з чотирьох нерухомих зір, не кажучи вже про всі, не знайдеться і двох, однаково віддалених від будь-якої точки, яку ви побажаєте обрати у Всесвіті».

Вчитаймося і в майстерно вкладений там же текст на захист системи Коперника: «... я хочу навести вам деяке зіставлення, яким я вже і раніше користувався для людей інших професій..., аби пояснити їм, що набагато правдоподібніше вважати, що Сонце, а не Земля є нерухомим і розташоване в центрі небесних обертань. Тому я говорив їм так: нам дано вісім небесних тіл: Земля і сім планет; з цих восьми сім рухаються безумовно і безперечно. І може існувати одне, і не більше ніж одне, яке перебуває у спокої; і цим єдиним за необхідністю може бути Земля або Сонце. І... якби за допомогою якогось сміливого зіставлення ми дійшли б до переконання, яке з них, Земля чи Сонце, більше відповідає за своєю природою останнім шести, то цьому тілу ми цілком зможемо розумним чином приписати рух. Але природа з її люб'язністю розкриває перед нами двері до такого пізнання, виявляючи два явища, не менш важливі і первинні, ніж спокій і рух. Такими є світло і темрява, бо найнеобхіднішим чином належить бути різними за своєю природою тілу, що сяє вічним світлом, і тілу, яке зовсім темне та не має яскравості. Але відносно шести тіл, які безсумнівно рухаються, ми переконані, що вони за своєю природою цілком позбавлені світла. І таким же крім них, що безсумнівне для нас, є і Земля. Отже, дуже великою є ця подібність, що існує між Землею та шістьома планетами, і ми можемо рішуче твердити, що також наявна не менш значна відмінність між цими планетами і Сонцем. Далі, якщо Земля за своєю природою значною мірою подібна до тіл рухомих, а першосутність Сонця від неї так суттєво відмінна, то як же не буде для нас значно ймовірнішим (якби ми не виявляли цього іншим чином), що не Сонце, а Земля, разом зі своїми шістьома родичами рухається? Додам до цього й інше, не менш важливе зіставлення: у системі Коперника всі зорі, котрі, як і Сонце, є тілами самосвітними, перебувають у вічному спокої... Саме так і повинна б діяти природа, дуже послідовна у своїх проявах».

Масштаби Сонячної системи

Як вже згадано вище, давні греки оцінювали відстані до Сонця і планет, використовуючи музичні аналогії. Річ ясна, усе це не мало жодного стосунку до дійсності. виправити ситуацію взявся Аристарх Самоський (III ст. до н.е.), розглядаючи трикутник «Земля – Місяць – Сонце» в момент, коли Місяць перебуває у першій чверті («трикутник Аристарха»). При цьому він використав чисто геометричні прийоми. Однак, зокрема, — занадто неточне значення кутової відстані Місяця від Сонця в момент першої чверті (приймавши три градуси, насправді ж — усього 9 мінут дуги). Тому й отримав, що

відстань від Землі до Місяця становить 19 радіусів Землі, до Сонця вона нібито в 19 разів більша, тобто це 361 радіус Землі.

У II ст. до н. е. Гіппарх, якого названо фундатором астрономії, встановив відстань до Місяця — 59 радіусів Землі — за тривалістю проходження його диска через тінь Землі. Це значення практично рівне тому, яке приймаємо й сьогодні. А ось відстань до Сонця він, услід за Аристархом, вважав рівною 19 відстаням до Місяця, а це 1120 радіусів Землі. Інакше — це 7 млн. км, тоді як насправді вона (*астрономічна одиниця* — а.о.) у 20 разів більша. Але таке її, применшене, значення приймалося астрономами близько 1500 років!

Коперник у своїй книзі «Про обертання небесних сфер» обчислив *відносні* відстані у Сонячній системі, тобто в астрономічних одиницях. Зокрема, встановив, що Марс рухається навколо Сонця на середній відстані 1,52 а.о., і т.д. Дуже цікавим є те, що незнання справжніх відстаней у Сонячній системі аж ніяк не завадило Кеплеру встановити його три закони, бо як у другому, так і в третьому йдеться про *відношення* величин (як ось, рівновеликих площ або кубів великих півосей: а при цьому множники типу 20, чи 20 в кубі, скорочуються!).

Встановити значення астрономічної одиниці, розв'язуючи «трикутник Аристарха», і сьогодні важко. Тож у XVII ст. астрономи «пішли іншим шляхом»: вони визначили попередньо відстань від Землі до Марса. Нагода трапилася восени 1672 р. Тоді якраз було його *велике протистояння*: Сонце, Земля і Марс — не просто «на одній прямій» (так буває через кожні 780 діб) — Марс був у найближчій до Сонця точці своєї орбіти (в перигелії). Тоді-то він зближується з Землею до відстані 0,37 а.о. (таке буває кожні 15–17 років). Тож одна група французьких астрономів провела визначення положення Марса на тлі зір у Парижі (географічна широта 48 градусів), інша — в Кайєнні (в Південній Америці, широта 8 градусів). Дещо раніше трьома групами астрономів було визначено радіус Землі, що і дало змогу обчислити *базу трикутника Париж – Марс – Кайєнна* (відстань Париж–Кайєнна «по прямій»). За зміщенням Марса на тлі зір, обумовленому спостереженнями зі згаданих пунктів, і встановлено відстань до нього, тобто оці 0,37 а.о., а тим самим і цілу астрономічну одиницю — відстань від Землі до Сонця. Вона виявилася близькою до (у звичних нам одиницях) 140 000 000 кілометрів.

Кажемо так: у другій половині XVII ст. масштаби планетної системи зросли у 20 разів! Річ ясна, в подальшому це число уточнювали «аж до 149 597 870 кілометрів». Бо ж надходила космічна ера,

а тут уже, для запусків космічних апаратів, знання відстаней «з точністю до метрів» — надзвичайно важливе!

Усе далі і глибше

Встановлюючи відстані до планет, астрономи водночас намагалися сягнути і в неозорі глибини зоряного світу. Але яким чином оцінити відстань хоча б до одної із зір, нехай — до найяскравішого Сиріуса?

За цю задачу взявся голландський учений Христіан Гюйгенс (1629–1695). Він порівнював яскравість Сиріуса з яскравістю «штучної зорі» — скляної кульки, на якій розсіюються сонячні промені. У припущенні, що Сонце і Сиріус випромінюють однакову кількість тепла і світла, Гюйгенс установив, що відстань до Сиріуса принаймні у 28 000 разів більша, ніж від Землі до Сонця. Парадоксально, що й цю відстань тоді применшено у 19,6 разів. Але й такий результат підтверджував висновки Коперника і Галілея, що масштаби зоряного світу набагато більші, ніж їх уявляли люди в минулому.

... «Він зламав засуви небес» — так написано на могилі вже згаданого видатного англійського астронома Вільяма Гершеля, вченого, який за мету свого життя обрав «пізнання будови небес». Гершель самотужки виготовив близько 400 дзеркал для телескопів, найбільший діаметр дзеркала сягнув 147 сантиметрів. Після відкриття планети Уран (1781 р.) його увагу привернув Молочний Шлях, особливо — міра концентрації зір до його «центральної площини», проведеної через середину цієї смуги зір. Підраховуючи кількість зір на окремих невеличких площадках неба, Гершель зробив висновок: зорі утворюють велетенський «рій», що має форму диска. Усвідомлюючи ж, що астрономічна одиниця — надто коротка лінійка для встановлення відстаней до зір, він увів поняття *світлового року* — відстані, яку проходить світло за один рік. Так Гершель оцінив, що діаметр диска нашої зоряної системи — Галактики — сягає 5800, його ж товщина — 1100 світлових років. Тепер ми знаємо, що він применшив розміри Галактики в 15 разів. До того ж — він «помістив» Сонце в її центрі, а це також виявилось неправильним.

Бо шлях до встановлення істини, особливо в цих космічних масштабах, не може бути легким, він проліг через хащі забобонів, згодом — «простих» помилок. І в цьому — віра в те, що в майбутньому, кажучи словами Сенеки, буде відкрито багато істин, які ще і для нас «приховані».

З великим запалом Гершель вивчав туманності, яких він у свої телескопи нарахував близько 2500. Він був першим, хто виявив

розмаїття їхніх форм і окремо виділив «кометарні» та «планетарні» туманності. Протяжні «молочні» утворення він вважав великими зоряними системами, розташованими далеко за межами нашої Галактики. Серед них, на думку Гершеля, є «туманність» із сузір'я Андромеди. Він писав: «Я не вважаю потрібним повторювати, що за допомогою моїх спостережень виявлено: небеса складаються з ділянок, де сонця зібрані в системи». І ще: «... ті туманності також можуть бути названі молочними шляхами — з маленької літери на відміну від нашої системи».

Гершель зробив також спробу оцінити відстані до цих далеких молочних шляхів. Узявши за одиницю масштабу відстань Сонце—Сиріус, вважаючи її рівною 6,38 світлового року (насправді це 8,7 світлового року), Гершель відстань до «туманності» Андромеди оцінив у 2000 відстаней «Сонце—Сиріус». Він применшив її у 100 разів. Але відстані до найслабкіших туманностей — далеких галактик він оцінював правильно — мільйонами світлових років.

«Підсумок цьому такий»: астрономи довели, що навколо Сонячної системи нема стіни у формі «кришталеві сфери». Що, навпаки, «там» — бездонні глибини і... порожнеча, проти якої так протестував Тихо Браге. Щоб краще збагнути масштаби галактичного світу, візьмімо листок паперу і в його центрі намалюймо кружечок — Сонце. На відстані 1 см від нього поставимо крапку — нашу Землю. Тоді найближча до нас зоря буде на відстані... два кілометри!

Певну роль у формуванні узагальнених уявлень про будову Всесвіту зіграли роздуми сучасника Гершеля німецького астронома Йоганна Ламберта. Він розробив схему «ієрархічного Всесвіту», мовляв, існує безконечна геометрична прогресія космічних систем. Сонце з планетами утворюють систему першого порядку. Далі разом з іншими зорями, що обертаються навколо якогось масивного центрального тіла, утворюють систему другого порядку. Молочний Шлях, за Ламбертом, — це вже система третього порядку. І таких молочних шляхів у Всесвіті мала би бути незліченна кількість. Певна їхня частина нібито утворює систему четвертого порядку і т.д.

Ламберт оцінив відстані до найяскравіших зір. Зокрема, до Сиріуса, — числом 500 000 а.о., досить таки правильно. За його ж підрахунками, протяжність Молочного Шляху мала б у 150 000 разів перевищувати цю величину, тобто вона сягає 1 200 000 світлових років. Тут він помилився у 10 разів (бо реально йдеться про близько 100 000 світлових років). Але чи можемо звинувачувати його чи інших астрономів у їхніх помилках?..

Дві трагічні долі

Завжди, як тільки заходить мова про перемогу геліоцентричної моделі світу, згадують Джордано Бруно (1548–1600) і Галілея. Адже їхня доля була пов'язана «з пропагандою ідей Коперника» і через це — більшою чи меншою мірою вона була трагічною. Можна, однак, вважати, що всі нюанси тут уже з'ясовано. Зокрема, — у статті Л.Лернера та Е.Госселіна «Галілей і примара Джордано Бруно» (журн. «У світі науки», М., 1987, № 1, с. 80 — 88). Висновок: Джордано Бруно теорії Коперника фактично не знав і не дуже високо про неї відгукувався. Мовляв, «його праця постає... як набір безглуздь — невпорядковане нагромадження безглузвих помилок». Він «неправильно тлумачить вчення Коперника про Сонячну систему. Він демонструє повну неграмотність в елементарній геометрії». Однак далі автори статті зазначили: «Але у цій праці є інший зміст, який напевне був ясний сучасникам Коли б він був просто невіглахом, він був би об'єктом насмішок і глузувань, але ніяк не нестримної ненависті і безпощадного переслідування з боку церкви». Його працю «лише умовно можна назвати природничо-науковою і рішуче не можна сприймати буквально, [бо]... головна тема тут — євхаристія». Суть усього в тому, що Джордано Бруно намагався відновити релігійно-містичні уявлення давніх греків і на їхній основі «примирити поміркованих протестантів Англії з поміркованими католиками Франції проти реакційної Іспанії». А що політика — річ дуже хитка, то врешті-решт він і став жертвою політичної змови... на пострах іншим.

Є думки, що Бруно не загинув би на вогнищі, якби не його різкі виступи проти монастирських прибутків та маєтків, якби він не вимагав їхньої конфіскації, саме на цьому питанні інквізитори й зосредили свою увагу. Про теорію Коперника на судовому процесі мови взагалі не було! Формально нібито Бруно засудили за вчення про множинність світів. Але ж те саме твердив задовго перед ним кардинал Микола Кузанський!..

«Щось і таке ж» сталося з Галілеєм. Вже ілюстрації на обкладинці його книги «Діалоги про дві системи світу» (зображення трьох дельфінів) нагадували про храм Аполлона в Дельфах, і це наче мало б бути натяком на «таємну, істинну філософію». До того ж Галілей було важко посперечався з монахом-езуїтом Христофом Шейнером про те, хто першим відкрив плями на Сонці, і тому набув собі ворогів серед членів єзуїтського ордену. У «Діалогах» він категорично відкинув теорію архієпископа Марка Антоніо де-Домініста, за якою

припливи і відпливи на Землі обумовлені притяганням Місяця (а воно ж — правильне!). Натомість Галілей твердив, що припливи є наслідком обертання Землі та її рухом навколо Сонця (водяні горби, з одного боку, нібито випереджують рух центра планети, з протилежного — відстають дещо від нього; додамо: якби це було правдою, то ці явища мали б спостерігатися завжди при сході і заході Сонця, вони ж кожної наступної доби запізнюються на 52 хвилини, а саме настільки запізнюється Місяць в його добовому русі...). І, нарешті, у «Діалогах» Галілей навів слова Папи Урбана VIII: «Бог міг досягати своїх цілей нескінченною множиною шляхів, отже... не слід позбавляти Бога вибору». Але вклав ці слова в уста Сімплічіо («Простака»), якого там же і висміяно. Усі сприйняли це як намішку над папою...

Щоправда, ще 1616 р. «Святою конгрегацією» було ухвалено декрет, за яким книга Коперника мала бути «тимчасово затримана аж до її виправлення». Твердження, за яким Сонце нерухоме, було визнане «безглузким, неправильним з філософської точки зору і еретичним за формою». Щодо виправлень, то: слід було усунути 10 рядків з посвяти папі Павлові III, де мовиться, що Коперник не вважає, нібито його вчення суперечить Письму; крім того, в кількох місцях, де Коперник назвав Землю зорею, слово «зоря» мало бути усунене.

Тож після «Діалогів» Галілея змусили «зрікатися», «проклинати» і «засуджувати» геліоцентричну модель, обіцяти, що він ніде чогось подібного проповідувати не буде. Однак вже через два роки після цього (у 1635 р.) «Діалоги» були перевидані у Страсбурзі латинською мовою і тоді ж вийшов їхній англійський переклад!

Такою ж щасливою була і доля книги Коперника. З накладу 1000 примірників збереглося більше 500. І хоча згаданим декретом приписано внести виправлення на її окремих сторінках, то їх зроблено лише в одному з кожних 12 примірників. Зокрема, в Іспанії, де інквізиція була дуже суворою, виправлень немає в жодній. Очевидно, це вважали «суто італійською справою», бо й справді в Італії виправлені дві з кожних трьох книг Коперника.

Сфера, якої нема, — сплющена!

Справді, те, що в нас над головою, не сфера, точніше — не півсфера! І переконатися в цьому можна дуже легко. Спробуймо, у гарну зоряну ніч, «на око» визначити на небесній сфері положення точки, яка, як здається, ділить дугу від зеніту до горизонту навпіл. Отже, висота цієї точки над горизонтом, як ми думаємо, мала би бути 45 градусів. Але за допомогою транспортира, до центра якого

на нитці підвішено тягарець, виявляємо: висота «нашої» точки усього близько 30 градусів! Вдень висота цієї точки над горизонтом ще менша: близька до 22 градусів! Тому, зокрема, гірський хребет, що видніє на горизонті і має справжню кутову висоту 10° , здаватиметься висотою у 25° .

Ось ще декілька чисел ілюзорних висот «вдень/вночі» і — «справжніх»:

$13^\circ/10^\circ$ — 5° ; $26^\circ/18^\circ$ — 10° ; $34^\circ/26^\circ$ — 15° ; $42^\circ/33^\circ$ — 20° ;
 $49^\circ/39^\circ$ — 25° ; $56^\circ/45^\circ$ — 30° ; $60^\circ/50^\circ$ — 35° ; $74^\circ/68^\circ$ — 55° .

Є ефект, який нібито доводить зворотне. Сонце і Місяць, коли вони поблизу горизонту, знаходяться нібито ближче до нас і тому їхні кутові розміри навіть у декілька разів більші. Насправді і тут — усього лише оптична ілюзія. В цьому, здається, певну роль відіграють фізіологічні властивості ока, точніше — неоднаковий ступінь напруження м'язів очей при огляданні предметів на різних висотах.

І перед тим, як остаточно попрощатися з «небесною твердю» чи «кришталевою сферою», проведемо такий дослід. У скляну банку з водою додамо невелику кількість молока і розмішаємо їх. Після цього пропустимо через неї вузький промінь сонячного світла. Що виявляється? Коли дивитися на цей промінь «спереду», він буде забарвлений у червоний колір, якщо ж збоку — в голубий. Зрозуміло, чому це так: бо голубі промені розсіюються інтенсивніше («легше»), тож вони доходять до нас з усього неба, незалежно від того, де в цей час знаходиться Сонце.

А коли Сонце ховається під горизонтом і опускається на глибину понад 7 градусів, щільна частина атмосфери, що над нашими головами, його променями вже не освітлюється. Тож небесне склепіння наче тане, і перед нами розкривається темна безодня, переповнена незліченною кількістю зір, туманностей і галактик...

ЧЕТВЕРТЕ ВІДКРИТТЯ: СОНЦЕ — ОДНА З МІЛЬЯРДІВ ЗІР

Перші здогади

Уявлення давньогрецьких філософів щодо розмірів і природи небесних світил були вкрай примітивними. Так, на думку Фалеса, Сонце, Місяць і зорі — це небесні вогні, що живляться парою води. Або: Сонце і Місяць — тіла землистого складу, але такі, що «самозайнялися». Філософ Анаксимен уявляв собі Сонце, Місяць і планети як плоскі диски, що плавають у повітрі між плоскою такою Землею і кришталевим склепінням, до якого прикріплені зорі. Тоді ж Геракліт твердив, що Сонце «завширшки з людську ступню».

Філософ Анаксагор, який нібито бачив, як з неба впав камінь величиною з бочку, міркував так: небо — кам'яне, а Сонце — це розжарена скеля або розпечений камінь, однак розміри його мали б бути великими. Філософ Епікур (342–270 рр. до н.е.) вважав, що розміри Сонця такі, якими ми їх бачимо. А ось Ксенофан «утворював» зорі з вогняних хмар, які згасають упродовж дня, а в нічній темряві знову розгоряються, немов вугілля.

Усі ці висловлювання все ж вміщали зерно істини. Бо ж, як побачимо далі, і Земля, і всі інші небесні тіла складаються з одних і тих же «цеглинок» — однакових хімічних елементів.

Тому кроком назад були погляди на природу небесних тіл, які висловив Аристотель. Як і деякі його попередники, він прийняв, що всі речі у світі формуються з чотирьох первісних елементів — землі, води, повітря і вогню. Що ж стосується небесних світил, зокрема Сонця, то вони збудовані з іншої, незмінної та незнищувальної форми матерії — небесної «п'ятої сутності» (квінтесенції) — *эфіру*.

Аж через 1700 років Микола Кузанський знову ствердив, що «відносно речовини, з якої складаються земні і небесні тіла, між ними нема жодної різниці, що Земля є таке ж небесне тіло, як Сонце, Місяць та інші небесні світила».

Параметри Сонця

За допомогою непростих геометричних розмірковувань, які тут наводити недоцільно, Аристарх Самоський дійшов висновку: радіус Сонця у сім разів більший за радіус Землі. Тож, мабуть, саме тому він і «встановив» його у центр світу, «змусивши» Землю кружляти навколо нього. І таким значенням розмірів Сонця астрономи «задовольнялися», не обговорюючи це питання, упродовж 1500 років, аж доки не було визначено відстань до нього. Тоді вже, знаючи кутовий радіус Сонця (1/4 градуса) і відстань до нього, встановили, що діаметр Сонця у 109 разів більший від земного.

Після уточнення Ньютоном третього закону Кеплера вдалося і «зважити» Сонце. Його маса виявилася у 330 000 разів більшою від маси Землі. Про це вже знав Ньютон.

А ось чи гаряче на поверхні Сонця він не знав. Що більше, він, а вслід за ним також і Гершель, вважав, що поверхня Сонця — холодна і тверда і що на ній можуть бути мешканці, як і на Землі. Її видно, мовляв, як плями, в розривах білих хмар. Ось його слова: «Сонце..., очевидно, перше, або, точніше кажучи, єдино первинне тіло нашої системи..., найімовірніше, що воно заселене, як і інші планети, істотами, органи яких пристосовані до особливих умов, що панують на цій велетенській кулі».

З початком XIX ст. все актуальнішим ставало питання: скільки ж сонячної енергії приходить до поверхні нашої планети. Одним із тих, хто оцінив її, був син Вільяма Гершеля Джон. У 1837 р. він підрахував, що теплоти, яку отримує Земля за рік, було б досить, щоб розтопити на ній шар льоду товщиною 36 метрів (насправді — 62 метри, але, як бачимо, це все ж похибка не в десять і не в сто разів!).

Важливою характеристикою Сонця є його потужність чи, як кажуть астрономи, світність L . Зрозуміло, що лише дріб'язок цієї енергії потрапляє на планету (одна її двохмільярдна частина!). Оцінити це число було неважко: треба обчислити площу поверхні кулі з радіусом 1 а.о. і поділити її на площу поперечного перерізу Землі. Принаймні у принципі неважко виміряти і кількість енергії, що приходить від Сонця на одиницю поверхні Землі. Беруть посудину з водою і вставленим через корок термометром, замальовують її чорною фарбою і визначають, на скільки градусів зросте температура води за певний проміжок часу

(при складанні рівняння теплового балансу треба врахувати нагрівання як води, так і самої посудини). Враховують часткове поглинання і розсіювання світла земною атмосферою. Словом, йдеться про число «чотири і далі 26 нулів» ватів).

Але, щоб усвідомити справжню природу Сонця, необхідно було встановити закон збереження енергії (а тут — перегорнути сторінку книжки).

Мова кольорів

Уперше, наскільки відомо, біле світло розклав у спектр монах Домініс, який у своїй праці (1611 р.) описав кольори, що з'являються після проходження білого світла через призму. Він пояснив ці кольори тим, що промені проходять у призмі неоднакові шляхи. Мовляв, чим більший шлях вони проходять, тим більше до світла домішується темряви. Згодом цим явищем зацікавився, зокрема, Ньютон. Він писав: «... безперечно, той, хто буде уважно та наполегливо досліджувати ці речі, не залишиться без багатих плодів своєї праці».

Зі щоденної практики знаємо, що про температуру істотно нагрітого тіла «розповідає» його колір: при її зростанні він змінюється від червоного до жовтого, далі — до білого. Певний теоретичний аналіз показав: на поверхнях червоних зір температура (виміряна в кельвінах — К) сягає 3500 К, жовтих (як Сонце) — 6000 К, білих — 10 000 К.

З чого вони збудовані?

Упродовж століть астрономи не могли дати відповідь на питання: що ж це за світна речовина — ефір, як твердив Аристотель, чи розжарений камінь? Як знаємо, філософ Огюст Конт безнадійно махнув рукою (1842 р.): «ніколи, ніякими засобами ми не зможемо визначити їхній хімічний склад» І ще: «будь-яке знання істинних середніх температур неминуче має бути назавжди приховане від нас».

Філософ — помилявся! Він не зробив би таких непродуманих заяв, якби знав, що діється поза його кабінетом. Бо ще 1802 р. англійський фізик Вільям Вульстен запримітив у спектрі сонячного світла темні лінії (була думка, нібито ними «відгороджуються від себе окремі кольори»). Невдовзі німецький фізик Йозеф Фраунгофер (1787–1826) виявив там же понад 500 темних ліній, які згодом названо *фраунгоферовими*. Такі ж темні лінії він знайшов і в спектрах Місяця та планет. Далі ж, порівнюючи спектр олійного полум'я зі спектром Сонця, виявив: яскрава здвоєна жовта лінія полум'я за-

ймає у спектрі те ж місце, що й одна з темних ліній сонячного спектра, яку він позначив літерою *D*. Саме так і було закладено основи *спектрального аналізу*. Тому-то на могилі Фраунгофера зроблено напис: «Він наблизив до нас зорі».

Згодом, у 1857 р., шведський учений Вільям Сван установив, що згадана жовта лінія утворюється натрієм, який широко розповсюджений у природі. Узагальнили це відкриття німецькі фізики Густав Кірхгоф та Роберт Бунзен. У 1859 р. Кірхгоф писав: «... темні лінії *D* у спектрі Сонця дають змогу зробити висновок, що в атмосфері Сонця є натрій». За іронією долі сталося це всього через два роки після смерті філософа Конта...

«Ключем» до таємниці — «з чого збудовані зорі» — якраз і стали лінії в спектрах небесних світил. Було передусім з'ясовано, що кожен хімічний елемент має «свій власний» набір ліній. Далі встановлено, що нагрітий газ саме в цих лініях світиться. Якщо ж на шляху променів, що йдуть від певного джерела світла до спостерігача, розмістити цей же газ, але холодний, — у спектрі з'являться темні лінії поглинання.

Кірхгоф із Бунзеном виявили у спектрі Сонця 60 темних ліній заліза, лінії міді, свинцю, олова, водню тощо. Так закладено основи *астрофізики* — науки про фізичну будову небесних тіл. І дуже швидко вона відзначила свій перший тріумф. Спостерігаючи у 1868 р. спектр Сонця, французький астроном Жюль Жансен та англійський астроном Джозеф Лок'єр незалежно один від одного виявили в ньому яскраву жовту лінію поблизу лінії *D* натрію. Невідомий елемент, якому вона належала, отримав назву *гелій*, тобто «сонячний». І лише 1895 р. гелій було знайдено на Землі.

Отже, доведено: «є цеглинки світобудови», з яких і збудований «весь світ». І вони — це певний набір розмаїтих хімічних елементів. Залишалося з'ясувати, скільки їх узагалі, в якому вони «взаємному» відсотковому відношенні та як можна взагалі поставити питання про їхню спільну чи послідовну появу на Землі й у Всесвіті в цілому.

Дотепер у видимій ділянці спектра Сонця вже налічено понад 10 000 фраунгоферових ліній поглинання, ультрафіолетовий та інфрачервоний діапазони «додають» ще 20 000. Тут значна їхня частина — це лінії, які формуються завдяки поглинанню сонячного світла молекулами газів земної атмосфери (тому й мають назву *телуричні*, тобто земні). Усього у спектрі Сонця ототожнено лінії 72 хімічних елементів.

Поступово ставав зрозумілим механізм формування ліній: світлові промені виходять з глибших шарів Сонця (зорі взагалі) у верхні холодніші шари (в атмосферу). І тут окремі кванти, що відповідають певним хімічним елементам, поглинаються і зразу ж перевипромінюються, але (що якраз дуже важливо) у всіх напрямках. Це і створює ефект «недостачі» енергії, «для заданого напрямку», у певній довжині хвилі.

Однак ще декілька десятиріч залишалося невідомим, «звідки атоми того ж хімічного елемента знають, які саме довжини хвиль мають дружно поглинати». Це було з'ясовано «в три етапи». Спочатку, в 1897 р., було відкрито електрон, далі, в 1911 р., англійський фізик Ернест Резерфорд довів, що атом подібний до Сонячної системи — складається з дуже щільного ядра, навколо якого обертаються електрони. І, нарешті, у 1913 р. датський фізик Нільс Бор сформулював такі постулати: 1) в атомі існують орбіти, рухаючись по яких електрон не випромінює, і 2) випромінювання окремих порцій — квантів світла — (чи їхнє поглинання) відбувається лише при переході електрона з одної орбіти на іншу.

«Ліричний відступ»

Описана вище модель здавалася надзвичайно вдалою і чудово все прояснювала. Однак уявлення про рух електрона по криволінійній траєкторії без втрати енергії було неприйнятним з точки зору «класичної фізики»! За словами Альберта Айнштейна, ситуація стала такою, наче «з-під ніг висковзнула земля і ніде не було твердого ґрунту». Конкретно щодо постулатів Бора він же сказав: «Якщо це правильне, то воно означає кінець фізики як науки». А ось ще декілька перлин: «Я переконаний, що це вчення є фатальним для здорового розвитку науки» (А. Шустер), «Теорія квантів подібна до інших перемог у науці: місяцями ви усміхаєтеся до них, а тоді роками плачете» (Г. Крамерс), «Теорію квантів можна порівняти з ліками, що виліковують хворобу, але вбивають хворого» (Г. Крамерс, Х. Голст). Два фізики (О. Штерн і М. Лауе) поклялися залишити заняття фізикою, «якщо у цьому борівському безглузді хоч що-небудь є». Видатний фізик Х. Лоренц жалів, що не помер п'ятьма роками раніше, «коли у фізиці все ще зберігалася відносна ясність».

Запитання скептиків були елементарно простими: звідки електрон «знає», яку саме порцію енергії він повинен випромінювати, щоб потрапити точно на ту чи іншу нижчу орбіту? Як також: щоб перейти на вищу орбіту, скільки енергії він повинен поглинути? Нічого дивного, що видатний фізик Вольфганг Паулі у 1925 р. писав:

«Фізика знову зайшла в глухий кут, принаймні для мене вона надто важка, і я краще волів би бути блазнем у кіно... і не чути нічого про фізику».

Справді, «Бором новації в фізиці не завершилися»! Бо ж у 1924 р. французький вчений Луї де Бройль проголосив тезу: не лише промінь світла, а й усі тіла мають як хвильові, так і корпускулярні властивості. Отже, не можна ставити питання: «Електрон — це частинка чи хвиля?». Бо «він є і те, і друге», і в цьому вияв *корпускулярно-хвильового дуалізму*. В подальші три роки здійснено розробку квантової механіки як теорії, що встановлює спосіб опису і закони руху мікрочастинок. Була з'ясована (В. Гайзенберг, 1927 р.) неможливість одночасно точно визначити положення мікрооб'єкта і його імпульс — в цьому суть *співвідношення невизначеності*. Чітке розуміння корпускулярно-хвильового дуалізму в мікросвіті сформулював Нільс Бор (1927 р.) як *принцип доповнювальності*. Звучить він так: кожне істинно глибоке явище природи не може бути визначене за допомогою слів нашої мови і потребує для свого визначення принаймні двох додаткових понять, що взаємно виключають одне одного. Інакше: наші визначення явищ природи бувають однозначні, але при цьому не повні. Коли ж вони повні, то неоднозначні, бо включають в себе додаткові поняття, що є несумісними в рамках формальної логіки.

Що там — у надрах?

З багатьох причин (з'ясування природи джерел енергії зорі, шляхів її еволюції) необхідно знати, як при заданій масі і радіусі зорі в її надрах змінюються густина, температура і тиск. Графічне зображення чи табличні дані, що відображають зміну цих параметрів від центра зорі до її поверхні, мають назву: *модель зорі* (рис. 4.1). Вихідним для розв'язування цієї задачі є *рівняння гідростатичної рівноваги*, яке отримують з умови: сила тяжіння, що діє на елемент маси (на будь-якій відстані від центра зорі), зрівноважується різницею тисків знизу і зверху (чим глибше, тим тиск більший). На цю тему є навіть своєрідний афоризм: сила тяжіння намагається стиснути речовину зорі в маленьку надщільну кульку, сила тиску — розпрошити цю речовину в міжзоряному просторі, ця боротьба триває мільйони чи й мільярди років і, здебільшого, перемагає перша (хоча й не так буквально).

Зі згаданого рівняння отримують оцінку температури в центрі Сонця: 14 000 000 К. Густина речовини (щільність) у сто разів перевищує щільність води.

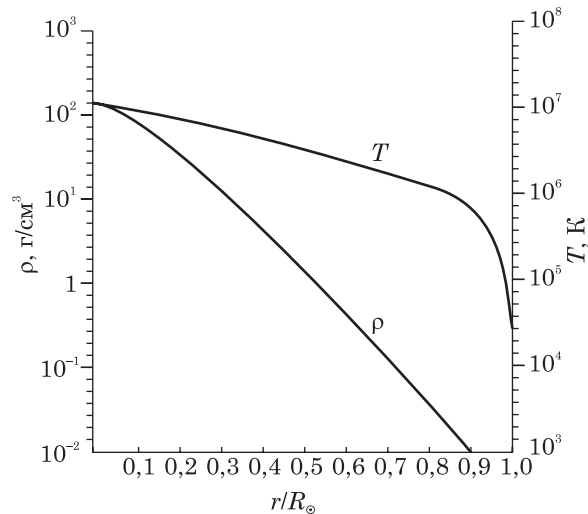


Рис. 4.1. «Модель зорі»: розподіл температури і густини від центра до поверхні Сонця

Насправді при розгляді задачі про будову зорі приймають до уваги і те, що в її надрах безперервно генерується певна енергія та реалізуються процеси її переносу до поверхні. Обчислюючи ж зміну параметрів від центра до поверхні, враховують приріст і маси, і потоку енергії, які після кожного «кроку» вздовж радіуса мають інше значення. Тож фактично йдеться про розв'язування чотирьох диференціальних рівнянь. В минулому (у «докомп'ютерну епоху») для кожного конкретного випадку це вдавалося зробити за багато місяців. До того ж отримувані числові значення параметрів (густина, температура і тиску в кожній точці) істотно залежать від хімічного складу речовини зорі, про який довгий час не було надійних даних. Так, лише в середині 30-х років XX ст. зроблено висновок, що речовина Сонця — це (за масою) 65% водню, 33% гелію і всього лише 2% усіх інших хімічних елементів.

Чому Сонце світиться?

Після того, як Джон Гершель здійснив оцінку кількості енергії, яку Сонце висвічує в навколишній простір (1837 р.), «на весь зріст» постало питання про її джерело. Була думка: Сонце поповнює свою енергію за рахунок випадання на нього метеоритів. Та зразу ж обчислено: при такому зростанні маси Сонця зменшувалася б тривалість року на Землі — на 0,5 секунди щорічно. Цього ж, звичайно, нема.

У 1854 р. німецький учений Герман Гельмгольц висловив твердження, за яким енергія Сонця виділяється завдяки його стискуванню. Щоб забезпечити сьгоднішні втрати Сонця, його радіус мав би зменшуватися на 35 метрів щорічно, і цих запасів *гравітаційної енергії* йому вистарчило б на 23 мільйони років. Однак і цю гіпотезу довелося відкинути, бо вже тоді геологи оцінювали вік Землі кількома мільярдами років.

Намагалися «видобути» сонячну енергію з відкритого у 1896 р. *явища радіоактивності* і, після відкриття електрона (1897 р.), з «анігіляції матерії». У першому випадку виявилось, що коли б Сонце складалося з чистого радію, то воно висвітило б основну частину енергії за декілька тисяч років (період піврозпаду радію — 1600 років). «Уранове» ж Сонце було б значно слабкіше від справжнього (період піврозпаду урану — 4,55 мільярдів років). І від цієї гіпотези відмовилися, навіть не знаючи, що в обох випадках Сонце мало б спалахнути як велетенська атомна бомба. Щодо *анігіляції* речовини, то, за тодішніми обчисленнями, для її перебігу температура в надрах зір мала б сягати сотень мільйонів градусів, згодом стало ясним, що реакція взаємодії протона з електроном з перетворенням речовини у кванти світла в принципі неможлива, оскільки в природі діють закони збереження важких частинок — баріонів і легких частинок — лептонів. Для оцінки звільнюваної енергії використовували формулу Айнштейна $E = mc^2$.

І ось у 1918 р. англійський фізик Френсіс Астон виявив: ядро атома гелію, хоча й складається з двох протонів і двох нейтронів, має масу, що рівна лише 3,97 маси атома водню (тобто маси протона). Тоді-то і пригадали здогад (1816 р.) лондонського лікаря Вільяма Праута: «Якби атоми всіх хімічних елементів були первинними основними частинками, справжніми «цеглинками світобудови», які не поділяються на частини і ніяк не пов'язані один з одним, то яка могла б бути причина того, що атом азоту рівно в 14 разів важчий від атома водню, а атом кисню — рівно у 16 разів?».

Завдання полягало в тому, щоб з уявлення про можливий процес об'єднання чотирьох протонів у ядро гелію отримати спостережуваний вихід енергії. І — з'ясувати, чому ці реакції відбуваються дуже повільно.

Очевидне: на першому етапі йдеться про зближення двох протонів — частинок, що мають додатний електричний заряд. Але ж, за законом Кулона, вони відштовхуються! Обчислення показують: в надрах Сонця (і зір) таке зближення можливе при швидкостях,

коли температура сягає 100 мільйонів кельвінів. А в ядрі Сонця вона усього 14 мільйонів. Та «природа багата у своїй винахідливості»! І те, що категорично забороняє класична фізика, дозволяє квантова механіка. Так, протон оточений своєрідним бар'єром, перестрибнути через який інший протон може лише за температури 100 мільйонів К. Але квантова механіка каже: є певна ймовірність проникнення через цей бар'єр зі значно меншою енергією. Це трапляється нечасто, тож ці реакції відбуваються у повільному темпі.

Є й друге, може, ще важливіше: при зближенні двох протонів один із них має перетворитися на нейтрон (при цьому ще «народжуються» дві легкі частинки — позитрон і нейтрино). Так появляється ядро «важкого водню». До нього миттєво приєднується ще один протон, і це вже — ізотоп «гелій-3». Нарешті, дві такі частинки зударяються — і «з'являється» ядро гелію та окремо два протони. Це — *протонно-протонний цикл*.

Якщо ж температура в ядрі зорі перевищує 15 мільйонів кельвінів, реалізуються реакції *вуглецево-азотного циклу*. На ядро вуглецю «налипає» протон і утворюється ізотоп азоту-13, далі — ланцюжок реакцій: азот-13 дає вуглець-13 (плюс позитрон і нейтрино), вуглець-13 плюс протон дає ізотоп азот-14, азот-14 плюс протон дає кисень-15, кисень-15 дає ізотоп азот-15 (плюс позитрон і нейтрино) і, нарешті, азот-15 плюс протон дає вуглець-12 плюс гелій-4.

Що дуже важливе: якщо масштаби в часі протонно-протонного циклу — 14 млрд. років, то вуглецево-азотного — 335 млн. років, причому перших трьох реакцій — усього лише 13 млн. років.

Поєднання ядер з утворенням усе важчих — аж до заліза — відбуваються з виділенням енергії, вони, як кажуть, *екзотермічні*. На все, «що далі», енергію треба затрачати — це реакції, аж до утворення ядер урану, *ендотермічні*. Тому й не дивно, що при розвалі урану енергія виділяється!

Кількість енергії U , що звільнилася при утворенні ядра гелію, обчислюють за наведеною вище формулою Айнштейна: різницю (маса чотирьох протонів мінус маса ядра гелію — *дефект маси*) $4 - 3,97 = 0,03$ маси протона множать на квадрат швидкості світла. Поділивши світність L Сонця (енергію, яку воно випромінює за секунду) на U , отримуємо кількість ядер гелію, які щосекунди утворюються в надрах Сонця: $L : U =$ «одиниця і сорок нулів за нею». Можна знайти й таке: якби Сонце витрачало запаси своєї енергії в сучасному темпі, то її вистарчило б на 100 млрд. років.

Варте уваги й таке: близько 5% енергії, що вивільнюється в надрах Сонця, зразу ж виносять «на безконечність» нейтрино. Через квадратний сантиметр земної поверхні, перпендикулярної до напрямку на Сонце, їх за секунду проходить близько 65 мільярдів.

Від центра до поверхні — як?

«Порції» енергії, що формуються при ядерних реакціях, — це жорсткі гамма-кванти. Енергія кожного з них у десятки разів більша за енергію «звичних» для нас рентгенівських квантів. І питання про те, як ця енергія переноситься до поверхні Сонця (це стосується й інших зір), ще не цілком з'ясоване, хоча основні закономірності процесів розкриті.

Відомо вже, що головну роль у перенесенні енергії з надр зір до поверхні відіграють *променистий механізм і конвекція*. У першому випадку кванти світла «проскакують» певний шлях і поглинаються, знову випромінюються, «мандрують далі», ще поглинаються і так мільйони разів. При цьому в кожному акті перевипромінювання «бувший» квант ділиться на декілька «дрібніших». Унаслідок цього до поверхні зорі замість одного гамма-кванта приходять мільйони «звичних для нас» квантів видимого світла. Сама ж речовина зорі при цьому перебуває у спокої.

Конвекція ж — це своєрідне «кипіння» речовини. Тут енергія передається вгору самими потоками речовини, хоча в ній водночас відбувається і перенесення квантів світла перевипромінюванням. Найпростіший приклад конвекції бачимо у посудині з водою, поставленій на вогонь. До певного часу тепло знизу вгору передається за рахунок зіткнень молекул води. Але настає момент, коли самі молекули вже «не в змозі» передати усе те тепло, що надається їм біля дна посудини. Тож елементи води «змушені» підійматися вгору «як єдине ціле».

Приблизно така ж ситуація складається в надрах зір або в їхніх поверхневих шарах, зокрема — у зовнішніх шарах Сонця. Є, однак, й істотна особливість — у посудині щільність води однакова від дна до її поверхні. В реальних же зорях вона в бік поверхні істотно зменшується. Для характеристики цього перепаду густини введено поняття *висоти однорідної атмосфери*, або *масштабну висоту* — таку відстань, на якій щільність речовини зменшується в $e = 2,72$ рази.

Спостереження дають підстави стверджувати, що в зовнішніх шарах Сонця енергія справді переноситься вгору конвективними потоками: поверхня Сонця наче всіяна білими «зернами» — *гранулами*, в яких температура на 300–400 К більша, ніж у проміжках між ними. Діаметр такого утвору сягає 700 км, тривалість його

життя — 7 хв. Дослідження швидкостей газу в гранулах підтверджує висновок, що гранули — це потоки речовини, яка підіймається вгору, тоді як у проміжках між гранулами вона, охоловши, опускається вниз. Масштабна висота в оболонці Сонця близька до 180 км.

Питання ж, яке все ще не з'ясоване, звучить так: на яку масштабну висоту підіймається конкретний конвективний елемент — на одну, півтори чи дві. Від цього, як виявилось, істотно залежить сама протяжність конвективної зони. Зазвичай приймають, що піднімається на одну масштабну висоту, де він передає тепло іншому, який також рухається вгору на «свою» одну масштабну висоту. У цьому випадку вся протяжність конвективної оболонки Сонця оцінюється числом 100 000 км, а це — одна сьома частина радіуса Сонця. А коли б довжина пробігу конвективного елемента була у півтора рази більшою, товщина згаданої оболонки зменшилася б... до 20 000 км!

На перший погляд, це для нас неістотне. Але ж усі прояви сонячної активності — плями на диску, спалахи, протуберанці тощо — існують якраз тому, що в оболонці Сонця речовина рухається. Бо ж це не «просто речовина», а плазма — іонізований газ. А при його русі виникають магнітні поля, які і є причиною появи на Сонці плям «і всього іншого».

Мільярди сонць

Чудовим садом назвав Вільям Гершель зоряне небо за розмаїття і красу його об'єктів. Ми вже знаємо, що зорі — такі ж сонця, лише знаходяться на дуже великих відстанях.

З середини ХІХ ст. відстані до найближчих зір визначають, вимірюючи річні паралакси — їхні зміщення на тлі далеких зір, обумовлені рухом Землі навколо Сонця. Один із катетів трикутника — відстань від Землі до Сонця. Однак кути ці менші від одної секунди. Тож наземними телескопами вдалося виміряти відстані усього до 10 000 найближчих зір. А ось за допомогою космічної обсерваторії «Гіппаркос» (запуск 1989 р., висота в апогеї 36 000 км) встановлено високоточні відстані до 120 000 зір і, з меншою точністю, ще до 350 000 — для створення Карті зоряного неба. Йдеться, однак, про зорі, відстані до яких менші від 3 500 світлових років. Тим часом поперечник диска нашої Галактики — це близько 130 000 світлових років, і в ній є не менше 150 млрд. зір. Для встановлення відстаней до них розроблено ряд інших, досить ефективних методів. Зокрема — це метод *спектральних паралаксів*. Але передусім слід коротко описати *спектральну класифікацію* зір.

Отже, якщо знехтувати «другорядними деталями», то можна згрупувати спектри зір в окремі *спектральні класи*: *O; B; A; F; G; K; M*. Ця спектральна послідовність є фактично температурною послідовністю. І при переході зліва направо колір зір змінюється від голубого до червоного. Ось деякі особливості спектрів зір різних класів.

Клас *O*: лінії іонізованого гелію та багаторазово іонізованих атомів азоту, вуглецю, кисню. Поверхнева температура цих зір $T = 40\,000\text{ К}$.

Клас *B*: лінії нейтрального гелію, слабкі лінії водню; $T = 20\,000\text{ К}$, біло-голубі, типовий представник — зоря Спіка.

Клас *A*: лінії водню досягають найбільшої інтенсивності, є лінії нейтрального та іонізованого кальцію; середня температура $T = 8\,500\text{ К}$, білі; типові представники — Сиріус та Вега.

Клас *F*: сильні лінії водню, численні лінії металів; жовтувато-білі, $T = 6\,600\text{ К}$; типова зоря — Прокіон.

Клас *G*: сильні лінії металів, найінтенсивніші — іонізованого кальцію, слабкіші — водню; жовті, середня температура поверхні $T = 5\,500\text{ К}$; представники — Сонце, Капелла.

Клас *K*: багато ліній металів, є молекулярні смуги поглинання; оранжеві, $T = 4\,200\text{ К}$; представники — Арктур та Альдебаран.

Клас *M*: смуги поглинання молекул; червоні, $T = 2\,800\text{ К}$; представники — Бетельгейзе, Антарес.

«Шахова дошка астрономів»

У 1905–1911 рр. датський астроном Ейнар Герцшпрунг (1873–1967) зіставив зоряні величини зір зі скупчення Плеяди (сузір'я Тельця) з їхнім кольором. Виявилось: чим менша яскравість зорі, тим вона червоніша. Зі свого боку, американський астрофізик Генрі Рессел (1877–1957) у 1913 р. встановив залежність світностей зір від їхніх спектральних типів. І — було накреслено *діаграму спектр–світність*, її інша назва — *діаграма Герцшпрунга–Рессела*. Якраз вона є «шаховою дошкою астрономів». Без неї неможливо вести розмову про ту чи іншу зорю «як таку», вести мову про шляхи розвитку зір у часі.

Річ ясна: якби між світностями зір і їхніми спектральними класами не було якоїсь, на той час — прихованої, залежності, то узяті 300 зір (це в першій спробі) заповнили б поле діаграми рівномірно (рис. 4.2). Тим часом є «щось» зовсім інакше. Близько 90% зір скупчені уздовж вузької смуги, що перетинає поле діаграми зліва направо і зверху вниз. Це — *головна послідовність*. Справа над нею є компактна група *гігантів*, ще вище — *надгігантів*. «Паралельно»

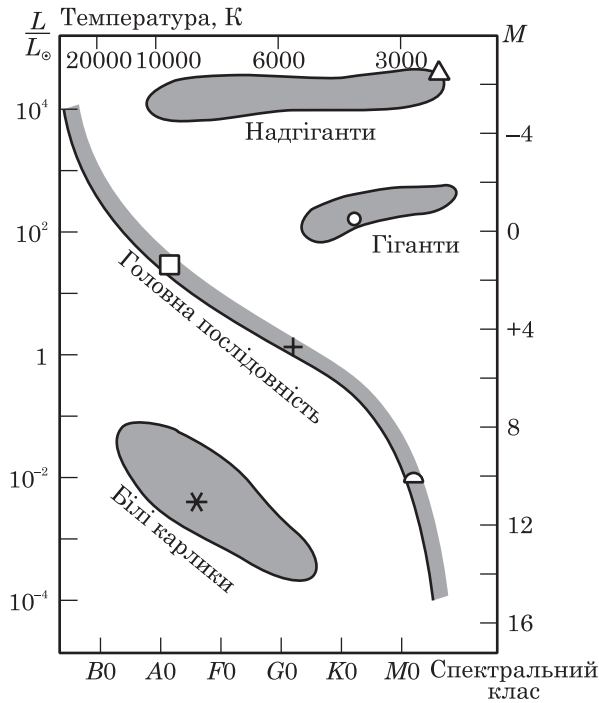


Рис. 4.2. Діаграма спектр-світність

головній послідовності, але під нею, розташувалися *субкарлики*. У лівому нижньому куті діаграми знаходяться *білі карлики*.

Аналіз показує: поблизу Сонця на 1000 зір головної послідовності припадає один гігант. І на 1000 гігантів — один надгігант. А ось один білий карлик припадає усього на 10 зір головної послідовності.

Про те, які саме закономірності відображає діаграма спектр-світність, мова в наступному розділі. Тут зазначимо: назва *гіганти* й *надгіганти* відповідає як розмірам цих зір, так і їхнім потужностям. Гіганти — в сотні разів більші за Сонце, надгіганти — в тисячі і навіть десятки тисяч. Що вони випромінюють енергію значно більшу, ніж Сонце, видно з вертикальної шкали діаграми. Що ж до зір білих карликів, то їхні розміри в сотні разів менші за сонячні. Тобто за величиною вони — як наша планета. Та й енергію висвічують невелику, хоч температура їхніх поверхонь сягає 10 000 К.

Тепер — про *спектральні паралакси*. Як виявилось, інтенсивності окремих ліній у спектрі істотно залежать від того, «ким» є

зоря — надгігантом, гігантом чи «нормальною» зорею головної послідовності (для таких зір вживають назву — *карлики*). Наприклад, лінії один раз іонізованих кальцію та стронцію у спектрах гігантів значно інтенсивніші, тоді як тих же нейтральних атомів — слабкіші, ніж у зір карликів. А таких ліній — «індикаторів» — виявлено багато. Тож, вивчаючи особливості «глибин і ширин» цих ліній, можна встановити, «хто» ця зоря — гігант чи карлик. Знаючи ж світність — середню для того чи іншого типу зір, порівнюють її з реальною видимою зоряною величиною конкретної зорі. Оскільки ж потік енергії від джерела світла змінюється обернено пропорційно квадратів відстані до нього, то й знаходять цю відстань.

Є й інша, і то ще важча проблема: визначення маси зорі. Безпосередньо цю характеристику оцінюють у тому випадку, якщо дві зорі обертаються навколо спільного центра мас: «для цього є третій узагальнений закон Кеплера». Таких зір виявлено більше десяти тисяч. Для такої «танцюючої пари» встановлюють відстань між компонентами і період її обертання. «Для багатьох інших» зір маси оцінюють на підставі виявленої залежності: світність зорі головної послідовності пропорційна четвертому степеню її маси (світність і маса — в сонячних одиницях).

А це можливе, якщо в надрах цих зір енергія звільнюється за рахунок вуглецево-азотного циклу. Тож такі зорі не можуть «жити довго». Про це — далі. Тут же прийємо до уваги: *зоря займає на головній послідовності тим вище місце, чим більша її маса*.

Проблеми структури зір

Внутрішня будова зорі, що має певну масу і перебуває на головній послідовності, визначається двома взаємно пов'язаними чинниками: темпом виділення енергії в надрах зорі та механізмом перенесення цієї енергії до поверхні. З'ясовано: структура зорі типу Сонця (і менших мас) така — *променисте ядро* (тут виділяється енергія та здійснюється її перенесення в зовнішні шари перевипромінюванням квантів) і *конвективна оболонка* (рис. 4.3). Протяжність же такої оболонки тим більша, чим менша маса зорі. В зір, маса яких перевищує 1,2 маси Сонця, структура протилежна: ядро перебуває в конвективній рівновазі, оболонка — у променистій.

Складнішою є будова червоного гіганта. Тут у центрі — ізо-термічне ядро, в якому температура практично однакова. Радіус ядра — одна тисячна радіуса самої зорі, тоді як маса — її 25%. Ядро оточене дуже тонким шаром (ще 0,001 радіуса зорі), в якому енергія звільнюється за рахунок термоядерних реакцій. І все це «занурене»

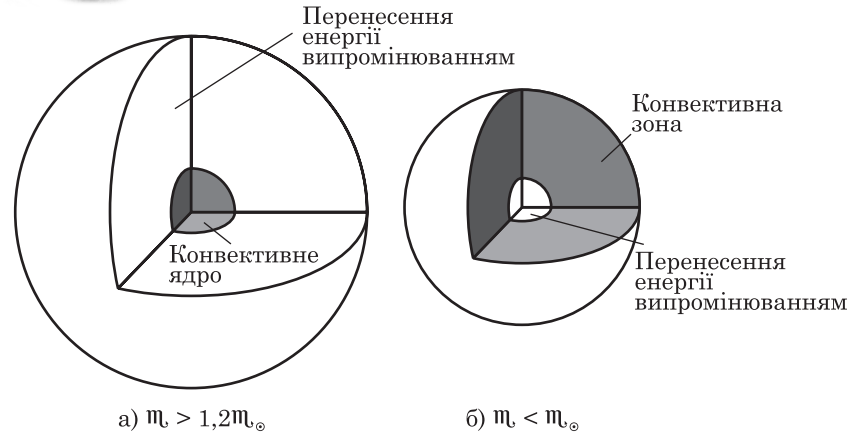


Рис. 4.3. Будова зорі залежно від маси при вигорянні в її надрах водню

в конвективну оболонку, протяжність якої сягає $9/10$ радіуса зорі. Ще складнішими є моделі червоних надгігантів. Зміна структури зорі обумовлена «переходом» від одного джерела енергії до іншого. Аж до різкого стиску ядра зорі — в одних випадках до формування білого карлика, в інших — нейтронної зорі. І про це також нижче.

Це — справжні карлики

Ще в 1844 р. виявлено, що Сиріус, зміщуючись на тлі зір на 10 кутових секунд за 10 років, «описує на небі» хвилясту лінію. Аналіз цього дав висновок: у цієї зорі є супутник, маса якого — одна сонячна, світність — у триста разів менша від сонячної. Але температура — близько 10 000 К. Річ ясна, були дискусії — аж до «годі, не мели дурниць» (зі спогадів А. Едінгтона). Висновок все ж був конкретний — є зорі *білі карлики*. Але речовина в їхніх надрах перебуває в особливому стані: внаслідок великої густини речовини зорі головну роль у підтримуванні її рівноваги, створюючи належний тиск, відіграють електрони.

Є й об'єкти, надра яких підтримує у рівновазі тиск самих нейтронів. Це вже — *нейтронні зорі*, їхні радіуси не перевищують 15–20 км при масі, меншій за три маси Сонця. Їх виявлено в 1967 р. як *пульсари*. Йдеться про обертання нейтронної зорі навколо своєї осі з періодом декілька секунд, частіше аж до декількох сотих секунди. Один із таких об'єктів виявлено в Крабоподібній туманності, і це — залишок спалаху зорі в 1054 р.

П'яте Відкриття: Зорі «народжуються» і «вмирають»

Ще раз про сад

Чудовим садом назвав Вільям Гершель зоряне небо, «де міститься величезна кількість найрізноманітніших рослин, які посаджені в різні грядки та перебувають на різних стадіях розвитку; з цього стану речей можемо мати ...користь: можемо наш досвід начебто розтягнути на величезні проміжки часу». Питання, отже, в тому, як наш досвід спостережень за різними поколіннями рослин, які зростали перед нашими очима, перенести «на небо», виявити, «що там народилося зовсім недавно, що вже у розквіті, а що відживає свій вік».

Інакше кажучи, питання таке: що може збагнути окремо взятий астроном за 40 років своєї праці, але й що змогло з'ясувати сто поколінь таких же ентузіастів за 4 000 років, коли йдеться про недосяжні, бо так далекі об'єкти, вік яких — «не то мільйони чи все таки аж мільярди» років? Тож, оглядаючись назад, таки можемо «аж тепер» сказати: дивно не те, що світ безконечний, а що людина, крок за кроком, у змозі розкривати, одну за одною, його таємниці!

Бо ж про що йдеться? Про сміливе, навіть зухвале намагання з'ясувати, всупереч Сократу й Конту, не лише, як збудований Світ й окремі зорі, але й як усе це розвивається в часі. А воно ж — розрізнити, яка із зір старша, яка молодша — незрівняно важче, ніж розподілити за віком дерева в саду. Особливо, якщо невідомо, як узагалі зорі «народжуються»

Є напівжартівливе твердження: наука про людину (анатомія з фізіологією) небагато змогла б розкрити функції окремих органів та їхні взаємозв'язки, якби всі люди завжди були здорові. Тож кажуть

і таке: знання про те, як «живуть і вмирають зорі», астрономи збрали завдяки дослідженню різних типів нестационарних зір. Таких зір уже відомо понад 30 000. Їх поділено на дві групи: *пульсуючі* зорі та *еруптивні* (або спалахуючі) зорі. Ось декілька прикладів.

У 1596 р. німецький астроном Давид Фабриціус, спостерігаючи планету Меркурій, помітив нову яскраву зорю в сузір'ї Кита, яка невдовзі... зовсім зникла, згасла. Згодом її знову спостерігали і назвали Дивною (зоря Міра Кита), адже за 330 днів вона змінює свою яскравість у 1600 разів: її видима зоряна величина коливається від 2-ї (тоді вона як зорі Ковша Великої Ведмедиці) до 10-ї величини (і тоді її можна побачити лише в телескоп).

У 1784 р. завзятий англійський аматор астрономії Джон Гудрайк (1764–1786), який у дитинстві втратив слух і мову, виявив, що одна із зір сузір'я Цефея («дельта Цефея») регулярно змінює свою яскравість майже утричі з періодом 5,37 доби. Вона стала згодом прообразом для близько 700 зір *цефеїди*, які отримали назву *маяки Всесвіту*. Бо періоди пульсацій цих зір-гігантів, як виявилось, тим більші, чим більша світність (потужність) зорі. А ці періоди є в межах від 1 до 100 днів. Виявляючи цефеїду в тому чи іншому закутку Всесвіту, встановлюють відстань до групи зір, в якій ця змінна знаходиться.

Це — два приклади пульсуючих зір. Потужна еруптивна зоря — наднова спалахнула в нашій Галактиці 1604 р., її названо Надною Кеплера. Перед тим (1572 р.) був спалах Надної Тихо Браге, яка декілька тижнів за яскравістю змагалася з Венерою, її було видно навіть удень. Справжнім подарунком для астрономів став спалах Надної 1987 р. у Великій Магеллановій Хмарі — в найближчій до нас галактиці, яку добре видно неозброєним оком недалеко від Південного полюса світу.

Влучні здогади

Зауваживши появу «нової зорі» (найімовірніше, це був спалах Надної), давньогрецький астроном Гіппарх і задумав скласти список (каталог) зір у кожному сузір'ї. Міркував він цілком логічно: Аристотель, стверджуючи вічність і незмінність небесних світил, помилявся, просто ці зміни трапляються дуже рідко і мало кому вдається їх зауважити.

Чи не вперше скласти відповідь на питання «З чого формуються зорі?» взявся Тихо Браге. У своїй книжці «Про нову зорю» (1573 р.) він висловив думку, за якою зауважена ним нова зоря мала б утворитися внаслідок конденсації тонкої світлої небесної речовини, з якої нібито складається Молочний Шлях. Він навіть указував, що

внаслідок цього поблизу Молочного Шляху утворилася діра, яка спостерігається як темна пляма.

У найширшому плані поглянув на це німецький філософ Іммануїл Кант (1724–1804). У своїй «Загальній природничій історії та теорії неба» (1755 р.) Кант висловив припущення, що світ спочатку перебував «у найпримітивнішому стані, який настав за небуттям», причому весь простір спочатку був більш-менш рівномірно заповнений холодними твердими частинками. Формування світів відбулося з цієї речовини під дією закону всесвітнього тяжіння і сил відштовхування (скажемо сьогодні — сил пружності). Він написав: «Мені здається, тут можна було б, мислячи тверезо, сказати без усякої зухвалості: дайте мені матерію, я побудую з неї світ, тобто дайте мені матерію, і я покажу вам, як з неї повинен утворитися світ...».

Аналогічні міркування про формування зір з туманностей, яких у Галактиці вже було відкрито багато десятків, висловлював Вільям Гершель і ряд інших учених. Так, у каталозі 1864 р. їх налічувалося 5 000, в каталозі 1908 р. — понад 13 000. Згодом щоправда виявиться: принаймні половина з цих об'єктів знаходяться за межами нашої Галактики, вони — такі ж зоряні системи, як і наша Галактика.

Згодом було розроблено методи визначення фізичних характеристик цих галактичних туманностей. Зокрема, встановлено, що температура в них близька до 100 К, визначено їхні маси: деякі з них сягають 10 000 мас Сонця.

Отже, «будівельний матеріал» було знайдено, висловлено було припущення, нібито половина його перебуває у формі зір, інша — в розпорошеному стані. Була навіть мало обґрунтована гіпотеза про «вічний кругообіг» цієї речовини. Згодом це співвідношення зменшувало «на користь конденсованого стану» — аж до орієнтовного 95%/5%. Бо ж — «мільярди років уже позаду» і розвиток «усього» йде все ж в один бік, а не «по колу»!

Але — щось зі спогадів, не підтверджених. З середини XIX ст. почали уточнювати: «ким» є та чи інша зоря — гігантом чи карликом, особливо коли це — у червоному кольорі. І — ось гіпотеза англійського астронома Джозефа Лок'єра (1836–1920): початковим станом речовини, з якої формуються зорі, був метеорний рій, який при взаємному зіткненні та розігріванні перетворився в газ. Далі: початковою стадією розвитку зорі мав би бути червоний надгігант як зоря Антарес. Згодом нібито зоря, стискуючись, стає оранжевим гігантом (як Альдебаран), тоді — жовтим гігантом (як Полярна), білим гігантом (як Денеб). Вершину еволюції зоря мала б досягати, маючи голубий колір. Згодом її

потужність мала б спадати, а колір змінюватися в бік червоного. Зоря стає білою (як Сиріус), жовтою (як Сонце) і, нарешті, червоним карликом. Після цього згасає й стає невидною.

Нову схему еволюції у 1913 р. запропонував Г. Рессел. Вже знаючи, що гравітаційне стискування не може бути основним джерелом енергії, він поклав, що в надрах зір є якась «активна» речовина, здатна перетворюватися на випромінювання. І зробив такі висновки: якщо еволюція зорі відбувається без втрати нею маси, то вона повинна перетинати діаграму спектр–світність практично горизонтально справа наліво. А коли вона масу втрачає, то із зони гігантів вона спочатку пересувається вліво до головної послідовності, далі уздовж неї «сповзає» вправо вниз, тоді різко звертає вліво у зону білих карликів.

Та ось, у середині 20-х років данський астроном Бенгт Стрьомгрен (1908–1987), поклавши, що енергія у надрах зір звільнюється внаслідок перетворення водню (!), виявив: при вичерпанні водню в надрах зорі вона з головної послідовності зміщується вгору у зону гігантів. Збігли роки... і в 1959 р. це підтвердив Георгій Гамов (1904–1968).

Підсистеми Галактики

Найважливіші уявлення про еволюцію зір не можна відокремлювати від питання «де це відбувалося?». Отож у середині XIX ст. складено думку, що наша Галактика, як велетенська система зір, складається з декількох спіральних віток, які «виходять із центра».

У 1918 р. американський астроном Херлоу Шеплі (1885–1972) довів, що Сонце знаходиться не в центрі Галактики, як це думав В. Гершель й усі астрономи упродовж понад 100 років, а на відстані 30 000 світлових років від нього. Встановлено: Сонце рухається навколо нього зі швидкістю 250 км/с, здійснюючи оберт за 200 млн. років. Встановлено також: у Галактиці є зорі декількох поколінь. Було введено уявлення про два типи *населення* (це — щодо віку), а також про три, згодом детальніше — про п'ять *підсистем* Галактики, і в цьому — опис розвитку її речовини «у просторі і часі». Населення I типу — «старе», II типу — молодше. Сферична складова формувалася в «найбільш ранні часи», плоска — завершується тепер (особливо — «молода плоска»). Тож зорі «першого покоління» — представники населення I типу — формують сферичну підсистему. В їхніх атмосферах важких елементів — дуже мало. Ці зорі першими еволюціонували, масивніші з них — аж до вибухів і розпорошен-

ня речовини, збагаченої важкими хімічними елементами. З неї і формуються зорі наступних поколінь.

Критерій Джинса

Отже — яким є перший крок природи, щоб «зліпити» з протяжної газопилової туманності десять чи й сто зір? Відповідь дає *критерій Джинса* — критерій *гравітаційної нестійкості*, виведений ще 1902 р. англійським астрономом Джеймсом Джинсом (1877–1946). Щоб з'ясувати його суть, звернемо увагу на поширення звуку у стовпчику газу. У звуковій хвилі частинки газу (молекули) зміщуються в тому ж напрямі, в якому поширюється сама хвиля. При цьому формуються згущення і розрідження газу, які «біжать» через середовище. Оскільки сили пружності зразу «ліквідують» ці тимчасові згущення, то після проходження звуку все повертається до початкового стану.

Дж. Джинс, однак, виявив, що коли довжина хвилі перевищує (при заданій густині і температурі середовища) деяке критичне значення, то згущення, яке утворилося, вже «не в змозі самоліквідуватися». Взаємне притягання частинок, які випадково зблизилися, перевищує силу пружності. Тож — стовпчик газу розвалюється на окремі згущення речовини, яка тепер уже «змушена» стискатися.

У випадку газопилової хмари, очевидно, відбувається «розвал» її у кожному з трьох напрямів. Кожен фрагмент далі стискується окремо, утворюючи врешті-решт зорю. Є тут і неабиякі труднощі. Скажімо, щоб цей механізм діяв у наявних туманностях з їхньою температурою усього 100 К і «створював» зорі типу Сонця, необхідно, щоб при тій температурі густина речовини зросла в мільйони разів. І лише після цього мала б відбуватися її фрагментація на окремі згустки — *протозорі*, з яких при подальшому стискуванні утворюються «справжні» зорі.

Завдяки можливостям сучасних ЕОМ з'ясовано, що цей стиск є неоднорідним. Спочатку формується щільне ядро, на яке далі випадає речовина. І — за 50 млн. років в ядрі зорі типу Сонця температура зростає настільки, що вже можуть «включатися» реакції синтезу гелію.

На цій першій стадії свого розвитку речовина інтенсивно переміщується, яскравість зорі висока, однак поверхнева температура не перевищує 4 000 К. При подальшому стискуванні зоря «опускається вниз» на головну послідовність, де на сотні мільйонів чи й мільярди років займає місце відповідно до своєї маси (рис. 5.1). Повтори-

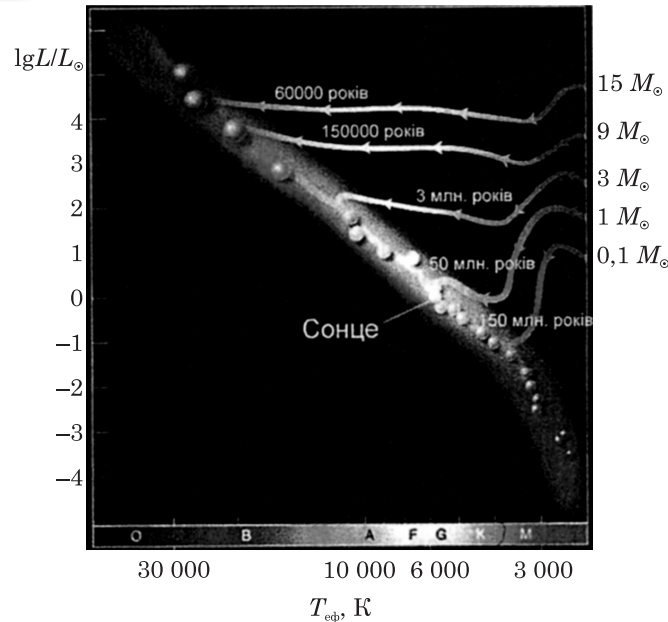


Рис. 5.1. Вихід зір різної маси на головну послідовність

мось, це настає тоді, коли в її надрах розпочинаються реакції синтезу ядер гелію.

Далі ж спрацьовує ефект *межі Шенберга–Чандрасекара*: як тільки в надрах зорі вигорить 10% початкового запасу водню, її перебування на головній послідовності (для Сонця це 10 млрд. років) закінчується. Нагадаємо: тут, у надрах зорі, йде безперервна, «непомітна для стороннього ока», боротьба сили тяжіння і сили газового тиску. Тобто — безперервна, «мікроскопічна» перебудова зорі, зміна, у кожній точці, фізичних параметрів — густини, температури і тиску, а відповідно й зміна поглинальної здатності речовини. Тобто — кванти енергії вже «можуть проскакувати на все більші відстані», тож температура в ядрі зорі вирівнюється і воно стискається. Кажемо й так: тепер в уже гелієвому ядрі температура може (залежно від маси зорі!) досягти значення, при якому буде «горіти» гелій.

Прогноз для Сонця «та інших»

Як бачимо, при підході стану в надрах зорі до межі Шенберга–Чандрасекара внаслідок зростання прозорості речовини формується *ізотермічне ядро* зорі, яке продовжує стискатися. При цьо-

му звільнюється певна потенціальна енергія, частина якої «іде» на зростання температури в ядрі, інша — висвічується. Водночас синтез гелію продовжується в шарі, який оточує ядро. І — під тиском випромінювання оболонка зорі (орієнтовно 10% її маси) повільно відділяється від зорі, яка вже встигне стиснутися до розмірів у сто разів менших, ніж вони були, коли зоря перебувала на головній послідовності.

Це якраз — прогноз для нашого Сонця. Обчислення дають такі масштаби в часі. Упродовж ще 5 млрд. років його світність зазнає незначної зміни. Далі за усього 30 000 років ядро Сонця стиснеться до розмірів Землі (тобто орієнтовно у 100 разів). На деякий час Сонце перетвориться в червоного гіганта, і на діаграмі спектр–світність зміститься вправо вгору (рис. 5.2). За орієнтовно 10 000 років його оболонка відділиться від ядра, яке вже матиме розміри, співмірні з радіусом Землі, і стане *планетарною туманністю*, яка зі швидкістю близько 20 км/с віддалятиметься від тепер уже зорі *білого карлика*.

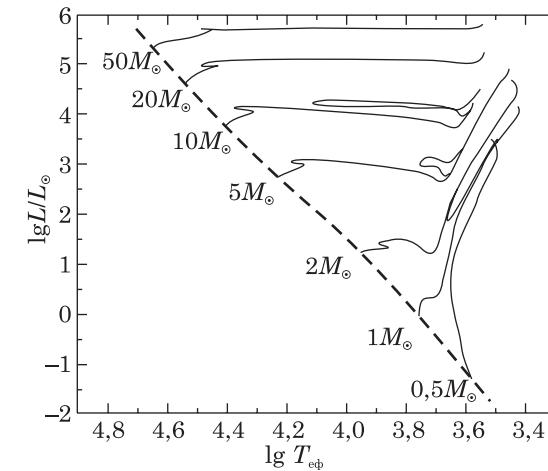


Рис. 5.2. Зміщення зір в зону гігантів після вигорання в їхніх надрах водню

Тривалість перебування зорі на головній послідовності — T (ГП) визначається її масою. Це 10 млрд. років, поділених на масу зорі (в одиницях маси Сонця) в кубі. Тож якщо маса зорі 0,1, то на ГП вона перебуватиме 10 000 млрд. років. З цих міркувань видатний астроном Й.С. Шкловський висловився так: ці зорі для астрофізиків зовсім нецікаві. Інша річ, зорі, маси M яких більші за 1,2 маси Сонця.

Так, при $M = 10$ час перебування зорі на головній послідовності — усього 10 млн. років.

А далі є два варіанти. Перший — зоря встигає скидати свій «надвишок маси» і «віднайти» рівновагу, ставши *нейтронною зорею* — конфігурацією, рівновага якої забезпечується тиском нейтронів. Другий — маси вона не позбулася і — «у світі народжується» *чорна діра*.

Спалах Наднової

У нашій Галактиці виявлено «сліди» більше ста спалахів Наднових. Найвідомішою з них є Крабоподібна туманність в сузір'ї Тельця як залишок спалаху Наднової 1054 р., відстань до неї — 5 500 світлових років.

Як уже згадано, Наднові — один із типів еруптивних зір, які за масштабами виділеної в час спалаху енергії найпотужніші. Наднова, яка спалахнула в далекій галактиці, часто світиться яскравіше, ніж уся сотня мільярдів зір цієї галактики. І таке зростання яскравості зорі настає усього за один–два дні. В першому з двох типів Наднових (позначення *SN I*) цей найбільший блиск (практично однаковий за потужністю для всіх зір цього типу!!) підтримується на сталому рівні близько тижня, після чого починає істотно зменшуватися. Саме завдяки «тотожності» кривих зміни блиску цих зір стає можливим знаходити відстань до далекої галактики, в якій виявлено таку *стандартну свічку*.

За сучасними уявленнями, спалах Наднової *Ia* (про них якраз тут мова) — це термоядерний вибух білого карлика у подвійній системі (див. нижче). Інша частина Наднових цього ж типу — *Ib* (спільне в них те, що в їхніх спектрах нема ліній водню), а також Наднові II типу — це вияв спалахів масивніших зір, унаслідок чого і «народжуються» нейтронні зорі або чорні діри. Цьому передувало поступове стискування надр, підвищення там температури і перед кожним «переходом» до «вигорання» наступного «пального» зсув із зони гігантів/надгігантів у бік головної послідовності із втратою частини маси «розпилюванням оболонки» під дією світлового тиску.

І ось тут можна поставити питання: навіщо природі нейтрину — частинка, яка практично не взаємодіє з іншими і легко проходить крізь товщу зорі? А щоб зразу ж виносити «геть» значну частину енергії, яка звільняється при безперервному стискуванні ядра зорі! Тож цей стиск переходить в режим *коллапсу* — катастрофічного спадання речовини до центра зорі з формуванням саме в ці миті усіх важчих елементів аж до урану.

І тут уже «надвое бабця ворожила»: встигне зоря позбутися надвишку маси, обмежившись меншою від трьох мас Сонця, — буде нейтронною зорею. Не встигла — усе провалюється в чорну діру.

Нейтронні зорі демонструють себе як *пульсари* — джерела строго ритмічного імпульсного радіовипромінювання з періодами від 5 с до 0,03 с, — таких уже відомо близько 350. Є й *рентгенівські пульсари*, їх відомо близько 20. Першого з пульсарів виявили у 1967 р., певний час у змінах амплітуди сигналу «хотіли бачити» зашифроване послання іншої цивілізації...

Чорна діра — об'єкт, маса якого «провалилася» у сферу Шварцшильда, радіус якої дорівнює *гравітаційному радіусу*. В таку сферу «може провалитися все», але з неї назовні не може вийти нічого. «З нашим світом» чорна діра взаємодіє лише завдяки силі тяжіння і може виявити себе, якщо є компонентом подвійної системи, зокрема, як джерело рентгенівського випромінювання.

Якщо зоря — подвійна

За оцінками різних авторів, від 50 до 90% зір є *подвійними системами*, в яких дві зорі обертаються навколо спільного центра мас. У *кратних* системах загалом буває три, чотири і шість компонентів. Але ми обмежимося ситуацією, яка виникає в подвійних зорях, оскільки вона виявляє себе «аж» у космологічних масштабах.

Почнемо зі звичного вже штучного супутника, який обертається навколо Землі. В «ідеальному» випадку його орбіта — коло. Можна сказати й так: супутник «ковзає» по сфері і може це робити як завгодно довго без затрати енергії. Інакше кажучи, тут матеріальна точка рухається по *поверхні рівного потенціалу*.

А тепер уявимо, що маси M_1 і M_2 обертаються навколо спільного центра тяжіння (рис. 5.3). Як і раніше, будемо (подумки) запускати штучні супутники навколо кожної з них. При малих значеннях висот над поверхнями супутник

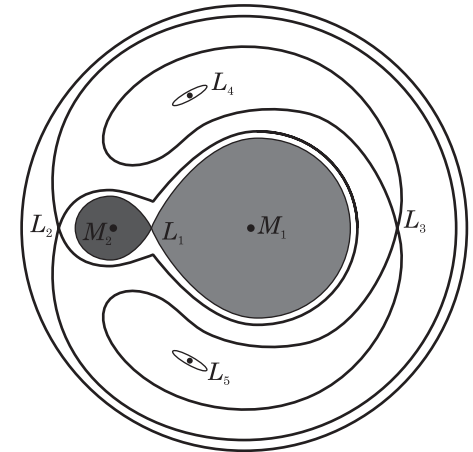


Рис. 5.3. Переріз поверхонь рівного потенціалу в орбітальній площині подвійної системи

обертається навколо «своїї» маси так, ніби її «сусідки» взагалі не існують. Але ось поверхні рівного потенціалу дотикаються. І в перерізі площиною, в якій ці маси обертаються навколо спільного центра, вони утворюють вісімку. По ній і буде рухатися супутник. Точка L_1 , в якій дотикаються поверхні рівного потенціалу двох мас (скажемо конкретно — двох зір), зветься *внутрішньою точкою Лагранжа*. Згадана ж поверхня, описана навколо зорі, зветься *поверхнею Роша*, а порожнина, всередині якої знаходиться зоря, — *порожниною Роша* (назва — за ім'ям французького вченого Едуарда Роша, який у 1849 р. розглянув цю задачу).

Тепер — детальніше про зорю, в надрах якої завершується «вигорання» водню. Її оболонка роздувається і швидко заповнює «свою» порожнину Роша. А далі розпочинається перетікання газових мас у бік зорі-супутника. Тут, оскільки ця подвійна система обертається, формується *акреційний диск* (перше слово від лат. *accretio* — зростаю, збільшуюсь), речовина якого осідає на поверхню зорі-супутника. І, зокрема, якщо цією зорею є білий карлик, то врешті-решт в його оболонці настає вибухоподібне виділення енергії за рахунок вуглецево-азотного циклу. Це й може створити ефект спалаху типу Наднової *Ia*. Досліджено також варіанти, коли зорею-супутником є нейтронна зоря і навіть чорна діра.

Шосте Відкриття: Галактика — «піщаниця» у Всесвіті

Це — галактики!

Як знаємо, Вільям Гершель, відкривши декілька тисяч туманностей, спочатку оптимістично назвав їх «молочними шляхами» — далекими зоряними системами, подібними до нашої Галактики. Згодом він дійшов висновку, що багато з них є такі справжніми туманностями і, отже, містяться всередині нашої системи зір. Наприкінці свого життя Гершель твердив: «усе, що за межами нашої власної системи, вкрите мороком невідомості»...

В XIX ст. якщо не всі, то більшість астрономів убачала у спіральних туманностях «арену» формування планетних систем, яке розгортається на наших очах. «Підтвердженням» цього нібито були виміри річного паралакса туманності Андромеди, які провів шведський астроном К. Болін: «відстань до цього об'єкта — усього 19 світлових років».

Ситуація дещо прояснилася у 1917 р., коли американець Джордж Річі виявив у цій туманності дві нові зорі. І це стало доказом того, що йдеться не про туманність, а про велетенське згущення зір. Наступного року інший американський астроном Гебер Кертіс, порівнявши блиск згаданих зір із блиском Нових у Молочному Шляху, дійшов висновку: відстань до «туманності» Андромеди становить 500 000 світлових років. Тож вона (як і інші спіральні туманності) знаходиться далеко за межами нашої Галактики.

У 1920 р. в Національній академії наук США відбулася дискусія між астрономами Кертісом і Шеплі. Перший доводив, що спіральні туманності — це «острівні всесвіти, подібні до нашої Галактики».

Другий твердив таке: «Поки що немає причини відмовлятися від гіпотези, що спіральні туманності взагалі не складаються з зір, а є справжніми туманними об'єктами». Шеплі якраз тоді оцінив розміри нашої Галактики (перебільшивши їх утричі) і міркував так: якщо туманність Андромеди має такі ж лінійні розміри, то при відомих її кутових розмірах відстань до неї становить 10 млн. світлових років. І — не зрозуміло, чому нові зорі в цій системі в максимумі блиску яскравіші, ніж у нашій. Якщо ж вони однакові, то справжні розміри «туманності Андромеди» та інших подібних до неї систем у 20 разів менші від розмірів Галактики. То чому це так?

Аж у 1924 р. американський астроном Едвін Габбл (1889–1953) розгадав таємницю туманності Андромеди, а водночас і інших таких же об'єктів. На фотографіях, зроблених за допомогою найбільшого на той час 2,5-метрового телескопа, він виявив у ній 36 змінних зір,



Рис. 6.1. Галактика «Туманність Андромеди»

серед них 12 цефеїд — «маяків Всесвіту». Співставивши їхні видимі величини з такими ж зорями нашої Галактики, Габбл і визначив відстань до цієї зоряної системи — 900 000 світлових років. Тож таки — це інша зоряна система! А наша Галактика невдовзі виявилася ... лише «піщинкою» в безкрайньому океані таких же зоряних систем (рис. 6.1).

Відстані до інших, дальших галактик Габбл оцінював іншими способами, адже в них виявити цефеїди не вдавалося. Тож — порівнював найяскравіші зорі — «наші» і «їхні», або співставляв яскравості Нових у максимумах їхнього блиску. Згодом виявилось: він при цьому помилявся. Але — «в який бік»? Років через 40 буде з'ясовано: ці відстані насправді більші — де в 2,5 рази (бо до галактики в Андромеді насправді 2,3 млн. світлових років), де й у 10 разів. І це був «знаковий» крок у простори неозорої безодні нашого Всесвіту.

Зусиллями статистики

Привернувши увагу Габбла і розподіл галактик у просторі. До 1934 р. він обчислив кількість галактик до 20-ї зоряної величини (а збільшення на 5 величин — це зменшення потоку енергії в сто разів, отже, відносно слабких зір 5-ї величини — це одна мільйонна потужності сигналу) на 1283-х невеликих ділянках, рівномірно

розкиданих по небесній сфері. Виявлено, що на кожен квадратний градус (на нього якраз укладаються чотири диски Місяця) припадає 131 галактика із зоряною величиною до 20-ї. У кожний момент часу за диском Місяця їх «ховається» близько 30.

А що на сфері налічується 41 253 квадратних градуси, то загальна кількість галактик, досяжних для спостережень на 2,5-метровому телескопі, становила 5,4 млн. У 1949 р. у США введено в дію 5-метровий рефлектор, і це число сягало вже 1,4 млрд. У наш час за допомогою 8- й 11-метрових наземних телескопів йдеться вже про 100 млрд. галактик. Показовим, однак, є співставлення можливостей наземного та орбітального телескопів. Як знаємо, у 1990 р. у США запущено Космічний телескоп Габбл — унікальну орбітальну обсерваторію загальною масою 11,3 т при довжині 13 м і діаметрі 4,3 м. Сам же діаметр дзеркала телескопа — 2,4 м, але його спроможність — як у наземного 10-метрового! Поперечник поля зору інструмента, що перебуває на висоті 611 км, дещо перевищує половину діаметра диска Місяця. За двадцять років роботи отримано близько 150 000 зображень небесних об'єктів.

Продовжуючи свою роботу, Габбл зробив висновок, що галактики розподілені в просторі рівномірно. Згодом виявили, що це не так: вони утворюють групи і скупчення, в яких їх — десятки і десятки тисяч. Так, у скупченні, що в сузір'ї Волосся Вероніки, налічують близько 40 000 галактик, на небі ж воно займає ділянку усього 12°.

Уже знаємо, що лише в дуже великих масштабах Всесвіт можна вважати умовно однорідним. Бо насправді галактики утворюють велетенські ниткоподібні структури і в сукупності щось типу «голландського сиру» — стінки, всередині яких — «каверни», інакше — *войди*.

Вивчення світу далеких галактик — справа нелегка. Бо ж від них до спостерігача приходять один квант за ... 1000 секунд!

Розмаїття форм і активності

Оскільки світ галактик щодо їхнього зовнішнього вигляду виявився дуже різноманітним, то Габбл у 1925 р. увів таку їхню класифікацію: *еліптичні (E)*, *спіральні (S)* і *неправильні (Ir)* галактики. Еліптичні мають вигляд кругів або еліпсів, яскравість яких поступово зменшується до краю (рис. 6.2). Зорі, з яких вони «збудовані», — червоні і жовті гіганти та карлики. Білих зір там дуже мало. Еліптичні галактики взаємно відрізняються мірою сплюснутості.

Спіральні галактики — дуже мальовничі об'єкти Всесвіту. Залежно від розвитку спіралей їх ділять на три підгрупи: *Sa*, *Sb* і *Sc*. Є й так звані «перетяті» спіралі, в яких через ядро проходить бар

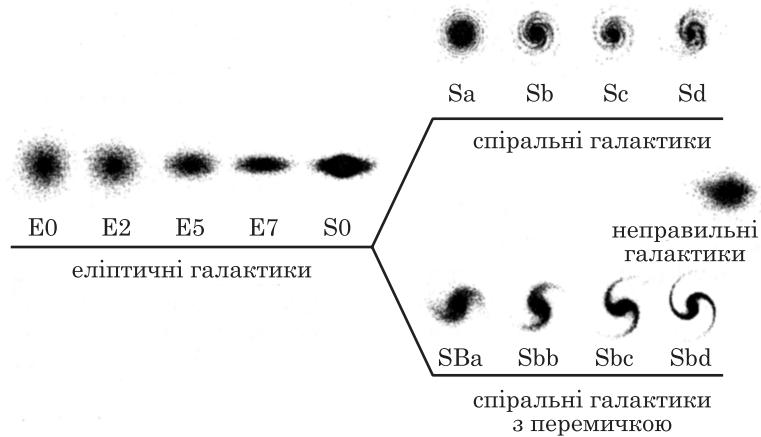


Рис. 6.2. «Камертонна» діаграма Габбла

(перетинка різної протяжності), від кінців якого відходять спіральні рукави. Для цих галактик уведено позначення SBa , SBb і SBc .

До неправильних галактик віднесено ті, в яких немає ні чітко вираженого ядра, ні спіралей. Окремо виділено лінзові галактики $S0$.

Приблизно 25% вивчених галактик — еліптичні, 50% — спіральні (з них половина типу SB), 20% — галактики проміжного типу $S0$, галактик типу Ir — лише 5%.

Галактики, річ ясна, цікаві розмаїттям складу зір різних типів. Але ще більше — виявами форм своєї активності. У багатьох із центральних частин у навколишній простір з величезними швидкостями вилітають потужні потоки речовини. Тонкощі такої бурхливої активності ще не з'ясовані. За одною з гіпотез, в центрах галактик можуть бути чорні діри, які «проковтують» одні зорі та розривають на шматки інші.

Прихована маса

Досліджуючи спектри галактик, астрономи визначають і їхні маси.

Як? «Елементарно». Скажімо, в еліптичній галактиці зоря рухається тим швидше, чим більша загальна маса системи (інакше вона б упала до її центра). А середні швидкості зір визначають із розширення спектральних ліній. Масу спіральної галактики встановлюють легко, якщо спостерігаємо її збоку, «з ребра». Встановивши щільну спектрографа уздовж її зображення, виявляють: її лінії викривлені. Бо ж одна частина (скажімо, верхня) рухається до нас,

інша — від нас. За зміщенням ліній центра і формулою Габбла (див. далі) знаходять відстань до галактики, за її кутовими розмірами — лінійні, а за знайденими відхиленнями країв спектральних ліній відносно центра — масу галактики.

Такі дослідження вперше проведено для скупчень галактик у 1933 р. І — виявилось, що галактики в них «рухаються занадто швидко». А коли так, то таке скупчення мало б давно розпастися на поодинокі об'єкти. Інакше кажучи, сума кінетичних енергій галактик у скупченнях більша за сумарну енергію їхньої гравітаційної взаємодії, яка в рівняння входить зі знаком мінус. Стало очевидним: скупчення буде стійким, якщо маси галактик збільшити (не менше, ніж у десять разів). Бо ж у формулу для кінетичної енергії маса входить у першому степені, тоді як для потенціальної — у квадраті (точніше, там доданки, в чисельниках яких множники типу $M_i \times M_k$), де i, k — «біжучі» номери галактик «від 1 до N », де N — кількість галактик у скупченні (але « i не дорівнює k » — тим виключають взаємодію галактики з собою).

«Кандидатів» на цю приховану масу зразу ж було багато, зокрема, — потужні скупчення нейтрино (за умови, що вони мають ненульову масу спокою). Сьогодні, як побачимо далі, це проблема космологічна. І — *темна* (можна і в лапках, і без них). Темна, незнана матерія, але це вона, як вважають, керує ситуацією в галактиках, зокрема, формує їхні спіральні вітки, визначає розподіл швидкостей обертання зір — від центральної зони галактики аж до її найдальших околиць. Але, і про це буде сказано нижче, все тут «темне», на рівні «взьми те, не знаю що».

«Світ галактик розширюється»

Фактично це важливе відкриття було зроблено раніше, ніж астрономи переконалися, що оті спіральні та еліптичні туманності є далекими зоряними системами. Але насамперед нагадаємо: рух джерела світла до нас або від нас виявляє себе зміщенням ліній у спектрі, відповідно у синій або червоний бік. У тому — *ефект Допплера*.

На початку ХХ ст. загальноприйнятим ще було складене В. Гершелем уявлення, нібито Сонце займає центральне місце в нашій зоряній системі. Але вже були сумніви в цьому. Тож у 1912 р. американський астроном Весто Слайфер узявся виявити рух Сонця навколо ще невідомого тоді центра тяжіння. Міркував він так: не виключене, що оті спіральні туманності перебувають за межами нашої Галактики. А вона — обертається. І якщо Сонце не розміщене в її

центрі, то воно бере участь у цьому обертанні, тоді як згадані туманності — ні. Отже, в спектрах одних туманностей лінії будуть зміщені в голубий бік, в інших — у червоний. І такі зміщення відповідали б орієнтовній швидкості руху Сонця — 200 км/с.

До 1915 р. Слайфер виявив такі зміщення ліній у спектрах близько 40 об'єктів. Лише в чотирьох вони були від'ємні, в голубий бік, у всіх інших — в червоний бік. А це означає, що ці «туманності» віддаляються від нас — зі швидкостями від 375 до 1125 км/с! Зразу ж почалися зусилля якось осмислити й упорядкувати ці дані. Та що можна було придумати? Адже бракувало головного — знання відстаней до цих об'єктів.

За це всерйоз взявся Габбл, намагаючись виявити змінні зорі — цефеїди в деяких «туманностях», передусім — Андромеди. «Виявив, дослідив, обчислив» — і до 1929 р. йому вдалося встановити відстані до 29 «туманностей». Він довів: це — галактики, інші далекі зоряні системи! Але йому вдалося й «щось інше, виняткове». Він довів (у цьому йому допоміг «вроджений аматор астрономії, згодом — неперевершений ловець червоних зміщень Мілтон Х'юмасон») таке, на той час загадкове: швидкості розбігання галактик тим більші, чим далше від нас ці галактики знаходяться. Це було відображене у вигляді простої формули: $v = Hr$. Тут v і r — швидкість галактики і відстань до неї, H — стала Габбла.

Якщо поділити обидві частини цього рівняння на vH , отримуємо співвідношення $t_H = \frac{1}{H}$ — однакове для всіх галактик! Який же висновок? Що t_H років тому всі галактики були «сконцентровані у мікроскопічному об'ємі». І раптом увесь цей «будівельний матеріал», з якого згодом мали б формуватися зорі, почав розлітатися у всі боки, причому — різні уламки з різними швидкостями.

Згодом виявлено: Габбл при встановленні відстаней до тоді «інших туманностей» помилявся, він їх применшив. Тому й величину *габблівського часу* довелося з «його» 1,9 млрд. років збільшувати до 19-ти, згодом — зменшувати до 14 млрд. років. І це вже нібито — «вік нашого Всесвіту».

Розповіді ж про те, як то деякі «філософи» не змогли сприйняти за «початок Всесвіту» чи то 2 мільярди чи 19 мільярдів років тому, вже нікому не цікаві...

Квазари

Почавши з 1946 р., учені вже «прослуховували» навколишній Всесвіт за допомогою радіотелескопів. І майже зразу виявили в ньому потужні *дискретні* (точкові або майже точкові) джерела радіовипромінювання. Було складено каталоги радіоджерел, з них найвідомішим став ЗС-каталог — «Третій Кембриджський каталог радіоджерел». У ньому — багато аж «екзотичних» об'єктів, які «забавжали, надумали собі» висвічувати в радіодіапазоні більше енергії, ніж їм це «дозволяють» закони теплового випромінювання (наприкінці 2009 р. їх налічували близько 10 000). Сьогодні знаємо: бо є в безмежжі простору і потужні нетеплові механізми випромінювання, як ось — при русі надшвидких частинок в магнітних полях (*синхротронне* випромінювання).

Тож «вибриків природи» у тому безкрайньому Космосі — безліч варіантів. Бо тут, зокрема, є і «наслідки» спалахів Наднових зір. Але «нас цікавлять якнайдалші простори Всесвіту». А там, зокрема, «є серед багатьох інших» джерело потужного радіовипромінювання ЗС 273. Вдалося в цій ділянці неба виявити точковий «оптичний об'єкт», лінії в спектрі якого зміщені в червоний бік, тобто що він перебуває далеко за межами Галактики. І — з 1963 р. знаємо: «там» вже знайдено понад 10 000 таких «незвичних» джерел енергії — *квазарів*: «ззовні» — наче зоря, але за потужністю — як ціла галактика. А воно ж — це усього лише ядро галактики, яка народжується.

Фізико-астрономічне перехрестя

Збагнувши спостережуваний факт розбігання галактик, астрономи вже в 30-х роках минулого століття не могли не поставити питання: «чим» же був отой «вихідний момент» у розвитку нашого Всесвіту?

У відповідь на нього написано сотні наукових статей і десятки книг. Навіть отримано декілька Нобелівських премій, хоча, за Положенням щодо їхнього присудження, астрономів там не мало би бути. Але — вони є. І будуть. Бо вже стирається грань між фізикою і астрономією. Тобто, між зусиллями збагнути — «чому в природі є саме такий набір елементарних частинок?» і — «як відбувся розвиток Всесвіту, щоб на ось цьому етапі визначальну роль відігравали якраз ці елементарні частинки?» — вже прокладено місточок. Фізики завдяки «колайдерам» намагалися наче досягти якомога вищих температур, щоб з'ясувати тонкощі структури речовини. Астрономи ж — вивчити «наслідки експерименту, вже проведеного 14 мі-

льйардів років тому». І — «на наших очах» зароджується нова наука: *космомікрофізика*.

Саме «під цим кутом зору», оминаючи все надто «приземлене, аж до гендлярського», перелічимо фундаментальні здобутки фізики, її визначальні висновки «аж» щодо питань будови Всесвіту, законів його розвитку в цілому, як і окремих його складових. Йдеться про *чотири типи взаємодій*, які в той чи інший спосіб реалізують себе в природі.

Але передусім таке зауваження. «Змалку знаємо»: живемо в тривимірному просторі і бачимо, як усе в ньому «перебігає» в часі від майбутнього через теперішнє в минуле. Шкільні підручники з фізики й хімії дають нам конкретні знання про закони механіки, електрики, оптики, ядерної фізики, структури неорганічних та органічних речовин. Тож усе, що далі буде сказане, є всього лише певним підсумком та узагальненням. Отже:

Гравітаційна взаємодія об'єднує в єдине ціле масу кожного з небесних тіл, зокрема — надаючи їм кулясту форму. Завдяки їй Місяць утримується поблизу Землі, Земля та інші планети — біля Сонця. Сонце й з інші 150 мільярдів зір утворюють зоряну систему — Галактику.

Електромагнітна взаємодія виявляє себе передусім у здатності речовини поглинати й перевипромінювати кванти світла. Завдяки їй стають можливими поєднання атомів у молекули, визначаються агрегатні стани речовини — бути їй у твердому, рідкому чи газоподібному станах, хімічні перетворення, електричні, магнітні та оптичні явища в тілах. Вона визначає і будову зоряних надр, розподіл параметрів від центра зорі до її поверхні.

Слабка взаємодія робить можливими перетворення протонів у нейтрони і навпаки та, як наслідок, — утворення ядер усіх хімічних елементів.

Сильна взаємодія «цементує» протони й нейтрони в атомних ядрах, утримуючи ці ядра як окремі структурні одиниці, без неї не було б розмаїття форм неорганічної речовини і життя.

«Космологія чекала Айнштейна»

Усе, сказане вище про кожну із взаємодій, не розкриває все їхньої глибинної суті. Звернемо увагу на гравітаційну взаємодію. Тут — зразу є питання: з якою швидкістю вона передається? А ще — «хто чи що» є носієм (чи яким є механізм) цієї взаємодії? Для Ньютона і майже всіх фізиків понад 200 років прийнятним було уявлення про миттєвість взаємодії, тобто з нескінченно великою швидкістю.

Певним «проривом» тут стала загальна теорія відносності (ЗТВ), запропонована А. Айнштейном (1879–1955), в якій поняття сили взагалі нема, а є — «викривлення простору». Не завадить, однак, пригадати працю видатного німецького математика Георга Рімана (1826–1866) «Про гіпотези, що лежать в основі геометрії» (1854 р.). Бо ж: «після прочитаної ним у червні того року доповіді евклідова геометрія розсипалась на друзки». Ріман сміливо розробив геометрію довільного числа вимірів, бо «був поглинутий пошуком єдності всіх фізичних законів». І головна його теза така: *«сила — це наслідок геометрії»*. Як ілюстрацію узяв зіжмаканий листок паперу, по якому повзають «книжкові черв'яки»: вони стикаються з «горбочками» і відскакують назад, наче на них подіяла якась сила (можна уявити розстелену на столі скатертть і те, як м'ячик наче відбивається від складки на ній). Через 60 років до тої ж думки — сила є наслідком геометрії — дійшов Айнштейн, не знаючи праць Рімана і не маючи розробленого ним математичного апарату. Тому, як розповів Мічіо Кайку у книжці «Гіперпростір» (Львів, 2005, с. 134), у пошуку математичного формалізму для відображення цієї ж ідеї Айнштейн написав товаришеві шкільних років: «Гроссмане, ти мусиш мені допомогти, бо інакше я збожеволюю».

Швейцарський математик Марсель Гроссман також нічого про Рімана не чув, але — в намаганні допомогти другові — випадково в бібліотеці натрапив на цю його працю, яка, як одразу збагнув Айнштейн, «була ключем до моєї проблеми». Невдовзі друзі опублікували дві спільні статті, в яких якраз Гроссману належала математична частина.

Вище вже було згадано, як довго «люди» обмежували свої знання виключно геометрією. Та — «про що мова». Навіть Ньютон, заклавши (разом з Г. Лейбніцем) основи диференціального й інтегрального числення, у своїй книжці всі розмірковування супроводжував виключно геометричними доведеннями. Зрозуміло чому: інакше текстів з його абсолютною незрозумілими прийомками ніхто із сучасників не сприйняв би. Айнштейн завершив ЗТВ у 1916 р. З неї було отримано три важливі висновки, які підтверджені спостереженнями. Один із них — відхилення променя далекої зорі при його проходженні поблизу диска Сонця. Ефект можна реєструвати при повному сонячному затемненні, що і підтвердив англійський астроном Артур Едінгтон у 1919 р. Згодом він опублікував книжку з дуже ясним викладом суті ЗТВ. І, кажуть, одного разу він «дав зрозуміти»: «На світі є лише дві людини, які розуміють суть ЗТВ, — це Айн-

штайн і я», Сьогодні, річ ясна, її досконало знають тисячі вчених. Але ж і проблеми сучасної науки вже потребують нових підходів. До того ж ці проблеми (*космомікрофізики*) вимагають уведення десяти просторових вимірів, уведення уявлення про елементарну частинку (скажімо — електрон) не як про точковий об'єкт, а як одновимірну струну. Також — уявлення, за яким кожній елементарній частинці ставиться у відповідність «суперпартнер».

З цієї точки зору цікавим є запис Андрія Сахарова у спогадах «Москва, Горький, далі скрізь» (журн. «Знамя», 1991, № 9, с. 9): «Я поставив своєю задачею вивчити теорію струн і суміжні теорії, а також вивчити теоретичні праці на стику космології і фізики високих енергій. Я не дуже надіюся на особистий творчий успіх..., але розуміти суть того, що, можливо, є черговою революцією у фізиці, — повинен прагнути!!!». І згодом — таке: «У грудні 1985 — травні 1986 р. я посилимо займався цим; на жаль, наявність серйозних прогалин у моїх знаннях перешкодила мені досягнути бажаної мети».

Тож уже ледве не на сто років математичною (та й «ідеологічною») основою космології стала ЗТВ Айнштайна. «Математично» йшлося про десять рівнянь, записаних як співвідношення певних тензорів (в лівій частині кожного рівняння — «геометрія простору-часу», у правій — «енергетичні можливості» того, що цей простір заповнює і виявляє). Їх же, за певних «розумних припущень», вдавалося звести до системи двох диференціальних рівнянь Фрідмана — за ім'ям видатного російського вченого О. Фрідмана (1888–1925) — і отримати конкретні розв'язки. Головним тут було: «збудувати модель Всесвіту», тобто виявити, як із часом змінюються відстані між двома конкретними матеріальними точками (галактиками).

Одним із «реальних» розв'язків тут є модель *розширеного Всесвіту*: ці відстані, почавши з певного «нульового моменту», зростають, за згаданим уже законом Габбла. З теорії також випливало: в той «початковий момент» як густина речовини, так і температура сягали фантастично великих значень. Цей стан було названо *сингулярністю* (від лат. singularis — окремий, одиничний). Це як у відомій давній рекомендації лікарям: діагнозу хворому встановити не можеш, то назви його стан латинським словом...

У космічних просторах

Чи не найважливішим здобутком астрономії першої половини ХХ ст. було відкриття факту «розбігання галактик». Для деяких філософів це здалося неприйнятним, оскільки вказувало на певний момент «початку» існування нашого Всесвіту як такого. Тож на про-

тивагу цьому розглядали інші варіанти червоного зміщення у спектрах галактик, як ось — «старіння квантів», втрата ними частини своєї енергії при проходженні через простори Всесвіту. Але — «придумали, проаналізували і — відкинули».

Вимога до певної теорії така: *з неї мають випливати висновки — передбачення* чогось, про що ми ще не знаємо, але що вже є або буде. «І ось»: у 1946 р. вже згаданий наш земляк-одесит Георгій Гамов, який на той час працював у США, аналізував проблему синтезу хімічних елементів — «гелію, але й хоча б вуглецю та кисню» — уже на ранній стадії розвитку Всесвіту. Висновок: основна частина наявного гелію синтезується якраз на цій дозорній стадії (все інше — в надрах зір), але при температурі принаймні 10 млрд. градусів! І — якщо цей стан справді був, то «з того часу» мало б залишитися: 1) аж 19/20-их наявного гелію і 2) фантастична кількість «порцій енергії» — тоді це були жорсткі гамма-кванти, тепер — після стрімкого розширення (і відповідного «розтягування довжин їхніх хвиль») — квантів радіодіапазону.

Підтвердилося і перше, і друге! Найприскіпливіші обчислення доводять: за 10 млрд. років існування Галактики внаслідок реакцій синтезу в надрах зір могла б появитися усього лише 1/20 наявного гелію. І друге. У 1965 р. А. Пензіас і Р. Вілсон якраз виявили «випромінювання з космосу, що відповідає джерелу, нагрітому до температури 3 К».

Це випромінювання було названо *реліктовим*, за його відкриття згадані вчені отримали Нобелівську премію (1978 р.).

Іноді чуємо сумніви щодо реальності розширення Всесвіту. І, знову ж таки: якщо ця теорія правильна, то вона має передбачити «щось ще незнане, але що може бути лише за такої умови». Це і сформулював видатний астроном Алан Сендідж (США) у 1997 р. як три тести. Перший полягав у вимірюванні поверхневих яскравостей далеких еліптичних галактик (підтверджено зразу), третій — у дослідженні температури реліктового радіовипромінювання в різні епохи розширення Всесвіту (і тут — «як передбачалося»). Показовим є тест другий: вимірювання сповільнення часу в далеких об'єктах, які рухаються відносно Землі. Придатним для цього став аналіз кривих блиску Наднових типу Ia, декілька десятків яких удалося виявити в далеких галактиках.

Але — маємо заглянути на сторінку СТВ — *спеціальної теорії відносності*, розробленої Айнштайном (1905 р.). Йдеться про рух одної системи координат відносно іншої — Мандрівника відносно

Спостерігача. Перший вимірює свій *власний час*, другий — *координатний*. І ось як це виявляє себе в космології. Зазвичай тривалість перебування Наднової Ia типу в максимумі блиску — один тиждень. Але — Всесвіт розширюється, швидкості окремих галактик (Мандрівників) тим більша, чим далше вони перебувають від Спостерігача.

Отож виявилось, що в одних об'єктів тривалість перебування у максимумі блиску сягає три тижні, в інших — навіть чотири тижні. Яке ще свідчення нестримного розширення Всесвіту треба шукати?

«Інфляційний Всесвіт»

Астрономи аж ніяк не винні в поєднанні поняття величнього збільшення розмірів Всесвіту зі знеціненням папірців, названих грішми. Бо латинське «інфляціо» означає «роздування». Йдеться, отже, «в нас, астрономів» про фантастичне збільшення об'єму Всесвіту за мікроскопічно малі проміжки часу.

Цю теорію (але уточнимо — йдеться про одну з можливих моделей!) почали розробляти з початку 80-х років ХХ ст. З одного боку, — щоб «урятуватися» від проблеми сингулярності, яка «вимагала» нескінченно великої густини в початковий момент відліку часу. Було й інше: важко пояснити, чому в тому ж напрямку одна галактика «летить» зі швидкістю 5 000 км/с, інша — 75 000 км/с, але є й така, що зі швидкістю 150 000 км/с.

Дещо «забігаючи вперед», зазначимо: ніщо нікуди не летить. Для розуміння цього розглянемо *приклад одновимірного світу* — гумову нитку, на якій через кожні 2 см пов'яжемо вузлики. Один із них, позначимо його індексом «0», — «наш», і від нього будемо відлічувати відстані до всіх інших. Нехай початкова довжина нитки 50 см. Узв'язавши її за кінці, за час «одна секунда» розтягнемо її до розміру 100 см, удвічі. Тепер поглянемо, як змінилися відстані кожного вузлика від «0»: 0-1 — було 2 см, стало 4; 0-2 — було 4, стало 8 і т.д. Отже, перший вузлик рухався зі швидкістю 2 см/с, другий — 4 см/с... А звідси й «впливає» *закон Габбла!*

Резюме «для потреб космології»: *жодна галактика нікуди не летить*, кожна «висить» на своєму місці. Це розтягується простір, такі вже його властивості (як тої нитки). А привертаємо увагу до цього з такої причини. Інфляційна модель передбачає фантастичне роздування, отже, рухи з фантастично надсвітловими швидкостями. І в багатьох виникає питання: «а хіба це можливе?». Відповідь тут така: це неможливе для тіл, що мали б рухатися в просторі. Але можливе для розтягування самого простору.

Модель інфляційного Всесвіту розроблено 30 років тому (початок 80-х років ХХ ст.). «Основоположними» тут є припущення: 1) наш Всесвіт народжується з окремої «бульбашки» у просторово-часовій піні і 2) реалізується «екзотичний» зв'язок між тиском p та густиною енергії E : $p = -E$. В наших «земних» умовах таке буває у металевому стержні, якщо його розтягувати. Привабливим є те, що густина енергії «всередині бульбашки» залишається незмінною при зростанні її об'єму «до фантастичного». Це як би взяти еластичну ванну, наповнити її водою, тоді з двох боків під'єднати тягачі: один тягне в бік Львова, другий — у бік Харкова, а рівень води у ванні залишається таким же, як був на початку. Отже, спочатку — *фаза роздування*, далі — перехід на *режим розширення*.

Фізики, визнаймо, досягли вершин у майстерності: як у вакуумі тої бульбашки створити найдивовижніший вінегрет різних частинок — спочатку лише як «привиди», далі — як реальні матеріальні «цеглинки». Склали схему, як «відщеплювалися» одна за одною згадані вище взаємодії... Може, де в чому не завершена, де в чому хибна, а все ж — чудова конструкція!

Але — на черзі нова, ще величніша програма. Побудова Теорії Всього, з математичних співвідношень якої «природним чином» випливали б аж навіть числові значення звичних фізичних констант (швидкість світла, гравітаційна стала тощо), які дотепер доводиться «привносити» наче ззовні. Живемо в очікуванні *бранної* (чи *мембранної*) *космології*...

Про декілька Премій

Йдеться тут — про Нобелівські. За дослідження, які були і є важливими для розуміння *фізики* процесів, що розігруються не лише навколо нас, але і в космічних просторах. Отже:

1936 р. Віктор Франц **Гесс** (1883–1964), австрійський фізик, відкрив у 1912 р. космічні промені.

1948 р. Патрік Менард Стюарт **Блекетт** (1897–1974), англійський фізик — за нові відкриття, що стосуються фізики космічних променів, зокрема космічної радіації.

1967 р. Ганс Альбрехт **Бете** (1906 — 2005), німецький фізик — за відкриття циклів термоядерних реакцій, що є джерелом енергії зір головної послідовності.

1970 р. Ганнес Олаф Геста **Альфвен** (1908–1995), шведський фізик та астрофізик — «за фундаментальні відкриття в царині магнітної гідродинаміки та її застосування до фізики плазми»; заклав основи космічної електродинаміки, розробив теорію гідромагнітних

(альфвенівських) хвиль, запропонував динамо-теорію утворення сонячних і планетних магнітних полів.

1974 р. Мартін **Райл** (1918–1984), англійський астроном — за розробку методу апертурного синтезу і тим самим істотного підвищення роздільної здатності радіотелескопів;

Ентоні **Хьюїш** (нар. 1924 р.), англійський астроном — за відкриття пульсарів — джерел пульсуючого радіовипромінювання (перше повідомлення — 9.02.1968 р.), першим запропонував модель пульсара як нейтронної зорі, оцінив відстані до пульсарів.

1978 р. Арно Аллан **Пензіас** (нар. 1933 р.), Роберт Вудро **Вілсон** (нар. 1936 р.), американські астрономи — за відкриття (1965 р.) реліктового радіовипромінювання.

1983 р. Субрахманьян **Чандрасекар** (1910–1995), індійський астрофізик — за виявлення *межі Чандрасекара* (1930 р.) — величини маси зорі: 1,4 сонячної, при перевищенні якої зоря на заключному етапі розвитку колапсує;

Вільям Альфред **Фаулер** (1911–1995), американський астрофізик — за розробку теорії синтезу хімічних елементів у надрах зір, зокрема — при спалахах Наднових.

2002 р. Раймонд **Девіс** (1914 — 2006), американський хімік — за створення нейтринної астрономії, разом з Масатосі **Косіба** (нар. 1926 р.), японським фізиком;

Ріккардо **Джакконі** (нар. 1931 р.) — італійський фізик — за створення рентгенівської астрономії і винайдення рентгенівського телескопа.

2006 р. Джон **Мазер** (нар. 1946 р.), Джордж **Смут** (нар. 1945 р.), американські астрономи — «за роботу, що допомагає просунутися у вивченні процесу виникнення Всесвіту і в розумінні походження галактик і зір».

2011 р. Сол **Перлмуттер** (нар. 1959 р.), Брайян **Шмідт** (нар. 1967 р.), Адам **Ріс** (нар. 1969 р.), американські астрономи — «за відкриття прискореного розширення Всесвіту шляхом спостереження далеких Наднових».

Кожна з цих Премій (але не лише вона!) — певний прорив у пізнанні, у відкритті людиною навколишнього Всесвіту, «в розширенні горизонтів нашого світобачення». І водночас — до «нових знаків запитань». Ось «рефлексія» академіка РАН В.А. Рубакова з приводу останньої Премії: тепер «нам доводиться змиритися з фактом, що Всесвіт лише на 4 відсотки складається з тієї матерії, з якої збудова-

на наша Земля, зорі і ми самі. І ми з жалем повинні констатувати, що на сьогодні лише ці жалюгідні чотири відсотки вивчені».

А ось слова іншого російського вченого К.О.Постнова: «... ця субстанція, яку звуть темною енергією, створює свого роду антигравітацію у великих масштабах... Це — найголовніше відкриття, яке показує, що на 70% Всесвіт заповнений якоюсь субстанцією з дивовижними, невідомими, незрозумілими властивостями. І тут починається неймовірна жвавість у всяких спекуляціях, хто що придумає».

Найімовірніше, в цій ситуації виявляє себе вимога перейти до розгляду принципово нових «моделей світобудови», тепер уже — «в рамках» десятивимірного простору. А тоді може з'ясуватися, що ця антигравітація обумовлена «усього лише» провалюванням, «втечею» гравітонів — носіїв гравітаційної взаємодії — з «нашого тривимірного» Всесвіту в ті інші сім вимірів, які для нас «скручені, компактифіковані», але які здатні вже (внаслідок розтягування «нашого» простору на далеких відстанях) прийняти до себе і для себе «наші м'ячики гравітаційної взаємодії». Такий варіант пояснення існує вже близько 10 років...

СЬОМЕ ВІДКРИТТЯ: КОСМОС ТАКИ ВПЛИВАЄ НА НАС

«Вступне» про астрологію

Не знаючи справжньої природи явищ навколишнього світу, люди здавна все ж намагалися знайти хоч яке-небудь пояснення тим бідам і нещастям, що час від часу на них звалювалися. Поступово сформувалася думка, що певні відповіді на ці питання вони можуть віднайти в розташуванні небесних «блукаючих світил» — планет. «Рецепти» таких передбачень складені чи не три тисячі років тому.

Астрономи вже давно висловили свій присуд астрології. Найкраще це зробив Кеплер словами: «Астрологія є така річ, на яку не варто тратити час. Але люди в своєму безумстві думають, що нею повинен займатися математик». І ще: «Астрологія — дурна дочка, але Боже мій, куди б ділася її мати, високомудра астрономія, якби в неї не було дурненької дочки. Світ ще такий безглуздий, що для користі старої розумної матері дурна дочка повинна балакати і брехати... Мати б голодувала, якби дочка нічого не заробляла». Доречно навести і слова англійського філософа Томаса Гоббса (1588–1679): «Астрологія не має нічого спільного з наукою, а є лише зручним маневром розбагатіти і випорожнити кишені дурного натовпу».

А все ж не треба думати, нібито всі, хто колись там намагався передбачити події чи долю людини за положенням планет, були свідомими шахраями. Ось влучні слова російського психолога В.Ф. Венди (1988 р.): «... передбачення і на його основі завчасна підготовка до грядущих змін — найперша умова виживання усього суцього на Землі. Потреба в передбаченнях закладена в кожній людині від початку..., а тому сильна і не знищувальна в кожній людині».

Тож, мабуть, щирим був Гомер, коли писав: «Вся доля людини визначена в момент її народження, а звідси легко прийти до думки, що все її майбутнє може бути прочитане на зорях, за допомогою вивчення розташування їх у момент народження цієї особи». Напевне, був щирим і Гіпократ, вважаючи, нібито деякі зорі й сузір'я згубно впливають на здоров'я людини. Зокрема, нібито Сиріус, з'являючись уранці перед сходом Сонця, сприяє поширенню чуми. Про це — мова далі.

У «колишні, до 1991-го, роки» ми дивувалися справжнім розгулом «мракобісся» там, на Заході. Десь у них — «школи астрології», десь — ледве не сотні журналів на «цю» тему, в якійсь там державі аж 175 тисяч «звіздарів», а «прогнози», складені астрологами, є чи не у всіх газетах. А ще — ці «знавці» регулярно виступають по телебаченню. Тепер «і в нас цього добра вистарчає»...

А ось чи не вершина «єдності земного з небесним». За давніми уявленнями китайців, не лише положення світил на небі обумовлюють ті чи інші події на землі. Бо ж, за словами астронома Ші Шеня (IV ст. до н.е.), вчинки людей можуть спричинити хаос на небі. Зокрема: «Якщо на троні — мудрий правитель, то Місяць рухається правильним шляхом. Якщо цар немудрий і владою користуються міністри, — Місяць збивається зі шляху. Якщо вищі чиновники ставлять свої особисті інтереси понад свої обов'язки, Місяць відхиляється до півночі або до півдня. Якщо Місяць рухається швидко, це буває тому, що цар зволікає з карою...».

Читаючи таке і думаєш: а кому ж були вигідні такі «знання»...

Раціональне зерно

Астрологію критикували, здається, ще «як тільки вона з'явилася на світ». Кажуть, у Китаї в V–III ст. до н.е. за наказом імператорів усі астрологічні книги спалювали. Римські імператори Веспасіян, Діоклетіян та й інші виганяли астрологів з держави. Категорично забороняла будь-яке ворожіння Біблія (Вихід, 22: 18): «Ворожки не залишай живою».

А проте «законодавець неба» Кеплер, звертаючись до медиків і філософів, закликав їх «разом із водою не вихлопнути дитину». Тобто — відкидаючи астрологічні забобони, зберегти «раціональне зерно», уявлення про вплив процесів, які відбуваються у Всесвіті, на життя людей. У той час Кеплер вважав руйнівними в Сонячній системі магнітні сили («і Сонце, і планети — це велетенські магніти»), вони нібито й мали «регулювати» життя на Землі. А отже, якимось навіть впливати на життя людей...

Хтось казав, хтось повторив, а воно ж очевидне: «будь-яку істину можна довести до абсурду», якщо «розширюєш межі її застосування». А якраз астрологія — типовий приклад такого абсурду. Але в ній прихована й істина — зв'язок людини з природою. Бо ж — хочемо цього чи не хочемо — «гріємось на сонці». Або ж «мерзнемо, якщо морози».

Тож — **звідки ж** астрологія? «На побутовому рівні — звідусіль, із кожного закутка нашої хати». Це — жарт, але дещо можна таки домислити...

Та озирнімось на три-чотири тисячі років назад! Життя давніх людей було переповнене епідеміями, війнами, стихійними лихами. Звідси й «шлях» (бо ж є набутий віками досвід!) до висновку: в цьому є певна періодичність, «циклічність». Але — складніша, ніж зміна фаз Місяця чи пір року.

«Залишків» такого світосприймання не треба шукати далеко: усього лише поцікавитися назвами днів тижня народів Заходу. Бо що там? Неділя — «день Сонця», понеділок — «день Місяця», вівторок — «день Марса», середа — «день Меркурія», четвер — «день Юпітера», п'ятниця — «день Венери» і субота — «день Сатурна» (англійською — від понеділка: Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, Saturday, Sunday).

Безпорядок у назвах — від того, що кожна планета мала, упродовж доби, управляти одною годиною, почавши від суботи. І днем мала б «керувати» та планета, якій випала перша година того дня (відлік — звечора напередодні)...

«Згадуючи астрологію», пригадаємо: астрологи вважали, нібито Венера і Юпітер приносять щастя, Сатурн і Марс — усілякі лиха. Звідси й приказка: «він народився під нещасливою зорею».

Історія зберегла багато курйозних випадків, коли «передбачення» астрологів завдавали людям великого лиха. Як ось, у 1524 р. астролог Штофлер передбачив потоп. Бо — Сатурн, Юпітер і Марс «зберуться» в сузір'ї Риби. І — люди залишали свої будинки, переселялися в гори. Мешканці багатьох сіл і міст роздавали за безцінь майно, запасалися човнами, один багач аж човен «як Ноїв ковчег» збудував. А воно ж цього року ... запанувала страшна засуха!

Як анекдот, розповідають і такий випадок. У XVI ст. один із синів астролога Нострадамуса оголосив, що місто Пузен буде знищене полум'ям. І — щоб цей гороскоп справдився, він сам же... підпалив місто. Невдачу-ворожбита піймали й скарали на смерть.

Але був — дуже й дуже віддавна — «винятково достовірний факт»: велична планета Юпітер, здійснивши за близько 12 років «обхід неба» та опинившись у тому ж сузір'ї (нехай — у Близнятах), віщувала: «у цьому році дощів не буде, буде засуха, неврожай, голод, усілякі пошесті, та ще й набіги сусідів — бо ж і в них буде таке лихо». Це бувало!

У цьому якраз **джерело, підґрунтя астрології!** Бо, знаючи особливості руху Юпітера серед зір, можна було передбачати його чергову появу в тому ж сузір'ї. І — попередити царя (фараона, імператора, хана, князя зрештою): «владико, через рік буде неврожай і голод, то ж дай наказ заpastися зерном»...

Усе це — достовірний факт. В бібліотеках можна знайти матеріали аналізу «кліматичних ситуацій», що траплялися, упродовж століть, і на нашій землі — через кожні орієнтовно 33–34 роки (кожен 3-й максимум) удар стихії бував дуже болючим. Так, за свідченнями літописців, в XI–XIV ст. роки 1024, 1060, 1090, 1124, 1159, 1194, 1225, 1298, 1325 і 1360 були особливо засушливими. Вони супроводжувалися пожежами в лісах і на болотах, голодом і спустошливими епідеміями. Між цими роками розміщувалися дощові. Таке чергування було і в наступних століттях.

Наперед скажемо: прогнозу *окремо для себе* в цих розмірковуваннях ніхто не знайде. Як і в такому тексті: «минулого року унаслідок дорожньо-транспортних пригод загинуло сім тисяч чоловік, очевидно і в цьому році їх буде орієнтовно стільки ж». Бо ж у «проекції на майбутнє» спрацьовує «інстинкт самозахисту й виживання»: «мене це не стосується» («бо я розумний/розумна» і т.д.). А ще — всі ж знають, що є три види брехні: *брехня, нахабна брехня і статистика*. Тож, на жаль, мало замислюються над її даними.

Сонце — зблизка

Упродовж двох чи, може, й аж трьох тисяч років люди «відчували» на собі дошкульні удари «з-за хмар», зокрема — періодичними засухами, епідеміями тощо. Вглядалися в небо, навіть плями на Сонці зауважували! Але до розуміння «що, де і навіщо» пройшли тисячі років.

Сьогодні про Сонце дізнаємося багато і з преси, зі шкільного курсу астрономії, і з Інтернету. Як ось оце: «Час від часу (орієнтовно через кожні 11,5 року) повторюється ситуація, коли на диску Сонця плям дуже багато». І воно стає наче «теля чорно-білої породи». У цьому — вияв *сонячної активності*. Її оцінюють *числом Вольфа* $W = 10g + f$, де g — число груп плям, f — загальна кількість плям

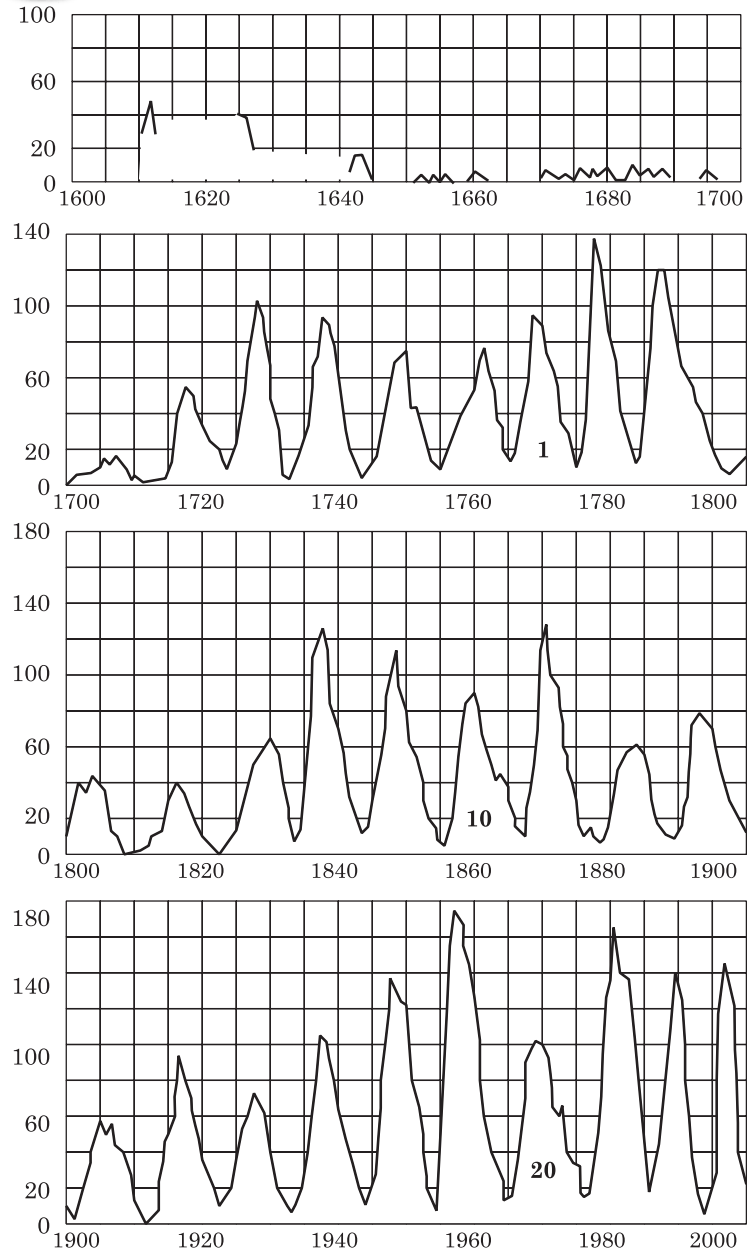


Рис. 7.1. Зміна числа Вольфа з часом

у всіх групах. Усереднюючи його спочатку за місяць і далі за рік, отримують графік зміни W з часом (рис. 7.1). Аналіз показує, що крім 11-річного є ще і віковий цикл (80–90 років). Для зручності при характеристиках того чи іншого циклу введено їхню умовну нумерацію. Першим названо той цикл, який розпочався у 1755 р. У 1997 р. закінчився 22-й цикл, у 2008 р. — 23-й. Тепер, «з деякою початковою невизначеністю», розгортається панорама циклу 24-го.

З даних від 1749 р. і до наших днів виявлено, що насправді проміжки між двома максимумами бувають від 7 до 17 років, між мінімумами — від 9 до 14 років. Тож давати прогноз наперед — справа дуже нелегка.

Розміри плям неоднакові — від кількох сотень кілометрів до 100 000 км. Діаметр Землі 12 756 км. Отже, можна нанизати 8 таких «горошин»-земель на довгеньку «дротину» і, притримуючи її над поверхнею Сонця горизонтально, опустити їх у цю «ямку» (рис. 7.2).

Заокруглено приймемо: температура поверхні Сонця 6 000 К, у плямах — на 1 000–1 500 К менша, тому вони «темні». З 1908 р. знаємо: плями — це велетенські «жмути», «трубки», згущення силових ліній магнітного поля. У групі плям є «ведуча», в ній, скажімо, силові лінії підіймаються над поверхнею Сонця і, описуючи над нею «дугу», діляться на менші «трубки», щоб заховатися під поверхнею. А що є обертання Сонця навколо його осі, є безперервні конвективні рухи в його оболонці, то плями протилежної полярності зближуються. І — трапляються явища *анігіляції*, раптового руйнування магнітного поля, на площі перерізом до 1000 км. Подія розгортається орієнтовно від 3 хвилин до 3 годин, і це — як вибухи мільйонів водневих бомб. У роки, коли на диску Сонця плям багато, таких *спалахів* буває упродовж доби до десяти.

Температура в речовині, охопленій спалахом, зростає до 5 млн. К. Під час спалаху виникає потужне випромінювання в рентгенівському (його інтенсивність у цей момент зростає в 100–400 разів) і навіть гамма-діапазоні. Також формуються потоки високоенергійних протонів та електронів, як і важчих ядер різних хімічних елементів, які

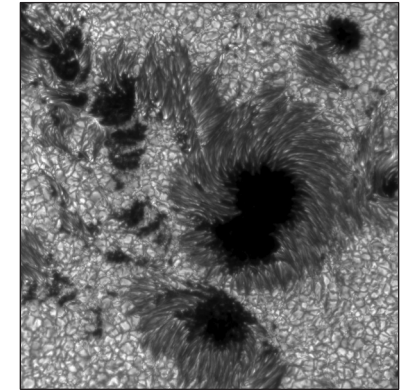


Рис. 7.2. Плями на диску Сонця

рухаються від Сонця зі швидкостями до 30 000 км/с. Це — *сонячні космічні промені*.

Зрозуміло, ці потужні явища впливають на стан атмосфери Землі, на її магнітне поле і на всю біосферу планети, зокрема на організм людини. Так, вивчення історичних документів показало, що спалахи чуми, холери, скарлатини і дифтериту припадали переважно на роки максимумів активності Сонця.

Одним із піонерів з'ясування впливу Сонця на біосферу Землі був російський учений О.Л.Чижевський (1897–1964). Він, зокрема, зацікавився спалахами такого грізного в минулому захворювання, як чума. Відомо: у Візантійській імперії при царюванні Юстиніана (527–565) за 50 років від неї загинуло близько 100 мільйонів людей. Спустошені міста і села мали жахливий вигляд: мертві лежали в будинках і на вулицях, до них боялися підходити. В XIV ст. епідемія чуми в Європі за кілька років убила близько 25 млн. чоловік. Майже повністю вимерло населення Києва, як і деяких міст Росії, від епідемії чуми в 1654 р.

Отже Чижевський виявив, що спалахи цього лиха припадали переважно на роки максимумів сонячної активності. Так само «поводилась» і холера, хвилі захворювань на яку в XIX ст. шість разів прокотилися планетою.

Але повернемося до нинішніх днів. Статистичні дані підтверджують: кількість інфарктів, інсультів, випадків травматизму на виробництві, шляхово-транспортних пригод однозначно пов'язані зі спалахами на Сонці. Щоправда, «миттєве» зростання може бути навіть «у три-чотири рази», але усереднене за рік дає менше число — «в півтора рази більше».

Механізм цього зрозумілий: «спалах» призводить до збурення магнітного поля Землі, воно передається на людський організм; настає спазм кровоносних судин, підвищується тиск, з'являється млявість, сонливість, сповільнення реакцій, отже — неухважність. І — перелічені вище трагедії.

При повних сонячних затемненнях «виявляє себе» *сонячна корона* (рис. 7.3) — чудова демонстрація «спокою і руху». Бо що є насправді:

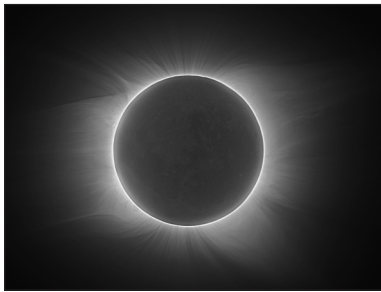


Рис. 7.3. Сонячна корона

температура в поверхневих шарах Сонця — 6 000 К, в короні ж вона сягає 2 млн. К! Тож її речовина, поступово прискорюючись, «спливає» у міжпланетний простір, досягаючи біля орбіти Землі швидкості 400 км/с. Це — *сонячний вітер*. Обчислено: щосекунди так Сонце втрачає близько мільйона тонн своєї речовини. Її густина в різних напрямках і в часі неоднорідна, бо ж сюди «приєднується» і речовина від спалахів. Тож «завдані нею удари» мають для магнітосфери нашої планети в різний час неоднакову силу. І ці *магнітні бурі* можна передбачати.

Для вивчення ефектів сонячної активності та ознайомлення громадськості з цією «космічною ситуацією» існують Міжнародна і державні *служби Сонця*. Регулярно такі дослідження проводять за певними міжнародними програмами, як це було у 1957–1958 рр. (Міжнародний геофізичний рік), 1964–1965 рр. (Міжнародний рік спокійного Сонця), 1979–1981 рр. (Рік сонячного максимуму) або ось недавній (2009 р.) — Міжнародний рік астрономії. Про заходи, проведені за цими програмами, можна дізнатися з Інтернет-сайтів.

«Тонкощі впливу»

Усе написане в подальших кількох абзацах, — лише заклик для допитливого читача: самому детальніше все з'ясувати. Бо ж *«ідеється про статистику»*. А ще — матеріали-публікації «того чи іншого» можуть бути неповні, не найновіші.

Отже: є певні матеріали щодо кількості інфарктів чи інсультів. Питання — невже це усього лише сліпа статистика? Здається, не зовсім. Кров людини має здатність утворювати тромби, але і розчиняти їх (це друге має назву процес *фібринолізу*). Існує думка: у хворих на ревматизм реакції фібринолізу перебігають значно повільніше. Тому в них — «більші шанси» потрапити у список потерпілих.

Є уявлення, за яким захисні здатності людського організму істотно змінюються упродовж 11-річного циклу. Як ось, беруть до уваги, що зараження кишечними і крапельними інфекціями відбувається через ротову порожнину. А тут важливим бар'єром для інфекції є слина, яка здатна дуже швидко розчиняти мікроорганізми, вбивати їх. Як виявилось, ця рятівна властивість слини в максимум сонячної активності істотно менша, ніж у мінімумі.

Здається, сонячна активність «регулює» навіть кислотність у шлунку: в ньому нібито соляної кислоти тим менше, чим більше число Вольфа. Та й бактерицидні властивості крові (здатність сироватки крові розчиняти мікроорганізми) у максимумі сонячної активності нібито на третину менші.

Начебто встановлено, що різних форм раку виявляють більше в мінімумі сонячної активності. Але є й пояснення: декілька років ця хвороба перебуває у прихованому стані.

Повторимось: половина тут сказаного може виявитися недоведеними припущеннями. Дещо, може, вже спростоване. Можуть виявити себе інші «тонкощі». Які, однак, підтвердять тезу: Космос таки впливає на наше тут життя...

Про сарану, гризунів ... і — Місяць

Про те, скільки лиха може завдати така пажерлива комаха, як сарана (а її відомо 10 тисяч видів, з них в Україні — 75), зворушливо описав Андрій Чайковський (1857–1935) у своїй пречудовій повісті «На уходах» (1921 р.). Вона особливо розмножується в роки максимумів сонячної активності...

Про залежність епідемій чуми від фаз сонячної активності мовилося вище. Цю хворобу значною мірою переносять гризуни. А вони ж — «як плями на Сонці»: чим більше плям, тим більше мишей, щурів і т.ін.

Усе сказане вище стосувалося впливу на долю людини з боку планет і Сонця. Але ж є ще Місяць! І з ним у багатьох народів також пов'язано чимало уявлень про його певну роль у житті людей. Є, однак, особливість: зміна вигляду (фаз) Місяця відбувається «на дуже короткій дистанції» — за всього лише 29,5 доби. Тому й ці уявлення, скажемо так, все ж маломасштабні.

Ні, дещо серйозне є й тут. Кажуть, у часи Середньовіччя чи не всі лікарі були глибоко переконані в тому, що посилення (або згасання) більшості хвороб залежить від фази Місяця. Це, мовляв, фазами Місяця обумовлюється психічна рівновага людини (здається, це питання досліджується і тепер). Кажуть, у деяких племен за злочини, вчинені при повному Місяці, не карали. А їх нібито в повню бувало найбільше.

В недавньому минулому робили, здається, спроби знайти зміни складу крові упродовж синодичного місяця (29,5 доби).

А загалом — «десь та колись» у кожного народу були (і частково збереглися дотепер) певні повір'я, пов'язані з Місяцем, зі зміною його вигляду. Наші діди-прадіди, скажемо, вважали, що при молодому Місяці не можна садити картоплю та всіляку городину, бо «не постаріє», а буде надто довго дозрівати. Вважали, що людина, яка народилася на «новому Місяці», буде довго молодою, коли ж Місяць був старим (тобто після повні) — вона швидко постаріє.

Складено було уявлення, нібито Місяць впливає на погоду. Якщо, мовляв, не було дощу з настанням нового Місяця (з появи його вузького серпа на вечірньому небі), то сподівалися дощу у першій чверті або аж наприкінці циклу, при його видимості вранці. Але не в повню.

І на підтвердження таких «прогнозів» розроблено елегантну гіпотезу. Конденсація водяної пари у краплини води в земній атмосфері значною мірою відбувається на пилинках, що влітають в атмосферу з міжпланетного простору. За обчисленнями, тривалість «осідання» цих пилинок на поверхню Землі з відстані орбіти Місяця триває начебто близько 30 діб. Отже: при своєму русі навколо Землі частину цих пилинок Місяць може перехоплювати. І — таким чином «регулювати» надходження «центрів конденсації» у ближчі до поверхні Землі шари. Взаємний рух системи Земля – Місяць і метеорних частинок такий, що найбільша кількість опадів може випадати через 3–5 днів після нового і повного Місяця. Здається, наші діди-прадіди придивлялися до «світу, що навколо них», таки уважно?!

Проблема зміни клімату

Кількома рядками тут ми усього лише хочемо привернути увагу до того, що така проблема справді існує. Як і до того, що деякі важкі в минулому випробування наче «йшли в ритмі» з такими змінами.

Скажемо, вже неодноразово згадувана чума. Адже медицина минулого була перед нею практично безсила. А ця хвороба якось наче «сама по собі» сходила з арени.

Така ж ситуація повторилася з іншою дуже грізною хворобою — проказою (лепрою). У першому тисячолітті нашої ери ця грізна хвороба була дуже поширена. Згодом кількість хворих на неї поступово зменшувалася, а декілька сотень років тому вона майже зникла.

Є думка, що в цьому виявив себе ще один цикл сонячної активності — 1800-річний. Що він «найвиразніше» помітний у змінах кліматичного режиму Землі.

Нагадаємо: коли говорять про клімат в якомусь закутку планети, то мають на увазі температуру, опади, вологість повітря тощо, усереднені за більш як 20-річний період. Саме ж слово *клімат* у перекладі з грецької означає *нахил* — нахил площини небесного екватора до площини екліптики, яким визначається потік сонячної енергії на певну ділянку земної поверхні. Він певним чином і регулює умови існування (і виживання) багатьох видів живих форм.

Залишимо поза увагою все, що відбувалося на планеті мільйони років тому — «льодовикові і міжльодовикові періоди, які змінюва-

ли один одного дуже часто». Бо ж «причини цього ще невідомі». Але ось — останні 10 000 років, коли «закінчився льодовиковий період, упродовж якого, зокрема, рівень Світового океану був на 100 метрів нижчим, ніж сьогодні». То що — винне в усьому цьому Сонце? Так, напевне, маємо визнати: за такі глобальні зміни «вина лежить на ньому». Але як — ще треба дослідити.

Зміну кліматичного режиму впродовж 11-річного циклу сонячної активності легко простежити за радіальним приростом зрізаного дерева. У нашій місцевості в роки максимуму, коли опадів мало, цей приріст найменший.

А тут наведемо кілька загадок з відносно недалекого минулого. Знаємо: є величезна, практично позбавлена життя територія Північної Африки — Сахара, сьогодні — розпечений камінь і пісок. Але там є печери, в яких виявлено вирізьблені на камені фігури тварин — гіпопотамів, носорогів, слонів, жираф, антилоп і страусів. Як також — фігури людей на човнах. То що — якихось 4 000 років тому там були і повноводі ріки, і буйна рослинність, і багатий тваринний світ? І начебто це безповоротне висихання Сахари завершилося ледве не в першому тисячолітті таки вже нашої ери?

Цікавою є історія колонізації Ісландії та Гренландії та відкриття Америки норманами у IX–X ст. Клімат Ісландії у 860 р. був значно м'якший від теперішнього. Добрі пасовиська були і в Гренландії, і там у IX ст. було два селища норвежців — близько 5 000 чоловік.

У 999 р. корабель Лейфа (сина відомого норвезького мореплавця Еріка Рудого), що плів до Гренландії, буря віднесла до лісистих берегів раніше невідомої землі, яку назвали Вінланд (країна винограду). Це було відкриття Америки. Туди через чотири роки на трьох кораблях уже вирушили 160 переселенців.

Однак з XIV ст. у Північній півкулі і, зокрема, в Європі кількість опадів різко збільшувалася. Настало похолодання, значних розмірів досягло зледеніння Арктики. Наступила льодова блокада Гренландії, морський зв'язок між нею і Скандинавією перервався. Через 200 років туди було послано судно, але мешканців там уже не було.

Є підстави стверджувати: вологий період 1800-річного циклу, що розпочався у XIV–XV ст., вже закінчується. Як передбачають, невдовзі знову настане тривалий (на 300–400 років) період засух, потепління Арктики тощо. Про це говорити і це осмислювати мусимо...

«Насамкінець — про кінець»

У своїй книжці «Майбутнє і передбачення майбутнього» (1931 р.) французький учений Шарль Ріше підкреслив, що «йдеться про страшну проблему, якій ніхто не зважається глянути в лице... І ось... зустрічаєш ряд фактів, які доводять, що іноді перед особливо обдарованими індивідуумами розривається покрив майбутнього... Це дуже серйозно... Бо якщо майбутнє іноді буває відомим, хоча б частково, то це тому, що воно вже наперед визначене».

Проблема й справді велика. Йдеться і про *бачення майбутнього* (лат. *прекогніція*), і *минулого (ретрогніція)*. Про зв'язки з позаземним розумом, про глибинні основи нашої психіки і, зрештою, як ставитися до гороскопів.

У Старому Завіті знаходимо різкий осуд будь-яких спроб «зазирнути в завтрашній день»: «Нехай не буде між тобою нікого, ... хто ворожить...». (Повторення закону, 18:10). «Чоловік або жінка, що будуть... ворожити, мусять бути скарані на смерть...» (Левит, 20:27). І ще: «Ворожки не залишай живою» (Вихід, 22:17).

А тим часом завжди знаходилися люди, які крім особистої долі намагалися за будь-яку ціну навіть передбачити, коли настане «кінець світу». Ігноруючи оте євангельське: «Про день же той і годину ... знає тільки Отець Мій» (Мт., 24:36). А чому це так, пояснили Отці Церкви словами св. Василія Великого: «... некорисно людям знати про це, бо стале очікування робить людину більш ревною у чеснотах, а знання, що до суду ще довго, зробило б її більш безтурботною у благочесті в надії, що можна спастися, покаявшись пізніше». Йшлося ж у Новому Завіті лише про виключення з Церкви. Річ ясна, жахаючих сторінок інквізиції забувати не слід, але й пам'ятати треба про колишнє тоді цілковите незнання причин усіляких лих, як ось чума й інше... Тому й зверталися до ворожіння, до гороскопів, як і до найсуворішого покарання всіляких «чаклунів та відьом».

Як зауважив О. Шиманський в одній із газетних публікацій («Україна молода», 13.01.2011), на діяльність усіляких ворожок, «провидців», «контактерів із космосом» в усі віки був попит. Бо ж «полоскотати собі нерви, зазираючи в майбутнє чи нібито пізнаючи невідомі широкому загалу істини — це не лише цікаво, а й певним чином корисно для здоров'я. Такий самий терапевтичний ефект мають фільми жахів та особливо популярні останнім часом фільми-катастрофи: спостерігаючи за «страшилками» на екрані, ми даємо вихід своїм реальним страхам та позбавляємося найбільш гнітючих очікувань від непевного майбутнього».

Одним із найвідоміших віщунів, «пророком європейської історії» вважається французький лікар Мішель Нострадамус (1503–1566). Спочатку він завоював собі визнання успіхами в боротьбі з чумою. Згодом став знаменитим завдяки публікації серії пророцтв — книги, яку перевидавали близько 90 разів. У передмові до неї Нострадамус писав: «Вже з давнього часу і багаторазово я передбачував задовго до подій те, що згодом збувалося...». Але, щоб не зазнавати образ, «був змушений зробити повідомлення у вигляді темних і дво-значних сентенцій... Я склав пророчі книги, в яких кожна містить по сто чотиривіршів..., смисл яких я свідомо затемнив і які доведені до 3797-го року». Кодування ж таке: «кожній букві відповідає певне число і сума цифр рядка в цілому дає число, ключове для того чи іншого року».

Здійснені після 1990-го року «розшифрування» окремих чотиривіршів (катренів) ніби виявили навіть передбачення ним висадку американських астронавтів, у 1969 р., на поверхню Місяця. Серед цих «прочитань текстів» є й таке: «Вплив Місяця на Землю закінчиться в 2000 році», «В Сонячній системі передбачаються великі зміни, тому наші потомки будуть позбавлені змоги спостерігати всі планети, які видно тепер», «Багато зір наблизяться до Землі і спричинять глобальні катаклізми, передусім у кліматі», «У 2023 р. Земля може зійти зі своєї орбіти».

Можна зробити висновок: дешифрувальники й коментатори текстів мали погане уявлення про момент кількості руху, що його, скажімо, має Місяць або ж та чи інша планета. Як і про встановлені за останні 150 років фізичні закони, які «забезпечують» стабільність околиць нашої планети.

Для тих же, хто «пророчить кінець світу» близьким часом, а вночі довіряє передбаченням Нострадамуса, є питання: то навіщо він мордувався в намаганнях передбачити «все» аж до 3797-го року, якщо нібито «кінець світу» має бути — «за одним із варіантів» — у 2012 р.?

Непереборне «бажання знати майбутнє» в середині 1998 р. «породило» нові повідомлення: «виявлено 15 нових передбачень Нострадамуса, які починаються саме з 1998 р.». Певний учений «сім років затратив, щоб дослідити підвали чотирьох монастирів під Парижем» — і отримав бажане. Тож, серед іншого, «пророк віщує появу незвичайного скрипаля, музика якого матиме неймовірно цілющі властивості... і тисячі людей позбавляться своїх хвороб». А ще: «Вчені повернуть до життя єгипетську забальзамовану мумію, ко-

тра відкриє людству таємниці єгипетської цивілізації», «Індійський гуру навчить величезну кількість людей літати над поверхнею Землі, використовуючи можливості людського мозку», здивує всіх «шоу із собакою, яка розмовляє». У 1998-му таки році на східному узбережжі США мали б пройти три надзвичайно сильні урагани, внаслідок чого «загинуть мільйони американців», у південних же штатах мало би бути «велике нашествя змій», від укусів яких загинуть сотні тисяч людей.

Зріс переляк («говорять про такі жахи, що майже дорівнюють кінцю світу») від віщувань Нострадамуса на 1999 р., оскільки тоді 11 серпня відбулося затемнення Сонця: «З неба зійде могутній і великий Король Жаху... Буде велика війна...». Оскільки затемнення можна було бачити і в Україні, і в Парижі, то астрологи вбачили в цьому «небесний хрест»: «Місяць і Сонце з одного боку вишикуються в лінію з Ураном. Перпендикулярно стане вісь Марс – Сатурн». І — хтось робить висновки: «... з якоїсь країни Сходу знищать Париж ракетно-ядерним ударом». «Інший варіант: у серпні будинки будуть руйнуватися, на території СНД — землетруси. Але найбільше постраждає все ж Америка». Одна ж ясновидиця бачить і таке: «Чорна хмара огорне Землю. Будуть землетруси. Кожної хвилини вмиратиме по мільярду людей. Через сім днів усе пройде, і ті, хто щиро вірить..., зможуть розпочати нову цивілізацію — без житла, радіо, електрики, машин і при 50-градусному морозі посеред літа».

За катренами Нострадамуса Третя світова війна мала нібито спалахнути наприкінці 2011 р. Кажуть, на цей рік і те ж передбачувала і Ванга, «поптовх до якої мав дати локальний конфлікт 10 листопада 2010 р.».

У ці дні дізнаємося з Інтернету про «кінець світу в 2012 р. від бельгійського астрофізика». Це нібито буде 21 грудня, бо «внаслідок зміни магнітних полюсів Землі обертання нашої планети різко сповільниться, а потім змінить напрямок. Після землетрусу безпрецедентної сили підніметься величезна хвиля, яка знищить нашу цивілізацію. Повториться катастрофа, схожа на потоп, описаний у Біблії — континенти зникнуть, мільярди людей загинуть». Але, виявляється: «Є вихід — забронювати собі місце на фермі... в Південній Африці». І книга цього автора «розійшлася мільйонним накладом».

А тут ще й «21-го грудня 2012 року завершується високоточний календар, складений мудрецами народу майя». І «потім світу не стане, і немає ніякого приводу для сумнівів...». Бо, мовляв, «з мо-

менту створення людського роду вже пройшло чотири цикли (орієнтовно по 4050 років), тепер триває «наша 5-та епоха». І ото 21 грудня 2011 р. планети Сатурн, Юпітер і Марс, з ними й Земля, вишикуються в одну лінію стосовно Сонця. Але астрологи підкреслюють: таке було й раніше, однак цього разу вишикуються в лінію і планети інших систем, утворюючи лінію від центра галактики. І це, мовляв, як «сходження стрілок годинника на цифрах 12». І тому «ця комбінація буде означати перехід Всесвіту з одної системи в іншу».

З Інтернету (дані невідомого автора, тож — перепрошуємо) маємо таке зведення дат можливого «кінця світу», за якими, «якщо поведе, то Земля протягне до 2020 р.»:

2008-й — на Землю впаде астероїд діаметром понад 800 метрів;

2009-й — за розшифруванням центурій Нострадамуса — Армагеддон;

2010-й — «закінчиться нафта, і світ поглине війна за ресурси; ще обіцяють, що Земля відвернеться від Сонця, але це буде «тимчасовий» кінець світу»;

2011-й — «реалізація пророцтв Нострадамуса і Ванги»;

2012-й — «довгоочікуваний» кінець світу за календарем майя, «в 0,5% населення є шанси вижити»;

2013-й — «перехід у четвертий вимір»;

2014-й — Сонячну систему поглине хмара космічного пилу;

2016-й — «розтопляться льодовики, більша частина суші буде затоплена»;

2018-й — ядерна війна «від Нострадамуса»;

2019-й — зіткнення з астероїдом;

2020-й — Ісаак Ньютон, виходячи з передбачень Йоана Богослова, обчислив, що кінець світу буде саме в цьому році.

Є ще й прогнози, пов'язані з астероїдом 2029-го року. «Та це — дуже далеке»....

Сьогодні ж ніхто не сумнівається: є важкі проблеми забезпечення багатьох, навіть мільйонів людей усього лише прісною водою. Та кож — усім іншим, не менш важливим для життя на рівні «хоча б ХХ ст.». А воно ж «31 жовтня 2011 р. народився 7-мільярдний мешканець планети»! І — пригадавши, що в 1900 р. на Землі було всього 1,5 млрд. мешканців, слід би усвідомити: є загрози нашому буттю і передусім — від нашої захланності та відсутності елементарного милосердя до ближнього.

Додаток

Елементи астрології

Віддавна людей цікавило і те, яким — «щасливим» чи «нещасливим» — буде завтрашній день, але ще більше — яким буде майбутній рік, зокрема, в масштабах цілої спільноти, держави. Отож було складено уявлення, за яким кожним роком «опікується» певна планета, визначаючи в ньому, зокрема, стан погоди, врожай, масштаби можливих пошестей тощо. Ці прогнози передавалися із покоління в покоління. І, зокрема, не дивно, що в Росії, почавши з 1709 р., неодноразово видавали «Брюсів календар», в якому читач міг знайти передбачення типу «Початок місяця з громами, до 8-го холодно, 9–12 тепло, 13–25 холодно, далі — гарна погода» (прогноз на травень 1937 р.). Ці передбачення повністю повторювалися через 112 років, тому зазвичай їх вміщали під назвою «Столітній календар віщує».

Отже, якщо «опікуном року» є *Сатурн*, тоді нібито рік холодний, мокрий і неврожайний з великими та неодноразовими повеннями. Зокрема, «жатва велми мокрая», а ще «Пропасниці злі, поноси, ...невмолята весною страждають сухотним кашлем».

У році *Юпітера* весна холодна, мокра аж до травня, літо спочатку холодне, потім тепле і сухе з великими громовицями. Осінь знову мокра, загалом же рік багатий і родючий. Хвороби прогнозуються нечасті, зокрема чиряки, «серця трепетання», печія в шлунку.

Рік Марса — частіше сухий, ніж мокрий, влітку велика спека, засухи, важкі громовиці, град, пожежі, важкі пропасниці, чиряки, дизентерія і мор.

Рік Сонця — сухий, в міру теплий, родючий, зокрема, влітку дні жаркі, а ночі холодні, але «наприкінці липня слід боятися снігу». А ще: «Вишень і слив багато, тоді як яблук мало». У цьому році «скорбот небагато, ... нежиті, серця дрожання».

Рік Венери — холодний, туманный, проте літо досить тепле і щедре, зокрема на яру пшеницю й виноград, однак «громи великі і важкі». Здоров'ю загрожують хвороби шлунка, дизентерія, «хвороба французька», «бокболіє» і повальний мор.

Рік Меркурія — холодний, сухий, мало коли врожайний, весною багато жаб, восени — мишей. Допікають хвороби очей, епілепсія, кашель, блювання, нежить.

Нарешті, *рік Місяця* — мокрий, холодний, багато снігу, зокрема, безперестанні дощі восени, часті і сильні вітри, особливо взимку. Щодо здоров'я — «скорботи жорстокі», паралічі, пухлини, на селезінці хвороби. Також: «Вівці і бджоли взимку легко гинуть».

Визначити ж, «якій планеті належить» конкретний календарний рік, можна, встановивши так зване **вруцеліто**, тобто **недільну літеру року** за юліанським календарем. Це такі сім літер — **А, В, Г, Д, Є, S і З** (див. таблицю Додатка). Отже, на рік Сонця вказує вруцеліто **Г** (це, зокрема, роки 1999, 2004, 2010, 2021, ...), на рік Місяця — вруцеліто **Д** (роки 1994, 2005, 2011, 2016, ...), Меркурія — **S** (1990, 2001, 2007, 2012, 2018, ...), Венери — **А** (1997, 2003, 2008, 2014, 2025, ...), Марса — **Є** (1995, 2000, 2006, 2017, ...), Юпітера — **З** (1996, 2002, 2013, 2019, ...), і, нарешті, рік Сатурна визначає вруцеліто **В** (1998, 2009, 2015, 2020, ...). Користуючись цими даними, читач за допомогою таблиці «Вічний табель-календар» Додатка (пам'ятаючи, що перші дві цифри року слід брати в колонці «старий стиль») знайде вруцеліто для будь-якого року.

У тому ж «Брюсовому календарі» по дві сторінки приділено описові окремих фізичних, психічних і моральних якостей людини залежно від дати її народження. Інакше кажучи, подано своєрідне ворожіння типу «Мужчина, народжений між 21 березня і 20 квітня (отже — «під знаком Овна»), «є гордим, нетерплячим, честолюбним, погано спить..., буде мати чесних дітей»; «Жінка... любитиме свого чоловіка, буде чесною і побожною». І так — до останнього, 12-го, знака. Таке «передбачування долі людини» можна назвати *зодіакальним ворожінням*, за яким кожному зі, скажімо, 500 млн. мешканців Землі (1/12 від 6 млрд.), від прибиральниць вулиць до президентів найбільших держав, зорі (фактично — Сонце при проходженні відповідної дуги екліптики в 30°) начебто обціають одне і те ж.

Усе це — своєрідний «ширпотреб» у порівнянні зі справжніми гороскопами. Бо ж Природа надала для ворожіння «цікавіший» варіант: небесна сфера упродовж доби здійснює повний оберт, і тому всі знаки Зодіаку за цей час встигають піднятися над горизонтом і заховатися за ним! Якраз на цій основі астрологи понад 2000 років тому розробили «більш науковий» метод ворожіння — складання **гороскопів** (від грец. «гора» — година, час і «скопео» — дивлюся, тут — «дивлюся, який знак Зодіаку сходить у певний момент часу»).

Схематично суть цього «гороскопного ворожіння» можна описати так. Згадані 12 знаків Зодіаку утворюють на небі коло, яке безперервно обертається. Можна уявити, що воно ковзає всередині іншо-

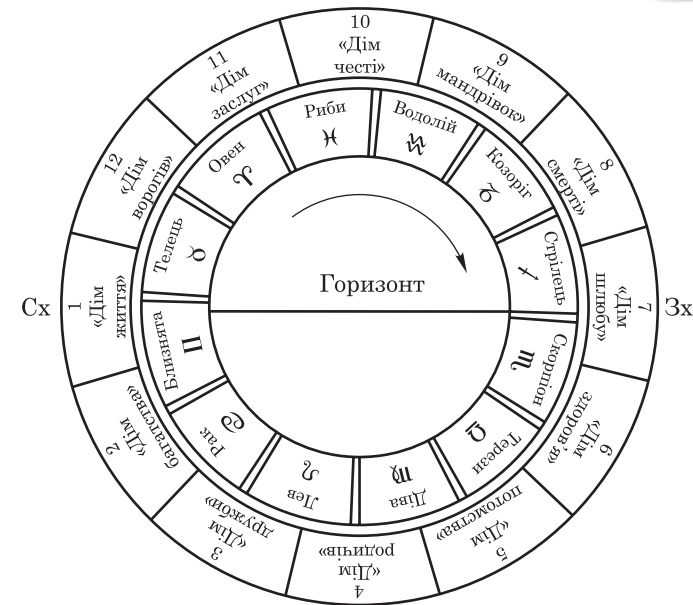


Рис. Д.1. Добове обертання небесної сфери відносно «домів» нерухомого кола генітури, придуманого астрологами

го, нерухомого кола, яке також ділять на 12 рівних частин, з яких перша «сходить», а сьома «заходить», четверта перебуває найнижче, тоді як десята — найвище над горизонтом (рис. Д.1). Цей «нерухомий обруч» отримав назву *коло генітури* (від лат. «генітура» — народження), кожна ж з його 12 частин назвали «домом». Можна уявити, як при добовому обертанні небесної сфери той чи інший знак Зодіаку (і планети, які на цей час у ньому перебувають) «переходить» з одного «дому» до іншого.

Тож, щоб скласти й тлумачити гороскоп, астролог повинен був: 1) розрахувати, де, в яких знаках Зодіаку перебувала кожна з планет на момент народження певної людини (річ ясна, довгий час такі обчислення проводили на основі системи Птолемея); 2) визначити положення (орієнтацію) небесної сфери на цей момент. Інакше кажучи, необхідно було знайти, скільки годин і хвилин проминуло від верхньої кульмінації точки весняного рівнодення. Після цього мож-



Рис. Д.2. Схема гороскопа (числами вказано номери «домів», куди вписують знайдені за моделлю попереднього малюнка знаки Зодіаку та планети)

сторони життя людини, для якої складено гороскоп. Зокрема, перший дім («дім життя») «сповіщав» про долю і характер людини. Назви усіх наступних не потребують пояснень.

Отже, якщо у момент народження дитини у першому «домі» («домі життя») знаходився Юпітер, то, на думку астрологів, новонароджене повинно було мати веселий та жвавий характер, стати славетним та прожити довге і щасливе життя. «Зловіща» планета Са-

¹⁾ Питання про орієнтацію небесної сфери і, отже, про розташування сузір'їв на ній на заданий момент місцевого часу T_M цікаве для всіх аматорів астрономії. І, якщо хочемо бути точними, маємо пам'ятати: живемо у другому годинному поясі і користуємося поясним часом T_{II} (влітку — «плюс одна година»). Але ж перебуваємо на різних відстанях від його центрального меридіана (а це орієнтовно лінію Одеса—Київ)! І Сонце в Донецьку сходить на півгодини раніше, ніж у Києві, тоді як в Ужгороді — на стільки ж пізніше! Тож відповідь на поставлене вище питання формулюємо «для Києва» (бажаючим же здійснити уточнення, а вони — в межах 5–30 хв, слід скористатися довідниками з астрономії).

При обертанні небесної сфери точка весняного рівнодення Υ («міряє» зоряний час S . І коли вона найвище над горизонтом, починається нова зоряна доба, тоді-то $S = S_0 = 0$. А що Сонце зміщується на тлі зір у бік сходу щодоби на один градус, то зоряний час щодоби зростає на 3 хв 56 с. Тож маємо таку формулу для визначення зоряного часу на початок сонячної доби «в різні пори року»: $S = 6 \text{ год } 40 \text{ хв} + 2D$. Тут D — дата, для якої роводимо обчислення, виражена в місяцях та їхніх частинах. Зокрема, для 10 вересня маємо $D = 8,33$. І, отже, $S_0 = 6 \text{ год } 40 \text{ хв} + 16 \text{ год } 40 \text{ хв} = 23 \text{ год } 20 \text{ хв}$. На заданий же момент сонячного часу T_{II} знайдемо: $S \approx S_0 + T_{II}$. Такою є кутова відстань, виміряна за годинниковою стрілкою, точки Υ (межі Овна і Риб на рис. Д.1) відносно вертикалі «центр диска — число 10». Після цього укладіть гороскопів і з'ясовують, в який «дім» потрапляє той чи інший знак Зодіаку.

на було переходити до встановлення, в якому домі перебуває кожен із знаків Зодіаку (і наявні у деяких з них планети)¹⁾.

Гороскоп здебільшого зображали у формі квадрата, всередині якого малювали менший квадрат (рис. Д.2). В останньому вписували ім'я та час народження певної людини. Простір між обома квадратами поділяли на 12 трикутників, кожен з яких відповідав певному домі, причому перший з них займав центральне положення зліва. Астрологи вважали, що кожен дім має своє особливе значення і відображає певну дію знаків Зодіаку і планет на окремі

турн пророкувала, що новонароджене, хоча й проживе довго, буде нещасливим, жорстоким, ліним, мстивим, його мало любитимуть і т.ін. Меркурій «обіцяв» жвавий характер і здібність до мистецтв; Венера — поетичність, артистичні здібності, тонкі почуття; Марс — гарячий темперамент і велике самолюбство; Сонце — благородність, чесність і правдивість; Місяць — м'якість та романтичність тощо. Проте, крім планет, астрологи брали до уваги положення вузлів місячної орбіти, а ще — так званий **клір фортуни** («колесо щастя»), що позначалося знаком Φ — пункт, рівновіддалений від Місяця і Сонця, а також **аспекти** — кутові відстані між планетами. Тому всі наведені вище риси характеру можна було тлумачити як у позитивному, так і негативному плані.

Але найважливіші «висновки» астрологи робили з комбінацій знаків Зодіаку з «домами». Народжений під знаком Овна нібито матиме пристрасний характер; Тельця — буде жорстоким; Близнят — діяльним і винахідливим; Рака — в'ялим і слухняним; Лева — благородним і рішучим; Діви — різким і зарозумілим; Терезів — приємним; Скорпіона — холодним і стриманим; Стрільця — благородним і веселим, Козорога — ліним та обмеженим, Водолія — чесним та постійним. І, нарешті, народжений під знаком Риб буде флегматичним.

Аналогічно описувалися й інші «доми». Наприклад, якщо з дев'ятим «домом» («домом мандрівок») асоціюється знак Водолія, можна було гадати, що новонародженому доведеться мандрувати морем. Якщо у цей «дім» потрапляє і планета Марс, то ця мандрівка нібито може скінчитися трагічно для новонародженого, оскільки за «правилами» астрологів, Марс у Водолії означав небезпеку від піратів. Коли ж у цей «дім» потрапляло сузір'я Лева, можна було «прококувати» мандрівку в якусь країну Африки і т. д.

Щоправда, «відчитування вказівок неба» в наш час істотно змінилося. Астрологи тепер підкреслюють, що вже «само собою відпадає питання про прямий вплив планет на долю людини: такого впливу немає і наукова астрологія на нього не претендує» (див. Ф. К. Величко, у зб. «Астрологія: за и против», М., 1990, с. 20). Бо: «Астрологія є цариною знання, що вивчає взаємозв'язок ритмів людини і світу... і з'ясування законів гармонізації ритмів людини і ритмів навколишнього середовища...», «у справі прогнозів висновки астролога мають імовірнісний характер» (с. 38).

Тож обмежимося нагадуванням про висновки, отримані з проведених у США досліджень: ті, хто взагалі не цікавляться гороскопами (а внутрішньо розслабившись, здаються на ласку Божу), живуть у середньому на три–п'ять років довше...

Вічний табель-календар

Правила користування

Знайдіть у лівій частині таблиці рядок, який містить перші дві цифри потрібного року, у верхній же її частині — колонку з останніми двома цифрами року. Запам'ятайте літеру на перетині колонки і рядка: вона «діє» протягом усього року (її назва для нового стилю — **літера року**, для старого стилю — **вруцеліто**). В таблиці праворуч відшукайте потрібний місяць, а в рядку, де є цей місяць, — знайдену раніше літеру. Розміщена під нею колонка днів тижня відповідає числам узятого місяця. Дати місяця — ліворуч. Січень та лютий простого року позначені відповідно Іп і Пп, високосного року — Ів та Пв!

Приклад. Визначимо, на який день 2000 р. припадало перше січня. Зліва у графі нового стилю знаходимо цифру 20, а зверху в таблиці — 00. На місці перетину рядка та колонки стоїть літера **S** («зілб» — літера слов'янського алфавіту). Шукаємо її у рядку, що відповідає січню (другий знизу). Дні тижня, що під нею, відповідають порядковим числам січня, які стоять зліва. Отже, 1 січня 2000 р. — субота.

Якщо ж ідеться про дату до н. е., то передусім переводимо дату історичну в астрономічну, тобто зменшуємо число року R на одиницю і отримане число беремо зі знаком «-» (приміром, для 145 р. до н. е. маємо -144). Далі дві останні цифри переводимо в додатне число, додавши 100 (замість -44 маємо +56). Його й шукаємо у верхній частині таблиці. Наприклад, для 145 р. до н. е. на перетині горизонтальної лінії $x = -1$ і вертикальної $y = 56$ знаходимо літеру року **S** і переконуємося, зокрема, що 1 січня 145 р. до н. е. випало на суботу (високосними будуть ті роки, для яких $R - 1$ ділиться на 4 без остачі).

А це запам'ятаймо. Оскільки тиждень має сім днів, а в проміжку з семи років може бути один або два високосні роки, то ці ж дні тижня припадають на ті самі календарні дати через кожні 6, 11, 6 і 5 років (чи 5, 6, 11, 6 й ін. — див. колонки років зверху донизу). Тобто для встановлення дня тижня на задану дату певного року можна використати календарі тих попередніх років, яким відповідає та ж літера року (у високосні роки — з 1 березня!) Так, для 2002 р. літера року **A**. Отже, можна використати календар 1901, 1907, 1912 (з 1 березня, бо цей рік високосний), 1918, ..., 1985, 1991 і 1996 (з 1 березня). Тож зберігаймо й використовуймо «старі» календарі, зокрема — настінні.

Вічний табель-календар для визначення дня тижня будь-якої календарної дати старого і нового стилю²⁾

		Дві другі цифри року						Місяці					
		00	01	02	03	04	05						
		06	07		08	09	10	11					
			12	13	14	15		16					
		17	18	19		20	21	22					
		23		24	25	26	27						
		28	29	30	31		32	33					
		34	35		36	37	38	39					
			40	41	42	43		44					
		45	46	47		48	49	50					
		51		52	53	54	55						
		56	57	58	59		60	61					
		62	63		64	65	66	67					
			68	69	70	71		72					
		73	74	75		76	77	78					
		79		80	81	82	83						
		84	85	86	87		88	89					
		90	91		92	93	94	95					
			96	97	98	99							
Перші дві цифри року		старий стиль		новий стиль									
-1	5	12	19	16	20	S	З	А	В	Г	Д	Є	V
-0	6	13	20	-	-	Є	S	З	А	В	Г	Д	Пв, VIII
0	7	14	21	17	21	Д	Є	S	З	А	В	Г	Пп, III, XI
1	8	15	22	-	-	Г	Д	Є	S	З	А	В	VI
2	9	16		18	22	В	Г	Д	Є	S	З	А	IX, XII
3	10	17		-	-	А	В	Г	Д	Є	S	З	Ів, IV, VII
4	11	18		15	19	З	А	В	Г	Д	Є	S	Іп, X
Дати	1	8	15	22	29	Пн.	Вт.	Ср.	Чт.	Пт.	Сб.	Нд.	Дні тижня
	2	9	16	23	30	Вт.	Ср.	Чт.	Пт.	Сб.	Нд.	Пн.	
	3	10	17	24	31	Ср.	Чт.	Пт.	Сб.	Нд.	Пн.	Вт.	
	4	11	18	25		Чт.	Пт.	Сб.	Нд.	Пн.	Вт.	Ср.	
	5	12	19	26		Пт.	Сб.	Нд.	Пн.	Вт.	Ср.	Чт.	
	6	13	20	27		Сб.	Нд.	Пн.	Вт.	Ср.	Чт.	Пт.	
	7	14	21	28		Нд.	Пн.	Вт.	Ср.	Чт.	Пт.	Сб.	

²⁾ Високосні роки виділено жирним шрифтом.

Зміст

Вступ	3
Перше відкриття: Земля має форму кулі	7
«... плаває в Океані»	7
Справжня форма Землі	9
Рецидиви дитячості	10
Перші землеміри	11
Уточнення	12
Царство Аїда	13
Скільки років Землі?	14
Сфери і «хвіст» Землі	16
Вражаюча допасованість	18
Не допустити б самознищення... ..	19
Друге відкриття: Земля — «рядова» планета	20
«Блукаючі світила»	20
Земля — «центр світу»?	23
Модель Птолемея	24
Коперник «зрушив Землю»	25
Закони Кеплера	27
Докази знайдено!	28
Рух навколо Сонця — чому?	31
Від планет — до супутників	32
Малі планети і комети	34
Камені з неба	36
Третє відкриття: Замість тверді — безодня	37
Світ Платона — затісний	38
Не твердь, а безодня	39
Силою логіки	39
Масштаби Сонячної системи	41
Усе далі і глибше	43
Дві трагічні долі	45
Сфера, якої нема, — сплющена!	46
Четверте відкриття: Сонце — одна з мільярдів зір	48
Перші здогади	48
Параметри Сонця	49
Мова кольорів	50
З чого вони збудовані?	50
«Ліричний відступ»	52
Що там — у надрах?	53
Чому Сонце світиться?	54

Від центра до поверхні — як?	57
Мільярди сонць	58
«Шахова дошка астрономів»	59
Проблеми структури зір	61
Це — справжні карлики	62
П'яте відкриття: Зорі «народжуються»	
і «вмирають»	63
Ще раз про сад	63
Влучні здогади	64
Підсистеми Галактики	66
Критерій Джинса	67
Прогноз для Сонця «та інших»	68
Спалах Наднової	70
Якщо зоря — подвійна	71
Шосте відкриття: Галактика — «піщинка»	
у Всесвіті	73
Це — галактики!	73
Зусиллями статистики	74
Розмаїття форм і активності	75
Прихована маса	76
«Світ галактик розширюється»	77
Квазари	79
Фізико-астрономічне перехрестя	79
«Космологія чекала Айнштейна»	80
У космічних просторах	82
«Інфляційний Всесвіт»	84
Про декілька Премій	85
Сьоме відкриття: Космос такий впливає на нас	88
«Вступне» про астрономію	88
Раціональне зерно	89
Сонце — близька	91
«Тонкощі впливу»	95
Про сарану, гризунів ... і Місяць	96
Проблема зміни клімату	97
«Насамкінець — про кінець»	99
Додаток	103
Елементи астрології	103
Вічний табель-календар	108



“КНИГА ПОШТОЮ” А/С 529
м. Тернопіль, 46008
т. (0352) 287489, 511141
(067) 3501870, (066) 7271762
mail@bohdan-books.com

Науково-популярне видання

КЛИМИШИН Іван Антонович
КЛИМИШИН Ольга Іванівна
СЕМАК Оксана Іванівна

ВІДКРИТТЯ НАШОГО ВСЕСВІТУ

Головний редактор *Богдан Будний*
Редактор *Володимир Дячун*
Художник обкладинки *Ростислав Крамар*
Комп'ютерна верстка *Андрія Кравчука*

Підписано до друку 18.04.2012. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Гарнітура Century Schoolbook. Друк офсетний.
Умовн. друк. арк. 6,51. Умовн. фарбо-відб. 6,51.
[В. 1].

Видавництво «Навчальна книга – Богдан»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців
ДК №370 від 21.03.2001 р.

Навчальна книга – Богдан, а/с 529, просп. С. Бандери, 34а, м. Тернопіль, 46008
тел./факс (0352) 52-19-66; 52-06-07; 52-05-48
E-mail: publishing@budny.te.ua, office@bohdan-books.com
www.bohdan-books.com

ISBN 978-966-10-2748-9



9 | 789661 | 027489