22.6 ЯНВ
3-86

ЗОРЯНИЙ ВСЕСВІТ
[THE UNIWERSE OF STARS]

ЗБІРНИК ГАРВАРДСЬКОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ

ДВОУ ТЕХНІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО

ЗБІРНИК ГАРВАРДСЬКОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ

ЗОРЯНИЙ ВСЕСВІТ

АВТОРИ:

ГАРЛО ШАПЛІ, ВІЛЛЕМ ЛОЙТЕН, ВІЛЛАРД ҐЕРРІШ,
ЕДВАРД КІНҐ, ЛЕОН КЕМПБЕЛ, ВІЛЛАРД ФІШЕР,
АННІ КЕННОН, СЕСІЛА ПЕЙН, СОЛОН БЕЙЛІ,
БОРИС ГЕРАСИМОВИЧ, ГАРРІ ПЛАСКЕТ

ЗА РЕДАКЦІЄЮ Й З ДОПОВНЕННЯМИ
проф. Б. ГЕРАСИМОВИЧА

З АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ПЕРЕКЛАВ
ЖУРКОВСЬКИЙ

ДВОУ ТЕХНІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО
ХАРКІВ 1931 КИЇВ

Бібліографічний опис цього видання вміщено
в „Літописі Укр. Друку", „Квартк. реєстрацію"
Інституту Книгознавства Укр. Книжкової Палати

ПЕРЕДМОВА РЕДАКТОРА УКРАЇНСЬКОГО ПЕРЕКЛАДУ

За останні 15—20 років у науці про всесвіт, його розміри та будову стався справжній «геологічний переворот». Астрономія з чисто геометричної науки перетворилася в науку фізичну, що вивчає речовину при тих тисках і температурах, які цілком неприступні нашим найкращим фізичним лябораторіям. Подруге, ґрунтовно переглянено й наші уявлення про розміри та будову всесвіту. Там, де досі людський розум блукав потемки, маючи єдиним своїм супутником ненадійну фантазію, тепер панує міра й вага. Якщо минулого віку астрономія ледве ризикувала виходити за межі сонячної ситеми та її ближчих околиць, то тепер нові удосконалені методи дослідження дали нам змогу пройти до самих границь видимого зоряного світу й змалювати, хай покищо приблизну і невиразну, картину його будови. Навряд історія якоїнебудь іншої науки (крім, може, фізики) знала такий швидкий рух уперед за такий короткий час. Цей величезний (і кількісно і якісно) проґрес астрономія завдячує двом науковим школам — поперше, спостережницькій роботі потужних американських обсерваторій, а подруге дослідженням англійських теоретиків.

Серед перших найпочесніше місце належить Гарвардській обсерваторії [в Кембріджі, поблизу Бостону, Сполучені Штати Північної Америки]. Дякуючи дивовижно раціональній організації наукової праці, виразності поставлених завдань, новим, майже революційним, методам дослідження, і нарешті, енерґії своїх працівників, Гарвардська обсерваторія посіла одне з перших місць у світовій науці. Вона безперечно є найважливіший чинник швидкого поступу наших відомостей про всесвіт. Тут були вперше поставлені масові, майже фабричні дослідження зоряних спектрів, ясностей, змінности й зроблено в простих і виразних рисах потрібні надзвичайно важливі висновки із спостережень.

На чолі групи гарвардських ентузіястів науки стоїть Гарло Шаплі (Shapley), людина, що зважилася вийти за межі найближчих околиць нашого Сонця, що удосконалила методи визначення зоряних віддалень. Він уперше виміряв віддалі до зоряних роїв і зробив цілковитий переворот у наших уявленнях про роз-

міри всесвіту. Шаплі довів, що зоряний всесвіт значно більший, аніж про це гадали, в десятки й сотні разів більший. Порівняйте географічний кругогляд старовинного грека з нашими відомостями про розміри землі й ви матимете деяке уявлення про те розширення наших відомостей про всесвіт, яке ми завдячуємо Шаплі. У своїх останніх роботах Шаплі йде все далі й далі — тепер він «зондує» всесвіт у віддалях в десятки тисяч разів більших, аніж ті, якими оперували астрономи років 20 тому.

З інших видатних наукових працівників Гарвардської обсерваторії треба відзначити міс Кеннон (Cannon). Ось уже майже 40 років, як вона день-у-день вивчає зоряні фотознятки. Вона визначила ясності сотень тисяч зір — її катологи є та основа, на якій базується наше знання всесвіту. Мало того, міс Кеннон, масово вивчаючи зоряні спектри, збудувала першу раціональну й практичну клясифікацію спектрів зір. Її роботи — найкращий покажчик того, що може зробити жінка-учений; її, в іншій звичайно, галузі, можна сміливо поставити на один рівень з нашою видатною землячкою — Софією Ковалевською. Ряд інших астрономів доповнює ту групу гарвардських шукачів, які зробили «геологічний переворот» в астрономії.

Три роки тому астрономи Гарвардської обсерваторії прочитали радіом «всім, всім, всім» низку популярних лекцій з астрономії, в складенні яких взяв участь і автор цих рядків, працюючи в той час на запрошення Шаплі в Гарвардській обсерваторії. Ці радіо-лекції мали великий успіх, їх видано окремою книжкою, яка незабаром (1929 р.) вийшла вже другим виданням.

Вищесказане про гарвардських астрономів є найкраща рекомендація для перекладу цієї книжки на українську мову. Адже ці лекції читали не просто популяризатори, обізнані з наукою з чужих рук — при мікрофоні стояли самі ті люди, які є творці і лідери нової науки про космос. Отже це надає лекціям особливої ваги. Їхнім предметом була вся зоряна астрономія в сучасному її розумінні, їхніми слухачами — «всі, всі, всі». Кожна лекція являє собою по змозі закінчене ціле, а разом вони дають відповідь на всі найпекучіші питання нашої науки.

В українському перекладі ми намагалися надати цим лекціям по змозі простішої форми, звільнивши їх від усяких слідів радіомовлення, які залишилися в другому англійському виданні (зважаючи на це довелося викинути дуже цікаву розмову Шаплі з мікрофоном). На жаль, не було змоги цілком виправити одну хибу — деякі повторення, які неминучі, коли видавати такі радіолекції окремою книжкою. Цей дефект, щоправда, компенсує те, що всяке повторення, яке роблять різні автори з різних доглядів, — дуже повно й всебічно висвітлкює питання.

Доктор Шаплі, дозволивши зредаґувати цей переклад, разом з тим дав мені право робити зміни та доповнення в статтях. На щастя, перших було небагато, а другі винесено з тексту у формі

приміток редактора. Я додав також статтю про радянські обсерваторії, якої немає в американськім оригіналі.

Книжка буде цікава й дуже корисна для робітників та селян обізнаних з елементами фізики й астрономії.

Переходячи від однієї частини зоряного світу до другої читач цієї книжки ніби сходить на вершину, з якої він може охопити ґрандіозну картину Всесвіту. Він бачить, як, підкорюючись тільки своїм власним законам, речовина розвивається, згущується й розпадається, утворюючи зорі й туманності, нарешті, наше Сонце й Землю. Яка далека від цього всесвіту та убога картина його, що її змальовують нам релігійні міти різних народів! Порівняйте незрівняно великий Чумацький Шлях з тою маленькою «твердью», яку зі слів біблії створено «словом божим». Порівняйте незбагненно довгу історію Землі з біблійними шістьома днями творення і ви зрозумієте ту безодню, яка лежить між науковим розумінням світу і релігійними казками. Вивчення всесвіту корисне не тльки тим, що визволяє нас від забобонів. Астрономія має й чисто практичну сторону. Сонце — рушій життя, рослини й тварини живі тільки завдяки йому і без нього загинули б. Вивчення Сонця відкриває перед науковим хліборобством величезні перспективи, які, звичайно, будуть використані на користь соціялістичному будівництву. Я звертаю увагу читачеву на останню статтю книги «Наші обсерваторії», де пояснюється практичну сторону й користь астрономії.

Проф. Б. Герасимович.

ЧАСТИНА

ПРЕДМЕТ АСТРОНОМІЇ

I. Що таке зорі?

Гарло Шаплі

Починаючи свою статтю, я мушу зауважити, що астрономія аж ніяк не безкорисна наука, дарма дехто запевняє в протилежному. Ви маєте змогу вчасно прибувати на місце роботи, бо астрономи спостерігають уважно зорі. Ви встигаєте вчасно на поїзд, прибуваєте вчасно в театр, настроюєте свій радіоапарат, бо астрономи з допомогою зір підтримують стандартний час. Перша послуга, яку людство завдячує астрономії — це стандартні годинники. Друга належить до навіґації. Кораблем керують з допомогою астрономічних таблиць і спостережень, що допомагають морцеві орієнтуватися в морі. Отже у вимірянні часу, землемірній справі, ми знаходимо утилітарні підстави для астрономії, але справжня послуга, цієї старовинної науки, я гадаю, в її культурній і духовній вартості, в поширенні нашого знання і в оціненні всесвіту, що в ньому ми живемо.

Розглядати зорі, довідатися про час, простір, і зоряне світило, — це для багатьох з нас означає відкрити нову добу в існуванні. Майже всі науки мають справу з людиною та її працею, а також з мізерною планетою, на якій вона порядкує. Астрономія облишає людину і Землю іншим наукам, і має справу із зовнішнім світом, де простір, час, маса, енерґія великі, — незбагненно великі як на людські виміри, — де закони Природи діють у колосальному маштабі. Астрономія так само добра медицина для релігій, які занадто обмежені.

Отже, відвернімо на час свою увагу від земних справ до справ небесних. Поперше, ми хочемо, щоб ви подумали про всесвіт, в якому ми живемо, а подруге, надихнути вам деякий інтерес до методів і результатів чистого досліду наукових установ.

Тепер перейдемо до питання, поставленного в наголовку моєї статті: Що таке зорі? Запевняю вас, що це не просто ці-

каві вогники в небі. Вони не просто недостатня заміна вуличної електричної лямпи для мешканця села. Вони не просто одне з випадкових явищ природи, скороминущого інтересу для людства. Саме навпаки, це людська істота і її планета є скороминущий випадок у житті зорі. Бо сонце є зоря — найближча із зір і історія людини є просто короткочасний феномен на одній з вісьмох планет, що обертаються довколо цієї зорі.

Земля, Марс, Юпітер, Венера та інші планети постали еруптивно (вибухово), з сонячної атмосфери кілька більйонів літ тому. Земля, колись газувата й плинна, вкрилася твердою корою і на цій корі з'явилися живі істоти — такі як людина й рослина, всі створені з речовини, що була колись частиною газуватої атмосфери Сонця.

Отже, ми зроблені із зоряної речовини. Більш за те, ми продовжуємо жити також завдяки щедрості нашої зорі, Сонця. Не тільки наше тепло походить від Сонця, безпосередньо — як сонячне світло, або посередньо — як вугілля, торф, і органічні олії, але наш харч також залежить від цієї самої зорі. Це від енергії сонячного світла стає зеленим лист і всі рослини, якими живляться люди й тварини. Отож можна, кінець-кінцем, сказати, що ми живимося сонячним промінням, зогріває нас сонячне випромінювання і зроблені ми з тих самих речовин, що складають зорю.

Ми пишаємося благородними предками, бо ми родичі Місяця і пальмових дерев, сонячних плям і риби, діямантів і хмар, бо ми всі разом не так давно (як астрономи лічать час) постали з тих самих зовнішніх шарів сонячної атмосфери.

Температура поверхні Сонця близько 6000° за Цельсієм і всі речовини там у паруватому стані. Залізо, нікель, алюміній, цинк та інші металі — всі в газуватому стані, бо занадто розжарені, щоб бути твердими або плинними. Сонце справді газувате аж до самого центра, де температура сягає мільйонів градусів. Те саме справедливе і щодо інших зір, вони являють собою великі кулі змішаних при високій температурі газів, що випромінюють тепло й світло в навкружний простір.

Є тисячі зір подібних до нашого Сонця і є тисячі мільйонів інших, що різняться від нашого Сонця тільки деталями розміру, ваги, температури й віку. Більшість зір, які ви бачите голим оком, велетні проти Сонця — вони і більші і ясніші. Середня зоря об'ємом у мільйон разів більша за Землю, а деякі зорі більші у мільйон мільйонів разів. Серед телескопічних зір є також незліченне число таких карликів, як наше Сонце, і напевно більйони менших і блідших.

Ці небесні вогні не світять відбитим сяйвом, як планети, що навколо Сонця. Під нещадним промінням тропічного сонця людина може трохи зрозуміти палючу силу зорі порівняно

малої й кволої зорі, що на віддалі майже ста мільйонів кілометрів[1]

Ці небесні доменні печі не тільки надзвичайно потужні, поза земними порівняннями, але вони перевищують їх також двома сторонами: довготривалістю і властивістю себе підтримувати. Наші геологічні дослідження показують, що Сонце вже тисячу мільйонів літ практично лишається таке як і було. Вивчення небесного руху і структури зоряного всесвіту потверджує, що ціле життя Зорі перевищує мільйон мільйонів років. Для того, щоб підтримувати такий колосальний витвір енерґії протягом незбагненно довгого часу потрібно таке постачання енерґії, яке до останнього часу було навіть неуявне.

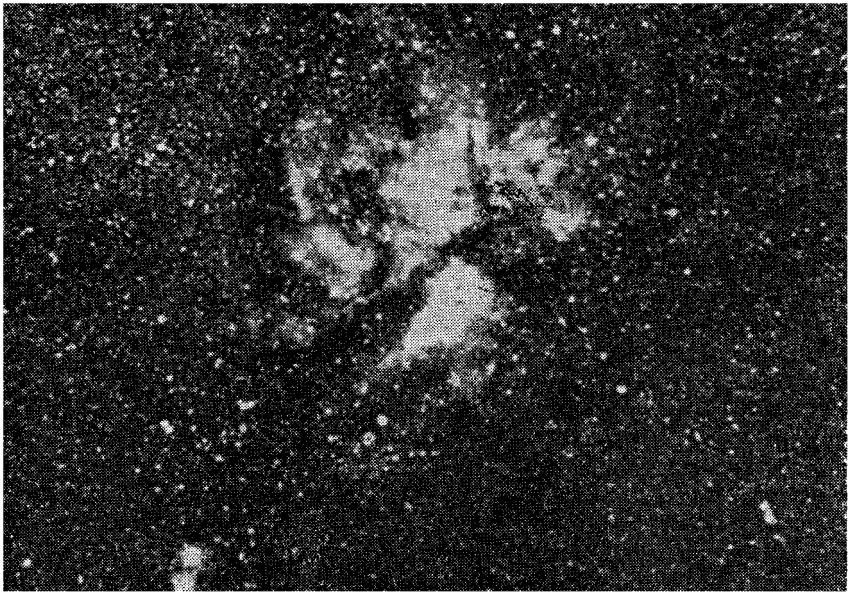
Як ми виявили, Зоря не може довго світитися, бути блискучою, якщо тільки її випромінювання походить від простого запалення матеріялу, або від жару породженого її стисканням від якогось хемічного або електричного ефекту звичайного ґатунку, від жару метеорів, комет або планет що впали на поверхню, або від радіоактивних процесів відомих на Землі, або наслідком якоїнебудь комбінації цих різних джерел. Ніякої іншої причини не можна припустити, як не пожирання своєї власної субстанції, цебто перетворення енерґії матерії в енерґію випромінювання. Як це стається, ми ще не знаємо, але у виключно інтенсивних умовах тиску й температури середини зір можна сподіватися, що атоми матерії руйнуються, щоб створити випромінювання.

Отже, ми запевняємо, що зорі розвиваються, випромінюючи свою матерію. За наш короткий вік не можна виміряти, як швидко старіються сонця, але астрономи знайшли, що зорі розвиваються, переходячи різні ступені — кляси Статтю про зоряну клясифікацію дає XIV розділ міс Кеннон, знавець клясифікації зоряних спектрів.

Я тільки частково відповів на питання поставлене в наголовку. В дальших розділах книжки цю тему обмірковуватиметься докладніше. В наступному розділі ви довідаєтесь про деякі зорі, які можна бачити без телескопа, зорі, що не так далеко від Сонця порівняно з більшістю слабших зір. Тільки шість тисяч зір можна бачити неозброєним оком, навіть дивитись весь час протягом року і з усіх частин земної поверхні. Але навівши на небо ваш бінокль ви зобачите в п'ять або десять разів більше. Малий телескоп може викрити мільйон, а великі фотографічні інструменти, описані в дальших розділах, реєструють сотні мільйонів зір

[1] Сонце випромінює величезну кількість світла. Проте земля дістає тільки 1 : 2.000.000.000 (одну двомільярдну) його. Більшість зір видимих неозброєним оком значно щедріші за Сонце; приміром, Рігель блискуча блакитнева зоря в Оріоні — випромінює в світовий простір у 2.500 разів більше світла, аніж наше Сонце. *Ред*

Обізнаючись із зоряним всесвітом, ми розглянемо дивовижні рої зір і туманностей і відношення цих роїв до космічних систем, що мають назву ґаляктик. Я спробую розповісти вам, як ми вимірюємо протяг величезного зоряного всесвіту й яке наше положення в нашій власній ґаляктичній системі.



Мал. 1. Туманність і зоряні поля в ділянці Ета Каріни (Корми) в Південному Чумацькому Шляху.

Хоч який безмежний і складний здається цей матеріяльний всесвіт, астрономи знаходять, що одні й ті самі закони й процеси діють на Землі, Місяці, Сонці й найвіддаленіших зорях. В один із періодів історії життя Сонця народилась наша планетна система, єдина з відомих нам, бо планети такі малі й незначні, що навіть якби вони існували навколо інших зір, то їх не можна було б викрити. В кількох нарисах цієї книжки ви обізнаєтесь з планетами та їхніми проблемами, і не тому, що планети великої астрономічної ваги, а тому, що ми певні, що ви цікавитесь ними Більш за те, хоча й малі проти зір, планети часто видні на небі і вивчення їхніх атмосфер і рухів свідчать нам про закони, які домінують в зоряних системах. Проте світло планет є просто відбите сонячне світло, бо всі ці другорядні тіла є паразити енерґії зорі, з якої вони постали.

Серед менших тіл сонячної системи, але можливо більшої ваги, ми відзначимо падучі зорі, ці камінці й часточки пилу, які згорають, занурюючись у земну атмосферу; вони роблять такі світлові смуги на небі, що людина необізнана з цим явищем гадає, що якась із зірок загинула. Аматори-астрономи можуть чимало допомогти досліджувати падучі зорі, отже, ми приділяємо один розділ описові того, що може зробити в різних галузях аматор для того, щоб допомогти астрономії.

В дальших статтях ми підійдемо до багатьох фаз сучасної астрономії. Почувати інтимніший зв'язок з зорями буде достатня винагорода, це може збудить у вас дальше зацікавлення наукою, збільшить пошану до величі матеріяльного всесвіту, в якому людині судилося грати малу, але інтересну ролю, а також пошану до роботи дослідницьких установ.

Я гадаю, що найважливіший обов'язок людини науки сприяти й допомагати поширенню знання, яке розсіє забобони, що були найбільшою перешкодою на шляху соціяльної еволюції людської раси, отже наша данина цьому соціяльному обов'язкові буде спроба не по-технічному описати зоряний всесвіт, а цікаво й приступно для всіх.

II. Ясні зорі й сузір'я

Віллем Лойтен

Зорі з'являються і зникають залежно від діб року, сузір'я сходять і заходять протягом ночі, але не всі, наприклад Віз Великий і Віз Малий завжди на невсипущій варті на нашому північному небі. В наших широтах вони ніколи не заходять, так само і далекі південні сузір'я, як Хрест, Центавр і Корабель Арґо, ніколи не сходять. Між небесними полюсами простягається широке пасмо сузір'їв, знайоме всьому світові.

Почнімо з велетенського сузір'я Оріона (Чепіги). Якщо ви колинебудь бачили ясної зимової ночі, як воно сяє на півдні нашого неба в усій своїй дивовижній пишноті й величі, то ви зрозумієте чому старовинні греки дали йому ім'я Оріона, мітологічного велетня-мисливця. Діставши старовинний атлас зоряного неба, ви забачите, як стародавні накреслили цілу постать велетня, зірка за зіркою.

Ясну зорю вгорі ліворуч вони називали Бетельґейзе, що означає в перекладі «рамено велетня». Ця зоря дуже червона, як ви забачите, подивившись на неї, і астрономічні виміри довели, що це одна з найбільших зір неба. Насправді Бетельґейзе така велика, що якби ми поставили Сонце в її центрі, то орбіта нашої Землі лежала б цілком усередині. Ця зоря-велетень майже в тисячу разів ясніша за наше Сонце, але через те, що дуже далеко від нас, вона здається у десять більйонів разів

слабша за Сонце. Віддаль Бетельґейзе од нас така величезна, що її світло, проходячи із швидкістю триста тисяч кілометрів на секунду, забирає більш як сто п'ятдесят років, щоб досягти нашої планети, отже, ми насправді бачимо цю зорю такою як вона була півтора століття тому.

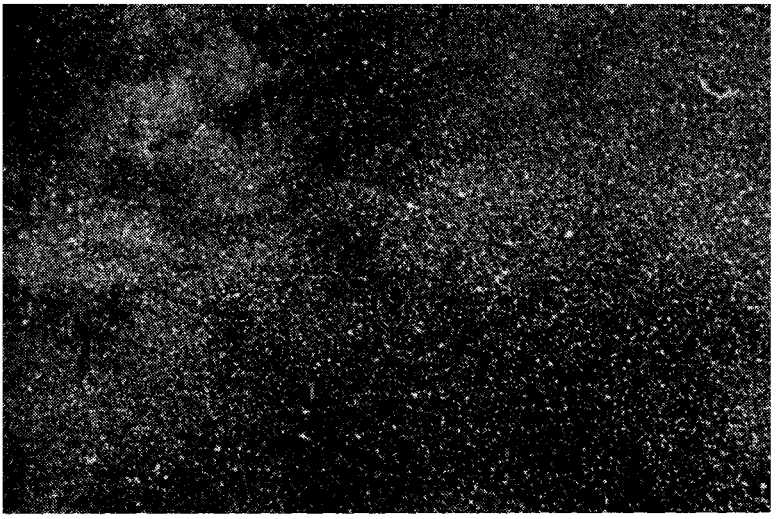
Спускаючись з Бетельґейзе, «рамена велетня», до Ріґеля, «коліна велетня», ми підійдемо до цілком іншого типу зорі. Ріґель — це біла зоря, дивовижно біла, коли дивитися у великий телескоп, і значно гарячіша за наше Сонце. Між Бетельґейзе і Ріґелем є три зорі вряд, що утворюють славнозвісний Оріонів пояс. Вони всі дуже білі і навіть гарячіші ніж Ріґель, але не такі блискучі. Якщо ви в своїй уяві продовжите лінію, утворювану цими трьома зорями, то зустрінете ще по одній ясній зорі на кожному боці цієї лінії. Та, що внизу, в східньому напрямі, також біла зоря і має назву Сіріюс; друга, що в західньому напрямі й над Оріоном, зветься Альдебаран.

Сіріюс — одна з найясніших небесних зір, через це її багато вивчали, і тому про неї є чимало відомостей. Виявлено, що Сіріюс у тридцять разів блискучіший за Сонце, втроє тяжчий і в двадцять сім разів більше об'ємом. Та це ще не все; Сіріюс має малого супутника, якого можна забачити тільки у великі телескопи. Цей супутник обходить довкола нього раз на п'ятдесят років. Ця маленька зірочка — супутник спричинює неправильності в русі самого Сіріюса, її викрили обчисленням значно раніш, аніж забачили в телескоп. Це одне з найдивніших явищ у цілому всесвіті. Наші спостереження показали, що це на колір біла зоря, майже така біла, як сам Сіріюс, і набагато гарячіша за Сонце. Вона важить стільки, як Сонце, але в чотириста разів блідіша — в десять тисяч разів блідіша за Сіріюс — і розміром не багато більша за Землю. Взявши все це до уваги, ми міркуємо, що речовина, з якої складається ця зірка, повинна бути дуже тяжка; один кубічний цаль її важить одну тонну — інакше кажучи, в дві тисячі разів важча за золото, в п'ятдесять тисяч разів важча за воду.

Спостерігаючи Сіріюс за допомогою всіх інструментів, що в нашому розпоряді, ми мали змогу довідатися про минуле цієї планети і вивчити також деякі факти щодо її майбутнього. Ми вивчили її рух, і виявили, що Сіріюс мандрує в тому самому напрямі, що і його родичі, п'ять центральних зір Великого Воза; ці зорі мандрують у космічному просторі разом, підлеглі законові загального притягу, прямуючи до спільного, але невідомого місця призначення.

Виберемо інший шлях і поглянемо на Альдебаран, зорю, що в західньому напрямі, над Оріоном. Цю зорю іноді називають ще Око Бика, бо це найясніша зоря в сузір'ї Бика і має чимало блідіших зір навколо неї, що утворюють фігуру подібну до літери V. Ці зорі старовинні греки називали Гіядами, асоціюючи їх з се-

страми Гіяда. Ще далі на захід і вище ви забачите туманну групу блідих зір, відомих під назвою Плеяд (Стожар). Якщо ви маєте дуже гострий зір, зможете забачити від шістьох до десятьох зір у цій групі, а наші великі телескопи показують нам багато сотень. Вони створюють справжній рій або стоваришення зір, що рухаються разом у просторі, зобачити їх можна в східній частині неба



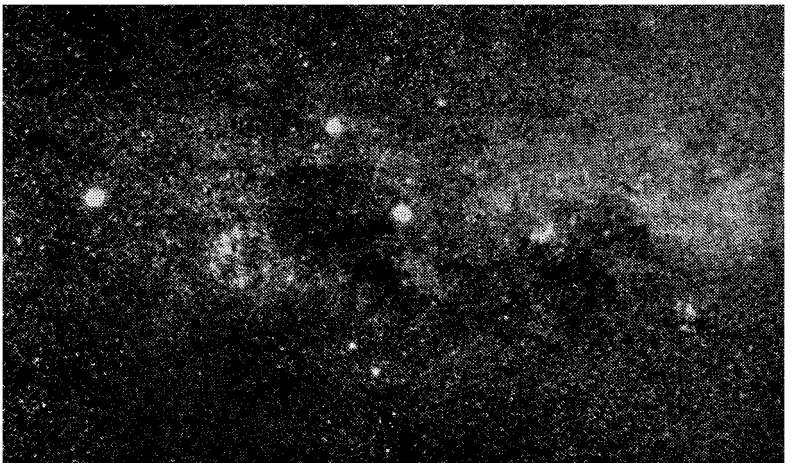
Мал. 2. Чумацький Шлях у сузір'ї Лебедя. Туманність Північна Америка вгорі, праворуч, поблизу ясної зорі Гамма Лебедя. Внизу, ліворуч,—туманність «Риштовання».

на початку зимового вечора. На заході ви помітите великий трикутник з трьох білих зір — Веґи в сузір'ї Ліри, Денеба в сузір'ї Лебедя і Альтаїра в сузір'ї Орла. Веґа — найбільша з усіх і здається нам найяснішою. Насправді Денеб найясніший, цебто має найбільшу світлову силу і тільки здається нам блідішим тому, що дуже далеко від нас. Альтаїр рухається найшвидше від усіх, із швидкістю близько 32 кілометри на секунду і значно ближчий до нас, аніж інші дві зорі. За 12.000 років відтепер Веґа буде нашою Північною Полярною Зорею.

Та частина неба, в якій містяться оці три зорі, дуже багата на зорі, — Це Чумацький Шлях (Молочна Дорога), величезна блискуча стрічка, яка оперізує всеньке небо — хребет нашої зоряної системи. Наші великі телескопи викривають мільйони блідих зір на всьому протязі Чумацького Шляху, що скидається на величезне сховище зір всесвіту.

Поблизу Чумацького Шляху є два дуже важливих сузір'я — це Стрілець (Sagittarius) і Скорпіон (Scorpius). Як тільки в грудні

стає досить темно, щоб бачити зорі, Скорпіон швидко зникає на південно-західньому обрії, а за ним і Стрілець, але в червні й липні вони видимі в наших широтах на початку вечора близько південного обрію. Обоє з цих сузір'їв дуже багаті на ясні зорі, але, на жаль, ми живемо занадто далеко на північ, щоб бачити їх в усій пишноті. В тропіках, де вони стоять дуже високо на



Мал. 3. Південний Хрест і Центавр. Сузір'я Хреста просто в центрі малюнка. Темна ділянка ліворуч—Вугільний мішок. Ясна зоря в кутку ліворуч—Альфа Центавра.

небі, Скорпіон і Стрілець утворюють два найдивовижніших сузір'я. Вогняно-червона зоря Антарес (Анті-Арес), в центрі Скорпіона, називається так тому, що її червоний колір робить її справжнім суперником планети Марса — Ареса (Арес — грецька назва для Марса). Це одна з найбільших відомих нам зір, астрономи залічують її до одної кляси з Бетельґейзе, велетенської червоної зорі сузір'я Оріона. Діяметр Антареса майже в п'ятсот разів більший за діяметр нашого Сонця. Його світло-сила перевищує світло-силу Сонця в чотири тисячі разів.

Якщо ми простежимо Чумацький Шлях від Стрільця на південь, то підійдемо до відомого сузір'я Південного Хреста. Це не дуже велике сузір'я, воно легко може вміститися в чаші Великого Воза, але зате виключно блискуче. Воно складається з двох блакитних зір 1-ої величини, одної червоної зорі 2-ої величини і одної блискучої зорі 3-ої величини. Ці чотири зорі створюють фігуру подібну до хреста, що стоїть просто в небі, коли сузір'я в найвищому положенні на півдні.

На захід від Хреста, між ним і сузір'ям Стрільця, є дві інших зорі 1-ої величини. Вони належать до сузір'я Центавра. Та, що ближча до Хреста, є блакитна зоря того самого типу, що й ясні зорі в Оріоновім поясі. Та, що називається Альфа Центавра, є третя найясніша зоря всього неба, вона жовтявого кольору, як наше Сонце. Насправді, що більше вивчати Альфа Центавра, то більше вона нагадує Сонце. Вона точнісінько такого самого розміру, стільки ж і важить, дає стільки ж світла і така сама гаряча як Сонце. Єдина різниця та, що Альфа Центавра подвійна зоря і її сателіт (супутник), як зведений брат, дістав трохи менше всього від матері Природи: вона слабша, менша, холодніша, жовтіша і не така тяжка як Сонце.

Недавні спостереження довели, що є третя зоря, що належить до цієї системи, але дуже маленька і незначна. Вона дає тільки одну десятитисячну частину світла ясної зорі, значно менша і легша і дуже червона. Уся ця система трьох зір мчить у космічному просторі із швидкістю 35 *км* на секунду.

Система Альфа Центавра — наш найближчий сусід у просторі від нас на віддалі 40 трильйонів (40.000.000.000.000) кілометрів. Такими величезними числами тяжко оперувати, тому астрономи звичайно визначають віддалі в світло-роках (світлових роках), цебто за одиницю береться віддаль, яку проходить світловий промінь за рік. Світло проходить 300.000 км за секунду, отже, щоб світло дійшло до нас з Альфа Центавра, потрібно $4^1/_3$ роки.

За Центавром і Південним Хрестом ми знаходимо сузір'я Каріни (Корми), частини Корабля Арґо, і його найяснішу зорю Канопус, що має назву від імени ватажка, який вивів грецьку фльоту додому після зруйнування Трої. Канопус дуже біла зоря і здається нам другою ясною зорею неба, за винятком тільки Сіріюса. Щодо світло-сили, то Канопус також одна з найблискучіших зір, що перевищує Сонце більше як у тисячу разів.

Я розповів вам лише про кілька найінтересніших зір і сузір'їв. Якщо ви зацікавилися й захочете знати більше про них, то найкраща порада, яку я вам можу дати, — це візьміть мапу зоряного неба, вийдіть ясної ночі, коли нема Місяця, і вивчайте їх самі

III Телескопи та як їх уживають

Віллард Ґерріш

Року 1608-го Ян Ліппершей, голляндський оптик, винайшов, що вставивши в трубку два оптичних скельця, на віддалі кількох цалів одне від одного, він міг бачити віддалені предмети в збільшеному вигляді. Ліппершей очевидно й на думці не мав, що з його винаходу можна скористатися для астрономічних цілей, як це зробив на рік пізніше в Італії Ґалілей.

Телескоп (далекозір) створює образ далекого предмету, збираючи проміння світла, що йде від цього предмету і сходиться в певній точці — фокусі телескопа. Оце зображення можна використати багатьма способами. Спостерігають з допомогою комбінації маленьких опуклих скел, що мають назву окулярів, які насправді просто збільшувальне скло. Збільшувальну силу телескопа можна змінювати просто вживаючи сильнішого або слабшого окуляра (прозірного скла). Якщо поставити у фокусі аркушик паперу, то на ньому відіб'ється зображення. Якщо папір замінити фотографічною платівкою — вийде стійкий відбиток, так само, як у фотографічній камері. Різноманітних додаткових інструментів вживають для різних цілей, ставлячи їх у фокусі телескопа. Там ставлять фотометри, які бувають прозірні, фотографічні або електричні, щоб вимірювати ясність зображення. Болометрів і термопарів уживають для виміру тепла. Спектроскоп, який беззаперечно один з найцінніших приладів для астронома, аналізує світло досліджуваного об'єкту, виявляє чималою мірою різні фізичні умови і навіть вимірює швидкість, з якою об'єкт рухається від нас або до нас.

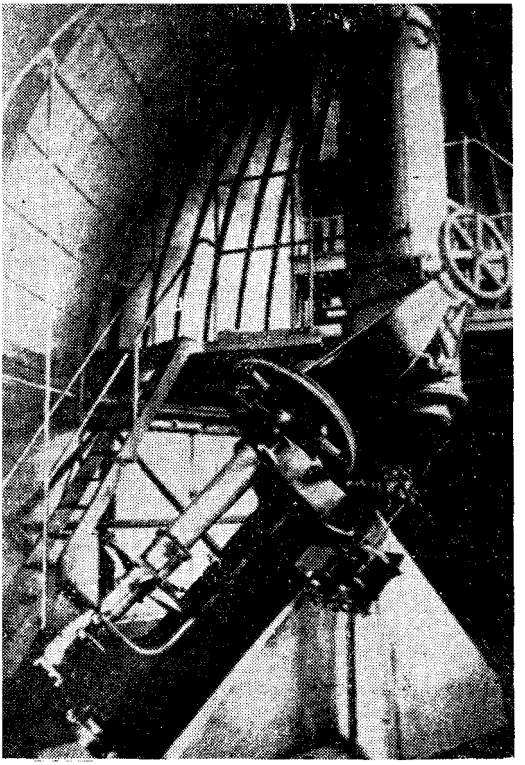
Телескопи поділяють на дві відмінні кляси, що роблять на різних оптичних принципах: рефракції (заломлення) і рефлекції (відбивання). Різниця між ними просто в способі передавати зображення. В рефракторі світло проходить через групу великих лінз, що називаються об'єктивом, тоді як у рефлекторі проміння відбивається назад у напрямі зорі од добре відполірованого дзеркала, трохи вгнутої форми. Найістотніша різниця між двома типами та, що спостережник міститься в нижній частині рефрактора і звичайно у верхній частині рефлектора, хоча в обидвох типах фокусне зображення іноді відбивається в інших зручніших місцях з допомогою додаткових рефлекцій.

Перші телескопи були рефрактори, і діяметри об'єктива з бігом часу дедалі збільшувано. Ліппершеїв телескоп мабуть мав діяметр близько $1^1/_2$ цалі. 1846 року зроблено в Німеччині рефрактор з 15-цалевим діяметром для обсерваторії Гарвардського Коледжу. Цей телескоп з двійником, зробленим тоді ж, був найбільший з тогочасних. 1885 року 30-цалевий рефрактор зроблено в Америці для Пулковської обсерваторії, що недалеко від Ленінграду. 1886 року зроблено 36-цалевий рефрактор для Лікської обсерваторії в Каліфорнії. 1896 року зроблено 40-цалевий об'єктив для Єркської обсерваторії у Вісконсіні й цей рефрактор на сьогодні найбільший у світі [1].

Рефлекторний телескоп тепер дедалі поширюється, бо практично цього типу всі останні інструменти великих розмірів. Дзер-

[1] Відома фірма Парсонс у Шотляндії виготовлює тепер 42-цалевий рефрактор для нашої Сімеїзької обсерваторії в Криму (див. додаток «Наші обсерваторії»). *Ред.*

кала старих рефлекторних телескопів робили з металю. Їх треба було часто полірувати, від цього так стиралася поверхня, що їхні форми поступово змінювалися й вони швидко ставали непридатні до вжитку. Близько середини минулого століття виявили, що скло задовільніший матеріял для дзеркал і його тепер застосовується скрізь. Скла вживають тільки для того, щоб надати дзеркалові



Мал. 4. 24-цалевий рефлектор Гарвардської обсерваторії.

належної форми. Рефлекційну поверхню роблять, накладаючи дуже тонкий шар срібла на чолову поверхню скла способом простого хемічного процесу. Срібло дуже зручне для полірування і його можна відновляти так часто, як це потрібно, не руйнуючи скляної поверхні. Скло, вживане для цієї мети, не повинно бути найвищої якости, що потрібно для лінз, рефракторів хоча б тому, що світло не проходить крізь нього. Через цю обставину, а також і через те, що дзеркало має тільки одну робочу поверхню, тоді як об'єктив має принаймні чотири, рефлектор значно дешевий проти рефрактора такого самого розміру.

Ту надзвичайну точність, з якою треба встановлювати й полірувати телескопічні об'єктиви й дзеркала, найкраще оцінити, сказавши, що всі світло-промені, які падають на об'єктив або дзеркало з далекої зорі, повинні бути так скеровані, щоб збігалися в одній точці, з припустимою помилкою не більшою за кілька сотих міліметра, на віддалі 15 метрів від об'єктива.

Дзеркало вишліфуване з точністю потрібною для цієї спроби, надзвичайно чутливе до викривлень, спричинюваних власною вагою або нерівномірностями температури. Отже треба підтримувати велике дзеркало системою вирівняльних важелів, якими напруга від сили ваги рівномірно розподіляється по всій поверхні. Щоб уникнути труднощів, що виникають від нерівности температури, до деяких великих рефлекторних телескопів додають апарати, з допомогою яких вона при постійній температурі може циркулювати навколо дзеркала перед і після спостереження. З лінзами такі самі труднощі, але в меншій мірі.

Існує загальне переконання, що телескопи роблять з великими об'єктивами для того, щоб надати їм великої збільшуваної сили. Насправді, це не так. Тільки фокальна довжина телескопа визначає збільшувану силу його об'єктива або дзеркала. Великий діяметр пропускає більше світла і тому зображення виходить світліше. Телескопи роблять великих діяметрів, щоб можна було бачити бліді, слабші зорі. Два телескопи, один з об'єктивом один цаль у діяметрі і другий з об'єктивом сорок цалів у діяметрі, матимуть однаковісіньку збільшувальну силу, якщо тільки їхня фокальна довжина однакова.

Повітря — одна з найбільших перешкод в усій телескопічній роботі. Воно збирається в потоки дуже різних температур, постійно в русі і через змінну рефракцію спричинює нестійкість зображення, що інколи описується як «кипіння». Оце кипіння повітря, що серйозно заважає спостережникові бачити спостережувані предмети, нагадує те, що ми помічаємо дивлячись у спеку через розпечену ділянку землі, або бачимо над гарячим паровим радіятором. Але під збільшуваною силою телескопа кипіння повітря помітніше.

До 1885 року практично всі астрономічні спостереження робив спостережник, сидячи при телескопі й дивлячись на телескопічне зображення просто в окуляр (прозірне скло), але незабаром запроваджено фотографічну платівку, як загальновживаний додаток до телескопа, і вживано її дедалі більше. Тепер старою зоровою методою виконується порівняно малу телескопічну роботу, цієї методи вживають тільки при деяких формах спостереження, як наприклад, спостереження змінних зір.

Фотографічна метода має багато переваг. Відбиток на фотоплатівці так би мовити акумуляційний, цебто збільшується в силі з тривалістю експозиції, тоді як зоровий не посилюється з часом. Зорове враження крім того скороминуще, тоді як фотографія

стає постійним записом і може включати багато об'єктів одночасно. Фотографічні записи дозволяють також спостережникові продовжувати свої дослідження і вдень, незалежно від погоди, в умовах комфорту, що дуже сприяє їх успіхові.

Не менш важливий як сам телескоп, — це механізм, який ним керує. За винятком кількох малих прозірних інструментів, вживаних для спеціяльних цілей, майже всі астрономічні телескопи мають екваторіяльну уставу. Ми всі знаємо, що Земля обертається навколо своєї осі із заходу на схід, роблячи один повний оберт за двадцять чотири години. Ось чому здається, що Сонце, Місяць і зорі кружляють щодня довкола Землі, сходячи на сході і заходячи на заході. Отже, якби телескоп був скерований у сталому напрямі на зорю, то зоря швидко пробігала б через поле зору і зникала б за кілька секунд. Це було б досить прикро при зорових спостереженнях, але фотографічну роботу це просто руйнувало б. На фотографії зображення кожної зорі повинно бути круглої форми, а це означає, що телескоп повинен посуватися слідом за зорею часто протягом багатьох годин з відхиленням не більшим за кілька тисячних цаля. Екваторіяльно встановлений телескоп тримається на міцному стрижні, що має назву полярної осі і точно вивірений і припасований, щоб бути паралельним Земній осі. Ця полярна вісь обертається із сходу на захід, щоб компенсувати за рух Землі із заходу на схід.

У старих уставах силу для обертання давав тяжкий годинниковий механізм, урухомлюваний вагою. Такий тип рухового механізму ще й досі застосовується в більшості великих телескопів. Великі астрономічні інструменти урухомлюються електромоторами. Рух телескопа повинен бути дуже стійкий і тому деякі з великих інструментів частково плавають на воді або живому сріблі, щоб якмога зменшити тертя вальниць. Останнім часом кулькові вальниці так успішно застосовано в деяких великих типах телескопічних устав, що поплавці тепер зовсім непотрібні. Сучасні великі телескопи повертаються й направляються виключно електрикою. Кількох кнопок під рукою спостережника або його помічника досить для того, щоб повертати прилад на північ або південь, схід або захід, швидше або повільніше.

Аматорський телескоп, діяметром 3 — 4 цалі, коштує лише кількасот долярів, але відомості, які може дати цей прилад про моря й гори Місяця, про поверхню й супутників планет і про тисячі інших невидимих голим оком зір, більше ніж виправдують витрати. Чотирицалевий об'єктив в оправі коштує тільки близько 125 долярів, але разом з тим як збільшується діяметр—поза всякими пропорціями підвищується ціна, через великі труднощі побудови. Лінзи 12-цалевого рефрактора коштують 3500 долярів. 36-цалевий об'єктив напевно коштує щось із 50.000 — 60.000 долярів. Дзеркала коштують загалом близько одної десятої вартости лінз того самого розміру, що являє поважний арґумент на

користь вживанню рефлекторів. Великий 100-цалевий рефлектор обсерваторії Мавнт-Вілсон у Каліфорнії, найбільший з сучасних телескопів, коштує разом з усією уставою понад півмільйона долярів. Це найдорожчий прилад з усіх збудованих людством для суто-наукових досліджень, і дивовижні наслідки протягом кількох років по його збудуванні свідчать за успіх мети його призначення й дії.

IV. Фотографування зір і планет

Едвард Кінґ

Сто літ тому фотографія була невідома. Здавалося сном і мрією, що можна зробити дзеркало, яке затримувало б минущу картину, яку бачать очі, або зберегти в постійні форми телескопічне зображення. Тяжко уявити, яке дуже молоде мистецтво діставати точні й довготривалі записи діянням світла.

Нещодавно, 1924 року, Франція відзначила пам'ять Ніепса, який сто років тому здобув перший фотозняток з допомогою сонячного світла. Ці «сонячні малюнки» виґравовувано на металевих платівках, які з допомогою друкарського преса давали відбиток на папері. Даґер, працюючи з Ніепсом, опублікував розвідку про першу практичну методу фотографії 1839 року. Даґеротипія стала модою і, мабуть, наші діди вважали її за більше диво, аніж у наші дні радіо або кіно.

Сучасна астрономія багато завдячує фотографії, але це зобов'язання не однобічне, бо це був астроном, Днож Гершел, хто дав фотографії добре відомий фіксаційний чинник гіпосульфіт. Це він викував терміни «позитив» і «неґатив», знайомі кожному фотографові. 1840 року Дрепер у Нью-Йорку здаґеротипував Місяць.

Оце було вперше знято небесний об'єкт. Перший фотозняток зорі добуто десять років пізніше. Даґеротипну платівку було закладено в фокусі Гарвардського 15-цалевого телескопа, наведеного на блакитно-білу зорю Веґу, але потрібно було близько двох хвилин, щоб зафіксувати зображення навіть такої ясної зорі, а це занадто довго для практичного вжитку.

Коли були запроваджені вогкі платівки, зоряне фотографування відновив проф. Ґеорґ Бонд у Гарвардській обсерваторії. Нові платівки в одну мить відбили зображення Веґи. Проф. Бонд також дістав зображення подвійної зорі Міцар у сузір'ї Великого Воза і показав можливості застосовувати цю методу для інших цілей. Насправді його тогочасні статті можна назвати пророкуванням, бо його передбачення майбутнього більш ніж справдилося. Тепер наші великі телескопи показують зорі в мільйони разів слабші, аніж зфотографовані Бондом 1857 року.

Інші продовжували цю працю, але мало що можна було зро-

бити до винайдення так званої сухої платівки. Робити експозицію з вогкими платівками можна було тільки тоді, коли платівка залишалася вогка, а суха платівка дозволила довгочасну експозицію, що так конче потрібно в небесній фотографії. Під керівництвом директора Гарвардської обсерваторії Едварда Піккерінґа були зроблені 1882 р. експерименти з сухими платівками.

Мал. 5. Перші астрономічні фотознятки: Подвійна зоря Міцар, планета Сатурн і Місяць. Зняв Бонд у Гарварді 1857 року.

але тільки 1885 року він розпочав свою працю над складанням зоряної мапи. Як наслідок цієї величезної роботи ми маємо в обсерваторії понад 300 тисяч фотознятків. Це нагадує «ґалерію злочинців» для зір. Якщо якась зоря розвиває свавільні «примхливі» тенденції, ми зможемо знайти сотні фотознятків, що показують її минуле життя. Це ілюструє найціннішу рису фотографічних спостережень, той факт, що вони так само корисні після промежку багатьох років, як у перший час.

Інший центр ранньої фотографічної діяльности був у Південній Африці. Коли велика комета 1882 року нависла на північнім краю неба як зловісна призвістка, кілька фотографів міста Кептавну, заради цікавости, зфотографували її своїми портретними камерами. Ці світлини, напевно перші зняті з комети, були пока-

зані астрономам Кепської обсерваторії. Після того астрономи позичили камеру з об'єктивом і прикріпили її до телескопа. Вони дістали кілька добрих знятків, які показували не тільки комету, але й багато зір, а це дало їм думку з допомогою фотографії скласти небесну мапу. Цей інцидент спричинився до появи великого фотографічного каталога Кепської обсерваторії.

Одне з найважливіших застосувань фотографії в астрономічних дослідженнях стосується до зоряних спектрів[1]. Зоряні спектри говорять нам про склад, температуру та інші фізичні умови зір. 1872 року Генрі Дрепер, з Нью-Йорку, одержав перший вдалий зоряний спектр — нашого друга Веґи. Дреперові прилади запозичили потім у Гарварді і з поліпшеними апаратами й швидшими платівками проф. Піккерінґ почав довготривалу роботу над записом характеристик зір за їхніми спектрами. Це поклало початок нещодавно опублікованому Дреперівському каталогові, який дав клясифікацію більш ніж 200 тисяч зір.

Астрономічний телескоп, уживаний для складання мап, різниться від аматорської камери головно розміром. Застосовують комерційні сухі платівки. Звичайне питання, що його задають астрономові, таке: «Як ви дістаєте вночі досить світла для того, щоб фотографувати небо?» Я чув це від багатьох, починаючи від професорів, спеціялістів у своїй галузі, і кінчаючи аматорами, що роблять свої перші миттьові знятки. Відповідь така: кожна зоря дає досить світла від своєї розпеченої блискучої поверхні, щоб відбитися на фотографічній платівці. Планети, проте, повинні запозичити світло від Сонця. Ми фотографуємо їх сонячним світлом, відбитим від планетної поверхні. Можна пізнати, що Венера і Юпітер планети не тільки з того, що вони ясні, але й з того, що вони сяють рівним світлом і не блимають як зорі.

Планети показують нам свій диск у телескоп і, зфотографувавши їх, ми бачимо поверхневі деталі, а зоря на фотознятку виходить як крапка. Зображення різних зір на одній і тій самій

[1] Нагадаємо читачеві про такий простий дослід. Якщо пропустити сонячний промінь крізь вузьку щілину в темну кімнату, то на протилежній стіні з'явиться біленька смужка. Але коли на шляху променя поставити скляну призму (приміром паличку з трикутним перекроєм), то замість біленької смужки покажеться веселкова пляма, — наслідок накладення багатьох кольорових зображень щілини у віконниці, починаючи від червоного через усі кольори веселки до фіялкового включно. Ця веселкова смужка має назву спектра. Коли замість щілини у віконниці й призми взяти спеціяльний прилад-спектроскоп, то сонячний спектр буде перед нами трохи інший. Веселкова смужка буде перетята безліччю темних ліній, які названо франгоферовими лініями від імени німецького вченого Франгофера, який їх уперше відкрив. Виявляється, що темні лінії утворюються наслідком вбирання сонячного світла холоднішими парами його атмосфери. Кожний хемічний елемент дає властиві йому лінії — отже вивчаючи сонячний спектр, ми можемо довідатися про хемічний склад атмосфери Сонця. Подібно Сонцеві кожна зоря дає свій спектр, проте вивчення його потребує великих збирачів світла—телескопів. *Ред.*

платівці можуть бути різних розмірів, але це фотографічний ефект, залежний від ясности зорі. Великий телескоп збирає більше світла й дозволяє нам фотографувати слабші зорі й більше їх. Голим оком ми можемо бачити щонайбільше шість тисяч зір на всьому небі, а у великий рефлекторний телескоп обсерваторії Мавнт Вілсон можна зфотографувати півтора мільярди зір.

Можливо дехто з вас захоче зробити маленький фотозняток зоряного неба звичайною камерою. Для цього треба відкрити об'єктив на ввесь поперечник і встановити фокус так, як це ви зробили для далеких предметів. Коли настане вечір, наведіть свою камеру на Північну Зорю і тримайте її твердо в цій позиції. Експозуйте півгодини або й більше. Виявлений неґатив покаже вам багато ліній, які частково оточують полюс. Оці лінії — сліди зір, відбиток їхнього пересування на платівці, що є наслідком обертання Землі навколо осі. Збільшення експозиції дасть довші риски — сліди зір, але не дасть зображення слабших зір.

У старих фотоательє вживали цілого комплекту лещат, якими тримали голови фотографованих жертв, щоб вони не рухалися, тому й не дивно, що наші предки на портретах мали такий зосереджений і суворий вираз обличчя. Звичайно, ми не можемо застосувати такий спосіб до зір, але ми можемо вжити годинникового механізму, щоб обертати довкола телескоп у західньому напрямі, бо Земля обертається на Схід. Проте найкращий рух годинникового механізму, якого ми можемо досягти, не є досконалий, його повинен доповнювати спостережник. З допомогою допоміжного телескопа, прикріпленого до фотографічного телескопа, в який дивиться спостережник, можна виправити всяку неточність годинника або телескопо-рушійного механізму.

Вести телескоп за зорею під час довгих експозицій, які іноді тривають кілька ночей,—дуже вимоглива й втомна робота. Величезна точність потрібна, щоб керувати телескопом ніч-у-ніч, щоб зоряний відбиток падав якраз на ту саму мінутну поділку платівки. Отут ми відзначаємо величезну перевагу фотографії, про що ми вже згадували в попередній статті. При зоровім спостереженні очі астронома швидко втомлюються й він бачить по кількох хвилинах скорше менше, аніж більше, тимчасом фотографічна платівка збирає світло й «бачить» то більше, що довше падає на її поверхню зоряне проміння. Фотоплатівка має нагромаджений (кумуляційний) зір.

Фотографічна платівка «бачить» головно з допомогою блакитного світла. Наші очі найчутливіші до жовтого світла. Отже визначення фотографічної ясности різниться від зорових спостережень тим, що сприяє зорям блакитного кольору. Щоб компенсувати це, ми іноді вживаємо жовто-чутливих платівок з жовто-світловим фільтром. З другого боку, навіть можна зфотографувати світлове проміння, яке зовсім невидиме для ока.

Чималого значення останніми часами надано сприятливому ефектові невидимого ультрафіялкового проміння. І курчатам і дітям корисно виходити на сонце. Діти, які більше сидять у кімнаті ніж на дворі, навіть у сонячній кімнаті, можуть захоріти на рахіт через брак оцього проміння, що не проходить крізь звичайне віконне скло.

При цілковитому сонячному затемненні 1925 року сонячну корону[1] зфотографувала гарвардська експедиція в Нентукеті об'єктивом зробленим з кварцу, який прозорий для ультрафіялкового проміння. Для того, щоб не пропускати іншого проміння крім ультрафіялкового, одну з поверхень лінз грубо посріблили так, що вона здавалася цілком непрозорою. Хоча сонця не видно окові крізь посріблений об'єктив, його легко можна зфотографувати в цей об'єктив за частку секунди і однохвилинна експозиція дасть нам ультрафіялковий зняток сонячної корони[2].

Зовсім недавно фотографування світлом різних кольорів було застосоване до планет і дало дивовижні наслідки. Отак спостережено Марс, Юпітер, Сатурн і Венеру. Світлофільтри відповідного кольору ставлено навпроти фотографічної платівки, тоді як її експозовано в телескопі. Безперечно кожну платівку треба сенситизвувати (зробити чутливою) для певного кольору, що проходить крізь фільтр. Отак були здобуті фотознятки в інфрачервоному, червоному, оранжевому, синьому, фіялковому й ультрафіялковому світлі. Від цих розмаїтих змін кольору трансформація зовнішнього вигляду планети така ж разюча, як світлові ефекти сценічної декорації. Загалом в ультрафіялковому світлі зображення більші, аніж в інфрачервоному. Це можна пояснити як зображення навкружної планетної атмосфери. Хмарні утвори на Венері, приміром, показують деталі з ультрафіялковому світлі, яких не видно в червоному. Атмосферні збурення в ультрафіялкововім світлі показуються як темні, або ясні плями. Поверхневі знаки, які існують на Марсі, здається виходять найкраще в оранжевому або червоному світлі. Таким чином відкривається широке поле для вивчення планетарної метеорології.

У цій статті неможливо через брак місця докладніше розповісти про ролю фотографії в сучасній астрономії. Безперечно

[1] Сонячна корона—сріблясте сяйво у верхніх шарах сонячної атмосфери—буває видима тільки в ті рідкі моменти, коли Сонце закривається Місяцем, цебто підчас цілковитих сонячних затемнень. В інший час корона цілком зникає для спостережника на яскравому тлі денного неба. Нагадаємо читачеві, що ультрафіялкова частина спектра безпосередньо межує з фіялковою, до цього проміння, проте, наше око нечутливе. Зате воно впливає на фотографічну платівку, ось чому й названо його хемічним. В протилежній частині спектра до червоного проміння прилягає так зване (інфрачервоне) воно також невідоме окові, але зате має великий тепловий чин, ось чому і має назву «теплового». *Ред.*

[2] Перші знятки планет крізь фільтри дістав наш пулковський астроном Г. А. Тіхов років п'ятнадцять тому.

те, що після винаходу телескопа найбільше допомогла астрономії фотографія. Ви тільки подумайте, як багато важить фотографічна платівка для астронома в скороминущі хвилини цілковитого сонячного затемнення. Желятина й срібло в сполуці з кількома хемікалями і накладені на скло або целюльоїдну плівку роблять своє діло. З допомогою цієї магії ми розвідуємо безодні простору. Ми можемо обчислити рух таких далеких тіл, що їхнє світло потребує тисячоліть, щоб досягти нас. Ми можемо дістати звістки з минулої історії зір і про їхню еволюцію. Не буде перебільшенням сказати, що без послуг фотографії далекі небесні тіла і досі були б оповиті загадковою і непорушною таємницею.

V. Робота аматора в астрономії

Леон Кемпбел

Я думаю, що є читачі, які цікавляться не тільки тим, що зробили в минулому аматори-астрономи, але й тим, що самі можуть зробити, щоб збільшити власні знання з астрономії і допомогти збільшити підсумки науки. Слово «аматор» означає того, хто робить безкорисно, з любови до справи, і якщо хто працює з любови до справи, — він зможе в астрономії знайти надхнення. Треба сказати, що коли ви не маєте спеціяльної підготови до роботи, астрономія скорше буде вашою розвагою, аніж роботою. Багато чим завдячує аматорові в минулому астрономія, і я можу запевнити вас, що ще більше залишається зробити, а це збільшить наші знання про зорі.

Історія знає чимало випадків, коли аматор зробив багато цінних послуг астрономії, можливо навіть більше, аніж в якійсь іншій галузі знання. Вельми цінну участь Генрі Дрепера у вивченні зоряних спектрів можна навести як приклад вартий уваги. Закінчено розпочату ним роботу в Гарвардській обсерваторії завдяки щедрості й зацікавленості його дружини, після смерти Г. Дрепера.

Другий визначний приклад таких досягнень американського аматора-астронома — це праця Джоела Меткафа, який не тільки сконструював власними руками кілька телескопів для своїх досліджень, але й зробив чималі успіхи у відкритті нових астероїдів і комет. Це був справжній талант, тільки з любови до знання він робив першорядні лінзи й уживав їх з умілістю добре витренованого астронома-професіонала. Гарвардська обсерваторія має кілька фотографічних телескопів з лінзами Меткафа, що їх реґулярно вживають для астрономічної роботи.

На жаль, це правда, що багато ентузіястів вкладало чимало коштів на купівлю доброго телескопа, розважалося короткочасним спостереженням Сонця, Місяця, планет і зір і, вивітривши

все своє астрономічне знання приятелям, позакидали інструмент десь на горищі. Тільки той, хто перейшов стан таких безсистемних, уривкових спостережень, почне відчувати насолоду й задоволення.

Ви запитаєте, що можна зробити в галузі спостережень, щоб справді допомогти нашій науці. На це можна відповісти, що є кілька шляхів дослідження, приступних аматорові з телескопом, або без нього.

Коли спостережник не має телескопа — спостереження метеорів багате поле для нього. Мільйони метеорів потрапляють щоденно в Земну атмосферу, деякі з них не більші за піщинки, деякі такі великі, що освітлюють небо навіть серед білого дня, отже легко зрозуміти, як багато роботи тільки над спостереженням метеорів, а саме: рахувати їх, обчислювати їхнє положення, оцінювати їхню ясність, особливо підчас метеорних злив.

Спостерігаючи певну ділянку неба ясної ночі якихнебудь півгодини, кожен безперечно може нарахувати кілька блискучих метеорів, і навіть побіжно ознайомитися з небесною топографією, зможе накреслити їхню путь і таким чином скласти дані для визначення їхніх радіянтів — точок на небеснім склепінні, які одержуються від перетину продовжних шляхів метеорів.

Американське Metcor Society згуртувало навколо себе ентузіястичну групу спостережників метеорів цілої країни, і постійно вербує нових членів до своїх лав. Ця робота легка, цікава й продуктивна, бо дає реальні наслідки[1].

В. Фіше у своїй розвідці про падучі зорі робить особливий наголос на застосуванні фотографії, щоб закріпити цінні дані про метеори. Хоча й не можна сподіватися, що такий спосіб роботи замінить зорові спостереження, все ж очевидно, що фотографуючи шлях метеора можна більше дістати інформації, бо фотозняток — постійний запис.

Телескопічні дослідження моментів видимого проходу Місяця перед зірками, технічно відомі як окультації (покриття) — дуже цікава робота для аматора-спостережника. Вони мають важливий вплив на проблеми руху Місяця й обертання Землі, які не реґулярні. Якщо треба розв'язати якусь проблему потрібні частіші й численніші спостереження. Тепер, коли є змога перевірити годинника за радіо-часом, аматор може робити цілком певні й цінні спостереження.

Не тільки спостереженням аматор може допомогти в роботі над спостереженням окультацій — допомога ця дуже потрібна

[1] Наші аматори астрономії також багато зробили для вивчення падучих зір і метеорів. Товариство «Мироведение» в Ленінграді має спеціяльну «секцию падающих звезд», члени якої по всьому Союзу ведуть інтенсивні й дуже цінні спостереження. *Ред.*

й цінна — але, якщо він може добре оперувати логаритмами, то зможе чимало допомогти в обчисленні майбутніх моментів окультації, а також в обчисленні даних своїх спостережень або інших осіб. Обчислювальна робота не тяжка, вона дуже цікава, особливо коли в хмарні ночі не можна провадити спостережень. Більше відомостей про цю галузь астрономічної роботи можна дістати, написавши ближчій обсерваторії.

Є ще інша ділянка роботи для аматора, що не має телескопа. Ви напевно всі чули про нові зорі, або «novae», як їх звичайно називають. З часу Тіхо Браге відкрито щось із 50 нових зір і близько дванадцяти з них помічено й пізніше інтенсивно спостережувано голим оком.

Нова зоря, яку відкрив Тіхо Браге, що з'явилася року 1572 у відомому сузір'ї Кассіопеї, стала така блискуча, як промениста планета Венера в її найясніший період, і була видима голому окові впродовж багатьох місяців. Кілька цікавих нових зір з'явилося на небі протягом останніх 25 років, починаючи з блискучої Nova Persei 1901 року. За нею Nova Geminorum 1912 року, Nova Aquilae 1918 року. і Nova Cygni 1920 року. Як на недавній приклад, можна вказати на нову зорю, що з'явилася в травні 1925 року в південнім сузір'ї художника (Піктора). На превеликий жаль, для нас, північан, її було видно тільки у південній півкулі. Ця зоря за кілька день досягла 1-ої величини і залишалася видима простому окові впродовж багатьох місяців, ввесь час міняючи свою ясність.

Як приклад допомоги аматора науці, цікаво відзначити, що всі блискучі нові зорі, які з'явилися цього століття, вперше відкрили аматори, обізнаність яких з блискучими зорями видимих сузур'їв дозволила їм викрити наявність дивної зорі на початку її видимої кар'єри. Т. Андерсон в Едінбургу (Шотляндія) незалежно від інших відкрив принаймні три нових зорі, бувши першим відкривцем Nova Aurigae року 1892, і Nova Persei року 1901. Річард Ватсон, з Південної Африки, не тільки відкрив нову зорю в сузір'ї художника, але й один з перших помітив Nova Aquilae 8 червня 1918 року. Оцю останню нову зорю незалежно один від одного відкрило більш як двадцятеро спостережників, при чому більшість з них були аматори. Через те, що більшість нових зір трапляються близько або в самім Чумацькім Шляху, було б дуже бажано, щоб спостережник обізнався з усіма зорями сузір'їв, що лежать уздовж цього добре відомого зоряного пояса і які можна бачити голим оком.

А тепер скажемо кілька слів і про роботу, якій може віддати своє дозвілля задоволений і щасливий власник телескопа. З давніх давен шукання комет було принадною розвагою і для професіонала і для аматора. Хоча останніми роками чимало комет виявили професіонали - астрономи за фотознятками, дуже багато їх знайшли також аматори наслідком певних шукань. Ама-

тор. Л. Пельте за десять років, присвячених астрономічним спостереженням, знайшов три комети, хоча тільки остання з них була оригінальним відкриттям. Покійний проф. Вільям Брук з Дженеви (штат Нью-Йорку) вперше відкрив щонайменше дванадцять комет приблизно років за двадцять спостережень.

Для шукання комет найпридатніший телескоп з коротким фокусом, широким полем, і малосилим окуляром, і тоді така ясна комета, як зоря дев'ятої величини завжди буде виявлена. Хоча відкриття комет може призвести до значної публічности, але робота ця менш важлива для астрономічної науки, аніж та галузь спостереження, про яку оце зараз згадаю — спостереження змінних зір.

Щоб краще пояснити роботу над спостереженнями змінних зір, дозвольте сказати мені кілька слів про одну з найентузіястичніших організацій аматорів-спостережників, яку можна знайти у всім світі, — це так звана «Американська Асоціяція Спостережників Змінних Зір» (American Association of Variable Star Observers), що скорочено називається «AAVSO». Вона складається переважно з аматорів і головна мета її — забезпечити ті спостереження, які дуже цінні професіоналові-астрономові. За сімнадцять років упертої спостережницької роботи понад триста спостережників, Асоціяція зібрала близько 300 тисяч зорових спостережень [1].

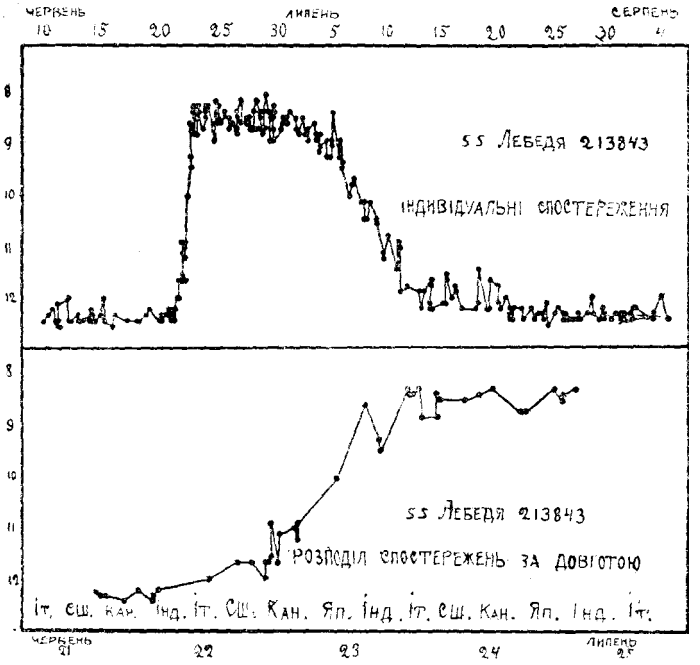
Склад Товариства надзвичайно різноманітний, члени його різних професій, — від хірурга, який користався з 8-цалевого рефлекторного талескопа власного виробу і фармерського сина, що оперує 6-цалевим рефрактором, позиченим у співчутливої обсерваторії, до заклопотаної хатньої господині, яка кожної ясної ночі виносить своє маленьке скельце, щоб вивчати зорі.

З численними телескопами в їхнім розпоряді, — від менших за три цалі до більших за 20 цалів діяметром — спостережники систематично стежать за реґулярними і нереґулярними змінами світла близько п'ятсот зір. Спостереження роблять не тільки члени Товариства, що майже в кожній частині Сполучених Штатів, але є спостережники й на всій земній кулі — в Европі, Південній Африці, Австралії, Індії й Японії. Ці аматори-астрономи так добре вправляються з цією работою, що професіонали-астрономи покладаються майже цілком на їхні результати, бо

[1] У нас є кілька аматорських асоціяцій спостережників змінних зір. Найбільша з них — «Мироведение» (Ленінград): її члени роблять багато тисяч спостережень на рік і систематично публікують їх. Ряд її спостережників має заслужену відомість не тільки в нас, але й за кордоном. Далі йде «Московское Общество любителей астрономии», «Нижегородский кружок любителей физики и астрономии» — останній публікує спеціяльний журнал «Переменные звезды» (передплата 1 крб. 50 коп., адреса: Нижний Новгород, почтовый ящик № 24). На Україні функціонують філії вищезазначеного Т-ва «Мироведение». *Ред.*

ці дані потрібні для того, щоб краще зрозуміти причини мінливости оцих цікавих зір.

Багато зір так уважно спостережуваних «AAVSO»,—так звані довгоперіодичні зорі. Їхні зміни звичайно поступові, від максимальної величини до мінімальної проходить кілька місяців. Хоча сьогодні вночі зоря може бути така блискуча, що її помічаємо



Мал. 6. Зміни в світлі зорі SS Лебедя, які спостерігали члени AAVSO. На верхній діяграмі показано зміни протягом двох місяців, зазначених угорі на берегах діяграми. Цифри ліворуч показують ясність зорі, означену в зоряних величинах; ясність збільшується догори колонки. Нижня діяграма показує невеличку ділянку верхньої, намальовану в збільшеному горизонтальному мірилі, яке позначено внизу на берегах діяграми. Вона ілюструє як важливо мати спостережників по всьому світі.

голим оком, чотири або п'ять місяців згодом, щоб бачити її, може потрібна буде допомога порівняно великого телескопа.

Вартий уваги приклад такої зорі це Дивна (Mira Ceti) в сузір'ї Кита (Cetus). Це була перша відкрита змінна зоря і понад триста років зміни в її ясності спостерігали покоління астрономів, і професіоналів і аматорів. Приблизно через кожних 11 місяців вона досягає максимуму блискучости, — іноді стає така блискуча, як Північна Зоря, — іншого часу не ясніша за зорю 4-ої величини. Коли вона блискуча, то її легко впізнати з її

червонястого кольору, і швидкість збільшення її ясности від мінімуму до максимуму може бути якихнебудь 10 день.

Існує не тільки кількасот довгоперіодичних змінних зір, які уважно спостерігають аматори-астрономи, робочі листи містять кілька особливих «неправильних» змінних зір, інтересних тим, що ми ніколи достеменно не знаємо, що з ними станеться далі. Можна подати безліч прикладів, але я наведу лише кілька типових випадків, щоб ви мали уявлення про їхні примхи й дивацтва. Візьмемо випадок SS Лебедя — змінної зорі, відкритої в Гарварді 1896 року в сузір'ї Лебедя (Cygnus). Це слаба зоря, звичайно близько 12-ої величини, яка в переміжках 20—90 день раптово яснішає майже в сто разів, досягаючи близько 3-ої величини. Не можна передбачити її максимуму і швидкість з якою зростає інтенсивність її ясности — змінна. Сьогодні її можна ледве забачити в 4-цалевий телескоп, а завтра вона може бути максимально ясна, така блискуча, насправді, що в полі зору телескопа — це найблискучіша зоря. Іншого часу зоря може почати збільшувати свою ясність і замість того, щоб за ніч або дві ночі досягти максимуму, на це може піти тиждень або й більше. Отже хіба дивно, що десятки аматорів змагаються між собою, хто перший спостереже як SS Лебедя досягне максимуму. Є ще кілька інших зір отакого мерехтливого типу мінливости, але SS Лебедя найпопулярніша серед спостережників.

Приклад ще іншого типу змінних зір, — це SU Бика, слаба зоря в сузір'ї Бика. Ця зоря відкрита як змінна ще двадцять років тому в Гарварді й має риси цілком протилежні знайденим в SS Лебедя. SU Бика — зоря, яка протягом довгого часу має нормальний максимум ясности і величину близько 9,5 і потім без усякого попередження раптом зменшується до сотої частини своєї первісної інтенсивности, стаючи такою блідою, що її тільки можна бачити в потужні телескопи. Вона так мало змінилася за сім років між 1918 і 1925 р., що дехто із спостережників дивувався, чи не спостерігали вони бува не ту зорю, бо серед таких слабих зір легко помилитися.

Я міг би ще більше розповісти про дивацтво численних неправильних змінних зір, але й сказаного досить, щоб знати, яке можна дістати задоволення, ставши досвідченим спостережником змінних зір. Праця ця не тяжка. Вона потребує тільки чималої настирливости, терпіння і вміння швидко орієнтуватися визначаючи зоряні аспекти (конфіґурації) на небі чи в полі телескопа.

Всі спостереження членів Асоціяції Спостережників Змінних Зір передається щомісячно Гарвардській обсерваторії, де їх упорядковують і складають у формі покажчика, а пізніше докладно обговорюють. Оригінальні спостереження реґулярно публікують. Якби оці повідомлення членів Асоціяції оправити в один том, то він мав би понад тисячу сторінок — відмітний внесок амато-

рів у скарбницю астрономічної науки. AAVSO — одна з найбільших організацій такого типу. Подібні організації існують в Англії, Франції, СРСР та в інших країнах.

Тепер, коли я розповів, що ви можете зробити для того, щоб збільшити свою зацікавленість зорями — решта належить вам. Ось уже більше за чверть століття Гарвардська обсерваторія прагне стимулювати бажання серйозного аматора дати спостережні результати цінні для астрономії. Щільне знайомство між аматором і професіоналом безперечно призведе до більшого зацікавлення астрономією широких мас і контакт і співробітництво дадуть користь обидвом — і астрономові і аматорові.

VI. Американські обсерваторії

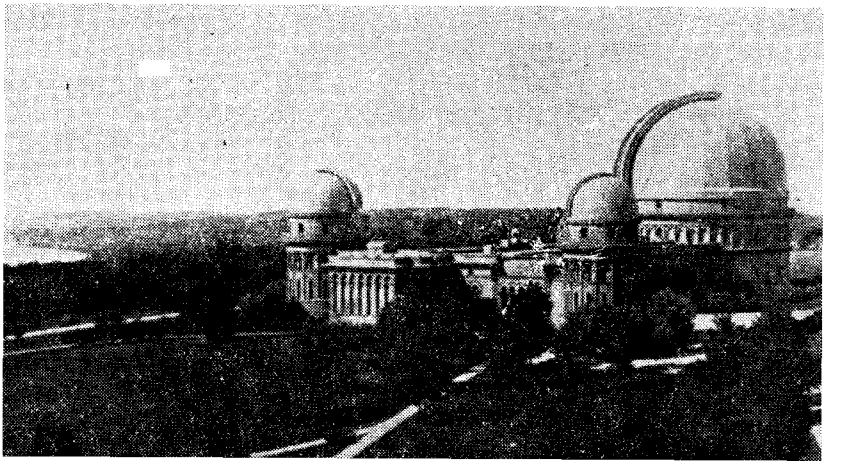
Леон Кемпбел

Тепер, коли ви ознайомилися із зоряним небом і телескопами, з допомогою яких спостерігають зорі, зробимо уявну подорож до місць розташування деяких найвідоміших американських обсерваторій. В Америці так багато закладів, які виконують цінну роботу з астрономії, що важко вибрати кілька з них, щоб описати їх за той короткий час, який у нашому розпоряді. Наприклад, у Кембріджі є Астрономічна обсерваторія Гарварського Коледжу. Заснована понад 80 років тому з Вільямом Бондом — першим диредтором, ця обсерваторія під керівництвом всесвітньо-відомих астрономів за довгий період своєї діяльности зробила чимало цінних астрономічних досліджень.

Історичний 15-цалевий екваторіяльний телескоп на великому кам'яному підмурку під банею з зеленої міді, стоїть як монумент далекобаченню й науковому духові групи людей і товариств, що взяли участь у купівлі його на початку 40-х років минулого століття. Хоча пізніше перевершений розміром іншими телескопами, це був, як на час його спорудження, найбільший рефракторний телескоп у світі. Саме з допомогою його відкрито тонку будову кільця Сатурна, так само як і один з найслабших сателітів цієї планети, а також уперше докладно вивчено велику туманність Оріона. — На початку 50-х років уперше в оцей телескоп зфотографовано зорю.

15-цалевий — це тільки один з багатьох телескопів установлених у Гарварді для вивчення зоряного неба, бо обсерваторія має більш як дванадцять астрономічних інструментів, здебільшого фотографічного типу, діяметром від півцаля до 60 цалів, з допомогою яких постійно спостерігає всеньке небо. Південне небо фотографоване протягом сорока років з Арекіпи, на схилах Перувіянських Андр. Року 1926 південну станцію перенесено до Блемфонтайну в Південній Африці, де умови погоди сприятливіші для тривалих спостережень протягом року.

Колекція зоряних фотознятків у Кембріджі, що подає нам історію цілого неба за період більший як сорок років, — це довгочасний пам'ятник далекозорости й енерґії покійного професора Едварда Піккерінґа. Ці фотознятки були засіб знайти й визначити положення, величини й спектральні кляси сотень тисяч зір. За цими платівками знайдено й вивчено більш як двадцять нових зір і тисячі змінних.



Мал. 7. Єркська обсерваторія.

Можна було б багато більше сказати про Гарвардські дослідження, і минулі й майбутні, але бракує часу. Перенесімося думкою з Кембріджу до берегів озера Дженева поблизу Чікаґо й відвідаємо Єркську Обсерваторію, де ми матимемо нагоду забачити найбільший у світі рефракторний телескоп, славнозвісний 40-цалевий. Під керуванням проф. Джорджа Гейла виросла ця інституція навколо велетня-телескопа. Маючи в програмі майже виключно дослідження Сонця, ця інституція згодом поширила свої досліди й на інші ділянки астрономії. Саме тут Бернард невпинно фотографічно досліджував темні й ясні туманності, а також Бернгем зробив тисячі спостережень подвійних зір і обчислив багато їхніх орбіт. В імпозантних будівлях відвідувач бачить величезні телескопи готові для нічних спостережень. Величезний 40-цалевий телескоп із 90-футовою трубою, 100-футовою банею й масивною підіймальною підлогою дивує й захоплює навіть професіонала-астронома, який уперше бачить його.

Та час біжить, а ми ще й досі не відвідали великих обсерваторій на березі Тихого Океану. За Пасаденою, в Південній Каліфорнії, на гірському шпилі, близько 5000 футів над рівнем моря,

стоїть обсерваторія Інституту Карнеґі. Ця обсерваторія була збудована під керівництвом д-ра Джорджа Гейла, який так майстерно сплянував Єркську обсерваторію. Тут незабаром можна буде забачити найбільший телескоп у світі, рефлектор Гукера, із 100-цалевим дзеркалом у діяметрі. Крім цього велетня з телескопів там є 60-цалевий рефлектор і також відомі вежові телескопи, один з яких має 60 футів завдовжки у корпусі, а другий 150 футів; їх уживається для денного фотографування сонячного спектра[1].

Потрібно було б багато розділів для того, щоб описати докладно дослідження обсерваторії Мавнт Вілсон, бо навряд чи є яка галузь сучасної обсерваторії, якої б тут не досліджувано. З допомогою стоцалевого дзеркала добуто фотознятки, що відкривають раніш незнані зорі, які перевершують найоптимістичніші сподівання людини. Завдяки його великій світло-акумуляційній силі були наближені до нас зоряні всесвіти з безмежного простору і, таким чином, ми маємо змогу вивчити їх способом, який раніше був нездійсненний. До цього великого рефлектора прикріплений 20-футовий інтерферометр, що з його допомогою вдало виміряно діяметри кількох великих зір — діяметри значно більші, аніж це гадали кілька десятків літ тому.

За кілька годин, на північ від Мавнт Вілсон, поїзд доставляє нас до відомої Лікської обсерваторії на горі Гамілтон, недалечко від Сан Хосе, Каліфорнія. Тут є другий з великих телескопів, 36-цалевий рефрактор, споруджений у 80-их роках минулого століття. Тут на горі Гамілтон є невеличке селище з численними обсерваторними будівлями, житлами для астрономів та їхніх родин і, навіть, своя власна маленька школа.

Дослідження Лікської обсерваторії подвійних зір, зоряних швидкостей і сонячних затемнень зробили цінний внесок у нашу науку про небо. Рефлектор, діяметром 36 цалів, допоміг зафіксувати на фотоплатівках слабі туманності, а також багато інших дивних небесних об'єктів. Обсерваторія відкрита для відвідувачів щосуботи, тоді дозволяється глянути в один з великих телескопів.

Ми тут сказали кілька слів лише про деякі з американських обсерваторій. Ловелська обсерваторія у Флеґстафі, штат Арізона, нагадує нам відомі спостереження каналів Марса, які зробив не-

[1] Два роки тому Інститут Карнеґі асиґнував великі кошти на збудування ще більшого рефлектора, дзеркало якого повинно мати в поперечнику 200 цалів, (цебто 5 метрів). Роботи над виготовленням цього велетенського дзеркала провадяться в майстернях General Electric Company в Лінні (поблизу Бостону). Поверхню дзеркала гадають виготовити з топленого кварцу, а самий телескоп встановити в околицях тої ж Пасаддени в Каліфорнії. Новий телескоп за найоптимістичнішими розрахунками буде виготовлений не раніше аніж через 7-8 років. Він збиратиме в чотири рази більше світла, ніж 100-цалевий Гукерівський велетень. Проте, технічні труднощі його виготовлення такі великі, що тепер неможливо навіть сказати чи можна буде залогом виконати ввесь плян. *Ред.*

біжчик Персівал Ловел[1]. Далі вивчали планети його наслідувачі, і способом зорового спостереження і фотографічно. Ще треба згадати астрофізичну обсерваторію Смітсоніянської Інституції, Детройтську обсерваторію Мічіґенського Університету, а також Єльську обсерваторію в Нью-Гевені

У Британській Колюмбії (Канада) є прекрасний 72-цалевий рефрактор, другий завбільшки в світі, — найбільший у Британській імперії. Сконструював його і керує астроном Пласкет, прилад цей робить величезні послуги для астрономії.

Не тільки з американських обсерваторій одна Гарвардська організувала й устаткувала південну стацію в Південній Африці, але й Єльський і Мічіґенський університети останніми роками заклали спостережні стації в цій частині світу. Є також важливі обсерваторії в Йоганнесбурзі і на Розі Доброї Надії. Заснування й утримання обсерваторій у південній півкулі має величезну вагу. Треба якнайкраще дослідити все небо, щоб мати повні спостережні дані про зоряний всесвіт. Тільки з допомогою великих телескопів людина може розв'язати проблеми зір.

[1] Минулого року Ловельска обсерваторія зробила одне з найдивовижніших відкрить нашого віку—відкрила занептунічну планету (цебто планету, яка робить свій оборот довкола Сонця поза орбітою крайньої планети Нептуна). *Ред.*

ЧАСТИНА ДРУГА

СОНЯЧНА СИСТЕМА

VII. Походження планет

Гарло Шаплі

Перш ніж перейти до планетарної генези, підсумуємо те, про що ми вже говорили. У першій статті на питання «Що таке зорі?» я не відповів повнотою, не знаючи яка відповідь можлива на це, але нагадав вам, що Сонце й усі інші зорі становлять собою кулясті скупчення газу високих температур. Середня зоря має об'єм у мільйон разів більший за об'єм нашої Землі. Вам також говорилось, що планети, подібні до нашої Землі, порівняно малі й нецікаві, а зорі великі й сповнені енерґії. Зорі складаються із заліза, водню, ніклю, кальцію й багатьох інших звичайних елементів, усіх у газуватому стані.

У другій статті ви мали відомості про деякі з ясних зір. Вам було сказано про дивовижно малий і тяжкий супутник ясної зорі Сіріюса, про велетенські червоні Антарес і Бетельґейзе і якби дозволив час, то ви почули б ще про багато інших дивних речей.

У третій і четвертій статтях ви прочитали про телескопи і про те, як з їхньою допомогою спостерігають і фотографують небесні тіла. Великі американські телескопи за останні двадцять років дали для нашого пізнання зоряного всесвіту більше, аніж ми навчилися за ввесь минулий час. Телескопи допомагають розгадувати таємниці всесвіту й у попередній статті ми описали головніші американські обсерваторії, де є великі телескопи.

Попередніх шість статтів закінчують вступну частину книжки. У шістьох статтях 2-ої частини говоритиметься про Землю, а в інших частинах — про нашу сонячну планетну систему, про комети, місяці й метеори.

Отже в оцій статті ми говоритимемо про походження Землі й інших планет.

Узявши звичайну середню зорю, ми можемо сказати, що вона рухається із швидкістю близько 25 кілометрів на секунду й складається приблизно з $1{,}98 \times 10^{33}$ грамів матерії (10^{33}=100...000 всього 33 нулі). Якщо відкинути щойно вжиту науково зручну деци-

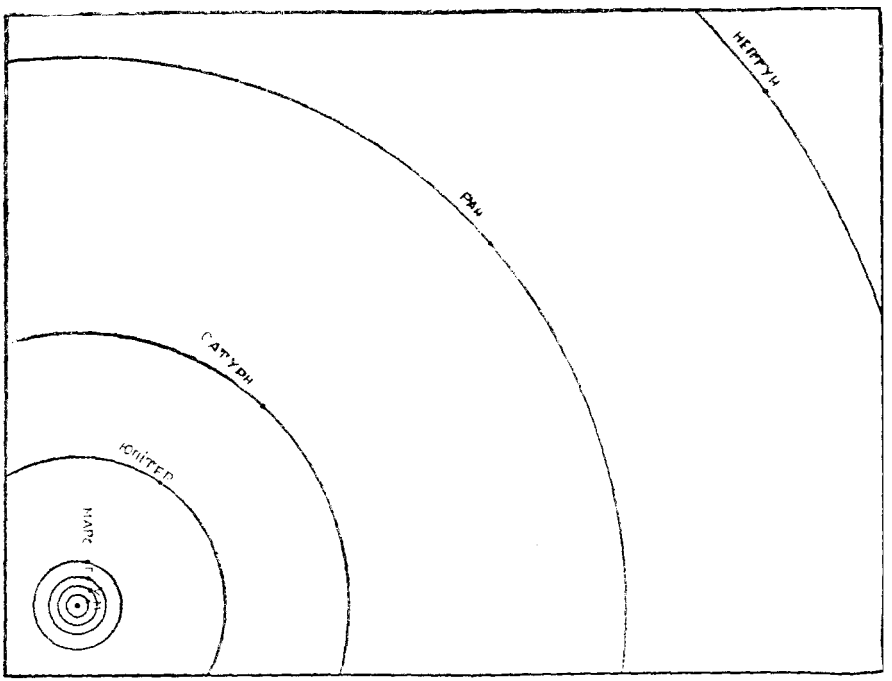
мальну систему й позначити в наших звичайних, але невкладистих одиницях, то ми можемо сказати, що середня зоря складається з маси матерії приблизно в десять тисяч мільйонів мільйонів мільйонів мільйонів тонн, і ця матерія в газуватому стані й має надзвичайно високу температуру.

Треба сказати, що приблизно одна зоря з трьох буде подвійна. У далекому минулому обертання багатьох зір було таке велике, що вони розпадалися надвоє. Отак вони перетворювалися з одиничних у подвійні зорі й жили надалі відокремлені на дві, три або й чотири самостійних зорі. У давно минулі часи Сонце існувало як одна зоря, не маючи супутника, без залежних від нього планет. Аж раптом щось трапилося. Друга зоря, мандруючи в просторі, пройшла близько Сонця, мандрівна зоря, сказав я, — алеж насправді це не так, бо вона безперечно примушена була рухатися в певному напрямі під контролем поля тяжіння решти матерії всесвіту. Принагідно тоді не було жодного історика, щоб записати проходження цієї зорі, але, науково й логічно мислячи, можна від наслідків дійти до самого первісного процесу. Людина, застосовуючи свої знання фізики, математики й астрономії, свою силу мислення, відновляє картину події, що трапилася кілька мільярдів літ тому. Найкомпетентніші досліджувачі цієї проблеми вважають, що ця зоря була значно більша за Сонце, вона пройшла з помітною швидкістю на віддалі кількох мільйонів кілометрів від поверхні Сонця, але крім цього ми нічого не знаємо про цю зорю. Її не можна пізнати. Занадто далеко, занадто давно.

З нашого погляду ефект її на Сонце був надзвичайний. Сила тяжіння мандрівної зорі спричинила колосальні припливи в сонячній атмосфері, подібно до того як сила тяжіння Місяця й Сонця спричинює припливи й відпливи на океанах і морях Землі [1]. Газуваті припливні хвилі, що піднялись на Сонці, були надто великі. Матерія не могла легко повернутись назад у сонячну поверхню після того як зоря пройшла. Припливи газуватої матерії стали еруптивні. Матерія летіла в простір. Багато з відкиненого матеріялу

[1] Шаплі не пояснює, що таке припливи, напевно тому, що американському читачеві—жителеві океанських берегів—це явище надто добре відоме. Для радянського читача, що живе далеко від океану, треба зробити деякі пояснення. За законом всесвітнього тяжіння Місяць притягує до себе кожну часточку нашої планети, а отже й океану. Коли Місяць стоїть у зеніті даної частини океану (цебто якраз над головою океанського спостережника), вода притягується до неї сильніше, аніж центр землі й наслідком цього вона підіймає величезний горб води, стається «приплив»—вода біля відповідного берега підіймається. Те саме буде через 12 годин, навпаки, за 6 годин після припливу стається протилежне явище—вода спадає, відбувається «відплив». Подібно Місяцеві припливи й відпливи спричинюють також і Сонце, проте сонячні припливи не високі. Насправді, явище це дуже складне й розрахувати час припливу й відпливу в данім порту буває дуже тяжко. В таких невеликих морях, як Чорне, припливи дуже малі і їх можна помітити тільки з допомогою спеціяльних приладів. Подібно до Місяця, що підносить воду океанів., гіпотетична зоря спричинила такий же приплив у поверхневих шарах Сонця—він був певно величезної висоти (див. текст). *Ред*

безперечно падало назад на поверхню, залишалося частиною Сонця, але кілька уламків, діставши великий скісний рух від сили тяжіння прохідної зорі, не впали назад, а почали обертатися навколо Сонця видовженими шляхами. Оці уламки припливної ерупції і становлять тепер планети Меркурій, Венеру, Землю, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун і Плутон. Як уламки нижчого порядку, ми повинні згадати астероїди й комети, а також метеори, пил і газ що розсіяні в сонячній системі.



Мал. 8. Планетні орбіти. Астероїди (малі планети) обертаються довкола Сонця в орбітах, які загалом лежать між орбітами Марса й Юпітера. Діяметр орбіти Землі—185.000.000 миль

Всі планети, згідно з цією сучасною теорією, постали із сонячної атмосфери одночасно, як газові скупчення. Це напевно було не менш як 3.000.000.000 років тому. Це могло бути також 8.000.000.000 років тому. З того часу планетні путі навколо Сонця стали майже кругові. Ми висновуємо з відомої поведінки матерії, що газуваті поверхні швидко перетворились в плинні, а трохи згодом утворилася міцна кора, принаймні це так з малими планетами, як Земля. Насправді океани являють собою не що інше, як плиний газ, а гори — суміш затвердлого газу. Бо як важка пара, замерзаючи, утворює лід, так і залізо в газуватому стані (при значно вищій температурі, безперечно), твердіючи, утворює тверде

залізо. Матеріял, з якого складаються планети, хемічно такий самий, як і сонячної атмосфери.

Сонце, здається, не показує жодних слідів давноминулої катастрофи — певно воно не дуже було стурбоване, бо тільки $^1/_{700}$ його матерії було цілком викинено у світовий простір і створило планети. Після ерупції (вибуху) Сонце вже ніщо не турбувало. Воно осіло, набуло певної форми. Вивчаючи палеонтологічні останки в земних скелях, ми висновуємо, що принаймні за останній мільярд років Сонце вже стало випромінює своє світло в світовий простір з постійною швидкістю

Щойно сказане пояснює і наше походження і загалом усіх речей на Землі. Спочатку ми існували в сонячній атмосфері у формі розжарених газів, потім у новонародженій газуватій Землі й остаточно на твердій корі. Кора складається із затвердлих газів, таких як залізо, алюміній, оливо й нікель, без яких не можна уявити собі життя культурного людства. Кора із затвердлих газів також породжує такі органічні феномени як рослини, тварини, людину тощо, оці організми так само являють собою частку затвердлого й плинного газу

Отож історія живих істот і неживих речей ідентична для тих віків, коли ще зоря не пройшла і не стурбувала Сонця. Історія трохи змінилася після цієї події, але навіть і тепер багато спільних хемічних елементів ми знаходимо в телескопі й людині.

Теорія походження планет, яку я щойно змалював, має назву гіпотези припливної еволюції. Учені, що розвинули цю гіпотезу до її теперішньої форми, це Чемберлен і Мултон з Чіказького університету й англійці Джінс (Jeans) і Джефріс (Jeffreys). Ця теорія цілком замінила стару гіпотезу, яку запропонував 170 років тому німецький філософ Імануель Кант і пізніше, в трохи іншій формі, французький математик Ляпляс. Ляплясівська гіпотеза розглядає плянети як згустки відкинених кілець матерії, що відокремилися від кругокружної матерії-туманности, яка стяглася так, що створила центральне Сонце.

Гіпотеза Канта й Ляпляса розходиться з відомими фізичними законами, а також з фактами астрономічних спостережень. Те саме треба сказати про другу, але не наукову гіпотезу походження Землі, що в першому розділі біблійної Книги Буття. Описане там надприродне створення нас не задовольняє через те, що людський розум зробив такий великий поступ і потребує пояснень, які базуються на фактах, а не на марновірстві й традиціях або емоціональних бажаннях. Ми воліємо розглядати біблійне оповідання про походження Землі й планет, як варте уваги історика, але як таке, що не претендує ні в якому разі на науковість, ні як на виклад сучасних наукових поглядів.

Є багато інших проблем про походження світу, щільно зв'язаних з генезою Землі й планет, наприклад про походження Місяця та інших сателітів (супутників), походження комет, про походження

Сонця, з якого постали всі ці малі другорядні тіла. Трохи згодом ви довідаєтесь про них. Проблеми про походження сателітів (супутників) ще й досі цілком не розв'язано. Марс має два, Сатурн десять, Юпітер — дев'ять, Уран — чотири і Нептун має один. Чотири ясних місяці Юпітера можна легко забачити в малий телескоп, їх навіть можна забачити в добрий бінокль, а деякі брехуни запевняють, що бачать їх простим оком. Наш Місяць є напевно уламок Землі, але походження його все ж досить темне. Для того, щоб пізнати давню історію сонячної системи потрібно більш досліджень.

На цьому я й кінчаю. В дальшій своїй статті я розповім, яким способом обчислюється вік Землі. Це надзвичайно цікаво, бо ми підійдемо знову до питаня нашої генеалогії, аж до нашого родовідного дерева. І ми зможемо заглибитись ще далі в наше минуле, аж до тих часів, коли ми були браттями безживним скелям, або навіть до таких далеких часів, коли ми всі були розпеченим газом у сонячній атмосфері.

VIII. Затемнення

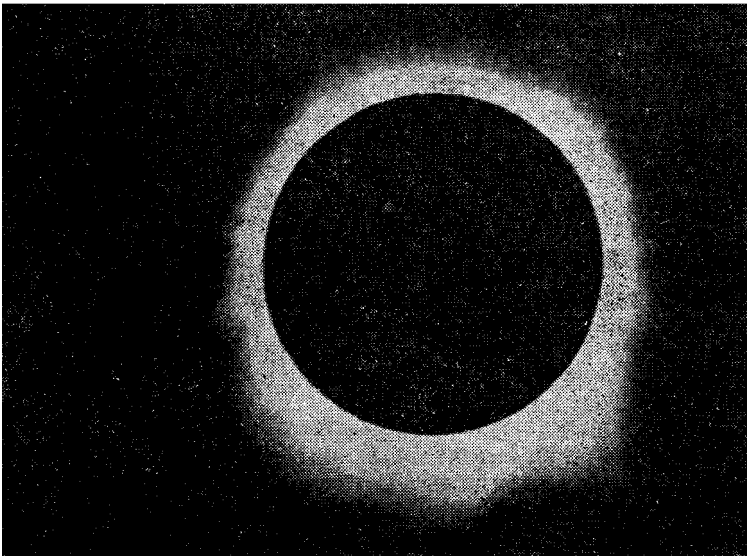
Леон Кемпбел

В астрономів напевно є мало об'єктив більш захватних і чарівних для аматора й професіонала, як затемнення (затьма). Слово «eclipse» (затемнення) походить з грецької мови й первісне значення мало непритомність, млость, а не, як багато хто гадає, цілковите зникнення. Астрономічно кажучи, первісне значення безперечно вірне, бо яке б небесне тіло, — Сонце, Місяць або зоря, — не затьмилося, це тіло знову повертається до свого нормального стану через певний час, хоча б тривало затемнення кілька секунд, хвилин, годин або навіть днів.

Найстаріше записане затемнення Сонця це те, що трапилося понад 4.000 років тому, про нього йде мова в китайському клясичному творі «Шу Чінґ». У цьому оповіданні, хоча й мітичному, розповідається, як двоє астрономів Китайської Імперії загубили свої голови — буквально і фігурально, — бо через те, що були п'яні, не змогли вчасно передбачити сонячного затемнення, яке дуже злякало всю людність, зокрема королівську родину. На щастя, старі забобони, зв'язані із затемненнями, так само як і з кометами, з часом зникли й тепер з великою цікавістю чекають на ці явища, а не лякаючись і тремтячи, як це було колись.

Спочатку ми розглянемо причину сонячних затемнень. Як багато хто з вас знає, такі затемнення рідке явище в будь-якому місці земної поверхні. Приміром, у штаті Нью-Йорк до 1925 року не бачили цілковите затемнення з 1806 року. Рідкість цього явища пояснюється тим, що конус місячної тіні, коли досягає нас, дуже малий проти цілої поверхні Землі. Справді обшир цілковитої тіні

рідко перевищує 320 кілометрів. Хоча тінь проходить від початку до кінця по досить значній площі, вона рухається із швидкістю гарматня й за короткий протяг часу обгортає темрявою певну частину Землі, над якою тоді проходить.



Мал. 9. Цілковите затемнення Сонця 24 січня 1925 року.

Сонячне затемнення спричиняє Місяць, стаючи між Сонцем і Землею підчас свого місячного обертання навколо нашої планети. Це може трапитись тільки підчас молодика й лише тоді, коли Земля й Сонце на одній простій лінії. Хоча Сонце приблизно в чотириста разів далі від нас ніж Місяць, але коли вони обоє в небі, то як здається мають однакові розміри, бо Сонце в той же час у чотириста разів більше, отже тому вони здаються однакові на розмір.

Якщо тінь Місяця досягає поверхні Землі, то стається цілковите затемнення Сонця. Коли падає коротка тінь, то Місяць не прикриває цілком Сонця; кільце незатемненого Сонця виглядає із-за Місяця, створюючи так зване кільцювате затемнення. Останній тип затемнення частіший ніж перший (у пропорції 4:3). Часткове затемнення буває тоді, коли спостережник поза центральною лінією, що злучає Землю з Сонцем, і тільки частину сонячного диска відтинає Місяць. Простір, на якому видно часткове

затемнення, може сягати 3200 кілометрів по обидва боки центральної лінії цілковитого затемнення.

Сонячне затемнення, спостережуване поблизу екватора, може тривати цілковитим близько 8 хвилин. У наших широтах воно може тривати тільки шість з чвертю хвилин. Кільце, або кільцювате затемнення, може тривати в екваторіяльних краях дванадцять з половиною хвилин. Цікловите затемнення в січні 1925 року продовжувалося лише дві хвилини й тридцять дві секунди в своєму максимумі.

Багато проблем, зв'язаних із сонячними проблемами, можна вивчати тільки в оті короткі хвилини цілковитого затемнення, бо лише в цей час можна спостерігати перлисту світлову корону, що оточує Сонце й сягає на мільйони кілометрів у простір.

Тепер ми підійдемо до місячних затемнень. Їх можна частіше бачити, аніж затемнення Сонця, і не тому, що вони трапляються частіше, але тому, що їх можна спостерігати з більшої частини земної поверхні одночасно. Ці затемнення трапляються тільки підчас повні, коли Місяць увіходить у тінь Землі. Місячні затемнення, відмінно од сонячних, видимі на всій тій частині Землі, де Місяць над обрієм у той час, коли він проходить крізь тінь Землі, і коли центральні, то можуть тривати дві години. Як сонячні затемнення, місячні затемнення бувають двох родів, цілковиті, коли Місяць заходить у тінь Землі цілком, і часткові, коли він заходить на північ або південь від центра тіні й тільки затемнюється частина диска.

Коли Місяць починає затемнюватися, то спочатку починає помітно темніти його східній краєчок і край тіні виглядає чорним проти світлих частин місячної поверхні. Але неможливо визначити момент, коли Місяць увіходить у тінь Землі, з певною мірою точности, бо демаркаційна лінія дуже невизначена й туманна. Цим місячне затемнення різниться від сонячного, бо при останньому точку доторку між Місяцем і Землею звичайно можна спостерігати за секунду. Коли Місяць цілком зануриться в тінь Землі, то він набуває темномідного кольору тому, що сонячне світло відхиляється навколо Землі в тінь наслідком рефракції в долішніх шарах нашої атмосфери. Сила цього мідно-кольорового освітлення місячної поверхні змінюється при різних затемненнях і спостережники місячних затемнень завжди обчислюють ступінь його ясности.

Спостереження місячних затемнень використовували по-різному. За ними фіксували важливі дати, особливо в стародавні часи, коли подій не записували так акуратно як тепер. Місячні затемнення використовували також визначаючи широти певних місць на Земній поверхні й виміряючи діяметр Місяця, а також положення його орбіти, спостерігаючи для цього зорі, які покривав Місяць підчас затемнення.

Найбільше число затемнень, видимих протягом одного року,— це сім, п'ять затемнень Сонця й два Місяця. Найменше число —

два, з них два затемнення Сонця, і це трапилося 1926 року й повторюється циклічно раз на 18 років. Природно, постає питання чому затемнення Сонця й Місяця не трапляються щомісяця підчас молодика й повні? Це трапилося б, якби орбіти Землі й Місяця лежали в одній плоскості. Але через те, що ці дві орбіти перетинаються тільки в двох точках — так званих вузлах — і через те, що орбіта Місяця нахилена під кутом у п'ять градусів до орбіти Землі, не тяжко зрозуміти, чому такі затемнення не трапляються так часто, як цього, на перший погляд, можна було сподіватися.

Але є ще інші затемнення, що бувають у нашій сонячній системі, крім затемнень Місяця й Сонця. Меркурій і Венера не мають сателітів і тому не можуть мати ані сонячних ані місячних затемнень. Так само, дарма що і Уран і Нептун мають місяці, на цих планетах не можуть статися затемнення, бо плоскості орбіт їхніх місяців нахилені під таким великим кутом до орбіти цієї планети, що тіні сателітів не падають на їхні планети. Та коли ми підійдемо до затемнень видимих на Марсі й Юпітері і частково на Сатурні, то станемо перед цілком іншою проблемою. В системах Марса й Юпітера ми знайдемо місяці, що обертаються на майже круглій путі й так близько в плоскості орбіт цих планет, що затемнення надзвичайно численні.

Два невеликих місяці Марса, Деймос і Фобос, близько 60 і 16 кілометрів діяметром, на порівняно близькій віддалі од Марса і для марсіян — якщо б марсіяни були там — вони здалися б досить великі, щоб затемнити Сонце підчас кожного молодика. Фобос, період обертання якого навколо Марса дорівнює 7 годин і 39 хвилин, робить більш як три повних оберти впродовж марсового дня, сходячи на З а х о д і і заходячи на С х о д і. Біля екватора Марса спостережник може бачити три, а іноді й чотири, сонячних і місячних затемнень кожного марсового дня завдяки цьому сателітові. Деймос, через те, що він на більшій віддалі од планети, може спричинювати тільки часткові сонячні затемнення.

На Юпітері з його дев'ятьма місяцями, — що з них чотири такі великі, якщо тільки не більше, як наш Місяць — буває щодня, а то й кілька разів на день, сонячне або місячне затемнення. Ці затемнення можна добре спостерігати з нашої Землі, як і з Юпітера. З допомогою телескопа середніх розмірів можна спостерігати на Юпітері сонячні затемнення, як чорні цятки, що перетинають екваторіяльний пояс планети, і оці тіньові плями можуть бути ще виразніші аніж затемнювані сателіти.

Місячні затемнення на Юпітері мають чималу наукову вагу. Це з допомогою спостережень таких затемнень, саме 250 років тому, Ремер відзначив велику розбіжність між спостережуваним і обчислюваним часом затемнень, і перший визначив швидкість світла. Він пояснив, що різниця залежить від часу, який потрібен на те, щоб світло перетяло орбіту Землі. Коли Земля була ближча

до Юпітера, затемнення відбувалося занадто рано, а шість місяців пізніше, коли ми були на протилежній частині нашої орбіти, вони ставалися дуже пізно у відповіднім підсумку. Отак уперше знайдено можливість виміряти швидкість світла. Довга низка Гарвардських спостережень цих затемнень підчас двох обертів Юпітера в своїй орбіті дала нам спосіб визначити елементи сателітів Юпітера дуже точно, і тепер передбачити ці затемнення можна з такою великою точністю, яка раніш була абсолютно неможлива. У морських календарях позначається, коли ці явища мають статися.

Ми так багато сказали про затемнення Сонця й сателітів, що лишається занадто мало часу для зоряних затемнень. Багато зір мають реґулярні затемнення, іноді по два рази за одну ніч. Зоряні затемнення дуже важливі для астронома, вони бо допомагають розв'язувати проблеми небесної механіки й зоряної еволюції. На небі є багато затемнюваних зір, що мають назву затемнюваних двійників; це подвійні або складні зорі. Дивлячись із Землі, ми бачимо, як одна складова частина системи (компонент) відтинає періодично частину або ціле світло другої складової частини, коли вони кружлять один навколо одного. Такі затемнення можуть тривати багато годин, днів, або навіть місяців. Вони дають астрономові дані для визначення приблизних розмірів компонентів-зір, їхньої густости й маси, їхніх віддалей одна від одної, поверхневої ясности і нахилу їхніх орбіт. Найвідоміший приклад затемнюваної зорі — це Альґоль, зоря Бета в сузір'ї Персея. Цю зорю можна бачити голим оком і що два-три дні можна помітити, як зменшується світло майже до одної третини попередньої ясности. За п'ять годин ясність зменшується до мінімуму і потім, досягши мінімуму, одразу ж починає відновлювати свою нормальну інтенсивність, досягаючи максимуму ясности за п'ять годин пізніше. Бета Ліри — це друга добре відома затемнювана зоря-двійник, правда, трохи іншого ґатунку, вона потребує *близько* 13 днів на те, щоб пройти цей період, який має два затемнення. Тема про зоряні затемнення така багата, що може дати матеріялу на кілька розділів, бо вона містить у собі чимало основного для нашої науки про зорі.

IX. Падучі зорі

Віллард Фішер

Відійшовши далеко од міських огнів, і знявши очі до нічного неба, можна забачити, як зірветься з небесного склепіння ясна точка, промчить через небо й так раптово зникне, як і з'явилася. Якої ночі їх більше, якої менше, більше буває в ранішні години, перед світанком, аніж увечері.

Оці блискучі стріли — падучі або летаючі зорі, їх так нази-

вають, коли вони не ясніші за нерухомі зорі; але одні з них нагадують Венеру, інші здаються такі великі як Місяць у повні, а деякі розсипаються іскряним дощем. Ці великі й ясні зорі називають вогняними кулями або болідами, а всі разом — метеорами. Іноді метеор буває досить великий і повільний, щоб пройти крізь атмосферу не розсипавшись і вдаряється десь об земну поверхню. Безперечно більшість цих метеорів падає в воду, але інші падають на суходіл, де їх визбирують або викопують з ям, в які вони позаривалися. Оці зібрані метеори називають метеоричним камінням або метеоритами.

Метеорити звичайно кам'яні й складаються з добре відомих на землі хемічних елементів, але ці елементи сполучні в особливі кристалічні або інші мінеральні форми. Деякі складаються переважно бо цілком із сумішів заліза з нікелем тощо. Коли залізний метеорит зішкрябати, відполірувати й обробити протравною рідиною, то на ньому виходить мереживо перехресних ліній, якого немає на залізі зробленому людиною. По американських і закордонних музеях є багато екземплярів кам'яних і залізних метеоритів[1] Забачивши їх там, ви звичайно помітите, що вони звичайно вкриті шкоринкою, що нагадує тонкий шар поливи, ніби вони зовні розтопилися так раптово, що жар не встиг пройти далеко всередину.

Отже падуча зоря — це маленький метеор; огняні кулі й боліди — великі й яскраві метеори, які часто вибухають або розсипаються іскрами; метеорити — це зібрані метеори, метеоричні камені.

Дарма що їхній вік короткий, падучі зорі мають довгу історію Вони не тільки з'являються час-од-часу то тут, то там, але й бували ночі, коли жоден земний фоєрверк не давав такого прекрасного видовиська. Ми маємо записи про такі явища столітньої й тисячолітньої давности. Зоряний дощ, що має назву потоку Андромедід, який найблискучіший був 1885 року, простежено аж до 524 року нашої ери. Є халдейські написи, які стосуються до зоряного дощу, відомого під назвою серпневих Персеїд, датовані 2700 роком до нашої ери. Славнозвісні Леоніди що бувають тепер 14 листопада, були відомі 585 року нашої ери[2]

[1] Найбільша колекція метеоритів у Відні—там зібрано понад 200 зразків. У нас треба відзначити добру збірку в музеї Академії Наук СРСР. На Україні треба відзначити великий метеорит, що впав у 70-их роках минулого століття в районі Білгороду, тепер він у мінералогічному кабінеті Харківського ІНО

Академія Наук СРСР збирає всі останки метеоритів, які перебувають у приватних руках, а також виряджає експедиції на розшуки впалих метеорів, як наприклад експедиція Кулика до Сибіру. Про всі випадки спостережених падінь треба негайно повідомляти Академію, або найбліжчі астрономічні обсерваторії.

[2] Назви «Андромедізи, Леоніди» і т. ін. дано від імен тих сузір'їв (Андромеди, Лева тощо), звідки видимо «йдуть» дощі падучих зір. У старо-руських літописах є багато описів таких «дощів».(Їх зібрано в книнзі Святського і Вільєва «Астрономические явления в русских летописях» видання Акедемії Наук, Петроград 1916. *Ред*

Коли великий учений-мандрівник фон-Гумбольдт був 1799 року в Кумані, на узбережжі Венесуелі, його збудив один із супутників уранці 12 листопада, сказавши йому вийти й подивитися на небо. Гумбольдт каже, що протягом чотирьох годин тисячі болідів і падучих зір перетинали схід неба з півночі на південь. Спочатку на небі не було місця навіть завбільшки в три Місяці у повні, все було сповнене ними. Всі вони мали хвости, завдовжки у 8 або 10 градусів, що лишалися на небі впродовж сімох або вісьмох секунд. Одні були такі великі як Юпітер, другі розсипалися іскряним дощем, треті вибухали. Деякі, такі великі, як Місяць, або як півмісяця, пролітали без іскор, але мали хвости завширшки як пів або дві третини Місяця.

Дощ падучих зір бачили в Південній Америці не тільки на узбережжі Венесуелі, але й по течії Ґолфстріму, на Багамських островах, і навіть так далеко, як на Ґренляндії. Про це швидко забули, але ж у ніч з 12-го на 13-те листопада 1833 року сталася така ж дивовижна друга зоряна злива, видима на всій території Сполучених Штатів. Оцього разу люди бачили те, про що не згадав Гумбольдт, а саме, що сліди падучих зір ішли просто з певної точки в сузір'ї Великого Лева.

Друге таке явище сталося 33 роки пізніше, а саме 1866—67 року. Дехто з нас напевне пам'ятає з яким розчаруванням ми простояли цілу ніч, 1889 року, сподіваючись на повернення того самого великого зоредощу, не бачачи нічого незвичайного. 33-річний інтерваль між великими листопадовими зоряними дощами зрадив нас очевидно тому, що метеорний потік притягли вбік великі зовнішні планети.

Є ще інші дати, коли спостерігають великі метеорні дощі. Протягом кількох днів близько 10 серпня буває багато падучих зір, які, як здається, летять стрілою від зорі Ети в сузір'ї Персея, і в цю та інші дати є ще інші центри або так звані радіянти. Справді, серпень надзвичайно багатий на метеори якогось іншого місяця. Є ще щорічний зоряний дощ приблизно 20-го квітня з радіянтом у сузір'ї Ліри, про який є китайські записи ще 687 року до нашої ери. Цей дощ становив прекрасне видовисько 19 квітня 1803 року. Другий зоряний дощ буває на третьому тижні листопада, радіянт його в сузір'ї Андромеди він був дуже блискучий 27 листопада 1872 і 1885 років.

Природно запитати, чому здається, що падучі зорі підчас цих зоряних дощів виходять з певної точки неба, бо наприклад 1833 року говорили, що падучі зорі були схожі на ребра величезної паросолі. Це перспективний ефект подібний тому, як здається, що окрайки, колії й будівні лінії довгих простих вулиць сходяться разом у далечині. Ці лінії рівнобіжні, а рівнобіжні лінії сходяться в «точці безконечности».

Отже рівнобіжні путі метеорів здається виходять з певної точки на небеснім склепінні, яка одержується від перетину види-

мих подовжних шляхів падучих зір або метеорів і має назву радіянта.

Деякі з періодичних зоряних дощів цікаві тому, що їхні метеори здається йдуть на орбітах певних комет. Андромедіди наприкінці листопада на шляху зниклої комети Бієли. Леоніди великих зоряних дощів 1799, 1833 і 1866 років ідуть шляхом комети Темпля. Квітневі Ліріди збігаються з шляхом першої комети 1861 року і Ґеміниди 10—13 листопада належать кометі 1680 року.

Більше відомостей ми не маємо, але це наводить на думку, що комети можуть бути летючими жмутками метеорів, а дощі падучих зір можливо стаються наслідком розпаду комет.

Падучі зорі видимі тільки в горішньому повітрі, в атмосфері, поза нею вони невидимі, хіба якщо тільки складають голови комет. Це виявлено наслідком величезної спостережної й обчислювальної роботи, виконуваної переважно за тими принципами, яких вжили 1798 року двоє молодих студентів Ґеттінгенського університету — Брандес і Бенценберґ. Вони просто лягли на землю в двох місцях, що на віддалі кількох миль, і почали дивитися на зоряне небо. Коли з'являлася падуча зоря, кожен з них ретельно записував за годинником у якому саме місці серед зір вона з'явилася, де спинилася й скільки часу на це потребувалося. Час і положення записувано, кінцеві точки зазначувано на зоряній мапі. Ось і все, що потрібно для спостереження, але спостережники повинні добре знати сузір'я.

Після цього — обчислення. Спочатку, щоб упевнитися, що двоє людей спостерігали один і той самий метеор, треба узгодити покази годинника. Тоді різниця в позначених на карті двох спостережників видимих місць одного й того самого метеора серед зір дає кут, так звану паралаксу метеора, яка то більша, в грубих пропорціях, що нижче метеор, або що більша віддаль між спостережниками. За цим кутом віддаль метеора від кожного спостережника можна обчислити за трикутниками згідно з тими принципами, яких уживають мореплавці й землеміри. Крім того, якщо спостережники лічать число секунд лету метеора, цей час і обчислена віддаль між кінцевими точками дає швидкість руху.

Брандес і Бенценберґ дістали середню висоту близько 98 км. за 130 років після того багато інших спостережників одержало таку саму висоту. Загалом метеори з'являються на висоті близько 120 км, зникають на висоті приблизно 80 км і проходять у повітрі із швидкістю близько 40 км на секунду. Деякі боліди пролітають повільніше і зникають пересічно нижче, аніж метеори.

Швидкість у просторі поза земною атмосферою і спостережувана швидкість, добута способом ділення спостереженої довжини шляху на спостережену тривалість льоту, є різні речі, бо остання є вислідна першої й швидкости руху Землі в світовому просторі. Тому метеори, що летять просто назустріч землі, рухаються дуже швидко, як наприклад, Леоніди, тимчасом як метеори що доганя-

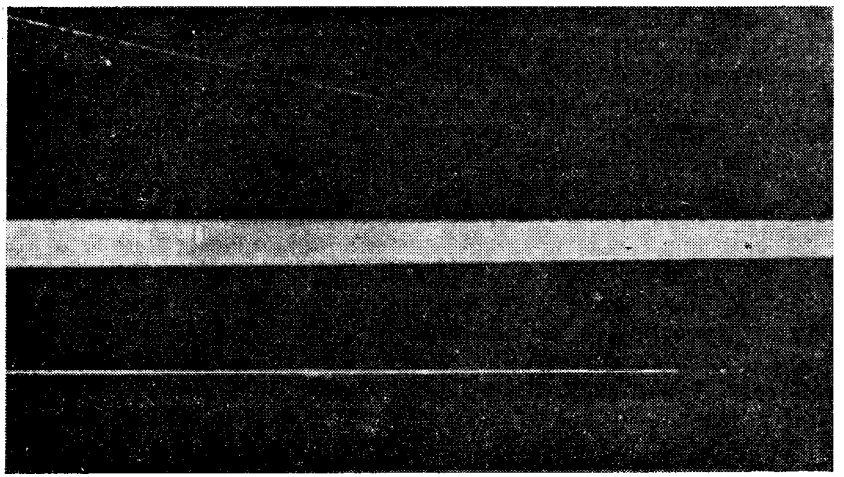
ють землю, здається летять повільніше. Спостереження показують, що швидкості метеорів відносно Землі бувають від 22 до 72 кілометри на секунду. Окремі випадки швидкостей понад 160 км зареєстровано за цілком певними показами свідків. Метеори з великими швидкостями зникають загалом вище в атмосфері, аніж повільні метеори, бо швидкість їхнього зникнення збільшується пропорційно їхній швидкості. Висота першої видимости може бути іноді аж 200 кілометрів, висота зникнення може бути така, як 32 кілометри.

Ці факти свідчать, що атмосфера навколо нашої Землі заввишки понад 200 кілометрів і що середній метеор рухається із швидкістю близько 42 км на секунду. Отже, кожен об'єкт, що летить у напрямі Сонця з найбільшої уявної віддалі, скажімо з віддалі нерухомих зір, повинен проходити не більше як 42 км на секунду, доки досягне нашої віддалі від Сонця. Це здається досить швидко, але навіть Сонце не може відняти більше швидкости в будь-якого об'єкту в межах нашого притягання. Алеж багато метеорів рухається звичайно швидше аніж середніх 42 кілометри на секунду, отже вони повинні мати зайвину своєї власної швидкости, незалежну від притягнення Сонця. Вони гості міжзоряного простору, а не часточки нашої системи. Схоплені в леті і спинені нашою атмосферою вони розпалися на віддалі 80—160 кілометрів. Тяжко навіть собі уявити, що ми робили б без атмосфери із залізними і кам'яними метеорами, які падають навколо із швидкістю 42 кілометрів на секунду.

Якщо на фотографічній платівці можна було б зафіксувати путь метеора серед зір, то всі можливі помилки спостереження зводилися б до помилок виміру самої платівки. Останніми роками були проведені реґулярні кампанії в СРСР і в Єлській обсерваторії, щоб добути всі можливі фотознятки з метеорів. Але більшість метеорів рухаються так швидко, що зфотографувати можна тільки дуже ясні. У Гарвардській обсерваторії небо фотографується частинами кожної ясної ночі і, таким чином, зібрано сотні тисяч платівок. Найчисленніші серії з Гарвадських платівок були досліджені й тепер відомо понад 360 метеорних слідів на них. Вимірна робота й вивчання цих слідів триває. Підчас цієї роботи постають два факти: поперше виявилося, що метеорні шляхи в атмосфері дуже прямі, і, подруге, що були дивовижні зміни в ясності й мерехтінні підчас лету метеорів. Помічено також, що були випадки, коли кілька метеорів летіло поруч.

Багато найважливіших проблем, зв'язаних з метеорами, може розв'язати тільки фотографія. Фотографічна платівка, яка фіксує не лише слід метеора, але й зоряні зображення, точніша за будь-яке спостереження зорове. Визначити радіянт, що рівнозначне визначенню напряму руху метеора, можна найточніше тільки з допомогою фотографії. Якщо ми приймемо плян д-ра Елкіна з Єлської обсерваторії й обертатимемо рівномірно лопатеве колесо

проти лінз камери так, що світло метеора досягає платівки тільки через визначені інтервалі, слід метеора розривається на рисочки й довжини цих рисочок разом із швидкістю обертання колеса дозволяють обчислити справжню швидкість метеора в кілометрах на секунду. Якщо швидкість метеора в повітрі змінюється, як цього можна сподіватися, зміни в цих довжинах можна використати, щоб обчислити зміни в швидкості, залежні від атмосферного опору. Отож оця зміна в швидкості потрібна для того,



Мал. 10. Метеорні сліди. Угорі—мерехтливий метеор за гарвардським фотознятком, зроблений в Арекві́пі. Унизу—почетверений метеор за гарвардським фотознятком, зробленим у Кембріджі.

щоб способом обчислення знайти швидкість поза атмосферою. Для цього не досить однієї камери й лінз, треба мати дві; і поставити їх на певній віддалі одна від одної подібно тому, як Брандес і Бенценберґ спостерігали з двох стацій. Фота метеора, зняті на двох стаціях, якщо швидкість його визначено способом обертового колеса, точно встановлять чи є даний метеор член сонячної системи, чи ні. Але все залежить від сили лінз, лінзи повинні бути такі швидкі, як найкращі з уживаних у кінематографічних камерах, але із значно більшою фокальною довжиною: інакше платівки будуть зіпсовані. Деякі европейські й англійські конструктори думають, що не безнадійно збудувати добрі метеорні лінзи, але їх нема ще в ужитку.

Вивчення метеорів набуває дедалі більшої ваги. Комети складаються з метеорів і їхні хвости частково складаються з блискучих газів, які гонить гаряче випромінювання Сонця.

Величезні простори зоряного неба вкриті чорними плямами фантастичної розтягненої форми або зовсім безформними — хма-

рами пилу між нашою Землею й далекими зорями, метеорним пилом, готовим зібратися в купу і, можливо, впасти остаточно на поверхню зір, Сонця, або в нашу власну атмосферу. Якщо такий пил падатиме на зорі, то це може постачити їм матеріял на зміну постійно випромінюваному й так підтримувати їх. Можливо, що метеор справжня пожива для зір і нашого Сонця, ясність яких не припиняється протягом незчисленних тисячоліть.

Як уже вище згадувалося, багато ентузіястів сиділо до самого ранку листопадової ночі 1899 року й майже не бачили метеорів. Це було великим розчаруванням, бо кожен знав про Леоніди — зоряні дощі 1799, 1832-3 і 1866-7 й усі сподівалися забачити знову цю величну картину своїми очима. На жаль, обчислювачі не натрапили швидко на проблему пертурбації й ніхто, за винятком кількох людей, та й то занадто пізно, не знав, що великий Леонідів рій в інтервалі після 1866 року пройшов так близько до велетенської планети Юпітера, що збочив зі своєї звичайної орбіти, і, таким чином, не мав можливости зустрітися з Землею. Отож ці ентузіясти провели безсонний ранок, позбувшись трохи і свого ентузіязму і довіри в астрономічні передбачення.

Дальше повернення Леонідів буде 1931—35 року. Обчислювачі ще мають час для того, щоб вирахувати пертурбації, або принаймі повідомити нас про можливість їх. Тимчасом, кожен, хто цікавиться й бажає допомогти, може провести кілька нічних годин 10—17 листопада зазначених років, рахуючи й позначаючи на мапі метеорні путі.

X. Комети

Едвард Кінґ

Кометами цікавляться люди ще з давніх давен. Вони спадають нам на увагу тому, що вони незвичайні. Ми знаємо, коли й де знайти зорі й планети і навіть можемо передбачити цілковите затемнення Сонця з точністю до кількох секунд. Але комета може з'явитися в будь-якій частині неба без усякого попередження. В старовину на комети дивилися як на недобрий знак, що, як гадали, означає гнів божества. Їх змальовували як символ, що віщував моровицю й війну. Тепер для нас ці дивовижні відвідувачі небес свідчать про закон тяжіння, що керує кожною кометою в її далекій таємничій дорозі в світовім просторі.

Арістотель гадав, що комети — це пара або випари в земній атмосфері. Тіхо Браге помітив, що комета 1577 року з'явилася проти тих самих зоряних груп, звідки б не дивитися, чи з Уранієнборґу[1] чи з Праги, хоча ці місця були одне від одного на віддалі 400 миль. Звідси він зробив правильний висновок, що комета була

[1] Уранієнборґ—обсерваторія Тіхо Браге на острові Ґвен між Данією і Швецією, на віддалі 2-х годин від Кебенгавну.

від нас далі, ніж Місяць. Отак комети були переведені з метеорології в царину астрономії. Ісак Ньютон довів, що комети рухаються в згоді з його законом тяжіння, але тільки Едмунд Галлей, застосувавши Ньютонову теорію, наперед завбачив повернення комети 1682 року, яка насправді повернулася згідно з його обчисленням. Галлеєна комета була перша з відомих періодичних комет, цебто тих, що повертаються реґулярно, і записи показують, що за дві тисячі років ця знаменита комета відвідувала нашу сонячну систему в промежках близько сімдесят шість років[1]. Багато з нас бачили її останню появу 1910 року. Стара комета вже тоді була досить пошматована, бо комети з плином часу розпадаються на куски.

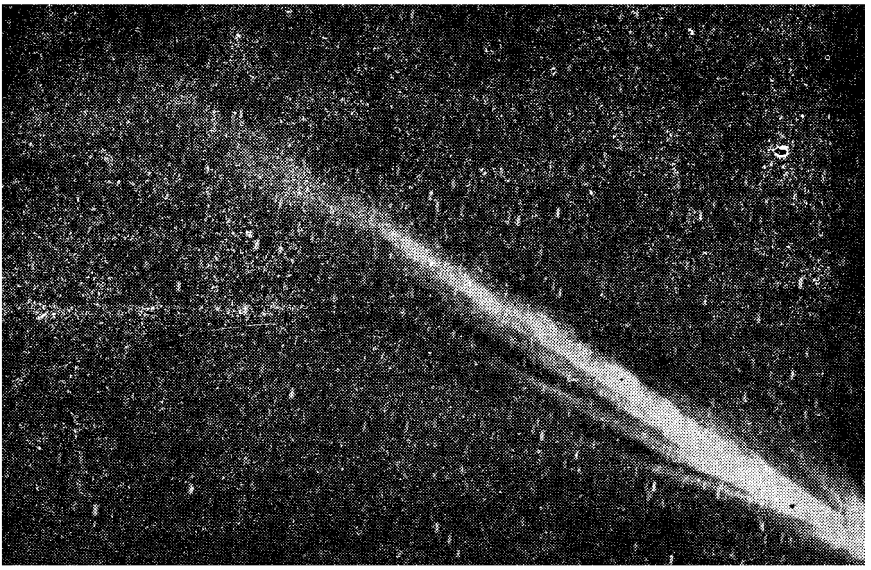
Перед віком телескопів можна було бачити тільки великі комети. Тепер «комето-мисливці» викривають комети задовго перед тим, як є який шанс забачити їх голим оком. Шукання комет річ дуже цікава для аматора-астронома, але потребує максимальної уваги. Спостережник пробігає по небу своїм телескопом, пильно вивчаючи кожний підозрілий об'єкт. Потім він знову повертає назад і вже починає розглядати небо крок по крокові. Слабі й бліді туманності виглядають як далекі комети, але дійсний критерій це те чи рухається об'єкт відносно зір. Кілька годин спостереження визначать це. Досвідчений спостережник розглядає відкриття одної нової комети на рік, як задовільний здобуток, але небіжчик Джоел Меткаф одного разу дістав дивовижний рекорд, знайшовши три комети менш ніж за 48 годин.

Небагато є таких щасливих, як професор Перрайн з Лікської обсерваторії. Було одержано шифровану каблеграму про те, що спостережено комету. В переданім трапилася помилка. Коли професор Перрайн навів свій телескоп згідно з помилковою передачею, то забачив комету. Це не була шукана комета, але цілком нова й несподівана. Збіг був ще тим дивніший, що якби він дивився на день раніше або на день пізніше, то було б занадто пізно, швидкий гість зник би з поля зору телескопа. Напевно цей випадок не має подібних в аналах астрономії.

Коли з'явиться комета, то про її положення серед зір одразу ж телеграфують до Кебенгавну в Европі й Гарвардській обсерваторії в Америці, центрам, звідки поширюються астрономічні новини по всьому світі. Щоночі астрономи спостерігають і занотовують положення комети, як вона рухається в зорянім просторі. Три позиції протягом трьох різних ночей дають обчислювачам дані для того, щоб знайти криву кометної путі й її місце щодо Сонця. Обчислити путь — довга й забарна робота, але коли роботу закінчено, то цифри покажуть чи гість насправді новий чи він уже старий приятель.

[1] В СРСР центром астрономічних телеграм є Пулковська обсерваторія (див. додаток).

Путь комети має бути еліпсою, пароболею або гіперболею із Сонцем близько одного кінця кривої. Інакше кажучи, комета обходить Сонце й потім знову відбігає в найвіддаленіші дільниці своєї мандрівки. Комета, що рухається в еліптичній орбіті, є періодична і щоразу повертається в сусідство Сонця. Багато з періодичних комет «полонила» планета Юпітер. Комета, що увіхо-



Мал. 11. Моргавзова комета. Гарвардський фотозняток від 15 листопада 1908 року.

дить або залишає сонячну систему, може пройти поблизу Юпітера. Якщо вона підійде досить близько, сила притягнення цієї велетенської планети відкине комету з її шляху. Отак мандрівна комета може бути або назавжди викинена в світовий простір або затримана як в'язень. Тоді вона стає членом так званої «Юпітерової кометної родини». Такі комети не відходять від Сонця далі за орбіту Юпітера і повертаються до Сонця в інтервалях від трьох до восьми років. Інші періодичні комети належать до родин тих планет, що поза Юпітером; наприклад Галлеєва комета сусідує з Нептуном. Щодо неперіодичних комет, то хоч як інтересно вважати їх за вісників далеких зір, що летять як міль від одного сонця-свічки до другого, та факти лишаються фактами і всі відомі комети можливо члени, хоч й блудні, сонячної родини.

Велика комета на близькій віддалі надзвичайно гарне видовисько. Усім відомі слова Олівера Гомза: «Голова в десять мільйонів кубічних миль, хвіст у десять більйонів ліг». Треба визнати, що цей опис надзвичайно перебільшує величину хвоста коштом голови. Голова комети може бути діяметром понад сто тисяч миль, щонайбільше, а хвіст менший у сто разів за цифри д-ра Гомза.

Комета світить частково своїм власним світом, частково відбитим сонячним світлом. Голова комети стискається, коли вона наближається до Сонця, і побільшується в міру того, як вона віддаляється. Газуваті променясті паростки голови мають у собі молекулі газу, піщинки, камінці і, можливо, великі кам'яні брили. Така нетривка, несуцільна будова легко руйнується. 1846 року комета Бієла розпалася на дві частини, які продовжували рухатися незалежно одна від одної. Пізніше, коли Земля перетяла путь цієї комети, було видно дуж гарний метеорний дощ з уламків комети, завогнених від тертя в земній атмосфері. З того часу Бієліди з'являлися періодично.

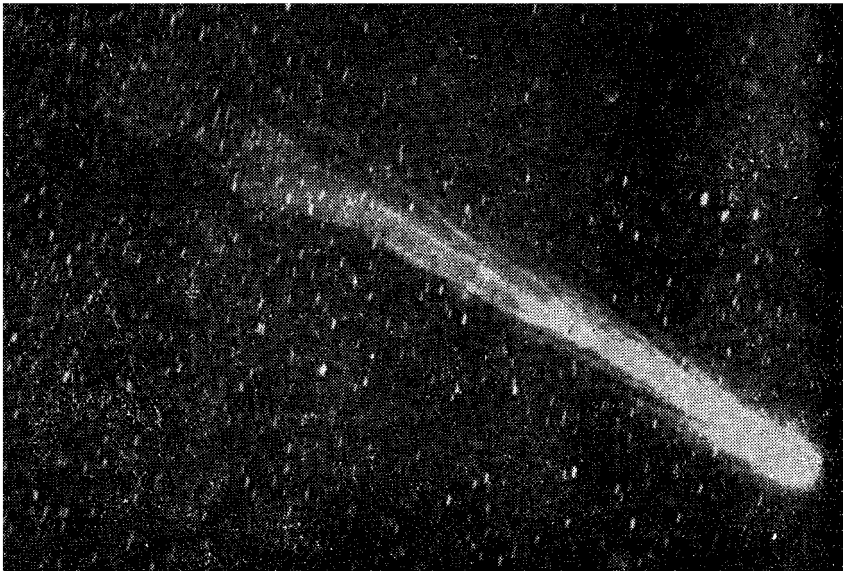
Багато повторних метеорних дощів має зв'язок з різними кометами. Кожна комета являє собою в потенції метеорний дощ. Проаналізуйте метеор, що впав на Землю, і ви матимете уяву про структуру твердої частини комети. Спектроскоп показує, що газова оболонка й хвіст комети мають у собі водень, вуглець, ціян і трохи металевої пари.

Не всі комети мають хвости. Деякі комети їх зовсім не мають. Хвіст розвивається тільки під впливом Сонця. Коли комета наближається до Сонця, то матерія видувається як дим з пароплавної труби. Тиск сонячного світла відштовхує дрібні часточки пилу або газу, ось чому хвіст завжди обернений у протилежний від Сонця бік. Наближаючись від сонця, комета підбирає хвоста, а залишаючи Сонце — випростовує його.

Часто буває кілька хвостів, розміщених під різними кутами. Часом видно якісь дивні вузли, що рухаються назовні, і змінюють вигляд легкої структури. У Галлеєвої комети, при її останнім поверненні, ділянки хвоста зменшувалися від голови із швидкістю 80 км на секунду.

Що трапилося б, якби хвіст комети зіткнувся із Землею. Комета складається з такої розрідженої речовини, що ефект був би не більший, як від зустрічі з димовою хмарою. Справді 1861 року Земля зіткнулася з хвостом комети і ніхто навіть не відчув цього. Є тільки один шанс з п'ятнадцяти мільйонів, що ми колинебудь зустрінемо голову комети. Якби це й трапилося, то більш як на блискучий метеорний дощ, не можна було б і сподіватися. Тендітна кометна речовина не заховує зір за собою, для цього потрібно було б сто тисяч комет, вагою рівних Землі. Середня густість голови комети така як порожнечі, висмокованої добрим повітросмоком.

Відома із сучасних комет, комета 1843 року, мала хвіст у 320.000.000 кілометрів завдовжки. Комета рухалася в напрямі Сонця із швидкістю 560 кілометрів на секунду, майже доторкаючись сонячної поверхні. Послуги ж цієї комети для астрономії були надзвичайні. Видима в денному світлі вона викликала була таку зацікавленість у Сполучених Штатах, що провели підписку й на



Мал. 12. Моргавзова комета. Гарвардський фотозняток від 20 листопада 1908 року.

зібрані кошти закладено Гарвардську обсерваторію й обладновано її телескопом, найбільшим, як на той час, в Америці.

Комета Донаті, 1858 року, була одна з найкращих. Багато читачів напевно згадує величну комету 1882 року, видиму протягом дев'ятьох місяців. Так звана «денна комета», видима на початку 1910 року, як і Галлеєва комета притягала багато спостережників.

Пересічно п'ять або шість комет, звичайно телескопічних, з'являється щороку. Одна з найясніших комет останніх років була комета Ск'єллерупа, відкрита в грудні 1927 року. Коли її вперше побачили, то вона мала хвіст у три градуси. Швидко збільшуючи ясність, комета стала яскравіша за Венеру й її можна було бачити вдень. Справді її зфотографовано при денному світлі з допомогою червоного фільтра в Ловелській обсерваторії, хоча вона була дуже близько Сонця.

Ніхто не може наперед сказати, що ще таять для нас комети. Іноді вони з'являються цілком несподівано, як, наприклад, комета, яка вийшла із-за Сонця 1921 року й була видима тільки в Лікській обсерваторії, і то тільки на півгодини. Нова комета, подібно кометі 1882 року, буде не тільки величним видовиськом, але дасть щасливу нагоду вивчити цей феномен з допомогою останніх найдосконаліших інструментів. Які тільки новини може принести нам такий мандрівник, якщо тільки вловити його звістку!

XI. Вік Землі

Гарло Шаплі

Питання про вік Землі є астрономічне, коли ми розглядаємо час народження Землі, питання геологічне, коли ми говоримо про вік земної кори або про вік мінералів і копалин. Та проблема значно ширша за поле астрономії й геології. Досліджувач, який бажає довідатись про дещо з хронології Землі, повинен також вдатися до інших наук — хемії, фізики, мінералогії, палеонтології, біології — і навіть тоді він не матиме вичерпної відповіді.

У своїй попередній статті я накреслив сучасний погляд на походження Землі. Базуючись на теорії припливної еволюції, я змалював вам як у давнину зустрілися Сонце з якоюсь іншою зорею, наслідком чого створилися планети з сонячної атмосфери. З часу еруптивного народження планет вони охололи в результаті випромінювання їхнього тепла в навкружний простір. Їхні газуваті поверхні перетворилися в плинні, а плин здебільшого затвердів. Проте на Землі великі воднево-кисневі сполуки, так звана вода, залишилися у плиній формі, створивши океани й озера, а плинне залізо, кальцій, магнезій, силіпій, цинк, золото, срібло та інші елементи всі затверділи, створивши землю й скелі. На далеких планетах, де сонячне тепло не таке інтенсивне, вода також напевно в твердому стані.

Хоча фізико-математична аналіза й домисли дозволяють нам простежити перебіг подій в еволюції Землі, вони не можуть допомогти нам точно визначити час перших періодів. Найбільше, на що ми спроможні, це зробити приблизні обчислення. Доктор Джефріс, англійський математик, підійшов до проблеми визначення часу походження планет, обчислюючи, як багато часу потребувалося б на те, щоб змінити орбіту Меркурія з її первісної дуже видовженої форми до її теперішньої, круглішої, — цебто знаючи дещо про кількість матерії в просторі, яка могла діяти за гальмо на рух планет, він обчислив скільки часу потребувалося б для тертя та інших можливих відхильних ефектів, щоб зробити орбіту круглою. Він дійшов висновку, що для цього потрібно не менш як тисяча мільйонів років, а можливо й значно більше.

Отже точно визначити час народження Землі неможливо. Але коли справа йде про визначення віку деяких порід, це можна зробити досить точно, вдаючись до законів радіоактивности.

Тема про розпад радіоактивних елементів трохи технічна, але така важлива для проблеми визначення віку геологічних порід, що ми повинні спинитися на ній трохи докладніше. Ми говоритимемо про таблицю хемічних елементів і про інші речі, що стосуються до хемії.

Ви напевно обізнані з теперешнім ученням, що всі матеріяльні речі, будь то тварини чи машини, людський мозок чи зорі, складаються з одних і тих самих основних одиниць матерії, які, як показує остання аналіза, електричної природи. Ці основні електричні одиниці складають близько дев'яносто різних видів матерії — хемічні елементи. Деякі елементи, як рубідій, европій і польоній не звичайні, їх зовсім не вживано в звичайній мові, тимчасом про інші, як золото або срібло, говориться багато. Найчастіші види матерії на поверхні Землі — це легші елементи, як водень, кисень, силіцій, алюміній, магнезій, кальцій, а в тваринних тканинах також багато вуглецю й азоту. Ці самі елементи є скрізь у всесвіті.

Список хемічних елементів

1. Водень.
2. Гелій
3. Літій
4. Берилій
5. Бор
6. Вуглець
7. Азот
8. Кисень
9. Флюор
10. Неон
11. Натрій
12. Магнезій
13. Алюміній
14. Силіцій
15. Фосфор
16. Сірка
17. Хлор
18. Аргон
19. Калій
20. Кальцій
21. Скандій
22. Титан
23. Ванадій
24. Хром
25. Манґан
26. Залізо
27. Кобальт
28. Нікель
29. Міль
30. Цинк
31. Ґалій
32. Германій
33. Арсен
34. Селеній
35. Бром
36. Криптон
37. Рубідій
38. Стронцій
39. Ітрій
40. Цирконій
41. Ніобій
42. Молібден
43. Мазурій
44. Рутеній
45. Родій
46. Палядій
47. Срібло
48. Кадмій
49. Індій
50. Цина
51. Стибій
52. Телюрій
53. Йод
54. Ксенон
55. Цезій
56. Барій
57. Лянтан
58. Церій
59. Празеодимій
60. Неодимій
61. Ілінiй
62. Самарій
63. Европій
64. Ґадоліній
65. Тербій
66. Диспрозій
67. Гольмій
68. Ербій
69. Тулій
70. Ітербій
71. Касіопей
72. Гафній
73. Тантал
74. Вольфрам
75. Реній

76. Осмій
77. Іридій
78. Плятина
79. Золото
80. Меркурій
81. Талій
82. Оливо
83. Бісмут
84. Польоній
85. Кварц
86. Радон.
87. Діямант
88. Радій
89. Актиній
90. Торій
91. Ураній
92. Ураній X_2 (Протоактиній)

Розмістивши елементи в порядку їх ваги й достатку на Землі, ми виявимо, що тяжкі складові атоми незвичайні на Землі, хоча іноді індустріяльно або комерційно вони важливі, як це ми маємо з вольфрамом, меркурієм (живим сріблом), плятиною і золотом. Найтяжчі види атомів у групі радіоактивних елементів, які включають радій, торій, ураній та багато інших. Здається, що атоми цих тяжких елементів складаються з легших складових частин, і радіоактивний розклад радію, уранію та інших — природи автоматичного розпаду. У цілком визначений час, який принаймні в межах нашої Землі не залежить від температури або тиску чи інших умов, ці радіоактивні елементи розпадаються. У створенні атомових видів ми здається досягли границь природи і всі ці атомові структури, які складніші й тяжчі за такі елементи як меркурій, оливо і золото, знову діляться на простіші форми.

Коли розкладається радій, то він остаточно перетворюється на гелій і оливо, які очевидно дуже міцні й стійкі елементи, бо далі не діляться на складові частини. Ураній, найтяжчий з усіх атомів, і торій розкладаються повільно, але неминуче і, пройшовши кілька радіоактивних ступенів, остаточно стають гелієм і формами олива.

Один з найдивовижніших фактів цього радіоактивного розкладу тяжких елементів — це те, що він автоматичної і точної природи. Якщо ми для експерименту ізолюємо кусок уранію від породи, в якій він міститься, і покладемо цей кусок в місце вільне від іншої матерії, то ми зможемо з точністю передбачити скільки уранію, скільки олива, скільки гелію і скільки проміжних радіоактивних речовин буде в майбутньому в який завгодно час у цьому місці. Швидкість бо розкладу цілком постійна і її легко можна виміряти. Знаючи швидкість розкладу, ми зможемо сказати, вимірявши всю кількість кожної із наявних субстанцій, скільки минуло часу відтоді як ізольвано ураній. Цебто відношення уранію до гелію, або відношення уранію до олива буде добрим покажчиком того, як довго триває експеримент; з плином часу ставатиме безперервно дедалі менше уранію і безперервно дедалі більше гелію й олива.

Виявляється, що Природа ввесь час робить такі експерименти з того часу як зформувалася Земна кора. Знайшовши мінерал ураній в якійнебудь породі, що має залишки копалин, ми можемо проаналізувати кусок його, виміряти відношення уранію до олива, знайти який старий оцей мінерал і визначити приблизний вік копалин. Якщо потім ми триматимемо цей мінерал мільйон років і

знову візьмемо частину його, щоб визначити відношення уранію до олива, то знайдемо більше олива аніж тепер і менше уранію. Зміна буде така, як передбачалася, що свідчить за руйнування уранію протягом мільйонів років.

Тільки за останні 25 років геологи почали вживати принципів радіоактивности, обчислюючи вік геологічних порід. На щастя, уранієві мінерали знаходять у різних геологічних формаціях. Порядок розміщення різних шарів на землі був давно відомий наслідком вивчення копалин у цих породах і тепер завдяки радіоактивним обчисленням,—цебто способові виміру відношення уранію до олива, — ми можемо насправді обчислювати вік різних геологічних формацій за порядком.

Ми визначаємо цим способом вік різних видів тварин, кістки, черепашки або сліди яких залишилися в старих породах Земної кори. А що Земля старіша за свої мінерали, то оце вивчення допомагає нам установити мінімальний приблизний вік Землі.

Який же вік визначають учені для різних формацій, і для наших копалинних предків? Деякі з найстаріших уранієвих мінералів у формації Докембрійської доби налічують $1^1/_2$ більйони років. Багато досліджено порід старіших за більйон років. Однакові породи, взяті з різних частин Земної поверхні, дають однакові результати. Великий плюс для цієї методи — це те, що можна клясифікувати і розмістити за порядком геологічні формації.

Сліди життя в породах Докембрійської доби незначні, але навіть у ці далекі часи багато примітивних органічних форм жило в океанах. Виразніші сліди життя виявляються в різних Кембрійських породах, на початку Палеозойської ери. Уранійна метода визначати їхній вік показує, що ці породи створили між 500.000.000 і 700.000.000 літ тому.

У пізніші Палеозойські часи життя на поверхні Землі стає дуже багатим і швидко розвивається. Густі ліси, з яких потім утворилися великі вугільні родовища, налічують близько триста мільйонів років. З того часу різні типи рослин і тварин домінували. Кілька форм, особливо в твариннім світі, збереглося до нашого часу, зазнавши дуже малих змін. Проте тисячі видів існували кілька мільйонів літ і потім зникли, залишивши тільки незначні сліди на осадових покладах. Вони були неспроможні витримати конкуренцію інших форм або нездатні пристосуватися до змін оточення. Поверхня Землі є, насправді, величезне кладовище біологічних невдач.

Палеозойська ера була добою старих порід із копалинними залишками — це був час риб і папороті, трилобітів і тарганів. Мезозойська ера мала породи середнього віку, і являє собою час з історії Земної кори між постанням Аппалачських гір і постанням Скелястих гір[1]. Тоді панували сосни і динозаври. Кайно-

[1] Гори ці в Північній Америці. *Перекл.*

зейська ера вже не такого давнього походження, її породи налічують тільки щось із 50.000.000 років.

Повсюдно підчас останніх двох ер постали сучасні рослини й тварини, але тільки на самім кінці Кайнозойської ери ми починаємо знаходити в породах сліди чоловіка і його безпосередніх родичів. Ось в оцей порівняно недавній час і постав Льодовий вік — оця навала полярного льоду, що залишила свої сліди по всій Новій Англії, а також по берегах інших частинах світу (наприклад Північ СРСР). Геологічні дослідження показують, проте, що раніше було кілька льодових віків, навіть у тропіках.

Обличчя нашої Землі — доволі подряпаний і негарний взірець активности старовинних часів, активности тварин, рослин, вульканів і океанів, льодовиків і погоди. Геолог, досліджуючи скам'янілі відбитки дощових крапель Палеозойської зливи або відбитки лап старовинної салямандри на колись м'якому пісковику, намагається прочитати цей неясний і заплутаний запис літопису і цим допомогти обчислити вік Землі й віки осадів сповнених останками колишнього життя.

Є багато способів обчислювати вік Землі крім тих, що базуються на радіоактивності, але всі вони щодо точности поступаються перед тим, що ґрунтується на відношенні уранію до олива. В одній методі йдеться про кількість соли, що є тепер у морі, яку, певно, змили з суходолу річки минулих геологічинх віків. Друга базується на швидкості утворень, спостережуваних за нашого часу, осадових порід, які з часом стануть породами із копалинними останками, а ще інша ґрунтується на спостереженні швидкостей, за яких руйнуються гори від дощу й вітру. Ці методи показують величезні віки і не розходяться з обчисленнями з допомогою радіоактивних мінералів. Ще інша дуже приблизна метода базується на обчисленні часу потрібного для еволюції різних видів тварин і рослин, але це обчислення практично не має ціни, бо ми знаємо занадто мало про швидкість, з якою відбуваються зміни з одної життєвої форми до другої.

Говорячи про вік Землі, я вдався до двох таблиць, що мають значення для нашої теперішньої розмови і загалом мають вагу для багатьох наукових проблем. Це — таблиця хемічних елементів і таблиця геологічних періодів. Якщо ви бажаєте дістати ширші відомості з науки, я раджу вам серйозно обізнатися з цими двома підсумками наукової праці, одним, що має справу з матеріялами, з яких складається Земля, і другим — скалею минулого життя Землі. Безперечно, що узнавши все, що можна знати хемічні елементні їхні відношення один до одного, кожен зрозуміє не тільки фізику й хемію, але також більшість з астрономії і фізіології і сучасної індустрії і, таким чином, матиме ключ до головних відкрить і результатів нашої теперішньої складної цивілізації. Обізнавшись достатньо з таблицею геологічних періодів, кожен не тільки матиме уяву про історію Землі й тваринного та рослин-

Таблиця геологічного часу

Е р а	Період	Скаля[1] часу	Хронологічні нотатки
Психозойська (Вік розумового життя)	1. Недавній . .	1—2	Панування людини
	2. Плейстойцен .		Періодичне зледеніння; первісна людина
Кайнозойська			
(Вік ссавців і сучасної фльори)	1. Пліоцен . .	8	Гімалая; людина-мавпа
	2. Міоцен	21	Сучасні Альпи; трипалі коні
	3. Олігоцен . . .	37	Піренеї; Аппеніни
	4. Еоцен		Сучасні ссавці; чотирипалі коні
	5. Палеоцен . .	60	Первісні ссавці; п'ятипалі коні?
Мезозойська			
(Вік плазунів)	1. Крейдяний . .	105	Анди; Скелясті Гори
	2. Команський .	135	Постання квітнучих рослин
	3. Юрський . .	175	Сієрра Невада; летючі плазуни, перші птахи.
	4. Тріяський . .	215	Виникнення динозаврів.
Палеозойська	1. Пермський . .	250	Аппалачські, Уральські гори
Вік амфібій, риб і вищих безхребетних	2. Пенсільванський	290	Палеозойські Альпи
	3. Міссісіпський	330	Перші кам'яновугільні поклади; первісні комахи
	4. Девонський .	380	Перша відома земна фльора
	5. Силюрійський	430	Вік риб
	6. Ордовіцький .	540	Появлення безхребетних
	7. Кембрійський	630	Домінування трилобітів
Протерозойська	1. Пізній	(1000)	Найстаріші з відомих копалин
	2. Раніший . .	(1200)	Первісні морські безхребетні
Архезойська Первісна	Палео-Лаврентійський	(1500)	Одноклітинне життя?
	—		Застигає кора і утворюються океани
Космологічна	—	(3000) ?	Постання Землі (і Місяця)

[1] Приблизний інтервал у мільйонах років від початку періодів.

ного світу, але також матиме критерій для міркування про сенс життя, зможе краще оцінювати людську поведінку в світлі успіхів і невдач за останні тисячі мільйонів літ.

XII. Життя в інших світах?

Гарло Шаплі

Напевно нема в астрономії об'єкту, про який сказано і написано було б більше дурниць, аніж тема про життя на інших планетах. Популярний письменник і публіка завжди ладні чути й вірити найбільш ненауковим речам у цьому питанні. На твердження, що переконливих спостережень занадто мало, або, що вони надто непевні для позитивних висновків, звертається дуже мало уваги. Річ у тім, що пересічна людина про себе дуже бажає почути запевнення, що існує життя серед зір, вона дуже розчарована, коли прозаїчний науковець запевняє, що людина не може існувати на Марсі.

Надія, що наука викриє існування багатьох інших залюднених всесвітів така могутня, що прості наукові факти зробили занадто малий поступ проти людської буйної уяви. Безперечно, хоч ми і мріємо про такі речі, та все ж особисто не бажаємо бути на інших далеких всесвітах. Ми не дуже турбуємося про те, щоб провести сезон на Марсі, ми навіть не дуже дбаємо про те, щоб перенести наші фізичні тіла в далекі закутки нашої власної планети. Але ми беремо близько до серця, коли щось стримує нашу уяву. Нам дуже хотілося б вірити, що на Венері існують таємничні люди, навіть тоді, коли ми не певні чи Венера є комета, планета чи зоря. Ми охоче мріємо про чарівних індивідів високого інтелекту на якійнебудь далекій спіральній туманності, і дуже розчаровані, коли якийсь нудний учений насмілюється розвіяти нашу прекрасну мрію.

Хоча наша уява здається сягає далі й має більший успіх аніж наукові дослідження, проте є багато інтересного, що можна сказати за проблему планетарного життя, не переходячи меж науковости.

Хтось сказав, що людство можна поділити на дві групи астрономів і людських істот. Я гадаю, що цей висновок спричинений тим, що астронома мало обходять людські проблеми. Життя є річ неважлива з погляду астрофізичного вивчення структури всесвіту. Це тільки один з багатьох дрібних феноменів на поверхні планети, та й планета для того, хто вивчає зоряний всесвіт, є річ другорядної ваги. Поведінка живих істот є річ незначна проти поведінки стихійних первісних газів. Людські закони минущі, слабі, довільні й абсурдні проти імпозантних законів фізичної науки. Проте для нас життя — річ важлива й серйозна.

Це все залежить від перспективи. Для зрозуміння законів

всесвіту випромінювання хвоста комети важливіше за людські організми. Будова атома дуже важлива і тлумачення про змінності зір і туманностей може допомогти зрозумінню, але всякі дефекти людського роду мало стосуються до планетних і зоряних шляхів.

В оцій статті ми розглянемо, як характеризує життя астроном і чи поширене воно в зорянім всесвіті. Ми хочемо знати, до яких меж воно сягає в просторі, що лежить поза нашою атмосферою. Чи явище це місцеве? Чи воно в усьому світі? Чи легко виникає цей хемічний експеримент, який ми називаємо життя? Чи легко воно припиняється наслідком примх небесного руху і гри фізичних і хемічних законів матеріяльного всесвіту?

Перед тим, як мріяти або намагатися міркувати про життя в зоряних системах, треба визначити, що таке життя і так, щоб це ясно зрозумів кожен пересічний мрійник і спостережник. Найкраще для нас уникнути точного визначення й погодитися на тім, що під життям ми розуміємо такий особливий фізико-хемічний феномен, що звичайно розглядається як життя на земній поверхні. У цій розмові нічого не буде сказано про «безплотних» істот. Під це визначення не підходять також ті химерні істоти, які, в нашій фантазії існують в газуватому полум'ї і ті непевні мешканці порожнього простору, де температура сягає абсолютного нуля.

Життя, як ми знаємо на Землі, базується на складному хемічному комплексі — протоплазмі. Для активности протоплазми потрібна вода в плинному стані, бо протоплазма складається переважно з води і живе нею. Життя не може існувати в парі, газуватій формі води, або в льоді, твердій формі. Воно потребує ідеального розчинника і таким розчинником є вода. Людське тіло складається з більшої частини плинної води, і те саме справедливе щодо інших форм земного життя. Вода є, так би мовити, життєва кров органічного всесвіту.

Отже наша проблема про можливість життя в інших світах приводить нас до питання про наявність плинної води. Якщо є вода — можливе життя, як нема води — життя не може бути. Тому, як досліджувачі неба, шукаючи залюднених земель серед зір і туманностей та планет сонячної системи, ми повинні спочатку дивитися, чи є вода, яка важливіша для нас аніж золото й срібло.

Чи досліджуємо ми можливість життя в зоряному світі в теперішній час, чи заглиблюємося в минуле й майбутнє власної планети, щоб з'ясувати можливість життя для рослин і тварин, ми повинні завжди мати на вазі цю ідею про плинну воду. Якщо обставини на цій планетній поверхні несприятливі для води — життя там не може бути. Так само, якщо в майбутньому води не стане, то припиниться протоплазмічна хемія.

Підхожих фізичних умов щодо атмосфери, температури, тиску і т. ін. напевно не так багато в зоряному всесвіті. Щоб підтриму-

вати життя органічних істот, зоря (яка газувата і тому незалюднена) повинна мати планети, більш за те, вона повинна тримати їх у здорових умовах протягом довгого часу. Ми гадаємо, що ста мільйонів років занадто мало для розвою навіть найпростішого з тепер відомих організмів. Для того, щоб дістати такий складний і врівноважений життєвий комплекс, як жук або людина, морська зірка або пролісок, потрібен довгий інтервал часу і дивовижний ступінь стійкости в хемічному середовищі.

Ми тепер ще не знаємо чи справді існує будь-яка планетна система крім нашої власної. Ми занадто далеко від наших найближчих зоряних сусідів, щоб бути обізнаними з їхніми родинними справами. Сонце, проте, не різниться, принаймні, як це ми можемо бачити, від сотень інших зір. Його температура звичайно пересічна, його вміст матерії у відомих межах, його об'єм типовий для зорі, юність якої вже минула, рух його не показує жодних особливостей, віддаль його від сусідніх зір і туманностей така сама як і тисяч інших у світовім просторі. Із загальних ознак не видно причин чому Сонце було б обране для спеціяльної місії посилати світло й тепло і засоби існування різноманітним видам органічного життя.

Я гадаю, що є принаймні сім конче потрібних передумов для виникнення і розвитку органічного життя на планеті нашої сонячної системи. Ці умови повинні забезпечити наявність води в плинному стані й належне середовище. Якщо планета не задовольняє якійнебудь з цих умов, то вона напевно не може бути й об'єктом для життя. Навіть, якщо вона задовольняє цим вимогам, можуть увійти інші чинники і затримати високий розвиток земного типу або навіть не допустити найнижчого виду органічного життя.

Життя — річ не стала. Органічні реакції й реактори не можуть виносити несприятливих умов. Вони не можуть протистояти, хіба що у виключно сприятливих обставинах, жорстоким ударом матеріяльного світу. Зміни температури повинні бути помірні і крайнощі повинні тривати короткий час і швидко пом'якшуватися. Інакше живі істоти одразу ж перетворяться в неорганічну масу, з якої постали. Надмір тиску не можуть витримувати кволі земні істоти. Життя, як ми знаємо його, не може навіть постати, якщо хемічний склад ґрунту й повітря дуже різниться від земних умов.

Сім умов, конче потрібних для життя, коротко можна зформулювати так:

1. Випромінювання джерела енерґії (в нашім випадку Сонця) повинно бути постійне кількісно й якісно на значному протязі часу.

2. Віддаль планети від джерела енерґії повинна бути у відповідних границях, щоб вода була в плинному стані на поверхні.

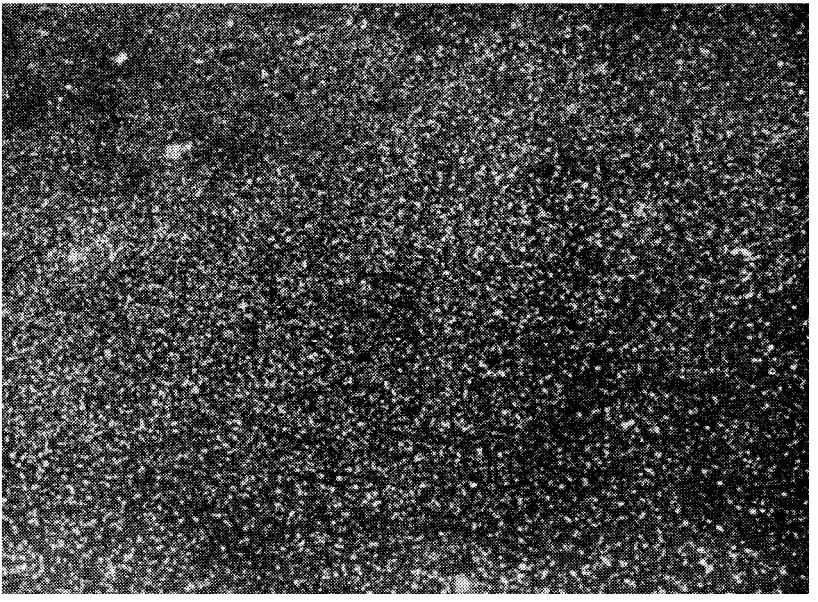
3. Орбіта планети має бути приблизно кругла, бо її віддаль від Сонця не повинна відхилятися дуже від середньої.

4. Планета повинна мати задовільний період обертання, щоб зміни дня й ночі були стерпні.

5. З цією самою метою вісь обертання має бути відповідно нахилена до плоскости планетної орбіти.

6. Маса планети не повинна бути ні занадто мала, ні занадто велика, якщо сподіватися на вищі форми життя.

7. Хемічна будова планетної землі, води й повітря має бути подібна до нашої земної.



Мал. 13. Зоряне поле Чумацького Шляху в сузір'ї Однорога.

Я візьму кілька з цих передумов і покажу, як вони важливі для існування життя. Ви забачите, що це дуже делікатно врівноважений процес, на який треба зважити, якщо він має продовжуватися.

1. Випромінювання Сонця є база, на якій підтримується енерґія організмів, подібно тому, як вода є основа для протоплазмічної хемії. Світло є засіб до життя, і світло для планет, є цілком продукт активности атомів сонячної атмосфери. Зоряне світло зовсім не допомагає, місячне світло занадто слабе, в усякому разі — це тільки відбите сонячне світло.

Нашу цілковиту залежність від малої зорі, Сонця, занадто мало оцінюють. Ми всі паразити, ми — живі істоти. Цивілізація і всі інші прояви життя — паразити на листках рослин, які своєю чергою є паразити сонячного проміння, здобуваючи для нас кусок

сонячної енерґії. Все це тільки підкреслює, як ми потребуємо вірного діяння цієї, так би мовити, центральної опалювальної устави.

Ми схильні вважати, що життя дуже пристосовуване й що воно може зносити багато змін у температурі й метеорології. Але палеонтологи кажуть нам, що зменшення Земної температури навіть на 5—6 градусів за Цельсієм повернуло б Льодовий вік, який можна порівняти з тим, що був в недавні геологічні часи, і завдав би величезної шкоди життю і життєвим умовам. Але зміна в шість градусів відповідає тільки двом відсоткам абсолютної температури Землі[1]. Зміни в 20 відсотків і більше характеристичні для багатьох зір, але якщо б такі зміни відбулися на Сонці, вони були б серйозною перешкодою до продовження життя протоплазми на Земній поверхні. Зміни понад 20 відсотків стерпні, якщо тільки швидко зм'якшуються. Надмір жари й холоду не є фатальний, коли він швидко змінюється й послаблюється протягом кількох годин або навіть днів чи місяців. Наше земне відшкодування за такі короткі холодні періоди в запасі тепла, захованого в океані, повітрі, паливі й тваринних організмах. Недозволенна тільки надмірна зміна температури. Отже потрібно для продовження життя, щоб Сонце випромінювало свою енерґію з постійною швидкістю. На щастя для нас, Сонце не є змінна зоря, подібна до тих сотень зір, що відомі астрономам, і за останні кілька сот мільйонів років його випромінювання здається практично таке саме, як і тепер.

2. Друга з умов, неодмінних для життя на планеті, — потреба води в плинному стані. В сонячній системи є інтервал у віддалі від Сонця, в межах якого одержувана енерґія ані занадто велика, ані занадто мала для наявности плинної води. У цьому переміжку віддалі обертаються три планети — Венера, Земля і Марс. Марс напевно десь близько зовнішнього краю віддалі, а Венера може бути для цього занадто близька до Сонця.

Віддаль Марса від Сонця така, що він дістає менше аніж половину сонячної енерґії на квадратову милю проти Землі. Недавні дослідження Ловелської обсерваторії і обсерваторії Мавнт Вілсон показують з точністю, що проте температура на Марсі ще досить висока для плинної води, принаймні впродовж середини літніх днів. На віддалі Юпітера й Сатурна вода на планеті подібній Землі замерзла б. З другого боку, планета така близька до Сонця як Меркурій дістає сонячної енерґії на квадротову милю більше в шість разів проти Землі, і без якоїсь дивовижної атмосферної витівки, щоб уникати цього потоку енерґії або пом'якшувати його, планета безперечно не підійшла б як місце для життя.

Якщо б Сонце було яснішою зорею, аніж є, то найкращий

[1] Нагадаємо, що абсолютною температурою, називається температура водневого термометра. Нуль водневого термометра відповідає —273° термометра Цельсія, цебто на 273° нижче від температури розтавання льоду. *Ред.*

промежок віддалі був би далі, поза планетною системою; якщо з часом у майбутньому воно стане менш потужне, аніж тепер, то найкращий промежок переміститься всередину, в напрямі внутрішніх планет Венери й Меркурія.

3. Третя згадана вище умова стосується до форми планетної орбіти. Коли б орбіта була дуже видовжена, як шлях комети, то сталися б нещасливі зміни в кількості енерґії, одержуваної від Сонця. Більшість планетних орбіт досить округлі, але Меркурій, коли він найближчий до Сонця, дістає в два з чвертю рази більше випромінюваної енерґії, аніж тоді як він у найвіддаленішій частині своєї орбіти.

4. Дальша умова стосується до осьового обертання планети, яке спричинює зм'якшувальні ефекти дня й ночі. Дні очевидно короткі й тому відповідають цій умові для всіх планет крім Меркурія і, можливо, Венери. Можливо, що Венера обертається в тридцять наших днів, але наявні докази цього ще непереконливі. Деякі спостережники раніш вважали, що одна половина її завжди повернена до Сонця, подібно тому як Місяць протягом мільйонів літ дивиться на Землю лише однією своєю стороною, заховавши від нас таємницю своєї цілої півкулі.

Марсовий день завдовжки такий, як наш, а дні зовнішніх планет, принаймні Сатурна й Юпітера, менші аніж у два рази. Один бік планети Меркурія, проте, завжди повернений до Сонця й постійно бомбардується жорстоким промінням цієї зорі. Другий бік завжди повернений до зовнішнього простору, де одвічний холод маловідчутно пом'якшується земним і місячним світлом, світлом Венери та іншим слабим випромінюванням зір або планет. Контрастна температура між осяяним сонцем і затіненим боками Меркурія перешкоджає постійному існуванню води або атмосфери. Меркурій, як зовнішні планети, напевно виключається з числа планет, на яких можливе життя.

5. П'ята потрібна умова стосується до напряму, в якому направлена в простір вісь планети. Щоб зробити ефективним пом'якшення, яке постає наслідком обертання, не тільки повинен бути день короткий, але й вісь обертання має бути відповідно нахилена до плоскости планетної орбіти. Бо якщо вісь лежала б у плоскості орбіти, цебто була нахилена так, що на більшій частині планети день і ніч тривали б близько півроку, сезонні обмеження життя були б важливі. Інакше кажучи, хоча Арктична і Антарктична смуги поверхні Землі простягаються тільки на 23 градуси від полюсів, можливо, що на деяких планетах вони можуть простягатися на 90 градусів по дорозі до екватора, несучи із собою зміну умов життя, або навіть виключаючи високий розвиток його.

6. Ще важливіша умова для залюдненості планет — це питання про масу. Знову таки Венера, Земля і Марс з цього погляду найбільш підхожі, хоча менша маса Марса (одна дев'ята Земної) напевно його найбільша перешкода до цього. Найважливіша

функція маси — це сила тяжіння, завдяки якій вона тримає навколо себе атмосферу. Місяць з масою, що дорівнює одній вісімдесятій земної, також не може бути залюдненим світом і, мабуть, тільки брак маси єдина причина цього. Місяць не може утримати атмосферу, яка конче потрібна для життя земного роду не тільки для того, щоб дихати, але й для того, щоб вирівнювати й пом'якшувати почережне діяння гарячого Сонця і холодного простору. Щодо маси й поверхневого тяжіння планеті Меркурію знову таки не щастить. Навпаки занадто великі маси зовнішніх планет певно спричинюють вітри й шторми надзвичайної сили, нестерпні для таких кволих організмів як люди й дерева.

Атмосферний тиск на поверхні Марса близько половини того, що на верхівці найвищої земної гори. Отже ця планета була б неможливим місцем для будь-якої рослини або тварини, що живе тепер на поверхні Землі, але протягом часу організми безперечно пристосувалися б до умов Марса. Що атмосфера насправді існує на Марсі й що принаймні часами буває плинна вода, ми можемо бачити і з постережень полярних шапок[1], хмар, та інших поверхневих ознак. Недавні дослідження в Каліфорнії, що потверджують загалом роботу, яку провели перед тим Ловелська і Лікська обсерваторії, показують, що в атмосфері Марса є близько 6 відсотків тої водяної пари і 16 відсотків того кисню, який був в атмосфері Землі над Мавнт Вілсон підчас спостереження.

7. З усіх передумов для життя подібного на Землі хемічна будова середовища — одна з найважливіших. Характер порід дуже різниться по всій Землі, але вони перебувають під постійним і одноманітним діянням води й повітря. Ймовірно, що атмосфера, яку ми маємо, єдино можлива для планети такого розміру й генетичної історії. Більш за те, спільна одність хемічної будови зір є один з прийнятих висновків сучасної спектроскопічної аналізи. Проте, можливо, що атмосфера в якійнебудь з планетних систем псується або змінюється постійно від спорадичного діяння отруйних вульканів або газуватих туманностей, які зустрічає планета, мандруючи в міжзорянім просторі.

Підсумовуючи вищесказане скільки мова йде про планетну систему Сонця, ми мусимо зазначити, що думка пересічного астронома далеко менш оптимістична в питанні широкого розповсюдження життя, аніж думка ентузіяста.

Венера, принаймні з того, що ми можемо бачити, задовольняє майже всім умовам більше, аніж будь-яка інша планета крім Землі.

[1] Полярні шапки на Марсі являють собою білуваті плями біля полюсів цієї планети, які можна спостерігати в добрий телескоп. Коли наближається Марсове літо, полярна шапка на відповідному полюсі зменшується й облямовується темним окрайком. Очевидячки розтають сніги й крига, аналогічне такому самому явищу на нашій півночі. Проте, це не дає ще права робити висновок, що Марсові сніги і «льоди» являють собою замерзлу воду; багато хто продовжує гадати, що це замерзла вуглекислота. *Ред.*

Її маса й орбіта напевно сприятливі, її віддаль, обертання й хемічна будова певно теж сприятливі, але ми не можемо заглянути під густу покриву хмар і виявити таємниці її поверхні.

Нижчі форми життя можуть існувати на Марсі, де тонка атмосфера сприяє нашим телескопічним дослідженням. Вищі форми життя мало ймовірні в теперішній час, а існування таких істот, як людина або інші земні ссавці, вважається за цілком неможливе. Часто доводиться чути, що ми можемо обмінюватися сиґналами з мешканцями Марса, але я вважаю це за цілковиту дурницю. Тим, хто пробує або рекомендує такі експерименти, найкраще спочатку попрактикуватися розмовляти з морквою або медузою. Якщо їм пощастить нав'язати стосунки, то вони матимуть успіх з марсіянами.

На всіх інших планетах сонячної системи життя не може розвиватися зовсім, бо вони не відповідають умовам кількости маси, обертання і віддалі від Сонця.

Такі самі умови існують не тільки для нашого Сонця й планет, але й для інших зір та їхніх гаданих родин. Коли зоря вмирає й охолоджується, вона може бути здатна на час підтримувати на своїй поверхні той тип хемії, що з'являє основу життя. Але загалом, здається, для розвитку життя потрібні планети подібні нашій і ми не можемо вважати, що всі інші зорі мають планетні системи або що сімейний культ є зоряний звичай. Знову ми мусимо міркувати не знаючи фактів, хоча деякі висновки можна висловити з певністю. Подвійна зоря, двоє членів якої, що являють собою газуваті тіла, на віддалі кількох зоряних діяметрів одна від одної, не можуть мати підхожої планетної системи. Збурення напевно швидко порушили б орбіти або безнадійно викривили б їх, навіть якщо б планети з самого початку були сприятливі для розвитку протоплазми.

Ми повинні також сказати, що не всі зорі мали зустрічі з іншими тілами, що призвело б наслідком припливної ерупції до створення планетної системи підхожої до залюднення. Навіть якщо одна зоря з тисячі випадково розвиває родинну систему, то можна з певністю сказати, що рідко одна з планет буде ідеальна для нашого роду життя і ще рідше ці умови будуть вільні від періодичних змін, від зіткнень з туманностями і від дальшої зустрічі з небесними сусідами.

Отже натрапити на залюднені планеті серед зір — річ незвичайна, хоча ми не вважаємо, що з цього погляду Земля посідає виняткове становище в Природі. Налічується мільйони членів нашої зоряної системи. Час безконечний. Колись десь безперечно було багато планет, крім планет сонячної системи, що підходили для цього комплексу нечисленних хемічних реакцій, який має назву протоплазмічне життя. В походженні життя нема нічого надприродного. Я гадаю, що воно скрізь неминуче постало б, як природний процес всесвітньої еволюції. Таке людство як на землі

навряд чи є десь інде в зорянім всесвіті. Астрономічно кажучи, людина являє собою таку скороминущу, випадкову й непевно зрівноважену комбінацію обставин, що було б дуже дивно, коли б закони ймовірности точно відтворили б її. Але в певній формі, неземне життя напевно існує, існувало й існуватиме. Не маючи даних, ми можемо тільки здогадуватися, що шанси на те, що воно вище за наше життя так само необґрунтовані, як і те, що воно нижче за наше.

ЧАСТИНА ТРЕТЯ

ЗОРІ Й ТУМАННОСТІ

XIII. Як лічать і виміряють зорі

Віллем Лойтен

Кожен, хто будь-коли дивився на небо ясної ночі, коли не заважало місячне сяйво і міські вогні, безперечно дуже бажав знати, як багато зір на небі. На це питання відповісти можна одразу. Середнім неозброєним оком можна бачити близько шістьох тисяч зір на всьому небі, отже одразу ми можемо бачити понад три тисячі зір. Але коли ми підійдемо до питання скільки всього зір, то відповісти на нього не так легко. Що потужніших телескопів ми вживаємо, що глибші наші екскурси в світовий простір, то більше ми бачимо зір. Що довше ми експозуватимемо наші фотографічні платівки, то слабші й численніші показуватимуться зорі.

Що менш видимі зорі, то більше їх. Тільки двадцять одну зорю ми вважаємо за досить ясні, щоб залічити до найвищої кляси, і називаємо їх зорями 1-ої величини. Зорі трохи слабші, блідіші, числом щось із п'ятдесят, ми називаємо зорями 2-ої величини, ще слабіші — зорями 3-ої величини і так далі. Зорі кожної кляси в два з половиною рази слабші за зорі попередньої кляси, отже зорі 6-ої величини в сто разів слабші за зорі 1-ої величини. Зорі 11-ої величини в десять тисяч разів слабші, і зорі 21-ої величини,— в крайніх межах десягання наших теперішніх телескопів, — в сто мільйонів разів слабші за зорі 1-ої величини.

Як згадувалося вище, зір 6-ої величини і ясніших налічується близько шість тисяч. Це ми знаємо напевно, бо спостерігали кожну з них. Але, коли ми перейдемо до слабших зір, то їх така сила-силенна, що ми не можемо порахувати їх поодинці, одну по одній. В старовину ми направляємо великого телескопа на певні ділянки неба і лічили зорі, які тільки могли забачити з його допомогою. Зробивши це на численних ділянках неба, ми могли мати досить добру уяву скільки зір ми можемо бачити в цей телескоп на всьому небі. В наші часи астрономія потребує ще біль-

шої точности, ми хочемо, щоб усі наші спостереження були якнайточніші й найакуратніші і відбирали мінімум зусиль. Отже тепер, природно, ми не лічимо зір у телескоп, але вживаємо фотоплатівок і потім, на дозвіллі, лічимо зорі на платівках. Для цієї мети ми вживаємо наших найпотужніших телескопів і експозуємо протягом годин наші найчутливіші фотографічні платівки. Таким способом ми дастаємо точні відомості про те, скільки зір різної ясности ми зфотографували в кожній ділянці неба. За цими даними ми легко обчислюємо загальне число зір на всьому небі.

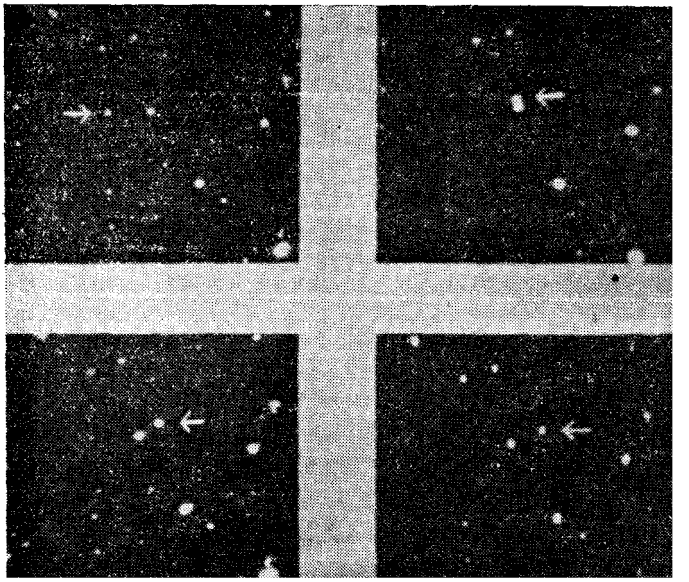
Найкращі обчислення, що ґрунтуються на найостанніших спостереженнях, показують, що всього зір на небі п'ятдесят більйонів. Це означає, що на ділянці неба завбільшки в Місяць у повні, міститься пересічно двісті тисяч зір, а на ділянці такій як Великий Віз налічується понад 50 мільйонів зір.

Зорі не прикріплені до якогось одного місця, всі вони рухаються, усі без винятку. Деякі з них рухаються дуже швидко, інші — дуже повільно. Сонце з усією планетною системою переміщується в світовому просторі із швидкістю близько 20 кілометрів на секунду. Ми рухаємося, отже, із швидкістю 64.000 км на годину, 1,6 мільйонів км на добу, 64 більйонів км у століття. Але проти інших зір — це невеличка швидкість. Справді, деякі зорі, наприклад Веґа в сузір'ї Ліри, рухається зі швидкістю не більшою за 16 км на секунду, але ми тепер знаємо тисячі зір, що рухаються із швидкістю більшою за 75 кілометрів на секунду. Приміром, Арктур, найясніша зоря в сузір'ї Волопаса, має швидкість 120 км на секунду. Дуже маленька й незначна зоря в сузір'ї Великого Воза проходить на секунду 3,20 кілометрів. Ми навіть знаємо слабу зорю в сузір'ї Цефея із такою колосальною швидкістю як 1000 км на секунду.

Ви напевно гадаєте, що на стороннього глядача всі оці зорі, що мчать із різними швидкостями і в найрізноманітніших напрямах, повинні справляти враження якогось божевільного хаосу. На початку це справді так і здається, але придивившись ближче, ми забачимо, що є метода і в їхньому божевіллі. Подібно нам всесвіт також має свої закони руху й границі швидкости. Хоч і всесвіт, що в їхньому розпоряді, безконечний, зорі підлеглі законам, які керують їхньою поведінкою. Статистичне вивчення їхніх рухів показує, що вони переважно рухаються паралельно до плоскости Чумацького Шляху і мають дуже незначну волю для перпендикулярного руху. Так само в тому напрямі, в якому рухається Сонце, гранична швидкість дорівнює приблизно 72 км на секунду. Ми не знаємо жодної зорі, що порушувала б цей закон, а проте, на перший погляд, здається, що зорі цілком безкарно рухаються з якою завгодно швидкістю в усіх інших напрямах.

Деякі зорі мандрують у просторі самі по собі, інші мають супутників, як наприклад п'ять центральних зір Великого Воза. Ці п'ять зір, а також кілька інших, розкиданих по всьому небу, такі

як Сіріюс і зорі в сузір'ях Візничого (Авріґи), Корони й Лева, створюють цілком визначену систему; їхні рухи абсолютно паралельні, ніби всі вони вирішили триматися разом. Другу таку групу можна знайти в сузір'ї Гіяд, оту V — подібну групу зір близько Альдебарана в сузір'ї Бика. Тут ми маємо кількасот зір, які створюють зоряне скупчення, що в астрономії має назву рухомий рій, і всі рухаються з однаковою швидкістю — 40 кілометрів на секунду.



Мал. 14. Рух Проксіма Центавра. Гарвардські фотознятки років 1897, 1901, 1910 і 1925. Проксіма Центавра позначена стрілкою на кожнім фотознятку. Через різницю в експозиції на деяких фотознятках зорі вийшли слабші, аніж на решті.

Та досить уже про рух зір. Ми тепер хочемо знати, скільки важать зорі і які вони завбільшки. Ви певно здивуєтеся почувши, що ми спроможні обчислити вагу зір, дарма що вони від нас віддалені на трильйони й квадрильйони кілометрів. Насправді — це річ дуже проста. Візьміть, наприклад, нашого найближчого сусіда Альфу Центавра. Тут ми маємо дві зорі, що обертаються одна навколо одної за 76 років. Ми обчислюємо їх віддалі окремо і потім порівнюємо систему цих двох зір із системою Сонця-Землі, пам'ятаючи, що чим тяжчі зорі, то сильніше притягають вони одна одну і то швидше кружляють одна навколо одної; так само

що далі вони одна від одної, то менше їхнє притягання, то повільніше вони рухаються. Це все, що ми потребуємо. Таким способом ми довідалися, що дві зорі Альфа Центавра важать майже стільки, як Сонце. Зробивши такі обчислення для великого числа зір, ми виявимо, що переважна більшість зір важить менш, ніж у три рази, але більш ніж половину ваги Сонця. Як і завжди, безперечно є винятки і ви не повинні дивуватися, що є зорі в п'ятдесят разів тяжчі за Сонце; ми навіть знаємо одну зорю, яка в двісті разів тяжча, але таких тяжких зір дуже мало.

Якщо зорі не дуже різняться вагою, то зате дуже різняться розміром. Найбільші з відомих нам зір мають діяметр у кілька сот разів більший за діяметр Сонця. Бетельґейзе, ясна червона зоря в сузір'ї Оріона, і Антарес, огняне око Скорпіона, — обидві такого типу. Кожна з них така велика, що коли б ми поставили Сонце в центрі, то ціла орбіта Землі була б усередині одної з цих зір. Об'ємом Антарес щось із сто мільйонів разів більший за наше Сонце. Найменша з відомих нам зір, — це маленький супутник Сіріюса, який ледве більший за Землю, а проте важить майже стільки як Сонце.

Знаючи і вагу і розмір зір, ми можемо обчислити їхню густість. Зорі типу Бетельґейзе і Антареса складаються з надзвичайно розрідженого газу, в тисячу разів рідшого за повітря, яким ми дихаємо. Найгустіша з відомих нам зір — це супутник Сіріюса, кубічний цаль її важить 1 тонну, або в 50 тисяч разів тяжчий за відповідну кількість води і більш ніж у 2 тисячі разів тяжчий за золото.

Щоб доповнити картину всесвіту, яку я намагався змалювати вам, зробімо в уяві модель його на скалі один до 30 мільярдів [1:30.000.000.000]. Якщо ми візьмемо помаранчу, що має являти собою середню зорю, і покладемо її на самий верх вежі Бостонської митниці, тоді, пересічно, дальша зоря буде на верху Будинку Поронів у Сан-Франсіско[1]. Пересічно ці помаранчі рухатимуться не швидше як один кілометр на століття і в усіх можливих напрямах. Якщо ви чітко уявлятимете собі цю картину — двоє помаранч на віддалі 4800 кілометрів і вільних рухатися у всеможливих напрямах, але не більше як 1 кілометр на сто років — і спробуєте обчислити шанс, що вони одного дня зустрінуться в преріях Небраски або Канади, тоді ви матимете уяву про те, які незвичайні повинні бути зоряні колізії.

Якщо ми захочемо показати нашу Землю на цій моделі, то тільки у вигляді порошинки, меншої за головку шпильки, що рухається навколо одної з помаранч в колі радіюсом 16 футів.

[1] Говорячи яснішими радянському читачеві образами: коли помаранча на даху будівлі Держпрому в Харкові являє собою будь-яку зорю, то її найближчий сусіда буде десь поблизу Ташкенту. *Ред.*

XIV. Клясифікація зір

Анні Кеннон

Сонячне й зоряне світло складається з хвиль різної довжини, які оком, навіть озброєним телескопом, не можна відокремити одну від одної. Крім телескопа ми повинні мати ще щось. Для того, щоб вирізнити складові кольори, світло треба пропустити крізь призму або розщепити якимись іншими способами. Наприклад, сонячні промені, проходячи крізь краплини дощу, перетворюються у багатобарвну веселку. Усім знайомою веселкою, цією небесною аркою, природа якнайкраще демонструє, що світло складається з багатьох кольорів.

Самий початок нашої обізнаности з природою зорі датується 1672 роком, коли Ісак Ньютон повідомив світові про наслідки свого досліду над проходженням сонячного світла крізь призму. Описуючи прекрасний жмут кольорів веселки, витворених, коли сонячне світло було розсіяне трикутним куском скла, він запозичив з латини слово «Spectrum», що означає в перекладі «привид». Веселка — є сонячний спектр.

Навряд чи можна знайти чарівнішу сторінку в історії шукання людиною знання, аніж історія аналізування світла. Я розповів тільки про кілька моментів з цієї історії, які істотні для нашої теми про клясифікацію зір. 1814 року, за сто літ після Ньютона, добуто спектр Сонця такої чистоти, що німецький оптик Фравнгофер побачив і дослідив дивовижні деталі. Він забачив, що численні спектральні кольори, від ніжно-фіялкового до темно-червоного, перетинаються сотнями темних ліній. Інакше кажучи, в спектрі були вузькі щілини, де цілком бракувало певних відтінків.

Протягом 50 років багато людей працювало над розв'язанням таємниці цих гієрогліфів, які накреслила рука Природи в блискучім сонячнім промінні. Розв'язку справді знайдено, коли досліджували світло одної з найкраще відомих і найзвичайнісіньких речовин, що існують на нашій планеті. Часом траплялось, що вчені люди були ледве здатні заробити собі на сіль, але зате були здатні довести, що ця повсюдна земна речовина, сіль, або принаймні її складова частина — натрій, існує на Сонці й далеких зорях.

Ми повинні пом'ятати, що слово спектр застосовується не тільки до сонячного світла, але також до світла будь-якої розпеченої речовини, коли її промені перепускається крізь призму або ґратницю. Кожна субстанція, коли її розпікати, посилає свої власні вібрації хвилями особливої довжини, які, так би мовити, співають власної пісні. Отже спектр звичайної сили, який хеміки називають хлорид-натрійний, дуже простий і має дві яскравих жовтих лінії. В сонячнім спектрі точнісінько ті самі відтінки жовтого кольору відрізані двома чорними лініями. Чи може бути

якийсь зв'язок? Чи можуть земні жовті лінії змінитися на чорні? Так, способом експерименту знайдено, що це з ними станеться одразу ж, коли холоднішу пару соли вмістити поміж призмою й джерелом світла, що вилучає всі хвилі. Отак доміркувалися, що дещо із ясного жовтого світла розпеченої поверхні Сонця абсорбується холоднішими натрійними парами в атмосфері Сонця. Подібним способом дві тисячі чорних ліній у сонячнім спектрі були простежені до заліза, і справді виявлено на Сонці всі звичайні речовини, так знайомі нам на землі, коли порівняли «абсорбційний» спектр з ясними лініями спектра, які дають ці речовини в ляборатоpіях.

Можна було сподіватися, що Сонце, наш батько, напевно має знайомі нам земні елементи, бо напевно в сиву давнину ми постали з нього. Але як із зорями, такими далекими, очевидно такими слабими? Сонце перевершує своєю ясністю блискучого Сіріюса в кілька тисяч разів з допомогою телескопа. Потім у спектроскоп, прикріплений до телескопа, ми зможемо розглянути блискучо прекрасне світло, бо мерехтливе зоряне світло проходить стрічкою всіх кольорів веселки, яка перетинається говорющими земними лініями. Тоді зорі являють собою сонця.

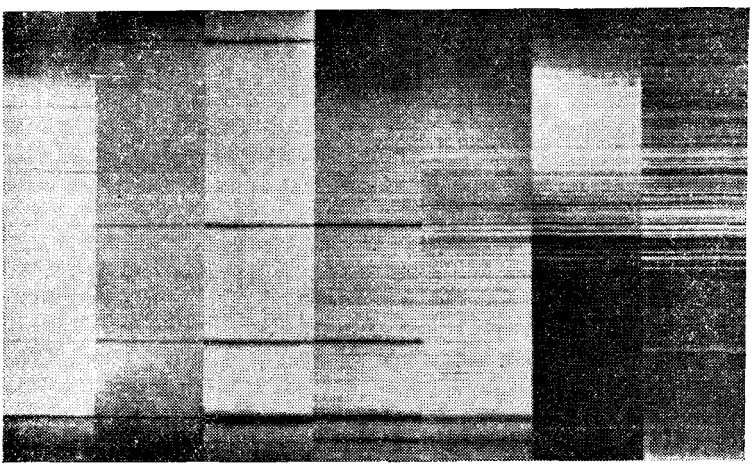
Чи різняться між собою зорі? Якщо так, то як це ми можемо дослідити? Хоча людське око такий дивовижний інструмент і з допомогою збільшувальної сили телескопа може далеко заглянути в простір, воно не зовсім добре пристосоване, щоб спостерігати зоряний спектр. На щастя, тимчасом як астрономи уважно розглядали сонячне світло, хеміки горячково досліджували хемічні сполуки бромідів і срібла, не підозріваючи навіть, що в їхній чаші для суміші лежать способи розв'язати загадку віків про перевернену чашу над нашими головами — нібесне склепіння. Фотографічна метода, яку розвинули хеміки, цілком замінила зорові спостереження небесних спектрів. Фотоплатівка краще реєструє слабе світло, аніж око, і також чутлива до променів, які занадто короткі або занадто довгі для людського зору.

Гарвардська обсерваторія перша застосувала фотографування зоряних спектрів у широкому маштабі. Припасувавши призму над лінзами телескопа можна зфотографувати в полі зору кожну зорю достатньої ясности. При цьому процесі ми втрачаємо красу кольорів, бо вони відбиваються на платівці тільки як світлове тло, на якому відтискаються темні лінії. Зорі можна клясифікувати відповідно до положення й сили цих ліній.

Деякі фота, розміром від 8 до 10 цалів, на яких зфотографовано ділянку неба в двоє більшу за чашу Великого Воза, показують спектри чотирьох тисяч зір. Розглядаючи спектри, ми одразу помічаємо, що багато з них подібних. Тоді ми можемо вибрати кілька ясних зір типових для певної кляси. Просту систему позначення зір різних кляс за альфабетом, найкраще відомим із усіх знаків-символів, застосувала вперше Гарвардська обсерва-

торія і її прийняв цілий астрономічний світ. Подивимося, як позначається літерно деякі із знайомих нам зір.

Коли астроном говорить про зорі кляси *A*, то це позначення стосується до білих зір, таких як Сіріюс і Веґа, що в їхньому спектрі ми бачимо дуже виразні ряди темних ліній, спричинювані воднем атмосфери. Для блакитно-білих зір, таких як Ріґель, ми вживаємо літери *B*. Такого цінного і рідкого у нас на землі газу, — як гелій, дуже багато в атмосфері цих зір. Літери *G* вжи-



Мал. 15. Типові зоряні спектри. Типові зорі й їхні приблизні температури такі: ВО, Епсілон Оріона, 20.000° С; ВЗ, Ріґель, 13.000° С; АО, Сіріюс 10.000° С; ҐО, Канопус, 7.000° С; GO, Капеля, 5.000° С; КО, Арктур, 4.500° С; МО, Бетельґейзе 3.500° С.

вають для нашого Сонця та інших жовтих зір. Для червоної зорі, подібної до Бетельґейзе, ми маємо літеру *M*, між *A* і *G* є зорі літери *F*; між *G* і *M* — зорі *K*. Іншими літерами позначається кілька рідших відмін. Після того як склясифіковано велике число зір, виявлено, що літерами *B, A, F, G, K, M* позначається шість відділів, що включають переважну більшість зір. В астрономічному альфабеті *B* повинно йти перед *A*, бо тоді, коли було занадто пізно змінювати порядок літер, виявлено, що зорі кляси *B* ідуть перед зорями кляси *A* в історії зоряного життя. Отак ми маємо так звану *B A F* клясифікацію, яку, як сказав один ірляндський астроном, дуже легко запам'ятати, бо вона стоїть для слова «baffling» [1].

Розміщені в порядку літери репрезентують зорі в порядку зменшення температури й збільшення червоности. Ви напевно

[1] Гра слів «baffling» у перекладі з англійської мови означає «запаморочливий». *Перекл.*

помітили, що зорі різняться кольорами. Хіба ви не пригадуєте червоного Антареса, так званого Суперника Марса, і чисто білого Колоса (Спіка) на літньому небі? Колір — це для нас вказівка Природи на те, що зорі різняться. Чи всі зорі стають холодніші й червоніші? Ні, дивовижні темні лінії також розповідають нам історію про висхідну гілку життєвого дерева зорі. Зоря спочатку проходить за порядком від кляси *M* до кляси *B*, від червоної до блакитної; потім пізніше від *B* до *M*. Такий життєвий шлях зорі. В юності велетенська, розріджена й червона; в середньому віці дуже блакитна, гаряча й блискуча; на старості літ зморщена, густа й знову червона. Це я розповідаю вам не казку-дивницю, хоча й назву «велетні» застосовано до зір юної роздутої стадії, а назву «карлики» до зір останнього згущеного періоду.

Двадцять років тому вважалося, що зорі різняться своїм складом, що в зорях кляси *A* може переважати водень, а в зорях кляси *B* — гелій, але спільна праця хеміків, фізиків і астрономів створила теорію, що різниця головно в температурі і що кляса зорі виражає температуру потрібну для того, щоб спричинити спостережені атмосферні умови. Клясифікація зір ще більше переконала, що нема нового роду матерії у всесвіті, бо головні риси усіх зоряних спектрів відповідають речовинам, які відомі на Землі.

Наслідком вивчення фотозняткiв у Гарварді вже розподілено на сорок кляс чверть мільйона зір. Ми тепер уже маємо багато матеріялу, щоб вивчати будову неба й рух небесних племен. Чи зорі одної кляси подібно зграї птахів збираються до купи? Так, це часто трапляється. Майже всі зорі кляси *B* містяться в Чумацькім Шляху. Вони надзвичайно гарячі й блискучі, хоч вони надзвичайно далекі від нас, але через свою велику ясність вони світять на великому просторі. Зорі кляси *A* також здається преферують Чумацький Шлях (Молочний Шлях). Зорі подібні до нашого Сонця, кляси *G*, розсіяні, проте, по всьому небу, по всіх закутках всесвіту. Якщо випадком якась з них у минулому мала таку природу як наше Сонце і наслідком цього обтяжена тепер планетною родиною, то мешканці зорі, коли тільки вони там є, благословлені благодійним сонячним світлом, подібним до нашого. Найближча зоря, Альфа Центавра, світло якої забирає $4^1/_3$ роки, щоб досягти нас, належить до кляси *G*.

Велика туманність Андромеди, ледве помітна, коли дивитися голим оком, виглядає як нерухома комета. Вона очевидно не сполучається з нашим власним всесвітом сонць, але становить окрему систему, до якої часто застосовується мальовничий термін остстрівний Всевіт. Обчислення показують, що ця система далека від нас, що світло, проходячи із швидкістю 300.000 кілометрів на секунду, потребує близько мільйона років, щоб прибути до нас; інакше кажучи, ми бачимо цю туманність такою, як вона була мільйон років тому. Проте, з допомогою великих телескопів і фотоплатівок, експозованих протягом багатьох годин, виявлено, що

в туманності Андромеди існують сонця кляси G, подібні до нашого власного світила.

Отже, заглядаючи в далекі небесні простори і вдивляючись у давноминулі епохи часу, ми знаходимо зорі, що складаються з тих самих потрібних нам сьогодні елементів, що вібрують у тому самому ритмі й посилають хвилі тих самих довжин.

Клясифікація зір чимало допомогла вивченню будови всесвіту, яка б велика проблема не стояла перед людським розумом. Вона доводить людині її порівняно малу ролю у всесвіті, єдність природи, підбадьорує людину й показує їй, що сила науки безмежна.

XV. З чого складаються зорі

Сесіла Пейн

Кількість матерії в зорях незбагненно велика, отже кажучи про речовину зір ми насправді розглядаємо хемію свесвіту. Астроном ніколи не мав жадного сумніву, що звичайна хемія й фізика панують у всесвіті, і в цьому світлі витлумачував багато спостережуваних фактів. В одності всесвіту переконує перший крок в аналізі зір.

Споруджуючи якусь річ, наприклад будинок, треба визначити й дістати матеріяли і скласти їх докупи певним способом. Отже, щоб зрозуміти будову зір, ми повинні знайти й визначити матеріял для них; більш за те, спосіб складання їх надзвичайної ваги, але через те, що будова зір справа надзвичайно теоретична, зоряні архітекти ще не дійшли згоди в питанні стилю, пляну, заснування або навіть матеріялів.

Що ми розуміємо говорячи «з чого зроблені речі?» Земля під нашими ногами складається з глини та інших порід і більша половина її поверхні вкрита морями, які «складаються» з води. Наші доми з дерева або збудовані на сталевому каркасі. Але така аналіза не є остаточна. Електричний струм розкладає воду на водень і кисень, глину на силіцій і алюміній. Спаліть будівлю або живу істоту і ви знайдете атоми вуглецю й заліза, водню, азоту, кисню і кальцію.

Чи можемо ми так само аналізувати зорі як сталь й глину? Звичайно, ми не можемо взяти частину Сіріюса й аналізувати її хемічно, але все ж є щось, що ми можемо взяти від Сіріюса і кожної іншої відомої зорі до аналізи. Вони всі випромінюють світло в простір і ми можемо схопити це світло, коли воно досягне Землі й проаналізувати його. Це світло було так само частиною зорі, як глина — частина Землі. Світло є енерґія і в наслідок цієї енерґії зоря світиться від початку свого блискучого життя до смерти.

Аналіза світла, що падає з гарячої газуватої поверхні зорі, дозволяє сказати з певністю з чого складається зоря. Кожен атом дає світло кількох певних кольорів, за якими їх можна одразу

розпізнати. Пропускаючи зоряне світло крізь призму й так розщеплюючи його у веселковий жмут кольорів — спектр — ми визначаємо, які атоми вилучає світло з допомогою якого ми бачимо зорю. Ми виявили, що зорі складаються з силіцію й алюмінію, водню й кисню, вуглецю й заліза кальцію, магнезію, натрію, ніклю, азоту, сірки та багатьох інших речовин знайомих для нас, мешканців Землі.

Це відкриття тим дивніше, що умови дуже різняться від тих, що існують на Землі. Найхолодніші зорі мають температуру атмосфери поверхонь близько 3000° за Цельсієм, а найгарячіші можливо 30 тисяч градусів. Чи можуть залізо й кисень витримати такий жорстокий жар?

Атом заліза має певну будову. Двадцять шість електронів кружлять довколо залізного ядра і якщо атом має підхоже середовище, не дуже гаряче, вони випромінюють світло найрізноманітніших кольорів, що характеризують атом заліза в так званих нормальних умовах нашої Землі. Але якщо атом заліза нагріти до температури в 10 тисяч градусів, — близько температури поверхні Сіріюса, — то він не може залишатися в первісному стані, і один з двадцяти шести електронів відлітає, наслідком чого спектр цілком змінюється, хоча й атом є все ще залізний атом, бо ще має залізне ядро. Розглянувши спектр Сіріюса, ми можемо сказати, що не тільки на цій зорі є залізо, але також і те, що атоми заліза були спотворені втратою одного із своїх електронів.

Така сама річ трапляється з усіма атомами на розпеченій зорі; ми можемо спостерігати атоми кисню, азоту, сірки й силіцію, що втратили два або три із своїх електронів. Усередині зір, — навіть тих, що порівняно зовні, — атому можуть втрачати 20 — 30 — 40 електронів, кожен скільки може, отже мало чого лишається крім ядер. Атоми ще є атоми азоту, вуглецю, сірки, силіцію тощо, бо ядра ще живуть — наявна енерґія ще не досить достатня, щоб знищити атомове ядро. Між іншим, ми можемо зазначити, що нормальне становище атома — це оголений стан, з кількома електронами навколо ядра. Кількість матерії у всесвіті, що складається з атомів з повною часткою електронів, дуже мала, хоча такі атоми майже звичайні на Землі, наслідком нашої порівняно низької температури.

Ми не можемо взяти частку Сіріюса й проаналізувати її хемічно. Проте є одна зоря, шматок якої ми можемо дуже легко дістати. Хоча він і занадто великий для зручної аналізи. Через те, що планети родилися з атмосфери Сонця, Земля є добрий зразок зоряного будівного матеріялу. Тяжко, насправді неможливо, аналізувати Землю. В кращім випадку ми можемо розглянути тільки тонкий шар поверхні, знаючи, що нижче будова буде різна. Але можна сказати з певністю, що сім звичайнісіньких елементів, з яких складається Земля — кисень, залізо, силіцій, магнезій, алюміній, кальцій і натрій— також є найпоширеніші складові частини

зір. Паралеля поширюється також і на менш розповсюджені елементи. Земля є ніби взірець матеріялу, з якого збудовані зорі.

Отже ми знайшли матеріяли для будови зорі й виявили, що вони складаються із звичайних речовин, які ми бачимо під ногами на Землі. Назбираний величезний досвід показує нам, що матерія такого самого роду є скрізь, так далеко, як тільки може досягти телескоп.

Незліченні зорі, збудовані з так знаних нам речовин, недоступні для нашої дальшої аналізи; походження матеріялів і розміщення їх цілком невідомі нам. З постійного випромінювання світла й тепла зрозуміло, що всі зорі втрачають енерґію, а ми знаємо, що ця енерґія зміцнює їхню будову й підтримує їх. Звідси давно вже зробили висновок, що натомість тих зір, що руйнуються й зникають, мають постійно з'являтися нові зорі. Але перед астрономією поставала загадка: звідки для нього брався потрібний матеріял, так би мовити, не було соломи, з якої робити потрібну цеглу. Інакше кажучи, матеріял зір здавалося постійно перетворюється в світло й тепло і отже загальна кількість наявного зоряного будівного матеріялу постійно зменшується.

Протягом останніх кількох років було багато спроб пояснити два спостереження: перше — постійне витрачання зорями енерґії і друге — наявність могутнього короткохвильового випромінювання (радіяції), відомого під назвою «космічне проміння» [1]. Є гіпотеза, яка задовільно пояснює ці дві окремі групи фактів. Приваблива здогадка, що космічні промені є наслідок витворення у порожньому просторі зоряних будівних матеріялів, застерігає

[1] Загадкову «космічну радіяцію», про яку йде мова в статті міс Пейн, виявлено так (років 15 тому). Відомо, що сухе повітря поганий провідник електрики; тому, звичайно, листки зарядженого електроскопа не спадають, а довго тримають свої заряди в повітрі. Якщо повітряну камеру, в якій є електроскоп, освітлити ультрафіялковим промінням, то електроскоп почне швидко розряджатися, віддаючи свій заряд повітрю. Це показує, що ультрафіялкове проміння робить повітря провідником електрики. Те саме стосується й до іншого проміння, енерґія якого поширюється у формі дуже коротких хвиль — наприклад Рентґенове проміння. Завдяки оцій властивості «коротких хвиль» енерґії робити повітря провідником, з електроскопа користуються для того, щоб «вловлювати» такі короткі випромінювання. Вивчаючи поведінку електроскопів, занурених на дно озір і прикріплених на повітроплавах, що роблять високі полети, німецькі вчені знайшли, що звідкись із світового простору до нас в атмосферу проходить випромінювання, довжини хвиль якого набагато менші, (а енерґія набагато більша) за всі відомі на землі випромінювання. Це випромінювання назване «космічним». Щодо розміру довжини його хвиль з ним можна порівняти хіба тільки так зване у проміння, яке випромінюють радіоактивні речовини підчас свого розпаду. З'ясовано, що «космічне» проміння проходить до нас рівномірно з усього світового простору й не зв'язане з Сонцем, Місяцем або зорями. Американський фізик Міллікен дуже детально вивчив це космічне випромінювання і знайшов, що воно дуже подібне на те проміння, яке (теоретично) повинні вилучати атоми водню й гелію, коли вони за якимись ще невідомими законами сполучаються для того, щоб витворити атоми складніших елементів: заліза, силіцію й кисню. Саме про це дуже гіпотетичне припущення Міллікена й говорить автор статті. *Ред.*

для цього велике постачання атомів для заміщення радіятивних втрат. Більш за те, спостереження свідчать, що найлегше витворювані роди атомів, як видно з їхніх променів, є звичайніші: водень, гелій, кисень, силіцій і залізо. Ідея ця приваблива й корисна, але багато є зоряних архітектів, які ще вагаються обґрунтовувати свої рисунки на цій гіпотезі.

І до нашого часу багато хто думав над проблемою будування нових зір, але й не можна недоглянути альтернативи про, так би мовити, полагодження старих зір, особливо взявши до уваги, що в зоряних групах, які трапляються в багатьох частинах всесвіту, деякі зорі надзвичайно старовинного взірця, а проте в прекрасному стані. Зрозуміло, що вони якимось способом посилюються, відновлюються. Зорю живить її енерґія — інакше кажучи її маса і якщо б оцю масу щось підтримувало, компенсуючи таким чином утрату від випромінювання, то можна гадати, що вона б не загинула. Кількість потрібної для цього матерії незначна, особливо як порівняти з масою зорі.

Навіть Земля підбирає багато матеріялу в своїй мандрівці в просторі. Обчислено, що більйон метеорів входить щосекунди в атмосферу. Сонце повинно діставати значно більше — можливо цілком досить, щоб заспокоїти наші побоювання, що джерело світла й тепла має зрадити нас, і взявши до уваги, що сонячна система є типова ділянка простору, зорі повинні мати такі самі переваги пропорційно своїм масам і розмірам.

У просторі має бути багато матерії не зв'язаної з будь-якою зорею. Це доводять темні туманності, які не пропускають світла зір, що за ними, і ясні туманності, які напевно такої самої будови, тільки їм щастить полонити світло якоїнебудь сусідньої зорі. У багатьох припущеннях асоціювали туманності з місцем народження зір, припушення, що ґрунтувалися на спектрі туманностей, який має лінії речовини «небулію» (nebulium). До недавнього часу припускали, що це речовина в первісному стані, який невідомий на Землі. Але нова спектральна аналіза викрила, що небулій є просто звичайні речовини кисню й азоту, щоправда не в їхньому звичайному земному стані, але в стані, який можна передбачати, знаючи поведінку цих елементів на Землі. Ясні лінії спектра туманности показують наявність газів водню, гелію, кисню, вуглецю й азоту; всі вони з такої самої речовини, як і зорі. Такі газові туманності, багато ж світячих туманностей і мабуть усі темні, напевно переважно складаються з таких самих твердих часток (метеорів), з яких складаються й комети, що сусідують з нами.

Кількість матеріялу, придатного для відновлення зір, особливо найбільших і масивніших, така велика, що цілком імовірно, що зорі не тільки не руйнуються, але й навіть збільшуються [1]

[1] Ці міркування надзвичайно гіпотетичні Дуже сумнівно, щоб космічний пил і метеори могли так радикально «омолоджувати» зорі. *Ред.*

Підсумовуючи сказане, ми констатуємо, що ми досить певно знаємо будівний матеріял зір, а також походження і дещо про механізм підтримування й відновлення. Але докладніше будови зір, деталів пляну — ми не знаємо. Є прихильники клясичного припущення, що густа середина зір надзвичайно гаряча й перебуває в газуватому стані. Є ще радикальніші припущення, що плинна середина зір складається з якоїсь фантастичної речовини, невідомої на Землі. Є ще сміливіші гіпотези, ймовірности яких не довів час. Проте всі припущення сходяться в кількох деталях, а саме, що зорі всередині надзвичайно розпечені, і що атоми матерії в їхніх центрах, наслідком жару, тиску й випромінювання, оголені до самого ядра.

Базуючись на властивостях відомих на Землі атомів і законах фізики й хемії, ми мали змогу змалювати, як збудовані зорі. Як це часто трапляється, наші методи аналізи випередили наші сили зрозуміння. Будова, яку ми намагалися збудувати собі, є велична, дарма що спробна. Можливо те, що в усьому всесвіті трапляються елементи знайдені на Землі, і є головна риса реальности цієї картини.

XVI. Газуваті туманності

Г. Г. Пласкет

Наука не є холодне безстороннє вивчення фактів, як це малює людська уява. Навпаки, наші спостереження, наші досліди й наші думки забарвлені упередженнями й забобонами, рабами яких ми залишаємося, самі не усвідомлюючи того. Історія науки є історія визволення від цих забобонів і раптового відкриття нових обріїв думки.

Поступ у вивченні туманностей, приміром, гальмувався довгий час переконанням у тому, що з світячих газуватих туманностей постають зорі. Старанно спляновані й акуратно виконані спостереження поступово розвіяли це припущення і ми тепер досліджуємо обрії, які відкрилися нам з тим, як відхилено цей суб'єктивний бар'єр. Протягом цього коротенького огляду наших теперішніх понять про туманності, натурально, що буде зроблений наголос на спостереженнях, які уможливили новий поступ; отже беручи їх за наш провідний принцип, ми по черзі обмірковуватимемо будову туманностей, походження їхнього світіння, а також їх можливі межі поширення в нашій зоряній системі.

Склад туманостей викриває спектроскопічна аналіза, цебто докладне вивчення кольорів їхнього світла. Таке дослідження разом із порівнянням з випромінюванням розжарених газів Землі допомогло Гюґінсові викрити шістдесят років тому, що водень, найлегший з відомих елементів, є складова частина цих величезних мас газу. Інші випромінювання туманностей були, проте, загадкою для нього, зокрема в спектрі були дві дуже виразно бла-

китно-зелені лінії, для яких він не міг знайти земної аналогії. Йому спало на думку, що можливо ці дві лінії належать елементові невідомому на Землі й він тимчасом назвав цей елемент «небулієм». З бігом часу були викриті в спектрі туманности інші лінії, які належали гелієві, вуглецеві й азотові, але ще до такого недавнього часу як два роки тому лінії небулію не мали аналогії на Землі.

Розв'язанню таємниці допомогло обміркування умов, в яких існують атоми туманности. Знаючи віддалі й звідси лінійні розміри деяких розлогих туманностей, таких як Велика Туманність в Оріоні, можна обчислити на підставі теорії тяжіння, які повинні бути їхні маси, щоб прохідні зорі не впали на них. Це обчислення показує, що маса туманности Оріона більша в десять тисяч разів за наше Сонце і звідси з лінійних розмірів виходить, що туманність має бути дуже рідка газувата маса, густоти близько одної тисячної найбільшого розрідження, якого можна досягти на Землі. Отже, атом туманности повинен існувати без усяких пригод у житті, зустрічаючи одного із своїх сусідів якийнебудь раз на тиждень. Професор Генрі Норріс Руссел з Прінстону запевняє, що через те, що атомам бракує зовнішнього збудження, в них повинна розвинутися ідіосинкразія, яка була б неможлива у вирі й метушні земного існування. Точніше, коли атом випромінює спектральну лінію, він змінює свою внутрішню будову від одного порядку до другого; досягнувши певного внутрішнього стану, атом спиняється на більш-менш великий протяг часу перед тим як перейти в другий стан. На Землі, де в найсприятливіших умовах атом стикається з іншими атомами й електронами багато разів на секунду, можуть бути «заборонені» переходи, заборонені тому, що атом не може залишитися довго нестурбованим. Отже за Русселевим припущенням виходить, що через цю рідкість зустрічів атомів у туманності в ній можуть відбуватися переходи неможливі на Землі, супроводжувані, безперечно, спектральними лініями, невідомими на Землі [1]

[1] Це потребує деякого пояснення. Для сучасного фізика атом являє собою ядро, оточене електронами, подібне до Сонця з планетами. Кожний електрон має певне число шляхів (орбіт), якими він може кружляти довколо ядра; проте ці орбіти несталі—електрон перескокує з одної на другу, з верхніх на нижні, поки він не «заспокоїться» і не попаде на найнижчу сталу орбіту. Цій природній тенденції падати з верхніх орбіт на нижні протистоять сутички атома з іншими атомами або вільними електронами, а також вбирання атомами хвиль світла (енергії). Після такого зіткнення або вбирання світла атомом електрон може злетіти з нижньої (спокійної) орбіти на віддаленіші, щоб знову почати свої перескоки зверху донизу, до ядра атома При кожнім скоку електрон випромінює енергію, яка виявляється у випромінюванні ясної лінії — кожному перескокові відповідає своя лінія в спектрі атома. На кожній орбіті електрон затримується дуже недовго —менше ніж на 10^{-8} секунди (10^{-8} дорівнює одиниці поділеній на 100.000.000), за цей короткий час атом навряд чи зіткнеться з іншими атомами, навряд чи поглине хвилю світла—тому електрон перескокує безперешкодно й витворює систему спектральних ліній: кажуть, що ці скоки й

Згідно з цим припущенням д-р Бовін із Пасадени показав два роки тому, що багато з найсильніших невідомих ліній у спектрі туманностей відповідає виключеним на Землі лініям. Атоми, що відповідають цим виключеним лініям — азот і кисень, і хоча самих ліній ще не знайдено в лябораторії, — на що й не можна сподіватися згідно з Русселевим припущенням,— Бовінів довід їхнього походження вважається за переконливий. Отак була розв'язана видатна проблема спектроскопії й за нею остаточно висвітлено питання про будову світячих газових туманностей. Туманності складаються з атомів водню, гелію, вуглецю, азоту, кисню; атомів масивніших за ці не виявлено, і через те, що наявність таких поширених елементів як силіцій можна було б спостерігати, якби вони були, ми мусимо зробити висновок, що умови туманностей виключають масивні атоми.

Причина світіння туманностей була великою загадкою протягом багатьох років. Фотографії туманностей д-ра Габла з обсерваторії Мовнт Вілсон викрили незмінні стоваришення (асоціяції) зір у командних позиціях у цих об'єктах. Для так званих планетарних туманностей з зоряним ядром цей факт був давно відомий, але тільки Габл уперше довів, що такі зоряні групи існують також у безформних туманностях. Приміром зорі зв'язані з туманністю Оріона творять добре відомий «трапез» Оріона, а в туманності Північної Америки командною зорею є Денеб [1]. Далі Габл знайшов, що є відношення між температурою асоційованої зорі й природою світла туманности. Коли зоря холодніша за 15.000° за Цельсієм, туманність світить відбитим світлом, але туманності стоваришені з гарячішими зорями показують свій власний характеристичний спектр, що викриває наявність водню, гелію, вуглецю, азоту й кисню. Остаточно Габл знайшов, що випромінювання якоїнебудь частини її змінюється так, як віддаль її від зорі. Грубо кажучи, сума світла небулярної смуги

лінії «дозволені» електронові. Проте бувають орбіти, на яких електрон (раз попавши на них) затримується довго, приміром на кілька секунд. За цей час атом напевно зіткнеться з іншими, його напевно стурбують світові хвилі, тому з такої орбіти електрон напевно не пострибає донизу, до ядра, а навпаки вгору, від ядра. Таким чином скік донизу з таких комфортабельних орбіт, де електрон так би мовити «спочиває» від своїх мандрівок — «заборонений» «заборонена» і відповідна лінія спектра, яку електрон витворив би під час скоку

Уявімо тепер собі, що речовина, (як у туманностях) перебуває в дуже розрідженому стані, далеко від джерела світла. Атоми будуть стикатися і вбирати світло дуже рідко і електрон, потрапивши на «комфортабельну орбіту», матиме досить часу, щоб «спочити» на ній і продовжувати свій нормальний шлях донизу, до ядра. Те, що було «заборонене» в земних умовах, виявляється можливе в туманностях В результаті атоми кисню й азоту в туманностях дають лінії спектра, які в жодній фізичній лябораторії не пощастило добути. Це й є лінії «небулію» в спектрах газових туманностей. *Ред*

[1] Туманність «Північна Америка» міститься в сузір'ї Лебедя; своїми обрисами вона надзвичайно нагадує знайомі контури цього суходолу (див. мал. 2). *Ред.*

дорівнює тій, яку вона перехоплює від зорі. Оці три доводи остаточно показують на асоційовану зорю, як на джерело світла туманности.

Можливий спосіб, яким зорі збуджують атоми туманности для їх характеристичного випромінювання, зазначив д-р Г. Занстра. Як результат високої температури своєї поверхні, зоря випромінює ультрафіялкове світло високої частоти, яке одразу ж абсорбують атоми навкружної туманности. Є багато фізичних доказів, що коли атом вбирає жмут цього випромінювання, то електрон відкидається геть з атома з великою швидкістю. Через певний час, тиждень або можливо й місяць пізніше, атом підбирає другий електрон, щоб замінити раніш загублений і протягом реорганізації свого внутрішнього ладу атом проходить певне число різних внутрішніх станів і характеристично випромінює. Тимчасом як багато деталів цієї картини ще темні, в головних рисах вона певно правильно репрезентує спосіб, яким асоційовані зорі збуджують атоми туманности до світіння.

Обшир туманности є дуже інтересне питання. Розгляд фотознятків туманности Оріона показує, що вона не має гостро визначених границь. Що більша експозиція, то більш протяжною здається туманність. Нарешті, проф. В. Піккерінґ довів багато років тому, що довга експозиція виявляє, що ціле сузір'я Оріона наповнене легкою туманністю.

Проф. А. Еддінґтон нещодавно розглянув обшир туманности з теоретичного погляду. Приймаючи туманності за газові маси в рівновазі при постійній температурі, він знайшов, що густість збільшуватиметься дуже повільно назовні від центрального згущення. Навіть на віддалях од туманности, які можна порівняти з пересічним віддаленням одної туманности від другої, густість зменшується тільки до одної тисячної густости самої туманности. Отже буде цілком природно припустити, що цілий простір нашої ґаляктичної системи сповнений надзвичайно рідкою матерією туманностей, і справді спостережувані туманності є тільки згущення в інших умовах рівномірно розсіяного газу.

Якщо цей Еддінґтонів погляд вірний, то має бути якийнебудь спостережуваний довід наявности цієї матерії, хоча б вона й була така рідка, що в кубі із сторонами в тридцять тисяч кілометрів завдовжки міститься тільки 28 грамів. Ще за відкриттям Гартмана вже давно було відомо, що в спектрі далеких і гарячих зір, було видні дві вузьких різких лінії, належні кальційним атомам. Швидкість цих кальційних атомів різниться від швидкости атомів тих зір, лінії спектрів яких накладені й дальші. З погляду температури цієї особливої форми кальцію не повинно бути на цих зорях. Зовсім нещодавно д-р Отто Струве був спроможний, простудіювавши гарвардські спектри, дати статистичний нарис зовнішнього вигляду цих так званих «стаціонарних ліній» кальцію. Він знайшов, що їхня спостережувана

інтенсивність збільшується разом з тим як збільшується віддаль зорі від нас. Отже цей дослід доводить, що кальційні атоми існують у просторі між нами і цими далеким зорями. Цілком природно тоді ототожнювати їх, — як це зробив Еддінґтон,—з одною із складових частин рівномірно розсіяної надзвичайно густої матерії, наявність якої він передбачив на підставі протяжности газуватих туманностей.

У цій коротенькій статті ми підсумували наші відомості про будову, причину світіння й розсіяність світячої газуватої туманности. Тепер ці туманності не здаватимуться вже нам місцем народження зір, але далекими фізичними ляборатоpіями, де поведінку атомів можна вивчати в ідеально спрощених умовах.

XVII. Нові та змінні зорі

Анні Кеннон

У попередньому розділі ми часто посилалися на життя зорі, бо замість триматися старого погляду, що небо досконале й незмінне, ми тепер віримо, що зорі проґресують з юности до похилого віку. Але процес розвитку такий повільний, що небо здається нам таким самим, яким було для тих, що споруджували єгипетські піраміди 5000 років тому.

Проте є деякі зорі, які здається не підлягають умовам добре врівноваженого життя більшости, які не додержують навіть життя більшости зір, але виявляють цікаві, навіть дивовижні примхи. Можливо вони спалахують раптом, зустрівши перешкоду на своїм шляху, або в наслідок великої катастрофи, або їх затемнить темний супутник. Можливо деякі з них тільки вдаються в пустощі юности або впадають у старечу кволість. Сама назва Альґоль, яку дали араби одній із них, перекладається Вовкулака або Демонська Зоря, а друга вже три століття відома як Міра, Дивовижна Зоря. Ці зорі такі загадкові, що ми завербували по всьому світі товариство спостережників, щоб стежити за ними й давати відомості про них.

Нові й змінні зорі — це зорі, світлове випромінювання яких не постійне, а мінливе. Вживане тут слово «змінні» не має жодного зв'язку з рухом або зміною положення

Так звані нові зорі, загально відомі в астрономів під назвою «novae», з усіх далеких небесних тіл приковують до себе найбільше уваги. Знайомому із виглядом неба якось дивно бачити блискучу зорю там, де здавалося був порожній простір ніч або дві тому

Отож, коли молодий данець, Тіхо Браге, вперше забачив нову зорю 1572 року, то так здивувався що не повіриз своїм очам Маючи сумнів у реальності цього видовища, він скликав своїх слуг, які супроводили його згідно з його звичкою, і вони потвер-

дили наявність дивного небесного тіла, майже такого ясного як Венера. Сьогоднішній астроном напевно вже не має такого кортежу слуг, зате в реґулярному фотографічному дозорі небес він дістав куди надійнішого й акуратнішого свідка небесних змін.

Ця нова зоря 1572 року впала в очі одному з найдосвідченіших спостережників небес, яких колинебудь знав світ. Тіхо не тільки дивився на зорю, але також виміряв кілька разів положення, і перед тим як через 16 місяців вона зникла, він міг запевнити, що її віддаль була більша за віддаль Місяця або комет.

Це відкриття було смертним подзвоном по натуральній філософії Арістотеля. Сталася зміна в цій «міцній кристальній сфері нерухомих зір», яка, як гадали протягом близько двох тисяч літ, не могла не рости, ні руйнуватися. Наближався час для Галілея і його телескопічних досліджень 1610 року.

Друга блискуча нова зоря з'явилася 1604 року. Її спостерігав Йоган Кеплер, учень і наступник Тіхо Браге. Вона була така ясна як Юпітер і була видна неозброєному окові протягом року. Після «nova» Кеплера небо здається лежало перелогом понад двісті років. Навіть сер Віллям Гершел, відкривець Урану й найбільший спостережник ні разу не натрапив на нові зорі. Хоча нам і не пощастило бачити нову зорю, яку можна було б порівняти з Венерою або Юпітером, проте з 1900 року було п'ять нових зір, які можна було бачити голим оком.

Фотографія виявилася найпридатнішою для відкриття нових зір. З того часу як у Гарварді 1886 року проф. Е. Піккерінґ розпочав систематичне фотографування неба, так званий «небесний патруль», з'явилося п'ятдесят зір, ясніших за зорі 11-ої величини, з них 34 знайдено за гарвардськими фотознятками. Безперечно серед мільйонів зір на гарвардських платівках є значно більше нових зір, які блиснули й зникли небачені людським оком, і їх ще й досі не знайдено. Хоча й ці нові зорі довно згасли, секрету не загублено, він все одно колинебудь виявиться, коли буде більше спостережників, які вивчатимуть давно засняті платівки.

Завжди трапляється, що найясніші нові зорі звичайно спочатку відкривають оком, бо око реаґує одразу, тимчасом як фотографічну платівку перед розглядом ще треба уважно виявити, вимити й висушити. Але в кожнім недавнім випадку зорового відкриття було знайдено, що фотографічне око завжди перше схоплює об'єкт, отже наші відомості про час появи й ясности зорі були поповнювані цим автоматичним записом. Приміром появу нової зорі в сузір'ї Орла (Nova Aquilae) зафіксовано на гарвардській платівці 7-го червня 1918 року, хоча її не бачило людське око до 7-го червня, коли її викрили незалежно один від одного ціла низка спостережників в усьому світі, від Японії до Каліфорнії.

Звичайно вважають, що астроном увесь час тільки відкриває зорі, тому й найчастіше чути таке питання «чи є щось нового

на небі останнім часом?» Отже не розчаровуйтеся, коли я скажу вам, що термін нова зоря або «nova» насправді є помилка в назві, неправдиве ім'я. Ніколи ще не доведено, щоб хтонебудь був свідком народження зорі. Навіть часто вживаний термін тимчасова зоря є неточний, бо нові зорі — постійні зорі. Насправді це зорі, які тимчасово ясні. В кількох випадках фотознятки показують слабу зорю в тому самому місці, де потім з'явилася нова зоря. Крім того нова зоря завсіди меркне й стає непомітною знову за кілька років.

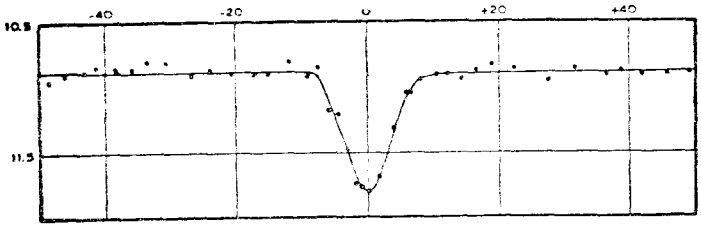
Ми не можемо не замислюватися над причиною цих яскравих з'явищ, поява яких така раптова, слава така скороминуща. За одною теорією виходить, що це слаба зоря зустрічає темну туманність і що доторк невеличких часточок спричинює раптове підвищення температури поверхні зорі. Той факт, що нові зорі зустрічаються з Чумацьким Шляхом, де є чимало також темних туманностей, сприятливий для цієї теорії. Несприятливий, проте, величезний розмір усіх туманностей, про які ми нічого не знаємо. Якщо зоря потрапить в якунебудь з туманностей, то потрібні були б століття, щоб пройти крізь неї, і напевно світло не меркнуло б так швидко, як це здається. Звідси з'явилася думка, яка дедалі більше здобуває ґрунту, що від якоїнебудь внутрішньої катастрофи зоря раптом збільшує свою ясність. Цим можна пояснити, наприклад, збільшення світла в шістдесят тисяч разів протягом двох днів, що трапилося із зорею Nova Persei 1901 року.

Спектри нових зір єдині й характеристичні й показують подібні умови для всіх таких зір. Звістки, які посилає нам це швидко мінливе світло, здаються майже неймовірними. Там відбуваються процеси, які дуже різняться від повільної еволюції зір протягом еонів часу. Яке джерело цієї надзвичайно могутньої енерґії? Чи цей феномен випадковий чи характеристичний для якоїнебудь стадії зоряного життя? Розв'язання цієї загадки нових зір потребує безперечно багатьох спостережень і довгого вивчення.

Розглянемо тепер змінні зорі, з яких ми знаємо 6800. З допомогою гарвардських фотознятків відкрито 5100 змінних зір, 75% цілого відомого числа їх. Змінність дуже поширене явище серед зір. Нові зорі нашого всесвіту з'являються тільки в плоскості Чумацького Шляху, або близько неї, але змінні зорі розсіяні по всьому небі, їх можна знайти серед зір усіх величин, від видимих голим оком до найслабіших, які тільки можна викрити великим телескопом.

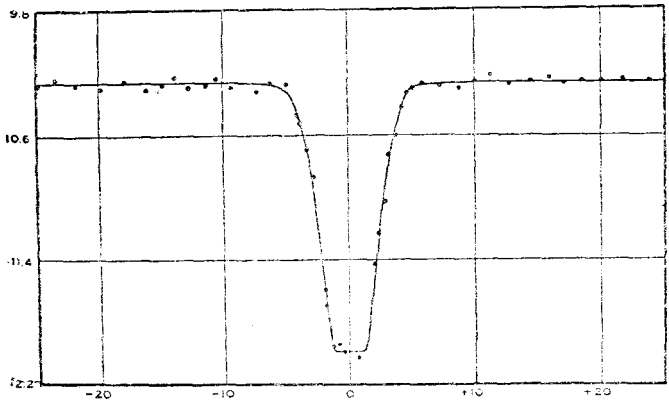
Мінливість буває найрізноманітніша. Одні змінні зорі міняють своє світло майже непомітно, другі зменшують або збільшують свою ясність у десять тисяч разів. Одні повторюють свій цикл, що три години, другі потребують двох років або й більше, треті ввесь час то гаснуть, то яснішають. Протяг часу, що проходить між послідовними максимумами або мінімумами ясности, зветься періодом.

Змінні зорі поділяють на кляси: короткоперіодичні, довго-періодичні й неправильні. Своєю чергою короткоперіодичні змінні зорі поділяються ще на дві групи: затемнювані зорі і цефеїди. Перші звичайно називають альґолями, від арабської назви, даної першій



Мал. 16. Фотографічна світлова крива затемнюваної зорі W Volantis. Період обертання $2^3/_4$ дня. Горизонтальна скеля показує соті періоду, вертикальна—зоряні величини. Затемнення напевно часткові.

з відомих змінних зір, зорі Бета в сузір'ї Персея. Альґоль звичайно 2-ї величини, майже такий ясний як Північна Зоря. Але що 2. 8 дні він блідшає, доки не втрачає більш як половину світла, а потім починає знову яснішати. Оцей феномен з Альґолем довгий



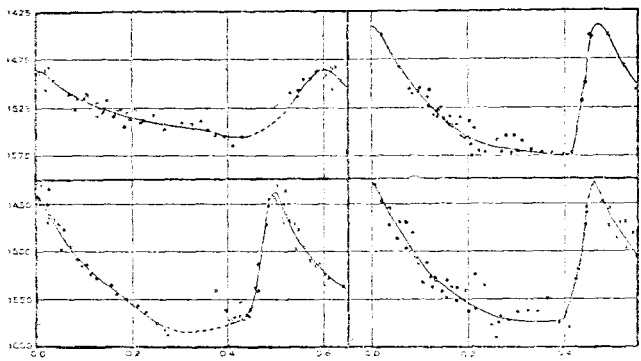
Мал. 17. Фотографічна світлова крива затемнюваної зорі RV Телескопа. Період обертання $8^1/_3$ дня. Затемнення певно цілковиті, або можливо кільцюваті.

час не могли пояснити переконливо, доки не трапилась дивовижна спектральна зміна одночасно із світловою мінливістю. Темні лінії в Альґолевім спектрі періодично міняли своє положення, і це свідчить, що зоря по черзі рухається то до нас, то від нас. Ми знаємо, що це означає: ясна зоря рухається в орбіті довкола зорі-супутника

і періодичні зміни в її ясності показують нам, що цей супутник повинен бути відносно темною зорею, яка при кожнім обертанні частково затемнює ясну зорю. Точними спостереженнями світлових змін визначено масу невидимого супутника й багато фактів про неї.

Відомо триста зір типу зорі Альґоль, затемнюваного типу,— зір з періодами змінности від п'ятьох годин до року й більше. Затемнюваність змінних зір доволі тяжко розпізнати, бо вони так багато часу нормальної ясности й слабі такий довгий період. Проте коли періодичність визначено хоч один раз, затемнення можна точно завбачити, бо альґолі надзвичайно реґулярні в своїй мінливості.

Затемнення Альґоля може спостерігати кожен, хто матиме хоч трохи терпцю дивитися на зорі. Її легко можна знайти на Північ-



Мал. 18. Світлові криві змінних зір у сферичнім рою Месьє 5, визначені за фотознятком обсерваторії Мавит Вілсон. Горизонтальна скаля показує час, лічачи від максимуму, в днях. Вертикальна скаля показує ясність, позначену в зоряних величинах.

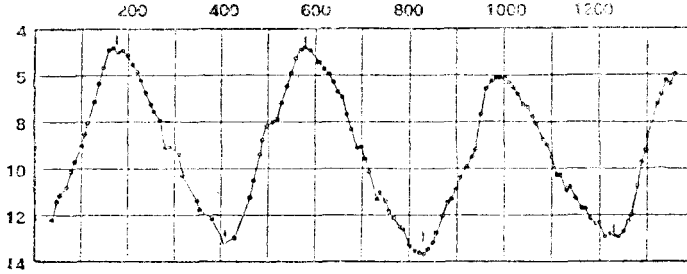
ному небі за допомогою зоряної мапи (будь-якої). Вона звичайно набагато ясніша за сусідню зорю Ро Персея. Спостерігайте певний час обидві зорі й одної ночі ви забачите, як Альґоль стане таким як Ро Персея.

Змінні зорі цефеїди були так названі від першої відкритої зорі цього типу, Дельти в сузір'ї Цефея. Ці зорі також змінюються в короткі періоди, але вони неподібні до затемнюваних зір , як тепер гадають, їхні світлові припливи і відпливи спричиняються скоріше періодичними пульсаціями, аніж затемненнями. Вони прекрасні хронометри і їх можна порівняти з точними годинниками, що реєструють інтервали часу в усіх частинах далеких небес. Через те, що вони безперервно змінюються, їх доволі легко знайти, отже, уважно розглядаючи майже кожну фотографію, що показує багато слабих зір, можна знайти якусь із цих мерехтливих зір.

Вони не ліняться, бо деякі з них проходять увесь свій період мінливости за 3—4 години. Вони колосальні й дуже блискучі, і тому їх легко забачити, хоча вони й на далекій віддалі.

Більш як п'ятсот змінних цефеїд знайдено в сферичних роях, де вони реґулярно пульсують, воліючи період близько $^1/_2$ дня. Ці зоряні рої в найрізноманітніших частинах неба, на віддалях від 20.000 до 200.000 світлових років від Сонця. Дивно, ще є одиниця часу, така як половина нашого дня, спільна таким віддаленим ділянкам всесвіту.

Північна або Полярна Зоря належить до змінних цефеїд з періодом близько 4 дні. Мінливість в її ясності близько 10 відсотків, блискучість її в тисячу разів більша за блискучість нашого Сонця, а віддаль од Землі дорівнює 200 світловим рокам.



Мал. 19. Світлова крива довгоперіодової змінної зорі Хі Лебедя за спостереженням членів AAVSO. Показано три повних періоди, з 1922 р. по 1925 рік включно. Зоря змінюється в ясності більш ніж у тисячу разів між мінімумом і максимумом.

Першу змінну зорю відкрито 1596 року. Ця зоря, Міра (Дивна) в сузір'ї Кита (Mira Ceti), природно стала на чолі кляси довгоперіодичних зір, до якої тепер належить більше як тисяча сімсот зір. Коли Міра зблідла після цього спостережуваного максимуму, то гадали, що вона такої самої природи, як нова зоря Тіхо-Браге 1572 року. Потім про неї цілком забули, і хоча вона за дальший протяг часу більш як 40 разів була така ясна, що можна було помітити голим оком, її не пізнавали аж до 1638 року. Отже вперше астрономи довідалися, що зорі можуть з'являтися, зникати й потім знову з'являтися.

Періодичність Міри близько 332 дні, але змінні цієї кляси не дуже пунктуальні. Вони можуть прийти до максимуму або мінімуму на місяць пізніше чи раніше й загалом вередливі багатьма сторонами. Часто Міра стає така ясна як Північна Зоря, а при дальшому максимумі може мати лише п'яту частину її ясности.

Мінливість зір кляси Міри найбільша, за винятком нових зір. Їхні періоди хитаються від 100 до 700 день. Деякі з них можна бачити голим оком при максимумі, як наприклад Хі Лебедя. Ця

зоря змінюється на 10 величин, що відповідає збільшенню світла в десять тисяч разів. Цікаво відзначити, що максимум Хі Лебедя, другої з відкритих періодичних зір, спостерігала 17-го жовтня 1716 року Марґеріта Кірх, дружина директора Берлінської обсерваторії, перша з жінок, що почала працювати в галузі вивчення змінних зір.

Ці довгоперіодичні змінні зорі червоного кольору, звичайно за спектром належать до кляси *M*, мають також яскраві лінії водню при максимумі й заліза близько мінімуму. Вони — молоді велетні на початку зоряного життя. Діяметр Міри, за вимірами обсерваторії Мавнт Вілсон, дорівнює 420.000.000 км і є більший за діяметр будь-якої іншої зорі, за винятком Антареса. Недавні виміри показують, що температура цих зір так само змінна як і світло, і в них можуть ставатися пульсації, спричиняючи зміни в їхніх діяметрах.

Неправильні змінні зорі напевно є найзагадковіша кляса з усіх зір. Хто може пояснити непередбачені потемнішання таких зір, як наприклад одна із зір, що означена літерою *R*, у Північній Короні? Часом вона залишається ледве помітною голим оком зорею 6-ої величини протягом 7 — 8 років, а потім раптом стає невидимою не тільки для ока, але й для спостережника з малим телескопом. Вона може дійти аж до 14-ої величини, доки знову не стане яснішати. Добре відома зоря Бетельґейзе є взірець меншої неправильности змінних зір, бо її світло змінюється лише іноді й то в малій мірі, не більш за половину величини.

«Вогняній зорі» або кометі, що з'явилася в небі 134 року до нашої ери, ми повинні завдячити те, що Гіппарх Родезький склав перший з каталогів ясних зір. Історик Пліній, посилаючись на Гіппарха, як на батька Астрономії, що перелічив зорі для потомства, каже, що Гіппарх лишає зоряний спадок і турбується якби в майбутньому знайшовся достойний цього спадку. Чи свідчить сучасна астрономія змінних зір про наше право на Гіппархову спадщину? Відповідаючи, дозвольте нам порівняти добу 1844 року з теперішнім часом. 1844 року було відомо тільки вісімнадцять змінних зір, і їх спостерігало п'ять спостережників. 1928 р. зареєстровано 6.800 змінних зір і налічувалося 500 спостережників, які робили щороку 60.000 спостережень.

Результати цих спостережень були різноманітніші й важливі. Можна згадати два з найвідмітніших. Наслідком світлових змін Альґоля поруч із зміщенням спектральних ліній, вперше визначено діяметр зорі. Вивчення змінних цефеїд у Малій Маґелляновій Хмарі дало матеріял для виводу важливого закону, згідно з яким період цефеїд зв'язаний з їх справжньою світністю. В дальшому розділі д-р Шаплі описує, як це відношення періоду до ясности стало корисним мірилом для виміру небесних віддалей.

XVIII. Середина зорі

Б. П. Герасимович

— Середина зорі? — здивується скептик читач. — Чи справді ви хочете завести мене в царство таємниці, заховане під дивовижною блискучістю зір? Може Ви маєте намір змагатися з професіоналами письменниками, авторами численних фантастичних новель, що описують мандри на Місяць і життя на планеті Марс?

І так і ні. Ми лише хочемо зазирнути в середину справжніх зір — нашого Сонця, червоного Антареса, білого Сіріюса, — але в цій розумовій мандрівці нами не керуватиме буйна, нестримна фантазія новеліста, нашим надійним провідником будуть сухі дані й критичне розумування сучасної науки. Ця відповідь напевно не вдоволить цікавого й скептичного читача. Він напевно скаже: «Що може наука сказати нам про середину зір, коли зорі такі далекі від нас, що безпосередньо спостерігати їхню поверхню неможливо? Як ми можемо щось довідатися про середину зір, коли навіть середина нашої Матері Землі є нерозв'язана проблема?

Ці питання безперечно мають ґрунт. Справді, ми занадто мало знаємо про середину нашої Землі. Земну кору досліджено не дуже далеко — найглибша з будь-коли зроблених свердловин тільки в два кілометри завглибшки, має менш ніж одну тритисячну радіюса Землі. Наші зусилля свердлити земну кору дали не більший ефект як укус москіта для слона. На превеликий жаль, ми не маємо надійного посереднього способу досліджувати середину Землі й тому не можемо відповісти навіть на найпростіші питання: яке гаряче ядро Землі, які його фізичні властивості, який воно має зв'язок із руїнницькими землетрусами й вульканічними вибухами? Студіюючи зорі за їхніми спектрами й кількістю випромінюваного світла, ми, звичайно, не заглиблюємося далеко, ми, так би мовити, плаваємо на поверхні, не маючи змоги пірнути глибше. Та, на щастя, становище не таке безпорадне, як це здається на перший погляд. Точні безпосередні способи дослідження зрадили нас, але ми маємо змогу вживати посереднього, хоча й менш точного, способу. Природа не відкрила перед нами будь-якої прямої дороги до зоряного центра, алеж не турбуйтеся — та сама Природа пропонує нам дивовижну «зоре-свердлувальну теорію», яка здається діє ефективніше за найкращі витвори гірничної науки. Щоб зрозуміти, як це робиться — ми повинні згадати різницю між зорею, подібною до нашого Сонця, і планетою, подібною до нашої Землі.

Зорі такі як наше Сонце, є самосвітячі тіла, що випромінюють колосальні кількості енерґії. Кожний квадратовий сантиметр Сонячної поверхні світить із силою понад 50.000 нормальних свічок. Проте Сонце не дуже блискуча зоря, багато зір випромінюють у сотні й тисячі разів більше енерґії. Коли б такою зорею змінити хоча б

на мить наше Сонце, все життя на землі одразу зникло б,—«світова пожежа» знищила б розквіт нашої культури. Ми можемо визначити температуру зір, як робітник визначає температуру розтопленого металю в своєму горні, просто знаючи колір плинного металю, або, точніше, розподіл енерґії в їх спектрі. Зорі, подібно плинній сталі в доменній печі, самі світяться, отже ми можемо легко визначити температуру їхніх блискучих поверхонь вивчаючи їхні спектри й кольори. Виявлені температури надзвичайно високі; є кілька зір з поверхневою температурою в тридцять або сорок тисяч градусів за Цельсієм. Така розпечена матерія може бути плинна або тверда тільки під виключно високим тиском, якого безперечно не може бути у поверхневих шарах Сонця і зір. Отже ми висновуємо, що ці шари газуваті, а це має величезну вагу.

Досі нас оповивав туман таємниць Природи, але тепер, коли ми дійшли цього важливого висновку, туман уже здається не таким безнадійно густим. Ми можемо тепер вжити дивовижної машини механіки й теоретичної фізики, яка, керована досвідченою рукою, ніколи не зраджувала нас. Якщо поверхневі шари Сонця й зір газуваті, то ми можемо вивчити їх з допомогою дуже простих законів газуватої матерії. Ми знаємо, що газ є скупчення молекуль або атомів, які літають в усіх напрямах надзвичайно безладно і з дуже великою швидкістю. Середня швидкість газуватих часточок збільшується разом з тим, як зростає температура; якщо температура зростає в чотири рази, то середня швидкість подвоюється. Що тяжчі молекулі, то менша їхня середня швидкість при даній температурі; наприклад на Земній поверхні середня швидкість водневого атома 1,8 кілометра на секунду при 0° за Цельсієм, а кисневий атом, що в 16 разів тяжчий, матиме в тих самих умовах середню швидкість меншу за півкілометра.

Коли газ герметично закоркувати в посудині, то часточки його бомбардуватимуть стіни посудини, натискаючи на них. Якщо тиск ззовні посудини такий самий, як усередині, то газ не натискатиме, (приміром, ми не відчуваємо тиску нашої атмосфери, бо в нашому тілі є сила малесеньких повітряних пузирчиків). Але, коли тиски всередині й зовні посудини нерівні, то постають сили, які намагаються розірвати посудину. Отже різниця тиску породжує силу й ця сила відіграє надзвичайно важливу ролю в житті зорі. Тиск зменшується від споду до верху нашої власної атмосфери, витворюючи силу, яка змагається прогнати геть атмосферу, розсіюючи її в світовому просторі. Алеж повітря тяжке — воно притягується до Землі як падущий камінь і має велику тенденцію спускатися додолу. Отже є дві прямо протилежних сили, що змагаються за кожний кубічний сантиметр нашої атмосфери. Проте загалом (із застереженням для місцевих збурень, як вітри) атмо-

сфера перебуває в стані рівноваги; дві протилежні сили, що змагаються між собою, — тяжіння і різниця тиску — тут рівні.

Зоря	Прикмети	Сила ваги на поверх. зорі
Сонце	«Холодний» карлик	28
Проціон	гарячіший карлик	9
Капеля	«холодний» велетень	1
0_2 Ерідана	гарячий малий карлик	50

Попередні дані надзвичайно важливі для проблеми середини зорі. Звичайно, нормальна зоря, цебто не змінна, надзвичайно стала й зазнає повільних змін протягом мільйонів років. У поверхневих зоряних шарах, тяжіння, яке штовхає матерію вниз, має врівноважуватися тиском, який штовхає матерію вгору. Отже вагу зоряних поверхонь можна легко обчислити за даними спостереження, і попередня таблиця дає результати кількох таких обчислень. Вагу визначається знаками питомої ваги поверхні Землі.

Тепер, коли ми знаємо, що вагу поверхні зорі або сонця врівноважує сила, яка діє як тиск, ми можемо визначити самий тиск. Знайомі нам закони газуватої матерії, достатньо перевірені фізичними дослідами й теорією, дозволяють нам визначити густість різних зоряних шарів, як тільки спостережено температуру зоряної поверхні. Безперечно наші висновки не можуть претендувати на велику точність, бо вони ґрунтуються на припущення щодо хемічної природи зоряної матерії та природи її рівноваги, які не зовсім точні, хоча й дуже ймовірні. Проте вони дають нам цінні відомості, на які ми можемо цілком звіритися.

Та це ще не все, вищезгадані обчислення приводять до дуже важливого висновку, що температура зоряної матерії збільшується разом з тим, як проходити дедалі глибше в тіло зорі Стару привабливу гіпотезу, що Сонце холодне й навіть залюднене, заховане від людського ока блискучою сонячною атмосферою, нещадно відкинено. І температура, і тиск зростає, коли ми проходимо глибше в середину зір, але так, щоб зберегти газуватий характер зоряної матерії.

Дійшовши цього висновку, ми вже можемо з більшою довірою продовжувати нашу подорож до Сонячного центра. Припустімо, що ми пройшли віддаль рівну 0,1 сонячного радіюса від поверхні, і до центра лишилося ще дев'ять десятих шляху. Ми пройшли поверхневий шар Сонця, отже на нашій новій зупинці вага не може бути така сама, як на початку подорожі. Адеж густість перейдених шарів уже обчислено, отже з допомогою простої формули ми можемо обчислити нову вагу на нашій новій зупинці. Як тільки це зроблено, ми знову вживаємо одного з наших інструментів — законів газуватої матерії — і обчислюємо тиск, густість і температуру. Далі ми робимо другий крок, знову урухомлюємо

нашу свердлувальну машину й обчислюємо тиск, густість і температуру на третій зупинці, можливо на віддалі 0,2 радіюса від сонячної поверхні. Отак ми проходимо дедалі глибше всередину Сонця, доки кінець-кінцем не досягнемо центра. На нашій останній зупинці ми визначаємо умови нашого середовища. В центрі Сонця температура близько сорок мільйонів (40.000.000) градусів за Цельсієм і густість в 77 разів більша за густість води в нормальних умовах. Густість дуже висока, в три з половиною рази більша за густість твердої плятини. Але не забувайте, що температура в Сонячнім центрі колосальна і що навіть така густа матерія ще в газуватому стані й може надзвичайно натискати на верхні верстви.

Яка ймовірність цих числових висновків? Звичайно було б нерозумно наполягати на їхній точності, закладатися, що температура Сонячного центра саме 40 мільйонів градусів, а не 35 мільйонів. Проте з нашої аналізи один висновок досить точний, що температура безперечно не менша за 10 мільйонів градусів. Ми потребуємо порядку величин, з якими маємо діло, і в цьому ми можемо бути певні, ми стоїмо на твердому ґрунті.

На жаль, наша картина середини зорі ще дуже неповна. Ми не згадали ще про світлові хвилі, які, прийшовши із середини зорі й залишивши її поверхню, достигають нас у формі світлових променів. Енерґія випромінювання всередині зір має бути колосальна — хвиля енерґії народжена в якійнебудь частині зорі (можливо в її центрі) мандрує із швидкістю світла; зоряна матерія, яка переважно непрозора, темна, дуже часто обсорбує й відкидає в іншому напрямі. Як м'яч у руках групи грачів, світло розсіяно падає в усіх напрямах, доки принагідно не досягне зоряної границі й залишить зорю, щоб вирушити в довгу мандрівку в світловому просторі. Руки грачів — це атоми зоряної матерії, які жадібно схоплюють випромінювання, щоб потім через незначну частку секунди відкинути його знову. Ось чому промені можуть блукати тисячі років усередині зорі перед тим як залишити її. Випромінювання є так би мовити в'язень зоряної матерії.

Згадайте старовинну леґенду про велетня всередині Землі, який рухається в надрах Землі і спричинює землетруси. Астрономія несподівано воскресила цей міт і одягла його в новітні шати. Кожен в'язень бажає волі і, якщо є змога, бореться за неї. Отак і з випромінюванням, яке ув'язнене всередині зорі, борючись за своє визволення, намагається висадити свою в'язницю, зорю...

Щоб зрозуміти, що тут трапляється, ми повинні згадати дещо з фізики. Двадцять років тому Лебедєв у Москві і Ніколс і Гул в Америці показали на ряді точних дослідів, що жмут променів, мандруючи в одному напрямі, чинить тиск у цьому напрямі, коли падає на непрозору, темну речовину. Якщо світло падає на речовину рівну з усіх боків, то не постає ніякої сили, бо все

врівноважене. Легко довести, що всередині зорі світлові хвилі не мандрують в абсолютнім безпорядку — вони мають свій улюблений шлях. Рух хвиль більший у напрямі від центра до поверхні, аніж у протилежному напрямі. Радіяція, ув'язнена всередині зорі, повинна натискати в напрямі поверхні, намагаючись з допомогою звичайного газо-тиску висадити зорю, не зважаючи на протилежний чин ваги. Важливість тиску радіяції (випромінювання) відзначає англійський астроном Еддінґтон, якому ми завдячуємо удосконалення описаної вище «зоряно-свердлувальної машини».

Не тяжко обчислити, що всередині Сонця ефект світлового тиску дуже малий проти газового тиску (ледве 5 відсотків). Але в деяких масивних зорях він набагато більший — всередині зорі Puppis, яка в дев'ятнадцять разів масивніша за Сонце, світловий тиск дорівнює 60% газового тиску. Досліджуючи зоряну середину, ми повинні, звичайно, брати на увагу цей рід тиску.

Оберімо собі певну зорю, дані спостереження якої особливо надійні, і змалюймо картину середини цієї зорі на підставі щойно сказаного, поминувши, звичайно, дуже складні обчислення. Ми вибираємо Капелю, добре відому ясну жовтяву зорю. Спостереження її кольору показують, що поверхнева температура Капелі щось із 5000° за Цельсієм, трохи менша за поверхневу температуру Сонця. Зоря ця доволі масивна, важить у 4,2 рази більше за Сонце й випромінює колосальну кількість енерґії — в 127 разів більше за Сонце. Капеля дуже велика зоря, — радіюс її в 13,7 раза більший за радіюс Сонця, — і матерія її дуже розріджена, середня густість її дорівнює тільки 1,8 густости повітря в нормальних умовах. Капеля дуже сконденсована щоближче до центра; 93,4% її маси міститься в сфері з 0,65 її радіюса. Температура повільно збільшується від поверхні до центра, досягаючи найвищої температури в 7 мільйонів градусів за Цельсієм. Отже Капеля трохи холодніша за Сонце. Центральна густість доволі низька — тільки 0,05 густоти води в нормальних умовах, — але тиск надзвичайно великий, він становить 22 мільйони атмосфер.

Досить тяжко уявити фізичні властивості матерії при таких великих температурах і тисках. Безперечно газуваті часточки повинні мати надзвичайно велику швидкість збурення. Приміром, легко обчислити, що середня швидкість водневих часточк у центрі Капелі має бути близько п'ять тисяч кілометрів на секунду. Часточки, що пролітають у всіх напрямах з такими колосальними швидкостями, стикаються, кожна часточка зазнає щосекунди численних ґвалтовних колізій (сутичок). В таких умовах складова частка (молекуля) не може існувати. Приміром, коли б молекуля води, що складається з двох водневих атомів і одного кисневого, попала в центральну частину Капелі, то вона одразу розпалася б на первісні складові атоми. Більш за те, в такім хаосі навіть атоми не можуть залишатися незачепленими.

Ми знаємо, що на перший погляд простий атом будь-якого

хемічного елемента насправді являє собою дуже складну систему. Атомові ядра, — що мають заряд додатної електрики, — оточені роєм надзвичайно дрібних часточок, електронів, кожен з яких має від'ємний електричний заряд. В нормальних умовах ці електрони міцно в'яже з ядром сила електричного притягнення; вони обертаються навколо ядер так, як планети навколо Сонця. Проте в центральній частині Капелі умови цілком різні. Уявіть собі це пекло: атоми стикаються з великою силою, могутні світові хвилі збурюють атоми, відриваючи по одному або по кілька електронів від ядер при кожнім ударі. Отже, атомові ядра всередині зір майже цілком оголені, а електрони являють собою здебільшого вільні часточки. Тепер своєю чергою вони стикаються з оголеним ядром; за малу частину секунди ядро може полонити того чи того вільного електрона. Однак у дальшу хвилину стається нова велика сутичка, або нова потужна світлова хвиля визволює в'язня.

Отже зоряний матеріял — це є суміш вільних електронів і голих, або майже голих, атомових ядер, які рухаються надзвичайно безладно з величезними швидкостями, а крізь них проходять потужні хвилі випромінювання. Звідки постає це випромінювання? Це одне з найтяжчих питань, яке стоїть перед нашою Наукою, і на нього тепер не можна ще відповісти. Безперечно, випромінювання так би мовити «створюється» всередині зір наслідком насильних перетворень атомів і електронів, але як? Яким способом? Цього ми не знаємо. Це проблема, яку повинно розв'язати прийдешнє покоління астрономів.

ЧАСТИНА ЧЕТВЕРТА

ЗОРЯНИЙ ВСЕСВІТ

XIX. Як виміряють всесвіт

Гарло Шаплі

Заходячись виміряти розмір цієї книжки, ви певно взяли б для цієї мети вимірну стрічку або рулетку й приклали б її просто до палітурки. Вживаючи рулетки, ви знайшли б, що, припустімо, книжка ця заввишки сім і сім восьмих цаля. Може ви гадаєте, що це число справді показує, яка заввишки книжка? Алеж може бути, що міра, якої ви вжили, була неточна. Якщо ви, вживаючи рулетки, достатньо натягнете її, то матимете сім цалів і три чверті. Намочивши рулетку у воді і змірявши нею, коли вона висохне, ви можливо виявите, що книжка заввишки 8 цалів.

Отже, ви одразу згодитеся, що дані виміряння розмірів книжок, і висот дерев, і діяметрів зір, залежать від стандартів міри. Те саме справедливе й до виміру часу. Тривалість читання цієї статті, наприклад, залежить від годинника, з якого ви користуєтесь. Вам може здаватися якихнебудь чотири години, а пересічний годинник покаже щось із вісімнадцять хвилин. Усі міри часу й простору ґрунтуються на стандартах. Якщо стандарти погані, наслідки теж будуть погані. Ваш годинник залежить від іншого годинника, який своєю чергою залежить від Арлінґтонських[1] сиґналів радіо-часу, а вони залежать від астрономічних вимірів добового руху зір, що своєю чергою залежать від обертання Землі. Отже всі міри, кінець-кінцем, відносні.

Вимірюючи зоряні віддалі й величину нашої зоряної системи, або вимірюючи період обертання планети чи історію життя Зорі, ми повинні мати основні одиниці виміру, якими могли б зручно виражати міри. Як зразок умовности ми, наприклад, для практичної мети прийняли період обертання Землі навколо осі за одиницю часу; цебто ми визначаємо час у частках дня. Ми означаємо міри трьох координат простору — довжину, ширину й грубину — мірою

[1] Арлінґтон — потужна радіостанція в Сполучених Штатах, поблизу Вашінґтону. Її збудувало й експлуатує морське міністерство США. *Перекл*

стандартної довжини, якою є інтернаціональний метр, що дбайливо зберігається в Парижі. Стінні й кишенькові годинники базуються на часі обертання Землі, а вимірчі стрічки й ланцюги землемірів базуються на копії інтернаціонального метра.

Проте ми не можемо завжди безпосередньо вживати наших лінійок і наших годинників. Ваш ручний годинник не багато допоможе вам виміряти геологічні віки, так як метр не дасть вам висоти Місячних гір. Беручись робити виміри в просторі, ми мусимо змінити наші методи. Переважну частину цієї статті я приділю поясненню астрономічних метод виміряти віддалі. В принципі вони дуже прості, як це ви забачите, і якщо вони складні на практиці, то це тому, що ми дуже дбаємо за точність.

Уявімо, що ви бажаєте виміряти висоту кімнати, в якій ви оце сидите. Напевно ви візьмете метр і прикладатимете його просто до стіни. Тут усе гаразд для кімнати, але цього недосить для зір. Якщо ви хочете виміряти висоту високого дерева, то ви можете або зрізати його й тоді виміряти його довжину, або вилізти на нього з рулеткою, вживаючи тої самої безпосередньої методи прикладати стандарт до вимірюваного об'єкта. Алеж ви не можете повалити зорю або вилізти на неї.

Проте у випадку з деревом ви можете зробити ще інакше, а саме виміряти, як основу, вашу віддаль від дерева і, узявши нівелір, виміряти висоту, цебто кут довжини дерева. Потім, маючи виміряні основу й кут, ви здобудете потрібний матеріял для того, щоб розв'язати простий трикутник і таким чином обчислити висоту дерева. Крім того ви запровадите новий спосіб виміряти віддалі, спосіб землеміра. Уживаючи цього самого способу, але вимірюючи два кути замість одного, ви знайдете віддаль через річку до першого-ліпшого пункту. Так само ви можете виміряти віддаль через простір до Місяця, бо землемірський спосіб виміряти трикутники є для астрономів найпростіший шлях, щоб обчислити віддаль до Місяця інших планет, Сонця і навіть ближчих зір.

Щоб здобути віддаль через річку або міжпланетний простір дуже потрібна старанно виміряна основа. Якщо основа занадто коротка проти вимірюваної віддалі, то точність неможлива, бо напрями від кінців виміряної лінії до далекого об'єкту майже однакові. Основна в сто метрів завдовжки цілком задовільна для топографа або землеміра, який виміряє ширину річки, але занадто коротка для астрономічних вимірів.

Щоб виміряти віддаль до Місяця досить зробити одночасні спостереження з двох обсерваторій, одної, приміром, у Чікаґо, а другої — в Бостоні. Знаючи віддаль між двома містами, віддаль Місяця в просторі можна обчислити за кутовими вимірами. Практичною одміною цієї методи було б зробити обидва виміри з Чіказької обсерваторії в промежку двох годин, бо за цей промежок часу, наслідком обертання Землі, Чіказька обсерваторія перемі-

ститься більш, ніж на тисячу кілометрів, давши широку основу для виміру віддалі Місяця.

На практиці, безперечно, є багато технічних труднощів у вимірянні віддалей небесних тіл, труднощів, що постають від впливу нашої власної атмосфери на видимі положення зір і планет у небі, труднощів, що постають від руху астрономічних тіл в їхніх складних орбітах, а також інших перешкод. Проте суть цієї методи виміру віддалі, як я вже описав, — визначити кутові положення в небі відносно якогонебудь нерухомого (або порівняно нерухомого) об'єкту, як далекі зорі, і визначити основу, за якою роблять виміри.

Річний рух Землі в її орбіті навколо Сонця постійно переміщує наші спостережні станції відносно зір і планет. Справді це річний рух Землі в орбіті дає досить довгу основу, щоб дозволити астрономові виміряти віддалі до найближчих зір. За шість місяців відтепер Земля буде на другому боці Сонця, близько 320 мільйонів км від її теперішнього положення. Порівнюючи спостереження положення в небі близько зорі, зроблені шість місяців тому, із спостереженнями сьогоднішньої ночі, ми забачимо невелике переміщення відносно слабших і значно віддаленіших зір. Що ближче зоря, то більше буде це відносне переміщення. Кількість переміщення є міра віддалі; ми називаємо її паралаксою зорі.

Ви легко зрозумієте цю ідею виміру паралакси і обчислення зоряних віддалей на малесенькому експерименті, який ви можете виконати, читаючи мою статтю. Закрийте одне око, піднесіть олівець або палець проти свого обличчя й уважно дивіться на нього. Тепер, не ворушачи плечима, повертайте навколо свою голову. Коли ваша голова рухається ліворуч або праворуч, то ваш палець здається переміщується праворуч або ліворуч відносно стіни або вікна або будь-якого об'єкту, на який ви дивитеся. Коли ви тримаєте палець близько ока, переміщення виходить велике — паралакса велика, — а коли палець тримати якомога далі від обличчя, то переміщення буде менше.

В оцій примітивній ілюстрації ваше відкрите око заступає земного спостережника з телескопом, що прагне виміряти всесвіт. Рух управоруч і ліворуч вашої голови є річна мандрівка Землі довкола Сонця. Ваш палець є близька зоря, а тло, задній плян, репрезентує слабі й дуже далекі зорі, які принагідно були в тому самому полі зорі, що й вимірюваний об'єкт.

Якщо палець на великій віддалі від куто-вимірного ока, то переміщення буде занадто мале й топографічний спосіб не дасть точних результатів. Тільки близькі зорі й пальці можна виміряти цим способом. Ми потребуємо довшої основи для дальших зір. Ми не можемо збільшити орбіту Землі так, щоб дати довшу основу, але коли ми терплячі, то можемо скористатися з того факту, що Сонце, Земля та інші планети мандрують разом через простір з великою швидкістю й цим вони дають нам основу, яка постійно

збільшується. Астрономи користуються з цього загального руху сонячної системи, щоб визначити віддалі багатьох зір, які не можна визначити звичайними методами, але ця процедура має різні обмеження, яких я тут не описуватиму.

Полишаючи нашу просту ілюстрацію виміряння простору, дозвольте нам застосувати її також на додатковому прикладі. Коли хтонебудь триматиме перед вами олівець або палець, тоді як ви із заплющеним одним оком і ворушачи головою посуватиметеся повільно через кімнату, ви уявите собі комбінацію двох метод спостереження паралакси. Обертання Землі навколо Сонця в річній термін дає річну основу, а віднесення планетарної системи дає повільно ростущу основу для виміру віддаленіших.

Переміщення навіть найближчих зір надзвичайно мале проти щойно спостереженого переміщення вашого пальця на тлі стіни. Повне річне переміщення для найближчої зорі, Альфа Центавра, дорівнює тільки $1^1/_2$ секунди дуги, кут, що відповідає переміщенню на 1 цаль, коли дивитися з віддалі близько 3,2 км. Зорі в сто разів дальші можна виміряти цією землемірною методою, але це близько ліміту.

Орбіта Землі видима з віддалі, що в сто разів більша за віддаль Альфа Центавра, мала б діяметр трохи більший за діяметр Центавра, видимого на віддалі Бостону від Нью-Йорку. Це показує, якого високого ступеня досконалости дійшли астрономічні інструменти останніх років. Визначається зоряні паралакси цими тріянгуляційними методами тільки з допомогою великих телескопів і спеціяльних фотографічних апаратів.

Лише кілька зір, що на віддалі 400—500 світлових років, можна виміряти щойно описаними методами. Покладаючись тільки на фотографічний спосіб виміряння віддалей до зір, ми маємо дуже обмежені відомості про глибини всесвіту, навіть заглиблюючись далі в нашу методологію й у наші виміри ми не знаємо багато про її розміри й будову.

Резолюція в наших методах зондувати простір почалася кілька років тому, коли астрономи відкрили шлях визначити справжню, а не тільки видиму світність, або свічко-силу зір. Я гадаю, що для всіх вас зрозуміло, що коли ми знаємо свічко-силу вуличної лямпи або зорі й виміряємо якимнебудь надійним апаратом скільки світла від лямпи або зорі доходить до нас, тоді ми можемо визначити віддаль. Що ближче ми до певного об'єкту світности, то ясніший він здається; що дальший він у просторі або на вулиці, то слабіший він здаватиметься. Отже для об'єкту відомої свічко-сили, зовнішній вигляд, або, як ми кажемо в астрономії, в и д и м а в е л и ч и н а, є безпосередня ознака віддалі.

Для всіх зір, що на віддалі кількасот світло-років, віддалі яких ми обчислили безпосередньо, ми можемо обчислити свічко-силу, як тільки виміряли наслідки вони ясні. Ці близькі зорі дають нам стандарт Зоряної світности. Близький розгляд рухів, світлових

змін і спектральних особливостей показав, що деякі характеристики часто показують справжню світність зір. Приміром кілька зір з тотожними спектрами, як виявилося, мають також тотожну свічко-силу. Отже, якщо ми знайдемо інші зорі в світловому просторі, за межами чинности топографічної методи, і які мають такий самий тип спектра, то ми можемо зробити висновок, що їхня свічко-сила однакова. Вони здаються слабші, бо вони дальші від нас, алеж їхня свічко-сила еквівалентна. Визнавши це припущення, нам треба тільки виміряти видимі величини цих далеких зір і ми швидко знайдемо їхні віддалі.

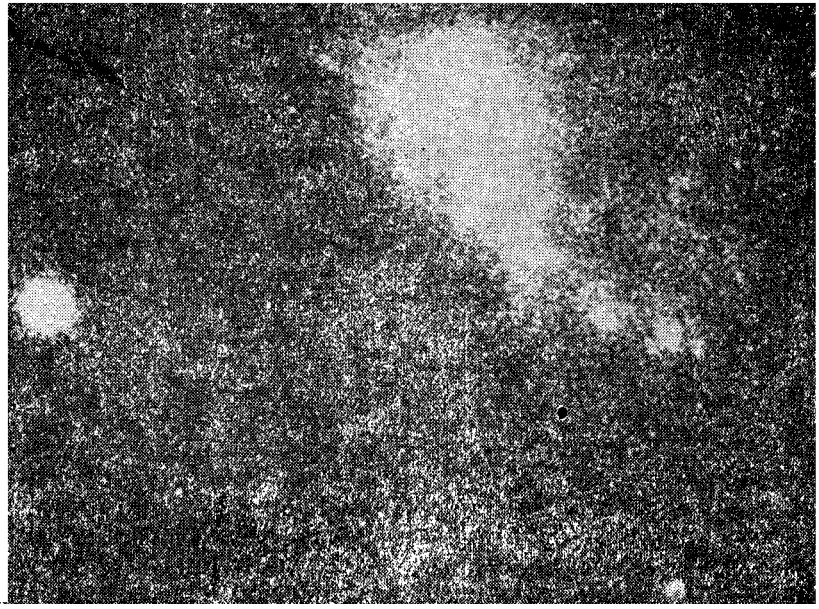
Астрономи відкрили кілька способів обчислювати свічко-силу за спектром і різноманітні спектроскопічні методи виявляються дуже могутніми. Вони дозволяють обчислювати віддалі об'єктів, незалежно від того наскільки вони віддалені, коли тільки їхнє світло досить сильне для спектральної аналізи. Отут ми переступили межі компетенції топографа й відкрили розлогі реґіони простору.

Друга особливість зір — це зміна в ясності кляси зір, відомих під назвою змінні цефеїди, вона дуже допомогла в недавніх вимірах далеких частин зоряного всесвіту. Було відкрито, головно наслідком досліджень Гарвардської обсерваторії та Мавнт Вілсон, що період змінности зір є покажчик свічко-сили і, отже, покажчик віддалі, як тільки визначено здобуті видимі величини.

Коли час від одного максимуму ясности змінної цефеїди до дальшого максимуму становить 2—12 годин, то ми знаємо, що ця змінна зоря майже в сто разів така ясна, як Сонце; вона зоря-велетень. Коли промежок від одного максимуму до дальшого є п'ять день, то змінна пересічно в тисячу разів ясніша за Сонце; вона зоря-надвелетень і така ясна, що її можна бачити на колосальній віддалі. Насправді змінні цефеїди, особливо довгоперіодичні з великою ясністю, — серед найвіддаленіших з відомих нам об'єктів. На щастя, такі зорі часті в сферичних роях. Вони також надзвичайно численні у великих Маґеллянових зоре-хмарах, і трапляються в далеких спіральних туманностях, які тепер здаються іншими зоряними системами. Де б не з'явилися ці змінні цефеїди, нам треба тільки виміряти період їхніх світло-змін і їхню видиму ясність і тоді ми зможемо обчислити їхні віддалі од Землі. Коли вони члени якогонебудь далекого зоряного рою, або зоре-хмари, то ми одночасно дістаємо віддаль усіх отих тисяч їхніх товаришів, що з ними в хмарах або роях.

На небі така сила-силенна зір, що ми ніколи не можемо сподіватися знайти віддалі навіть одної тисячної з них. Найкраще, що ми можемо зробити, це визначити віддалі окремих типів зір, або всіх зір у зразкових ділянках, або об'єктів у спеціяльному положенні в небі. Зібравши докупи здобутий матеріял, ми сподіваємося змалювати приблизну картину форм і розмірів зоряного всесвіту. Тяжко буде визначити точні межі, бо за темними

космічними туманностями, крізь які не проходить зоряне світло, завжди залишатимуться розлогі нерозвідані простори. Темні туманності, що заховують таємниці Чумацького Шляху, не розчиняться й не зрушать із шляху в наш час. Життя астрономів і навіть цивілізацій занадто коротке в порівнянні з космічними процесами. Ми не можемо чекати на весь матеріял про розподіл зір. Ми будуємо й тлумачимо на тому матеріялі, що маємо.



Мал. 20. Мала Маґеллянова хмара. Ця система на віддалі близ 100.000 світло-років. Діяметр її щось із 6.500 світло-років. Два сферичних рої, показаних на фоті, є 47 Tucanae і N. G. C. 362. Їхні віддалі од нас близько 20.000 і 50.000 світло-років. Більшість з ясних зір, що на цім фоті, містяться між нами й хмарою на порівняно малій віддалі.

З обмеженого матеріялу, що під рукою, ми останніми роками змалювали знайому картину сплющеної Ґаляктики, яка складається із зір, туманностей та зоряних хмар[1]. Ціла Ґаляктична

[1] Слово «Ґаляктика» походить від старовинного грецького «gala»—молоко; воно підказане враженням од молочного блиску Чумацького Шляху (Молочного Шляху). Проте теперішнє значення цього терміну значно ширше за первісне. Під «ґаляктичною системою» розуміють усю сукупність зір, газових та інших широко розкинених туманностей. Нема жодного сумніву, що всі ці об'єкти розміщені симетрично до плоскости, що проходить крізь Чумацький Шлях. Тому ця плоскість має назву центральної плоскости ґаляктичної системи, або просто «ґаляктичної плоскости». Як я вже сказав, до ґаляктичної системи належать

система має форму диска, подібну на годинник. Звичайні топографічні способи дозволяють проте дослідити тільки сусідство Сонця. Лише з того часу, як запроваджено й розвинено нові способи-методи свічко-сили, зоряних спектрів і змінних цефеїд — ми спромоглися дослідити Ґаляктику. Потім ми знайшли, що Сонце й планети далеко від центра. Світло потребує певно більше як п'ятдесят тисяч років, щоб промандрувати від центра Ґаляктики, де Сонце й наші зорі видимі голим оком.

Новітні методи виміряти віддаль, особливо ті, що базуються на змінних цефеїдах, показують, що найбільший діяметр Ґаляктики 200—300 тисяч світло-років, і що грубина її можливо дорівнює одній п'ятій або одній десятій цієї величини. Ці методи також показують, що великі сферичні зоряні рої переважають на зовнішніх краях Чумацького Шляху й що найближчі з них на віддалі 20 тисяч світло-років. Дві зоряних Маґеллянових хмари виучувані тепер у Гарвардській обсерваторії, на віддалі близько сто тисяч світло-років.

У дальших розділах ви почуєте більше про ці далекі зоряні системи й знайдете, як недавні викриття допомогли нам вивчити простір і показати людині її місце в зорянім всесвіті.

XX. Чумацький Шлях

Солон Бейлі

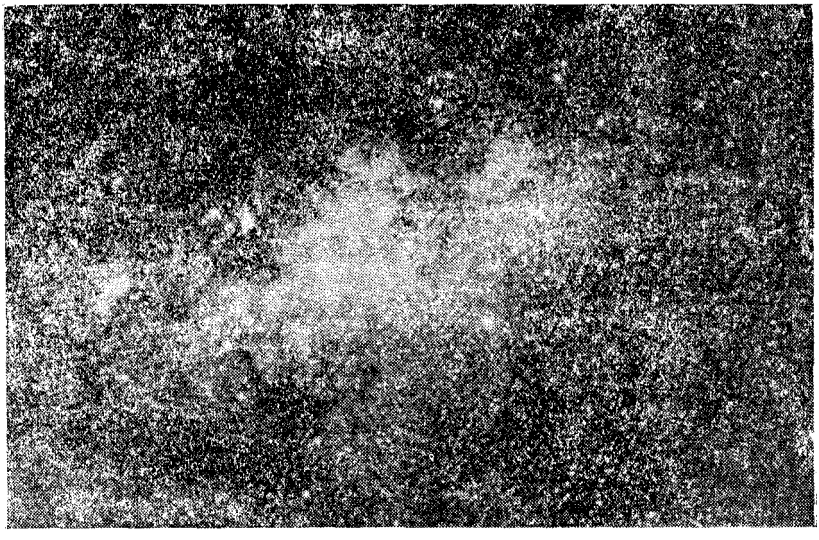
Чумацький Шлях (Молочна Дорога, лат. назва Via Lactea) — це широке неправильне пасмо молочного світла, що оперізує небо. Воно досить ясне й створює блискуче видовисько ясної безмісячної ночі, але проте воно таке слабе, що коли світить Місяць у повні, то воно зникає за винятком кількох ясніших частин. Найблискучіші частини — це в сузір'ях Стрільця, Скорпіона та сумежних сузір'ях, які не дуже добре видно в північних широтах.

Напевно найкраще видно Чумацький Шлях з якогонебудь підвищеного місця близько 30° на південь від екватора, приміром у Південній Америці або Південній Африці. З такого місця можна бачити Чумацький Шлях як блискучу арку дивовижної краси, що простягається над нашими головами з одного обрію в другий з найяснішими ділянками просто над нами. У наших широтах деякі із зір завжди над обрієм, але поблизу екватора спостережник може бачити, як сходить і заходить кожний небесний об'єкт, включаючи й Чумацький Шлях. Коли сходить Стрілець, зміню-

усі зорі видимі голим оком, або які можна зфотографувати найпотужнішими телескопами. Є проте винятки—це так звані «спіральні туманності» і «Маґеллянові хмари», які самі становлять надзвичайно віддалені особливі ґаляктичні системи (про них докладніше сказано далі). Навпаки, кулясті скупчення належать до нашої ґаляктичної системи. *Ред.*

ється весь краєвид і на Землі лягають легкі тіні, подібні тіням від ростущого Місяця.

Ніхто не може сказати, коли й хто вперше свідомо спостерігав Зорі. Стародавнє життя було сприятливіше для спостережень неба, аніж виснажне життя в сучасних прекрасно освітлених містах. Самотні мандрівники в пустелях, пастухи овець, військо у поході, сповнені здивовання й віри у вплив неба на людське життя, вдивлялися інстинктивно в таємниці неба. Чотири або п'ять тисяч літ тому вчені стародавнього Єгипту й Месопотамії уважно спостерігали Сонце, Місяць і зорі.



Мал. 21. Чумацький Шлях у сузір'ї Стрільця й Скорпіона.

Отже астрономія є одна із старих, якщо не з найстаріших наук, і Чумацький Шлях — один з найраніших небесних феноменів, що збуджував інтерес первісної людини. Цікаво відзначити, як різні народи тлумачили Чумацький Шлях згідно зі своїм способом думання й оточення. Греки із своїми богами, великими й малими, яких є досить не тільки для неба, землі й моря, але навіть для кожної гори, річки й джерела, природно шукали пояснення в своїй мітології. У грецькій мітології ми читаємо, як Зевс, батько богів і людей, правитель неба й землі, втомився від безглуздя й злочинів людського роду і спішно скликав раду безсмертних. Він, — щоправда це не стосується нашої теми, — в своїм гніві потопом знищив цілий людський рід, за винятком побожної пари, Девкаліона і його дружини Пірри. Для нас цікаве те, що боги в цій подорожі на раду проїздили в небі широким шляхом, що має назву Молочного Шляху — цим ясним шляхом, з небесними па-

лацами обабіч, які ми можемо забачити першої-ліпшої ясної ночі, вони їхали на Зевсів поклик. Цей міт, хоча й дуже наївний, відбиває світогляд старовинних греків.

Майже всі стародавні народи дивилися на Чумацький Шлях, як на великий шлях або для богів або для мертвих душ, або загалом у якійнебудь мірі асоціювали з безсмертними.

Перед винайденням телескопа про справжню природу Чумацького Шляху можна було тільки здогадуватися. Щоправда, кілька стародавніх астрономів і філософів вірили, що він складається з безлічі слабих зір, але це було трохи більше за здогадку. Коли Ґалілей уперше направив свій малесенький телескоп на небо, він ужив ключа, якому судилося відкрити цю й багато інших таємниць. Сучасні телескопи показали, що молочне світло майже цілком спричинюють сотні мільйонів слабих зір, які в межах досягнення наших теперішніх телескопів. Про число цих слабших зір у нашій зоряній системі ще вагаються, ще є розбіжності, але їх може бути не менш як 30—40 більйонів. Загалом можна припустити, що зорі Чумацького Шляху слабі тому, що на величезній віддалі, хоча багато менш далеких зір, також здаються слабими через брак внутрішньої ясности.

З низки спостережень, що починаються з Гершела й тривають понад сотню років, тепер здається очевидним, що форму ґалактичної системи можна порівняти з формою годинника, величина якого в чотири або п'ять разів більша за грубину. Хоча Чумацький Шлях цієї загальної форми, проте не треба припускати, що зорі цієї системи мають такі правильні або визначені форми, як годинник.

Сонце міститься близько центральної плоскости цього зоряного диску, але трохи з краю. Ось чому ми бачимо зорі блискучого пасма Чумацького Шляху в більшім числі, коли дивимося з півдня, особливо в ділянці Стрільця. Проте, ми так близько центральної плоскости, що бачимо як виступає цілий Чумацький Шлях як велике кільце небес. Якби Сонце із Землею було переміщене далі від центральної плоскости системи, наше враження було б інше.

Наші відомості за протяг системи Чумацького Шляху дуже побільшилися останніми роками. Всі зорі виступають на небеснім склепінні так, що близько чи далеко — вони здаються всі на одній віддалі. Найближча зоря, Альфа Центавра, на віддалі трохи більшій за чотири світло-роки від нас або близько 40 мільйонів мільйонів км, і недавніми дослідженнями д-ра Шаплі найдальші зорі в системі можуть бути в 40 тисяч разів далі, або більш за 100 тисяч світло-років. Безперечно, навіть коли можна визначити ці величини в числах, то поза людським розумінням, уявити собі, що означають ці віддалі.

Щодо числа зір, розсіяних на незбагненних віддалях, то в науці є також чималий поступ. Нещодавні дослідження Сірза в обсерва-

торії Мавнт Вілсон і Ван Райіна з Ґронінґену, зведені докупи, показують, що з допомогою найбільших телескопів можна налічити близько одного більйона зір. Більш за те, можна з певністю сказати, що навіть велетенський 100-цалевий телескоп обсерваторії Мавнт Вілсон не показує границь нашої системи. Ще дальших зір треба досягти, ще слабші зорі викрити. Тому не дивно, що ми бачимо молочне світло вздовж величезних ділянок, де ще треба знайти більш як дев'ять десятих цих більйонів слабих зір. Обмірковуючи справжнє число зір, ми повинні також узяти на увагу той факт, що світло мільйонів зір відрізане темними космічними хмарами, про які ми скажемо пізніше.

Вважають, що більйони слабих зір складають світло Чумацького Шляху, отже взявши до уваги форму розміщення їх, ми сподівалися б бачити доволі правильний розподіл світла по обидвох боках центральної плоскости. Такі умови справді існують у деяких частинах Чумацького Шляху, наприклад, у ділянках на південь від Стрільця й Скорпіона. Проте, здебільшого блискучі маси перериваються то тут, то там великим числом темних промежків і заглибин, що дають надзвичайно неправильний ефект, такий знайомий усім спостережникам.

Ширина Чумацького Шляху також дуже змінюється і видимі краї ламані й неправильні. Ще кілька років тому гадали, що ці темні беззоряні площі насправді порожні обшири, де з якоїсь причини майже зовсім немає зір, але цим не можна пояснити того, що майже зовсім нема зір у деяких обмежених площах поблизу центральної плоскости ґаляктичної системи. Коли зоряні віддалі вважали за малі і коли спостережники вірили, що вони дивляться на порівняно мілкі, так би мовити, зоряні скойки, то було легко пояснити темні місця як отвори, але недавні дані про великі віддалі зір Чумацького Шляху, унеможливили таке пояснення темних заглибин. Було б дивно гадати, що в системі, яка налічує більйони рухомих зір, заглибина може простягатися на віддаль більшу як сто тисяч світлових років. Бернард був піонером у фотографуванні так званих «темних туманностей», які спричинюють видимість таких ям.

На Південній станції Гарвадської обсерваторії протягом багатьох років користаються з двофутового фотографічного інструмента, телескопа міс Брюс з Нью-Йорку, яка його подарувала обсерваторії [1]. Щоб ілюструвати силу цього інструмента, ми констатуємо, що при односекундній експозиції можна зфотографувати такі слабі зорі, як 10-ої величини. Щоб здобути зображення зорі видимої голим оком, треба експозувати близько $^1/_8$ секунди. Для того, щоб фотографувати слабші зорі, потрібні довгі експо-

[1] Південна станція Гарвардської обсерваторії була в Арекіпі (Перу, Південна Америка), 1927 р. її перенесено в сприятливіші умови до Блемфонтайну (Південна Африка). *Ред.*

зиції. Для кожної дальшої величини зорі експозицію треба приблизно потроїти. Отак для того, щоб зафіксувати зорі 19-ої величини, треба експозувати близько 6 годин і приблизно 15 годин потрібно на те, щоб здобути фотозняток зір 20-ої величини.

На жаль, довжина експозиції обмежена на практиці. Була б не здолана механічна трудність робити довгі експозиції, приміром до 100 годин, якщо вони були б потрібні. Проте фотографічно досягається ранішньої границі затемнюванням неґатива від світла розсіюваного атмосферою. Цей ліміт експозиції різниться для різних інструментів і місцевости. Для телескопа міс Брюс він змінюється, залежно від стану неба, між 10—15 годин. Довші експозиції дають платівки із затемненим тлом, і показують не більше зір. Цілком зрозуміло, що для таких платівок потрібна місячна ніч. Для довгої експозиції потрібно кілька ночей і щоб телескоп був установлений щоночі на ту саму ділянку неба.

Для того, щоб дослідити розміщення зір, зроблено кілька експозицій з одною тривалістю і в однакових умовах у найясніших частинах Чумацького Шляху й у частинах до ґаляктичних полюсів, 90° від Чумацького Шляху. У дільниці Чумацького Шляху один квадратовий градус містить понад 60 тисяч зір 19-ої величини й ясніших. Така сама площа при полюсах містить 550 зір. Ці числа потверджують загальновизнану думку, що наша зоряна система являє собою сплющений диск, бо більш аніж у двісті разів зір можна бачити, дивлячись на край, аніж вздовж найкоротшої осі.

У темній ділянці поблизу сузір'я Змієносця є близько 350 зір в одному квадратовому градусі. Мала кількість зір у цій або іншій темній ділянці Чумацького Шляху пояснюється тим, що там є хмари газу й пилу, які затемнюють зорі, бо ці хмари не завжди абсолютно темні й їх можна зфотографувати, хоча в багатьох випадках вони не досить ясні, щоб їх можна було спостерігати в телескоп.

В різних темних ділянках Південного Чумацького Шляху були зроблені фотознятки з експозицією від 6 до 15 годин. В усіх цих випадках були наявні темні хмари, а в багатьох випадках хмари були трохи світячі. Якраз за краєм затемненої ділянки Змієносця знайдено в однім квадратовім градусі від п'яти до десяти тисяч зір, проти 350 зір у найтемнішій частині. Також виявлено, що вниз до 8-ої величини стільки ж зір траплялося в темній частині, як і в багатьох сумежних. Отже, зорі, яких бракує, всі слабші за 8-му величину. Оце нам указує на віддаль темних хмар у цій ділянці, вони можуть бути майже такі, як зорі 8-ої величини, можливо на віддалі 500 світло-років, або трохи менше. В інших випадках темність не така цілковита, ніби зоряні скупчення були частково перекладені шарами або пасмами темної туманної матерії.

Видима з якоїнебудь далекої точки неба, наша зоряна система являла б собою форму, яка залежала б від кута зору, з якого дивилися. Видима під прямим кутом до плоскости ґаляктики вона напевно була б більш-менш кругла; видима з ґаляктичної плоскости на тій самій віддалі, вона здавалася б великою дуже еліптичною туманністю; а під кутом 45° вона здавалася б фігурою подібною до Великої Туманности в сузір'ї Андромеди, але без помітного згущення в центрі й без спіральних відгалужень.

Щоб оцінити великі істини астрономії, можливо навіть більші як в інших науках, потрібен не тільки розум, але й уява. Вражінь наших п'ятьох почуттів недосить. Ми бачимо в небі багато світлих точок, але вони здебільшого здаються не ясніші за світляків або за далекі електричні лямпи. Туманності ледве видимі як світлові плями. Це діло астрономії з таких вражінь скласти незбагнено великі зоряні скупчення й системи в одно розумне ціле.

XXI. Зоряні рої

Солон Бейлі

Людина з пересічним зором може бачити п'ять або шість тисяч зір на всьому небі. Проте тільки кілька з них блискучих, і хоча вони розсіяні по всьому небі, розподіл їхній аж ніяк не одноманітний. Зорі мають так би мовити стадну тенденцію. Як людина групується в родини, а багато родин створює нарід, так і зорі в багатьох випадках групуються в рої, а ці скупчення разом з окремими зорями творять зоряні системи.

Як приклад численних неправильних роїв ми можемо взяти добре відому групу ясних зір, що мають назву Плояд (Стожар). Шість зір можна легко бачити голим оком, сьому зорю можна розрізняти без особливих труднощів, а десять або дванадцять зір можна викрити маючи надзвичайно добрий зір і то в сприятливих умовах.

Поблизу Арекіпи в Перу, де існувала багато років філія Гарвардської обсерваторії, здіймається частково згаслий вулькан Ель Місті на 19 000 футів над рівнем моря. Гора міститься на північному сході від обсерваторії і точно під таким кутом, що коли сходять Плеяди, то здається, що вони спочивають на вулькановій верховині. У тумані вони нагадують палаючий смолоскип і з першого погляду їх можна прийняти за вибух вулькана.

У давнину вважали, що цей рій складається з групи в сім зір. Сьома й найслабша можливо була тоді ясніша, ніж тепер, і в багатьох романсах і поемах згадується про цю так звану пропащу Плеяду. На число сім довгий час дивилися, як на доскональне число, і можливо цим пояснюється та надзвичайна увага й пошана, з якої користався цей зоряний рій протягом віків. Зорі цієї групи шанували різні стародавні народи й на їхню честь

споруджували прекрасні хмари. Олкот зібрав багато леґенд і переказів, складених на пошану Плеяд. Китайці тисячоліттями шанували їх як Сім Сестер Промисловости, і ще тепер їх часто називають сузір'ям Семи Сестер.

У багатьох країнах за сходом і заходом Плеяд визначали такі події як оранка й сівба, і вважали, що вони сприятливо впливають на випадання дощів. У літературі всіх віків згадується про цей зоряний рій. У стародавній єврейській літературі, в книзі Іова, ми читаємо «Чи можеш ти перешкодити благодійному впливові Плеяд?» ці слова певно стосуються їхнього впливу на зміну зимової холоднечі на веселі дні весни.

З винайденням телескопа число зір у рої Плеяд надзвичайно збільшилося. У великий телескоп можна зфотографувати кілька тисяч зір, але більшість з них слабі і не належать до рою. Однак маємо дивовижний факт, що число таких слабих зір насправді менше в цій ділянці, аніж у навкружній площі. Можливо це спричинює світляча туманність, що охоплює рій і відтинає шлях світлові зір, що містяться за нею.

Плеяди не тільки випадковий назбір на небі певного числа неспоріднених зір, але вони створюють справжню родинну групу, різні члени якої мають подібні характеристики й спільний рух у просторі. Справжнє число зір у рої лише кількасот, тимчасом як багато тисяч зір, які, як здається, лежать у тій самій ділянці, насправді надто далеко.

У різних частинах неба знаходять багато неправильних роїв, майже всі в плоскості Чумацького Шляху, або поблизу неї. Справді Чумацький Шлях складається переважно з таких роїв. Деякі з них невидимі як рої, але їхні групи знаходять за спільними характеристиками й рухом. Якби наше Сонце було членом такої групи, ми могли б цього зовсім не помітити. Сонце таке близьке, що здається нам єдиним тілом, владарем усіх небесних світил. Важко оцінити той факт, що воно тільки одна із зір.

Зорю визначають так: «зоря — це колосальна маса матерії, що тримається разом наслідком сили власного тяжіння, не руйнується, бо має дуже високу внутрішню температуру, і витворює тепло в своїй середині». Багато трапляється поодинчих, самітних зір, як наше Сонце, а також є дуже багато подвійних зір. Серед небесних народжень двійня трапляється в одній третині усіх відомих випадків. Трапляється кілька потрійних і почетверених зір. Очевидно зорі формуються в лябораторіях Природи з первісної газуватої маси, яка може залишатися одиничною або розвиватися в дві або, рідше, в кілька зір.

Між подвійними зорями й роями нема жодного зв'язку, цебто зоряний рій аж ніяк не є витвір дальшого розвитку подвійних і складних зір. Рій, навіть малий, являє собою скупчення значного числа індивідів, які можуть бути одиничні або подвійні. В рої може бути кілька зір, а може бути й кілька тисяч. Багато

спостережуваних і каталогізованих роїв є просто густі скупчення зір, що складають Чумацький Шлях.

Проте є відмінний тип зоряних скупчень, це так званий Сферичний Рій. Ці рої мають кулясту форму, але часто виявляють тенденцію до еоліптичности. Знайдено близько сотні таких роїв і тепер здається, що число це повне. Сумнівно навіть чи збільшення сили телескопів викриває багато нових сферичних роїв. Деякі з цих зоряних роїв видимі голим оком, як доволі слабі й туманні плями.

Одна з найцікавіших сферичних систем — це великий рій у сузір'ї Геркулеса, який здається неозброєному окові одиничною туманною зорею близько 6-ої величини. Видимий у телескоп цей об'єкт має вигляд блискучої кулі, що складається з численних світлових точок, кожна з яких є зоря. Зорі ці щільно згуртовані й надзвичайно сконденсовані в центрі. Хоча насправді вони створюють відмінну густу систему споріднених зір, видима надзвичайна близькість окремих зір одна до одної спричинена великою віддаллю рою. Шаплі відзначив віддаль цього рою від Землі близько 35 тисяч світло-років. Отже, якщо ми могли б перейти на якусь уявну планету, що кружляє довкола однієї з центральних зір системи, то ця зоря була б нашим Сонцем, а всі інші зорями, з яких багато було б дуже блискучих. Зовнішній вигляд неба дуже різнився б від знайомого нам.

Сферичний рій у Геркулесі має принаймні 35.000 зір, які можна зфотографувати сьогодні. Певно, що справді їх не менше як мільйон, інші сферичні рої так само великі, а деякі ще віддаленіші.

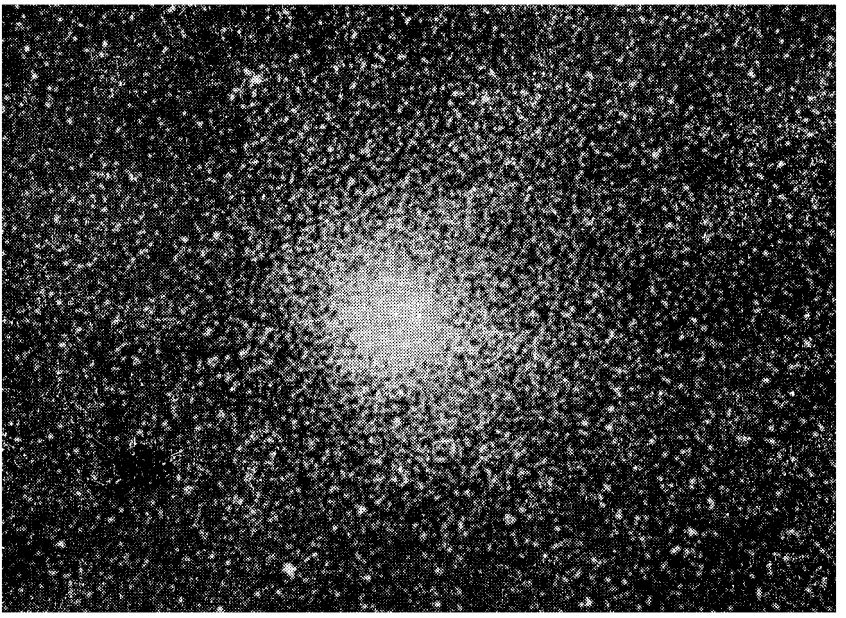
Дуже цікава риса сферичних роїв — це наявність у деяких з них великого числа змінних зір. Ці зорі змінні, типу цефеїд, і відмітні одноманітністю своїх періодів, ступенів змінности і своєї ясности. Через велику віддаль цих роїв, видима величина змінних зір серед найясніших зір у роях дуже слаба, отже для зорових спостережень потрібен великий телескоп. Найкраще вивчити їх на фотознятках, бо око швидко втомлюється від сліпучого світла такої величезної кількости щільних зір, коли на них дивитися у телескоп.

Зоряний рій Месьє 3, слабий, але дивовижний рій у північному сузір'ї Гончаків (Canes Venatici), прекрасний взірець таких зір, бо одна із сімох серед найясніших зір рою є змінна[1]. При максимумі світло-зорі трохи слабше за 14-ту величину, а при мінімумі слабше за 16-ту величину. Увесь період змінности від одного світло-максимуму до другого близько 13 годин і в багатьох випадках зміни здається йдуть реґулярно через багато тисяч мінливостей. Зорі можна називати небесними хронометрами Природи

[1] Месьє—невтомний французький ловець комет XVIII століття. Він склав каталог зоряних роїв, які ще й досі мають його номери. *Ред.*

й при потребі вони можуть бути прекрасними годинниками. Коли б фото цього рою було закопане у фундаменті Пірамід і знайдене тепер підчас розкопин, то на підставі вивчення цих змінних зір можна було б точно виявити епоху, коли зроблено фотозняток.

Із змінних цефеїд користався Шаплі, як з одного із способів визначити віддалі сферичних роїв, і посередньо, визначити розмір зоряної системи. За його висновком, ці зоряні рої, хоча й величезні й напівнезалежні, загалом у межах нашої ґаляктичної системи й у щільнім зв'язку з нею у теперішній час.



Мал. 22. Сферичний рій Месьє 22. Цей рій у сузір'ї Стрільця, видимий голим оком, один з найясніших із сотні сферичних роїв. Його віддаль, як визначено в Гарварді на підставі вивчення змінних зір, щось із 22.000 світло-років

Багато з так званих неґаляктичних туманностей у дійсності є розлогі скупчення зір. Мабуть найдивовижніший приклад цих об'єктів являє собою велика спіраля в сузір'ї Андромеди, ледве видима голим оком. Фотознятки з довгою експозицією, зроблені у великі телескопи, викривають чудову зоряну систему. Недавні дослідження показують, що ця система є так званий незалежний всесвіт, на віддалі, близько одного мільйона світло-років, отже далеко за межами нашої ґаляктичної системи. Найдовший діяметр її повинен мати багато тисяч світлових років. Астрономи поперед-

ньої генерації вважали, що ця зоряна система ширша за нашу, але тепер ми знаємо, що наша власна система набагато переважає її розміром. Багато небулярних вузлів у цій спіралі визначено як скупчення зір 100-цалевим телескопом обсерваторії Мавнт Вілсон. Безперечно в ній також є багато справжніх туманностей, таких як багато є в нашій власній ґаляктичній системі. В небі є тисячі спіральних туманностей і багато з них повинно бути навіть на більших віддалях ніж велика спіраля в Андромеді.

Отже, ми бачимо, що всесвіт складається з багатьох напівнезалежних зоряних систем і туманностей, з яких наша власна ґаляктична система є тільки одна, хоча, можливо, найважливіша. Ми говоримо, звичайно про видимий всесвіт, бо коли ми спробуємо вийти за його межі, то залишаємо царину точної науки і увіходимо в царину теорій і здогадів, яка така ж безмежна, як і самий всесвіт.

XXII За Чумацьким Шляхом

Віллем Лойтен

Досі ми розглядали тільки нашу систему Чумацького Шляху і різні об'єкти, що містяться в ній, а тепер ми залишимо оцей острів і поміркуємо, що є за Чумацьким Шляхом. Ми повинні для цього перенестися думкою в далекі глибини простору, у безкрай всесвіту, де безсилі наші телескопи, але де немає меж нашій уяві.

Спочатку людина вважала себе за центр всесвіту. З бігом часу розвивався розум людини і спостережницькі здібності й незабаром Земля посіла завидне становище бути центром всесвіту. З поступом науки ця гіпотеза стала неспроможна, Землю замінило Сонце, як центр всесвіту. Поступово, з розвитком астрономії, Сонце втратило своє домінантне становище і його місце посіла зоряна система, з початку порівняно мала на розмір, але щодалі, з поступом науки, вона зростає в систему Чумацького Шляху або Ґаляктичну систему, як ми знаємо її. Оце нещодавно наш погляд на систему Чумацького Шляху також своєю чергою зазнав часткової деструкції, яка завжди супроводить поступ науки, поки нарешті Ґаляктична система із всеосяжної одиниці не стала однією з багатьох, просто островом серед океану простору. Після короткої, але запеклої боротьби в астрономічній думці запанував погляд, що існують «острівні всесвіти».

Перше ніж вирушити у нашу мандрівку в простір, щоб подивитися трохи ближче на ці острови, ми повинні ще раз оглянути наш вимірний ланцюг, щоб переконатися чи вистачить його для виміру глибин простору. На Землі ми міряємо сантиметрами й метрами, а для дуже великих віддалей уживаємо кілометра. У ляборатоpіях, ми виміряємо з точністю до одної десятитисячної сантиметра, а коли оперуємо із світловими хвилями, то обчислюємо такі кількості, як одна більйонна сантиметра.

Хоча астроном і уживає всіх оцих одиниць, проте він незадоволений ними. Він потребує більшого. Сантиметр, кілометр, навіть тисяча кілометрів, занадто малі. В нашій сонячній системі ми прийняли за астрономічну одиницю віддаль від Сонця до Землі, що дорівнює 150.000.000 км. Але коли ми звернемося до зір, навіть до найближчих, то ця астрономічна одиниця буде невідповідна, недостатня. Найближча зоря майже на віддалі 300 тисяч астрономічних одиниць. Та є спосіб, треба вдатися до світлового променя. Ми приймаємо за одиницю довжини зоряного всесвіту світловий рік, цебто віддаль, яку проходить світловий промінь за один рік, що дорівнює близько 10 трильйонів км. Знов таки, коли остаточно облишимо позад нас Чумацький Шлях, то світловий рік стане незначною одиницею й нам доведеться оперувати мільйонами світло-років.

Щоб знайти ранній приклад спостереження, що завбачило ввесь недавній розвиток нашої науки про острівні всесвіти, ми повинні вдатися до історії астрономії так далеко, як 1845 рік, коли лорд Росс відкрив, що деякі туманності мають спіральну форму. Лорд Росс робив спостереження 60-цалевим рефлекторним телескопом, установленим у Парсонставні в Ірляндії. Його телескоп так перевершував інші інструменти того часу, що ніхто не міг потвердити це відкриття, отже деякі астрономи мали сумнів. Та сумнів цей скоро розвіявся. Коли телескопи стали більші, досконаліші, особливо коли запроваджено в астрономію фотографію, зникла всяка опозиція. Тепер спіральні туманності створюють сталу клясу небесних об'єктів і ми тепер знаємо багато тисяч їх. Більшість з них слабі, і тільки одну, велику спіральну туманність в Андромеді, можна легко помітити неозброєним оком. Прекрасні взірці спіралей можна також знайти у Великому Возі і Трикутнику.

Деякий час ми не знали природи спіральних туманностей. Було відомо, що деякі інші туманності, такі як велика туманність в Оріоні, складається з густих хмар світячого газу, і справді вони виглядають так, бо вони туманні і неправильної форми. Спіралі мають дуже виразну будову, звичайно складаються з центральної частини і двох або більше прекрасно видимих спіральних відгілків, що виходять з них. Чи вони також являють собою густі хмари газу?

Якраз під цю суперечку винайдено спектроскоп і все одразу вияснилося. Виявлено, що спіралі складаються з великого числа зір, яких так багато і вони так близько одна коло одної, що їхнє світло змішується для нашого ока і ми не можемо розрізнити окремих зір. Як тільки це стало відомо, одразу ж запропоновано теорію, що спіральну туманність можна порівняти щодо розміру з нашою Ґаляктичною системою або системою Чумацького Шляху Також з'явилося і припущення, що наша ґаляктична система, спостережувана з великої віддалі, також виглядала б як спіраля.

Через те, що відомостей про спіралі було дуже мало, ця теорія не зустріла серйозної опозиції.

Думки, що спіральні туманності це острівні всесвіти, ніколи не облишали цілком, хоча й було кілька періодів, коли вона ставала непопулярною. Завжди були певні моменти на її користь В туманності Андромеди ми спостерігаємо певну кількість тим-

Мал. 23. Спіральна туманність Месьє 81 у сузір'ї Великого Воза. Ця туманність напевно на віддалі близько мільйона світло-років.

часових зір, що спалахують з нічого, блискуче світять кілька тижнів, щоб потім знову згаснути. Порівнюючи ці нові зорі з подібними зорями, що з'являлися час від часу в Чумацькім Шляху, астрономи дійшли висновку, що туманність ця не ближча за півмільйона світло-років, а можливо набагато дальша.

Остаточний довід маємо 1924 р., коли докладною аналізою спіральної туманности в Андромеді й Трикутнику викрито кілька змінних зір, світло яких миготіло певним способом і достеменно так як світло багатьох зір Чумацького Шляху. Ми знаємо багато чого про цей тип змінних зір у Чумацькому Шляху й серед усього ми знаємо які ясні вони насправді, яка сама їхня світлосила. Скільки ми можемо легко виміряти їхню видиму ясність, ми

одразу ж дістаємо вимір віддалі цих зір у двох спіральних туманностях. Віддаль, яку ми висновуємо з цих вимірів, дорівнює одному мільйонові світло-років.

Тепер, коли ми знаємо її віддаль, ми можемо сказати більше про велику спіральну туманність в Андромеді. Діяметр її близько 50.000 світло-років і має в собі вона мільярди зір. Усі зорі, що ми їх бачимо в туманності, в тисячі разів ясніші за Сонце. Справді якщо б ми поставили Сонце на такій віддалі, то не могли б зфотографувати його навіть у наші найпотужніші телескопи. Тепер ми можемо також обчислити ясність тої дивовижної зорі, що блиснула в туманності 1895 р. і була видима недовгий час. Підчас свого максимуму блискучости, вона була в сто мільйонів разів ясніша за наше Сонце. В цей час ця зоря-велетень випромінювала стільки світла й енерґії в простір, що витрачала згідно з теорією відносности, більше як двісті трильйонів тої матерії щосекунди

Туманність Андромеди, хоча й найближча з усіх спіралей, є проте, не найближчий всесвіт. Дві Маґеллянових хмари, ще ближче, хоча вони являють собою тільки два маленьких острови, розміщені на віддалі близько ста тисяч світло-років, і мають діяметр близько десять тисяч світло-років. Вони мають у собі багато цікавих зір, включаючи й ту зорю, що дає в півмільйона разів більше світла, ніж наше сонце, і яка, відмінно од тимчасової зорі в туманності Андромеди, й надалі лишається такою ж блискучою. Маючи діяметр «тільки» десять тисяч світло-років, Маґеллянові хмари являють собою просто малі острови; через свою порівняну близькість вони дають прекрасну нагоду бачити, яким виглядає всесвіт ззовні.

Коли була виміряна віддаль туманности Андромеди, то ми могли обчислити віддалі багатьох інших спіральних туманностей і я міг би розповісти вам про численні острівні всесвіти, що на віддалі десятків і сотень мільйонів світло-років. Але в усіх наших вишуках ми повинні ще знайти всесвіт такий, як наша власна система Чумацького Шляху, або ще більший. У безмежності острівних всесвітів ґаляктична система ще на першому місці; для неї запропоновано назву Континентальний Всесвіт.

Добре, — можете ви запитати, – а що ж далі? Може ми наближаємося до границь всесвіту, коли виходимо за віддалі в сто мільйонів світло-років? На це запитання теорія відносности вже дала відповідь: простір має кінець, але не має меж. Уявіть собі мурашку, що дряпається по поверхні кулі, приміром м'яча. Якщо ви дасте комасі досить часу, вона оббігає геть усю поверхню кулі і доторкнеться кожної точки на ній. І коли б вона мала вимірну стрічку, то могла б переконатися, що вся площа кулі має певне число квадратових сантиметрів. Проте, мурашка може повзати по поверхні до безкінця й ніколи не дійде до краю. Поверхня кулі через те що крива, має кінець і не має меж. Приблизно так само теорія відносности каже нам, що наш простір кривий, скінченний

і безмежний. Ми можемо повзати через наш простір у трьох вимірах і йти цілі віки й усе одно ніколи не дійдемо до місця, де нема більше простору. Астрономічний всесвіт ніде необмежений, а проте він має кінець.

Наша власна система Чумацького Шляху, яка вона не здається велика для вас, має певні границі в усіх напрямах, але за Чумацьким Шляхом в усіх напрямах простягаються холодні непривітні пустелі астрономічного простору, скінченного, хоча і безмежного

XXIII. Наші обсерваторії

Б. П. Герасимович

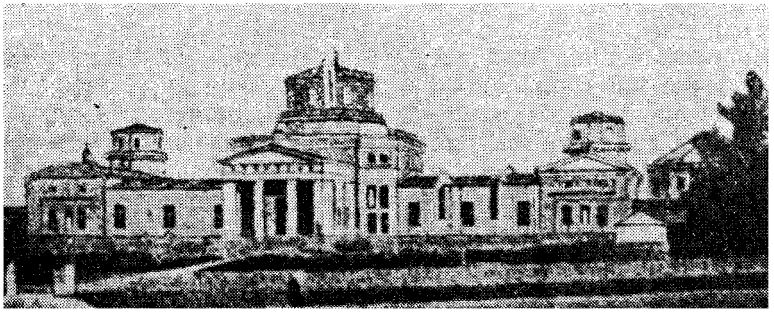
Як ми знаємо, спостереження небесних світил має величезне практичне значення. Адже тільки завдяки ним можливе так зване «географічне визначення місця», цебто можна визначити широту й довготу різних пунктів земної поверхні і нанести їх на географічну мапу так просто і з такою певністю, як це ми робимо накреслюючи на пляні міста нові будівлі. Географічна мапа Союзу, яка лежить у вас на столі, висить у вас в установі, на фабриці і заводі, цей скромний аркуш паперу із знайомими обрисами морів і рік — є плід величезної праці цілих поколінь учених, головно астрономів.

Цієї обставини аж ніяк не треба спускати з ока, знайомлючись з історією астрономічних обсерваторій. Засновуючи їх, держава мала чисто практичну мету, найкращий приклад це одна із старіших обсерваторій — Ґрінічська, поблизу Лондону. Коли в XVII-му столітті на історичний кін вийшла новонароджена англійська буржуазія з її колоніяльною ненажерливістю, виникла практична потреба нових і точних способів визначати положення корабля в морі. Вони бо були ґарантією безпеки кораблеплавства — найважливішої підойми проходження торговельного капіталу в заморські країни. Для цього й була утворена звідома Ґрінічська обсерваторія. Її наукові заслуги відомі всім. Проте не вони були процентом на капітал, витрачений на її заснування. Не боячись перебільшити, можна сказати, що Британія стала «владаркою морей» не тільки завдяки хоробрості своїх піратів і заповзятості своїх купців, але й наслідком робіт Ґрінічської Обсерваторії.

Звернімося тепер до кол. Російської імперії. На початку Петровської доби вона являла собою величезний, напівдикий континент, який обмивали ще недосліджені моря. Не було географічних мап, лоцій, що уможливлюють навіґацію та, проте, були величезні імперіялістичні зазіхання, прагнення просунутися і на північ і на південь, а головно — до моря. За таких умов розроблення астрономічних знань набувало величезного практичного значення — воно стало однією з цілей Академії Наук при її заснуванні. Так

народилася перша в нашій країні обсерваторія при Академії в Санкт-Петербурзі, на Васильєвському острові. Вона проіснувала недовго і незабаром загинула підчас пожежі. Центром географічної роботи стала невелика академічна обсерваторія, що замінила собою згорілу обсерваторію. Багато визначних астрономів працювали в цій галузі і на кінець XVIII століття визначено географічно всього 67 місць, включаючи Сибір і Кавказ. Праця ця була тяжка й небезпечна. Кілька експедицій навіть загинуло.

Проте все це були так мовити доісторичні часи. Справжня історія нашої астрономії починається з 30-их років минулого століття, із заснування Пулковської обсерваторії.



Мал 24 Пулковська обсерваторія.

Пулковська обсерваторія (тепер Головна Астрономічна обсерваторія) була закладена на невеличкому горбі поблизу Ленінграду на віддалі 19 верст від Академії Наук. З самого початку вона була організована як найбільша обсерваторія у всьому світі й це почесне місце зберегла до наших днів. Після вищесказаного ми вже не дивуватимемось, чому в темну глуху добу Миколи І-го, що відбилася в історії нашої освіти своїм похмурим обскурантизмом, з'явилася потреба споруджувати такі дорогі науково-дослідні установи. Найголовніші цілі обсерваторії були так зформульовані в її статуті «Проведення відповідних спостережень, потрібних для географічних заходів і для учених подорожів»

Засновником Пулковської обсерваторії був відомий астроном минулого століття В. Я. Струве. Він швидко налагодив роботу обсерваторії й успішно впорався з поставленими завданнями. Для цього пулковські астрономи повинні були опрацювати нові способи спостереження. Головна мета їхніх робіт була — збільшити точність спостережень. Для цього треба було сумнівно вивчити всі можливі помилки, які могли вгледіти спостережники, з'ясувати всі ті переміщення, які робить спостережник, що на поверхні землі, відносно зоряного неба. Треба було якнайточніше визна-

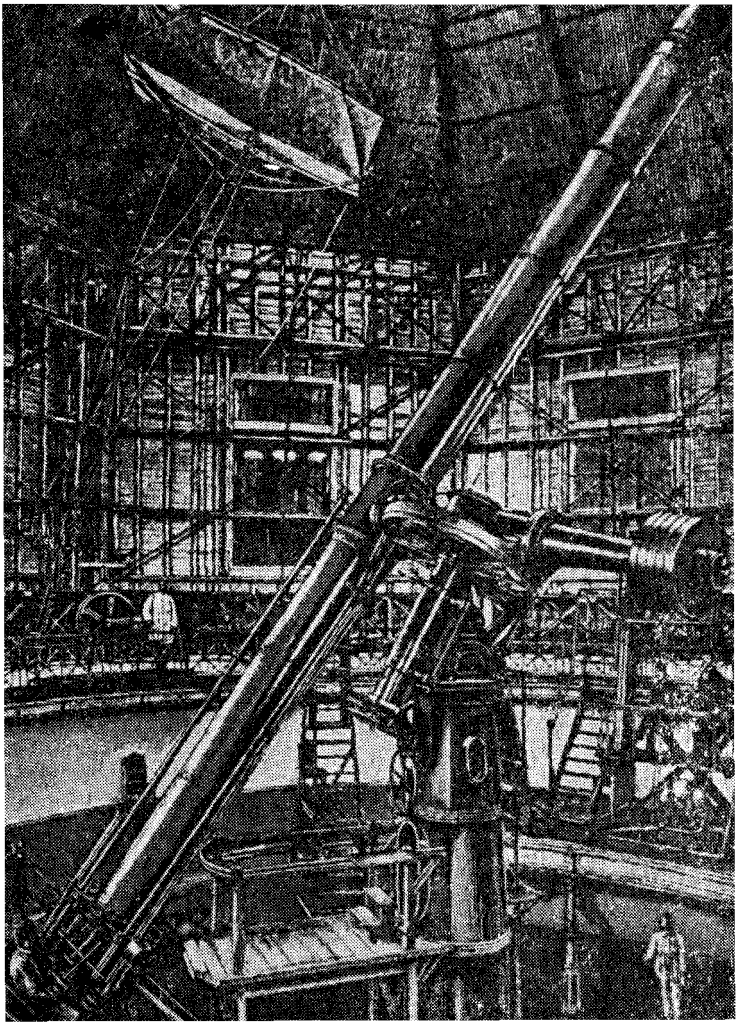
чити положення річної путі землі відносно зір, різні рухи земної осі і т. ін. Тільки після цієї попередньої роботи спостереження зір могли дати надійний матеріял для висновків про зоряний рух. Треба було періодично визначати положення порівняно невеличкого ряду зір. Звіряючи їх, можна було помітити незначні зміщення зір одна відносно одної — власне рухи зір. Для цієї мети через кожні 20 років роблено спостереження, для того, щоб скласти точні зоряні каталоги (1845, 1865, 1885, 1905 і 1925 р.р.). Ці каталоги були і залишаться абсолютно неперевершеними своєю точністю, становлячи собою шедевр спостережницької науки. До цього часу ще вони лежать в основі наших знань про зоряні рухи.

Отже Пулковська обсерваторія під керівництвом В. Струве, а потім його сина О. Струве, стала найбільшим світовим центром астрономічної науки. Сюди приїздили удосконалюватися німці, шведи та інші. Сама будівля обсерваторії, яку збудував відомий архітект Брюлов, стала взірцем (найбільша обсерваторія в Лісбоні — копія нашої Пулковської і не тільки одна вона).

При заснуванні Пулковської обсерваторії в її центральній вежі споруджено найбільший на той час рефрактор з отвором у 15 цалів, проте роки йшли, росли наукові досягнення. 15-цалевий пулковський рефрактор потрохи поступився місцем перед більшими інструментами Европи й Америки. Тоді у 80-их роках минулого століття збудовано для Пулкова новий рефрактор, об'єктив цього велетня має в поперечнику 30 цалів. Досі він ще є один з найбільших інструментів такого типу (в Америці його перевершує 40-цалевий рефрактор Єркської обсерваторії і 36-цалевий інструмент Лікської обсерваторії).

У 90-их роках минулого століття керівником обсерваторії став Федір Бредіхін — видатний учений, що з'ясував загадкову природу кометних хвостів. На цей час дістала великий розвиток астрофізика, наука, що вивчає фізичні властивості небесних тіл. Бредіхін — сам астрофізик — одразу запровадив нову галузь у поле діяльности Пулкова. Придбано великий астрофотографічний інструмент, велетенський рефрактор пристосовано до фотографування спектрів небесних тіл й т. ін. В новій галузі Пулково також сказало своє компетентне слово. Академік А. А. Бєлопольський, працюючи в Пулкові, став одним із фундаторів нової науки — астрофізики. Тяжко перерахувати всі зроблені ним відкриття. Він з'ясував будову щільних подвійних зір, відкрив періодичні зміщення в спектрах цефеїд, дослідив обертання великих планет навколо своїх осей і багато зробив для вивчення Сонця.

На жаль, астрофізика наука дуже дорога, вона потребує великих матеріяльних витрат. Ось чому в наш час головні центри астрофізичних відкрить в Америці. І нам і Европі покищо тяжко змагатися в ньому з Америкою. Проте аж до початку імперіялістичної війни Пулково було однією з керівних астрофізичних



Мал. 25. 30-дюймовий рефрактор Пулковської обсерваторії

обсерваторій світу. В галузі визначення зоряних положень Пулкову до цього часу належить перше місце[1]

Як і треба було сподіватися, революція внесла свій животворний дух і в Пулково. Обсерваторія організаційно перебудувалася, штат значно збільшено, почалося підготування аспірантури, популяризаційна діяльність серед широких кіл трудящих тощо. Найголовніше досягнення з наукового погляду — це придбання нових інструментів. (Див. нижче).

Пулковський горб поблизу Ленінграду — місце не зовсім придатне для астрономічної обсерваторії в сучасному розумінні цього слова. Часта хмарність, непрозорість атмосфери, білі ночі, що відбирають в астрофізиків ввесь літній час, — усе це стало особливо шкідливо відбиватися на роботі обсерваторії тоді, коли вона перейшла до фотографічних способів спостереження. Виникла поступово думка створити філії обсерваторії на півдні, де чисте й прозоре повітря, а літні ночі довгі й темні. Так само південні філії були й для іншої мети, а саме, щоб визначати положення південніших зір. Отак виникли філії Пулковської обсерваторії в Миколаєві та Сімеїзі (Крим).

Миколаївська обсерваторія, що стала з 1923-24 року українською обсерваторією, продовжує працювати по старій Пулковській лінії. Її завдання — скласти зоряні каталоги першорядної точности. Щодо цього послуги її дуже великі.

Сімеїзька обсерваторія, що залишилася до цього часу філією Пулковської, міститься на горі «Кішка», поблизу Сімеїзу. До останнього часу спеціяльністю її було відкривати малі планети (астероїди) способом фотографування. Тут відкрито безліч астероїдів і визначено їхні орбіти. До цього треба ще додати ряд комет уперше спостережуваних тут. Вже це одне надавало Сімеїзькій обсерваторії великої наукової ваги. Проте значення її зросло в багато разів після того, як придбано новий 40-цалевий рефлектор. Історія цього інструмента досить цікава. Ще до війни для Сімеїзької обсерваторії були замовлені в Ірляндії великий рефлектор і великий фотографічний рефрактор. Був заплачений завдаток, дано потрібні вказівки. Проте війна перешкодила успіхові цієї великої справи — виготовлення інструментів спинилося і про них нічого не було чути протягом кількох років. З приходом і зміцненням радянської влади торговельні зв'язки з Англією почали зростати, а разом з ними і надії на те, що розпочаті найбільші наукові задуми будуть доведені до щасливого кінця Справді, завдяки енергії і зацікавленості тов. Л. Красіна — нашого тодішнього торгпреда в Англії — пощастило домогтися чималих асиґнувань на оплату замовлених інструментів, крім того самі

[1] Відвідувачеві Пулковської обсерваторії рекомендується звернути увагу на прекрасну бібліотеку її (особливо на середньовічні книги на ланцюгах так звані інкунабулі), найкращі в світі ґалереї портретів видатних астрономів і нарешті, на майже повну збірку рукописів Кеплера

замовлення були збільшені, замість 30-цалевого рефрактора замовлено 42-цалевий. Цей рефрактор був би найбільшим інструментом цього типу в світі, він перевищив би навіть Єркський 40-цалевий рефрактор. На жаль, виготовлення такого величезного об'єктива зустріло чималі труднощі, — він ще досі не готовий. Головна трудність у тому, що дуже важко витопити величезні куски оптично досконалого скла. Другий закордонний інструмент 40-цалевий рефлектор — вже давно готовий і робить на «Кішці» в Сімеїзі. Це — прекрасний інструмент, безперечно один з найкращих інструментів цього типу в Европі, що поступається тільки перед американськими велетнями. До нього припасовано великий спектрограф з допомогою якого фотографується спектри зір до 6-ої величини, щоб визначити їхню швидкість. Коли Сімеїзька обсерваторія дістане ще новий інструмент, то її за правом можна буде вважати за одну з найдосконаліших сучасних астрофізичних обсерваторій Европи.

Проте число великих радянських обсерваторій світового маштабу вичерпується Пулковим і Сімеїзом. Крім них є, звичайно, ще з десяток невеличких обсерваторій, головно колишніх університетських. Деякі з них устатковані досить добре, наприклад Московська обсерваторія, що має 15-цалевий рефрактор. Всі вони потрохи працюють і по змозі вносять свій вклад у науку.

Україна значно бідніша на обсерваторії, аніж РСФРР. На її території є 4 астрономічних обсерваторії — в Миколаєві, Харкові, Києві й Одесі. Як зазначено вище, Миколаївська обсерваторія продовжує працювати за програмою Пулкова і в цілковитім контакті з ним. Решта обсерваторій працюють цілком самостійно. Найкраще устаткована інструментами Харківська обсерваторія. Вона має прекрасний інструмент спеціяльного типу — меридіянний круг, з допомогою якого можна визначати положення зір з якнайбільшою точністю. Меридіянний круг Харківської обсерваторії, що має всі нові прилади, є один з найкращих інструментів цього типу в світі — з його допомогою вже виконано довгі ряди спостережень, опубліковано прекрасний зоряний каталог і визначено віддалі (паралакси) багатьох зір. На жаль, щодо дорогих астрофізичних інструментів куди гірше, в цьому напрямі поле діяльности обсерваторії дуже звужене. З рефракторів є старий 6-цалевий з астрофотографічною камерою й недавно одержаний з Німеччини, але ще не встановлений, новий 8-цалевий.

Бідність наших українських обсерваторій явище не випадкове. Це є безпосередній наслідок політики царської влади — концентрувати великі наукові заклади в колишніх столицях і на території, яку посідає теперішня РСФРР. Тимчасом, як РСФРР має низку великих і навіть велетенських рефракторів і рефлекторів, Україна не має жодного інструмента такого типу, який був би на висоті сучасної астрономічної техніки. Таке становище в корені суперечить національній політиці радянської влади і, звичайно

його не можна далі терпіти. Україна повинна мати свій великий центр астрономічної науки, свою велику обсерваторію сучасного типу.

Виходячи з цих міркувань, Харківська обсерваторія висунула складений автором цих рядків «проєкт великої української обсерваторії», що ґрунтується на американському досвіді. В ньому фігурують великі інструменти головно астрофізичного характеру: 60-цалевий рефлектор, 25-цалевий фотографічний рефрактор, великий інструмент для дослідження Сонця тощо. Цей проєкт зустрів велике співчуття української радянської громадськости, його затвердила колеґія Наркомосвіти й подається на розгляд Раді Народніх Комісарів. Труднощі, що стоять на шляху його здійснення, дуже великі: потрібні великі асиґнування в чужоземній валюті, а також величезний досвід і знання для того, щоб перемогти труднощі науково-технічного характеру. Сподіваємось, що вони будуть переможені й Україна матиме гідну її велику астрономічну обсерваторію.

ЗМІСТ

Стор.

Передмова редактора українського перекладу 3

ЧАСТИНА I

Предмет астрономії

I. Що таке зорі? *Гарло Шаплі* 6
II. Ясні зорі й сузір'я *Віллем Лойтен* 10
III. Телескопи та як їх уживають *Віллард Геррім* 14
IV. Фотографування зір і планет. *Едвард Кінг* 19
V. Робота аматора в астрономії *Леон Кемпбел* 24
VI. Американські обсерваторії *Леон Кемпбел* 30

ЧАСТИНА II

Сонячна система

VII. Походження планет. *Гарло Шаплі* 34
VIII. Затемнення *Леон Кемпбел* 38
IX. Падучі зорі *Віллард Фішер* 42
X. Комети *Едвард Кінг* 48
XI. Вік землі *Гарло Шаплі* 53
XII. Життя в інших світах *Гарло Шаплі* 59

ЧАСТИНА III

Зорі й туманності

XIII. Як лічать і виміряють зорі *Віллем Лойтен* 68
XIV. Клясифікація зір *Анні Кеннон* 72
XV. З чого складаються зорі *Сесіла Пейн* 76
XVI. Газуваті туманності *Г. Пласкет* 80
XVII. Нові та змінні зорі *Анні Кеннон* 84
XVIII. Середина зорі *Борис Герасимович* 90

ЧАСТИНА IV

Зоряний всесвіт

XIX. Як виміряють всесвіт *Гарло Шаплі* 97
XX. Чумацький Шлях *Солон Бейлі* 103
XXI. Зоряні рої *Солон Бейлі* 108
XXII. За Чумацьким Шляхом *Віллем Лойтен* 112
XXIII. Наші обсерваторії *Б. Герасимович* 116