

Джемс Джінс (J. H. Jeans)

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АСТРОНОМІЇ*

Маю намір говорити про деякі проблеми, що ними особливо займається теперішня астрономія. Воно очевидно ясно, що астрономія кожної епохи залежить від досконалости телескопів, що стоять до її услуг. Поки Галілей¹ у 1609 р. побудував свою першу 6 ст лунету, то астрономія в дійсності була лише чистим зазіранням на зорі. Ця мала лунета дозволила Галілеєві студіювати поверхню Місяця, фази Венери та сателіти Юпітера — з вислідом, звисним нам усім. Сила телескопа росла дуже помалу, так що пройшли аж два століття, поки стало можливе студіювати поважно зорі. Аж з початком 19. століття астрономи мали достаточні астрономічні засоби, щоб зважитися студіювати зорі. Оба Гершелі² — сер Вільям та його син сер Джон — розслідили основно розміщення зір у просторі. Вони відкрили, що наше Сонце — це одна з безмежного числа зір, та що ця ціла маса зір уфурмлена немов би монета або колесо. А молочна (чумацька) дорога, що її можна бачити у ясні безмісячні ночі як дугу нижнього, перлинного сьєва, була б тоді обручем цього колеса. Уже лунета Галілея показала, що ця смуга (обруч) складається з безчисленних зір, розсіяних немов золотий порошок на чорному тлі порожнього простору. Досліди обох Гершелів подали відношення тих зір до інших ближчих зір, що їх можна доглянути свобідним оком.

В тому самому часі вдалося вперше змірити віддалення деяких ближчих зір. В 1838 р. вперше змірили віддалення трьох зір майже одночасно три різні астрономи — *Bessel*, *Struve* та *Henderson*³ — і відтоді став дальший розвиток скорий.

Сто років дослідів навчили нас ось-що: ми знаємо, що навіть найближчі зорі майже мільон разів так віддалені, як найближчі планети. Це пояснює, чому мусіли пройти два століття між Галілеєвими дослідями планет і досліджуванням зір 19. століття. Ми знаємо, що найдальші зорі, які можна доглянути голим оком, віддалені яких три тисячі літ світла, себто вони так далеко, що світло мусить мандрувати три тисячі літ через простір, щоб прийти до нас — ми їх не бачимо такими, якими вони тепер,

* Виклад славного англійського астрофізика, проголошений у Відні на запрошення „комітету для улагодження гостинних відчитів закордонних вчених“ 29. квітня 1936. Виклад надрукований німецькою мовою в „*Monatshfte für Mathem. u. Physik*“ і окремо (Leipzig u. Wien, Akadem. Verlagsgesellschaft 1937). Перекладач.

¹ Galileo Galilei (1564—1642) батько сучасної фізики (Пер).

² Herschel William (1738—1822) і його син John (1792—1871), великі англійські дослідники неба (Пер).

³ при допомозі т. зв. паралакса (кута зріння) — Ф. Бессель (1784—1846) німецький астроном в Кенігсбергу; В. Струве, німець (1793—1864), директор обсерваторії в Пулкові (Пер).

а такими, якими вони були три тисячі літ тому назад, себто перед оснуванням Риму або облогою Трої. Ми і це знаємо, що віддалення тих зір дрібне, коли порівняти його з віддаленням найдаліших зір молочної дороги. Вони віддалені яких 150.000 літ світла; світло, що тепер його бачимо, почало свою мандрівку через простір довго перед цивілізацією людства.

Промір колеса зір, що між ними наше Сонце — тільки мало важний член, має імовірно 200.000 літ світла.

Недавно відкрили, що це зоряне колесо обертається довкола осі — зорі, що лежать на зовні, обігають довкола тих, що творять вісь, так як планети довкола сонця.

Як сонце і планети держаться разом завдяки силам гравітації, що нею діють на себе, так само й це велике колесо тримається завдяки силам притягання тих зір, з яких воно складається. І як у сонячній системі зовнішні планети порушуються найпомаліше та потребують найдовшого часу, щоб скінчити дорогу довкола сонця, так само порушуються і зовнішні зорі великого зоряного колеса дуже помалу та потребують найдовшого часу, щоб доконати повного обігу. Наскільки сьогодні знаємо, Сонце біжить зо скорістю яких 275 *km* на секунду, тобто 16.500 *km* на мінуту або 15000 разів скоріш, як поспішний потяг. Це колесо так безмежно велике, що Сонце, хоча й як кольосальна його скорість, потребує двісті двадцять мільонів літ, щоб довершити цілий обіг. Коли обчислимо сили гравітації, потрібні на те, щоб не дозволити зорям і Сонцю розлетітися у простір, тоді зможемо обчислити тягар цілого колеса. Це та сама метода, що нею зважили Сонце, Землю, Юпітера. Коли так зважимо наше зоряне колесо, то ствердимо, що цілковите число зір в ньому приміщених майже напевно більше як 100.000 мільонів, а навіть можливо, що воно й двічі таке велике. Сьогодні цілком ясно, що наша зоряна система — не одинока в своєму роді. Ми знаємо, що простір повний таких зоряних коліс, які обертаються; наша власна система — це лише одна з численних. Ті інші системи звуться „позагалактичні мраківини“ тому, що вони лежать цілком за нашою галактичною (молочною) системою, замкненою молочною дорогою.

Астрономічні твори в роді сонць або планет можна бачити у телескоп як виразно зазначені світляні кружки. Інші твори виявляють невиразну структуру та замазаний обрис, і тому давніші астрономи їх без різниці означували як мраківини. Одначе тепер знаємо, що ті мраківини фізикально дуже різняться. Є три головні класи; про дві з них хотів би я лише згадати, щоб впоратися з ними, поки буду обговорювати куди більше віддалені позагалактичні мраківини, що ними передовсім сьогоднішнього вечора будемо займатися.

Найпростіші з усіх мраківин, знані як „планетарні мраківини“ — це нічого іншого, як поодинокі, доволі ясні зорі, оточені далеко поширеною атмосферою, що її промінювання центральної зорі приводить до свічення. Ті зорі під численними

оглядами цікаві. Передовсім вони належать до найгарячіших зір, званих астрономією; температура їх поверхні сягає приблизно до 60.000°, тобто вдсятеро стільки, що температура поверхні Сонця. Кожний квадратний сантиметр їхньої поверхні висилає енергію коло 80.000 *HP* (парових коней). Цього було б доволі, щоб порушити велике пасажирське або воєнне судно.

Однак ті зорі мають розмірно так небагато квадратних сантиметрів поверхні, що ціла енергія, яку висилають, згідно невелика. Промір більшості їх рівняється ледве половині або четвертині соняшного проміру, так що фантастична гаряч їхньої поверхні вирівнюється у деякій мірі малістю тієї поверхні. Найближча з тих мраківин все ж таки така далека, що її світло потребує багато тисяч літ, щоб дійти до нас; у телескопі вони виглядають як бліденькі твори.

Центральні зорі планетарних мраківин належать до дуже інтересної класи зір з незвичайно згущеною матерією; вони відомі як „білі карлики“, що всі аномально гарячі і аномально малі. Найменша зоря, що її взагалі знаємо, належить до цієї класи. *G. T. Kuiper*, який її щойно відкрив, провів, що її промінь це одна двох-сотна соняшнього променя, себто половина земного променя. З другого боку ця зоря має імовірно 1,000.000 разів стільки матерії, як земля, так що її густота буде яких 36 мільонів така велика, як густота води. Один кубічний сантиметр води важить грам — зате кубічний сантиметр матерії цієї зорі важить кругло 36 тон. Кусничок величини головки від шпильки переломив би хребет людини. Ця маленька зоря має 28.000° поверхневої температури, однак її величина така мала, що висилає менше як одну тисячну соняшного світла.

Залишім тепер царину планетарних мраківин і пригляньмося другій класі мраківин, т. зв. „неправильних або галактичних мраківин“. Планетарні мраківини зложені, як ми бачили, з газу, що промінюванням одинокої зорі приневольний світити. Мраківини другої класи — це маси газу, пилу і т. ін., що світять завдяки промінюванню численних зір, які в них знаходяться.

А тепер перейдімо до третього роду мраківин, що куди далше віддалені, як ті, що ми їх щойно обговорювали. Мраківини першого і другого роду лежать усі у нутрі великого колеса системи молочної дороги, до якої належить наше сонце. Однак мраківини, що про них тепер хочемо говорити, лежать поза тим колесом. І дійсно йде тут у великій мірі про зоряні колеса, що у своїй величині рівні колесові, до якого ми самі належимо.

Найзамітніша мраківина, — одинока, що можна її бачити без телескопа — це відома „велика мраківина в Андромеді“.¹ Щойно світлина показує, що ця мраківина далеко більша, як можна би прийняти при суб'єктивній обсервації — оком чи те-

¹ Це сузір'я північного небозводу недалеко Малої Ведмедиці (Пер.)

телескопом. Вона займає на небі майже двадцять разів стільки поверхні, що місяць у повні. Сорозмірно ясну центральну масу можна бачити голим оком; вона радше менша як місяць, а її форма і обрис замазані. Одначе при дуже довгій експозиції видно на світлині, що довкола ясної, центральної маси знаходиться поширена та деталічно розроблена структура, що дотепер оставала невидна. Провірено, що ця зовнішня структура зложена в більшій частині з поодиноких світляних точок, що, як приймається, є зорями, такими як ці, що творять нашу систему.

Ми вважаємо їх тому зорями, бо многі з них не світять спокійним світлом, а лише змінюють свою ясність в дуже характеристичний періодичний спосіб — спосіб, нам дуже добре знаний, бо много зір нашої галактичної системи робить точно те саме. Ті особливі зорі звісні під назвою „Кефеїди“.¹ Вони мають замітну властивість, що сила їх світла залежить виключно від шкороности, з якою змінється їх світляне промінювання. Шкороозмінні зорі мають малу силу свічок, а довгозмінні велику. Тому, що ми ц знаємо, можемо обчислити віддалення якоїнебудь з тих зір тим способом, що візьмемо відношення їх видимої ясности до їх беззглядної ясности, яку обчислюється з її періоду. Гою проблемою займався спеціально д-р *Hubble* (Габбль) з обсерваторії на горі Вільсона і найшов, що віддалення великої мракoвини в сузір'ю Андромеди виносить кругло 800.000 літ світла. Це друга найближча позагалактична мракoвина; мракoвина *M. 33* в сузір'ю Трикутника імовірно кілька відсотків ближча — вона віддалена яких 770.000 літ світла.

Це нечувані віддалення. Світло Місяця, що його бачимо, відійшло з Місяця перед $1\frac{1}{3}$ секунди; світло, що його дістаємо з Сонця, залишило Сонце вісім мінут тому назад, зате відповідний час для найближчих зір це вже квестія літ, а для мракoвин йде вже про мільйони років. Навіть найближчі зорі бачимо завдяки світлу, що з них вийшло тоді, коли ще людство не існувало, світлу, що хоча робить на секунду 300.000 *km*, одначе пробігло через простір в часі народин життя та смерти 30.000 людських генерацій і аж тепер нас досягає. Коли взяти під увагу ті числа, тоді певно зрозуміємо, чому тільки найбільші та найсильніші телескопи надаються до обсервації тих далеких, далеких мракoвин. І справді найбільше вислідів, що про них говоритиму, дав нам найбільший телескоп світу з гори Вільсона в Каліфорнії, з отвором двох і пів метра.²

Попри числа, які я навів, залишається ще сказати, що ті мракoвини лежать далеко поза нашою молочною (галактичною) системою, та тому оправдана назва „мракoвини позагалактичні“. Загалньо кажучи, вони крім цього між собою і різняться

¹ Їх відкрито вперше в сузір'ю Кефея на північній небозводі — недалеко сузір'я Андромеди; відсіль і назва (Пер).

² Цей телескоп має вгнуте дзеркало з проміром $2\frac{1}{2}$ метрів; тепер кінчають будову телескопа (рефлектора) в Пасадені в Каліфорнії з дзеркалом із проміром 5 метрів (Перекул).

і від себе розділені, так що всесвітній простір це в дійсності збір фрагментів. Наша велетенська галактична система це лише один із тих фрагментів; позагалактичні мраківини — це другі.

Самозрозуміло можна дивуватися, що маса, яка творить всесвіт, розділилася на такі фрагменти. Найбільша кількість поглядів на повстання світу виходить із заложення, що всесвіт повстав із газової безперервної маси, яка виповняла увесь простір. Коли правдивий цей погляд про первісний всесвіт, то як воно сталося, що ця безперервна газова маса трісла та розפורшилася у просторі?

Математичний розбір показує, що така маса не може залишитися в просторі довший час рівномірно розділена. Навіть коли б цей стан був станом рівноваги, то і ця рівновага була б хитка, так що вже найменше збурення або неправильність не могли б заспокоїти самі з себе, та мусіли б збільшатися у безконечне. Далі можна виказати, що газ буде мати радше нахил збиратися довкола деяких центрів конденсації — він творитиме каплі густішого газу, подібно як охолоджена пара стає каплями води, хоча засновні фізикальні причини тут і там дуже відмінні. А на кінець числове обчислення показує, що ті каплі будуть відповідати менш-більш тому, що обсервуємо як мраківини, та що вони менш-більш будуть від себе так віддалені як мраківини. Ті конденсації почнуть імовірно ставати оборотовими тілами, а в міру, як вони помалу почнуть корчитися до величини теперішніх мраківин, їх оборотова швидкість почне збільшатися, а через те і змінитисьме відповідно їх вигляд. Можна також обчислити, в якім наступстві слідуватимуть по собі ті форми, що їх вони можуть приймати, і воно характеристичне, що виявляється доволі повна їх згідність із формами обсервованих мраківин. Справді можна більшість обсервованих мраківин впорядкувати в цей теоретичний ряд розвою, виключно на основі їх появи та вигляду.

Остання стадія цього розвоевого ряду будить особливше зацікавлення, бо можна доказати, що в тій стадії найдальші зовнішні частини — це шпиці і обручі колеса — мають знову хитку рівновагу і мають подібно, як первісний газ, знову нахил конденсуватися у виразні каплі. Дальше обчислення показує, як були б оформлені ті каплі, і знову покажеться, що кожна з тих капель дасться порівняти з зорею, а черговий ряд світлин мраківин, що я їх тут показав, може вважатися за кінематографічну фільму, яка показує метаморфозу безподібної газової маси у велетенську систему зір.

Погляд на небо показує нам, що зорі мають дуже неоднакову ясність, а кожний астроном знає, що різницю в свіченню можна здебільша звести до різниці віддалень. Те саме ще більше стосується мраківин. Мраківини тієї самої форми та подібної структури видаються часто дуже різні і у величині і ясності, але д-р *Hubble* виказав, що ті позірні різниці спричинені майже виключно різницями віддалень. Коли б ми могли усі мраківини уставити рівно далеко від нас в однім ряді, тоді побачили б, що мраківини

з тими самими формами мають менш-більш ті самі розміри і ясності. Що більше, навіть мраківни різних форм різнитимуться дуже небагато і величиною і ясністю, а особливо небагато ясністю. Отже якість мраківни дає нам вихідну точку для її віддалення і воно можливе оцінити з достатньою точністю віддалення мраківни, навіть найслабших світлом. Для найслабших мраківни, що їх можна обсервувати фотографічно два і пів-метровим рефлектором гори Вільсона, виходить віддалення яких 240 мільйонів літ світла; отже вони ще 1600 разів далше, як най-дальші зорі молочної дороги.

Воно неможливо хоч би навіть приблизно зробити собі образ таких віддалень, але модель з дуже зменшеною поділкою може дати нам сякий такий погляд. Сконструймо модель, що в ньому один сантиметр дає мільйон літ світла. Тоді видний все-світ був би кулею з проміром 4·8 метрів, а наша галактична система малим кружком з проміром двох міліметрів, тобто менш-більш промір головки звичайної шпильки. Зорі, що їх бачимо голим оком, лежали б усі в промені одної тридцятої частини міліметра; це величина пилінки пороху. Наше Сонце було б одним електроном, а земля одною мільйоною електрона.

Та притому немає ніякої основи приймати, що ця куля з проміром 240 мільйонів літ світла обіймає увесь все-світ. Воно певне, що більший телескоп покаже ще слабші і тим самим іще дальші мраківни, так що цілу величину все-світу, наскільки він взагалі обмежений, годі означити безпосередніми телескоповими засобами. Ми мусимо працювати іншими посередними способами.

Теорія релятивності (умовності) каже нам, що простір є закривлений і що ця кривина замикається, так що цілий обем простору — скінчений, так само як скінчена поверхня землі. Коли б поверхня землі була плоска, тоді була б плоска поверхня у віддалі x від даної точки — напр. від віденської опери — докладно пропорційна до квадрату з x . Коло з променем 100 km мало б поверхню десять тисяч разів таку велику, як коло з променем одного кілометра. Одначе тому, що поверхня землі закривлена, так воно не буде. Дійсна поверхня не збільшується в тій мірі, що x^2 , але трохи поволіше. Коло з променем одного кілометра має поверхню 3·1416 km^2 ,¹ за те коло з променем 100 km не має поверхні 31·416 km^2 , але меншу.

Отже коли простір в подібний спосіб закривлений, то обем простору у віддалі x від землі росте не так скоро як x^3 . Отже коли мраківни були б у просторі рівномірно розміщені, то і число мраківни не росло б у тім самім відношенню що x^3 , але трохи помаліше.

Астрономи з гори Вільсона пробували провирити, чи число мраківни при великих віддаленнях зменшається в той спосіб, одначе досі ще цього не ствердили. Останні статистики, видані

¹ Поверхня кола = $r^2\pi$, де $\pi = 3\cdot1415926\dots$ (Пер.)

тільки що перед пару місяцями, показують якраз навпаки, а саме, що число мраківин навіть трохи більше зростає, як у відношенню x^3 . Це явище можна б пояснити на три способи. Перше, що ми живем у такій частині всесвіту, що заповнена мраківинами розмірно не так густо, через що мраківини стають частіші, коли посуваємося далі у простір. Друге, більше математичне пояснення, казало б, що простір не закривлений в подібний спосіб, як поверхня землі — певто не має додатню, але відємну кривину, — а в тому випадку простір мусів би простягатися у безконечність. Третє і найімовірніше пояснення, що дотеперішній обсерваційний матеріал іше для статистики не вистарчає. Надіймося, що новий п'ятиметровий телескоп, що його будують в Каліфорнії, розв'яже цю проблему в недалекому часі. У міжчасі одинокий висновок, що ми його можемо напевно зробити на основі наших теперішніх телескопних обсервацій, це те, що імовірно мраківини далеко більше поширені як 240 мільйонів літ світла, до яких можуть проникнути наші телескопи.

Якщо б число мраківин дійсно меншало в вище поданий спосіб, тоді було б можливе оцінити загальний об'єм простору за допомогою телескопних обсервацій. А що ця метода не сповняє надій, приневолені ми назад вернутися до чисто теоретичних обчислень, що їх пізніше хочу описати. Однак наперед мушу ще дещо подрібно сказати про мраківини.

Коли зберемо світло якоїнебудь з подальших позагалактичних мраківин у телескопі, а опісля поведемо його через спектроскоп, побачимо особливе явище — ціла дуговина видається аномально червона. Ми пізнаємо знову характеристичні коливання деяких атомів, зв'язних нам із землі — а особливо кальція, — одначе світло є більше червоне як відповідне світло, що його знаємо з досвідів у лабораторії. Це значить, що світляні хвилі, які приходять до нас від мраківин, — аномально довгі. А пояснення цього явища, яке найбільше нам промовляє, хоча може воно не одиноко можливе, таке, що хвилі видовжуються, бо мраківини від нас віддаляються. Так наприклад показується, що світло кальція славої мраківини у Великій Ведмедиці має довготу хвилі на одну сему довшу, як звичайне земне світло кальція; коли до нас має прийти вісім хвиль, приходить лише сім. З цього висновок, що мраківина віддаляється з одною семою скорості світла — себто 42000 *km* на секунду, — отже зо скорістю два мільйони більшою, як поспішний потяг.

Коли подібним способом розсліджуємо світло ближчих мраківин, то найдемо, що вони трохи помаліше віддаляються; деякі з найближчих навіть приближуються. Одначе мусимо тямити, що оборот нашого зоряного колеса несе через простір Сонце зо скорістю яких 275 *km* на секунду. І якраз приближуються до нас ті мраківини, що лежать у напрямі дороги Сонця. Коли взяти на увагу цей оборотовий рух зоряного колеса, то побачимо, що усі мраківини, близькі і далекі, втікають від осередка ко-

леса. Попри це помітимо, що швидкість віддаляювання мраківин залишається в точнім відношенні до їх віддалення, а саме яких 160 *km* на секунду на кожних мільон літ світла.

Це очевидно дуже помітне явище. Розгляньмо грохи ближче його значіння. Коли шрапнель тріскає на бойовищу, то поодинокі кусники розлітаються з різними швидкостями. Очевидно найдалше відлітають ті, що порушуються найшвидше і навпаки, ті кусники відлетіли найшвидше, що в якомусь означеному моменті найдалше віддалені від місця експлозії; зате ті, що ще близько, очевидно відлетіли помалу. Отже можна легко зрозуміти — можливо лише за допомогою олівця і паперу, — що це всеодно, чи ми обсервуємо цю сцену з місця експлозії чи з якогось летячого кусника розірваного шрапнелю. Мікроб, одарений змислами, що жив би на одному такому кусникові, міг би бачити, як усі інші кусники розлітаються з різною швидкістю від себе, та що ті кусники, які були б найдалше віддалені, порушались б найшвидше. В даному випадку точне відношення між віддаленням і швидкістю було б те, що обі величини є точно пропорційні до себе. Отже коли кусник *A* вдвоє стільки віддалений як кусник *B*, то *A* мусів відлетіти з двічі більшою швидкістю, як *B*. Воно так є без огляду на це, з якого кусника думачий мікроб обсервує явище.

Та це докладно віддзеркалює відношення, що їх обсервували астрономи при русі позагалактичних мраківин. Ми вже бачили, що ті мраківини — це розсіяні кусники первісної рівномірно розміщеної газової маси. Воно виглядає, що ті фрагменти поведуться подібно як кусники розірваного шрапнелю; а саме, що вони всі порушуються від себе та що рецесійна¹ швидкість між якимибудь двома фрагментами докладно пропорційна до їх віддалення. Очевидно, це можемо так твердити про цей фрагмент, що його самі замешкуємо, одначе ми давно вже перестали вірити, немов би ми мешкали у центрі, або на якомусь виріжненому місці у всесвіті; тому можемо з довірям прийняти, що однакі умовини мають значіння для усіх фрагментів всесвіту. Не хочу тим казати, що у тій хвилині віддалюється Відень від Лондона, або що ви віддалюєтесь від мене, та все ж таки думаю, що ви і я віддалені від себе на одну гадку далі, як ми були б тоді, коли б всесвіт не розширявся. Це можна математично доказати. Одначе віддалення між вами і мною або між Лондоном і Віднем залежить від таких численних чинників, що астрономічне явище не може тут проявлятися у своїй нефальшованій простоті.

Що це усе каже? Тут саме одна з сучасних проблем для астрономії, фізики та не остання і для філософії.

Професор *Milne* в Оксфорді започаткував недавно пояснення, що йде по лінії нашої аналогії з експлодуючим шрапнелем. Вона тільки намагається пояснити обсервовані рухи, одначе не каже, як прийшло взагалі до експлозії шрапнелю. Щоб про це

¹ recedo-віддаляюся. (Пер.)

довідатися, треба звернути до давнішого та загальнішого пояснення *Einstein'a*, *de Sitter'a* і *Lemaître'a*¹, що спирається на теорію умовності. Коротко скажемо, що теорія *Milne'a* вважає мраковини за фрагменти всесвіту, що порушаються через простір. Друге, давніше пояснення вважає мраковини за фрагменти, що порушаються разом із простором. Сам простір розширяється і мраковини — це немов стеблини соломки, що плавають у просторі, гонені простірними струями. Через те вони нам показують, як біжуть ці струї, подібно як дим з люльки показує нам, як плывуть у кімнаті повітряні струї.

Однак це взагалі є простір, про який кажемо, що він розширяється? Ще перед п'ятдесяти роками загально приймали погляд *Descartes'a* про простір. Про речі, які находилися поза нами, говорили, що вони находяться у просторі. *Descartes* пішов далі та твердив, що поняття порожнього простору суперечить досконалості природи, так що там, де простір не заповнений речами, мусить находитися щонебудь інше. Помалу ввела тому наука за це „щонебудь інше“ поняття етеру, що виповнює міжпростір поміж речами. Тим способом пояснюють простір як щось реального, очевидно як щось, чого ми не всіли поняття, та все ж таки як щось, що існувало само в собі та що буде існувати, навіть коли цезне з всесвіту вся свідомість.

Щоденний досвід приневолює нас прийняти, що речі находяться не лише у просторі, але й у часі. Може бути, що якась річ існує в якійсь даній точці часу, однак не в іншій. Це творить важну різницю між простором і часом. Я можу моє тіло по моїй волі порушати через простір, напр. можу йти вперед, а опісля вернутися назад до попереднього місця. Однак не можемо завернути нашого руху взад у часі або якимсь способом вплинути на нього. Якраз тому, що ми перевірили цю виразну сутню різницю простору і часу, відсуваємо простір як щось, через що порушаємося, а час як щось, що порушається через нас, так як якусь вічно плывучу ріку, ріку, що пливе через нас або бодай через нашу свідомість. Якусь подію означують як „скорішу“, коли вона сталася далі в горі, другу як „пізнішу“, коли вона сталася далі в долині. Говорено, що дві події сучасні, коли доконалися у тому самому перекрою ріки, так як стовпи мосту, що перекинений через ріку. У тому прикладі був простір перекроєм ріки часу (час-ріка). Простір різнився так від часу, як різниться рух наперек через ріку від руху здовж ріки.

Ті погляди про нас і простір мали перевагу до хвили, коли *Michelson* і *Morley*² перевели докладні поміри. Для звичайної ріки нема ніякої трудності сказати, в якому напрямі вона пливе,

¹ Цей останній бельгійський астроном, що одночасно є католицьким священиком, розробив побіч російського математика *Friedmana* математично модель і теорію всесвіту, що постійно розширяється; світ *Einstein'a* і *de Sitter'a* є кривий і замкнений, але його промір є сталий. (пер.)

² Чит. Майкельсон і Морлі (Пер.)

вистане дивитися тільки на якусь сталу точку, щоб перевірити, як пливе ріка супроти цієї точки. Одначе поміри *Michelson'a* і *Morley'a* і теорія умовности, розвинена у звязку з ними в 1905 р., показали, що взагалі нема ніяких сталих точок. До тієї пори приймали, що етер є точкою опертя, одначе теорія умовности це опрокинула. Не було дальше можливе вибрати якийсь поодинокий напрям та сказати: „Це точно рух рікою до гори, це представляє чистий рух в часі без руху у просторі“. Просторо-часова ріка стала водяною поверхнею без сталих граничних каменів і тому не можна було більше перевірити, який дійсний напрям струї. Найкраще, що можемо зробити, коли пливемо на поверхні води, — кидати у воду стеблинки соломи. Вони не покажуть нам, щоправда, який рух має ріка сумроти сталих точок землі, та все ж таки вони нам об'яснять рухи різних струй ріки супроти себе. Думаємо, що таке завдання мають сповняти позагалактичні мраквини. А ми тільки помічаємо, як ті стеблини соломи плывуть в долину ріки та при тому щораз більше віддаляються від себе.

Це пояснення простих рухів мраквин видається дуже складне та дивне. Якщо б хтось запропонував був розширення всесвіту, щоб пояснити обсервовані рухи мраквин, то тоді цілком певно був би натрапив на бурхливу критику. В дійсності було навпаки. Загальна теорія умовности потребувала розширення простору так, як воно пізніше з приводу обсервованих рецесійних рухів мраквин накинuloсь. Тому ті рухи мраквин мають більше значіння, як виключно астрономічного явища.

Однак цей простір, що розширяється, це вже не той об'єктивний *Descartes'a*, що його виповнював етер на те, щоб дати йому більше підкладу. Простір це радше рiштовання, що його будуємо, або мапа, яку рисуємо, щоб зазначити порядок предметів супроти себе. А коли простір це щось, що ми для нас самих можемо вибудувати, то його кривина або некривина залежить виключно від того, чи ми потребуємо його так чи так, або від того, чи ми хочемо мати простір кривий чи некривий.

Теорія умовности вказує на всякий випадок, що усі явища в'яжуться дуже просто, якщо ми рішимось зуявити собі їх в просторі, що закривлений в спеціальний спiсiб. А цей простір на всякий випадок скінчений, якщо спираємося на давніші теорії *Einstein'a*.

А це веде нас знов до нашого попереднього питання, що ми його якийсь час залишили: „Як великий всесвітній простір?“.

Робили багато пропозицій, щоб відповісти на це питання. Я хотів би подати тільки пропозицію математика в Кембрідж, сер *Arthura Eddington'a*, що мені видається особливо інтересна.

Він опирає свої обчислення на двох фактах: перший — це рецесійна скорість мраквин, і воно справді ясне, що ця рецесійна скорість мусить оставатись у відношенню до величини всесвіту, бо розширення всесвіту спричинює віддалювання мраквин. Другий факт видається далеко більше несподіваний: маса елек-

трону. Тут відношення до величини всесвіту цілком непонятне. Спробую вам це вяснити.

Коли купець покладе кількограм цукру на свою пружинову вагу, то кажемо, що він важить цукор; в дійсності він нічого іншого не мірить, як гравітаційне притягання між цукром і землею. Коробка цукру і земля грають у його експерименті цілком симетричні ролі, так що замість сказати „він важить цукор“, можна сказати з рівним правом: „він важить землю“. Та це ще не все, бо в нашій експерименті грає роллю і віддалення. Якщо купець важить свою коробку цукру на вершку Маттергорна¹, то побачить, що вона важить там менше, як при поземі моря. З різниці тягару міг би він обчислити висоту Маттергорна, а коли б знав масу свого цукру і ще масу землі, то міг би визначити промінь землі. Таким способом можна відповідно до обставин вважати факт, що кладемо кількограм цукру на пружинову вагу, за засіб, щоб змірити або масу землі, або її промінь, або одне й друге.

Сер *Arthur Eddington* думає, що в подібний спосіб можна пояснювати поміри маси електрону. *Mach*² і *Einstein* поставили гіпотезу, що електрон завдячує свою безвладність грі сил з іншими масами всесвіту. Коли воно так, то маса електрону дає нам вихідну точку для маси цілого всесвіту, або його променя, або комбінації обох. Віддалювання мраковин дає нам також дальший погляд на ті обидві величини. З обох тих даних мусить бути можливо обчислити як масу, так і промінь всесвіту.

Сер *Arthur Eddington* обчисляє, що поки всесвіт почав розширятися, його промінь мав яких 1068 мільонів літ світла, себто сім разів стільки, що віддалення найдальшої видимої мраковини. Коли приймемо це число, то можемо доповнити модель, що ми передше його построили. Пригадуєте собі, що Земля була одною мільоновою електрону, а Сонце якраз електроном. В цій поділці видний світ — це куля з проміром 3 *m*. Де того доповнім промінь первісного всесвіту до 10 *m*, так що його обвід буде кругло 64 *m*. Приймім, що він розширився вдсятеро, так що ми вернемося до нашої початкової точки, якщо ми в нашому моделю (що мусить також бути кривий) помандруємо в простій лінії 640 *m*. Одначе у всесвітньому просторі це було б цілком неможливо вернутися назад до нашої початкової точки, бо коли б ми навіть мандрували зо шкоростю світла, то наша дорога тривала б 32.000 мільонів літ, а за цей час простір задалеко розширився б, щоб ми могли дістатися до початкової точки назад.

Бачимо, що ми живемо в дуже великій всесвіті. Він також і дуже масивний. Ми бачили, що в нашій галактичній системі є яких 100.000 мільонів зір і воно здається імовірно, що число зір у кожній іншій галактичній системі буде подібне. Імовірно у всесвіті є яких 100.000 мільонів галактичних систем. А *Ed-*

¹ Один із найвищих верхів Альп на границі Італії і Швайцарії (4505 метрів) — *Перекл.*

² Відомий віденський фізик і філософ (1838—1916) — *Перекл.*

dington каже: „100.000 мільйонів зір творить галактичну систему; 100.000 мільйонів галактичних систем творить всесвіт“. Обчислення інших дослідників ведуть до ще більших чисел.

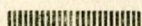
Число людей, що мешкають на землі, можливо є 2000 мільйонів. Отже на кожного мешканця землі вийде яких 50 зір нашої власної зоряної системи і яких 50 галактичних систем цілого всесвіту. Число зір у всесвіті відповідає округло числу зерен піску на Сагарі.

Усе те дає дуже скомплікований всесвіт. Число атомів у грамі матерії відповідає числу зір у всесвіті. А ще більше число грамів матерії в одній поодинокій зорі. Від атому до грама матерії, від грама матерії до зорі, від одної зорі до всесвіту — кожний з тих кроків такий великий, що цього людська спроможність уяви не в силі схопити.

Коли усе те ясно поставимо собі перед очі, тоді може скоріше будемо схильні журби, розбурхання і пристрасі людини і народів розглядати в їх належній пропорції до цілого всесвіту.

Переклад

Др Волод. Левицький.



С. Єленський.

СВІТЛО ТАЄМНИЦЬ *

— ...Так. Певне, певне все те може бути. Але те має бути колись, по смерті чи по воскресенню. Знаю, що маємо мабуть осягнути гідність „синів Божих“, маємо стати з волі Творця чимсь більше, як сотворінням, маємо мати якусь участь у природі Божій, отже і в Його щастю. Але... поки сонце зійде, роса очі виїсть. Поки те почнеться сповняти..

— Те може початися для вас, пане Юліяне, вже тут, від сьогодні, від цієї власне хвилини!

— Якби ви були доброю пророкинею, панно Тересо. Але я сумніваюся..

— Так... Поки ви сумніваєтеся, те початися не може.. бо початок того — якраз віра.

— Віра! Гм... Віра, що має бути одночасно актом розуму, актом волі і Божою ласкою. Чи не добачуєте, панство, потрібної суперечності в зіставленню таких трьох мотивів як рівнорядних, а в кожному разі як сорядних і одночасних. Якщо приймаю щось за правду, бо мене до того спонукує розум, розумовання, то яку ж участь у тому має воля? Якщо маю признати щось за правду, бо так мені завгодно, бо така моя воля, то що має до говорення розум? А якщо це є акт моєї волі чи мого розуму, то що має тут робити ласка?

*) Переклад з „Тєсца“, ч. 2, 1937. Це фрагмент з апольоґетичного твору, написаного в формі розмови між групою осіб, що випадково зустрілися в часі кінькаденної прогульки в гори.
Ред.