

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА

Проф. Б. ЛИСЯНСЬКИЙ

НЕБО Й ЛЮДИНА



видавництво
ЮРІЯ ТИЩЕНКА

ПРАГА
Лісовський

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА «ЮТ»
Ч. 13

Проф. Б. ЛИСЯНСЬКИЙ

НЕБО Й ЛЮДИНА

Етапи історичного розвитку
астрономічного знання

I

Від стародавніх часів до Ньютона

ПРАГА 1942

ВИДАВНИЦТВО ЮРІЯ ТИЩЕНКА

Авторські права застережені

Обгортка праці проф. Р. Лісовського

Друковано 3000 примірників

„KNIHTISK“, Praha XIII.-Vršovice, Sámová 665.

Небо й людина.

Небо й людина . . . Які далекі й, здавалося б, неспоріднені речі. А, проте, з давніх давен існує поміж ними непорушно-тривалий зв'язок, що якимись невидимими, але міцними ланцюгами приковує душу маленького мешканця маленької Землі до величних просторів незмірного Всесвіту. Дарма, що від цих далеких воряних просторів відділює людину велика світова безодня, що на шляху до космічного океану розум людський спиняє завіса Незнаного. Летючи на крилах свого нестримного бажання пізнати всі прояви світового життя, людська думка намагається проникнути за ту завісу, викрити ретельно сховані за нею таємниці далеких світів. Ті таємниці, що вражают не тільки око, а й душу людини, що витворюють у ній якийсь мрійно-задумливий настрій, містичне почуття, що зкеровують людську думку на шлях філософського мислення, зароджують у ній релігійну ідею. Так, зв'язок цей існує; існує споконвіку, в тих прачасів, коли людина була ще зовсім неподібною до того, що вона є сьогодні. Не урветься цей зв'язок і в майбутньому, будучи й надалі, як то є нині і як

було дотепер, одним із важливих моментів культурного й духового життя людства.

Кинути загальний погляд на цей віковий зв'язок між людиною й небом та простежити шляхи його історичного розвитку — і складає завдання нашого нарису.

I. Старовинна доба.

Початок астрономії губиться в тумані віків. Ми не можемо навіть з найменшим наближенням визначити час народження первісної науки про небо; але можемо з певністю сказати, що інтерес до неба та його зявищ прокинувся в людині разом із першими проявами його свідомої розумової чинності. Про той період, що відділює цей важливий мент від історичної доби людської культури, ми фактично не маємо жадних відомостей. Отже наш огляд маємо розпочати від історично-дослідженої доби культурних народів давнього Сходу.

Перебігаючи оком сторінки світової історії, ми мимоволі зупиняємо свою увагу на високім рівні матеріальної культури східніх народів — вавилонян та єгиптян, що за 4000 років до Христа мали вже добре розвинену техніку, мали власні науку та мистецтво. Будівлі, призначенні до громадського й релігійного вжитку, штучне зводнення полів, гідротехнічні спорудження й інше свідчать нам про високий рівень тогочасного практичного знання. Але було б помилкою звязувати з цією добою початок знання теоретичного, знання задля са-

мого знання, того чистого знання, якому відповідає сучасна нам уява про науку. Під цим оглядом астрономія, як і всяка інша наука, не може похвалитися надто великим віком. Суто-практичний напрямок думання східніх народів виключав майже цілковито можливість створення чистої науки, покликаної служити самій собі, а не реальним потребам поточного дня. Через те наука в розумінні наших днів зароджується значно пізніше, хоч сліди певних астрономічних знань ми здібуємо в усіх без винятку культурних народів Сходу ще на світанку їхнього духового розвою. Початки астрономії, трактуючи її як чисту науку, ми маємо відносити тільки до ІІ-го тисячеліття перед Христом, до тієї доби, коли провід у розумовому житті людськості від народів Сходу переходить до греків. Глибина й широчінь поглядів останніх на всі без винятку прояви тогочасного життя, та характерна для грецького розуму ознака, яку Ренан назвав «*le miracle grec*» (грецьке чудо), спричиняється до того, що під небом благословенної Геллади зароджується, пишно розцвітає й розкидає свої галузі на цілий тодішній культурний світ дерево чистого знання. Якраз там Пітагор та його учні й наслідувачі кладуть перші підвалини точної науки, там, у Греції зароджуються трохи згодом основи досвідного знання, що творить собою найхарактернішу ознаку сучасної нам науки. В цю геллінську добу зароджується, як справжня наука, й астрономія. Але перед

тим, як перейти до розвідування астрономічного знання в часи розквіту античної греко-римської культури, ми все ж поглянемо й на попередню добу та непристрасно оцінимо усе те, що вона витворила й що культурними народами Сходу було приготоване для пізніших їх спадкоємців. Тим більше, що, як далі побачимо, наука античної Греції повстала з науки вавилонської.

Практичний характер знання асирійців, вавилонян та єгиптян був причиною того, що наука про небо прибрала в них форми *астрології*, яка мала кінцевою метою вишукання й визначення зв'язків поміж ріжноманітними небесними зявищами та долею земного людства або поодиноких його представників. Але астрологія потребувала певного фактичного матеріалу, який могли дати тільки безпосередні спостереження небесної сфери. Через те силою обставин витворюється друга галузь науки про небо — *астрогнозія*, що присвячує свою увагу дослідженням взаємних розміщень на небесній сфері ріжних світил, і таким чином ховає в собі певні початки справжньої науки.

Розвиткові астрогнозії сприяло також мореплавство. З того часу, як стародавні мореплавці в своїх мандрівках перестали триматися прибережної смуги та відважилися пускатися в широке море,*) перед ними встала потреба вишу-

*.) Це сталося тоді, коли стародавні великодержави стали на шлях «колоніальної політики» й змушені були організувати правильні зносини зо своїми далікими заморськими колоніями.

кати засоби до географічного ворінтування. Таким природнім засобом було небесне склепіння з його тривало-означенням розміщенням сузір'їв. Отже, знайомство з положенням небесного полюса, зо взаємним розташуванням нерухомих небесних світил, з місцями їхнього сходження над обрієм та заходження за нього — представляло собою ті відомості, що творили основу географічного ворінтування стародавніх мореплавців при їхніх далеких подорожах.

При розгляді ріжних памяток астрономічного знання культурних народів давнього Сходу мимоволі кидається ввічі спільність багатьох моментів. Зокрема де стосується методи визначення положень на небесній сфері двох головних світил — Сонця й Місяця. Таке визначення осягається переліком тих сузір'їв, де опинюються Сонце й Місяць при своїх переміщеннях по небесній сфері; цим способом повстає 12 сузір'їв «Зодіяку» та 28 (або 27) сузір'їв «Місяцевих зупинок» або «домівок» (28 або 27 через те, що період, в якім Місяць вverteається до попереднього свого положення на небеснім склепінні,*) виносить коло $27\frac{1}{3}$ діб і містить у собі 27 або 28 ночей). Обидві групи сузір'їв ми здобуємо в усіх без винятку культурних народів Сходу: китайців, індійців, аси-

*) Цей період зветься зоряним або сідеричним місяцем. Він відповідає протягу часу, за який Місяць при своїм здавальнім русі по небесному склепінню переміщається на 360° . Пересічна вартість зоряного місяця 6 27 діб 7 год. 43 хв. 11,4 сек.

ро-аввилонян, єгиптян й інш. Має місце ріжниця, навов, деякі незначні відміни, але сама основа для всіх народів спільна. Через те не може бути найменшого сумніву, що як та, так і друга система має цілком певне походження, що кожну з них витворено якимсь одним народом і пізніше запозичено народами іншими. З цього боку справа з «місяцевими зупинками» лишається досі незясована. Є припущення, що цю систему витворили китайці, оскільки в дотепер знайдених клинописних памятках — вавилонських та асирійських — згадок про «місяцеві зупинки» не знайдено. В китайській мові система цих сузір'їв має назву «Сіу». Згадки про «Сіу» в китайській літературі сягають тільки до III. століття до Христа; але це слід пояснити тим, що коло 220 р. до Хр. богдихан Лу-хан-ті наказав спалити всі книги, за винятком ворожбітських, медичних та рільничих. Щодо Зодіяку, то тут справа стоїть не до порівняння ясніше. Той факт, що Зодіяк складається з 12 сузір'їв, сам собою напросто відповідає звязанню його з фактом шестидесяткового характеру системи рахунку, що її мали вавилоняни. Клинчасте письмо на знайдених археологами глиняних дощечках, яке недавно пощастило відчитати, дас підстави припускати, що назви зодіякальних сузір'їв та звязані з ними образи Зодіяку несуть на собі певний відбиток релігійних вірувань вавилонян (мітів їхнього релігійного культу). Отже Зодіяк, без сумніву, вавилонського по-

ходження. Цей факт стверджується ще й тим, що образи деяких водіяkalьних знаків знайдено на прикордонних вавилонських каменях в XII. віку до Хр. і часів від того ще давніших. Маємо дані припустити, що система зодіяkalьних сузір'їв повстала в Вавилоні ще в III-му тисячелітті до Хр. і пізніше вже перейшла до інших народів: китайців та індійців — на Сході, єгиптян, греків та римлян — на Заході.*)

Крім досліджень над положенням нерухомих зір та їхніх констеляцій, дослідники стародавнього Сходу уділяли також неабияку увагу рухомим зорям — планетам. Уже самий факт відкриття їх (конкретно тут розходиться про пять планет: Меркурія, Венери, Марса, Юпітера й Сатурна), відріжнення їх од тисячі інших небесних тіл, а також і поміж собою, та встановлення самого факту їхніх власних рухів, — є, як на ті часи, вже поважне осягнення. Але справа тим не обмежується: в великом подивом ми констатуємо те, що вже за два тисячеліття до нашої ери провадилось систематичне дослідження скомпліковано-заплутаних здавальних рухів планет, досліджувалось деталі цих рухів, розшифровувалось їхні таємниці. І, знову таки, відчитане недавно клинчасте письмо виявляє нам, що вже в V. стол. перед Хр. вавилонянам були відомі пе-

*) *Ginzel F. K. Die astronomische Kenntnisse der Babylonier.*

ріоди власних рухів усіх п'ятьох планет. Наш-
а здивування з приводу цих астрономічних осягє
нень вавилонських дослідників, од яких нас
відділює часовий інтервал у 3000 років, а
може й більш, буде особливо велике, коли ми
пригадаємо, що період обігу Сатурна виносить
29 літ 167 днів, і що тільки спостереження,
які терпеливо й систематично провадила низка
поколінь на протязі кількох століть, могли
привести до встановлення такої мало-приступ-
ної астрономічної закономірності.

Одним із вислідів близького ознайомлення
людини з перебігом ріжних астрономічних
зявищ було встановлення факту періодичності
багатьох із них. А це послужило імпульсом до
запровадження виміру часу. Найбільш яскравим
періодичним зявищем, що мимоволі кидається
ввічі, є зміна дня і ночі. Прийнявши
добу за часову одиницю, людина давніх віків
міряє цією одиницею час, при чім кількість
проминулих днів відмічає або зарубками на
корі дерев, або купками камінців. Порівняння
доби з більшою натуральною одиницею —
роком, показує, що вона надто мала. Спроби
комбінувати дні в групи по 5 або 10 днів (за
числом пальців на руках) теж не показуються
добрими, через що кінець-кінцем поміж добою
та роком встановлюється проміжна часова
одиниця, що містить у собі 30 днів. Цей протяг
часу в певній мірі наближення відповідає

періодові зміни фаз Місяця.*) Таким чином повстає система дванадцятимісячного року, якого кожний місяць містить у собі 30 днів. Уже в старовинній памятці індійської літератури, т.зв. «Книзі Вед», що відноситься до ІІ-го тисячеліття перед Хр., ми здобуємо цілком виразну згадку про те, що сучасний індійський рік виносив 360 днів. Чи перебуває це число в якомунебудь безпосередньому зв'язку з шестидесятковою системою вавилонського рахунку, тим часом не зясовано.**) Пізніший поступ астрономічного знання змінив наведене визначення року; однаке числа 360 та 60 міцно вкорінилися в людській психіці, і цей «гіпноз» триває й донині. Поділ кола на 360° , ступеня на 60 мінут і мінути на 60 секунд є вияви цього гіпнозу. Сила його виразно показала себе на численних спробах переходу до десяткової системи поділу кола. Всі такі спроби фактично не повелися***) і в поділі кола та

*) Цей період, званий *синодичним* місяцем, виносить 29 діб 12 год. 44 хв. 2,7 сек.

**) Багато, однаке, даних промовляє за те, що в добу згадуваної далі в нашім викладі «Йотіші» індійське астрономічне знання широко послуговувалось здобутками вавилонських дослідників. Наприклад, наведений в «Йотіші» час тривання найдовшого в році дня відповідає географічним широтам країни Вавилону (отже маємо тут безkritичне запозичення вавилонських даних).

***) Початок цих спроб відноситься до доби великої французької революції, коли деякі французькі вчені, захоплені успіхом побудованої на десятковому принципі метричної системи, захотіли поширити цей прин-

в поділі одиниці часу — години зберегла непорушно свої впливи система шестидесяткова.

В пізнішому творі індійської літератури, що має назву «Йотіша» й відноситься до часів перед початком нашої ери, є вже вказівки на заміну місяцевого року сонячним, що містить у собі 366 днів. Там же згадується про зоряний місяць, якого період виносить $27\frac{21}{67}$ днів та про місяць синодичний (фазовий), якого період виносить $29\frac{16}{31}$ днів. Доба в «Йотіші» поділюється на 30 частин, що носять назву «мугурти». Зо сказаного бачимо, який крок наперед зробила індійська астрономічна наука й до яких поважних успіхів прийшла вона наприкінці I-го тисячеліття перед Христом. Що ж до уяв індійців про будову Всесвіту, то, як свідчить «Йотіша», вони були досить убогі й ареальні. Землю автор «Йотіші» трактує як площину, посеред якої вдіймається гора «Меру». Вершок цієї гори відограє якусь роль, подібну до ролі земного полюса.

В перших століттях нашої ери індійська астрономічна наука робить поважні успіхи. Цій добі відповідає низка цінних творів під загальною назвою «Сідганта». В цих творах уже відмічається ріжниця між роками: тро-

циц і на кутові міри, запровадивши поділ прямого кута на 100 ступнів, при чим 1 ступінь мав 100 мінут, а 1 мінuta — 100 секунд. Система ця дотепер не прищепилась, хоч останніми часами її починають знову пропагувати, особливо у Франції.

пічним (зворотниковим) та зоряним, при чім час тривання зоряного року визначається в 365 діб 6 год. 12 хвилин 36,5 сек., що дуже мало ріжниться від правдивої вартості цієї величини (365 діб, 6 год. 9 хв. 9,54 сек.).

Той момент практичного знання, про який ми згадували на початку нашого викладу, в найбільш яскравій формі виявлений у науці єгипетській. Всім добре відомий той факт, що основою добропису єгипетського народу була річка Ніл. Ця річка годувала цілу країну, являючи собою головний момент її економічного життя. Через те вся увага єгиптян була восереджена на весняній повені Нілу, якого мент виступу з берегів був початком єгипетського року. Поділ цього року на частини й вагалом вимір часу в цілому переводився єгиптянами через спостереження кульмінацій*) небесних тіл. Такі спостереження провадили єгиптяни вже в XIII. віці перед Хр., а може навіть давніше. У гробницях Рамзесів VI. та IX. знайдено тексти кульмінаційних таблиць,**)

*) Кульмінацією світила називається в астрономії проходження світила через полуденник даного місця, де проводиться спостереження.

**) Коли б Земля мала тільки один рух — добовий, усі зорі кульмінували б кожного дня в один і той же момент часу. Наслідком існування річного руху Землі час кульмінації світила тривало міняється. Визначення наперед моменту кульмінації світил — це одна з тяжких задач практичної астрономії.

розврахованих на цілий рік (через кожні 15 днів). Головне місце серед названих вище спостережень займало спостереження геліакальних (цебто таких, коли зірка знаходиться в найближчому сусідстві з Сонцем) сходів Сіріоса (Сіріос — найбільша зірка в сузірі Великого Пса — α Canis Majoris); ця велична близкуча зірка, присвячена богині Ізіді, служила на визначення початку й кінця зоряного року. Останній визначався таким чином, як період поміж двома послідовними геліакальними сходами Сіріоса. В певну історичну добу такий рік єгиптяни й мали. Але пізніше, на основі спостережень над ментом виходу з берегів Нілу, єгиптяни мусіли бути перейти до року соняшного. Зрештою, єгипетський рік складався в 12 місяців по 30 днів кожний, наприкінці року додавалося 5 днів. Без сумніву, до такого визначення року єгиптяни прийшли не відразу; перехід од року 360-денного до 365-денного відбувся доперва тоді, коли досвідною дорогою, на основі спостережень, що тривали декілька віків, було встановлене потрібне число додаткових днів. З бігом часу й ця реформа єгипетського календаря почала показуватись недостатньою, бо довголітні спостереження нільської повені знову виявили той факт, що 365-денний рік був трохи закороткий. З цієї причини виникає низка спроб до нового унормування календаря. Але такі спроби, як видно, нерували деякі верстви населення; через те відомо факти, коли перед

вступом на трон нового фараона жерці відбирали від нього обітницю не робити календарних реформ. Переведена р. 238 перед Хр. Птоломеєм III. спроба запровадити таку реформу не повелася через опір цілої людности, хоч цього разу їй співчували й жерці. Здійснено її вже пізніше, — аж цісар Август увів зреформований календар до вжитку в урядовому й громадському житті; ця реформа послужила за основний взірець для тієї акції, що її на європейському терені перевів (р. 46 перед Хр.) Юлій Цезар.

Підсумовуючи наведене вище, маємо сказати, що вже в XIII. віці до Хр. єгиптяни володіли певними, хоч і примітивними методами астрономічного дослідження, робили систематичні спостереження над небесними світилами, обраховували моменти зоряних кульмінацій і мали вакінчену, як на ті часи — то досить докладну, календарну систему. Кінець-кінцем у єгиптян викристалізувався й певний астрономічний світогляд, певна уява про будову Всесвіту. Центральне положення в цій системі світу займає Земля. Довкола неїходить Сонце, разом із Місяцем, Марсом, Юпітером та Сатурном, що кружляють довкола нього. Як бачимо єгиптське астрономічне знання підносяться до значного рівня. Але, осягнувши цього рівня, воно несподівано приходить до певного застою, за яким слідує дальший занепад. Астрономічні надбання єгиптян використовують, однаке, греки, які подекуди кладуть їх в основу своєї праці,

що йде вже цілком новими шляхами й пізніш приводить до витворення правдивої науки, далекої від дрібного практицизму єгипетських дослідників, що в цілій своїй діяльності керувалися виключно конкретними завданнями складення можливо-докладного календаря.

Повної уяви про астрономічне знання єгиптян сьогодні ми ще не маємо. Ще й нині до кінця не відгадана математична та астрономічна символіка єгипетських пірамід, просторове зорієнтування яких точно відповідало чотирьом сторонам світу та визначало собою певні астрономічні напрями, а яких лінійні й обсягові розміри характеризували в неявній формі ріжні математичні, фізичні й астрономічні закономірності,* — символіка, яка ховає в собі не тільки принадну, але й змістовну таємницю, що її повного розшифрування сучасна наука чекає з так великим інтересом.

Зпоміж усіх країн старовинного Сходу найвищий ступінь розвою астрономічного знання припадає на Вавилон. Вавилонська астрономія в первінній стадії свого розвою була чистою астрологією, що в свою чергу становила галузь широко розвиненого ворожбітства. Тверда віра в існування безпосереднього звязку між небесними зявищами та подіями земного життя спричинюється до того, що вавилонянин з вели-

*) Проф. С. Г. Шиманський. Наукові бесіди про значення математики в природознавстві.

кою дбайливістю обсерують і занотовують зміну фаз Місяця, положення планет, комет, місяцеві й сонячні затми (яких, між іншим, цілком не спостерігали єгиптяни), спадання метеорів і т. п. Таким чином уже в своїй первісній, найпримітивнішій стадії вавилонське астрономічне знання є не до порівняння ширше від єгипетського, ховаючи в собі початкові зародки того, що зветься чистою, правдивою наукою. Вартість збережених до нас матеріалів вавилонських астрологів у великий мірі при- нижується тим, що більшість їхніх записів, щодо хронології, цілком невизначена: записи містять у собі дати місця й дня, але бракує в них зазначення року й години. При нічних спостереженнях вказували тільки іноді «варти»; ніч ділилася на три такі варти, що, природньо, влітку були коротші, а взимку довші.

Початок вавилонської ери припадає тільки на IV. століття перед Хр. Через те в часи давніші жадної нумерації років не було; кожний рік вказувався найбільш видатними зявищем, що припадало на нього; отже, цілком зрозуміло, що такі зазначення, як рік смерти певного царя, або рік заложення якогось там храму, нам абсолютно нічого не дають.

Найважливіша, що дійшла до нас, пам'ятка вавилонської астрології є трактат з VII. віку перед Хр., приналежний бібліотеці асирійського царя Асур-бані-пала. Цей твір в основі своїй має ворожбітський характер, але в ньому знаходимо також і певний астрономічний ма-

теріял. Відомий грецький філософ *Птоломей*, що народився в Єгипті, у творах своїх жадним словом не згадує про єгипетську астрономічну науку, й натомість широко користає з вавилонських джерел. Між іншим, він зазначає, що з старовинних вавилонських спостережень він вибрав тільки ті, які показалися йому в найбільшій мірі за вірогідні. Ці спостереження місяцевих затмів відносяться до 721 та 720 років перед Хр. Цілком можливо, що інші матеріали, якими розпоряджав Птоломей, відносилися до значно давніших часів, але він не в стані був їх використати з відомих уже нам причин: за браком означення років спостережень.

В міру перетворення вавилонської науки з астрології в астрономію все виразніше окреслюється потреба у вимірі часу. І в памятках пізнішої доби ми вже зустрічаємо вказівки на поділ доби на 360 рівних частин, з яких кожна мала назву «уш» і відповідала нашим 4 хвилинам; окрім «уш» існувала ще більша часова одиниця «касбу», що відповідала 2 годинам. Доба складалася отже з 12 «касбу». Як бачимо, в основу виміру часу була покладена тая ж шестидесяткова система, що вживалася для виміру кутів.

Сонячно-місяцевий вавилонський рік складався з 12 місяців; уважаючи на те, що період, який відповідає синодичному місяцю, виносить близько $29\frac{1}{2}$ днів, частину з названих 12 місяців вавилоняни рахували по 30, а другу

— по 29 днів. Кількість місяців тієї чи другої категорії точно означена не була; новий місяць починався того дня, коли ввечері вперше спостерігалося молодика. Таким чином початок нового місяця встановлювався дорогою чисто досвідною. Але за пізнішої доби робили вже обрахунки наперед і календар встановлювали відразу на цілий рік. Однаке, на перших порах така праця виявляла інколи хиби й дійсні спостереження не виправдували зроблених обрахунків; вавилонські памятки пояснюють, між іншим, цей факт шкідливою чинністю злих духів, які втручаються в земне життя. Пізніш, за доби найбільшого розвитку вавилонської астрономії, що припадає на III. та II. вік перед Хр., час зявлення молодика обраховується вже безпомилково.

Через те, що звичайний вавилонський рік виносила від 355 до 353 днів і в порівнянні до правдивого сонячного року був закороткий, кожну пару років додавали ще 13-й місяць, Отже такий переступний рік містив у собі від 385 до 383 днів. Вавилонський календар пізніше ліг в основу календаря жидівського, що його уклав у IV. віці перед Хр. рабин Гілел. Цей календар зберігся й дотепер.

Як відомо, Сонце, Земля та Місяць вертаються все до тих же взаємних положень за 18 років та $11\frac{1}{3}$ днів. Цей період, що зветься *Саросом*, визначає собою той цикл, по якого завершенню повторюються сонячні та місяцеві затами. Маємо безсумнівні вказівки на те, що

Сарос був відомий вавилонянам у VI. віці перед Хр. Ще навіть у VII. та VIII. віках робилися спроби передповідати затами, але ті спроби не завжди були вдалі.

Вавилоняни жили за соняшно-місяцевим роком, за вихідну точку при визначенні якого служили спостереження фаз Місяця; відомий їм був також, хоч і не дуже докладно, час тривання зоряного*) року; але до встановлення року зворотникового,**) що від нього залежить зміна ріжних пір року, вони, як це не дивно для нас, не дійшли. І це — не вважаючи на те, що, як свідчать певні памятки, вавилоняни внали про факт рівності дня й ночі в певні моменти року та відмічали ці моменти. У наслідок т. зв. «предесії» рівноденна лінія земної орбіти пересувається назустріч рухові Землі, з якої причини зворотниковий рік є трохи коротший від року зоряного.***) Зявище предесії викрив тільки *Гіппарх* (II вік до Хр.), славетний астроном античної Греції. До факту встановлення цього зявища вавилонські дослідники не дійшли, бо вони не зуміли зясу-

*) *Зоряним* роком звється той протяг часу, в якім Земля завершує свій повний обіг довкола Сонця (інакше кажучи, той протяг часу, в якім Сонце при своїм здавальнім русі по небу вертається до тієї самої зірки).

**) Роком *зворотниковим* або *тропічним* називається пересічна вартість того протягу часу, який відділює два сусідні (весняне та осіннє) рівнодення, або два сусідні (літнє та зимове) сонцестояння.

***) Зворотниковий рік містить у собі 365 діб 5 год. 48 хвил. 45,98 сек.

вати собі ріжниці поміж зворотниковим та зоряним роками, на що звернув якраз увагу Гіппарх. Через те при своїх астрономічних працях вавилоняні послуговувалися виключно зоряним роком, що час тривання його вони визначали через спостереження геліякальних сходжень Сіріоса. Щоб осягнути більшої докладності виміру, вавилоняні вживали тієї методи, з якої користає сучасна експериментальна наука: вони брали часовий інтервал поміж парою геліякальних сходжень не сусідніх, а відділених між собою ще декількома; поділюючи знайдений часовий інтервал на відповідне число періодів, вавилоняні цією дорогою визначали з побільшеною точністю час тривання одного періоду, що відповідав зоряному року. Нетрудно, однаке, переконатись, що навіть і при вживанні цієї вдосконаленої методи вавилоняні не мали належної гарантії, щодо точного визначення зоряного року. Причина цього полягала в тому, що ціла справа спочивала на спостереженні геліякального сходження певної зірки, цебто встановлення моменту першого в данім році сходження цієї зірки перед сходом Сонця. Через те, що такі спостереження доводиться переводити вже після початку ранішнього світанку, дуже можлива помилка в одну добу, особливо коли взяти під увагу залежність перебігу спостережень від стану атмосфери. Через те визначення часу тривання року не було в вавилонян таке точне, як визначення

синодичного місяця. На основі даних, уміщених на вавилонських таблицях з II-го віку перед Хр., можемо сказати, що вавилонське визначення періоду поміж двома сусідніми однаковими фазами Місяця ріжниться від правдивої вартості синодичного місяця тільки на 7 секунд, тоді як при визначенні року помилка виносить коло 5 хвилин. Якщо ми візьмемо під увагу, що всі ці обрахунки робилися ще до початку нашої ери й що дослідники мали в своїй розворотності тільки примітивні технічні засоби, — ми не можемо не визнати всієї величі досягнень вавилонських астрономів. Для тих часів ці досягнення були близкучі. Систематичне збирання обсерваційного матеріалу щодо різних рухів Сонця, Місяця й планет, нагромадження цього матеріалу на протязі довгих віків та певне, хоч і не цілковите, використання його для потреб теоретичної науки й практичного знання, — все це, без сумніву, підносить вавилонську астрономію на неабияку височінь. Правда, ми не маємо ще жадних вказівок на те, що в боку вавилонських дослідників робилися спроби утворити якийсь закінчений астрономічний світогляд, широко вреалізувати свій багатий досвідний матеріал для накреслення загальної картини космічної будови й законів її життя. Але не слід забувати, що загадкове клинчасте письмо вавилонське ще не все відчитане й що зміст багатьох памяток астрономічної науки вавилонян нам лишається незясований.

Отже, закінчуючи наш огляд стародавнього періоду розвитку астрономічного знання, ми маємо ще раз відмітити факт тих надзвичайно-високих, як на тодішні часи, осягнень досвідного знання, що до них дійшла вавилонська астрономія. Наведені вгорі приклади дуже докладного визначення періодів деяких астрономічних зявищ, знання «Саросу» й нарешті досить вдалі спроби астрономічного передпovідання, що найважливішою формою його було складання таблиць для визначення наперед положень на небесному склепінні ріжних світил, — усе це каже нам, що в галузі астрономії вавилоняни спроміглися на те, до чого не в стані були дійти інші народи старовинного світу. І коли ми стоїмо перед фактом існування астрономічної науки в Китаї у II-ім тисячелітті перед Хр., то маємо багато даних до того, щоб уважати це знання запозиченим од Вавилону. Бо вавилоняни тримали в своїх руках провід у науково-культурному житті не тільки близьких їм народів давнього Сходу, а й усього тогдішнього цивілізованого світу. Й не дарма, ставши за фундамент для нової грецької науки, вавилонське знання забезпечило їй дальший успішний розвиток.

Під враженням цього викладу в думці у нас мимоволі повстає таке питання: чому завдячує астрономічне знання свій такий ранній розвиток у народів стародавнього Сходу, чим

саме пояснити виняткове замилування цих народів до небесного склепіння, до глибин безмежного космічного океану, їхню дивовижну витривалість та систематичність у дослідженні взаємних положень і рухів небесних тіл? У пошукуваннях відповіді на це питання дехто вказує на стародавні релігійні культури, як на ту конкретну причину, що спонукувала тогочасних дослідників спостерігати небесні зявища, намагаючись тією дорогою викрити «волю богів» і тим відгадати майбутню долю людства. Той загальнознаний факт, що астрономічні спостереження творили в стародавніх народів привілей касти жерців, як також і те, що в вавилонян будівлі їхніх храмів служили водночас за астрономічні обсерваторії, (маючи відповідні для тих завдань висоту й зорієнтування), — ніби підтверджує згадану думку. Справді, релігійний культ був чинна рушійна сила стародавнього астрономічного дослідження, був та життєва база, що забезпечувала йому перманентність його вияву, організованість праці та її наступство. Але все ж таки було б помилкою вважати тогочасні релігійні культури за первопричину зродження й розвитку астрономічного знання. Ні, вони були тільки середники на шляху того розвитку, практична життєва форма, в якій виявляла себе інша, глибша причина. Ту причину ми маємо вбачати в місцевих географічно-кліматичних умовах: незахмарене, вічно-ясне небо, тривало-чиста блакить його, забезпечена

прозорістю повітря — ось головний чинник, що ним сама природа привязувала в Вавилоні, Єгипті й інших країнах Сходу душу мешканця Землі до далеких небесних просторів, скеровувала погляд його очей до вкритого золотими ворями таємничого склепіння. Додайте до цього ще чари лагідної ночі, що приходить на землю після нестерпно-пекучого дня, що приносить з собою благодатну прохолоду й приемний відпочинок від соняшної спеки тілу, а з ним і душі, візьміть усе це під увагу — і ви зrozумісте психологічний настрій стародавніх вавилонян і єгиптян, їхній порив до неба, їхню астрономічну містику. Але та містика могла стати корисною, ужитковою, перетворитися в певну форму наукового знання — тільки при відповідному психологічному наставленні стародавніх почитателів неба; і перед цим безсумнівним їх поривом пізнати невідоме наша критична думка має в пошані схилити свою голову.

ІІ. Античний період та арабська доба.

Культура античної Греції зродилася на руїнах підупалої культури стародавнього Сходу. І зокрема грецьке астрономічне знання повстало в астрономічних осягнень вавилонських та єгипетських дослідників. Їхні здобутки перейшли до Греції головно через грецькі малоазійські колонії, що в історичному процесі відіграли роль культурного мосту (тут, між іншим, повстала перша старогрецька філософська школа — т.зв. йонійська), мосту, через який східнє знання перемандрувало від завмерлого Єгипту до повної молодих життєвих сил Геллади.*) На її сприятливім для духового розвою ґрунті зростає пишне дерево нової науки, яка, в протилежність науці східніх народів,

*) Доказів того, що основи свого астрономічного знання антична Греція запозичила з Сходу, конкретно — в Єгипті, ми маємо немало. Наприклад, у VI. в. до Хр. греки зовсім ще не мали якихось означеніх відомостей про планети. А вже в IV. в. до Хр. вони були докладно обзнайомлені з характером рухів усіх без винятку планет, періодами їхніх переміщень, зупинок, зворотних рухів і т. інш. Це без сумніву свідчить про те, що в цю добу (VI—V. в.) греки започили стародавнє знання від єгиптян.

не творить собою кастової тасмниці обмеженого кола жерців, а стає всім приступним загально-народнім духовим здобутком. Ця «демократизація» наукового знання в античній Греції забезпечує йому буйний, швидкий розвиток.

За найбільшу позитивну рису розумової чинності народів античного світу належить уважати їхню здібність до систематизування наукового матеріалу, до укладення його в певні, гармонійно укінчені форми. Ця риса виразно виявляє себе й у сфері астрономії, де творча думка грецьких філософів, використовуючи здобутий вавилонськими та єгипетськими дослідниками багатий сировий матеріал, спромоглася упорядкувати той хаотичний комплекс відомостей, зробивши першу спробу створення укінченого астрономічного світогляду. Вже починаючи від часів *Пітагора* (VI. в. до Хр.) грецька філософська думка робить уперті кроки в цім напрямі, змагаючись витворити певну космогонію, побудувати закінчену систему світу.

Першими питаннями, що природньо повстали перед грецькими філософами, були такі: 1. Чи обрій є границею небесного склепіння, і, коли ні, то який вигляд має це склепіння в цілому? 2. Як звязані між собою плескувата Земля та кулясте небо? Відповідь на ці запитання давала ідея замкненої небесної сфери, в центрі якої мала міститися Земля. Але до такої ідеї антична думка прийшла не відразу. На запитання: куди діваються Сонце й зорі після того, як

вони осягають обрію, приходячи на заході до стику з океаном? — першу відповідь дав Гомер. За його викладом бог Сонця обіздить уночі здовж берегу океана половину виднокругу, після чого Сонце знову має змогу зійти на сході, щоб відбувати свою чергову подорож по небесному склепінню. Те саме доводилося, видимо, припустити й відносно зір. Але тут справа затуманювалась, бо вириняло питання: як пояснити, що під час своєїочної мандрівки по океану зірки не змінюють в найменшій мірі свого взаємного розташування? Утруднення, створене цим запитанням, однаке легко усувалось припущенням, що небесне склепіння, крім видимої півсфери, має другу, невидиму, що служить під Землею продовженням першої. Прийнявши це припущення й надавши небу вигляд замкненої сфери, антична думка вже легко могла пояснити факт добового руху небесного склепіння, як нерозривної цілості. (Таке трактування справи було власне відновленням давньої вавилонської концепції замкненої небесної сфери з розміщеними на ній 12-ма знаками «Зодіяку» та 28-ма знаками місяцевих «зупинок» або «домівок»). До такої гіпотези вперше прийшов Талесів учень *Анаксімандр*^{*}) (блія 550 р. до Хр.). Від цієї ідеї сферичності неба був уже один крок до ідеї сферичності Землі. Але на той крок *Анаксімандр* уже не спромігся. Більше того — він

^{*}) *Талес* та *Анаксімандр* були основники славнозвісної йонійської школи.

висловив дивовижне твердження, що Земля має форму вальця. Ідею кулястої форми Землі виразно виголосив тільки *Аристарх Самоський* (біля 250 р. до Хр.), що до цієї ідеї прийшов дорогою спостережень над затмами Місяця. В своїх логічно-правильних висновках Аристарх прийшов до вираганої думки про те, що тінь, відкинута Землею на Місяць, коли останній знаходиться близко обрію, не могла б мати заокруглених країв (а виглядала б пасмом з простолінійними краями), коли б Земля була не куляста, а творила собою (за стародавніми уявами) плескувате тіло.

Зясувавши собі механізм переміщення нерухомих зір і пояснивши останнє обертання небесної сфери, як одної цілості, думка грецьких філософів стала перед черговим, уже складнішим, питанням про механізм скомплікованих, нерівномірних рухів Сонця, Місяця, а особливо групи відомих за тих часів п'ятьох планет (сама назва планети походить від грецького «πλαγεω», що значить блукаю). Ці рухи істотно ріжнилися від порівняльно-простих рівномірно-колових рухів зір, легко висвітлюваних добовим рухом небесного склепіння, і для свого пояснення потребували неабияких зусиль. Через те це питання стає основною проблемою грецької астрономічної думки, над якою вона вперто працює бігом довгих століть.

Припущення, що всі зорі розміщено на одній сфері й що ця сфера обертається довкола осі, яка проходить через осередок Землі, — це при-

пущення було найпростіше, відповідаючи до того ж і психологічно-зрозумілій уяві про нерухомість Землі. Правильний оборотовий рух небесної сфери, як одної цілості, був таким чином головним моментом, що скерував старовинну думку на шлях геоцентризму*). Одного разу твердо ставши на нього, вона мусіла його додержуватись, намагаючись укласти в рамки геоцентричної ідеї всі видобуті з огляду на спостережень небесних явищ факти. Найголовнішим із них був без сумніву факт тривалої протягом року зміни положення Сонця відносно нерухомих зір, як також скомплікований рух Місяця, а особливо планет. З погляду сучасної нам геліоцентричної теорії всі властивості рухів згаданих небесних тіл пояснюються неввичайно просто, логічно випливаючи з уяви про центральне положення Сонця, довкола якого кружляють всі інші планети, включаючи й Землю, що в свою чергу слугить центральним тілом у відношенні до Місяця. Але висвітлення згаданих властивостей з погляду теорії геоцентричної ставило неабиякі труднощі. І можна дивуватися тій терпеливості та впертості, з якими антична думка бралася до розвязання проблеми світової будови, аж поки кінець-кінцем не осягнула в цім напрямі повного успіху. Кажемо: повного успіху, бо, як далі побачимо, Птоломеєва система, що завершила собою шерег усіх

*) Геоцентрична система світу за осередок останнього уважає Землю, система геліоцентрична за центральне тіло системи приймає Сонце.

змагань у цій галузі, будучи хибною в розумінні реально-фізичному, була зовсім правильною в розумінні формально-логічному. І на перешкоді до узnanня нами створеного геоцентричною системою механізму світової будови стає тільки те, що за основу, за свою вихідну точку згадана система має хибне, суперечне з реальною дійсністю, твердження про нерухомість Землі. І коли б не те, що цілою низкою досвідних даних факт рухомості Землі встановлено з абсолютною безсумнівністю, — геоцентрична система могла б іще й за наших днів успішно конкурувати з системою геліоцентричною (аджеж і в XX. стол. подибуємо диваків, що роблять спроби відновити ідею нерухомости Землі!).

Щоб зrozуміти методи, яких антична філософія ужила для висвітлення характеру рухів Сонця, Місяця та п'ятьох планет, ми маємо собі пригадати про те місце, яке в цій філософії займала математика. Недарма ж браму Платонової академії оздоблював напис: «хай не входить сюди ніхто, не обзняйомлений з математикою!» Цій своїй ролі в системі філософського думання античної Греції математика завдячує особливо генієві *Пітагора*, наука якого, оперта на твердження, що «істоту всякої речі складають числа», мала великий вплив на філософію наступних генерацій. Число Пітагорував за самодіючий чинник, що звязує між собою природні зявища, вкладаючи їх у рамки порядку та гармонії. Тенденція, що випливала з Піта-

горових ідей про панування гармонії в космосі, спричинилася до такого своєрідного, бессумнівного нібито в своїй логічності, твердження: всі рухи в космосі мають бути досконалими; через те, що за найдосконаліший із усіх рухів належить узнати рівномірний рух по колу*) — всі природні рухи мають бути рівномірно-коловими. Під впливом цього, вміщеного Пітагоровим авторитетом, а через те й загальнообовязуючого, твердження й відбулося розвязання питання про будову Всесвіту. То ж не дивно, що всі зусилля осіб, які бралися розв'язати це питання, зводились до певного скомбінування меншого чи більшого числа рівномірних колових або оборотових (при яких ріжні точки тіла закреслюють кола ріжних лучів) рухів.

Перша спроба створення закінченої системи світу належить *Евдоксові* (408—355 до Хр.), який вдійснив думку свого вчителя *Платона* (427—347 до Хр.) про зведення всіх рухів небесних тіл до низки рівномірно-оборотових ру-

*) Таке настановлення грецької наукової думки є в зв'язку з тим, що філософам античного світу були вовсім невідомі засади динаміки, а тому вони нічого не знали про ту властивість матеріальних тіл, яку ми означаємо нині словом «інерція» і яку можна схарактеризувати, як тенденцію цих тіл до збереження простолінійного й рівномірного руху.

Так само для грецьких дослідників лишилася невіданою сила тяжіння; гравітаційний ефект вони висвітлювали тим, що всі тяжкі тіла прагнуть наблизитися до осередку всесвіту (цебто центру Землі), а тіла легкі — від нього віддалитись.

хів та побудував систему, що складалася з певного числа (для Сонця й Місяця — з 3-х, для решти планет — з 4-х) співосередніх кришталево-прозорих сфер, які відбували свої рівномірні рухи з ріжними скоростями та довкола ріжно-нахищених осей*). Евдоксів учень *Каліп* вдосконалив систему свого вчителя, збільшивши при цьому число сфер до 33 (взявши їх для Сатурна та Юпітера по 4, для решти світил — по 5). З Евдоксової теорії пізніше скористав інший Платонів учень — *Аристотель* (384—322 до Хр.), включивши її в свою філософську систему.

Сучасна астрономія скомпліковані рухи небесних тіл розкладає на певну кількість простих складових рухів (напр. Земля має одинадцять основних рухів). Античні дослідники йшли, як бачимо, аналогічною стежкою, представляючи рух кожного світила зложеним із декількох рухів відповідного числа «сфер». Ці

*) Перший зарис такої концепції ми знаходимо в Платоновому творі «Республіка», хоч подібні до того уяви мав уже Пітагор. Комплекс перебуваючих у рівномірному русі кришталевих сфер створював у думці античних філософів геометричний образ, що своєю закінченістю відповідав ідеї космічної гармонії. З цього зродилася фантастична уява про «музику сфер», як фізичний вияв тієї геометричної гармонії. Великі порожняві сфери мали при своїх рухах видавати звуки, що спліталися у чарівні акорди найдосконалішої гармонійності. Цю «космічну музику» не в стані відчути обмежена в своїх змислах людина, і вона лишається приступною тільки богам, які в наслодою слухають цю вічну симфонію світового руху.

сфери спочатку були цілком абстрактні уяви, що мали тільки геометричний характер. Але в філософській системі Арістотеля, яка назагал повначається рисами конкретності, сферам надається вже реальний, фізичний характер.

Прийшовши до згадки про Арістотеля, маємо тут над його астрономічним світоглядом зупинитись більш уважливо. Аджеж Арістотелеві ідеї відіграли винятково велику роль в історії людської культури, протримавши під своїм впливом наукову думку аж до часів Коперніка, щебто півтори тисячі років. У головних своїх точках Арістотелів світогляд випадає так. Все-світ творять дві його частині: земля та небо. Матеріялом, з якого побудовано земний світ, є 4 елементи — земля, вода, повітря та вогонь; поза тим існує ще п'ятий елемент (*«quinta essentia»*) — етер, з якого побудовано цілий небесний світ, а окрема Сонце, Місяць й усі інші світила (за винятком комет, які А-льуважав за випари, що здіймаються з поверхні Землі й підо впливом сонячного проміння вачинають світитися). Царство етеру є царство досконалості, незмінності, вічності. Царство чотирьох елементів, навпаки, підлягає змінам, безнастанним перетворенням. При цих перетвореннях елементи відбувають рухи, що, подібно до самих елементів, поділяються на дві групи: рухи досконалі — рівномірно-колові та рухи недосконалі — простолінійні. У другій категорії рухів знаходить свій прояв намагання всіх тіл «простувати згори до-долу», щебто, кажучи нашою мовою, прояв

сили тяжіння. Як бачимо, в сучасному нам розумінні Арістотель цю силу не трактує, хоч і послуговується нею, як причиною, по якій елементи розміщаються в природі так, що земля займає найнижче положення, а вогонь — найвище, виповнюючи простори поміж Землею й Місяцем та доходячи до меж етеру. Той факт, що земля, як найтяжчий елемент, займає долішнє положення, перебуваючи в стані тривалого спокою, є вигідне твердження для того, щоб на нього оперти ідею геоцентризму.

В міру зростання добутого із спостережень астрономічного матеріалу, число сфер доводилося теж збільшувати. Це ускладнення Евдоксо-Арістотелевої системи, що йшло поруч з її удосконаленням, зменшило популярність тієї системи та породило інші спроби. При цім один філософський напрям витворив систему *рухомих ексцентриків*, — другий — *систему епіциклів та деферентів*. Ексцентрік — це коло, яке обертається довкола прямою до його площині осі, яка ту площину перетинає в деякій точці (в цій точці мала б міститися Земля), що не збігається з осередком кола. В той час, коли планета обігає колову орбіту, остання в свою чергу довершує рух біля своєї осі, яко ексцентрик.

Щодо другої системи, яку в остаточній формі опрацював Птоломей*) (87—165), то вона всі

*) Птоломеїв твір «*Металє сінтаксіс*» (Magisterium magnum), цебто «Велике побудовання», знайшов поширення в його арабському перекладі, що має назву «*Альмагест*», під якою він звичайно всюди й фігурує.

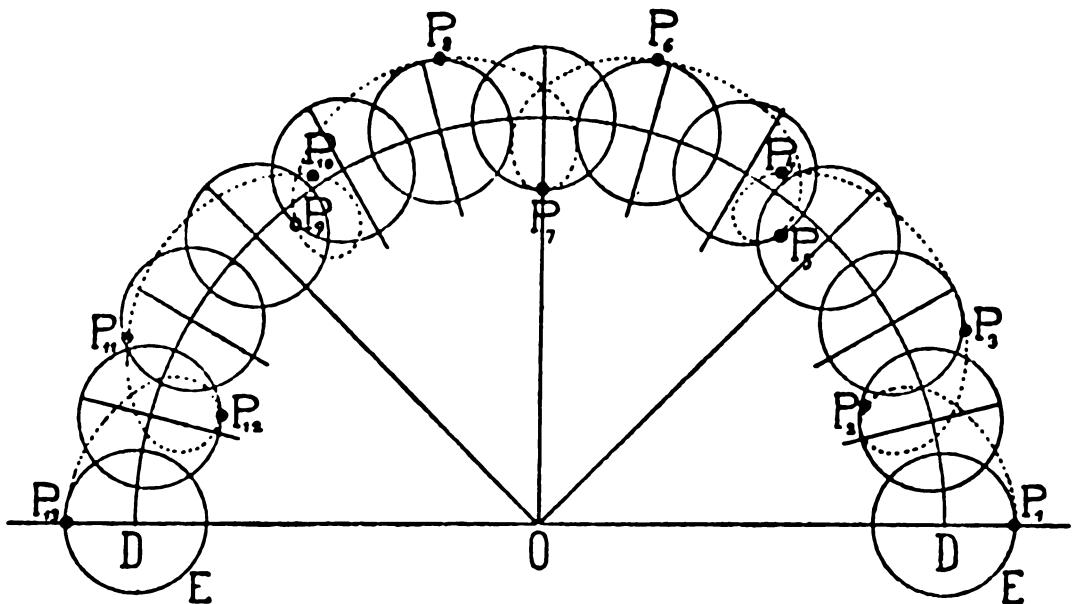


Рис. 1.

Висвітлення планетних рухів за Птоломеєвою теорією епіциклів.

(Планета кружляє по малому колу — *епіциклу*, осередок якого пересувається по великому колу — *деференту*)

видимі переміщення небесних тіл висвітлює одночасовою їх участю в двох колових рухах (спершу Птоломей традиційно уважав рух планет за рівномірний; пізніше він звісся думки про рівномірність руху, задержавши однаке, його коловий характер). Одночасово з тим, як планета Р (рис. 1) обігає по колу Е, що звуться *епіциклом*, центр останнього порушується по колу D яке звуться *деферентом* (*cirkulus deferens*, цебто переносне коло*). Сполучення двох

*) Птоломеєва схема з її комбінацією двох рівномірних рухів є яскравий виявник тогочасних наукових традицій, що міцно запанували в доби Арістотеля. «Ідея сфер та рівномірного колового руху, каже Віль-

названих рухів має своїм вислідом переміщення планети по складній петлюватій кривій, що має назву *епіциклойди*. Вигляд останньої залежить як від розмірів епіцикла та деферента, так і від швидостей обох основних рухів. Уживаючи різних комбінацій цих чотирьох елементів, а зокрема звертаючись до помочі не одного, а декількох епіциклів, ріжно нахиленіх до площин деферента, — можна прийти до вислідів, що досить добре відповідатимуть дійсно спостереженим рухам небесних тіл. Щоб пояснити цей факт і висвітлити, чому саме Птоломеєва система, хибна в самій своїй основі, давала все ж «правильні» висліди, які були в згоді з досвідними спостереженнями, ми вважаємо, що епіцикли та деференти були двома влучно-вибраними фікціями, з яких одна (епіцикл) відповідала власному рухові планети, а друга (деферент) — такому ж рухові довкола Сонця Землі. По цій причині аж доти, поки наукова

гельм *Маср* у своїй праці: «Закони небесної системи», — ідея ця, що з Арістотелевих часівуважалася за конечну властивість досконалих світових тіл, як також догма про непорушність Землі, обернулися нарешті в упривілейовані істини, до яких не вільно було дотикатися. Астрономи й математики повинні були самі турбуватися про те, щоб у межах цих власного виробу законів пояснити всі остатні небесні з'явища». Отже через постулат «кововости» Птоломей переступити не смів; він не міг увести до своєї схеми, як необхідний елемент, *еліптичні* орбіти; а тоді вже само собою, як одинокий вихід із ситуації, приходила система комбінованих колових рухів, що надавала механізмові переміщення небесних тіл незвичайної складності.

думка узناєла принцип нерухомості Землі, не було підстав до будь-яких сумнівів у правильності Птоломеєвої системи, бо ж вона не переважала в суперечності з даними спостережень, та, як ми вже про те згадували, посідала повну внутрішню логічність. І треба було рішучого слова, голосно висловленої думки про те, що центром світу є не Земля, а Сонце, що довкола нього кружляють всі планети, а в тім числі й Земля, — щоб ґрунт під Птоломеєвою системою захистився й вона втратила свій могутній вплив. Те рішуче слово пролунало геть пізніш, аж у XVII. столітті, і треба було чекати цілих півтори тисячі років, щоб прийшла людина, яка відважилася виразно й рішуче висловитись проти системи геоцентризму. Воно й не дивно: систему цю боронило ім'я Птоломея, її охороняв загально-узнаний авторитет одного з найбільших філософів античного світу.

В інтересах історичної правди необхідно відмітити той факт, що в частковій формі ідея геліоцентризму зароджувалася й у грецьких філософів. Так, наприклад, *Гераклід* із Понту (IV. в. перед Хр.) учив що Марс та Венера кружляють довкола Сонця, а з ним разом і довкола Землі. На вік пізніш (III. в. до Хр.) *Аристарх* із Самосу учив, що згаданому рухові підлягають усі 5 планет. Але Аристархова система, що являла собою такий поважний крок у напрямі геліоцентризму, не вдержалась, уступивши за якусь сотню років (II. в. до Хр.) місце Гіппарховій системі епіциклів, яка при-

хилила до себе тогочасну філософську думку тим, що послуговувалася «досконалім» рівномірно-коловим рухом.

Створивши чисто-філософським шляхом, дорогою абстрактного мислення певну систему світу, наукова думка античної Греції в послідуочій своїй чинності природньо вайнялася детальнішим опрацюванням цієї системи, більшим дослідженням поодиноких астрономічних питань. Математичний напрям тогочасного думання заохочував дослідників до зілюстрування створеної картини всесвіту ріжними числовими даними. Здобути останні можна було дорогою тільки безпосередніх помірів, що за них в великою відвагою (що викликає в нас правдивий подив) і беруться деякі дослідники. Так, наприклад, згаданий уже Арістарх Самоський робить спробу поміряти відстань Сонця від Землі; для цього він розвязує прямокутний трикутник, вершками якого з'являються Сонце, Земля та Місяць, знаходячи при цьому, що відстань Сонце — Земля є в 19 разів більшою від відстані Місяць — Земля. Недосконалість методи та брак пристроїв для точного вимірювання кутів спричинилися до величезної помилки (замість 19 маємо в дійсності 384). Але сама спроба вже є важливий історичний факт, що заслуговує на безсумніву увагу. Тим більш, що Арістарх відстань Місяць — Земля визначив через земний луч (з난ішовши при цьому число 74 замість дійсного 60), помірявши цією величиною, як одиницею, і відстань Сонце — Земля.

Дальшим успіхом грецької астрономії було визначення обводу земної кулі та величини земного луча, яке визначення перевів *Ератостен* (275—195 до Хр.). Добре продумана схема Ератостенового досвіду*) не вважаючи на його простоту, привела до зовсім успішних наслідків, давши числа, що від справжніх ріжняться тільки на 11%.

Верхівлі свого розвитку грецька астрономія сягає за часів Гіппарха (ІІ. в. до Хр.), що його

*) Ідея (зовсім правильна) Ератостенового досвіду полягає в тому, що переміщення спостерігача здовж географічного полуденника на відстань, що відповідає ϕ° географічної широти, викликатиме рівне ж йому (ϕ°) кутове переміщення (піднесення або зниження) відносно обрію всіх небесних тіл. Отже, визначивши спостереженням це кутове переміщення певного небесного об'єкту при переході від точки А земної поверхні до уміщеної на тому ж полуденнику точки В та вимірювши відстань АВ між цими точками, зможемо обчислити обвід О земної кулі в пропорції: $O : AB = 360^\circ : \phi^\circ$.

Ідея цього досвіду зродилась в Ератостена як наслідок його великої спостережливості. Він зауважив, що в м. Сіені (тепер м. Ассуан в Єгипті), яке лежить на південь від м. Олександрії, в день літнього сонцестояння Сонце (що цього дня сягає свого найвищого положення на небі) стоїть над головою, знаходячись зовсім близько від зеніту. Такого ж самого дня в Олександрії Сонце не доходить до зеніту, лишаючись від нього на певній відстані. Помірявши останню, Ератостен знайшов, що вона виносять $1/50$ повного кола. Знаючи, що відаль між Сіеною та Олександрією дорівнюється 5000 стадій (1 стадія = 180 метрів), він обчислив, що цілий обвід земної кулі виносить $50 \times 5000 = 250.000$ стадій (що складає 45.000 кілометрів замість дійсних 40.000 км.).

справедливо вважають за найславетнішого астронома античного світу. В Гіппарховій праці ми спостерігаємо перші спроби до викриття закономірностей, що керують життям всесвіту. Вишукуючи закони небесних зявищ, Гіппарх у першу чергу зайнявся побудованням закінчених теорій руху Сонця та Місяця. Лишаючись на грунті Арістархової теорії, Гіппарх зайнявся докладним висвітленням здійснені рухів Сонця й Місяця. Встановивши пильними помірами ріжницю в часі тривання весни, літа, осени та зими, рівним чином як і неоднаковість часових інтервалів між фазами Місяця, Гіппарх пояснив ці зявища тим, що центри орбіт Сонця та Місяця не збігаються з осередком Землі. Бажаючи обчислити відстань поміж згаданими точками, Гіппарх уперше вжив нової методи рахунку, відомої тепер під назвою *тригонометрії*. До речі буде згадати, що Гіппархові належить ідея поділу кола на ступні, минути й секунди (*minutae primae* та *minutae secundae*) та введення до вжитку астрономічних і географічних координат.*)

Найбільшою Гіппарховою заслugoю було викриття зявищя т.зв. *прецесії*, що полягав в зміні положення точки весняного рівнодення. До цього Гіппарх прийшов такою дорогою: він зайнявся укладенням зоряного каталогу, до якого кінець кінцем умістив 1022 зірки.

*) *Координатами* називаються числа, що служать до визначення просторового положення певної точки (наприклад, небесного світила).

Визначаючи іхні положення на небесному склепінні за поміччю координатної методи, Гіппарх обчислив їхні довготи та широти.*) Порівнюючи знайдені вартості довгот з їхніми вартостями, обчисленими перед півтора століттями авторами першого зоряного каталогу *Аристілом* та *Тімохарісом*, Гіппарх зауважив зріст усіх довгот на $1\frac{1}{2}$ ступні (що давало 36 секунд річно). Гіппарх вишукав правильне висвітлення цьому зявищу, пояснивши його зворотним переміщенням точки весняного рівнодення. Через те, що наслідком такого переміщення точки весняного рівнодення назустріч Землі моменти, в які день зрівнюється з ніччю, наступають раніше, — Гіппарх відкритому зявищу засвоїв назву *прецесії* (цебто: попередження). Викриття прецесії логічно привело Гіппарха до встановлення ріжниці поміж роком зоряним та роком зворотниковим. Цю ріжницю він визначав рівною 15 хвилинам (в дійсності вона виносить 20 хв. 23,56 сек.).

Гіппарховісяягнення використав три віки пізніше Клавдій *Птоломей* (87—165), що закінчив собою плеяду славетних астрономів Олександрійської школи. Залишивши без змін Гіппархову теорію руху Сонця, він змінив подекуди теорію руху Місяця, доповнивши її

*) Довготою світила в астрономії звуться кутове його віддалення від точки весняного рівнодення, а широтою — кутове віддалення від площини земної орбіти (що з небесною сферою перетинається по колу, званім *екліптикою*).

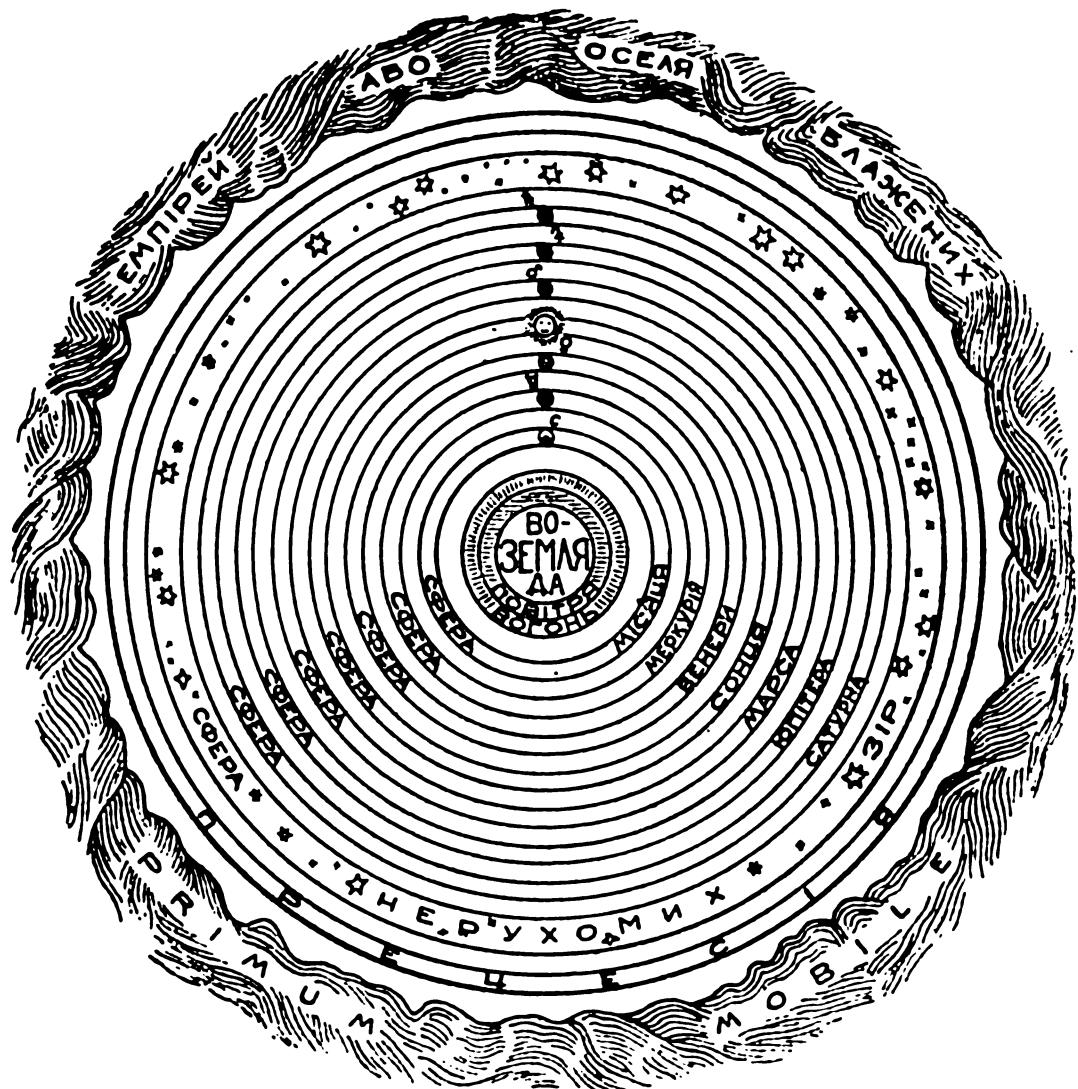


Рис. 2.

поясненнями нововідкритої ним неправильності в русі Місяця, відомої під назвою *евекції* (яка полягає в здавальному видовженню орбіти, в зміні її, «ексцентриситету»). Відкриту Гіппархом прецесію Птоломей увів складником до своєї системи світу, якій він остаточно надав вигляд, показаний на рис. 2. Тут ми бачимо

10 концентричних кришталевих сфер. Сім внутрішніх сфер належить Сонцю, Місяцю та п'ятьом планетам (що розміщено в такій черзі:*) Місяць, Меркурій, Венера, Сонце, Марс, Юпітер, Сатурн); восьма сфера є сfera нерухомих зір, девята — прецесії; десята сфера має назву «прімум мобіле» і відіграє роль первісного джерела руху, до функції якого спадає урухомлення всіх попередніх сфер. Ця десята сфера є також *емпіреj* — місце перебування блажених душ (звідси походить, відомий вислів: «бути на десятому небі» — в розвумінні мати найбільшу втіху, задоволення). Сім сфер мають послідовно такі періоди обертань: 1 місяць, 3 місяці, 8 місяців,**) 1 рік, 2 роки, 12 років,

*) Таке розміщення не є випадковим; воно виливає з результатів спостережень над рухами небесних світил. З них найживіший рух виявляє Місяць, що з найбільшою швидкістю переміщується між зорями; отже зовсім логічним було узнати його за найближче до Землі світило. Що Місяць є ближчим до Землі, ніж Сонце, випливало з того, що при сонячних затманах він закриває собою Сонце. Далі дві планети — Меркурій та Венера проходять перед сонячним диском (тут іде мова про відомі, хоч і дуже рідкі, явища проходження Меркурія та Венери через сонячний диск) та перемішується поміж сузір'їв швидче від Сонця; отже вони так само знаходять близче, ніж це останнє, до Землі. Що ж до решти трьох планет, то вони завжди проходять *позаду* Сонця та переміщуються повільніше від нього, отже в порівнянні з віддаленням Сонця їхні віддалення від Землі мають бути більші.

**) Дві останні нормі в певному наближенні відповідають дійсним періодам обігу Меркурія та Венери довкола Сонця (88 днів та 225 днів).

29½ років. Сфера нерухомих вір завершує обернення в 24 годині, втягаючи за собою в рух інші сфери.

Уже сам Птоломей, перевіряючи систематичними спостереженнями над рухами ріжних небесних світил свою систему, зауважував щораз неповну її досконалість і низкою поправок та доповнень намагався усунути розходження поміж створеною ним абстракцією та реальною дійсністю (так, наприклад, для висвітлення ріжних аномалій у планетних рухах, а зокрема нерівномірного характеру цих рухів, він змушений був пересунути Землю з осередку деферента й умістити її подекуди за цим осередком — ексцентрично до деферента; далі, так само для висвітлення евекції він змушений був увести новий епіцикл з подвійною скорістю його руху по ексцентричному відносно Землі деференту). Наступні покоління астрономів викривали при своїх працях нові вади Птоломеєвої системи, й, простуючи шляхом її автора, вводили до неї дальші доповнення й зміни. Все це немало ускладнювало первісну просту схему, й бігом довгих століть до такої міри скомплікувало Птоломеїв витвір, що в середні віки він не імпонував уже своєю гармонійною простотою, а, навпаки, починав лякати свою безмежною складністю, від якої був уже один крок до безнадійної заплутаности. Це підкопувало тисячелітній авторитет Птоломеєвої концепції, затуманювало її ідею, зменшувало її популярність . . . І дуже характеристична під цим оглядом є опінія

іспанського короля Альфонса X (Кастильського), що, як учений астроном і щедрий меценат, витратив немало зусиль та матеріальних засобів на виготовлення точних таблиць руху небесних світил на основі Птоломеєвої системи, і, по закінченні праці, глянувши з недовір'ям на ці, в свій час славновзвісні, «альфонсові таблиці», похитав головою й сказав: «Коли б Бог при створенні світу був порадився зо мною, я б дав Йому раду збудувати все це значно простіш!» (За ці необережно сказані слова бідолаха король поніс тяжку покуту, бо, як богохульник, був позбавлений трону й мусів доживати свого віку на вигнанні, де й помер р. 1284).

Надмірна скомплікованість схеми, що інтерпретувала собою геоцентричну ідею, викликала критичне відношення до неї з боку деяких учених античного світу, й спроби в напрямі спрощення цієї схеми ми спостерігаємо навіть ще до того, як вона остаточно скристалізувалася в Птоломеївім «Альмагесті». Ці дослідники насамперед звернули свою увагу на те, що епіцикли Меркурія та Венери довершують свій обіг рівно за 1 рік, тоді як решта планет має інші та до того ще й неоднакові між собою періоди руху епіциклів. Це наводило на думку про вміщення Сонця до осередку епіциклів Меркурія та Венери. Такою дорогою зродилася певна модифікація Птоломеєвої схеми, відома під назвою «єгипетська планетна система». В ній епіцикли залишено тільки для групи зовнішніх планет, бо для внутрішніх — Меркурія

та Венери, що довершують свій обіг безпосередньо довкола Сонця (яке, звичайно, кружляє довкола Землі), як також для Місяця та Сонця, потреба в епіциклах уже відпала. Перевагою такої схеми перед схемою Птоломеєвою була відносна її простота. Це — з боку зовнішнього. Зо внутрішнього боку вона цікава була тим, що вже несла в собі зародок ідеї геліоцентризму. До цієї схеми, як про те вже ми згадували, додумався був ще Платонів учень *Гераклід*. Коли ми пригадаємо собі, що до аналогічних думок приходили свого часу єгиптяни, то можемо припустити, що свою теорію Гераклід запозичив в Єгипту. Гераклідові ідеї знайшли собі дальший розвиток, так що пізніше Сонце було прийняте за осередок руху всіх без винятку планет (*Аристарх Самоський*); але основою всесвіту залишалася Земля, що й надалі служила за центр, довкола якого відбували свої рухи Сонце, Місяць й сфера нерухомих зір. Ця «напівгеліоцентрична» концепція не витримала в боротьбі з геоцентризмом, що його опромінював авторитет Птоломея, і скапітулювала перед ним. Вона однаке несподівано воскресла в середні віки, знайшовши свого апостола в особі відомого данського астронома *Тихо Браге* (1546—1601), що зробив був безуспішну спробу протиставити її геліоцентричній концепції *Коперника*.

Птоломей являв собою останню фігуру, що нею закінчився грецький період астрономічної історії. Політичні події, що порушили нормальнє життя людності европейського континенту й привели до т.зв. великого переселення народів, скерували увагу людства в інший бік і спричинилися до затримки культурного поступу та до занепаду науки, окрім астрономії. На довгі віки (аж до XI. ст.) наукове життя в Європі пригасло. Під цю пору нове огнище знання несподівано розгорається в іншому місці: починаючи від VI. століття швидким темпом розвивається нова духовна культура, створена зусиллям народу, який сам незадовго перед тим приєднався до цивілізованого життя. Цим народом були араби, що, надхнені ідеєю поширення ісламу, спромоглися підбити під себе значну частину тодішнього культурного світу, створивши велику державу, розкидану по теренах Азії, Африки та Європи. Арабські володарі — каліфи, починаючи від славетного Гарун-Аль-Рашіда, уділяють велику увагу духовій культурі та беруть під свою гарячу опіку тогочасну науку. Їхніми турботами засновуються багаті бібліотеки, робляться численні переклади на арабську мову тогочасних наукових творів. Ця культурна чинність із максимальною силою виявляє себе в IX. в. Поруч з іншими галузями науки визнає нового розвитку й астрономія. Однією з памяток цієї доби є дбайливо упорядковані зоряні каталоги, з поміж яких на найбільшу увагу вислуговує каталог, що його

уклав (у Х. в.) перс Аль-Зуфа, астроном при дворі багдадського каліфа. Цей астроном був перший конструктор небесного глобусу. З наказу каліфа Аль-Мамуна р. 827 запроваджено було помір довжини земного полуденника через визначення відстані поміж двома точками, кутове віддалення для яких виносить 1° (така відстань виносить біля 111 кілометрів). Наслідки цієї праці були дуже успішні: довжину полуденника знайдено рівною 44.060 км. (замість дійсних 40.000 км.).

Останньою памяткою арабської доби, що відноситься до другої половини XIII. стол., є вгадувані вже «Альфонсові таблиці», що містять у собі здобутий тогочасними дослідниками астрономічний матеріял, опрацьований на науковому зїзді, який, з наказу іспанського короля Альфонса Кастильського (1226—1284) скликано в м. Толеді. Участь у цьому зїзді брали християнські, мусульманські та жидівські вчені, під проводом рабина Бен-Саїд Гасана. Поза своєю практичною працею, в наслідків якої європейські астрономи користали три століття, Толедський зїзд залишив у історії астрономії слід іще й тим, що на ньому вперше, хоч і несміливо, пролунали слова сумніву щодо правильності ідеї геоцентризму. Сталося це тому, що під час зїздових нарад та дискусій виявились нові розходження між вислідами спостережень та заложеною на Птоломеєвій концепції теорією, яка через те вимагала введення в неї нових, ще далі ускладнюючих ії

доповнень. Віра в цю теорію отже захиталась, авт ритет концепції зблід. Зродилися перші сумніви. Хоч і не окреслені виразно, непевні, вони повстали все ж для того, щоб потім ніколи вже не зникнути, а тільки зміцнитись. Щодалі все зростали вони, і на повний голос промовили трьома віками пізніш, сказавши своє слово устами сміливого *Коперника*. З ім'ям останнього ввяzuється початок тієї історичної доби, яку вже можна назвати сучасною астрономією.

ІІІ. Криза геоцентризму. Микола Копернік.

З часів Толедського зїзду, що на нім, як ми вже вгадували, вперше залунали слова відвертої гострої критики Птоломеевої системи світу, шукання наукової правди скеровувало одного по однім тогочасних видатних учених на шлях геліоцентричної концепції. Згадаймо тут хоча б імена двох так славних представників італійського вченого світу, як кардинала *Миколу Кребса*, відомого переважно (за містом, з якого він походив) під іменем *Миколи Кузанського*, та *Леонарда-да-Вінчі* (1452—1519), цього середньовічного генія, що в своїй особі єднав творчість маляра й будівничого з ерудицією математика, фізика та астронома. Обидва ці вчені йдуть революційною дорогою, рішучо виступаючи проти тієї, задержаної в античних часів, традиції, що небесній механіці приписувала принципи, відмінні від механіки земної, та голосила, що небесні світила, як тіла досконалої природи, можуть підлягати лише «досконалім», цебто коловим рухам — в протилежність недосконалім тілам нашого земного оточення, що для них властиві рухи прості-

лінійні. Здатність до руху Микола Куванський трактує, як загальну властивість тіл, під оглядом якої небесні та земні тіла не виявляють між собою жадних ріжниць — ані порядку якісного, ані кількісного. Цю *спільність засад світобудови* поглиблює далі Леонардо-да-Вінчі, який твердить, що наша планета нічим власне не ріжниться від інших небесних тіл, з якими вона живе спільним космічним життям, підлягаючи все тим же фізичним та геологічним процесам. Розумним істотам, що населяють інші світи, Земля видається подібною до нашого Місяця й зір. Приписуючи здатність руху всім без винятку тілам, Леонардо-да-Вінчі висловлює думку, що в цілім космосі немає об'єктів, які б не брали тієї чи іншої участі в русі (за цією засадою не може також залишатися в нерухому стані Земля), «хоч ми, каже він, цього й не помічаємо, бо зауважуємо рух лише через порівнання його в чимсь нерухомим». Як бачимо, Леонардо-да-Вінчі проголосує основну тезу сучасної нам *засади релятивності*, за якою в цілому всесвіті немає об'єктів, що перебували б у стані тривалого абсолютноного спокою.

Отже, маємо узнати, що в ідеологічнім напрямі два вгадані середньовічні вчені поступили дуже далеко і в сфері наукового мислення перегнали та залишили геть позаду не лише своїх сучасників але й наступників, сягнувши в деяких своїх думках аж до наших днів. Немає сумніву, що в історичній перспективі їхні

постаті ми можемо трактувати, яко Копернікових «предтеч», що своїми ідеями сприяли психологічній підготовці тогочасного культурного загалу до сприйняття незвичливих тез Копернікової науки. Але при всім розмаху наукового думання обом згаданим ученим бракувало тієї методичної упертої терпеливости та витривалости, що ними має позначатися праця людини, покликаної критично перестудіювати концепції своїх попередників та на основі глибокої й спокійної їх аналізи створити відмінну від них свою концепцію власну. Цими цінними властивостями володів, як ми побачимо далі, Микола Копернік, що до того ж оперував методами правдивої науково-дослідницької праці, на долю якого через те заслужено і випала висока честь та велике щастястати реконструктором застарілого й хибного в самій своїй основі астрономічного світогляду.

Імя Коперніка знаменує собю цілу епоху, і то не лише в історії астрономії, але й в історії розвитку людської культури в цілому; бо ж астрономічний світогляд, уява людства про світобудову є безперечно найважливішим елементом всього його світорозуміння. І та основна, істотна зміна, що її Копернік вніс у сферу тогочасного наукового мислення, знайшла широкий відгук далеко поза межами вузького астрономічного знання, вона дала інший напрям



Микола Копернік
(1473—1543)

цілому природознавству, вона скерувала на нові шляхи філософську думку*).

*) Коперніків життєпис у стислих рисах є такий: Народився він 19 лютого (стар. ст.) 1473 р. в ганзайському місті Торні. Юнацькі свої роки присвятив Копернік медичним студіям. Всебічний характер того-часної науки (яка подекуди зберігала ще античну традицію наукового універсалізму) спричинився до того, що Копернік, поруч з медичними науками, слухав також на краківськім університеті математику та астрономію. Маючи замиловання до цих наук, він використовував кожну нагоду до поширення своїх

Ми бачили вже, що геліоцентричні ідеї зароджувалися частково і за античної доби (найбільш далеко в цім напрямі пішов Арістарх Самоський, який вчив, що планети кружляють довкола Сонця, а обертання небесного склепіння трактував як здавальний рух, викликаний фактичним добовим рухом Землі довкола її осі), а в ембріональній стадії їх носили в собі вже навіть астрономічні дослідники стародавнього Єгипту. Але тоді ці ідеї були епізодичні, незавершені та не укладені в гармонійну си-

знань в цій галузі. То ж не диво, що по закінченні своїх студій у Krakovі, Копернік подався до Відня, який уважався тоді за найліпший осередок астрономічної науки. Отже тут, на віденському університеті доповнює Копернік свої знання з обсягу астрономії. Роки 1495—1505 проводить він головно в Італії, де чинність заснованої заходами Медічі славнозвісної фльоренційської академії сприяла в ті часи незвичайному розквіту астрономії. Критичні думки щодо правильності геоцентричної системи, які зродилися в Коперніка за доби його перебування в Італії, спонукають його після повороту (р. 1505) додому до дальнішої праці в цім напрямі та зрештою приводять до уложення власної системи світу. Працю свою Копернік провадить з великим завзяттям від р. 1505 аж до самої смерті (24 травня 1543 р.), віддаючи їй увесь вільний час і всі свої духові сили. Твір Коперніків був готовий власне вже 1530. року; але обережний та сповнений самокритики автор не поспішав з його оголошенням, вносячи до нього поправки й доповнення. Лише щаслива нагода — домагання Копернікових культурних друзів — забезпечила опублікування рукопису, що зкеровував наукову думку на шлях, протилежний тому, яким вона простувала на протязі півтори тисячі років.

стему, що малаб міцне теоретичне угрунтування, докладне опрацювання та надійне досвідне підщертя. Тому то вони зароджувалися й згасали, не розгорівшись в хвилевих іскор у тривалий вогонь; тому то вони показувалися безсилими у боротьбі з думками, виголошеними у Птоломеївім «Альмагесті», думками, що вражали читачів цього твору не лише авторовою ерудицією та широким його енциклопедизмом, але також і глибокою продуманістю, укінченістю та вишліфованою завершеністю його астрономічної системи. Птоломеєва книга, що була синтезою усіх тогочасних осягнень практичної та теоретичної астрономії, широтою й багацтвом свого змісту імпонувала і найбільш освіченим читачам, осліплюючи їх розсяглою компетенцією ії автора, гіпнотизуючи авторитетно-впевненим тоном свого викладу. То ж не диво, що ця змістовна книга на протязі півтора тисячеліття чинила магічний вплив на цілі покоління наукових працьовників, що дей вплив лишився незахитаним і в добу середньовіччя, що нею зачитувалися ще навіть Тихо Браге та Кеплер. І треба було справжньої відваги та певності своїх сил, щоб посягнути на цю вікову святощ, щоб виразно й рішучо виступити проти опроміненої Птоломеєвим авторитетом концепції геоцентризму. Оголосити війну Птоломеєві, цьому велитню, вдягненому в ризи тисячелітнього панування над розумовим життям людства, міг лише рівновзначний і рівносильний йому духовий велітень, вдатний про-

тиставити авторитетові традиції авторитет критичної думки, глибокого мислення, тонкої й далекосяжної наукової аналізи. Цим велитнем, цим відважним і стійким суперником у неповторному на протязі цілої історії людства ідеологічнім двобої з віковим авторитетом «канонізованого» середньовічною науковою Птоломея, — був тихий, скромний, ввесь замкнений у своїх потайних думках Копернік, що без поквалу, терпеливо й невтомно, в ізольованій самоті своєї робітні довгі роки працював над всебічним освітленням та логічно-науковим угрупованням тієї ідеї, що зродилася в нім як щаслива інтуїція та що в її реальну правдивість він непохитно вірив. Вроджена скромність, байдужість до успіху й слави а також критичне відношення до своєї праці, що її, як сумлінний робітник, він усе вважав за не вповні викінчену та опрацьовану, — спричинилися до того, що Копернік не поспішав з оголошенням свого твору і лише на домагання своїх друзів — професора математики Вітенберзького університету Ретіка, капуянського кардинала Шонберга та єпископа кульмського Гізія — здав р. 1543. рукопис свого твору «*De revolutionibus orbium coelestium*» («Про колові рухи небесних тіл») до друку*). Це було вже незадовго до

*) Згадані Копернікові друзі зробили отже йому (а разом і цілому людству) добру послугу. Але інший його приятель, на ім'я *Озіяндер*, зробив послугу дуже прикуру. «Озіяндер, що доглядав за друкуванням Копернікової книги в Нюренберзі, вважав за потрібне,

Копернікової смерти. Але доля обдарувала своїм усмівом великого вченого в останніх хвилях його безбарвного життя: на смертному ліжку він споглянув на перші видруковані сторінки свого твору.

Копернік добре відчував сміливу новизну своїх ідей та непідготованість до сприйняття їх з боку тогочасного культурного загалу. «Побоювання зневаги, каже він у своїй передмові, що її могла рикликати моя праця в причини новизни та уявної суперечності моїх ідей, трохи не спонукало відкласти набік уже готовий твір». Поруч із цим була ще й інша причина для підставних Копернікових побоювань перед випуском у світ своєї праці. Цією причиною була невідомість становища, яке б вайняв до нової концепції найвищий тогочасний автори-

без уповноваження до цього з боку Коперніка, в окремій передмові зясувати все викладене в книзі як звичайну гіпотезу. Якщо наука вигадує гіпотези, то вона, на думку Озіяндера, цим цілком не вимагає, щоб хтось був переконаний в їхній правильності. Наука бажає лише здобувати підвалину для своїх обчислень. Гіпотези, таким чином не потребують бути правдоподібні. Досить, щоб вони робили можливим обчислення, яке погоджується зо спостереженнями. Цими виразами Озіяндер цілком правильно характеризує те, що ми звемо нині звичайною *робочою гіпотезою*. Що таке послаблення Копернікової науки цілком не було в думці її автора, це виразно помітно в передмові самого Коперніка. Він каже, що наперекір думці астрономів, ба навіть майже наперекір звичайному людському розумові, прийшов він до пересвідчення про рух Землі.» (Ф. Даннеман. Історія природознавства, Част. I, стор. 157.)

тет — церква. Це побоювання було тим більше підставне, що офіційний світогляд тогочасних церковних сфер, поруч із Біблією, мав за свої основні підвалини фізичну науку *Аристотеля* та астрономічну *Птоломея*. Гостро відчуваючи неприродність та невідповідність такого становища, а з другого боку непохитно певний в правдивості своєї концепції, правовірний католик Копернік апелює до найвищого церковного авторитету — римського папи, з ентузіастичною ширістю та гарячністю намагаючись привернути його на свій бік.

У своїй присвяті папі Павлові III. Копернік, між іншим, пише: «Думається мені, найсвятіший отче, що деякі особи, як тільки довідаються, що я в своїм творі про рух небесних сфер припускаю рух земної кулі, — не розбираючись далі, осудять мене й мої погляди. Я зовсім не так високої думки про свою теорію, щоб не звернути уваги на погляди інших. Хоч знаю, що думки філософа досить далекі від міркувань народніх, понеже перший обовязаний в усім дошукуватись істини настільки, скільки дано від Бога розуму людському... Я міркував сам з собою про те, як недоречним видаватиметься всім тим, що обзвайомлені в усталеним на протязі стількох віків поглядом про нерухоме положення Землі в осередку всесвіту, коли я, навпаки, стану твердити, що Земля рухається. Я довго вагався, чи оголошувати мені мої дослідження, а чи не наслідувати прикладу пітагорійців та інших, що передавали таєм-

ниці філософії не писемно, а словесно... Проте мої друзі змусіли мене припинити мої довготривалі проволікання та нерішучість. Мені не слід, казали вони, із-за одного побоювання відтягати оголошення моєї праці для загальної користі математиків. Чим недоладнішим покажеться під теперішній час багатьом мое вчення про рух Землі, тим більшої вдячності та подиву заслужить воно, якщо по своїм виданні мої досліди, завдяки ясним своїм висновкам, розсюють темряву нібито існуючої суперечності»... Ці останні Копернікові слова оказались пророчими; хоч і не відразу, але зате повно і без застережень приняло культурне людство його науку та з правдивим подивом і глибокою вдячністю оцінило висліди його духових змагань.

Далі Копернік переходить до висвітлення й умотивовання своїх наукових позицій: «Обмірковуючи довший час хиткість переданих нам математичних догм щодо взаємного співвідношення рухів небесних тіл, відчув я нарешті досаду, що філософам, які звичайно прагнуть до пізнання навіть наймаловажливіших речей, аж дотепер не пощастило з надійною певністю пояснити хід світової машини, створеної найліпшим та замилованим у порядок Будівничим. Тому то я і взяв на себе працю перечитати приступні мені твори всіх філософів, з метою пересвідчитися, чи не допускав хтось із них інший рід руху, аніж той, що його викладається по наших школах. І ось я знайшов спершу в

Цицерона, що Хіцетас припускав рух Землі, а в одного місця в Плутарха переконався я, що й інші були тієї ж думки . . . Спонукуваний цим, і я, в свою чергу, зачав придумувати рух Землі, вважаючи, що, подібно тому, як до мене дозволялося вимислювати довільні кола для пояснення небесних явищ, буде дозволено й мені спробувати, чи не знайду я для витлумачення цих рухів більш правдоподібні пояснення, припускаючи рух Землі».

Як бачимо, Копернік дуже турбується тим, щоб відхилити від себе тінь підоаріння в революційному новаторстві;*) з усіх сил намагається він обмежити в уяві читача глибину свого вимислу, широту своєї ініціативи; бо ж він — тільки черговий продовжува ч праць своїх давніх попередників, а не незалежний творець своєї власної оригінальної концепції . . . Для такого «дипломатичного» викривлення дійсності мав Копернік реальні підстави. Бо ж такі були тоді часи, такі життєві обставини! І без отів

*) По своєму змісту Копернікова наука, яка так радикально міняла людську уяву про світобудову, була актом революційним, але в своїй формі вона задержувала характер певної еволюційності. І при уложенії своєї системи світу Копернік відкинув лише один в двох основних принципів Арістотелевої науки — принцип центрального положення Землі у всесвіті та її нерухомості. Другий Арістотелів принцип — принцип колової форми планетних орбіт він залишив у повній недоторкальності, в наслідок чого і змущений був для висвітлення всіляких нерівномірностей у планетних рухах послуговуватись Птоломеєвою методою епіциклів.

невинної дипломатії навряд чи Коперніків твір побачив би широкий світ.

«Прийнявши ті речі, що їх приписується Землі в цьому творі, продовжуючи далі Копеюнік, я після довгих та многократних досліджень, прийшов нарешті до висновку, що коли віднести рухи інших мандрівних світил до кола, по якому рухається Земля, і на цій основі обчислити рухи кожного світила, то не лише зумовлені ними зявища випливатимуть як наслідки, але й самі небесні тіла та шляхи їхні, як щодо послідовності, так і щодо своєї величини, як також і саме небо покажуться в такім між собою звязку, що ніде, ані в одній частині не можна чогось змінити, не заплутуючи решти частин і всього цілого . . .

Коли б знайшлися порожні балакуни, які, хоч і зовсім недосвідчені в математичних науках, дозволили б собі осуджувати чи спростовувати мій почин, навмисне заправлюючи якесь місце Святого Письма, — я не стану звертати на них уваги. Математичні речі пишуться для математиків . . .»

Своїм рішучим тоном, твердою певністю своїх сил останні слова показуються так знаменними для скромного Коперніка. З них променів непорушна віра в міць і непомилність аналітичної методи математичного дослідження природніх зявищ. Із-за них встас в увесь свій зрист велична постать вдумливого, критично-мислячого вченого.

Але при всій методичності в своїй праці, при всій критичності й точності свого думання, Копернік залишався все ж сином своєї доби, оперуючи іноді — за тогочасною традицією — в своїх міркуваннях загальними абстрактними тезами та ап'єрними твердженнями. Дуже характерна під цим оглядом його теза про сферичну форму всесвіту. «Всесвіт, каже Копернік, має форму кулясту, бо в усіх геометричних тіл куля є тіло найбільш досконале, яке не потребує опертя; куля містить у собі найбільший обсяг, і з цієї причини найголовніші тіла, як от Сонце, Місяць і зорі мають також форму кулясту. І краплини води та інших рідин намагаються прийняти форму кулі, простуючи до самообмеження. Тому не може бути сумніву, що куляста форма властива і небесним тілам». Як бачимо елементи чистої метафізики перемішані в Копернікових думках з елементами досвідного знання, опертого на аналізі спостережених природніх зявищ. Потяг до цих емпіричних елементів у Коперніка глибокий, органічний, бо ж він виразно уявляє собі внутрішню їх силу. Але за тодішнього стану наукового знання Копернік не міг вишукати аргументи досвідного характеру для оборони своїх космогонічних тез. Тому він змушеній був послуговуватися для цієї оборони аргументами абстрактно-логічного порядку, легко дістаючись при цім до царини чистої метафізики, а то й звичайного ревонерства. А проте з деяких його аргументацій променів сила думки

та переконливість доказу. «Вважають, каже він, що Земля міститься в осередку всесвіту і протилежний погляд знаходять смішним, а між тим, звідки нам власне відомо, що Земля нерухома й рухається небесне склєпіння? Беручи під увагу величезну віддаль небесних тіл, тяжко собі представити, щоб вони могли закріслювати таке неосяжне коло на протязі всього лише 24-х годин. А потім, чому-саме безмежний всесвіт повинен обертатися довкола нікчемно-малої Землі?» Наведена цитата ілюструє, між іншим, одну характерну рису в системі наукового думання Коперніка, а саме те, що в його астрономічних побудованнях фігурує всюди просторове мірило — віддаль між складниками всесвіту, а зокрема міжпланетні відстані. До Коперніка жадний інший дослідник астрономічних проблем над цим питанням не зупинявся, як над другорядним і тому малоцікавим.

Аналізуючи тезу про зовнішню форму Землі, Копернік має вже змогу угрунтувати кулястий вигляд Землі за допомогою аргументів, вільних од метафізичного забарлення; бо ж тут розходитьсь про питання більш конкретного характеру, яке показується значно приступнішим для безпосереднього дослідження. Ті Копернікові аргументи — справні, їх не відкинула й сучасна нам наука.

Але переходячи до розгляду руху небесних тіл, Копернік знову віддає данину методологічним нормам стародавньої філософії. «Сонце

й Місяць, каже він, рухаються то швидче, то повільніше. Що ж до планет, то нам видається, що вони то рухаються просто, то стоять непорушно, то рухаються назад. Та проте треба припускати, що рухи ці відбуваються або по колу, або по ріжних колах, а то тому, що нерівність ця не могла б підлягати певним законам, не могла б відбуватися періодично, якщо б рух провадився не по колах. Не може бути, щоб просте небесне тіло рухалося нерівномірно по все тій же орбіті. Таке може трапитися лише завдяки несталості рушійної сили або ж особливим властивостям порушуваного тіла чи неоднорідності його частин. А що таке припущення противиться нашому розумові, то лишається припустити, що рівномірний рух лише видається нам нерівномірним».

Необзначеній з засадами динаміки, які значно пізніше викрив творчий дух геніяльного Ньютона, Копернік змушений для рішення багатьох питань, звязаних з рухом небесних тіл послуговуватись чистою метафізикою, яка легко приводить його до хибних висновків. Але ці хиби в деталях не загрожують основному правильному напрямові Копернікового думання. І свою головну тезу він ставить з усією ясністю та всією рішучістю, мобілізуючи для її умотивування всі можливі аргументи фізичного та логічного порядку.

«Майже всі письменники, каже Копернік, згідні між собою в тім, що Земля непорушна;

протилежна думка видається їм навіть смішною. Але, якщо приглянутись уважливіше, то виявляється, що питання це зовсім не можна вважати за вирішене і ним зовсім не слід нехтувати. Усяка помічена нами зміна положення предмету відбувається або в наслідок його руху, або ж руху спостерігача, або в наслідок їх відносного руху; якщо рухи обох рівні, то переміщення бував непомітне. Ми спостерігаємо небо над Землею; якщо ця остання має рух, то нам видається, що небо порушується в протилежний бік.»

Як бачимо, Копернік висловлює сучасну нам «засаду релятивності руху», спираючись на яку він зовсім грунтовно висвітлює здавальний рух небесного склепіння.

«Цілий небосхил має рух зо сходу на захід; якщо уявимо небосхил у спокою, а Землі дамо протилежний рух, цебто з заходу на схід, то одержимо ті ж самі зявища. Через те, що небо є тим, що містить, а Земля — тим, що міститься, то не видно причини, чом не припинати ліште рух містильному, ніж містимому». Як бачимо, знову поруч з аргументами порядку фізичного виринають аргументи характеру метафізичного.

Дуже влучно мотивує Копернік добовий рух Землі. «Якщо справедливо, каже він, що небесна сфера безконечна, то як розуміти, що вона обертається в 24 години? І чи не природніше припустити, що рух цей належить Землі, і тільки їй одній. Інакше, коли б вона оберта-

лась вкупі з небесною сферою, лише подекуди від неї повільніше*) (з причини меншого обсягу Землі), то ми б не помічали найменшої зміни в положенні світил на небесному склепінні: Сонце й зорі відносно спостерігача видавалися б постійно на все тому ж кутовому віддаленні від полуценника. Через те природньо пропустити, що Земля обертається довкола своєї осі, а небесна сфера нерухома Небо видається нам оберальним тому, що в дійсності обертається Земля. Що ж сказати тепер про хмари та про інші тіла, які носяться в повітря, як не те, що вони теж беруть участь в русі Землі? Цей рух — спільний усій атмосфері або, принаймні, тій її частині, що найближча до Землі; ця частина, приходячи в дотик із суходолом та водсю, наслідує той же рух, як і вся Земля».

Як бачимо, критичний розум Коперніків не залишає без уваги й тих деталів, що їх могли б висунути в дискусії в ними його суперники. І в освітленні їх він далеко випереджує свою добу та наближується до позицій сучасного нам наукового знання. Як широко та далекосіянно охоплює Копернік цілу проблему, можна бачити з того, що він не залишає без уваги навіть таку річ, як сила гравітації. «Щодо спадаючих тіл, каже він, то рух їх є зложеним із простолінійного та колового. Своїм тягарем вони спадають до осередку Землі, але, склада-

*) Тут Копернік має на думці неоднаковість лінійних скоростей при однаковості скоростей кутових.

ючи частину останньої, вони також беруть участь в її обертанні.»

Але після цих слів, що свідчать про так читку уяву авторову щодо дійсного фізичного змісту природніх зявищ, слідують далі слова, в яких Копернік віддає знову щедру данину середньовічній метафізиці з її абстрактно-апріорними твердженнями. «Простоліній рух, каже він, мають лише тіла виведені з природного свого положення. Бути поза своїм місцем — суперечить порядку цілого, і через те тіла ці намагаються досягти свого попереднього положення. При цім тіла ці рухаються нерівномірно, між тим як коловий рух завше рівномірний та не має нігде ані початку, ані кінця».

Дуже важливою точкою дальнього викладу, на якій Копернік уважно спиняється, є порядок взаємного розміщення планет. Проаналізувавши ціле питання, Копернік приходить до висновку, що «Венера й Меркурій обертаються довкола Сонця, яке займає середину, і через те можуть віддалятися від нього лише на величину, що відповідає лучеві їхніх орбіт; ці планети не обіймають своїми орбітами Землю, подібно до інших планет, але їхні орбіти звернені до неї своюю вигнутістю. А що ж означає це, як не те, що Сонце знаходиться в осередку цих орбіт? Таким чином орбіта Меркурія міститься всередині орбіти Венери, більше ніж удвічі від неї більшої, і знаходить достатнє для себе місце. Базуючись на цих міркуваннях, безпомилково можна віднести Сатурна, Юпі-

тера й Марса до того ж таки осередку: лишається тільки дати їхнім орбітам лучі, достатні для того, щоб орбіти ці містили в собі орбіту земну.

Планети ці, в часі свого протистояння, знаходяться на найближчій відстані від Землі; в часі ж сполучення*) вони найбільш віддалені від Землі, а це служить за достатній доказ того, що Сонце є осередок їхніх орбіт, подібно тому, як це ми бачимо у Венери та Меркурія. Але, підпорядкувавши всі ці тіла одному осередньому тілу, необхідно умістити до простору, що залишився поміж вигнутою орбітою Венери та угнутою — Марса та довкола того ж таки осередку також і сферу або орбіту Землі з її сопутником Місяцем та з усім, що знаходиться під Місяцем, бо ж ми жадним чином не можемо відокремити від Землі Місяць, так близький до неї і для якого в цім просторі знаходиться вповні достатнє й вигідне місце. Отже, не завагаємо припустити, що орбіта Місяця та осередок Землі на протязі року обігають довкола Сонця по великій орбіті, в осередку

*) «Сполученням» або «конюнкцією» та «протистоянням» або «опозицією» світил, що належать до групи т.зв. зовнішніх планет (орбіти яких лежать поза земною орбітою), звуться ті два граничні положення цих світил при їхніх переміщеннях відносно нерухомих зір, коли світило в найбільшій мірі наближується до Сонця, або в найбільшій мірі від нього віддаляється. В першому випадку світило й Земля опиняються по ріжні боки від Сонця, в другім випадку — по однім боці від нього.

якої знаходиться Сонце. Сонце ми вважатимемо за нерухоме, і на цій підставі всі здавальні рухи можуть бути пояснені рухом Землі. Луч цієї орбіти, який він великий не є, все ж дуже величезний в порівнянні з відстанями нерухомих зір.»

В останньому реченні знову виявляє себе далекосяжний розум Коперніків, його глибока вдумливість, його геніальна інтуїція. «З цим, каже далі він, можна погодитись тим легше, що цей простір виповнений великою кількістю орбіт, що припускають навіть ті, які приймають Землю за осередок. Треба взяти приклад з природи, котра не витворює нічого зважного, нічого безуничотного, а, навпаки, з однієї причини вміє виводити безліч вислідів. Усе це видається неприступним до зрозуміння і навіть неймовірним; але, з Божою поміччю, ми доведемо це ясніше сонця, принаймні для тих, що обзанайомлені з математикою.»

Ця фанатична віра в правдивість своєї ідеї, ця непохитна певність у підставності вихідних точок своєї теорії та у справності своїх висновків, посиленіх критичною аналізою та математичним опрацюванням досліджуваних проблем, — були причиною того, що й при певних формальних хибах свого викладу Коперніків твір у цілості імпонував своїм змістом та був у стані витримати тяжке змагання з Птоломеєвим «Альмагестом». Успіх у цьому змаганні було досягнуто не відразу; але минали десятиліття й сила розуму повільно але певно перемагала

силу традиції.*). Та було б проте хибним думати, що та сила духової інертності й недостачі критичного думання вже зовсім зкапітулювала. На протязі довгих віків вона зродила досить розсяглу «антикопернікіяну», цебто літературу, зкеровану на поборення провідної ідеї геліоцентричної концепції Коперніка; вона не відумєрла навіть і в ХХ. столітті, бо ще й тепер час од часу з'являються quasi-наукові твори, що мають на меті захитати основи Копернікової світобудови. Та основи ті, заложені творчим генієм великого мислителя, надто міцні й надійні, щоб їх могли захитати дитячі спроби їхніх противників. Час і людська наука працюють над дальшим їхнім зміцненням. А про силу й глибину життєвого Копернікового чину нагадує людськості лаконічний але многомовний напис на його надмогильному памятнику в рідному місті Торні:

NICOLAUS COPERNICUS THORUNENSIS
TERRAE MOTOR
SOLIS COELIQUE STATOR

цебто: Микола Копернік, торнівчанин, що зрушив Землю, зупинив Сонце й небо.

*) Що на Коперніків твір був достатній попит, свідчить той факт, що вже за 20 років по його смерті книгу було випущено другим виданням. Але скептичне відношення до виголошених Коперніком ідей виявляло себе нерідко і між передовими людьми тогочасної доби.

IV. Від Коперніка до Ньютона.

Розвій науки не йде рівномірним темпом; він то жвавішає, то стає більш млявим і повільним. По добах розквіту приходять доби застою, а то й підупаду наукового знання. Поруч із цими природніми змінами в процесі поступу науки, спостерігаємо ми в історичній перспективі ще й мутації іншого порядку, які з особливістю виразністю позначаються в сфері наук емпіричних: одні періоди наукового розвою виявляють себе переважно по лінії розбудови науки так би мовити «вшир», себто по лінії збирання й нагромаджування нових фактів, викриття незнаних досі зявищ, збагачення наукової скарбниці численішими, ширшими та докладнішими відомостями про ріжні життєві прояви; інші періоди, навпаки, в'язнуться з розбудовою науки так би мовити «вглиб» і характеризуються як періоди науково-критичного зпрацьовання здобутого перед тим сирового матеріялу, його упорядкування, відповідної систематизації й класифікації та встановлення пізніш логічно-причинових зв'язків як поміж самими новознайденими фактами, так рівноож і поміж ними та фактами старими, вже раніш

відомими. В перші періоди дослідницька думка скеровується головно в напрямі *аналізи* зявищ і при своїй праці користає переважно з *індуктивної* методи мислення; в другі періоди та думка простує головно в напрямі *синтези фактів* і послуговується переважно *дедуктивною* методою мислення. За перших періодів до успіхів у науково-дослідницькій роботі спричиняється *експериментальне мистецтво*, за других періодів святкує свої тріумфи *теоретична думка*. Немає сумніву, що взаємне чергування в еволюційнім розвитку науки періодів двох згаданих категорій — річ зовсім природня й логічно оправдана. Тому то подібне чергування ми, в тій або іншій формі, спостерігаємо в історії розвою всіх природничих наук, у тім числі також і астрономії. З цієї причини насліді не здивує, що по близькучім дебюті науково-теоретичної думки середньовіччя, яка в Коперниковім творі піднеслася до так високих верхівель наукової прогорливости, — приходить на зміну певна, хоч і не надто довга, доба, що не вносить вже власне нічого до сфери теоретичної науки, але зате збагачує астрономічне знання новими засобами та методами обсерваційного дослідження. Це розширює науковий обрій, вказує нові шляхи, дає до рук теоретиків багатий досвідний матеріал. Тим створюються необхідні передумови для чергового розквіту теоретичної думки, для широкої синтетичної праці, для нових наукових узагальнень у формі відповідних, досі невідомих

наукових закономірностей. На історичнім обрії з'являється постать вдумливого аналітика Йоганна Кеплера, що своїми осягненнями в сфері теоретичної астрономії творить широкий шлях Ісааку Ньютонові, цьому неповторному генієві всіх часів і народів. Так знову набирає сили процес творчої синтези — процес поглиблення основ нашого світорозуміння, що розкриває перед людською думкою нові наукові перспективи дає нову ширшу й далекосяяглішу інтерпретацію основних принципів космічного будівництва.

Коперникове вчення спочатку поширювалося досить повільно, хоч найвищий тогоденний авторитет — католицька церква, що від нової астрономічної системи очікувала реальних користей на полі удосконалення календаря — на перших порах поставилася була до неї з повною прихильністю.*) Але на початок

*) Це позитивне відношення пізніше однаке різко змінилося на протилежне. Року 1616-го, цебто 73 роки по виході в світ Коперникового твору, вища церковна влада видала наказ, в якім зокрема казалось: «Свята Конгрегація звернула увагу на те, що нині поширюється й багато ким приймається неправдива й цілком суперечна Св. Письму наука питагорійців про рух Землі в тому вигляді, який надали їй Коперник та деякі інші. Щоб така наука не поширювалась на шкоду католицькій істині, вирішила свята Конгрегація заборонити, аж до моменту виправлення їх, книжки Коперника та всіх інших, які вчать того ж. Отже всі

XVII. століття Копернікова концепція мала вже за собою значну частину передових верств тогочасного культурного загалу. До її скріплення та популяризації в значній мірі спричинилися своєю працею *Галілей*, *Браге* та *Кеплер*.

Безсумнівною позитивною рисою Копернікової системи було те, що вона внесла ясність в ідею світобудови, встановила основні її принципи та конструкційну схему, визначила роль поодиноких її складників, а окрема Сонця та Землі, нарешті виявила зasadничу ріжницю між планетами та рештою небесних світил, що утворюють збір нерухомих зір.

Якщо сестри нашої Землі — планети, подібно їй та її сопутнику Місяцю, не висилають власного світла, а лише відбивають світло Сонця, то поруч із цією аналогією напрошувється ще аналогія інша, а саме прирівняння Сонця, як самостійного світляного джерела, до подібних же джерел — небесних зір. До цієї ідеї вперше прийшов кінцем XVI. стол. італійський філософ, домініканський монах Джіордано *Бруно*, який висловив справедливу думку, що неру-

ці книжки, на підставі цього наказу підлягають забороні та прокляттю.»

Таким чином Коперніків твір опинився в реєстрі заборонених книг («Index librorum prohibitorum»). Під цією забороною Копернікове вчення перебувало аж дві сотні літ. Спроба знаного французького астронома *Ляянда* добитися зкреслення Копернікової праці з індексу не повелася; і лише р. 1882-го колегія кардиналів вирішила, що надалі Копернікове вчення можна без перепон ширити по католицьких країнах.

хомі зорі — це власне сонця, подібні до того, яке служить за осередок тіло нашої планетної системи, лише віддалені від нас на значно більші відстані; ці розкидані по космічних просторах сонця правдоподібно теж творять собою центри інших небесних систем.

Така думка розширювала до певної міри Копернікову ідею та остаточно усовувала тезу упривілейованого становища й виняткової ролі нашої планети у всесвіті (чим і набувала в очах тогочасного суспільства рис революційності, що зрештою привернуло до себе увагу все-могутньої Інквізіції, яка, за поширення єретичних думок, і послала — 17-го лютого 1600 р. — Бруна на смъртне вогнище).

Ствердженю цієї Брунової думки та створенню виразнішої уяви про неосяжність космічних віддалень сприяв винахід (у Голяндії, на весні року 1609) оптичного приладу для розгляду даліких предметів, що його вперше ужив для спостережень*) над небом Галілей.

*) Вивчення природних зявищ ми переводимо дотогою спостережень та досвідів. Під *спостереженням* або *обсервацією* ми розуміємо таке наукове дослідження, яке відбувається в природній обстанові, без жадного втручання з боку дослідувача; під *досвідом* або *експериментом* ми розуміємо таке наукове спостереження, яке відбувається в обстанові штучній, навмисне витвореній заходами дослідувача. Емп'річні науки послуговуються як спостереженням, так і досвідом; але тоді як одні з них користають переважно з експерименту, інші свою чинність базують майже виключно на обсервації. За типовий приклад дисциплін першої групи може служити хемія, за приклад дисциплін

Розкривши немало таємниць щодо планет (зокрема викривши «фази», подібні до тих, що їх ми спостерігаємо на Місяці, на найближчій до Землі планеті — Венері, а також установивши наявність чотирьох супутників у Юпітера), винайдений далекогляд власне нічого не розповів про світ нерухомих гір, які в воровому полі приладу не міняли істотно свого вигляду, лишаючись тим, чим вони випадали і для неуважного ока — світляними точками. Це нібіто промовляло за неосяжність глибин космічного океану, за необмеженість просторів всесвіту. Тогочасна філософія, в особі славновзвісного *Канта*, навязуючи свої думки до цих вислідів емпіричної астрономії, що зконстатувала неможливість і за допомогою люнети осягнути границь зоряного світу, — проводить аналогію між простором фізичним (реальним) та простором геометричним (уявним), кажучи, що перший ми маємо собі мислити так само, як і той другий, себто безмежним, узнаючи тим самим, що наш всесвіт немає означених границь. Ця Кантова ідея безмежності космосу довший час безkritично приймалася як наукова аксіома. Але розвиток математичних та фізичних знань, що почався з кінцем минулого століття й завершується за нашої доби, піддав ідею необмеженого космосу критиці та вініс до неї певні поважні корективи.

другої групи — астрономія. Томуто до астрономічних досліджень ми прикладаємо все терміни: обсервація, спостереження, обсервувати, обсерваційний і т. п.

Немає сумніву, що до розширення обсягу астрономічних знань, одержаних у спадщину від доби середньовіччя, у значній мірі спричинився згаданий уже Галілеїв винахід астрономічної люнети. Коли в травні 1609 року вчений європейський світ облетіла сенсаційна чутка про те, що в Голландії винайдено оптичний прилад, який далекі предмети робить мов би близькими, — *Галілей*,*) що перебував тоді

*) *Galileo Galilei* (1564—1642), видатний італійський фізик. Народився у вільному місті Пізі, де пізніше професорував в університеті та переводив свої наукові досвіди. Спочатку Галілей взявся за студії медицини, але полишив їх і віддався математиці та фізиці, що до них мав потяг ще з доби юнацтва. На 25-м році свого життя Галілей вже обіймав університетську катедру і враз виявляє себе як поступовий та незалежний у своїм думанні вчений. Така лінія поведінки, а зокрема відверта критика Арістотелевої фізики зробила негативне відношення до нього в його близчім оточенні і тому р. 1592 Галілей переходить до університету в Падуї. Дослідженням законів руху, а зокрема вільного спадання тіл, встановленням законів коливання маятника, ініціативою застосування маятника до вимірю часу (яку думку практично зреалізував пізніше *Гюйгенс*), вивченням характеру метового руху (цебто руху тяжких тіл, кинутих рівнобіжно до поверхні або під кутом до нього), конструкцією першого газового термоскопа (термометра без означеного скалі) та іншими досвідами Галілей зробив коштовні внески до скарбниці фізичного знання. Винаходом люнети він учинив незабутню послугу астрономії. Своєю ясною, відвертою та критичною думкою, що зокрема виявила себе в переконаній обороні Коперникового вчення, Галілей сприяв розвитку, формуванню та остаточному увільненню від пут середньовічної сколастики нової науки про природу, опертої єдино на дані, здобуті

у Венеції, відразу уявив собі фізичний підклад цього винаходу й поставив собі за завдання той винахід реалізувати. По терпеливій, довшій праці йому справді пощастило зконструювати оптичний прилад, що й дотепер має назву *Галілеєвої люнети*. (Оптичну систему її утворюють: зложена з двох окремих частин збиральна (дворигнута) сочка, що служить за об'єктив, та розсівальна (двоугнута) сочка, що служить за окуляр. Така оптична система вигідна тим, що дає не обернений (як то буває назагал в астрономічних телескопах), а простий образ розглядуваного предмету, через що показується придатною і для розглядування земних предметів). Потішений успіхом своєї праці, Галілей поспішив зверувати свій прилад до небесних просторів. Одна дивовижна несподіванка приходила на зміну другій. Чудодійний прилад розкривав чарівні таємниці космічних далин... І вже за три чвертини року від початку праці над своїм винаходом Галілей випускає в світ книгу «*Nuntius sidereus*» («Зоряний вістун»), в якій ділиться своїми враженнями від переведених спостережень над ріжними небесними об'єктами. Цей Галілеїв виступ притягав до себе загальну увагу, а одночас і зроджував настрій гострого обурення та неприхованої ворожості до сміливого автора. Адже ж у свою люнету Галілей не лише побачив гори на Місяці, не лише нарахував у сузірі Волосожару (Плеяд) досвідною дорогою. В цьому його незабутня заслуга перед духововою культурою людства.



Галілео Галілей
(1564—1642)

замісць 7 цілих 40 вірок, але також і викрив на Венері «фази», виявив, що Юпітер має чотирьох супутників, які кружляють довкола

нього так, як Місяць довкола Землі, а нарешті зауважив на Сонці плями (на Сонці, символі ясности й чистоти — плями! Яка ганебна безсоро мість, яке блузнірство!). Ці обсерваційні Галілееві здобутки, що так розширювали науковий обрій, були також у певній своїй частині неабияким свідоцтвом на користь Копернікової концепції. Адже ж Венерині «фази» промовляли за те, що це світило є справді планета, темне тіло, яке, подібно до нашого Місяця, світить відбитим од Сонця світлом, а не своїм власним, як усі нерухомі зорі; так само наявність у Юпітера сателітів, для яких він служить за осереднє тіло, каже за те, що схема, яку Копернік накреслив для системи небесних тіл, очоленої Сонцем, відтворюється в мініятюрі для групи небесних тіл, що її очолює Юпітер. До всього того такі висліди Галілеєвих обсервацій «розвінчували» Землю, огорожували ленду про її упривілейоване становище в космосі, про її, так би мовити «астрономічний аристократизм»... Бо що значить один супутник нашої Землі, коли якийсь там Юпітер має їх аж чотири! . . . Тому то поруч із зацікавленістю та славою ці Галілееві успіхи несли йому загрози й небезпеку. Однаке на хвилю мінлива доля обдарувала покривдженого життєвими обставинами вченого своїм ясним усмівом: на папський престіл прийшов кардинал Барберіні, великий Галілеїв приятель та протектор. Це надало Галілееві сміливости і він р. 1623-го випускає в світ новий свій твір — славнозвіс-

ний «Діялог про обидві найголовніші системи світу». В цьому творі дуже дипломатично, ховаючись за постать Сальвіяті, який провадить дискусію з прихильником Птоломеєвої концепції Симпліціосом, Галілей перевів оборону Копернікової системи світу, вклавши до уст Сальвіяті числені аргументи та докази на користь концепції геліоцентризму, що їх він старанно зібрав та уклав у завершену систему. «Діялог» мав величезний успіх. Але Галілеєві вороги не спали. Вони переконали папу, що в образі простакуватого Сімпліціоса Галілей вивів і висміяв самого найсвятішого отця. Цей наклеп вирішив справу. Сімдесятилітнього, хорого і втратившого зір Галілея поставлено перед суд Інквізіції. Перед ученим повстала дилема: піти слідами Бруна, або ж урятувати своє життя капітуляцією. Він вибрав, як відомо, останнє. Галілеїв «Діялог» опинився, розуміється, на індексі. Решту своїх днів, не вважаючи на дальнє поглиблення очної хороби, що привела його зрештою до повної сліпоти, Галілей провів у невтомній праці, вибираючи для неї такі астрономічні теми, які не могли спричинитись до нових його переслідувань. Одним із вислідів плідної Галілеєвої праці цього періоду було викриття явища т.зв. лібрації Місяця.*)

Кінець свого многотрудного

*) Рух Місяца відбувається так, що протяг часу, за який він обертається довкола власної осі, збігається з періодом його обігу довкола Землі. Через те до неї Місяць обернений завше одним своїм боком. Поскільки

життя Галілей присвятив проблемі визначення географічної довготи, що мала так велике значення для розвою мореплавства.

Винахід люнети дав до рук астрономів нову могутню зброю, що збагачувала висліди їхніх спостережень новими даними, так потрібними для розвязання питань теоретичної астрономії. Але процес пильного збирання й нагромаджування обсерваційного матеріялу розпочався ще раніше, ніж Галілей прийшов до свого винаходу. На цьому полі визначився своїми великими успіхами Тихо Браге,*) що своєю

однаке перший із згаданих рухів — рівномірний, а другий — подекуди змінний (орбіта Місяца — не колова, а еліптична, через що скорість його в ріжких точках орбіти неоднакова), — деяка мала частка протилежної половини поверхні Місяця показується нам то з одного, то з другого боку видимої половини. Це зважище і має назву *лібрації* Місяця.

*) *Тихо Браге* (1546—1601) славновісний данський астроном, основоположник обсерваційної астрономії. Стояв на тім васадничім становищі, що для своїх висновків і узагальнень астрономічна наука потребує насамперед відповідний по якості експериментальний матеріял, здобутий із докладних та систематичних спостережень. Тому цілу свою увагу звернув на піднесення техніки астрономічних спостережень. Користуючи з прихильності та щедрої фінансової допомоги данського короля Фридриха II, Браге вибудував на подарованій йому королем острові Гвені (в Зундській протоці) багато, як на ті часи, заряджену обсерваторію (*Ураніенборг*), в якій во своїми співробітниками



TYCHO

DRAHE

Tихо Браге
(1546—1601)

невтомною напружено-систематичною працею на протязі багатьох років зібрал багатий та цінний обсерваційний матеріал. Особливо звертають на себе увагу його спостереження над орбітою Марса, що їх він провадив на протязі 16 літ. Вони позначаються точністю в декілька хвилин, яка на ті часи була рекордна. По натурі своїй Браге був експериментатор, талановитий конструктор астрономічних пристрій, але не вчений з широким розмахом теоретичної думки, не творець нових концепцій. «Тихо Браге, каже Г. Слоука,*) нагромадив стільки спостережень, що сам намагався витворити нову теорію планетних рухів, яка задовольняла б усім вимогам. Браге не був однаке теоретик, а його система була лише відміною системи Птоломеєвої... Він добре усвідомлював точність своїх вимірювань та те, скільки може їм довіряти. З огляду ж на те, що з них

проводив він напружену дослідницьку працю. Нauково-плідна чинність обсерваторії, що нагромадила величезний матеріал, рантом однаке увірвалась, бо по смерті Фридриха II було сильно врізано урядову дотацію. Цей факт, як рівно ж ворожі випади особистих неприятелів, змусили Браге залишити (р. 1597) рідний край і шукати привітнішого місця. Його він знайшов у Празі, де зустрінув тепле й уважливе відношення з боку чеського короля Рудольфа II. Тут він наново організовує наукову працю, але в недовгім часі (р. 1601) її припиняє смерть цього невтомного дослідника. Але діло, що його започаткував Браге, успішно продовжує його талановитий учень Кеплер.

*) Hubert Slouka. Jan Kepler. «Časopis pro pěstování matematiky a fysiky», ríčník LX, стор. 49.

він не зміг знайти паралакси*) зір, а ці паралакси є необхідним вислідом обігу Землі довкола Сонця, — Браге був поставлений перед дилемою: або приняти Копернікове вчення без доказів, або ж довіритись своїм вимірам і лишитися при науці старій. Будучи переконаний в справності своїх вимірів, Браге лишився вірним їм, а тим самим і геоцентрічному вчення».

Відчуваючи однаке надмірну заплутаність Птоломеєвої системи, Браге не міг признати її правдоподібність, а тому зробив спробу створити свою систему власну, що являє собою по суті певний, дуже чудернацький компроміс між концепціями геоцентризму та геліоцентризму. Умістивши в центрі всесвіту Землю, Браге уклав таку схему: довкола Землі кружляють Сонце та Місяць, довкола ж Сонця обігають 5 планет: Меркурій та Венера — по колах, менших од соняшної орбіти, а Марс, Юпітер та Сатурн — по колах, од неї більших. Уся система міститься всередині сфери нерухомих зір, що обертається довкола власної осі в 24 години, втягаючи в цей оборотовий рух усі планети та Сонце.

*) *Паралакс* — здавальне переміщення світил по небесній сфері, викликане річним рухом Землі по орбіті. З причини величезних віддалень нерухомих зір (Найближча до соняшної системи зірка — α в сузір'ї Центавра — віддалена від нас на 4,3 світляних років, цебто на $407 \cdot 10^{11}$ кілометрів), — паралактичне переміщення випадає незвичайно малим і для свого викриття потребує прецизійних пристрійств, яких за часів Браге астрономія ще не мала.

Привернення Землі у привілейованого, центрального положення у всесвіті забезпечувало Браге, як особу, що займала урядове становище при королівському дворі, перед будь-якими прикростями. Але воно не прислужилося до збільшення його слави. І до анналів історії Браге увійшов як умілий конструктор нових приладів та здібний і працьовитий спостерігач, який однаке не спромігся належно використати нагромаджений довголітньою його працею коштовний обсерваційний матеріал. Той матеріал Браге полишив, як багату спадщину, своїм наступникам. З неї вміло вкористав його найближчий помішник Йоган *Кеплер*.

Подібно до античних грецьких філософів, Копернік обмежував обсяг своїх дослідницьких завдань питанням про просторове розміщення небесних тіл та про взаємне положення їхніх орбіт. Через те Копернікова система світу являла собою по суті тільки певну *геометричну* побудову, питання про фізичний зміст якої її автор полишив цілком відкритим. Воно йому було впрост таки не під силу; за тодішнього стану астрономічної науки навіть ставити це питання ще було передчасно. Потрібно було зажекати ще деяку добу; потрібно було здобути нові дані, нагромадити новий обсерваційний матеріал, щоб на основі його аналізи створити ті чи інші наукові гіпотези щодо фізичних висад світобудови. До розвязання цієї проблеми



Йоган Кеплер (1571—1630)

про фізичний підклад конструкції сонячної системи перший станув Йоган Кеплер.*)

Але

*) Йоган Кеплер (1571—1630) народився в селі Маштаті у Віртембергу. Молоді літа фізично-кволового й хоробливого Кеплера проминули серед дуже невідрядних обставин. Року 1584 він вступив до семінарії, а далі провадив студії у Тюбінгенськім університеті, де під керовництвом астронома Местліна ознайомився з Коперніковою системою. Кеплер «багато на тому виграв, а його астрономічний розвиток прискорився, поскільки його безпосередньо навчалося дивитися на всесвіт зо становища геліоцентричного» (H. Slouka; op. cit., стор. 50). Року 1594. Кеплера запрошено на вакантну катедру математики й астрономії в Грацькому університеті. Тут він розпочинає систематичну наукову працю й навязує листовні зносини з Тихо Браге та Галілеєм. Не бувши гарячим прихильником популярного за тих часів у науці про небо астрологічного напряму, Кеплер проте, з мотивів матеріального забезпечення своїх астрономічних студій, а також для здобуття моральної підтримки з боку впливових людей, — змушений був уділяти час астрологічним спекуляціям і складати гороскопи для своїх друзів і протекторів. Хвиля релігійних переслідувань змушує Кеплера, разом з іншою протестантською професурою, залишити р. 1599 Грац і помандрувати до Угорщини. Належно цінячи Кеплера як наукову силу, сгуїти намовили його до повороту, виклопотавши потрібний для того дозвіл. Але їхніх надій на перехід до католицтва Кеплер не справдив і тому вже р. 1600 змушений був виємігрувати знову. На запрошення Браге він переїздить до Праги, де й лишається аж до смерті (р. 1612) цісаря Рудольфа II. Ці 11 років по-значають собою найпродуктивніший період у життєвій чинності Кеплера. Тут, у Празі р. 1609. він випускає в світ свій найважливіший твір «Astronomia nova», що убезсмертнює його імя. Два роки пізніше виходить його «Dioptrica», в якій він, між іншим, подає опис свого оптичного винаходу — астрономічної люнети.

дю проблему йому пощастило розвязати лише частково, а саме зясувати тільки принципи небесної кінематики, полишивши натомісъ го-

Року 1619. виходить книга «Harmonices mundi libri V», що містить у собі II-й Кеплерів закон руху планет, викриття якого автор трактував, як завершення «космічної гармонії» (Кеплер взагалі був під помітним впливом Пітагорових ідей про світову гармонію). Далі р. 1621 Кеплер видає «Epitome astronomiae Copernicanae» («Витяг з Копернікової астрономії») — перший астрономічний підручник, оснований на геліоцентричній концепції, а ще перед тим випускає славнозвісні «Tabulae Rudolphinae» — астрономічні таблиці, які в своїм додатку містили: а) таблички логаритмів (що їх незадовго перед тим винайшов англійський математик Джон Непер, якому через те Кеплер і присвятив свою працю), б) таблички рефракції (поправок на зміщення небесних тіл наслідком заломлення світла в земній атмосфері), в) небесний каталог, що Його Браге уклав для 777, а Кеплер поширив на 1005 зір. На протязі майже цілого століття — аж поки їх не було замінено на краці — лишалися ці «Рудольфові таблиці» найціннішою підручною книгою для всіх тогочасних астрономів.

Останні роки Кеплерового життя пройшли на тлі матеріальних зліднів, нових релігійних переслідувань та інших життєвих прикоростей, що з-поміж них особливо дався Кеплерові в знаки процес його матері, яка, на підохріння своєї сусідки, обвинувачена була в чародійництві і мала б піти на муки допитів та смертне вогнище, коли б енергійні кроки її сина не врятували її від цього жахливого кінця. Усім цим безмежним насокам лихої недолі поклала край визволителька смерть, що приняла Кеплера в свої обійми 15 листопаду 1630. р.

Числені Кеплерові твори довший час лишалися невидані і трохи що не стали жетрою пожежі. За порадою відомого математика Ойлера (Euler) їх заку-

ловну частину проблеми — встановлення принципів небесної динаміки*) великові генієві Ісаака Ньютона.

Головний Кеплерів науковий дорібок складають три закони руху планет, що й понині несуть назву *Кеплерових законів*. Ці закони формулюються так:

1. *Всі планети кружляють по еліпсах, в однім із огнищ (фокусів) яких знаходиться Сонце.*

2. *Провідні лучі («радіуси — вектори»), себто прості, що сполучають положення планети на її орбіті з огнищем еліпса, в одинакові протяги часу закреслюють одинакові площини (рис. 3.).*

3. *Квадрати періодів обігів планет відносяться між собою як куби їхніх середніх віддалень від Сонця:*

пила російська цариця Катерина II, яка передала їх до Петербурзької Академії Наук. Тут вони лежали в забуттю, аж поки їх не розшукали у 30-х роках XIX. стол. Кеплерів земляк Х. Фріш, який, по дуже довгій і сумлінній підготовчій праці, любовно видав їх у р. р. 1858—1871.

**) Наука про рух — *механіка* поділяється на три основні відділи: *статику*, що досліджує умови, за яких тіла знаходяться в рівновазі та зберігають стан спокою; *кінематику*, що досліджує *явище руху* тіл, але обмежується лише зовнішнім, геометричним описом цього явища, не дошукуючись тих внутрішніх, фізичних причин, що рух викликали; і нарешті *динаміку*, яка досліджує саме оці причини, що викликають зміни в механічному стані тіл, переводячи їх із стану спокою в стан руху, або ж перетворюючи їхній простолінійний і рівномірний рух на рух криволінійний чи нерівномірний.

$$T_1^2 : T_2^2 = R_1^3 : R_2^3.$$

Перший Кеплерів закон визначає собою геометричний вигляд планетних орбіт та те положення, яке відносно цих орбіт займає осереднє тіло — Сонце, що міститься в однім із огнищ еліптичної орбітиожної в планет.

Другий Кеплерів закон є властиво законом руху. Він констатує нерівномірний характер планетного руху і встановлює залежність між скорістю планет і та її положенням на орбіті. Ця залежність є така, що при збільшенні відстані планети від Сонця скорість її маліє, а при зменшенні відстані — зростає. (Так що, наприклад, наша Земля має максимальну скорость, коли 1-го січня проходить через най-

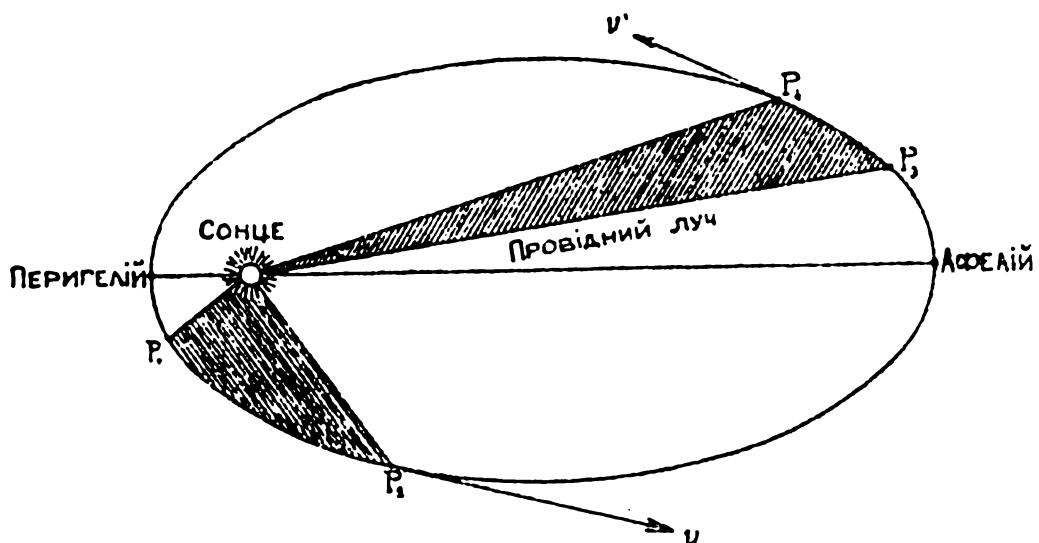


Рис. 3. Другий Кеплерів закон:

P_1P_2 та P_3P_4 означають дороги, які планета P вібдуває в одинакові протяги часу (площа SP_1P_2 = площа SP_3P_4); через те в сусістві в перигелієм планета має більшу скорость, як у сусістві в афелієм.

ближчу до Сонця точку своєї орбіти — т. зв. «перигелій», а мінімальну скорість, коли 2-го липня переходить через найбільш віддалену від Сонця точку своєї орбіти — т. зв. «афелій»).

Третій Кеплерів закон встановлює залежність поміж часом обігуожної планети довкола Сонця та величиною її відстані від нього.*) З цього закону слідує, що періоди обігу планет зростають в міру збільшення їхніх віддалень від Сонця, але не пропорційно до віддалення, а подекуди швидче. Це нам ілюструє наступна табличка:

<i>Планети</i>	<i>Відстань від Сонця.</i>	<i>Період обігу</i>
Меркурій.	58 міл. км.	88 днів
Венера	108 „ „	225 „
Земля	149,5 „ „	1 рік — „
Марс	228 „ „	1 „ 322 „
Юпітер	778 „ „	11 літ 315 „
Сатурн	1.418 „ „	29 „ 167 „
Уран	2.870 „ „	84 „ 5 „
Нептун	4.500 „ „	164 „ 287 „
Плутон	6.687 „ „	251 „ 270 „

Встановлення факту еліптичності планетних орбіт (що їх до того часу вважалося за колові), а поза тим ще інших двох так важливих астрономічних закономірностей, та ще й поданих у точнім, математичнім окресленні, — було, як на ті часи, неабияким науковим осягненням.

*) Таким чином можна сказати, що I-й Кеплерів закон відноситься до геометрії, II-й закон — до кінематики, а III-й закон — до динаміки планетних рухів.

I Кеплерові вислужено припала слава цього першого тріумфу теоретичної астрономії, що приніс йому почесний титул «Ньютонового предтечі».

З ім'ям Ньютона звязується нова епоха в розвитку астрономічного знання й наших поглядів на провідні принципи світобудови. Це ім'я знаменує вже початок модерного природознавства, перші підвалини якого і заклав Ньютонів геній. Оглядові цієї новітньої доби — починаючи від Ньютона й закінчуячи сучасним періодом — присвячено другу частину нашої праці.

ЛІТЕРАТУРА:

A. В мові німецькій:

1. *Dr. Artur Krause*. Himmelskunde für Jedermann.
2. *J. Jeans*. Wunderwelt der Sterne.
3. — Durch Raum und Zeit.
4. — Sterne, Welten und Atome.
5. *S. Newcomb*. Astronomie für Jedermann.
6. *Elis Strömgren*. Astronomische Miniaturen (I und II Samlung).
7. — Die Hauptprobleme der modernen Astronomie.
8. *Cl. Aug. Chant*. Die Wunder des Weltalls.
9. „*Zur Erforschung des Weltalls*“. Acht Vorträge über Probleme der Astronomie und Astrophysik; herausgegeben von W. Grotian und A. Kopff.
10. *Ernst Zinner*. Die Geschichte der Sternkunde von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart.

11. *Diesterweg*. Populäre Himmelskunde und mathematische Geographie.
12. *E. u. B. Strömgren*. Lehrbuch der Astronomie.
13. *K. Graff*. Grundriss der Astrophysik.

Б. В м о в і ч е с ь к і й :

1. *Dr. F. Link*. Jak poznává astrofysika vesmír?
2. *J. Lenz*. Nebesa vypravují.
3. *Č. Semerád*. Věda astronomická.
4. *D. Žanta*. Dějiny astronomie.
5. *H. Slouka*. O stavbě vesmíru.
6. *A. Dittrich*. Praehistorie našeho hvězdárství.
7. — Slunce, měsíc a hvězdy.
8. *J. Šimáček*. Rozměry vesmíru.
9. — Slunce, nejbližší hvězda.
10. *C. A. Chant*. Divy vesmíru.
11. *J. Jeans*. Tajemný vesmír.
12. — Moderní hvězdář a jeho filosofie.
13. „XX. století“, I. svazek: Daleké vesmíry a naše země.

В. В м о в і р о с і й с ь к і й :

1. *К. Фламмаріон*. Популярная астрономия.
2. *Ф. Клейн*. Астрономические вечера.
3. *С. Ньюком*. Астрономія для всіх.
4. *В. Стратонов*. Астрономія.
5. — Сонце.
5. *В. Мейер*. Законы небесной системы.
7. *Барон фон-дер Пален*. Новейшіе достиженія астрономіи.
8. *С. Н. Блајско*. Николай Коперник.
9. *С. Оппенгейм*. Астрономическое мировоззрение.
10. «Вселенная и человечество».



Адреса видавництва:

Jurij Tyščenko, nakladatelství, Praha II., Žitná 13.