
Історія науки

О.Ю. Колтачихіна

Еволюція моделей ієрархічної будови Всесвіту

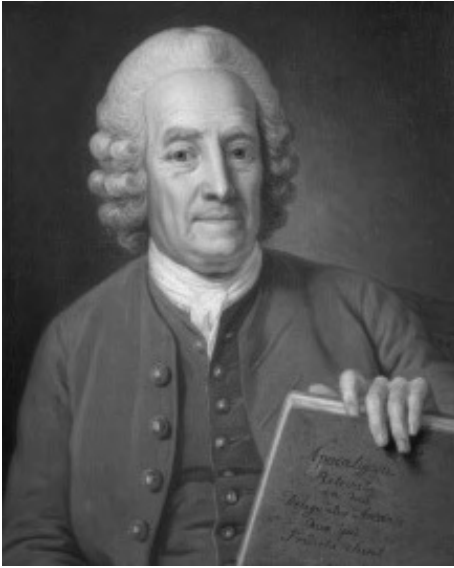
Вперше в україномовній науковій літературі детально досліджено історію розвитку ієрархічних моделей Всесвіту. Перша ідея космічної ієрархії ґрунтувалась на вихровій гіпотезі Р. Декарта і була запропонована Е. Сведенборгом. Докладно проаналізовано модель острівного Всесвіту Т. Райта, моделі ієрархічної будови Всесвіту І. Канта та Й. Ламберта, що ґрунтувались на теорії тяжіння І. Ньютона. Показано подальший розвиток ідей І. Ламберта у працях К. Шарльє.

XVIII ст. позначилося низкою переламних результатів в історії астрономії. Перші свідчення Г.Галілея про зоряну структуру Чумацького Шляху і деяких невеликих туманних плям на небі, відкриття Н.Л.Лакайлем більше чотирьох десятків нових туманностей, нерозкладних для телескопів того часу, приводили до висновку про величезні розміри і складність будови Всесвіту. Закон всесвітнього тяжіння Ньютона породив ідею динамічної упорядкованості світобудови. На початок XVIII ст. цей закон був перевірений лише для Сонячної системи, але відкриття Е.Галлеєм власних рухів зір (1718 р.) стало першим свідченням про можливу дію подібних, так званих центральних сил і в глибинах Всесвіту. Майже одно-

часно в першій половині XVIII ст. було висловлено низку космологічних концепцій: всі видимі зорі становлять систему, побудовану, як Сонячна; ідея острівних всесвітів, згідно з якою всі туманності розглядаються як далекі зоряні системи, подібні до Чумацького Шляху.

Однією з важливих ідей, висловлених у космології XVIII ст., була ідея нескінченної ієрархії космічних систем, кожна з яких здійснює рух навколо свого центру за законом всесвітнього тяжіння. Одну з перших ідей про ієрархічну будову Всесвіту запропонував шведський філософ Еммануїл Сведенборг¹ (1688–1772) у працях «Про принципи природи» і «Праці з філософії і мінералогії» [1]. У своїх міркуваннях Е.Сведенборг спирався на

¹ Еммануїл Сведенборг – шведський філософ і теолог. Його дослідження стосувались математики, фізики, механіки, астрономії, хімії, геології, мінералогії, анатомії, фізіології, техніки. Е. Сведенборг народився 29 січня 1688 р. у Стокгольмі. У 1709 р. він закінчив Упсальський університет. Протягом 1716–1718 рр. видавав перший у Швеції природничо-науковий журнал «Північний Дедал», потім протягом 30 років служив асесором у Королівському гірничому коледжі й багато зробив для розвитку гірничої та металургійної промисловості країни. До 40-х років XVIII ст. він видав понад 100 праць з природознавства та техніки. Наукові досягнення Е. Сведенборга були відзначені обранням його в члени Королівської шведської академії наук (1740), а також у почесні члени Петербурзької академії наук. Також він був членом Упсальського наукового товариства. У другій половині XVIII ст. філософсько-теологічні вишукування відвернули його від природничо-наукових досліджень. Е. Сведенборг помер 29 березня 1772 р. у Лондоні. У 1908 р. його прах перенесли в Упсальський собор.

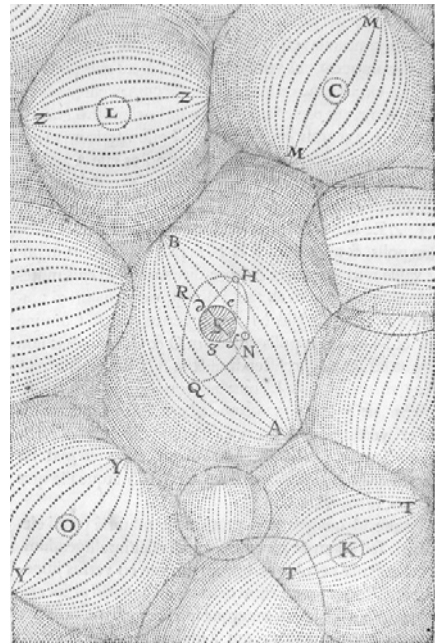


Е. Сведенборг

вихрову концепцію Всесвіту Декарта, яку картезіанці використовували для пояснення руху небесних тіл. Відповідно до поглядів Р. Декарта на початку творіння світ являв собою хаос, «змішання всіх частин Всесвіту» [2, с.392] і далі: «змішання повинно було врешті-решт привести до порядку Всесвіту, що існує нині» [там само]. Початкові частинки матерії були однакові за величиною і за рухом, що їм був властивий. З цього стану завдяки процесу розвитку, ідея якого пронизує всю теорію Декарта, з'явилось різноманіття форм матерії, що нині спостерігається. З часом через безперервний колоподібний рух кожної з дрібних первісних частинок та їх зіткнень між собою всі кути були згладжені й частинки матерії набули сферичної форми.

Уламки, що утворились у результаті процесу округлення, рухаються з великою швидкістю, розбиваються та заповнюють простір між сферичними частинками. У процесі вихороподібного руху менші частинки, більш легкі, рухаються швидше, збираються в центрі вихору, великі ж відтісняються на його узбіччя. У дея-

ких частинках виявляється третя форма матерії, це частинки, які «або дуже грубі, або мають форму, малопридатну для руху» [2, с.395]. З вказаних трьох форм матерії, відповідно до поглядів Р. Декарта, складаються всі тіла спостережуваного світу. Сонце та нерухомі зорі виникли з найдрібніших та рухомих частинок, небеса – з найбільш великих сферичних, частинки ж третього типу створили Землю, планети та комети. «Бо спостерігаючи, що Сонце та нерухомі зорі випромінюють світло, небеса його пропускають, Земля ж, планети та комети його відбивають, я вважаю, – писав Р. Декарт, – використовувати цю відмінність для розрізнення трьох елементів видимого світу» [там само].



Структура Всесвіту за Декартом [3]

Всесвіт Р. Декарт розділяв на три області: вихор навколо Сонця, вихор навколо зір, а все, що знаходиться поза цими двома областями, віднесено до третьої. Вихор навколо Сонця займає особливе положення, оскільки в ньому розташована Земля. Разом зі своїм вихором Земля

рухається по орбіті навколо Сонця, обертаючись навколо своєї осі, але водночас її можна вважати нерухомою, оскільки вона не змінює положення відносно частинок, що прилягають до неї. Виходячи з теорії вихорів, Р.Декарт намагався пояснити всі явища, що спостерігаються на небі, наприклад плями на Сонці, появу нової зорі, закони руху небесних світил.

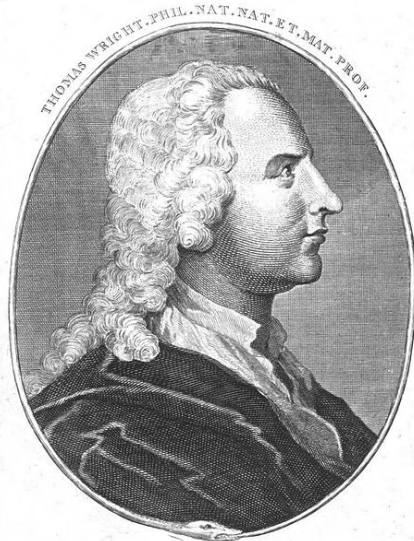
На відміну від Р. Декарта Е. Сведенборг вважав, що планети утворилися в сонячній речовині. Їх відокремлення відбулося завдяки розвитку вихору матерії, який, прискорюючись, розширювався під дією відцентрових сил. У деякий момент від зовнішніх частин відокремилося кільце матерії, що розбилося потім на окремі маси – першооснови планет. Виникнення супутників з речовини протопланет відбувалося аналогічним чином.

Відповідно до поглядів Е. Сведенборга, рух планет навколо Сонця пояснювався їх захопленням навколосонячним вихором. Як зазначає російський історик астрономії А.Й. Єремєєва, помилкова з точки зору законів механіки космогонічна гіпотеза Сведенборга містила в той же час цінну ідею еволюції матерії у Всесвіті [4]. У праці «Про рух і спокій Землі і планет» Е. Сведенборг стверджував, що періоди орбітального і осьового обертання планет, у тому числі Землі, поступово зростають (збільшується довжина року і доби), за рахунок чого планети наближаються до Сонця.

А.Й. Єремєєва відмічає, що в космології основною для Е. Сведенборга була ідея, згідно з якою всі явища і процеси в природі повинні підпорядковуватися деяким загальним принципам, незалежно від їх масштабів [4]. Е. Сведенборг багато досліджував магнітні явища і намагався перенести правильний розподіл найдрібніших частинок матерії щодо магніту на розподіл величезних космічних тіл – сонць. Згідно з його міркуваннями, смуга

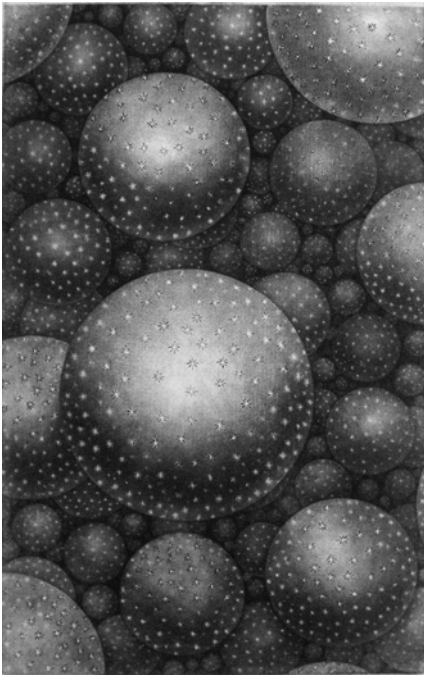
Чумацького Шляху повинна відповідати деякому особливому напрямку, щодо якого впорядковані зорі. Такий напрям на думку одних дослідників уявлявся як «вісь» системи зір (аналогічно вісі магніту), на думку інших – як її «екватор».

А.Й. Єремєєва відмітила головну цінність гіпотези Сведенборга у тому, що впорядкованість зір вперше пов'язувалася з якоюсь фізичною причиною, тобто Чумацький Шлях визначався як реально існуюча система зір, утримуваних разом фізичними силами. Е. Сведенборг висловив думку, що зорі Чумацького Шляху об'єднуються в гігантську зоряну систему, при цьому таких систем у Всесвіті може бути багато. Так, у праці «Землі у Всесвіті» він писав: *«Всесвіт містить більш ніж один світ. Це впливає з того факту, що зоряне небо величезне і містить незліченну кількість зір, кожна з яких у своєму світі є Сонцем з його власною Сонячною системою, схожим на наше Сонце, тільки всі вони різні за розміром»* [5, с. 4]. Таким чином, Е. Сведенборг першим висловив ідею космічної ієрархії – існування ще більш складних систем, елементами яких є Чумацькі Шляхи.



Т. Райт

Ідея реальної впорядкованості зір (проте на інших, теологічних, засадах) була в ці ж роки висловлена англійським астрономом Томасом Райтом² (1711–1786), ім'я якого вперше згадується в праці І. Канта, котрий на основі його космології розвинув свою теорію ієрархічного Всесвіту [6–10]. Твори Т. Райта залишились у рукописах і стали відомими лише в другій половині ХХ ст. завдяки американському історичному астрономі М. Хоскіну, у російськомовній науковій літературі – завдяки А.Й. Єремєєвій.



Острівні Всесвіти Т. Райта (1750) [12]

Астрономічним питанням Т.Райт присвятив дві свої праці: «Фізичні та математичні елементи астрономії ... » (1742)

та «Оригінальна теорія, або нова гіпотеза Всесвіту, що ґрунтується на законах природи і пояснює за допомогою математичних принципів основні явища спостережуваного творіння» (1750) [11]. Перша була популярним введенням до астрономії з великим історичним матеріалом. Значний науковий інтерес становить друга праця Т. Райта, в якій він намагається дати пояснення феномену Чумацького Шляху. Праця складається з дев'яти листів до друга. У перших двох листах міститься історичний матеріал (розглядаються праці Дж. Бруно, Х. Гойгенса, І. Ньютона, В. Дерхема, Дж. Грегорі, Дж. Мільтона, Е. Юнга). У своїй праці Т.Райт для описання Сонячної системи включає в неї комети, таким чином, наша планетна система вперше була представлена як планетно-кометна система.

У шостому листі дослідник аналізує питання розподілу зір у просторі. Якщо впорядковані планети і супутники, то мають бути впорядкованими і зорі. На основі відкриття Е.Галлея про власний рух у трьох зір Т.Райт припускає, що всі зорі можуть знаходитись у русі. Підсумкові ідеї астронома викладені в сьомому листі. Тут він описує два можливих пояснення смуги Чумацького Шляху. Т.Райт висловив ідею про особливу шарувату структуру зоряної світобудови. Зорі в ній зосереджені у відносно тонких сферичних шарах, що оточують центр Всесвіту. Смуга Чумацького Шляху створюється фрагментом тонкого сферичного шару, в якому знаходиться Сонячна система. Інша гіпотеза пояснення явища Чумацького Шляху полягала в тому, що зорі розташовувались навколо «божественного

² Томас Райт – англійський астроном, математик, архітектор. Він народився 22 вересня 1711 р. у Байерс Грін у графстві Дарем (Англія). Знання дослідник отримав самоосвітою. У 1730 р. Т.Райт заснував школу в Сандерленді, де викладав математику і навігацію. Пізніше він переїхав до Лондона, де викладав математику та астрономію. У 1742 р. російська імператриця Єлизавета запросила Т.Райта в Санкт-Петербурзьку академію наук на посаду професора навігації, але він відмовився. У 1746 р. Т.Райт переїжджає на один рік в Ірландію для вивчення її древньої історії. У 1755 р. він повертається на батьківщину, де викупив батьківський дім. Т.Райт помер 25 лютого 1786 р.

центра» кільцем і ніби повторювали у великих масштабах систему Сатурна. Зорі такого Всесвіту рухались би в кільцевій зоні подібно частинам, що складають кільце Сатурна. Відповідно до поглядів Т. Райта, зоряний Всесвіт може складатися з багатьох таких зоряних кільцевих шарів навколо їх центра. Таким чином, в обох моделях Чумацький Шлях розглядався як локальний зоровий ефект при спостереженні з товщі будь-якого сферичного або кільцевого шару і не відображав загальну структуру зоряного Всесвіту.

Наприкінці останнього, дев'ятого, листа Т. Райт повертається до космології: *«нескінченна Неосяжність являє собою необмежене зібрання Світобудов, мало чим відмінних від відомого Всесвіту»* (цит. за [9, с. 68]). І далі: *«Те, що це цілком імовірно, може відповідати дійсності, деякою мірою є очевидним з наявності багатьох хмарних плям, які ми спостерігаємо за межами наших зоряних областей і в яких крізь видимі світні простори не можна розрізнити жодної зорі ..., цілком імовірно, вони можуть бути зовнішнім Творінням, межуючи з відомим [нашим Всесвітом], але занадто далекими, щоб досягти їх навіть за допомогою наших телескопів»* [9, с. 69].

Перший текст твору Т. Райта 1750 р. залишився невідомим його першому послідовнику в космології німецькому філософу І. Канту (1724–1804), який при побудові своєї теорії ієрархічного Всесвіту посилається на працю Т. Райта: *«Райт Дерхем [Т. Райт із м. Дерхем – прим. автора], з трактатом якого я познайомився в «Hamburgische freie Urtheile» у 1751 р., вперше навів мене на думку розглядати нерухомі зорі не як розсіяну без спостережного порядку купу, а як систему, що має величезну подібність з планетною; оскільки у цій системі як планети знаходяться дуже близько до однієї загальної площини, так і нерухомі зорі розташовані максимально близько до певної площини, яку треба уявляти собі такою,*

що вона проходить крізь усе небо; найбільше скупчення зір біля цієї площини і утворює ту світлу смугу, яка носить назву Чумацького Шляху» [10, с.126]. Ознайомившись з ідеями Т.Райта лише в стислому їх переказі у журналі «Hamburgische freie Urtheile», І. Кант ототожнив Чумацький Шлях з ізольованою системою. Це зроблено було вірно, але не відповідно до поглядів Т. Райта. Кожний зоряний Всесвіт має свій «божественний центр», згідно з Т. Райтом. Як зазначає А.Й. Єремєєва, в межах релігійного світогляду було неможливо порушити рівноправність подібних центрів і тому у Т.Райта не могла виникнути думка розповсюдити ідею ієрархічної будови світу планет і супутників на зоряний Всесвіт. Помилку І. Канта описав американський дослідник історії астрономії М. Хоскін у 1970 р. [8]. У працях І. Канта були відкинуті теологічні міркування щодо законів Всесвіту Т. Райта, подальший розвиток отримали ідеї кінцевої нашої зоряної системи; впорядкованості її зір і їх обертання навколо центру цього Всесвіту; множинність таких зоряних Всесвітів, спостережуваних як туманності. І.Кант продовжив розвивати другу модель зоряного Всесвіту Т.Райта, усунувши з кільця «божественний центр». Таким чином, він отримав суцільну дископодібну зоряну систему, що проявляється в картині Чумацького Шляху.

Космологічні міркування І.Канта викладенні в його праці «Загальна природна історія і теорія неба» [10]. Основу всіх його міркувань становить принцип саморуху матерії: *«Елементи (частинки матерії), яким властиві сили для приведення один одного в рух, мають джерело життя в самих собі»* [10, с.156]. Цей саморух виявляє себе насамперед як притягання й відштовхування. Саме наявність цих протилежностей є за І.Кантом джерелом руху матерії. Він стверджував, що одне притягання, взяте окремо, може викликати лише однобічні зміни й тіль-

ки наявність поряд із притяганням відштовхування забезпечує кругообіг, «безперервність життя природи».



І. Кант

Первісним станом природи, відповідно до поглядів І. Канта, було загальне розсіяння первинної речовини всіх небесних тіл або атомів: «всі речовини, з яких складаються небесні тіла нашої Сонячної системи, тобто всі планети й комети, були спочатку розкладені на свої первинні частинки та заповнювали весь світовий простір» [10, с.155]. Світ виник з хаосу завдяки розвитку матерії: «я вважаю, що початковим станом природи було загальне розсіяння первинної речовини всіх небесних тіл» [10, с. 122]. У просторі загальний спокій триває тільки одну мить. Матерія із самого початку прагне до формування. Розсіяні елементи з більшою густиною завдяки притягання збирають навколо себе всю матерію з меншою густиною, самі ж вони разом з матерією, яку вони приєднали до себе, збирають у тих точках, де знаходяться, ще більш щільні частинки, а ці частинки так само збираються навколо ще більш щільних і т.д. Кінцевим результатом цієї

взаємодії було б утворення різних згустків, що, завершивши своє формування, вічно знаходилися б у стані спокою і нерухомоті завдяки рівності притягання.

Однак природа має про запас ще інші сили, які проявляються головним чином тоді, коли матерія розкладена на дрібні частинки, завдяки їм ці частинки відштовхують одна одну і своїм опором силі притягання породжують той рух, що являє собою нібито довготривале життя природи. І.Кант вважав, що весь нескінченний Всесвіт перебуває в стані розвитку і в своїй космогонії не обмежувався розглядом еволюції Сонячної системи, а робив спробу зрозуміти її походження. Чумацький Шлях, за І. Кантом, являє собою зоряну систему, багато в чому схожу на Сонячну, що має центральне тіло, навколо якого обертаються зорі зі своїми планетними системами. Ця зоряна система сплюснута, і Сонце перебуває недалеко від її центральної площини. Подібних систем у Всесвіті величезна кількість, і вони в свою чергу можуть об'єднуватися в системи вищого порядку. Розглядаючи Чумацький Шлях як кінцеве утворення і разом з тим як ланку в просторово нескінченному Всесвіті, допускаючи існування у Всесвіті систем більшого порядку, І.Кант підійшов до ідеї структурної нескінченності Всесвіту: «*Весь безмежний Всесвіт має характер системи і частини його знаходяться у взаємному зв'язку*» [10, с. 148].

Гіпотеза Канта містить дві важливі ідеї: про залежність кількості частинок у Всесвіті від їх ваги та виникнення первинних випадкових флуктуацій густини в початковому середовищі під дією негравітаційних сил та про необхідність досягнення при цьому критичної маси для початку стійкого процесу згущення. Перша ідея знайшла розвиток в працях Дж. Гамова, друга – Дж. Джінса (теорія гравітаційної нестійкості), подальше уза-

гальнення – в працях Я.Б. Зельдовича (теорія космічних млинців).

Ідеї про ієрархічну будову Всесвіту І. Канта не були розроблені для опису Всесвіту за межами Сонячної системи на конкретному астрономічному матеріалі. До кінця XVIII ст. його міркування залишалися невідомими для наукового світу. Незалежно від І.Канта німецький математик, фізик, астроном, філософ Й. Ламберт (1728–1777) розвинув свою модель ієрархічної будови Всесвіту у праці 1761 р. «Космологічні листи про устрій Всесвіту» [13], узагальнивши відомі космологічні факти. Структура світу Ламберта виходила з ньютонівських засад математичної фізики і теорії тяжіння. Він, як і І. Кант, в «Загальній природній історії й теорії неба», вважав принципи Ньютона фундаментом космології.



Й. Ламберт

Перші космологічні дослідження Й. Ламберта відображені у «Фотометрії» (1749), де у розділі «Про блиск нерухомих зір і про їх відстані» він представив Чумацький Шлях як екліптику зір, що обертаються навколо деякого загального центру. У наступній праці

«Космологічні листи про устрій Всесвіту» дослідник детально побудував свою картину ієрархічного Всесвіту, яка була найбільш повна, тісно пов'язана зі спостереженнями, на противагу до праць його попередників. Будова Всесвіту, згідно з поглядами Й. Ламберта, являє собою ієрархічну драбину космічних систем. Сонце з оточуючими його планетами і кометами розглядається як система першого порядку. Скупчення зір, одним з яких є Сонце, утворюють систему другого порядку, побудовану за аналогією з першою: рух її тіл відбувається навколо велетенського сонця, що знаходиться в центрі системи. Чумацький Шлях як сукупність таких скупчень утворює систему третього порядку, яка в свою чергу обертається навколо надгігантського центрального тіла. Але Чумацький Шлях не єдина система такого масштабу, далекі туманності Й. Ламберт вважав зоряними системами, аналогічними до Чумацького Шляху. Крім того, звернувши увагу на крайню видиму неоднорідність яскравості Чумацького Шляху, Й. Ламберт виділив проміжну систему між системами другого і третього порядків – великі зоряні скупчення в самому Чумацькому Шляху. До однієї з таких проміжних систем він відносив всі спостережені із Землі зорі разом із Сонцем. Як зазначає А.Й. Єремєєва, це його твердження – «Зорі, що знаходяться поза цього Шляху, складають одну тільки систему, яка є наша», – блискуче підтвердилося відкриттям у XX ст. «Місцевої системи» зір у Галактиці [4].

Екстраполюючи свій підхід за межі спостережуваного Всесвіту, Й.Ламберт висував ідею існування і більш високих порядків космічних систем.

На протилежність І. Канту, який в існуванні квазістабільних космічних систем вбачав результат тривалого космологічного розвитку, Й. Ламберт розглядав

стабільність космічних систем як дещо дане. В умовах порівняно широких космічних зв'язків підсистеми можуть тривало існувати тільки у випадках, якщо більш широка система, що охоплює їх, відносно стабільна та не змінюється за час існування її підсистеми. З цього Й. Ламберт по окремих космічних об'єктах і системах міг робити висновки щодо структури всього Всесвіту. Згідно з його поглядами, значна маса кожної системи зосереджена в її центрі тяжіння. Таким чином, кожна система має центральне тіло, маса якого близька до маси всієї системи. Зі збільшенням розмірів системи зростає і маса відповідного центрального тіла. Вчений вважав, що при збільшенні центрального тіла можуть змінюватися його фізичні якості. Тобто центральне тіло великої системи повинно мати істотно інші фізичні властивості, ніж планета або зоря. Центральне тіло Чумацького Шляху Й. Ламберт уявляв собі деяким темним утворенням, його мінімальний діаметр він оцінював розмірами Сонячної системи (на той час $3 \cdot 10^9$ км), а максимальний – у 18 світлових років ($17 \cdot 10^{16}$ км). Густина центрального тіла за Й. Ламбертом становить близько 10^3 г/см³. Тоді, якщо воно однорідне, його маса для мінімального діаметра – 10^{46} г, а для максимального – $2 \cdot 10^{16}$ г, тобто 10^{27} сонячних мас, що перевищує масу відомого нам Всесвіту в 105 разів.

На відміну від І. Канта, Й. Ламберт допускав можливість існування і «порожніх» геометричних центрів обертання систем. Згідно з теоріями І. Ньютона та А. Ейнштейна такі центральні тіла Й. Ламберта були б у Всесвіті невидимими

“чорними дірками”, які здатні динамічно впливати на навколишні тіла тільки своєю гравітацією. Причина цього в тому, що їх гравітаційні радіуси значно більше геометричних і світло не може вийти з них.

Допускаючи існування «порожніх» геометричних центрів обертання систем, Й. Ламберт схилився більше до ідеї «центрального сонця» і за центр нашої системи вважав туманність Оріона, прийнявши її за єдине тіло. У концепції Й. Ламберта, на відміну від концепції І. Канта, Всесвіт структурно не нескінченний, у ньому передбачалося існування єдиного загального нерухомого центру, навколо якого обертаються всі наявні тіла і системи. Як відмічає А.Й. Єремеева, космологічна концепція Й. Ламберта була результатом глибокого логічного аналізу конкретних фактів. Незважаючи на повноту побудованої ним картини Всесвіту, він не претендував на створення закінченого вчення про будову Всесвіту. Біографи його відзначали, що він був взагалі рішучим противником створення будь-якої системи, вважаючи, що наші знання недостатні для побудови цілого [4].

Ідеї Й. Ламберта були відроджені на початку ХХ ст. У 1908 р. вийшла праця шведського фізика та астронома К. Шарльє³ (1862–1934) про багатоступінчастий Всесвіт, а в 1921 р. більш докладний її варіант – “Як може бути побудований нескінченний світ” [14–17; 18, с.81]. Згідно з його поглядами, відомі нам зорі складають Чумацький Шлях, або галактику I порядку G_1 . Скупчення Чумацьких Шляхів утворюють галактику II порядку G_2 . Сукупність галактик II порядку складає галактику III порядку G_3 і т.д. Таку побудову можна продовжувати нескінченно.

³ Карл Шарльє – шведський астроном. Основні роботи відносяться до небесної механіки, зоряної астрономії і космології. Він народився в Естерсунді 1 квітня 1862 р. Освіту вчений здобув в Упсальському університеті. Протягом 1884–1887 рр. він працював асистентом в Упсальській обсерваторії, в 1887–1888 рр. був доцентом Упсальського університету, в 1888–1890 рр. – асистент у Стокгольмській обсерваторії, в 1890–1897 рр. працював на посаді астронома-спостерігача Упсальської обсерваторії, у 1897–1927 рр. – професором астрономії та директором обсерваторії Лундського університету. К. Шарльє помер 5 листопада 1934 р.



К. Шарльє

Для простоти викладок К. Шарльє припустив, що всі галактики кулясті й зорі в них розташовані рівномірно. Розглядаючи характер руху об'єктів G_{i-1} у галактиці G_i , К. Шарльє стверджував, що він відбувається по еліптичним орбітам, центри яких співпадають з центрами інерції системи G_i . Відповідно до поглядів К. Шарльє, розміри і ексцентриситети еліпсів можуть бути різними, але час обертання T однаковий для всіх об'єктів системи і визначається як: $T = 488,6 \sqrt{\delta}$, де δ – густина системи. Звідси випливає, що до закінчення часу T галактика повертається до свого початкового стану. Тобто, якщо для Чумацького Шляху T порядку 10^9 років, то через мільярд років розподіл зір у ньому буде таким самим, як зараз. На підставі своєї ієрархічної моделі К. Шарльє робить висновок, що в структурно нескінченному Всесвіті фотометричний і гравітаційний парадокси усуваються, якщо відстані між рівноправними системами достатньо великі порівняно з їх розмірами і якщо безупинно зменшується середня густина космічної матерії у міру переходу до систем більш високого порядку.

Математично ця умова записана К. Шарльє у вигляді: $R_i : R_{i-1} > N_i^2$ [16, с.187]. Така залежність густини речовини в Метагалактиці не спостерігається. Пояснення фотометричного парадоксу К. Шарльє відкидається в сучасній космології. Нині дослідження Всесвіту засновані на космологічному принципі, згідно з яким, Всесвіт однорідний та ізотропний. Детальне математичне пояснення фотометричного парадоксу було подано В. Томсоном у 1901 р. і ґрунтується на твердженні про скінченність часу існування Всесвіту. Оскільки (за сучасними даними) понад 13,75 млрд. років тому у Всесвіті не було галактик і квазарів, найбільш віддалені зорі, які ми можемо спостерігати, розташовані на відстанях близько 13 млрд. світлових років. Це усуває основну передумову фотометричного парадоксу, те, що зорі розташовані на будь-яких, як завгодно великих, відстанях від нас. Всесвіт, що спостерігається на великих відстанях, настільки молодий, що зорі ще не встигли в ньому утворитися. Таки підхід не суперечить космологічному принципу, з якого випливає безмежність Всесвіту: обмежений не Всесвіт, а лише та його частина, де за час приходу до нас світла встигли народитися перші зорі. Деякий (істотно менший) внесок у зменшення яскравості нічного неба дає і червоний зсув галактик [19].

У сучасній стандартній космології ієрархічна теорія лежить в основі великомасштабної структури Всесвіту – структурі розподілу матерії на найбільших спостережних масштабах. Експериментально підтверджено, що планета Земля входить до Сонячної система, остання знаходиться у складі Чумацького Шляху. Він знаходиться у скупченні галактик (Місцева група, до якої входить близько 30 галактик). Місцева група знаходиться у складі надскупчення галактик – над-

скупчення Діви, або Місцевого надскупчення. На масштабах порядку 300 мегапарсеків дотримання ієрархічної структури припиняється [20–22].

Авторка щиро вдячна зав. відділу історії науки і техніки ЦДПІН ім. Г.М. Доброва НАН України професору Ю.О. Храмову

за увагу до роботи та кандидату фізикоматематичних наук, історіку астрономії Державного астрономічного інституту ім. П.К. Штернберга Московського державного університету А.Й. Єремєєвій за надісланий матеріал.

1. Sigstedt C. The Swedenborg Epic. The Life and Works of Emanuel Swedenborg / C.Sigstedt. - New York: Bookman Associates, 1952 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: The Swedenborg digital library: <http://www.swedenborgdigitallibrary.org/ES/epicfor.htm> .
2. Декарт Р. Сочинения. – 2 Т. / Р.Декарт. – М.: Мысль, 1989. – Т. 1. – С. 297–422.
3. Оригінальна праця Р.Декарта [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://129.15.14.63/images/jpg-100dpi-5in//17thCentury/Descartes/1644/Descartes-1644-110.jpg>.
4. Еремеева А.И. Астрономическая картина мира и ее творцы / А.И. Еремеева. – М.: Наука, 1984. – 224 с.
5. Сведенборг Э. Земли во Вселенной / Э. Сведенборг; пер. Д.Ю. Васильева. – Днепропетровск: Полиграфист, 2001. – 98 с.
6. Thomas Wright manuscripts 1730–1786 / Durham University Library, Archives and Special Collections. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://reed.dur.ac.uk/xtf/view?docId=ead/sci/wrightt.xml>
7. Paneth F.A. Thomas Wright of Durham and Immanuel Kant / F.A.Paneth // The Observatory. – 1941. – Vol. 64. – P.71–82.
8. Hoskin M. The Cosmology of Thomas Wright of Durham / M.Hoskin // Journal for the History of Astronomy. – 1970. – Vol. 1. – P. 44–52.
9. Еремеева А.И. Томас Райт / А.И.Еремеева // Земля и Вселенная. – 2011. – № 5. – С. 62–72.
10. Кант И. Сочинения. – 6 т. / И.Кант. – М.: Мысль, 1963. – Т.1. – С. 115–263.
11. Wright T. An Original Theory or New Hypothesis of the Universe (1750). A facsimile reprint together with the first publication of a Theory of the Universe (1734). Introduction and Transcription by Michael A. Hoskin (the History of Science Library: Primary Sources) / T.Wright. – London: Macdonald; New York: American Elsevier, 1971. – 101 p.
12. University of Glasgow Library's photostream [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.flickr.com/photos/uofglibrary/4499167815/in/photostream/> .
13. Lambert J.H. Kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues / J.H.Lambert. – Augsburg, 1761. – 246 s. - Те ж саме. Ламберт И.Г. Система мира славного Ламберта, изданная г. Мсриапом, членом Берлинской Академии и словесных наук. Перевод с фр. М.Розина / Н.Г.Ламберт. СПб., 1797. – 256 с.
14. Carl Vilhelm Ludvig Charlier // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1935. – Vol. 95. – P.339-341.
15. Charlier K.V.L. How Infinite can be built up / K.V.L.Charlier // Arkiv for matematik, astronomi och fysik. – 1922. – Bd. 16, № 22. – P. 1–34.
16. Charlier C.V.L. On the Structure of the Universe (Hitchcock Lectures at the Uniuersity of California. April, 1924. Fifth Lecture) / Charlier K.V.L. // Publications of the Astronomical Society of the Pacific. – 1925. – Vol. 37, № 218. – P.177–191.
17. Шаронов В.В. Островная теория Вселенной / В.В.Шаронов // Мирозведение. – 1926. – № 1, Апрель. – С. 1–22.
18. Harrison E.R. Cosmology: the Science of the Universe / Harrison E.R. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 567 p.
19. Фотометричний парадокс // Астрономічний енциклопедичний словник / [за заг. ред. І. А. Климшина та А. О. Корсунь]. – Львів: ЛНУ; ГАО НАНУ, 2003. – С. 500.

20. Шандарин С. Ф. Крупномасштабная структура Вселенной / С. Ф. Шандарин, А. Г. Дорошкевич, Я. Б. Зельдович // УФН. — 1983. — Т. 139, вып. 1 — С. 83–134.
21. Пиблс Ф. Дж. Э. Структура Вселенной в больших масштабах / Ф. Дж. Э. Пиблс. — М.: Наука, 1983. — 408 с.
22. Geller M.J. Mapping the Universe / Geller M.J., Huchra J.P. // Science. — 1989. — Vol. 246, № 4932. — Pp. 897–903.

Одержано 05.12.2011

О.Ю. Колтачихина

Эволюция моделей иерархического строения Вселенной

Впервые в украинской научной литературе детально исследована история развития иерархических моделей Вселенной. Первая идея космической иерархии основывалась на вихревой гипотезе Р. Декарта и была предложена Э. Сведенборгом. Детально проанализированы модель островной Вселенной Т. Райта, модели иерархического строения Вселенной И. Канта и И. Ламберта, которые основывались на теории тяготения И. Ньютона. Показано дальнейшее развитие идей И. Ламберта в трудах К. Шарлье.