

ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ

42011

В ШКОЛІ

ІНДЕКС 74637

УКРАЇНСЬКИЙ ШЛЯХ
ГЕОДЕЗИЧНОЇ ДУГИ
СТРУВЕ

АНТРОПНИЙ ПРИНЦИП
В АСТРОНОМІЧНІЙ ОСВІТІ

МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОЦЕСУ
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ
ТВОРЧОЇ ЗАДАЧІ

СОЛЯЧНО-ЗЕМНІ ЗВ'ЯЗКИ
ТА ЇХ УПЛИВ НА ЛЮДИНУ

видавництво
**ПЕДАГОГІЧНА
ПРЕСА**



Антропний принцип як стрижнева ідея фундаменталізації астрономічної освіти

Сергій КУЗЬМЕНКОВ

Ось людина. Яким має бути Всесвіт?
Дж. Уілер

Ідея єдності людини і Всесвіту. Глибокий зв'язок між фундаментальними властивостями Всесвіту, його параметрами (наприклад, кількістю фундаментальних взаємодій, фундаментальними константами, що їх характеризують) та наявністю в ньому життя (і людини) встановлює антропний принцип (АП). Хоча в сучасному формулюванні він став відомим завдяки Брендону Картеру в 1973 р. [6], необхідність такого зв'язку усвідомлював, наприклад, ще К. Е. Ціолковський. «Той космос, що ми знаємо, — писав він, — не може бути іншим», оскільки існування людини не випадкове, а притаманне космосу. І далі: «Чому ж усе виявляється в тій, а не в іншій формі, чому існують ті, а не інші закони природи? Адже можливі й інші...» [2]. А. Ейнштейн з відомих причин ставив питання так: «Що мене дійсно глибоко цікавить, так це — чи міг Бог створити світ іншим?» [2].

Мабуть, думка про те, що людина та її життя тісно пов'язані з космосом, із Всесвітом, губиться в глибині століть. Але вперше в історії ця ідея є науково обґрунтованим положенням. «У цьому — фундаментальне філософське значення антропопринципу» [1].

Раніше [9] ми визначили ідею єдності людини і Всесвіту як одну зі стрижневих ідей астрономічної освіти. Сьогодні в школі в розділі «Життя у Всесвіті» вивчають поняття про АП, воно навіть окремим пунктом увійшло до Державного стандарту базової і повної середньої освіти. Проте багаторічний досвід спілкування з учителями на курсах підвищення кваліфікації свідчить про те, що брак знань і незрозуміння суті проблеми часто призводить до того, що цей матеріал на уроках астрономії не розглядають. Мета даної статті — надати вчителям допомогу щодо викладання цієї складної та неоднозначної теми.

Збіги великих чисел. Заради історичної справедливості потрібно сказати, що аргументацію, яка за суттю подібна до так званого слабкого АП в його сучасному формулюванні, було оприлюднено в 1961 р., задовго до появи самого терміна «АП». Тоді відомий фізик Роберт Дікке вступив у полеміку з Полом Діраком на сторінках журналу *Nature* у зв'язку зі славнозвісними збігами «великих чисел».

Справа в тому, що Артур Еддінгтон, один із засновників сучасної теорії будови зір, виходячи з того, що повна кількість протонів у Всесвіті може якоюсь мірою впливати на фізичні сталі, оцінив

цю кількість у 1923 р.: $N \sim 10^{80}$. Строго кажучи, це можна зробити в припущенні замкненої (закритої) моделі Всесвіту — моделі зі скінченим об'ємом.

П. Дірак у 1937 р. розглянув два інших великих числа. Перше стосується співвідношення між кулонівською та гравітаційною силами взаємодії протона й електрона. Для відношення цих сил дістаємо

$$N_1 = \frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{Gm_p m_e} \approx 0,23 \cdot 10^{40}$$

де $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл — заряд електрона;

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/Н · м² — електрична стала;

$m_p = 1,6 \cdot 10^{-27}$ кг — маса протона;

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг — маса електрона;

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м²/кг² — гравітаційна стала.

Наступне велике число — це вік спостережуваного Всесвіту (Метагалактики), але виражений не в роках чи секундах (тобто не в «людських» одиницях вимірювання), а в деяких «ядерних» одиницях часу. За таку одиницю можна взяти час, потрібний світлу, щоб поширитися на відстань, що дорівнює характерному розміру, наприклад, протона ($\sim 10^{-15}$ м). Враховуючи, що швидкість світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, для «ядерної» одиниці часу отримуємо $\tau \sim 10^{-23}$ с. Таку одиницю іноді називають темпоном, або хрономом [7]. Якщо вважати, що вік Метагалактики становить $t_M \approx 15$ млрд років ($\sim 10^{17}$ с), то

$$N_2 = \frac{t_M}{\tau} \sim 10^{40}$$

П. Дірак прийняв, що $N_1 \sim N_2$ (рівність за порядком величини). Зрештою, не принципово вимагати більшого від двох таких великих чисел. Крім того, виявилось, що

$$N_1 \sim N_2 \sim \sqrt{N} \sim 10^{40}$$

Цей збіг таких неймовірно величезних чисел настільки вразив деяких фізиків, що вони приписали йому глибокий фізичний зміст. У 1938 р. Дірак писав [3]: «Можна припустити, що такий збіг є наслідком певного глибокого зв'язку в природі між космологією та атомною теорією».

Зазначимо, що таких безрозмірних великих чисел, що концентруються навколо «магічного» числа 10^{40} , можна навести до десятка [7].



Першу спробу інтерпретації збігу чисел N_1 та N_2 зробив саме П. Дірак. Він міркував так. У чисельнику формули, що визначає N_2 , стоїть вік Мегагалактики, який із часом зростає. Оскільки $N_1 \sim N_2$, то має зростати й число N_1 . Тоді виявлялося, що не всі фізичні сталі зберігають одне й те саме значення в процесі еволюції Всесвіту. «Підозра падала» як на маси елементарних частинок m_p , m_e , так і на елементарний заряд e , і на гравітаційну сталу G . Або з часом мав би збільшуватися елементарний заряд, або зменшуватися маси протона й електрона, або також зменшуватися гравітаційна стала. Перші дві можливості слід було відкинути, адже сталість заряду і мас елементарних частинок підтверджувалася не тільки багатьма лабораторними експериментами, а й однаковим перебігом фізичних і хімічних процесів у повсякденному житті. Інша справа — гравітаційна стала, оскільки вона грає істотну роль лише в космічних масштабах, під час взаємодії великих мас. Отже, П. Дірак дійшов висновку, що гравітаційна стала з часом має зменшуватися.

Проте згодом стало зрозуміло, що необхідне зменшення з часом значення величини G мало б значні геологічні, астрономічні й кліматичні наслідки [7]. Зокрема, радіус Землі в наш час був би на кілька сотень кілометрів більшим, ніж у часи формування твердої оболонки нашої планети. Сама планета в минулому мала б розташовуватися помітно ближче до Сонця, ніж тепер (відстань до Сонця мала б збільшуватися щороку приблизно на 5 м за рік). Водночас світність Сонця була б у минулому істотно вищою, оскільки вона великою мірою залежить від гравітаційної сталої (можна показати, що $L \sim G^2$ [7]). Тому й температура на поверхні Землі в докембрійський період сягала б 300 °С, отже, Світовий океан у той час (600 млн років тому) мав би кипіти, що суперечить даним палеонтології. Відтак гіпотезу Дірака було відкинуто.

Альтернативне пояснення збігу N_1 та N_2 запропонував Р. Дікке. Він звернув увагу на виділений характер космологічної епохи, для якої існує такий збіг. Ця епоха безпосередньо пов'язана з характерним часом перебігу певних фізичних процесів у Всесвіті, що є необхідними для виникнення життя й розуму. Можна сформулювати низку таких умов, проте Дікке обрав одне — існування хімічних елементів важчих, ніж Гідроген і Гелій. Основу живої матерії на Землі становить Карбон, хоча Нітроген і Оксиген також вкрай необхідні. Цих елементів не було в первісному Всесвіті. Тому їх не було й у зорях першого покоління. Їх наявність у сучасному Всесвіті зумовлена нуклеосинтезом, що відбувається в надрах зір. Саме там температура сягає десятків і сотень мільйонів кельвінів і вище й утримується впродовж сотень

мільйонів або навіть мільярдів років. Відтак виникають умови для перетворення певної частини зоряної речовини на важкі хімічні елементи. Однак для того щоб ці елементи стали хімічними будівельними блоками життя, їх потрібно розсіяти Галактикою. Це відбувається завдяки спалахам наднових. Таким спалахом — вибухом закінчують своє життя дуже масивні зорі (з масами $M > 12M_{\odot}$, де M_{\odot} — маса Сонця), перетворюючись при цьому на нейтронні зорі або чорні діри. Як колись зазначив відомий англійський астрофізик Джеймс Джинс, наші тіла складаються з попелу давно згаслих зір [3].

Отже, життя у Всесвіті не може виникнути доти, доки щонайменше одне покоління зір не завершить свій життєвий цикл і залишки наднових не розсіюються в міжзоряному середовищі, збагачуючи його Карбоном та іншими важкими елементами. Характерний час життя такої зорі як Сонце становить приблизно 10 млрд років, що збігається за порядком величини з віком спостережуваного Всесвіту. Життєвий цикл масивніших зір є коротшим, але для збагачення міжзоряного середовища достатньою кількістю важких хімічних елементів, мабуть, потрібно щоб не одне покоління масивних зір завершило свій життєвий шлях. Сонце сьогодні відносять до зір щонайменше п'ятого покоління. Отже, згідно з висновком Р. Дікке людина існує саме в сучасну епоху, тому й збігаються великі числа N_1 та N_2 .

На тлі розглянутих та інших подібних збігів Б. Картер і сформулював антропний принцип (АП). Його доповідь на Міжнародному симпозіумі в Кракові (1973 р.) мала саме таку назву: «Збіги великих чисел і антропологічний принцип у космології» [6] (із часом замість слова «антропологічний» закріпилася назва «антропний»).

Слабкий АП. «Наше положення у Всесвіті з необхідністю є привілейованим у тому сенсі, що воно має бути сумісним з нашим існуванням як спостерігачів» (за оригіналом) [6]. Тобто слабкий АП указує на привілейованість, особливе положення нас як спостерігачів у просторі-часу Всесвіту. Особливість нашого положення в часі ми вже з'ясували. Проте ідея, що ми займаємо особливе, нетипове місце у просторі взагалі суперечить загальній спрямованості революції М. Коперника. Запереченням виділеного положення Землі в Сонячній системі (на той час — у системі світу) Коперник започаткував традицію, що впливала на наукову думку протягом понад чотирьох століть. Справді, у більшості аспектів Землю можна розглядати як цілком звичайну і типову планету серед величезної кількості подібних космічних тіл, що обертаються навколо інших зір сонячного типу. Однак на сьогодні потрібно зважати на кілька важливих обставин. По-перше, серед відкритих більш ніж 500 планет у інших зір (екзопланет) є лише

кілька подібних до Землі. Найменшу масу серед них має одна з чотирьох виявлених планет у зорі Глізе 581. Її маса удвічі-утричі перевищує масу Землі (ця невизначеність спричинена невизначеністю кута нахилу площини орбіти планети до променя зору). Маса ще кількох планет становлять від 4 мас Землі й більше. Астрономи розуміють, що це явний «ефект селекції», пов'язаний з методами виявлення екзопланет. Методи, які застосовували донедавна, давали змогу виявляти лише дуже масивні планети — типу планет-гігантів Сонячної системи. І лише з березня 2009 р. почала працювати спеціальна космічна обсерваторія «Кеплер», призначена для пошуку планет саме земного типу, але час оприлюднення результатів, на думку керівників проекту, ще не настав. Тому важко сьогодні говорити про поширеність планет, подібних до Землі, в Галактиці. Серед фахівців панує думка, що їх навряд чи менше, ніж планет-гігантів. У Сонячній системі їх точно половина.

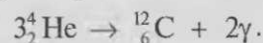
По-друге, сьогодні ми чітко усвідомлюємо унікальність Землі навіть серед планет земної групи в нашій Сонячній системі. Вона єдина, на думку багатьох фахівців [4], перебуває в так званій зоні існування навколо Сонця (circumstellar habitable zone), де умови сприятливі для життя людини. Ця зона, за розрахунками С. Доула [4], простягається від 0,725 а. о. до 1,24 а. о. (нагадуємо, 1 а. о. — середня відстань від Землі до Сонця). Ці розрахунки було отримано в припущенні, що хоча б 10 % поверхні планети мають середню річну температуру в діапазоні від 0 °С до 30 °С, найвища середньодобова температура не перевищує 40 °С, а найнижча середньодобова температура — вища за -10 °С. Венера перебуває якраз на внутрішній межі цієї зони, а Марс — поза зовнішньою межею (його середня відстань від Сонця становить 1,526 а. о.). І справді, ці сусідні планети нині повністю не придатні для життя. Проте слід мати на увазі, що Марс ще й істотно (у 9 разів) менший від Землі за масою, тому він інтенсивно втрачає свою атмосферу, що в сучасних умовах унеможливує існування води в рідкому стані на його поверхні.

За масою Земля також перебуває в середині достатньо вузького діапазону мас планет, придатних для життя, оскільки маса має бути більшою, ніж 0,4 маси Землі, щоб могла утворитися і зберегтися придатна для дихання атмосфера, але меншою, ніж 2,35 маси Землі, щоб прискорення вільного падіння на поверхні не перевищувало 1,5g [4]. І за іншими важливими параметрами, як-то осьовий період і нахил осі обертання, ексцентриситет орбіти, Земля займає оптимальну позицію.

По-третє, є ще одна важлива обставина, яка підкреслює нашу привілейованість у просторі. Сонячна система перебуває близько до так званого коротаційного кола нашої Галактики, де швидкості обертання речовини диска і спіраль-

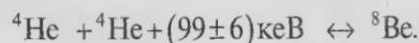
них рукавів (хвиль густини, що поширюються по галактичному диску) збігаються. Усередині кола коротації зорі й газ диска рухаються по орбітах швидше від спіральної хвилі густини, а ззовні цього кола швидкість обертання спіральних рукавів є вищою. Це створює особливі умови для еволюції Сонячної системи, виникнення й подальшого підтримування життя на Землі. З розрахунків випливає, що «досонячна газопилова хмара» проходила крізь один з рукавів десь 5 млрд років тому, що, можливо, стимулювало формування об'єктів Сонячної системи та визначило особливості її хімічного складу (наприклад, унаслідок близького спалаху наднової зорі, що збагатило цю хмару Карбоном та іншими важкими хімічними елементами, необхідними для життя). Вже достатньо довго Сонячна система перебуває в спокійному місці — між двома спіральними рукавами, які жодним чином не впливають на неї. Водночас у самих рукавах масово народжуються зорі, в тому числі блакитні надгіганти, вони швидко (порівняно з віком Сонця) вибухають як наднові. Після виникнення життя близький спалах наднової може його знищити. Оскільки від виникнення життя на Землі до створення цивілізації минуло приблизно 3 млрд років і цей час можна вважати певним характерним часом для створення технічно розвинутої цивілізації, то і в Галактиці можна ввести «зону існування», подібну до такої в Сонячній системі. Середина такої «галактичної зони існування» припадає якраз на коротаційне коло. Ця зона достатньо вузька порівняно з радіусом коротації, ширина її не перевищує 2 кпк (радіус коротації, за різними розрахунками, становить від 8 до 10 кпк, а радіус Галактики, як відомо, — 15 кпк).

Сильний АП. Проте деякі збіги у світі не вдавалося пояснити за допомогою слабого АП. До таких належить, наприклад, процес утворення Карбону. Як відомо, Карбон у Всесвіті утворився завдяки так званому потрійному α -процесу, який за визначених умов ($T \geq 80 \cdot 10^6$ К) відбувається в надрах червоних гігантів і надгігантів:



Проте ймовірність зустрічі трьох ядер ${}^4_2\text{He}$ є дуже малою, а тривалість зіткнення двох ядер — лише 10^{-21} с. Як же у Всесвіті утворилася існуюча кількість Карбону?

Виявляється, що потрійний α -процес відбувається в два етапи. *Перший етап:*

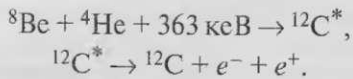


Значення енергії в дужках означає, що без неї ця реакція не відбудеться. Отже, для ${}^8\text{Be}$ (час існування нестабільного ядра становить $\sim 10^{-16}$ с) вигідно зазнати розпаду. Якби ядро ${}^8\text{Be}$ було б стабільним, то другий етап, що приводить до утво-

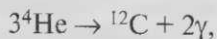


ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

рення ^{12}C , із часом ставав би все менш ймовірним, оскільки ^4He вичерпувався б на утворення ^8Be . Ядро ^8Be , що не встигло розпастися, зливається з ядром ^4He (другий етап):

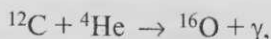


Ймовірність перебігу реакції в два етапи є набагато більшою, ніж ймовірність реакції



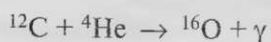
оскільки ядро ^8Be «живе» в 10^4 разів довше, ніж триває зіткнення ядер Гелію.

Але це ще не все. Тут має місце ще одна дивна обставина. Справа в тому, що швидкості ядерних реакцій немонотонним чином залежать від енергії частинок, що зіштовхуються. Існують так звані резонансні рівні енергії, за яких швидкості реакцій стрімко зростають. Ці рівні енергії визначаються тільки структурою ядра — продукту реакції. Один з резонансних рівнів ядра ^{12}C (7,65 MeV) лише трохи перевищує суму енергій спокою ядер ^8Be і ^4He (7,3667 MeV) — цей розрив легко долається внаслідок високої температури в надрах зорі. Без цього рівня ефективність утворення елемента Карбону була б меншою, ніж, наприклад, спалювання в реакції



і Метагалактика була б настільки бідною на Карбон, що навряд чи виникло б життя у відомому нам вигляді. Саме такого роду міркування привели Фреда Хойла до того, що на початку 1953 р. він передбачив існування рівня 7,65 MeV і приблизно через тиждень виявив його разом з експериментаторами Каліфорнійського технологічного інституту. Відомий російський фізик Л. Б. Окунь якось висловився: «Коли дивишся на діаграму енергетичних рівнів ядра ^{12}C (іх більш ніж тридцять у інтервалі приблизно 30 MeV) і бачиш перших три рівні 4,43 MeV, 7,65 MeV та 9,64 MeV, то душу охоплює почуття глибокої вдячності до рівня 7,65 MeV за те, що він не опустився на 0,5 MeV нижче. Який малий запас міцності в усього, що ми так цінуємо!» [10].

На відміну від реакції злиття ядра Берилію і α -частинки реакція

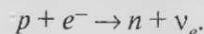


є нерезонансною й відбувається дуже повільно (резонансна енергія ядра ^{16}O дорівнює 7,1187 MeV, що менше від суми енергій спокою ядер ^{12}C і ^4He (7,1616 MeV), а висока температура і, отже, велика кінетична енергія цих ядер тільки збільшують «розлад» резонансу).

Як бачимо, неспроможність слабкого АП пояснити такі збіги нашою була Б. Картера на фор-

мулювання сильного АП, згідно з яким «*Всесвіт (і, отже, фундаментальні параметри, від яких він залежить) має бути таким, щоб у ньому на певному етапі еволюції припускалося існування спостерігачів*». Для більшої наочності Б. Картер перефразує відоме висловлювання Р. Декарта: «*Cogito, ergo sum*» («Я мислю, отже, існую») на «*Cogito, ergo mundus talis est*» («Я мислю, тому світ такий, який він є») [6].

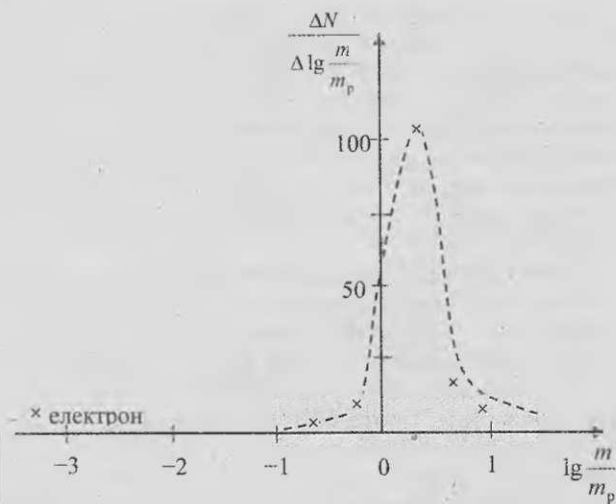
Для ілюстрації унікальності нашого Всесвіту і тонкого підстроювання його під існування людини (спостерігача) можна навести ще багато прикладів (на надзвичайну важливість розмірності простору, а саме його тривимірності, ми вже звертали увагу [8]), проте обмежимося лише одним. Стабільність атома Гідрогену забезпечується найсуворішим обмеженням — законом збереження енергії, який забороняє за звичайних умов реакцію



Справді, адже маса електрона в енергетичних одиницях (фактично — це енергія спокою електрона $m_e c^2$) $m_e \approx 0,5$ MeV менша від різниці мас нейтрона m_n і протона m_p , яка становить $m_n - m_p \approx 1,3$ MeV. Така реакція відбувається тільки під час народження нейтронних зір, коли температура зоряної речовини сягає мільярдів кельвінів і швидкості електронів наближаються до швидкості світла. Легко переконалися, що зі збільшенням маси електрона, наприклад утричі (за незмінності різниці $m_n - m_p$), ця реакція відбувалась би за скільки завгодно низьких температур. Стало б енергетично вигіднішим перетворення всіх протонно-електронних пар на нейтрони, а не навпаки, як тепер, розпад вільного нейтрона. Це призвело б до колапсу не тільки атома Гідрогену, а й до зникнення всіх атомів і молекул. Зорі та галактики цілком складалися б з нейтронів, складних форм речовини, в тому числі органічних сполук, не було б. Всесвіт змінився б кардинально.

«**Ансамбль світів**». Сильний АП підштовхує нас до теологічного погляду на світ, приводить до ідеї Творця, Конструктора цього світу. Матеріалістичною (у межах сучасної науки) альтернативою таким поглядам є ідея «ансамблю світів» (останнім часом все частіше використовується назва «мультиверс») — всесвіт із різними фундаментальними властивостями, в одному з яких умови випадково виявилися сприятливими для виникнення життя. За влучним висловлюванням відомого космолога О. Л. Зельманова, ми є свідками саме такого світу та процесів, що в ньому відбуваються, оскільки в інших світах усі процеси відбуваються без свідків [5].

Одним із свідчень на користь гіпотези «ансамблю світів» може бути приклад знову ж таки з електроном. На мал. 1 представлений розподіл елементарних частинок за масами [11]. Оскільки розкид



Мал. 1. Розподіл частинок за масами

за масами перевищує чотири порядки, то його подано в логарифмічному масштабі. По осі ординат відкладено кількість частинок, що припадають на одиницю маси (у логарифмічному масштабі), за одиницю маси прийнято масу протона. Пунктирна крива — апроксимація експериментальних даних. З мал. 1 видно, наскільки електрон є «нетиповою» частинкою. Усі частинки за масою концентруються навколо протона, і тільки електрон «вискакує» далеко ліворуч, у бік дуже малих мас. Нагадаємо, що електрон «легший» за протон майже

в 1840 разів, проте для існування відомого нам Всесвіту його маса не може бути навіть утричі більшою.

Відомий астрофізик І. Л. Розенталь, апроксимуючи цей експериментальний розподіл простими степеневими функціями, оцінив ймовірність появи частинки з масою, що дорівнює масі електрона. Ця ймовірність виявилася надзвичайно малою — меншою за 10^{-5} [11]. Таке значення цілком можна розглядати як флуктуацію в ряду подібних значень. На підставі цього та інших фактів І. Л. Розенталь доходить висновку: «Мабуть, наша Метагалактика — гігантська флуктуація (у сенсі числового значення фундаментальних сталей) серед інших всесвітів. Ця флуктуація — основа складної структури Метагалактики» [12].

Слід зазначити, що гіпотеза флуктуаційного походження всіх фундаментальних фізичних сталей є давно відомою, її широко обговорювали в науковій літературі. Про це говорив ще Л. Больдман. Символічною є назва однієї з книжок [3], присвячених ролі фундаментальних сталей у спостережуваній структурі Всесвіту.

14 листопада 2010 р. інтернет-сайт «Астрономічна картинка дня» (створений NASA) представив комп'ютерну ілюстрацію мультиверса (мал. 2 на с. 3 обкладинки). На цій ілюстрації кожний всесвіт зображений окремим колом або сферою, а людське око символізує думку, що деякі всесвіти можуть реалізуватися лише в мозку людини.

(Закінчення див. на с. 3 обкладинки)

Антропний принцип як стрижнева ідея фундаменталізації астрономічної освіти

Сергій КУЗЬМЕНКОВ

(Закінчення. Початок див. на с. 20)

Висновки

1. Антропний принцип дав усвідомлення нетиповості, унікальності положення людини у Всесвіті як у просторі, так і в часі, так само, як й усвідомлення унікальності спостережуваного Всесвіту. Людина — продукт саме такої Землі, такого Сонця, такої Галактики і саме такого Всесвіту. У цьому полягає їх єдність.

2. Антропний принцип як ніколи досі загострив питання: «Чому Всесвіт такий?». З цього приводу влучно висловився І. Л. Розенталь: «Можна по-різному оцінювати фізичне значення антропного принципу. Проте потрібно віддати йому належне в одному. Розвиток антропного принципу істотно сприяв узаконенню запитання: «Чому світ збудований так, а не інакше?». Раніше задовольнялися питанням: «Як збудований світ?» [12].

3. Ми поділяємо думку Ю. В. Александрова, що «цей принцип означає новий, глибший рівень пізнання еволюційних зв'язків між різними шаблями організації та руху матерії» [1]. У цьому полягає його величезне загальнонаукове та світоглядне значення.

4. Науково обґрунтована ідея, що наш Всесвіт може бути не єдиним, що Всесвіт, як усе існуюче, може складатися з нескінченної кількості міні-всесвітів з різними властивостями є, безумовно, кроком уперед у пізнанні світу. Ідея мультиверса є адекватною відповіддю прибічникам доцільності існуючого Всесвіту, який, на їх думку, був створений Конструктором саме з метою забезпечення можливості існування в ньому високоорганізованих структур, включаючи розумне життя (це не означає, що ідея Конструктора не має права на існування, проте світська освіта має передусім піклуватися про формування наукового світогляду).

5. Антропний принцип як основа ідеї єдності людини і Всесвіту дійсно може бути стрижневою ідеєю фундаменталізації астрономічної освіти, оскільки він зачіпає та пов'язує різні розділи астрономії — від планет до Всесвіту в цілому, об'єднує ядерну фізику, фізику елементарних частинок і космологію.

І насамкінець наведемо дві цитати з наукової спадщини А. Д. Сахарова. В одній зі статей він писав: «Деякі автори вважають антропологічний принцип неплідним і навіть таким, що не відповідає науковому методу. Я з цим не згодний. Зазначу, зокрема, що вимога застосовності фундаментальних законів природи в істотно інших, ніж наш Всесвіт, умовах може мати евристичне значення для знаходження цих законів» [13]. А цими словами завершується Нобелівська лекція А. Д. Сахарова (1975 р.): «Я захищаю також космологічну гіпотезу, згідно з якою космологічний розвиток Всесвіту повторюється в основних своїх рисах нескінченну кількість разів. При цьому інші цивілізації, у тому числі більш «вдалі», мають існувати нескінченну кількість разів на «попередніх» та «наступних» до нашого світу сторінках книги Всесвіту. Проте все це не повинно применшити нашого священного прагнення саме в цьому світі, де ми, як спалах у темряві, виникли



Мал. 2. Мультиверс: чи існують інші всесвіти?
(Автор К. Пиковер)

на одну миттєвість із чорного небуття безсвідомого існування матерії, здійснити вимогу Розуму і створити життя, гідне нас самих та Мети, що ледве вгадується нами».

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров Ю. В. Астрономія: Іст.-методолог. нарис. — К.: Сфера, 1999. — 88 с.
2. Гиндилис Л. М. SETI: Поиск Внеземного Разума. — М.: Изд-во физ.-мат. лит.-ры, 2004. — 648 с.
3. Девис П. Случайная Вселенная. — М.: Мир, 1985. — 160 с.
4. Доул С. Планеты для людей. — М.: Наука, 1974. — 200 с.
5. Зельманов А. Л. Проблема экстраполябельности, антропологический принцип и идея множественности вселенных / Вселенная, астрономия, философия. — М.: Изд-во МГУ, 1988. — С. 77—79.
6. Картер Б. Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии / Космология: Теория и наблюдения. — М.: Мир, 1978. — С. 369—380.
7. Климишин И. А. Релятивистская астрономия. — М.: Наука, 1989. — 288 с.
8. Кузьменков С. Г. Йоганн Кеплер і революція в астрономії // Фізика та астрономія в шк. — 2009. — № 3. — С. 3—6.
9. Кузьменков С. Г. Фундаменталізація астрономічної освіти. 1. Стрижневі ідеї // Там само. — 2010. — № 11—12. — С. 27—31.
10. Окунь Л. Б. Фундаментальные константы физики // УФН. — 1991. — Т. 161. — № 9. — С. 177—194.
11. Розенталь І. Л. Вселенная и частицы. — М.: Знание, 1990. — 64 с.
12. Розенталь І. Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. — М.: Наука, 1984. — 112 с.
13. Сахаров А. Д. Космологические переходы с изменением сигнатуры метрики // ЖЭТФ. — 1984. — Т. 87. — Вып. 2(8). — С. 375—383.