

Зміст

<i>Вступ</i>	9
1 З чого зроблений Всесвіт?	11
2 Що таке темна матерія?	21
3 Що таке темна енергія?	35
4 Що є основним елементом матерії?	51
5 Загадки маси	67
6 Чим гравітація так відрізняється від інших взаємодій?	85
7 Що таке простір?	103
8 Що таке час?	123
9 Скільки існує вимірів?	147
10 Чи можемо ми рухатися швидше за світло?	167
11 Хто обстрілює Землю надшвидкими частинками?	191
12 Чому ми зроблені з матерії, а не антиматерії?	207
13 Що сталося із розділом 13?	229
14 Що трапилося у момент Великого вибуху?	231
15 Наскільки великий Всесвіт?	255
16 Чи існує Теорія Усього?	281
17 Ми у Всесвіті самі?	309
 <i>Щось на зразок висновків</i>	 335
<i>Подяки</i>	341
<i>Бібліографія</i>	343

Вступ

ЩО МИ ЗНАЄМО ПРО ВСЕСВІТ:



Хочете дізнатися, як зародився Всесвіт, з чого він зроблений і як зникне? Звідки взявся час і простір? Чи є життя на інших планетах?

Яка прикрість! Ця книжка не дасть відповідей на жодне з цих запитань.

Насправді вона про те, що ми *не знаємо* про Всесвіт. Про глобальні запитання, на які вже наче хтось відповів, але то лише так здається.

Ми часто чуємо в новинах про якесь грандіозне відкриття, що дає відповідь на фундаментальне запитання про Всесвіт. Але скільки з нас взагалі чули про це запитання до того, як дізналися відповідь на нього? І скільки таких фундаментальних запитань і досі за-

З чого зроблений Всесвіт?

РОЗДІЛ, У ЯКОМУ ВИ ДІЗНАЄТЕСЯ,
ЩО ВИ ЗА ДИВНА ТА УНІКАЛЬНА ІСТОТА

Я називати ця штука
«прискорювач елементарних частинок».



Якщо ви — людина (припустимо), то навколишній світ цікавить вас певно хоч трішечки. Допитливість — частина людської природи, котра й підштовхнула вас розгорнути цю книжку. Це почуття не є чимось новим. Ще з прадавніх часів люди шукали відповіді на фундаментальні й цілком логічні запитання про світ навколо:

- З чого складається Всесвіт?
- Великі каменюки зроблені з маленьких?
- Чому ми не можемо їсти каміння?
- Як воно — бути кажаном?*

* Це запитання — назва однієї з найбільш цитованих філософських робіт усіх часів американського філософа Томаса Нагеля. Спойлер: відповідь — «Ми ніколи не дізнаємося».

Запитання «З чого складається Всесвіт?» — штука досить масштабна. І не лише через тему (масштабніше, ніж Всесвіт, вона аж ніяк не стане), а й тому, що стосується усіх загалом та кожного зокрема. Це те саме, що спитати, з чого зроблений ваш будинок і все у ньому (включно з вами). Не треба бути математиком чи фізиком, щоб зрозуміти, що це запитання має стосунок до кожного.

Нехай ви — перша людина на планеті, яка спробувала відповісти на запитання «З чого складається Всесвіт?». Цілком логічно для початку взяти найпростішу, наївну ідею. Приміром, можна сказати, що Всесвіт складається з речей, які ми бачимо, а отже, відповіддю буде список. Приблизно отакий:



Але з подібним підходом є величезні проблеми. Список буде *ну дуже* довгим. Вам доведеться записати кожен камінь на кожній планеті у Всесвіті, а ще додати до цього списку сам список (він також є частиною Всесвіту). І ще: якщо записувати не лише об'єкти, а й усе, з чого вони складаються, список вийде нескінченним. І навпаки, якщо складові об'єктів вносити непотрібно, список буде містити лише один елемент — Всесвіт. З якого боку не глянь, підхід таки дуже незграбний.

Але найбільшою проблемою є те, що список не відповідає на наше запитання. Нам потрібна відповідь, що не лише зафіксує складність Всесвіту — майже нескінченну різноманітність речей, котрі ми бачимо навколо, але й *спростить* його для розуміння.

2

Що таке темна матерія?

ВИ У НІЙ ПЛАВАЄТЕ

Ось вам стовпчаста діаграма співвідношення маси та енергії у відомому нам Всесвіті:



Фізики вважають, що цілих 27% матерії та енергії у відомому нам Всесвіті зроблені з так званої темної матерії. А отже, більшість матерії у Всесвіті разюче відрізняється від того, що людство вивчало століттями. Цієї загадкової субстанції аж у п'ять разів більше, ніж звичайної. Хоча називати її звичайною не зовсім правильно: у Всесвіті вона трапляється лиш зрідка.

То що ж таке темна матерія? Вона небезпечна? Вона бруднить ваш одяг? Звідки ми знаємо, що вона взагалі існує?

Темна матерія є повсюди. По суті, ви у ній плаваєте. Уперше припущення про її існування зробили в 1920-х роках, але сприйняли її всерйоз тільки у 1960-х, коли астрономи помітили щось дивне у взаємозв'язку обертання галактик та їхньої маси.

Звідки ми знаємо, що темна матерія існує

1. Обертання галактик

Щоб зрозуміти зв'язок між темною матерією і обертанням галактик, подумки покладіть купу м'ячиків для настільного тенісу в карусель. А тепер розкрутіть її. Зрозуміло, що м'ячики просто вилетять з цієї каруселі. Майже так само працює й обертання галактик*. Оскільки галактика обертається, зірки так і хочуть вилетіти з неї геть. Єдине, що утримує їх разом,— це сила тяжіння усієї маси галактики (гравітація притягує об'єкти з масою один до одного). Чим швидше обертається галактика, тим більше потрібно маси, щоб утримати всі зірки. І навпаки, знаючи масу галактики, можна передбачити, як швидко вона обертатиметься.

Спершу астрономи намагалися розраховувати масу галактик за кількістю зірок у ній. Але коли вони спробували встановити швидкість обертання галактик, спираючись на це число, щось почало не сходитись. Заміри показували, що галактики обертаються швидше, ніж повинні із такою кількістю зірок. Інакше кажучи, зірки мали б уже повилітати за межі галактик, як м'ячики для тенісу з каруселі. Але зірки міцно трималися. Тож аби виправдати таку високу швидкість обертання, астрономам довелося додати в рівняння гігантську кількість маси. Проте цієї маси вони не бачили. Цю суперечність можна вирішити, припустивши, що у кожній галактиці міститься величезна кількість якоїсь важкої матерії, що є невидимою. Або темною.

Заява досить незвичайна. І, як колись сказав відомий астроном Карл Саган, «незвичайним заявам потрібні незвичайні докази». Тож химерна головоломка десятиліттями побутувала в астрономічній спільноті без жодної розгадки. Але з роками кредит довіри до ідеї

* Хіба що галактики трішечки більші, ніж каруселі.

3

Що таке темна енергія?

РОЗДІЛ, У ЯКОМУ ВАШ РОЗУМ ПРОСТО ВИБУХНЕ
ВІД ТЕМПІВ РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ

Певно, вам уже паморочиться від усвідомлення, що всіх наших знань про Всесвіт ледве вистачить на п'ять балів зі ста на іспиті раси розумних інопланетян, котрі вміють подорожувати зірками. Подивимося правді в очі: ваші шанси на вступ до інопланетного університету дуже й дуже низькі*. Щоб якимось узагальнити усе, що людство знає про Всесвіт, тримайте стовпчасту діаграму з накопиченням (вибачте, у нас закінчуються види діаграм):



Уявіть, що ви усе своє життя мешкали у дивовижному та просторому будинку, і ваш світ обмежувався тільки його стінами. Але рап-

* А може, це й на краще: їжа в тамтешній їдальні кепська.

том виявляється, що насправді ваш будинок — це лише п'ять нижніх поверхів стоповерхового першокласного хмарочосу. За мить ваше життя стає набагато складнішим. На двадцяти семи поверхах над вами мешкають дуже важкі, але невидимі квартиранти, яких ми називаємо темною матерією. Як сусіди вони цікаві, але, чесно кажучи, дивні. І ще вони чомусь намагаються не натикатися на вас у коридорах.

А от інші шістдесят вісім поверхів — майже абсолютна загадка. Решту Всесвіту фізики звать темною енергією. Вона є найбільшим шматком реальності, а ми гадки не маємо, що воно таке.

По-перше, чому вона називається темною енергією? Річ у тім, що ми могли б назвати її як завгодно*. Чому? Бо ми майже нічого не знаємо про неї, крім того, що вона змушує Всесвіт розширюватися з неймовірною швидкістю.

По-друге, звідки ми дізналися, що вона існує? Відповідь: абсолютно випадково. Це стало повною несподіванкою для вчених, які шукали відповідь на зовсім інше питання. Вони намагалися вирахувати, як швидко сповільнюється розширення Всесвіту, а замість цього виявили, що воно взагалі не сповільнюється, а навпаки — прискорюється, й дедалі швидше. Тож час піднятися по сходах і розвідати ті таємничі верхні поверхи.



Як розширюється наш Всесвіт

Аби цілковито осягнути крутість і неймовірність того факту, що понад дві третини енергетичних запасів Всесвіту виявили, шукаючи

* Майже як завгодно. Темний бік уже зайнятий.

4

Що є основним елементом матерії?

РОЗДІЛ, У ЯКОМУ ВИ ДІЗНАЄТЕСЯ,
ЯК МАЛО ЗНАЄТЕ ПРО НАЙМЕНШІ ВИДИМІ ЧАСТИНКИ

Заява про те, що наука й усі знання людства охоплюють тільки 5% Всесвіту, що ми називаємо звичайною матерією, може викликати різну реакцію:

- а) ви відчуєте себе крихітним, мізерним і злегка наляканим;
- б) ви будете заперечувати, заперечувати, заперечувати;
- в) вам перехопить дух від думки, скільки нового ще можна дізнатися про Всесвіт;
- г) вам захочеться далі читати цю книжку*.

Якщо ви відчуваєте себе мізерним і наляканим, то в нас для вас чудові новини! Майже весь розділ присвячений звичайній матерії. До речі, якщо в темної матерії є темна фізика, темна хімія, темна біологія і фізики, зроблені з темної матерії, то вони, ймовірно, стверджуватимуть, що ця їхня матерія є звичайною. Що ж, може, ми й справді крихітні.

А ще у нас є погані новини. Ми не знаємо все, що можна знати про ті 5%, про які ми хоч щось знаємо.

Мабуть, це вас здивує. Зрештою, людству лише кілька сотень тисяч років, і за цей час ми непогано зарекомендували себе у науковій сфері. Можна сказати, що навіть освоїли наш маленький куточок Всесвіту. Здавалося б, у нас купа крутих технологій. А ще ми непогано вивчили нашу звичайну матерію. І годинами можемо транслю-

* І купити примірники усім своїм друзям.



вати дурні телевізійні шоу де і коли завгодно. Ясна річ, це грандіозне досягнення для будь-якої цивілізації.

Цікаво, що це одночасно і правда, і неправда (думка про те, що ми добре вивчили нашу реальність, а не про те, що можемо дивитися реаліті-шоу цілодобово).

Так, ми багато що знаємо про звичайну матерію. Але в той же час ми багато чого *не* знаємо про звичайну матерію. Навіть те, для чого потрібні деякі частинки (шматочки матерії). Ось що ми маємо на даний момент: у процесі фізичних досліджень учені знайшли дванадцять частинок матерії. Шість із них ми називаємо кварками, а інші шість — лептонами.



Для того, щоб створити усе, що нас оточує, потрібно лише три з дванадцяти: верхній кварк, нижній кварк і електрон (один з лептонів). Якщо пам'ятаєте, з нижніх та верхніх кварків складаються протони і нейтрони, а разом з електроном вони формують атоми. То для чого ж інші дев'ять частинок? Чому вони існують? *Гадки не маємо.*

Збиває з пантелику, еге ж? Уявіть, що спекли чудовий торт. Ви дістали його з печі, прикрасили, скуштували (до речі, смакота! Ви — чудовий кухар)... і раптом помітили ще дев'ять інгредієнтів, котрі точно не додавали. Хто їх туди поклав? Для чого вони? Хто взагалі придумав цей рецепт?

5

Загадки маси

РОЗДІЛ, У ЯКОМУ МИ ЛЕГКО ТОРКНЕМОСЯ
ВАЖКИХ ЗАПИТАНЬ

Як думаєш, скільки
каламбурів про масу
ми зможемо запхнути
у цей розділ?



Певно, ви чули, як вчені в лабораторних халатах (або в шортах і футболках, якщо це фізики) заявляють, що ви — порожнє місце. Не записуйте це на власний рахунок. Вони мають на увазі, що в атомах, з яких усі ми зроблені, більшість речовини сконцентровано у крихітному ядрі, оточеному великою кількістю порожнього простору. Звучить так, наче ми повинні ходити крізь стіни.

Частково так воно і є. Але насправді усе це ще дивніше і пов'язане з численними загадками маси. Не всі грандіозні таємниці Всесвіту ховаються серед зірок, галактик і незрозумілих частинок. Деякі з них оточують нас... чи навіть живуть у нашому тілі.

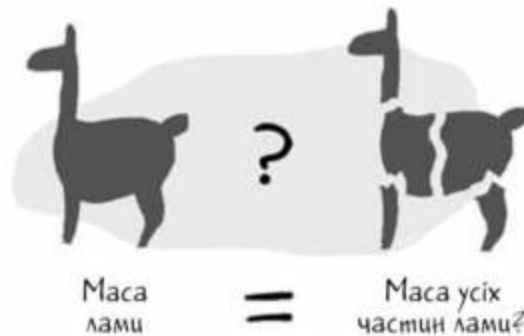
Масу описують безліччю способів, але ніхто до пуття не розуміє, що це таке та чому існує. Усі ми відчуваємо масу. Ще змалечку ми розуміємо, що деякі штуки штовхати складніше, ніж інші. Проте, хоча масу відчувають усі, фізикам важко пояснити підґрунтя цього феномену. Як ви скоро дізнаєтеся, більша частина вашої маси — да-

леко не маса усіх частинок вашого тіла. Ми навіть не знаємо, чому деякі речі мають масу, а інші — ні. Або чому інерція ідеально врівноважує силу тяжіння. Маса — це суцільна загадка, тож не звинувачуйте в усьому десерт, що з'їли на ніч.

Якщо ви хочете дізнатися про всі таємниці маси, неодмінно читайте далі. На мою думку, якщо всі наші читачі пропустять цей розділ, то станеться масова помилка.

Речовина речовини

Коли ви думаєте про речі, що мають масу, то, ймовірно, замислюєтеся над тим, скільки у них *речовини*. Загалом, такий підхід працює, бо маса типових об'єктів (як-от звичайна, знайома всім лама) є сумою мас усіх частинок, з яких цей об'єкт складається. Тобто, якщо розрізати ламу навпіл*, маса лами дорівнюватиме сумі мас двох її половинок. Якщо розрізати ламу на чотири шматки, то її маса дорівнюватиме сумі мас чотирьох частин. І так далі. Якщо порубати ламу на n частин, виміряти її масу можна буде, додавши маси усіх n частин. Так?



Ні! Ну гаразд, тільки частково. Якщо $n = 2, 4, 8$ і так приблизно до 1023 , то принцип спрацює. А от далі — ні. Чому? Прозвучить дивно, але загальна маса лами — це не лише маса речовини, з якої вона складається. Також сюди входить енергія, яка утримує

* Будь ласка, проводьте експеримент з ламою подумки. Не намагайтеся повторити це вдома.

6

Чим гравітація так відрізняється від інших взаємодій?

ВЕЛИКЕ ЗАПИТАННЯ ПРО МАЛЕНЬКУ ГРАВИТАЦІЮ

Ви *знаєте*, що таке гравітація. Вона керує рухом зірок, створює чорні діри і цілить яблуками у голови відомих фізиків-тугодумів.

Але чи *розумієте* ви гравітацію?

Озирніться — гравітація скрізь. Проте якщо ми порівняємо її із закономірностями, котрі беруть участь в інших фундаментальних взаємодіях, то відразу помітимо щось не те. Гравітація на диво слабка, майже завжди притягує замість того, щоб відштовхувати, і не дуже вписується у квантову теорію світу.

Ця відмова вписуватися викликає певні запитання і розчарує, бо пошук закономірностей — це наш єдиний спосіб зрозуміти Всесвіт. Наш прекрасний світ може заморочити вам голову своєю різноманітністю та зарозумілістю, але як тільки ви відшукаєте закономірності — усе встане на свої місця. Задумайтеся, як багато можна дізнатися про людину, приміром, вивчивши закономірності її історії пошуку в браузері. Хоча, може, ви й не захочете дізнаватися про цю частину Всесвіту...

