

С В І Т

ФІЗИКИ

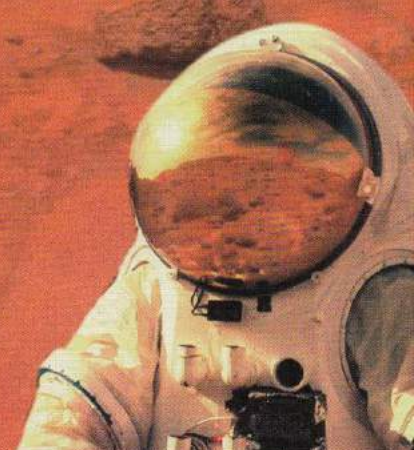
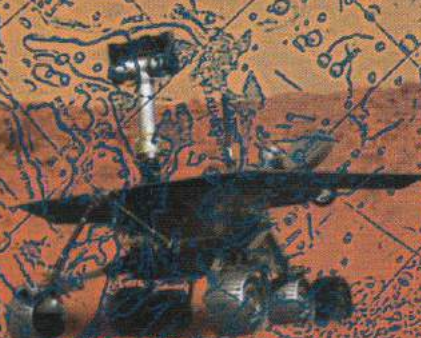
науково-популярний журнал

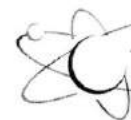
№ 4
2012

15
років журналу

*Аби про щось дізнатися,
Треба уже щось знати*

Станіслав Лем





ВІКТОР ГРИГОРОВИЧ БАР'ЯХТАР – ПОЧЕСНИЙ ЧЛЕН ЄВРОПЕЙСЬКОГО ФІЗИЧНОГО ТОВАРИСТВА

*Вкладення коштів у освіту –
це вкладення коштів у майбутнє України.
Віктор Бар'яхтар*

Європейське фізичне товариство (ЄФТ) 2012 року обрало 14 нових Почесних членів, чий винятковий внесок у розвиток фізичних уявлень про природу, досягнення в прикладних дослідженнях чи успіхи в освітній діяльності є загальноновизнаними.

До складу Почесних членів ЄФТ увійшов видатний український фахівець у галузі фізики твердого тіла та ядерної фізики Віктор Григорович Бар'яхтар – академік Національної академії наук України (1978), заслужений діяч науки і техніки України (1980), тричі лавреат Державної премії УРСР і України в галузі науки і техніки (1971, 1986, 1993). Герой України (2010), перший президент Українського фізичного товариства, член Американського та Італійського фізичних товариств, член Російської академії творчості, мистецтва і соціальних проблем, член Нью-Йоркської академії наук.

Віктора Бар'яхтара нагороджено премією АН України ім. М. М. Боголюбова, Державною премією України в галузі науки і техніки за роботи, пов'язані із ліквідацією аварії на Чорнобильській АЕС (1999), Міжнародною премією М. М. Боголюбова Об'єднаного інституту ядерних досліджень (Дубна, Росія, 1999), Премією Міжнародної Федерації науковців наукового католицького фонду Святого Валентина (Італія, 2000), трьома орденами та почесним знаком Президента України, а також пам'ятною медаллю Папи Римського Івана Павла II.

Відомий фізик є радником Президії НАН України, директором Інституту магнетизму НАН України та МОНМС України, академіком НАН України, відомим українським ученим, який отримав результати світового рівня в теорії магнетизму конденсованих середовищ, надпровідності, механічних властивостей твердих тіл, нелінійних явищ і кінетики солітонів.

Віктор Бар'яхтар народився 9 серпня 1930 року. Він закінчив Харківський державний університет (1953), захистив кандидатську (1959), згодом – докторську (1965) дисертації. У 1972 році його обрали членом–кореспондентом АН УРСР, 1978 року – академіком. Працював науковим співробітником у Харківському фізико-технічному інституті АН УРСР (1954–1973), завідувачем відділом, далі – заступником директора з наукової роботи у Донецькому фізико-технічному інституті АН УРСР (1973–1982). Завідував відділом теоретичної фізики і був директором Інституту металофізики АН УРСР (1985–1989). Обіймав посади академіка-секретаря Відділення фізики та астрономії АН УРСР (1982–1989), віце-президента НАН України (1989–1994), першого віце-президента НАН України (1994–1998). Керував кафедрою теоретичної радіофізики на радіофізичному факультеті Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка (1983–1986), був першим завідувачем кафедри математики та теоретичної радіофізики на цьому факультеті (1986–1996).

В. Бар'яхтар читав лекції у Харківському університеті, Донецькому університеті, Київському національному університеті ім. Тараса Шевченка та Національному технічному університеті України “КПІ”. Брав участь у створенні фізико-технічних факультетів Харківського університету та КПІ, був одним з організаторів і першим деканом фізико-математичного факультету Національного технічного університету України “КПІ”.

Журнал "СВІТ ФІЗИКИ",
заснований 1996 року,
реєстраційне свідоцтво № КВ 3180
від 06.11.1997 р.
Виходить 4 рази на рік

Засновники:
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Львівський фіз.-мат. ліцей,
СП "Свросвіт"

Головний редактор
Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:
Олександр Гальчинський
Галина Шопа

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов
Михайло Бродин
Петро Голод
Семен Гончаренко
Ярослав Довгий
Іван Климишин
Юрій Ключковський
Богдан Лукіянець
Олег Орлянський
Максим Стріха
Юрій Ранюк
Ярослав Яцків

Художник **Володимир Гавло**
Літературний редактор **Мирослава Прихода**
Комп'ютерне макетування та друк
СП "Свросвіт"

Адреса редакції:

Редакція журналу "Світ фізики"
вул. Саксаганського, 1,
м. Львів 79005, Україна
тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73
у Києві 380 (044) 416 60 68
phworld@franko.lviv.ua
www.franko.lviv.ua/publish/phworld

Що цікавого можна очікувати від досліджень у галузі фізики 2013 року?

Дослідження в ЦЕРНі на Великому адронному колайдері (LHC) призупинено, щоб проаналізувати одержані сенсаційні результати 2012 року – відкриття частинки Гітса. Інженерно-технічні працівники зможуть усунути неполадки на величезних магнетах та удосконалити несправні вузли.

Цікавих результатів очікуємо від досліджень місії НАСА поверхні Місяця, поверхні Марса, дослідження корони та сонячного вітру.

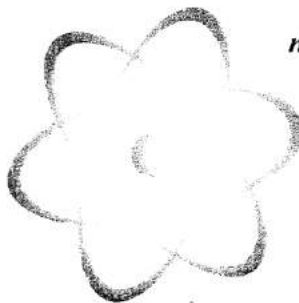
Європейське космічне агентство самостійно запускає програму моніторингу магнетного поля Землі.

Фізики 2013 року зможуть відсвяткувати сторіччя моделі атома Нільса Бора, 100-річчя публікації Лоренса Брегга про його одноіменний закон про дифракцію рентгенівських променів на кристалах.

ЮНЕСКО оголосило 2013 рік роком математики. Світова наукова громадськість підводитиме підсумки наукових здобутків у галузі математики, відбуватимуться наукові конференції, семінари, виставки тощо. Математика є ефективним інструментом фізики. Відтак фізична наукова громадськість також активно долучиться до цих заходів.

У Львівському національному університеті імені Івана Франка святкуватимуть 60-річчя фізичного факультету.

*Не забудьте
передплатити журнал
"Світ фізики"*



**Передплатний індекс
22577**

Передрук матеріалів дозволяється лише з письмової згоди редакції та з обов'язковим посиланням на журнал "Світ фізики"

© СП "Свросвіт"



ЗМІСТ



1. Нові та маловідомі явища фізики

Стріха Максим. Сер Роджер Пенроуз і його київські лекції 3

Роджер Пенроуз. Спостерігаємо сигнали з часу перед Великим Вибухом 6

2. Фізика світу

Кособуцький Петро. Львівський математик Станіслав Улам – творець методу статистичного моделювання або методу Монте-Карло 22

3. Фізика України

Ранюк Юрій. Найбільший у світі 31

4. Актуальні проблеми

Шопа Галина. Жінки у фізиці 35

5. Інформація

Популяризація науки на Франкфуртському книжковому ярмарку 42

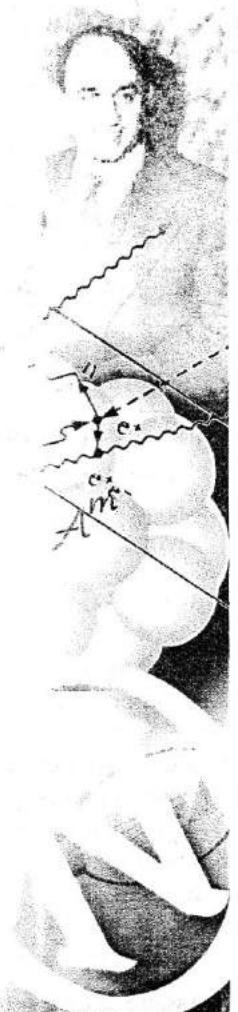
Ахіллес Манфред. 3 Різдвяних листів професора Ахіллеса 43

Найважливіші наукові досягнення за 2012 рік 45

6. Гумор

Рецепт успіху 46

Горщик каші 47





СЕР РОДЖЕР ПЕНРОУЗ І ЙОГО КИЇВСЬКІ ЛЕКЦІЇ

Максим Стріха,

доктор фізико-математичних наук,
віце-президент АН вищої школи України

Замість передмови

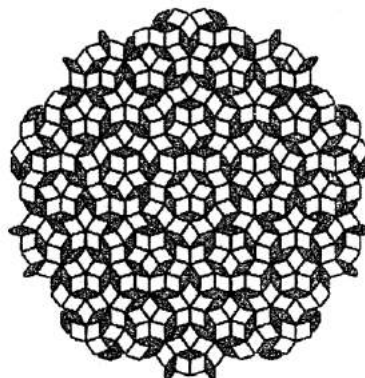
Іnter arma silent musae – коли гримить зброя, музи мовчать – стверджували давні римляни. Тому на тлі виборчих баталій кінця жовтня 2012-го порівняно малопомітним (з погляду медіа) пройшов приїзд до Києва одного з найвидатніших учених сучасності сера Роджера Пенроуза, який прочитав в українській столиці дві публічні лекції, провів кілька зустрічей з науковцями університетів та інститутів НАН.



Сер Роджер Пенроуз читає лекцію

Для того, щоб непосвячені зрозуміли місце й значення сера Роджера в сучасній науці, наведу тільки один приклад. Давно відомо: кристал, щоб сумістити його із самим собою, можна повернути навколо певної осі лише на 180, 120, 90 або 60 градусів. Інші повороти (наприклад, на 72 градуси, що відповідає так званій осі 5 рангу) заборонені властивостями симетрії.

Це твердження тотожне обставині, яку добре знали ще в античні часи: поверхню можна замостити без проміжків лишень правильними квадратами, трикутниками, чотирикутниками і шестикутниками. З іншими фігурами (наприклад, п'ятикутниками) цього зробити не вдається.



Одна з "мозаїк Пенроуза"

І ось 1974 року Роджер Пенроуз довів: площину можна без проміжків замостити набором простеньких чотирикутників лише двох видів. Таку "мозаїку Пенроуза" справді не можна перевести саму в себе паралельним переміщенням (вона не має так званої трансляційної симетрії). Зате в неї є осі заборонених для кристалів рангів: як легко переконатися з одного погляду на "мозаїку", поворот на 72 градуси переводить її саму в себе!

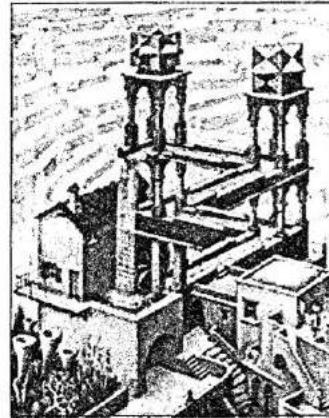


Ця геометрична вправа стала підрунтям для пояснення квазікристалів, які 1982 року вперше отримав молодий ізраїльський учений Дан Шехтман, що працював тоді у США. Нобелівська премія з хемії 2011 року стала гідною відзнакою для дослідника, який довів, що тверді тіла існують не лише в кристалічній чи аморфній формі (як вважали понад сторіччя), а й у формі квазікристалів: угворів без трансляційної симетрії, але з поворотними осями заборонених у класичних кристалах рангів. Зовсім нещодавно квазікристали, вперше одержані в лабораторіях, було виявлено й у вигляді природних мінералів.

На відміну від Дана Шехтмана, Роджер Пенроуз Нобелівським лавреатом не став. З однієї простої причини: Альфред Нобель не встановив свого часу премії для математиків. Зате всі інші мислимі в науковому світі відзнаки учений має. Серед них – членство в Лондонському Королівському товаристві та в багатьох іноземних академіях, премія Альберта Айнштайна, премія Вольфа (отримав спільно з легендарним Стівеном Гокінгом), найдавніша в світі наукова відзнака – заснована ще 1731 року медаль Коплі.

Ці нагороди Роджер Пенроуз отримав за праці, які охоплюють надзвичайно широкий спектр фундаментальних проблем: від основ світобудови і до принципів функціонування людської свідомості. Не бракувало вченому й робіт, які начебто виглядали забавками, але які мали величезний розголос, і якими неабияк зацікавились науковці світу.

Ще 1954 року 23-річний Роджер Пенроуз опублікував разом з батьком, відомим медиком і генетиком Лайонелом Пенроузом у фаховому журналі з психології статтю про “неможливі фігури” – трикутник із трьох перехрещених під прямим кутом балок і нескінченні сходи. Саме ця стаття надихнула голландського художника Мауріца Ешера на серію його славетних парадоксальних праць з використанням різних оптичних ефектів.



Ешера надихнула стаття молодого Пенроуза

Тому й не дивно, що “публічного науковця” Пенроуза на відзнаку його наукових заслуг королева Єлизавета II ввела 1994 року в лицарську гідність (її попередниця королева Анна зробила 1705 року те ж саме щодо Ісаака Ньютона).

Київські лекції професора Пенроуза справді варто було почути. Вісімдесятидворічний учений (він прибув до Києва з 51-річною дружиною та 11-річним сином) упродовж чотирьох годин захоплено та елегантно розповідав аудиторії в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка про свою теорію, за якою активність мозку розглядається як фізичний процес, що виходить за межі звичайної квантової механіки й лежить “поза обчисленнями”. При цьому за рахунок ефектів квантової гравітації відбувається процес безперервної “об’єктивної редукції” хвильової функції частин мозку.

Проблему редукції хвильової функції досі не можна вважати розв’язаною: справді, чому в момент спостереження ця функція (квадрат якої визначає ймовірність перебування частинки в певному місці простору) стає нулем скрізь, крім того місця, де цю частинку реально виявлено? Велику роль у процесі “об’єктивної редукції” відіграють, на думку профе-



сора Пенроуза, мікротрубки клітинних органел, які поводяться багато в чому як одновимірні квантові резистори.

Лекція в Київському політехнічному інституті мала інтригуючу назву “Спостерігаємо сигнали з часу перед Великим Вибухом?” Згідно з панівними сьогодні уявленнями, за початкову мить Всесвіту, Великий Вибух, зазирнути принципово неможливо. Проте професор Пенроуз переконаний – історія Всесвіту насправді містить нескінченну послідовність Вибухів і Колапсів, які переходять у нові Вибухи. На думку вченого, така модель не суперечить Другому принципів термодинаміки, якщо врахувати ефекти “загибелі” ступенів вільності, пов’язаних з масою спокою, під час випаровування “чорних дір”. Гравітаційні хвилі, збуджені ще до колапсу злиття масивних “чорних дір” (такі є в центрі й нашої Галактики, і сусідньої Туманності Андромеди), як вважає сер Роджер, можуть спроектуватися на зріз “простору-часу” і спричинити флуктуації температури реліктового випромінювання вже в нашому Всесвіті. Учений презентував експериментальні дані, які, на його думку, підтверджують цю гіпотезу.

Під час лекцій сер Роджер послуговувався старосвітськими мальованими від руки фломастером прозірками (які автор востаннє бачив у колег-фізиків вже років десять тому – після того їх витіснили комп’ютерні презентації, до яких, як зізнався учений у кулуарах, він так і не призвичаївся). Але якість малюнків (дуже виразних і дотепних) нагадувала, що дід ученого був професійним митцем. Не менш цікавими були й відповіді на запитання. Роджер Пенроуз ще раз підтвердив свій скептицизм щодо можливості створення “сильного штучного інтелекту”. А можливого автора такої машини вчений мимохідь назвав “Франкенштейном” – досить промовисто продемонструвавши власне етичне ставлення до піднесення комп’ютера в ранг людини. Учений не надто вірить і в майбутнє квантових ком-

п’ютерів – на його думку, то в кращому разі будуть машини для дуже обмеженої кількості застосувань (їхня небезпека в тому, що одержані результати просто неможливо буде перевірити). Нарешті, на запитання про те, хто створив закони Всесвіту, сер Роджер дипломатично відповів: мені насамперед цікаво зрозуміти ці закони, а не знати їхнього автора.

Пропонуємо читачам переклад другої з київських лекцій сера Роджера Пенроуза. Вона присвячена речам, які більшість сьогоднішніх астрофізиків напевно ж назвуть еретичними. Справді, наукові результати, про які автор намагався розповісти популярно, не були опубліковані в журналі рівня “Nature” чи “Science”, а просто розміщені у відкритій базі наукових статей “arXiv” і викладені в книжці вченого “Цикли часу: незвичайний новий погляд на Всесвіт” (Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe, 2010). Але ця лекція надзвичайно цікава не лише своїми ідеями, – “еретичними”, а й яскравими й захопливими (втім, і до “мозаїк Пенроуза” спершу поставилися як до “математичної забавки” – тож хто знає...).

Вона цікава й тим, що є продовженням тривалої англійської традиції популяризації науки, що йде ще від знаменитих публічних лекцій Майкла Фарадея і сьогодні знайшла вияв у книжках молодшого колеги сера Роджера, “культового” й гідного найвищої поваги за мужність у боротьбі з невиліковною недугою Стівена Гокінга.

Принагідно перекладач складає подяку доцентів лінгвістичного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” Ользі Демиденко, яка професійно перетворила запис доповіді на англійський текст, і висловлює жаль за тим, що йому вдалося лише приблизно відтворити рисунки англійського вченого з власного конспекту лекції – на відеозаписі ці неясні зображення на яскравому екрані виявилися “нечитабельні”.



Організаторам приїзду сера Роджера Пенроуза до Києва – директорові компанії СКС Павлові Мазурку й співпрацівникові посольства США в Києві Ігореві Цискевичу – треба гаряче подякувати за надану змогу на живо поспілкуватися з легендарним ученим. Це було особливо важливо для студентів, які лише роблять свій життєвий вибір. Сподіваємося, що візит ученого спонукає когось із наших видавців надрукувати, нарешті, українські переклади “Нового розуму короля” чи “Шля-

ху до реальності” – книжок, без яких неможливо уявити інтелектуальну панораму сучасної Європи. Добре було б, щоб на державному рівні (скажімо, через Державний фонд фундаментальних досліджень) було нарешті започатковано програму підтримки таких перекладів монографій, підручників, науково-популярних книжок з природничих наук пера провідних учених світу. Але це вже – тема іншої розмови.

Максим Стріха

СПОСТЕРІГАЄМО СИГНАЛИ З ЧАСУ ПЕРЕД ВЕЛИКИМ ВИБУХОМ?

СЕР РОДЖЕР ПЕНРОУЗ

*Лекцію в Національному технічному університеті України
“Київський політехнічний інститут”*

сер Роджер Пенроуз прочитав 30 жовтня 2012 року

Переклав і склав примітки д-р фіз.-мат. наук Максим Стріха

Для мене справді велика честь – мати змогу долучитися до визначних людей, вшанованих цим університетом, імена багатьох із яких я знав ще від дитинства¹.

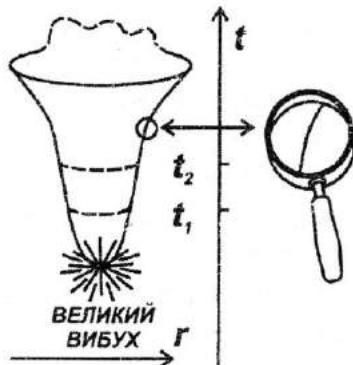
Те, про що я говоритиму сьогодні, пов’язане з ідеями, з якими я бавився упродовж кількох років. Ви бачите назву: “Спостерігаємо сигнали з часу перед Великим Вибухом”.

Проте питання в тому, чи справді ми спостерігаємо сигнали з часу перед Великим Вибухом? Тому я додав знак запитання; як ви бачите, він зовсім невеличкий. Тож я сподіваюся

переконати слухачів: у тому, про що я хочу розповісти, дещо є. І дозвольте мені розпочати з опису історії нашого Всесвіту, як ми її собі сьогодні розуміємо.

На цій діаграмі зображено історію нашого Всесвіту відповідно до сучасних уявлень. Ви бачите стрілку праворуч, стрілку, яка вказує напрямком часу. Тут – Великий Вибух, який зазвичай уявляють як Початок. А різні моменти часу зображено, як ви бачите, перерізами картинки. Картинки, звісно ж, чотиривимірної, оскільки є три виміри простору й один – часу.

¹Перед лекцією ректор Михайло Згуровський вручив Роджерові Пенроузу мантию доктора Honoris Causa Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” (тут і далі примітки перекладача).



Я маю бути ощадливим, тому зобразив тільки один вимір простору. Ви бачите, що я не цілком певний щодо оберненого боку зображення, і це відображає той факт, що ми не знаємо, чи просторово замкнений наш Всесвіт, чи ні. Він може вічно розширюватися, а може й згорнутися. Та для того, про що я хочу розповісти, це не так важливо.

Однак, на цій картині ми бачимо, що з перебігом часу Всесвіт після Великого Вибуху далі й далі розширюється. Це розширення трохи було сповільнилося, а тепер воно знову пришвидшилося. За це торік учені отримали Нобелівську премію з фізики – за відкриття, що Всесвіт розширюється з прискоренням².

Далі – про таємничу річ, яку називають “темна енергія”, або ж часом “таємнича темна енергія”. Я думаю, що цей термін призводить до непорозуміння, бо це явище легше зрозуміти в термінах величини, яку Айнштайн запровадив ще 1917 року. Відтоді вона є у всіх книжках з космології. Вона називається космологічною сталою і її зазвичай позначають літерою λ .

Айнштайн запровадив її з хибною метою, бо він хотів, щоб Всесвіт був статичним, не-

змінним у часі, і для його моделі йому потрібно було ввести космологічну сталу λ . Коли його переконали, що насправді Всесвіт розширюється, він відмовився від сталої λ , вважаючи її своєю найбільшою помилкою. Однак, як видно, навіть помилки Айнштайна виявляються правдою.

На цій діаграмі є ще одна риса, через яку багато астрофізиків вважатимуть її неповною. Зазвичай вважають, що на дуже ранніх стадіях Всесвіту було те, що називають інфляцією. Я цього не намалював і на цій картинці його немає.

Тож мені потрібне буде збільшувальне скло, щоб її роздивитися. Це – ручка збільшувального скла. Що ж ми побачимо? На стадії інфляції ми бачимо експоненціальне розширення – як на останньому малюнку. Це – мій власний малюнок.

Але ще одна причина, через яку я не зобразив її на першій діаграмі, це те, що я насправді в неї не вірю. Я говоритиму про щось схоже на інфляцію, про те, як її уявляють. Але про інфляцію не на дуже ранніх стадіях після Великого Вибуху, але про інфляцію, яка відбулася перед Великим Вибухом.

Це – не моя ідея. Є італійський фізик, який висловив подібну ідею. Це Габріеле Венеціано³. Його ідея багато в чому подібна на мою, але за тим стоять різні теорії.

Щоб описати мою, перемалюю Всесвіт меншим. Я хочу позначити те, що далі опишу докладніше: розширення після Великого Вибуху як початкову поверхню і стиснену нескінченність як кінцеву поверхню. Це приклад того, про що я згодом говоритиму як про конформні відображення, і далі поясню, що я розумію під словом “конформні” в цьому контексті.

² Нобелівську премію з фізики 2011 року отримали Сол Перлматтер, Браян Шмідт і Адам Рісс (США) за відкриття шляхом спостереження за віддаленими надновими зорями факту пришвидшеного розширення Всесвіту.

³ Габріеле Венеціано (р. н. 1942) – італійський фізик-теоретик, один з піонерів “теорії струн”.



Сприймайте це як математичний опис Всесвіту, який спершу розширюється після Великого Вибуху, а тоді стискається з нескінченності в одну точку. І гіпотеза, про яку я далі говоритиму, розглядає історію Всесвіту лише як одну епоху в невизначеній послідовності епох, кожна з яких іде за попередньою, кожна з яких має власний Великий Вибух, який плавно переходить у віддалене майбутнє попередньої епохи.



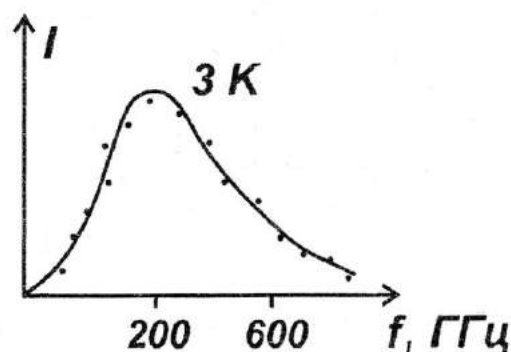
Це незвична ідея, і тому я хочу зупинитися на ній докладніше, розпочавши з причин, через які я зобразив таку послідовність перетворень.

Які ж підстави для такої незвичної картини?

Але насамперед дозвольте мені запитати: чому ми віримо у Великий Вибух?

Звісно ж, одна причина в тому, що ми бачимо: Всесвіт розширюється, як це переконливо показав американський астроном Габбл⁴. Але є й пряме свідчення Великого Вибуху, це космічний мікрохвильовий фон. Це електромагнетне випромінювання, яке надходить з усіх напрямків; за нього було присуджено дві окремі Нобелівські премії: першу за факт

його відкриття, другу – за деталі його природи⁵. Одна з цих деталей пов'язана зі спектром космічного фону, тобто з тим, як інтенсивність випромінювання залежить від його частоти. Ось спектр космічного фону, крива показує залежність інтенсивності випромінювання від частоти, яку позначено знизу. Найголовніше в тому, що цей графік залежності інтенсивності від частоти є так званою кривою Планка.



Макс Планк вивів цю криву на початку ХХ століття (1900 року), вважаючи, що енергія випромінюється маленькими порціями, величина кожної з яких пропорційна частоті випромінювання, і з цього почалася теорія квантової механіки.

Ми бачимо, що спектр космічного фону дуже-дуже близько відповідає кривій Планка (планківського спектра випромінювання абсолютно чорного тіла, з якого розпочалася квантова механіка). Як ви бачите з малюнка, теоретична крива (суцільна лінія) дуже добре описує експериментальні точки.

⁴Едвін Габбл (1889–1953) – американський астроном, 1929 року відкрив факт розбігання галактик.

⁵Космічне мікрохвильове фонове (реліктове) випромінювання відкрили Арно Пензіас і Роберт Вільсон (США) 1965 року (Нобелівська премія з фізики 1978 року). Джон Мазер і Джордж Смут 2006 року отримали Нобелівську премію за відкриття анізотропії цього випромінювання.



Але максимум цієї кривої відповідає дуже великій частоті. Про що це свідчить? Теоретичним підґрунтям для кривої Планка є теплова рівновага. Теплова рівновага означає максимальну ентропію і максимальну неупорядкованість. Є засадничий закон фізики, який називається Другим принципом термодинаміки. Він проголошує, що ентропія з часом зростає, іншими словами, неупорядкованість збільшується. Отже, з часом ентропія підвищується.

Може здатися, що це дуже печальний закон, бо з часом усе робиться дедалі хаотичнішим. Звісно, можна вважати, що це – невід’ємна риса буття, до якої ми звикли. Однак насправді цей засадничий закон фізики не такий печальний, як ви можете подумати.

Бо можна подивитися на речі з іншого кінця. Якщо ми говоримо, що ентропія в майбутньому з часом зростатиме, то це означає, що, коли ми дивитимемося в минуле, то вона з часом зменшуватиметься. Йдучи далі, далі й далі в минуле, ви матимете менше, менше і ще менше ентропії.

А про що нам говорить ця крива? Вона говорить, що випромінювання, яке ми бачимо, спричинене Великим Вибухом, що космічний фон – це випромінювання самого Великого Вибуху, охоложене через розширення Всесвіту до температури три градуси вище від абсолютного нуля. Отже, воно дуже холодне. І воно не є спалахом Великого Вибуху, бо ми бачимо те, що відбулося через приблизно 300000 років після Великого Вибуху.

Ще давніше випромінювання не змогло дійти до нас, бо Всесвіт став прозорим для випромінювання лише через 300000 років. Але для того, щоб ми уявили спалах Великого Вибуху, досить і цього. Отже, з цього ми бачимо, що в початкову мить була термічна рівновага, якій відповідає максимальна ентропія.

Це має вас спантеличити. Якщо ми йдемо далі й далі у минуле, ентропія відповідно до Другого принципу термодинаміки має зменшуватися і зменшуватися. То ж як вона може досягнути максимуму, коли ми дійдемо в минулому до Великого Вибуху?

Сьогодні я вельми дивуюся, як цьому не дивуються астрофізики, бо ж ми маємо очевидну суперечність. Гадаю, люди можуть думати приблизно так: Всесвіт розширюється, а отже, у цих міркуваннях може бути якась помилка. Але причина не в цьому. Дозвольте розповісти, в чому вона насправді.

Річ у тім, що ми дивимося на космічний мікрохвильовий фон як на випромінювання матерії. І отримуємо відповідь, що матерія перебувала у тепловій рівновазі, незалежно від Великого Вибуху. А отже, була в стані з максимальною ентропією. Але цим історія аж ніяк не вичерпується.

Тож дозвольте розповісти про цю історію дещо більше. Бо ми насправді дивимося на щось подібне до газу в скрині. Адже часто термодинаміку описують у термінах, де є ще присутня одна риса космічного фону. Окрім спектральної кривої, про яку ми вже говорили, фон ще й дуже однорідний по всьому небі.

Отже, температура цього випромінювання по всьому небі майже однакова. Але не абсолютно однакова, бо в певному напрямкові фон трохи тепліший, а в протилежному – трохи холодніший. Адже Земля рухається крізь це випромінювання. І в тому напрямкові, куди ми рухаємося, фон здається трохи теплішим. А в тому напрямкові, звідки ми рухаємося, – трохи холоднішим.

Отже, цей факт дає нам інформацію про напрямок руху Землі, але, коли ми його врахуємо, то побачимо, що випромінювання по всьому небі однорідне. Настільки однорідне, що відхилення від однорідності становлять одну стотисячну (1/100000).

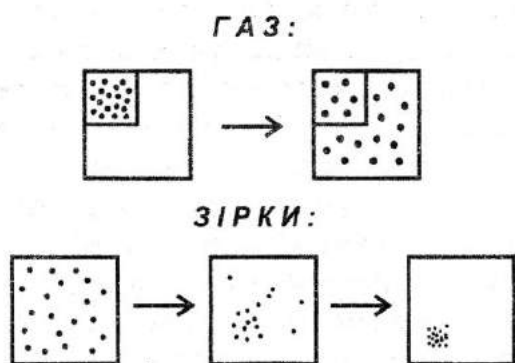


Отже, воно дуже однорідне. І це також узгоджується з високою ентропією, коли ми говоримо про матерію.

А тут ми маємо газ у скрині, на прикладі якого я хочу проілюструвати зростання ентропії. Ліворуч увесь газ зосереджений у маленькій області в куточку. Якщо ми усунемо перегородки, які його там утримують, газ почне розповсюджуватися по всій скрині.

Як видно, при цьому ентропія збільшується, і врешті-решт ми отримаємо стан з найвищою ентропією, коли газ однорідно розподілений по всій скрині. Це схоже на те, як з високою ентропією пов'язаний космічний мікрохвильовий фон. Однорідно розподіленому по скрині газу відповідає висока ентропія, і ми бачимо, що випромінювання в усіх напрямках теж однорідне.

Отже, ми знову маємо суперечність.



Щоправда, речі виглядають цілком по-інакшому, якщо врахувати гравітацію.

Зараз я розгляну іншу ситуацію, дуже схожу на попередню, але у значно більшому масштабі, де замість молекул газу ми маємо зорі в якійсь дуже великій ділянці, наприклад, у галактиці. І ці зірки завдяки тяжінню починають збиратися до купи.

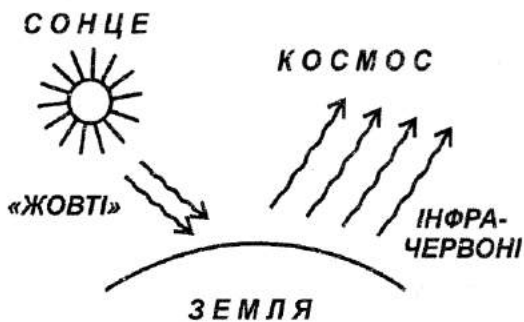
Отже, з часом ситуація робиться дещо складнішою.

Чи ентропія, як і раніше, зростає? Адже все виглядає зовсім по-інакшому. А ми ж спостерігаємо однорідний фон, і з цим узгоджується Планківська крива його спектра. Але однорідність за умови врахування гравітації означає, що насправді ентропія дуже низька! Насправді те, що ми спостерігаємо, є поєднанням двох попередніх малюнків. Це – те, що ми бачимо на стадії раннього Всесвіту. Ентропія низька, бо в цьому не бере участі гравітація, принаймні спочатку. Але з часом матерія концентрується, і це для нас дуже важливо.

Ви можете запитати: а завдяки чому існує життя? Завдяки чому довкола нас усе не випадково розпорошене, а вельми складно організоване?

Насамперед завдяки Сонцю.

На цьому малюнку зображено, як це відбувається. Важливим щодо Сонця є те, що воно не просто гаряче, але його тепло зосереджене в дуже малій ділянці. Можна сказати, що Сонце – це гаряча цятка на чорному небі. Якщо б небо було цілком однорідне, навіть з температурою Сонця, це не принесло б нам жодної користі. Головне, що ми отримуємо енергію від Сонця, але не затримуємо її в себе. Енергія знову повертається у космічний простір. Адже існує закон збереження енергії і, якщо б енергія не поверталася у космічний простір, то Земля все дужче нагрівалася б. Звичайно, Земля робиться дещо теплішою завдяки глобальному потеплінню, але це – ніщо порівняно з тим, що було б, якщо б тепло Сонця не поверталася у космос. Отже, закон збереження енергії виконується, і скільки енергії Земля отримує від Сонця, стільки й розсіює в космос. Але принциповим є те, що темне небо має нижчу температуру, ніж Сонце, а це означає, що фотони, які надходять від Сонця, енергетичніші.



Формула Планка

$$E = h\nu,$$

де h – стала Планка, пов’язує енергію фотона E з його частотою ν .

Отже, високоенергетичні “сонячні” фотони (адже Сонце гарячіше!) мають вищу частоту. А фотони, які повертаються в космос, мають нижчу частоту.

На картинці від Сонця до нас надходять “жовті” фотони, а в космос повертаються інфрачервоні. І тому, щоб енергія, яка повертається в космос, дорівнювала енергії, яка надходить на Землю, потрібно, щоб випромінених назад у космос фотонів було набагато більше.

Тепер я хочу зробити наголос на ентропії. Грубо кажучи, ентропію можна вимірювати числом ступенів свободи, за якими розподілена енергія. А число ступенів свободи, тобто число параметрів, якими можна описати ситуацію, значно вище для великої кількості фотонів, випромінених у космос і значно нижче для меншої кількості фотонів, які надходять на Землю.

А тому ентропія фотонів, які випромінює Земля, значно вища, аніж ентропія “сонячних” фотонів, які вона поглинає.

Отже, ми показали, що енергія від Сонця низькоентропійна, а енергія, що повертається в космічний простір, високоентропійна, просто через те, що першу приносять порівняно небагато фотонів, а другу забирають значно більше фотонів.

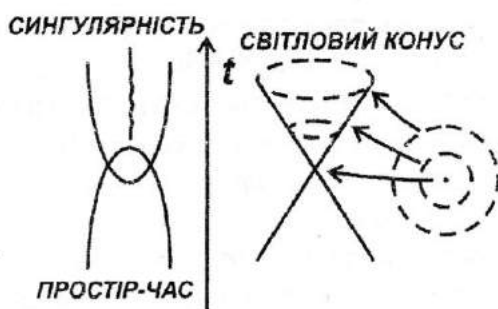
Рослини можуть використовувати цю низькоентропійну енергію, перетворюючи її на фотони з низькими частотами. Тварини з’їдають рослини, ми з’їдаємо і тварин, і рослини, і до того ж, ми отримуємо користь не від енергії як такої, а від того, що ця енергія низькоентропійна. Отже, ми використовуємо Сонце як резервуар з низькою ентропією. Саме завдяки цьому ми й живемо.

А тепер маємо запитати: чому Сонце є гарячою цяткою та темному небі? Усі ті розмови про термоядерні реакції, які відбуваються на Сонці, дуже складні. Важливо насамперед те, що Сонце є там, де воно є.

А Сонце там, де є і таке, як є завдяки гравітації. Воно залишалося б дуже гарячим навіть без ядерних сил. Але це деталі. Найважливіше те, що гравітаційне стискання робить Сонце гарячою цяткою на темному небі, цяткою, яка постачає нас низькоентропійною енергією, потрібною для нашого існування. Отже, ми залежимо від активованих на самісінькому початку історії Всесвіту гравітаційних ступенів свободи.

Тепер я хочу трохи більше розповісти про ситуацію, коли ентропія наближається до свого максимуму. Це відбувається тоді, коли гравітаційне стискання досягає найвищого ступеня, і ми отримуємо те, що називають “чорною дірою”.

На наступному малюнку я покажу вам “чорну діру”. Можливо, ви очікували побачити якусь чорну пляму посередині. Але, як і на більшості моїх картинок, я зобразив чорну діру як просторово-часову діаграму.



Щоб зрозуміти картинку, ви маєте знати, що означають ці конуси. Це найважливіші структури в просторі-часі, які називають “світловий конус” і “нижній конус”; вони показують, що відбувалося б зі світловим спалахом, якби він десь стався. Отже, уявімо, що відбувається спалах світла або, якщо хочете, потенційний спалах світла. З часом світло розходить ширшими й ширшими колами. На моєму малюнку немає достатнього числа вимірів, і тому я мусив заощаджувати, зобразивши два просторові виміри і один часовий.

Праворуч на картинці я зобразив це в трьох просторових вимірах, осі часу тут немає. Спалах світла відбувається посередині, в наступний момент він тут, ще в наступний – тут. А конус ліворуч відображає в просторі-часі розширення цієї світлової сфери з часом. Що ж до нижнього конуса, то ви мусите повірити, що він зображає в просторі-часі область минулих подій, які можна спостерігати з центральної точки. Ці конуси в просторі-часі запровадив Германн Мінковський, щоб описати спеціальну теорію відносності Айнштейна. Мінковський походить з Одеси, яка сьогодні, на відміну від того часу, є частиною України. Отже, ви можете претендувати, що він українець⁶.

Ви маєте уявити, що на цій картинці в спеціальній теорії відносності є три просторові виміри й один часовий. На цій картинці я зобразив тільки два просторові виміри, але ви повинні уявити ще й третій. Тут є частинка світла – фотон, а це його світова лінія, іншими словами його історія. І ця світова лінія завжди йтиме вздовж конуса.

А тут є масивна частинка, тобто частинка, наділена масою спокою. Вона завжди має перебувати всередині світлового конуса, або ж світової лінії, бо вона весь час рухається зі швидкістю, меншою від швидкості світла. А коли ми перейдемо до загальної теорії відносності Айнштейна, там усе дуже подібне, окрім того, що конуси влаштовано не однакою чиною. Вони можуть починатися в різних місцях, змінювати з часом напрямок. Але й там справедливим залишається те, що світові лінії фотонів пролягають уздовж конусів, а світові лінії масивних частинок – усередині конусів.

А зараз ми отримаємо дуже добру ілюстрацію загальної теорії відносності з нашим колапсом зорі та її перетворенням у “чорну діру”. Вершини конусів – це світи. А тут – так званий горизонт, що визначає межу “чорної діри”. Оскільки конус перевертається всередину, з нього вже нічого не може вийти назовні, бо це порушило б умови, про які я розповідав.

Отже, горизонт – це поверхня в просторі-часі, “непроникна” для часу. І спостерігач не може отримати сигналів з-за цієї поверхні.

Але для нашої розмови важливіше те, що відбувається всередині, де ми маємо сингулярність, багато в чому подібну на Великий Вибух. Ви пам’ятаєте: на моїй першій кар-

⁶Математик Германн Мінковський (1864–1909), який 1907 року запровадив поняття чотиривимірного простору-часу для наочної геометричної інтерпретації, сформульованої за два роки перед тим спеціальною теорією відносності його колишнього учня Альберта Айнштейна, народився в єврейській родині в селі Алексоти (тоді Королівство Польське в складі Росії, тепер Литва).



тинці з історією Всесвіту в цій точці була сингулярність. Так називають місце, де речі прямують до нескінченності. Кривина простору-часу прямує до нескінченності, густина прямує до нескінченності, і багато питань просто втрачають сенс. Як це й відбувається з “чорною дірою”. Отже, щоб зробити ту картинку повнішою, я мусив би до сингулярності Великого вибуху додати ще й сингулярності “чорних дір”.

Важливим у цій картині є те, що сингулярності будуть не лише в минулому, а й у майбутньому. Якщо вам не пощастить, і ви потрапите на “чорну діру”, ця сингулярність буде й вашим майбутнім.

Боюся, це не здасться вам приємним, але ми маємо передбачити на картинці й таке. Але важливим є те, що сингулярності Великого Вибуху відповідає низька ентропія, а сингулярностям “чорних дір” – висока. І в цьому принципова відмінність між ними. Для Великого Вибуху принципово, що гравітаційні ступені вільності чомусь не було активовано. Але їх повністю активовано в сингулярностях “чорних дір”. Але найдраматичнішим питанням є те, чому в початковому стані гравітаційні ступені вільності – і лише їх! – певний час було пригнічено.

Сучасна космологія не має відповіді на це запитання. Інфляція – це не відповідь. Я можу це проілюструвати, перевернувши картинку знизу догори. При цьому час так само прямує догори, отже, ми опиняємося у Всесвіті, що колапсує. Просто уявіть собі, що таке станеться у ранньому Всесвіті. Уявіть стискання Всесвіту, настільки ж невпорядкованого, як наш тепер, у якому з перебігом часу так само працює Другий принцип термодинаміки.

Що станеться?

Речовина з часом стискатиметься більше й більше. Формуватимуться “чорні діри”, вони “змерзатимуться” одна з одною, безладно стискатимуться, утворюючи велетенський хаос. Отже, це буде сингулярність з дуже високою ентропією. Якщо ви накладете на це “поле інфляції”, тобто те вигадане поле, яке змушує запрацювати інфляцію, ви не зможете зупинити цього хаосу. Я назвав це “Хаосом Великого Хрускоту”.

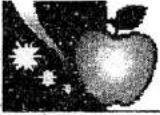
Всесвіт, який стискається, значно ймовірніший від того, який ми маємо. У цьому сенсі наш Всесвіт значно більшою мірою неправдоподібний. Відношення, в яке перший ймовірніший від другого, може бути розраховане завдяки знаменитій формулі Бекенштейна-Гокінга для ентропії “чорної діри”. Ця ентропія може бути оцінена і для “змерзлого” хаосу, і це нам дасть уявлення про те, наскільки мало ймовірним був початковий стан.

Отже, Великий Вибух виявиться річчю надзвичайно мало ймовірною через пригнічення гравітаційних ступенів свободи.

Ймовірність реалізувати саме такий стан Всесвіту становить щось приблизно 1 до 10000000000¹²⁴. Запис такого числа потребуватиме більше нулів, ніж є протонів у видимій частині Всесвіту. Але тепер я не намагатимусь пояснити, як це сталося, я просто спробую описати цей початковий стан.

Якщо ви схочете запитати, чому той стан Всесвіту був настільки особливий, то мусите й пояснити, який був той стан і чим він був особливий. Я хочу пояснити це геометричним способом, бо так найлегше зрозуміти, чому в початковий момент було так мало гравітаційних ступенів свободи. Тому я мушу знати, як описати це математично. Я назвав цей спосіб опису гіпотезою кривини Вейля⁷.

⁷Андре Вейль (1906–1998) – видатний французький математик, автор фундаментальних праць з алгебраїчної геометрії.



Але, щоб пояснити, що таке кривина Вейля, я мушу вдатися до складної математики. Отже, я потрапив у доволі незручне становище.

На щастя, мій оксфордський колега Поль Тод⁸ сформулював дуже елегантну математичну ідею. Я не намагатимуся пояснити вам, у чому вона полягає, просто не забувайте, що я хочу елегантним способом показати, наскільки особливим був Великий Вибух. Але, перше ніж це зробити, я розповім вам дещо і про інший кінець Всесвіту. Ми говорили про Великий Вибух і про його особливу природу. Я також вказував на експоненціальне розширення завдяки, якщо хочете, темній енергії, завдяки космологічній сталій λ . Існування космологічної сталої призводить до того, що Всесвіт експоненціально розширюватиметься ще необмежено довго, а космічний мікрохвильовий фон, що вже й тепер дуже холодний, з температурою лише три градуси вище від абсолютного нуля, робитиметься холоднішим і холоднішим.

Водночас з “чорними дірами” також відбувається дещо дуже цікаве. На це явище вказав був Стівен Гокінг⁹. Він показав, що “чорні діри” мають певну низьку температуру, відмінну від абсолютного нуля. Вони дуже холодні. Але ж наскільки “гаряча” “найгарячіша” з “чорних дір” довкола нас? “Найгарячіші” “чорні діри” – найменші, вони утворилися внаслідок колапсу зір з масами, лише в декілька разів більшими від маси Сонця.

Наше Сонце пройде крізь еволюцію, коли воно спершу роздується до розмірів червоно-

го гіганта, а потім перетвориться на білого карлика. Існує гранична маса білого карлика. Це приблизно півтори маси Сонця. Це показав індійський астрофізик Чандрасекар¹⁰ ще дуже давно, приблизно тоді, коли я народився, – отже, дуже й дуже давно.

Є ще й інший тип зір, ще з більшою густиною, аніж у білих карликів, так звані нейтронні зорі. Гранична маса нейтронних зір не набагато більша, аніж у білих карликів. Принагідно згадаймо Ландау¹¹, який ввів цю граничну масу, бо мені сказали, що він тут бував.

Більшими від мас білих карликів і нейтронних зір є маси невеликих “чорних дір”. Немає способів зупинити їхнє стискання. Саме ці найменші “чорні діри” “найгарячіші”, хоч тут ми оперуємо термінами найнижчих температур, отриманих у земних лабораторіях.

Та ми маємо пам’ятати, що більшість “чорних дір” значно більші за розмірами.

У нашій добре знаній галактиці Молочного Шляху в центрі є чорна діра з масою приблизно у 4 мільйони разів більшою, аніж Сонце. І її температура значно нижча.

У кожному разі, розширяючись, Всесвіт охолоне до температури, нижчої від температури будь-якої “чорної діри”. Я вірю в те, що найбільші виявлені “чорні діри” мають масу в 10 тисяч мільйонів разів більшу від сонячної. І вони взагалі найбільші з можливих. Вони і найхолодніші. Але Всесвіт, експоненціально розширюючись, врешті-решт охолоне так, що “чорні діри” залишаться найгарячішими об’єктами в ньому.

⁸Поль Тод – професор Оксфорду, колишній студент Роджера Пенроуза. Головні праці присвячено застосуванню диференціальної геометрії до проблем фізики.

⁹Стівен Гокінг (р. н. 1942 р.) – визначний англійський фізик-теоретик і популяризатор наукових знань.

¹⁰Субраманьян Чандрасекар (1910–1995) – індійський астрофізик, з 1937 року і до смерті працював у США, лавреат Нобелівської премії (1983). У 1930 році ввів поняття “межі Чандрасекара”. Роджер Пенроуз народився 8 серпня 1931 року.

¹¹Визначний фізик-теоретик Лев Ландау (1908–1968) у 1932–1937 рр. працював в Україні, очолюючи відділ в Українському фізико-технічному інституті і кафедру в Харківському університеті.



Далі, завдяки випромінюванню Гокінга, вони випаруються, бо випромінювання зменшує масу і врешті-решт перетворить “чорну діру” на ніщо; вона зникне, або ж “лусне”, як називають порівняно невеликі за астрофізичними вимірами вибухи. Це забере дуже довгий час, десь приблизно 10^{100} років. Це одиничка і сто нулів за нею. Подумаймо про те, що відбуватиметься впродовж цих багатьох років.

Поки Всесвіт розширятиметься, “чорні діри” “лускатимуть”. Це не вкладається в мої попередні картинки, це відбуватиметься значно пізніше. Я б назвав би час потому, як “чорні діри” “луснуть”, дуже нудним. Звичайно, доволі нудно, коли довкола залишаються самі “чорні діри”, але коли “луснуть” і вони, це буде найнудніше з усього, що я можу собі уявити. Я тут застосовую емоційний аргумент, а такі аргументи в науці викликають осторогу. Та коли ви науковими аргументами переконаєте людей, що до ваших емоційних аргументів потрібно ставитися серйозно, тоді все гаразд.

Що таке емоційний аргумент?

Мені справді не подобається ідея дуже нудного Всесвіту, але одного разу я подумав, що тоді нікому буде нудьгувати. Насправді, нікого тоді вже не буде. Найголовнішою річчю, яка залишиться в цьому Всесвіті, будуть фотони. А фотон важко собі уявити знудженим.

На те є дві причини.

По-перше, фотон, напевно, не може відчувати.

А на другій причині, з якої фотон важко уявити знудженим, я хочу зосередитися.

Я проілюструю це малюнком. Точніше, двома малюнками.

Погляньмо на перший.

Як ми вимірюємо час у теорії відносності? Або як ми взагалі вимірюємо час?

Годинниками на вежах?

Наручними годинниками?

Чи якимось дуже точними сучасними годинниками?

Атомні та ядерні годинники ґрунтуються на двох фундаментальних фізичних рівняннях.



Формула Планка

$$E = h\nu,$$

де h – стала Планка, встановлює, що енергія й частота еквівалентні.

Формула Ейнштейна $E = mc^2$ нам каже, що маса та енергія еквівалентні.

Склавши обидві формули разом, бачимо, що частота й маса еквівалентні:

$$\nu = m \left(\frac{c^2}{h} \right).$$

Отже, якщо ми маємо частинку з масою спокою з певною світловою лінією, то ця маса спокою визначає її частоту. Це дуже точна фундаментальна річ, яка ґрунтується на двох головних формулах. Отже, кожна частинка з масою спокою є годинником, дуже-дуже точним годинником. У звичайних годинниках є складні механізми, які в підсумку теж залежать від маси їхніх деталей.

А на другій картинці я намалював, як і раніше, світловий конус, але тепер я доповнив картинку геометриєю, що враховує поведінку годинників. Ці годинники, як я вже казав, можуть бути частинками. Якщо, наприклад, ми маємо два ідентичні годинники, то їхнє тикання зображено позначками. А для різних годинників для однієї й тієї ж самої події ця



вигнута поверхня реєструє два різні тікання. Отже, метрика може описати структуру простору-часу. Айнштайнова метрика має десять індексів, десять компонентів для визначення її в кожній точці. І співвідношення цих десяти компонентів для кожної точки – це просто дев'ять чисел. І світловий конус визначається цими дев'ятьма співвідношеннями. Це називають конформною структурою. Конформні структури визначають кути, під якими світлові конуси загинаються в просторі-часі. Але в спеціальній чи в загальній теорії відносності Айнштайна така картина буде неповна. Щоб зробити її повною, потрібна десята компонента, що дає шкалу, за якою концентруються ці вигнуті поверхні.

Так сталося, що здебільшого фізика має справу суто зі світловими конусами. Якщо вам потрібна буде повна картина, якої Айнштайн потребував для своєї теорії, де так само є шкала, пов'язана з масою, то її можна запровадити на два способи: через годинники, пов'язані з масою, або через поля, теж пов'язані з масою. Поле, що пов'язане з масою, є полем тяжіння, або ж гравітації. Отже, будь-який процес, який враховує наявність маси спокою, потребує повної картини з конусом у десятикомпонентній метриці. А речі без залучення маси потребують лише світлових конусів. Найвідомішими з-поміж таких речей є рівняння Максвелла для електродинаміки. Вони описують не лише електрику й магнетизм, а й світло. Отже, фотони підлягають рівнянням Максвелла. Для теорії слабкої і сильної взаємодії, якщо в процесах немає маси, також потрібні тільки світлові конуси.

Отже, говорячи спрощено, безмасова фізика потребує тієї геометрії, що на першому малюнку, а фізика з масою потребує тієї геометрії, що на другому.

А тепер повернімося до попередньої картини. Коли "чорні діри" за Гокінгом випаруються, залишаються тільки фотони, яких з кон-

формної геометрії цікавлять лише світлові конуси.

А зараз я вам розповім дещо цікаве про конформну геометрію. Дуже промовисту ілюстрацію цього дав голландський художник Мауріц Ешер¹². Він зобразив те, що завдяки Белтрамі¹³ зазвичай називають диском Пуанкаре¹⁴, хоч насправді то має бути диск Белтрамі.

Втім, не переймайтеся такими деталями.

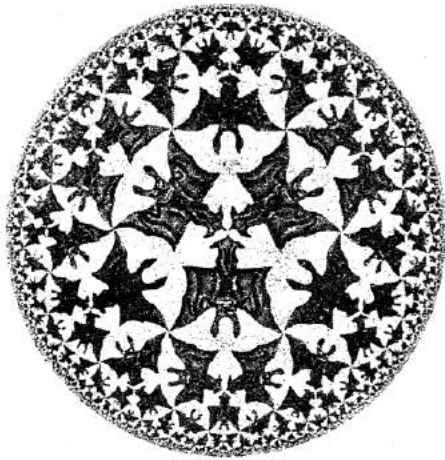
У нескінченному всесвіті живуть ангели і дияволи, і ви маєте уявити, що всі дияволи однієї форми й розміру. Для цього використаємо певний геометричний прийом: "розплющимо" геометрію у внутрішність Евклідового кола. Самі дияволи бачитимуть себе однієї форми й розміру, незалежно від того, як близько до межі вони перебуватимуть. Але увесь нескінченний всесвіт, у якому вони живуть, зображено як плаский диск, а нескінченність зображено цією округлою межею.

Це – конформне відображення, бо, наприклад, ангели на плечах у дияволів зображені правильно, незалежно від того, як близько вони перебувають до краю. Форма очей у дияволів та ж сама, незалежно від того, як близько до краю вони. Звичайно ж, біля краю вони нам здаються меншими, але ж насправді вони на нескінченності!

¹²Мауріц Корнеліс Ешер (1898–1972) – визначний голландський художник-графік, у роботах якого майстерно досліджено пластичні ефекти нескінченності і симетрії.

¹³Еудженіо Белтрамі (1835–1899) – італійський математик, автор праць з диференціальної геометрії.

¹⁴Анрі Пуанкаре (1854–1912) – видатний французький математик, фізик, філософ і теоретик науки. Незалежно від Айнштайна (і дещо раніше від нього) сформулював основні положення спеціальної теорії відносності.



А тепер я хочу використати цей же прийом у просторі-часі, зобразивши скінченну межу нескінченного Всесвіту. А це – нескінченне стискання, так само в конформному відображенні, для чого є не тільки математичні, а й фізичні підстави, бо матерія стискається в “чорні діри”, які, за Гокінгом, випаруються впродовж 10^{100} років.

Однак, залишаться окремі електрони й деякі інші частинки з масою, і відбудеться те, що я назвав “анти-Гітсівським процесом”. Усі ви сьогодні чули про Великий адронний колайдер і про пошуки “бозона Гітса”¹⁵. Це – частина схеми стандартної фізики, в якій маса спокою частинок з’являється на певному етапі раннього Всесвіту, коли температура зменшується настільки, що починає працювати “механізм Гітса”. Перед тим маси ще немає.

Я вважаю, що в далекому, дуже й дуже далекому майбутньому відбудуватиметься оберне-

ний процес. Це станеться вже потому, як зникнуть усі “чорні діри”. Маса спокою зникне завдяки “анти-Гітсівському процесові”. Залишаться тільки безмасові частинки, з яких уже не можна побудувати годинників. Для безмасової частинки на кшталт фотона вічність – це ніщо.

Технічним моментом, дуже важливим для такої схеми, є те, що космологічна стала λ , або, якщо хочете, зв’язана енергія, має бути додатною. А це перетворює майбутню нескінченність на простороподібну поверхню, де час нульовий. Це важливо.

Ви скажете, що це лише математична забавка? Багато десятиліть ми гралися з цією ідеєю як із математичною забавкою. Але ви помітили, що, коли зникне маса, ця область, що зображає нескінченність, буде дуже добрим місцем для безмасових частинок.

А тепер обговорімо проблему, що її запропонував Поль Тод, а саме проблему елегантного способу опису тієї величезної складності, яку являє відсутність гравітаційних ступенів свободи у ранньому Всесвіті. Про щось подібне ми вже говорили. Що ми можемо описати, то це особливості Великого Вибуху, тобто те, чим Великий Вибух відрізнявся від хаосу, про який уже йшлося. Отже, в нас був цей дуже складний початковий стан.

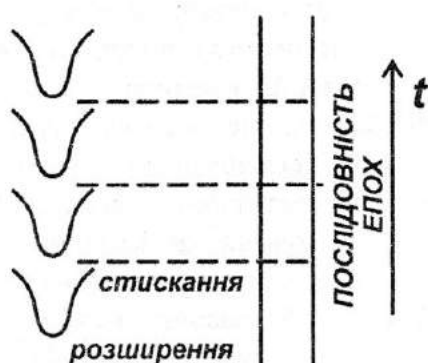
Всесвіт з гравітаційним полем, який мав низьку ентропію, виглядав приблизно так: у конформному відображенні ми можемо розтягнути його в гладку поверхню. Чи це тільки математичний трюк, чи за тим стоїть справжня фізика? Коли поблизу точки Великого Вибуху температура стає дуже високою, значно вищою від температури Великого адронного колайдера, маса спокою зникає. Це – справжній процес Гітса, а не щось, пов’язане з ентропією. Отже, справжній процес Гітса свідчить, що конформна геометрія відповідає Великому Вибухові, і що має бути так само

¹⁵Пітер Гітс (р. н. 1929) – британський фізик-теоретик, у 1960-ті роки запропонував механізм появи маси елементарних частинок у ході розвитку Всесвіту. 4 липня 2012 року ЦЕРН оголосив про експериментальне виявлення “бозона Гітса”.



щось по інший бік. Ця картина Всесвіту, яку я намалював, схожа на світ з ангелами й демонами, де наше поле зору обмежене. Але коли ми подивимося на нього з іншого боку, то скажемо: "Таразд, тут щось є! Існує геометрія, що дозволяє нам зазирнути за край". А що ж було по той бік Великого Вибуху?

З цього приводу може бути багато різних думок.



То яка ж найкраща ідея про те, що було перед Великим Вибухом? Я вважаю, що то було далеке майбутнє попередньої епохи. Якщо ви навіть не вірите в це, то мусите визнати: існує дивовижна подібність між "розтягненим" Великим Вибухом і стисненою нескінченністю. Якщо я кажу "подібність", то я справді маю на увазі подібність у сенсі Евклідової геометрії, де маленький і великий трикутники з однаковими кутами подібні.

Отже, я стверджую, що дуже віддалене майбутнє і дуже далеке минуле вельми подібні. Єдиною істотною відмінністю є зміна масштабу, що визначає конформну геометрію, і це є основою подальшого малюнка. Ці перетворення цілком можливо описати математично, і саме вони відбуваються насправді в нашому реальному світі. Звісно, для того, щоб пояснити, як відбувається перехід від попереднього до подальшого стану, потрібні довгі рівняння, і я вмію дати з ними раду. Але ви, поза сумні-

вом, відчуєте полегкість, почувши, що я не збираюся показувати вам ніяких рівнянь.

Однак, я поясню вам деякі речі, що випливають з цієї схеми. Насамперед, я опишу, чому в нас не виникає проблем з Другим принципом термодинаміки.

Звісно, ви можете сказати: "Як на цій картинці ентропія, яка весь час збільшується й збільшується, може сполучатися з циклічністю Всесвіту?"

Дозвольте мені дуже коротко зупинитися на тому, як працює Другий принцип термодинаміки, який сенс він має в циклічному Всесвіті. Критичним моментом є те, що коли "чорні діри" "лускають", втрачаються ступені свободи. Насправді вони зникають у сингулярностях.

Коли ми маємо Гокінгову картинку "чорної діри", в якій зникає речовина, то ступені свободи пропадають, потрапивши в сингулярність. Це узгоджується з тим, що молодий Гокінг говорив 1976 року. Однак, 2004 року, Гокінг змінив думку і заявив: "Ні, ці ступені свободи якимось чином знову виходять назовні". Я думаю, що він мав рацію в першому випадку. Потім він погодився випустити цю пташку з рук і, гадаю, в цьому він не мав рації. Я вважаю, що його початкові докази були дуже вагомими, а подальша зміна його точки зору мене не переконала.

Я маю наголосити, що основна частина ентропії Всесвіту має бути зосереджена в супермасивних "чорних дірах". І, коли ці "чорні діри" з часом випаровуються, втрачені ступені свободи більше не роблять внеску в загальне значення ентропії. Отже, нульове значення ентропії "перезавантажується". Це складний момент: Другий принцип ніколи не порушується, але він, у певному сенсі, переступає через власні межі. Якщо хочете, коли на цій картинці чорні діри зникають, то вони забирають з собою ступені свободи, що дає нам змогу змінити визначення ентропії, узгодив-



ши її з наступною епохою. Це – вельми суперечливий момент, і я пропоную більше на ньому не зупинятися. Бо мені це все здається цілком узгодженим.

Насамкінець я хочу перейти до питання про спостереження. Чи маємо ми якісь свідчення про існування епох, які передували нашій?

Отже, я можу запитати себе: який найруйнівніший процес може надіслати з попередньої епохи сигнал, видимий для нас?

Я вже згадував, що в центрі нашої Галактики є “чорна діра”, маса якої в чотири мільйони разів перевищує масу Сонця. Нещодавно було підтверджено, що курс нашої Галактики перетинається з курсом Туманності Андромеди. В Туманності Андромеди є “чорна діра”, навіть більша від нашої. Цілком імовірно, що під час зустрічі галактик “чорні діри” почнуть обертатися разом і поглинуть одна одну. Можливо, що спочатку вони розминуться, але після зустрічі галактики сповільняться і врешті-решт знову наблизяться одна до одної. Якщо вас непокоїть така перспектива, то не хвилюйтеся, це відбудеться дуже нескоро, через проміжок часу, який приблизно дорівнює теперішньому вікові Землі. Отже, я переконаний, до того нас спіткають ще багато інших лих. Може, галактики й кілька разів розминуться перед тим, як “чорні діри” поглинуть одна одну. Але в скупченнях галактик таке неминуче відбуватиметься. Насправді, детектори гравітаційних хвиль намагатимуться вловити саме сліди зіткнення “чорних дір”. Я кажу про нашу епоху, а не про попередні.

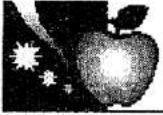
А тепер я перейду до зіткнення “чорних дір” у минулі епохи. Безумовно, тоді мусило відбутися багато таких зіткнень. На цій картинці зображено поверхню, яка відокремлює попередню епоху від нашої. Ми звідси дивимося назад на межу епох. А десь тут унизу буде джерело мікрохвильового космічного фону.

У цій попередній епосі були “чорні діри”, які зустрілися, разом обертатися, а тоді поглинули одна одну. Коли це сталося, мусив відбутися величезний спалах випромінювання, який забрав кілька відсотків загальної енергії-маси чорних дір, тобто тієї енергії, яка за Айнштайном дорівнює mc^2 .



Це була неймовірно величезна енергія. І цю енергію було випромінено у формі гравітаційних хвиль. Це – гравітаційний аналог світла. Їх не можна бачити очима, але можна відчувати детекторами гравітаційних хвиль. Але за рівняннями теорії, яку я запропонував, ці хвилі перетворюватимуть свою енергію на малі збурення космічного мікрохвильового фону. Насправді, гравітаційні хвилі перетворяться на початкову форму “темної речовини”. Досі я не згадував про “темну речовину”. А тим часом більша частина наявної у Всесвіті речовини перебуває у формі “темної речовини”. Отже, гравітаційні хвилі за рівняннями перетворюватимуться на “темну речовину”, і відбуватимуться невеличкі поштовхи або в нашому напрямкові, або в протилежному, залежно від геометрії картинки.

Ця картина дещо нагадуватиме поверхню озера, коли йде дощ. Від кожної краплі розходяться кола, і коли дощ густий, таких кіл багато.



Я хочу, щоб ви уявили це зіткнення “чорних дір” наче краплю дощу, що падає на поверхню озера. Її дія передається поверхні, і ви спостерігаєте цю картину кіл. Звичайно, якщо дощ дуже сильний, ви не побачите чітких кіл. Але, в кожному разі, якщо ви проведете складну статистичну процедуру, то зможете переконатися, що така картина спричинена окремими краплями.

А тепер маємо трохи складнішу картину. Наша Галактика – Молочний Шлях – перебуває в скупченні галактик, куди входить ще Туманність Андромеди, галактика з сузір'я Трикутника та кілька інших. Навколо нас є значно більші скупчення. Вони прагнуть триматися купи. І так ви можете мати в них багато зіткнень “чорних дір”, бо одні “чорні діри” весь час поглинають інші. А ми бачитимемо збурення космічного мікрохвильового фону. Це нагадуватиме картинку, коли краплі падають не просто з неба, а десь з краю покрівлі. Але падатимуть в одну точку, і по поверхні з одного центру йтиме багато кіл.



Отже, постає запитання: чи можемо ми “зазирнути” в попередню епоху?

Тут на малюнку ми, а тут – події, пов’язані з однією й тією ж “чорною дірою”, отже, кола від них на поверхні мають бути концентричними. З моїм вірменським колегою Ваге Гурзядяном¹⁶ ми намагалися виявити, чи є такі кола в мікрохвильовому космічному фо-

ні. Ми шукали кола, на яких варіації температури менші, ніж довкола них, тобто самі кола однорідніші, ніж космічний фон загалом.

Тут я не буду зосереджуватися на деталях, але хочу показати результати здійсненого нами аналізу, під час якого ми шукали набори принаймні трьох концентричних кіл. А тоді ми шукали набори чотирьох таких кіл. Далі намагалися проаналізувати, чого більше: колових об’єктів такого ґатунку, чи еліптичних?

Для цього ми виробили подальшу процедуру. Ми намагалися знайти правду в справжньому небі, ми дивилися, скільки на ньому є центрів, довкола яких є багато кіл: щонайменше три або щонайменше чотири. Тоді ми проводили математичну операцію: трохи повертали небо і повторювали процедуру. А далі шукали еліптичні форми, а не колові. Тоді знову трохи повертали небо і повторювали все з початку.

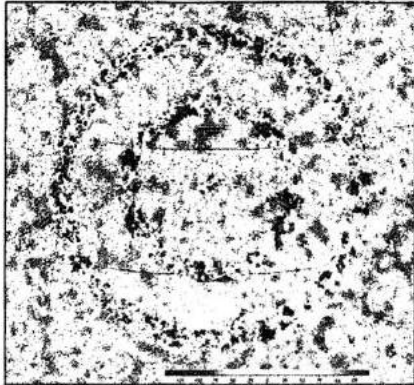
Літерою S ми позначали те, як дуже ми повертали небо, і в нас була формула, куди входила пара компонентів. Та не переймаймося математикою! Я хотів лишень наголосити, що, коли ми шукаємо кола, повороту взагалі немає.

Отже,
якщо $S = 0$,
ми шукаємо кола;
якщо $S = 2$ або $S = -2$,
то еліпси, відмінні від кола лише на 1 %;
якщо $S = 10$,
то еліпси, відмінні від кола на 10 %.

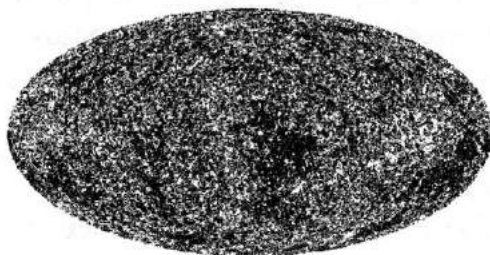
¹⁶Ваге Гурзядян (р. н. 1955) – вірменський фізик-теоретик, написав разом з Роджером Пенроузом статтю “Концентричні кола в даних WMAP можуть свідчити про руйнівні процеси перед Великим Вибухом” (<http://arxiv.org/abs/1011.3706>), розміщену в інтернеті 16 листопада 2010 року.



І найбільший поворот у 80 відповідає еліпсам зі співвідношенням півосей 1 до 2-х.



Те, що ми виявили, важко назвати випадковим ефектом. Ми знайшли на небі 352 точки, що є центрами для принаймні трьох кіл. Тепер ми почали повертати, і пам'ятаймо, що $S = 2$ або $S = -2$ відповідають еліпсам, відмінні від кола лише на 1%. Кількість таких еліпсів менше від кількості кіл принаймні втричі. З дальшим збільшенням повороту до 5 і до 10 число далі падає до 16 і 11. Тому я думаю, що в цих колах є дещо дуже переконливе, адже їхнє число більше від числа еліпсів у багато разів.



Ще раз погляньмо на картину нашого неба, де відмінності температури мікрохвильового космічного фону позначено кольсром¹⁷. Далі ми шукали центри для принаймні чотирьох кіл водночас, чи, коли хочете, центри для хвиль від чотирьох крапель дощу. Тут червоний колір умовно позначає вищу температуру і синій – нижчу. За теорією, такі джерела мають бути дуже й дуже далекими. Насправді цих джерел уже немає – вони лишилися в попередній епосі.

Отже, за нашою теорією, ми отримали велику концентрацію дуже-дуже далеких джерел, яких не можна пояснити в межах звичайної космології. Але їхній розподіл далекий від випадкового. Можливо, я вдався до симуляції – але ж погляньмо на еліпси. Число тих, які відрізняються від кола лише на 1%, вже у п'ять разів нижче. А коли ми повертаємо небо трохи більше, такі видовжені еліпси цілком зникають!

Отже, мені це здається дуже переконливим: об'єктам, які ми виявили, насправді належить на тому, щоб бути строго коловими! І це відповідає теорії, яку я вам виклав.

Якщо тут може бути інше пояснення, я хотів би на нього подивитися. Важко зрозуміти, як прийнятий погляд з інфляцією міг би пояснити всі ці ефекти. Мені це здається справжніми сигналами з епохи, попередньої щодо нашої, оскільки теорія передбачає речі, які ми справді спостерігаємо. Це не може бути ані статистичним артефактом, ані виявом дії якихось інших теорій.

Отож, я полишаю вас із цими думками і прошу вибачення за те, що говорив надто довго.

¹⁷ На малюнку зображено анізотропію космічного мікрохвильового фону за даними дев'ятирічних спостережень "Експлорера-80" (проект WMAP).



Львівський математик Станіслав Улам – творець методу статистичного моделювання або методу Монте–Карло

Петро КОСОБУЦЬКИЙ,

*доктор фізико-математичних наук, професор
Національного університету "Львівська політехніка"*

Відомий математик Станіслав Улам народився у Львові 13 квітня 1909 року у сім'ї юриста Джозефа Улама (батько народився у Львові) та Анни Ауербах (мати – у Стрию). Упродовж 1919–1927 років навчався в гімназії, а в 1927–1933 роках – на загальнотехнічному факультеті Львівського політехнічного інституту [1].



Станіслав Улам (ліворуч) разом із відомим фізиком Річардом Фейнманом (у центрі) та математиком фон Нейманом (праворуч)

Навчаючись у Львівській політехніці, Станіслав Улам слухав курс теоретичної фізики у відомого польського фізика-теоретика Войцеха Рубіновича, який колись був студентом німецького фізика Зоммерфельда.

С. Улам брав активну участь у наукових семінарах Львівської школи математиків, що відбувались у Римській та Шотландській ка-

в'ярнях за участю Степана Банаха, Вацлава Серпінського, Станіслава Мазура та інших.

Як згадував С. Улам, десь у 1929–1930 роках під час математичних дискусій у кав'ярнях, молодий на той час математик С. Мазур підняв питання про існування автоматів, спроможних копіювати самих себе. Саме ці ідеї передували теорії абстрактних автоматів, які згодом розробив відомий угорський математик, учасник Мангеттенського проекту Джон фон Нейман.

До Львова фон Нейман уперше приїхав на конгрес математиків 1927 року. Та через випускні іспити в Львівській гімназії, С. Улам не зміг із ним зустрітись.

Львівське відділення Польського математичного товариства 1929 року запропонувало студентові С. Уламу обійняти посаду секретаря. Це дало йому змогу брати участь у міжнародних математичних конгресах і розширювати коло знайомств із провідними математиками.

Уже 1932 року С. Улама запросили виступити з доповіддю на Міжнародному конгресі математиків у Цюріху. Невдовзі, від 1934 року, С. Улам розпочав листуватися із відомим ученим фон Нейманом та обговорював з ним актуальні проблеми математики.

Фон Нейман емігрував до США ще 1930 року і працював у Принстонському інституті перспективних досліджень.



Саме на запрошення С. Улама, 1937 року фон Нейман знову приїхав до Львова, де брав участь у науковому семінарі.

Фон Нейман 1939 року порекомендував С. Уламові емігрувати до США, де той долучився до групи математиків, яку очолював сам фон Нейман. Ця група науковців від 1943 року розпочала інтенсивні математичні дослідження у межах Мангеттенського проекту (1945 року фон Нейман математично обґрунтував застосування вибухового методу детонації атомної бомби та запропонував принцип побудови БОМ, яку згодом назвали на його честь ДЖОНІАК).

С. Улам разом із фон Нейманом 1949 року запропонували вирішальний для реалізації Мангеттенського проекту метод статистичного випробування складних систем із різними ймовірностями реалізацій, який згодом назвали методом Монте-Карло (ММК) [1].

Основна відмінність ММК із дослідженнями, що були проведені раніше, в галузі статистичного моделювання в тому, що Монте-Карло моделювання перевернуло стандартне уявлення про те, як треба розв'язувати задачу, використовуючи засоби теорії ймовірностей і математичної статистики. Раніше допускали так – треба вивчити детерміновану проблему, а далі використати імітацію.

У моделюванні ММК допускається, що треба мати детерміновану проблему та знайти її стохастичний аналог. Це загальний принцип, що не ґрунтується на конкретних фізичних ідеях, тому може використовуватися для розв'язування задач з фізики, хемії, біології, економіки тощо.

С. Улам разом із Е. Теллером 1950 року висунули ідею водневої бомби, яку пізніше (1954) теоретично обґрунтували О. Лаврентьєв та А. Сахаров.

Згодом, 1955 року, він висунув ідею ядерно-імпульсного двигуна для здійснення міжпланетного космічного проекту "Оріон".

Станіслав Улам тісно співпрацював із відомим фізиком, Нобелівським лавреатом з фізики 1965 року Річардом Фейнманом.

На світлині Станіслав Улам разом із іншим львівським математиком Мареком Кацом, учнем Гуго Штейнгауза, професором математики університету ім. Роквеллера, з яким у співавторстві написав книжку [2].

Як згадував С. Улам, 1967 року редактори "Британської енциклопедії" запропонували йому разом із М. Кацом написати статтю з математики для спеціального додатку "Britannica". Цю статтю було надруковано також як окрему спільну працю під назвою "Математика і логіка" ("Mathematics and Logic"). Згодом її перекладено французькою, іспанською, російською, чеською та японською мовами.



*Марк Кац (1914–1984)
і Станіслав Улам (1909–1984)*

С. Улам із теплотою згадував проведені роки у Львові. З переживанням після війни він сприйняв звістку про смерть відомого львівського математика Степана Банаха.

Після Другої світової війни С. Улам відновив стосунки з польськими математиками. Вони передали йому відомий робочий зошит з рукописами наукових семінарів С. Банаха (зі слів Штейнгауза, рукопис зберіг і передав син Банаха – нейрохірург за фахом), який С. Улам



переклав англійською мовою і підготував до видання під назвою "Шотландська книга" [The Scottish Book: A Collection of problems. Translated from a notebook kept at the Scottish Coffee House for the use of the Lwowe Section. Polish Mathematical Society, Los Alamos, N. Mex.: Los Alamos Scientific Laboratory, 1957].

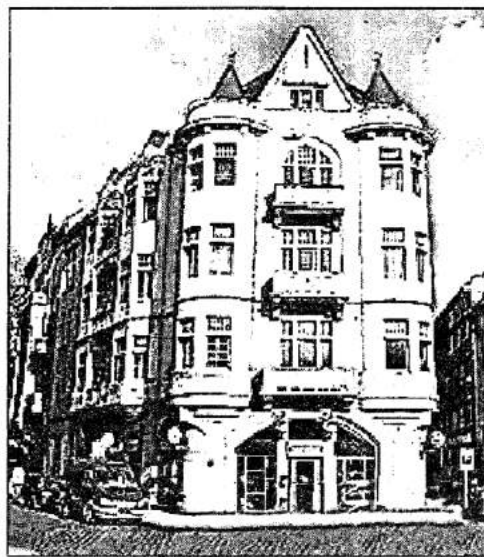
У 1960 році С. Улам видав монографію "Нерозв'язані математичні задачі" (Unsolved Problems of Mathematics).

Помер Станіслав Улам 13 травня 1984 року у Санта-Фе (штат Нью-Мексико, США), похований у Парижі на цвинтарі Монмартр.

Мета мого повідомлення – привернути увагу до несправедливо забутого львівського математика Станіслава Улама. Однак важко стисло відобразити усі грані його наукових добробок і зробити це краще, ніж автори праці [4] з нагоди 100-річчя від дня народження ученого.

Дань великої поваги і визнання заслуг львівської математичної школи Штайнгауза–Банаха–Улама–Серпінського–Мазура влучно відзначив професор Львівського національного університету імені Івана Франка Михайло Зарічний. В одному із наукових журналів США він прочитав, що в період між двома світовими війнами в Європі було три математичні столиці: Париж, Геттінген і Львів [5]. Тому сподіваюсь, що Львівська громада підтримає ідею відтворення історичних місць великих творинь математики у Римській та Шотландській кав'ярнях.

Розглянемо деякі приклади застосування ММК, як обчислення значення числа π , середнього значення деякої величини, що випадково змінюється та моделювання випадкової траєкторії розсіяння фотона в мутному середовищі, хоч насправді таких цікавих задач є набагато більше. Зупинимось на суті метода Монте–Карло.



На першому поверсі цього будинку була розташована кав'ярня шкотська. У сусідньому будинку (праворуч, Саксаганського, 1) нині – редакція журналу "Світ фізики"

Ще Енріко Фермі 1930 року, а згодом 1940 року, фон Нейман і С. Улам у Лос-Аламосі успішно використали зв'язок між стохастичними (випадковими, ймовірними) процесами та диференційними рівняннями "у зворотний бік" і запропонували використати стохастичний підхід для апроксимації багатовимірних інтегралів у рівняннях, що описують дифузійний перенос нейтронів у середовищі. Нагадаємо, що у фізиці до стохастичних відносять процеси, що описуються функцією від двох змінних $f(x, t)$, одна з яких є часова змінна t , а іншою – стохастична змінна – X . Саму функцію $f(x, t)$ називають випадковою функцією.

Якщо замість X підставити будь-яке з можливих її значень x , то отримаємо функцію від t : $Y_x(t) = f(x, t)$, яку ще називають вибірковою функцією або функцією реалізації процесу.



За ідеєю Монте-Карло [6] оцінити значення означеного інтегралу $\int_a^b f(x)dx$ в інтервалі $[a, b]$ означає обчислити величину

$$h(b-a) \frac{n_k}{n}.$$

Тут $h(b-a)$ – площа прямокутника, всередині якого лежить графік функції $f(x)$; $\frac{n_k}{n}$ – відношення долі випадкових точок під кривою $f(x)$, до загальної кількості n випадково згенерованих пар із координатами x_i ($a \leq x_i \leq b$) і y_i ($0 \leq y_i \leq h$) з рівномірним розподілом.

Тому моделювання випадкових чисел із заданим законом розподілу – важлива складова ММК.

Розглянемо деякі приклади реалізації ММК в одному із сучасних пакетів прикладних програм MathCAD.

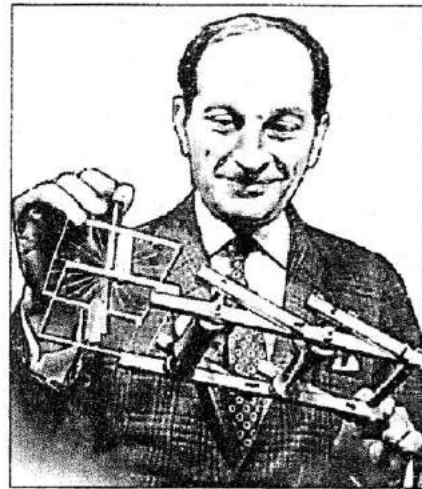
Моделювання значення числа π

Історія числа π – витончене маленьке дзеркальце історії людства

Петер Бекманн

Відомо, що число π – це відношення довжини кола до його діаметра. Віддавна зауваживши, що дане відношення стало і не залежить від довжини кола, вчені дійшли висновку – його треба подавати у вигляді раціонального дробу.

Архімед у III ст. до Р. Х. першим створив певний алгоритм наближеного обчислення π і визначив, що $\pi = 3,1419\dots$ [7].



Станіслав Улам розглядає аналоговий комп'ютер (FERMIAC або візок Монте-Карло), який винайшов фізик Е. Фермі, для вивчення переміщення нейтронів

Точніші значення були знайдені у Давньому Китаї, в Самарканді.

У Європі цією задачею цікавились Ф. Вієт, В. Джонсон, Л. Ейлер, Л. ван Цейлен, А. Лезандр, В. Лейбніц, В. Малчин.

Наприкінці XIX ст. англієць В. Шенкс знайшов 707 знаків числа, та 1945 року шляхом обчислення на ЕОМ було встановлено, що він помилився в 520-му знаці, тому подальші обчислення виявилися помилковими. У 2002 році було обчислено 1 241 100 000 000 знаків числа.

Розглянемо алгоритм обчислення значення числа π методом статистичного моделювання, для чого розглянемо кулю у вигляді двох півкуль радіусом R .

Тоді об'єм кулі можна обчислити як інтеграл:

$$V_{\text{кулі}} = 2 \int_0^R S(r) \cdot dr = 2 \cdot \frac{2}{3} \pi R^3,$$

де $S(r) = \pi (R^2 - r^2)$.



Оточимо кулю кубом із довжиною сторони $2R$ та об'ємом $(2R)^3$. Тоді за ідеєю ММК, якщо в тривимірному просторі куба рівномірно генерувати точки з просторовими координатами (x, y, z) , то відношення кількості попадань точок всередину кулі n_k до загальної кількості n згенерованих точок у кубі, буде пропорційне відношенню їхніх об'ємів:

$$\frac{n_k}{n} = \frac{V_{кулі}}{V_{куба}} = \frac{(4/3)\pi R^3}{(2R)^3},$$

звідси,

$$\pi = 6 \frac{n_k}{n}.$$

Отже, якщо обмежитись розглядом кулі з одиничним радіусом $R = 1$, то для генерування рівномірно розподілених у просторі точок можна використати вбудовану функцію MathCAD $rnd()$ і алгоритм програми, що матиме вигляд:

```

ORIGIN:=1      n := 1000
i := ORIGIN..n
Xi := -1 + rnd(2)  Yi := -1 + rnd(2)  Zi := -1 + rnd(2)
Xspherei := if[(Xi)2 + (Yi)2 + (Zi)2 < 1, Xi, 0]
Xcubei := if[(Xi)2 + (Yi)2 + (Zi)2 < 1, 0, Xi]
Yspherei := if[(Xi)2 + (Yi)2 + (Zi)2 < 1, Yi, 0]
Ycubei := if[(Xi)2 + (Yi)2 + (Zi)2 < 1, 0, Yi]
Zspherei := if[(Xi)2 + (Yi)2 + (Zi)2 < 1, Zi, 0]
Zcubei := if[(Xi)2 + (Yi)2 + (Zi)2 < 1, 0, Zi]
    
```

Тут використано умовну функцію if , яку вводять із клавіатури у вигляді:

$if(\langle \text{логіч. вираз} \rangle, \langle \text{арифмет. вираз 1} \rangle, \langle \text{арифмет. вираз 2} \rangle)$.

Вбудована функція $rnd(2)$ рівномірно генерує випадкові числа в інтервалі від 0 до 2. Якщо $rnd(2) = 0$, то значення координати точки дорівнює -1 , тоді як при $rnd(2) = 2$ маємо значення 1 .

Так для кількості реалізацій $n = 10000$, обчислене значення числа π дорівнює $\pi = 3,107$. Читач може самостійно переконатись в тому, що з переходом до комп'ютерного експеримента в площині, $\pi = 4 \frac{n_k}{n}$, що зменшує

відхилення від значення $\pi \cong 3,14$.

Графічну реалізацію комп'ютерного експеримента Монте-Карло зображено на рис. 1.

Для наглядності, на рис. 1, а позначено лише точки в об'ємі кулі. На рис. 1, б, зображено плаский перетин рис. 1, а площиною X, Y , де зображена густина заповнення простору куба і сфери.

Французький природознавець Жорж Луї Леклерк де Бюффон¹ 1777 року сформулював задачу про знаходження ймовірності того, що кинута голка на розграфлений аркуш паперу перетне одну з ліній.

З'ясувалось, що ця ймовірність пов'язана з числом π , що й побудило застосовувати ймовірнісні методи для знаходження його значення [6].

¹Жорж Луї Леклерк де Бюффон (Georges Louis Leclerc Comte de Buffon, 1707–1788, Франція).

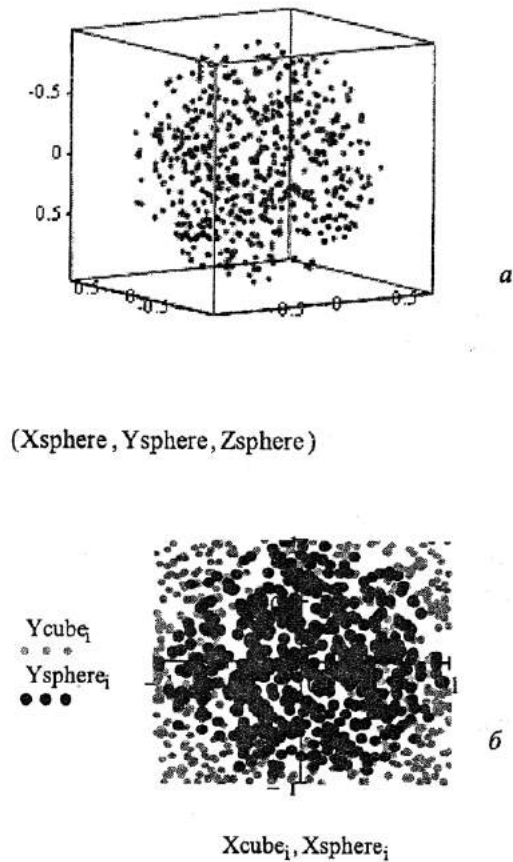
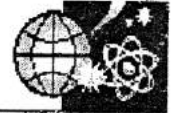


Рис. 1

Моделювання середнього значення випадкової величини

Із теорії ймовірностей відомо, що математичне сподівання $M[X]$ неперервної випадкової величини X із щільністю густини розподілу ймовірностей $f(x)$, або її середнє значення, обчислюється як інтеграл:

$$m = M[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

Обчислимо ММК середнє значення випадкової величини X , яка підлягає розподілу

$$f(x) := \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right),$$

у межах вибірки $[m \pm \sigma]$.

У MathCAD відповідний алгоритм має вигляд:

```

I := | y1 ← 0
      | y2 ← 0
      | for i ∈ 1.. n
      |   | x1 ← rnd(m + 1σ)
      |   |   | y1 ← y1 + (1/√(2·π)) · exp[-(x1 - m)² / (2·σ²)]
      |   |   | x2 ← rnd(m - 1σ)
      |   |   |   | y2 ← y2 + (1/√(2·π)) · exp[-(x2 - m)² / (2·σ²)]
      |   |   |   | i
      |   |   | y1 ← y1 · (m + 1σ) / n
      |   |   | y2 ← y2 · (m - 1σ) / n
      |   |   | I ← y1 - y2
      |   |   | I
    
```

Тут n – кількість імітацій комп'ютерного експеримента; σ – середнє квадратичне відхилення випадкової величини відносно m .

Дифузія фотона у мутному середовищі

Мутне середовище оптично неоднорідне і моделюється як середовище із n статистично незалежних центрів розсіяння фотонів. Тому для розрахунку траєкторії випадкових переміщень фотона в ньому використовується ММК. У сферичній системі координат, процес непружного розсіяння фотона описується трьома фізичними параметрами: довжиною вільного пробігу фотона L , як відстанню між двома послідовними актами розсіянь, зенітним (полярною відстанню) θ та азимуталь-



Станіслав Улам

ним (довготою) ϕ кутами відхилення напрямку розсіяння фотона відносно початкового. Ступінь непружного розсіяння фотонів у середовищі характеризується показником екстинції μ_s . За фізичною суттю μ_s – це величина, обернена до оптичного шляху вільного руху фотона, на якому потік фотонів зменшується в e разів.

Просторову закономірність інтенсивності розсіяння фотонів на одному центрі характеризує індикатриса розсіяння – фазова функція $p(\cos\theta)$, яку моделюють функцією Хен'ї-Грінштейна:

$$p(\cos\theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{1-g^2}{(1+g^2-2g\cos\theta)^{3/2}},$$

де $g = \langle \cos\theta \rangle$ – середнє значення косинуса кута θ , яке називається параметром анізотропії.

Якщо $g = 0$, то розсіяння в просторі ізотропне, тоді як для анізотропного $g < 0$.

Для сферично-симетричних центрів розсіяння використовують усереднену індикатрису розсіяння, для якої фазова функція обчислюється як

$$\cos\theta = \begin{cases} \frac{1}{2g} \left\{ 1+g^2 - \left[\frac{1-g^2}{1-g+2gr} \right]^2 \right\} & \text{if } g > 0 \\ 2r-1 & \text{if } g = 0 \end{cases}$$

де r – випадкове число, яке генерується в одиничному інтервалі $r \in [0; 1]$.

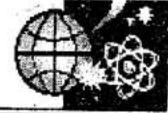
Азимутальний кут вимірюється в площині, перпендикулярній до напрямку розсіяння фотона. Оскільки усі напрямки рівноймовірні, то азимут розсіяння обчислюється як

$$\phi = 2\pi r.$$

Алгоритм розрахунку одної реалізації тривимірної траєкторії пружного розсіяння фотона в середовищі (в MathCAD) має вигляд:

```

OnePhot(x0,y0,z0,theta0,phi0) :=
i ← 0
x ← x0
y ← y0
z ← z0
theta ← theta0
phi ← phi0
while a(x,y,z)
  Resulti,0 ← x
  Resulti,1 ← y
  Resulti,2 ← z
  L ←  $\frac{-\log(\text{rnd}(1))}{\mu_s}$ 
  phi ← 2·π·rnd(1)
  theta ← acos(2·rnd(1) - 1)
  x ← x + L·sin(theta)·cos(phi)
  y ← y + L·sin(theta)·sin(phi)
  z ← z + L·cos(theta)
  i ← i + 1
Resulti,0 ← x
Resulti,1 ← y
Resulti,2 ← z
Result
  
```

Тут (x_0, y_0, z_0) – координати фотона до акта розсіяння.

Якщо між двома послідовними актами довжина вільного пробігу

$$L = -\frac{\ln r}{\mu_s},$$

то його нові координати обчислюються як

$$x = x_0 + L \sin \theta \cos \varphi,$$

$$y = y_0 + L \sin \theta \sin \varphi,$$

$$z = z_0 + L \cos \theta.$$

Врахування поглинання фотонів у розсіяному середовищі викладеної основної суті побудови алгоритму ММК не змінює. Алгоритм побудований із врахуванням поряд [8].

У наведеному алгоритмі

$$a(x, y, z) :=$$

$$(\min X < x < \max X) \cdot$$

$$(\min Y < y < \max Y) \cdot$$

$$(\min Z < z < \max Z)$$

– це функція перебування фотона в кубі. Вона повертає значення 1 для значень координат фотона всередині куба і 0 за його межами. Фрагмент ламаної траєкторії руху одного фотона, що здійснив у розсіяному середовищі 100 актів розсіянь, зображено на рис. 2, а.

Траєкторія розсіяння потоку із 10 фотонів моделюється за алгоритмом:

ManyPhot($x_0, y_0, z_0, \theta_0, \varphi_0, NPhot$):=

Result \leftarrow OnePhot($x_0, y_0, z_0, \theta_0, \varphi_0$)

for $i \in 1 \dots NSteps - 1$

Result \leftarrow stack(Result, OnePhot($x_0, y_0, z_0, \theta_0, \varphi_0$))

Result

$\theta := 0 \cdot \text{deg}$ $\varphi := 0 \cdot \text{deg}$

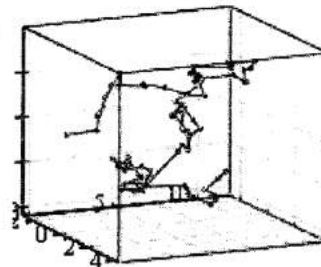
ManyPhot := ManyPhot(minX+1, minY+1, minZ+1, $\theta, \varphi, NSteps$)

X := ManyPhot⁽⁰⁾

Y := ManyPhot⁽¹⁾

Z := ManyPhot⁽²⁾

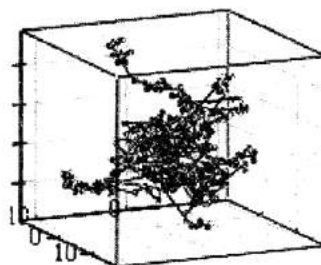
і зображена на рис. 2, б.



(X, Y, Z)

KStep = 100

а



(XX, YY, ZZ)

NPhot = 10

б

Рис. 2



Насамкінець зазначимо, що основний недолік ММК полягає в тому, що точність обчислення шуканої величини обернено пропорційна до кореня квадратного від кількості імітаційних експериментів $\frac{1}{\sqrt{n}}$.

Тому зменшити похибку обчислень можна лише шляхом збільшення кількості випробувань, що веде до зростання часу обчислень.

Справді, щоб збільшити точність у 10 разів, треба збільшити число випробувань у 100 разів.

У навчальному процесі широко використовують алгоритм моделювання дифузного розсіяння фотонів у кодах *ANSI Standard C* [9].

Література

1. S. M. Ulam. *Adventures of a Mathematician*. – Charles Scribner's Sons, New York, 1976; є переклад: Улан С. *Приключения математика*. – Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001
2. М. Кац, С. Улам. *Математика и логика. Ретроспектива и перспективы. Современная математика. Популярная серия*. Перевод с англ. Н. И. Плужниковой, под. ред. М. Яглома. – Москва: Мир, 1971.
3. Ulam S. I., von Neumann J. *On combination of stochastic and deterministic processes* / Bull Amer. Math. Soc., **53**, 1120 (1947); Ulam S. I., Metropolis N. *The Monte-Carlo method*. Statist. Assoc., 1949. – **44**, Vol. 247. – P. 335–341.
4. Krzysztof Ciesielski and Themistocles M. Rassias. *On Stan Ulam and his Mathematics*. – The Australian Journal of Mathematical Analysis and Applications, 2009. – **6**. – P. 1–9.
5. Рейхель Ю. *О роли ученых в формировании "новой" математики*.
6. Соболев И. М. *Численные методы Монте-Карло*. – Москва, 1973.
7. Gourdon X., Sebah P. and its computation through the ages. April 16, 2003. <http://numbers.computation.free.fr/Constants/constants.html>
8. PH36010 Numerical Methods. Writing Programs in MathCAD. www.day.kiev.ua/banner/7246
9. Wang L., Jacques S. *Monte-Carlo modeling of light transport in Multi-layer Tissues in Standard C*. – University of Texas. Anderson Cancer Center, 1992; Wang L., Jacques S., Zheng L. MCML—Monte-Carlo modeling of light transport in multi-layer tissues. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 1995. – Vol. 47. – P. 131–146.

Повне сонячне затемнення 2012 року

Єдине повне сонячне затемнення 2012 року було 13 листопада (14 листопада у східній півкулі). Його найкраще було видно в районі північно-східної частини Австралії, південної частини Тихого океану та частково на південному узбережжі Чилі. Найбільшим містом на шляху місячної тіні на східному узбережжі Австралії було місто Кернс, куди з'їхалося понад 80 тисяч учених і туристів.

Сонячні затемнення відбуваються, коли Місяць опиняється точно між Сонцем і Землею. Оскільки видимі діаметри Сонця і Місяця дуже близькі, Місяць може повністю закрити диск денного світила, і на небі з'явиться чорне коло в обрамленні сяючої корони.

Найбільший еліпс можна було спостерігати упродовж 4 хвилин 2 секунд. Це 2000 км на схід від Нової Зеландії, та 9600 км на захід від Чилі. Там це затемнення можна спостерігати лише під час заходу Сонця у вигляді часткового еліпса.



Звертаємо ще раз увагу на книжку Юрія Ранюка “Лабораторія № 1. Ядерна фізика в Україні” (Наукове видавництво “Акта”, 2006. – 580 с.). Варто кожному, хто цікавиться історією української фізичної науки, прочитати її.

Як зазначено в анотації: “Ця книжка про ядерну фізику та про людей, що її творили.

Україна переживає час свого становлення як європейська держава, її історія потребує об’єктивного висвітлення, бо все написане досі було або тенденційним, або забороненим. Щодо історії ядерної фізики в Україні, то вона взагалі не була написана. Ядерна наука в колишньому Радянському Союзі зародилася саме в Україні, і до Другої світової війни Український фізико-технічний інститут у Харкові був одним з головних осередків ядерно-фізичних досліджень.

У 1928 році в Харкові відкрито новий Український фізико-технічний інститут (УФТІ). Одним з основних напрямів його досліджень стала ядерна фізика. У 1932 році так звана *Високовольтна бригада* Інституту першою у світі повторила дослід англійських учених з розщеплення атомного ядра штучно пришвидшеними протонами.

Від 1929 до 1934 року у Харкові відбулися три перші Всесоюзні теоретичні конференції з фізики за участю іноземних учених. В останній з них брав участь Нільс Бор.

У 1937 році в Харкові був споруджений найпотужніший на той час у світі електростатичний пришвидшувач. У цьому мав змогу особисто пересвідчитися американський учений, винахідник цього пришвидшувача Роберт Ван де Грааф, який відвідав Харків.

Саме харківські вчені отримали 1946 року з пріоритетом 1940 року авторське свідоцтво про винахід радянської атомної бомби.

Коли розпочалася реалізація радянського атомного проекту, то Лабораторія з престижним номером 1 була організована при Українському фізико-технічному інституті. За Лабораторію № 2 правив майбутній Інститут атомної енергії, очолюваний науковим керівником проекту Ігорем Курчатовим, який до війни прилучався до ядерної науки в Харкові.

Найбільший у світі лінійний пришвидшувач електронів енергією у 2 ГеВ став до ладу в Харкові 1966 року.” Пропонуємо Читачеві уривок із книжки.

НАЙБІЛЬШИЙ У СВІТІ

Юрія Ранюк,

доктор фізико-математичних наук,

Національний науковий центр “Український фізико-технічний інститут”

У січні 1934 року на виставці, присвяченій XVII з’їзду ВКП (б), загальну увагу привернула велика колона, яку вінчала срібляста куля. Ця куля випромінювала блискавки завдовжки в півтора метра, а наелектризоване волосся глядачів ставало дибки. То була остання робота харківських фізиків – діюча модель електростатичного генератора на напругу в 1 мільйон вольтів. Демонстрував її делегатам з’їзду С. М. Водозазський.

З 1934 до 1935 р. в УФТІ було виготовлено та випробувано 11 генераторів шести різних типів. Частина з них була демонтована, декілька було передано для технічних потреб у різні установи [4].

Накопичений досвід дав змогу приступити до проектування генератора на рекордну на той час напругу в 5 мільйонів вольтів. Ескізне проектування великого генератора було роз-



Високовольтний (Лабораторний) корпус УФТІ (1946). Видно баню генератора

почате на початку 1934 року. Було відомо, що приблизно такий же генератор споруджується в Кембриджі (США) як експонат для все-світньої виставки науково-технічних досягнень, що мала бути в Парижі 1937 року.

У 1936 році Синельников та Вольтер писали [5]:

“Маючи своєю кінцевою метою побудову генератора на максимально можливу в межах габаритів високовольтної зали УФТІ напругу, ми проробили два варіанти цієї установки – каскадну конденсаторно-вентильну схему й електростатичний однополюсний генератор Ван де Граафа. Оскільки наші розрахунки показали, що за однакові потужності та габаритів установок у першому випадку можна отримати напругу до 2,5, а в другому до 7 млн. вольтів, ми спинилися на другому варіанті й на початку 1934 приступили до проекту згаданого генератора, спорудження якого нині закінчується”.

У березні 1935 року були зняті монтажні ферми високовольтного корпусу та почалося його обладнання. Сам генератор було збудовано силами інституту в 1935–1936 роках.

Генератор будували інженери К. В. Тір, Головка, С. М. Водолазкий, І. Я. Вермель, В. С. Гуменюк, А. В. Іванов, В. О. Петухов,

О. В. Таранов, І. А. Травянкін, Медведєв, Товбеєв, механік-конструктор Д. М. Улезко та ін.

Улітку 1935 року інститут відвідав сам Ван де Грааф і був приємно вражений побаченим. На пам'ять про свої відвідини він сфотографувався на тлі будівництва генератора.

Генератор є [6; 7] кондуктором сферичної форми діаметром 10,2 м, установлений на трьох колонах у 12 м заввишки. Кондуктор складався зі зварної трубчастої сталеві ферми, меридіональних шпангоутів з дюралюмінієвим профілем й обшивки з листового заліза, обклеєної алюмінієвою фольгою. Колони зібрані з ізоляційних циліндрів діаметром 2 м і стінкою 2 см. Усередині колон установлені стрічкові транспортери з прогумованої тканини, які приводяться в рух групою двигунів постійної напруги з установленою потужністю в 120 кВт.

Транспортери заряджалися в підземному приміщенні за допомогою коронуючих щіток, примкнених до спеціального джерела постійної напруги в 15–20 кВ.

У генераторі встановлено три транспортери. За цих умов з нього знімався струм до 2 мА. У потребі число транспортерів можна було збільшити до 18 з відповідним посиленням струму.

Усередині кондуктора генератора обладнане двоповерхове лабораторне приміщення, в якому встановлена допоміжна електростанція потужністю в 14 кВт і чотири допоміжні високовольтні установки для керування пучком заряджених частинок усередині розрядної трубки. Під час роботи генератора всередині кондуктора перебував лаборант, найчастіше жінка, яка за командами знизу керувала роботою приладів, що там уміщені. Як розповідала одна з них, під кондуктором було дуже нудно. Тож вона визирала у двері – чи не зайшов, бува, хто-небудь до зали. Якщо справді хтось сторонній заходив, то розігрувала такий стан-



дартний спектакль: потихеньку просувала крізь щілину в дверях металеву лінійку. З лінійки зривалася блискавка, й новоприбулий від несподіванки здригався, лаборантка сміялася від задоволення та поверталася на своє місце.

Напруга генератора лімітувалась утворенням розрядів на склепіння зали й спочатку не перевищувала 4 мегавольти. Довжина електричних розрядів-блискавок, за такої напруги становить 7–10 метрів. При генераторі встановлено агрегат для кондиціонування повітря, який запобігав підвищенню вологості повітря всередині колон генератора.

Розрядна (прискорювальна) трубка є дванадцятиметровою колоною з фарфорових порожнистих ізоляторів, сполучених між собою за допомогою сталених злучних фланців з вакуумним ущільненням. Середина трубки відкачується потужними масляно-дифузійними насосами до тиску 10^{-6} мм ртутного стовпчика.

Створений у Харкові генератор був на той час найпотужнішим у світі, а у своєму класі генераторів він так і залишився неперевершеним.

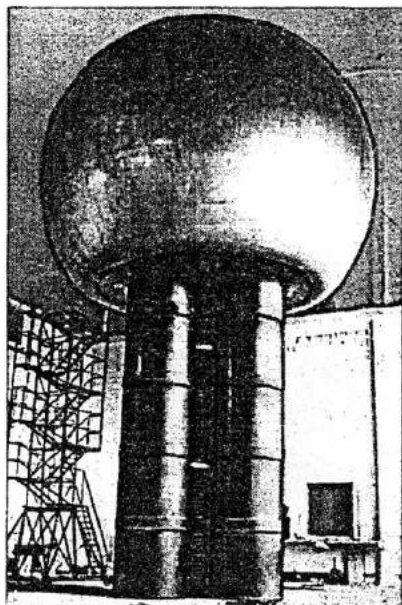
На жаль, як це незабаром стало зрозумілим, керівники Високовольтної бригади й цього разу обрали неперспективну конструкцію генератора, але вже не стали її змінювати, про що згодом дуже шкодували. Річ у тім, що всі елементи цього генератора були розташовані на відкритому повітрі, тож його робота попутно залежала від атмосферних чинників, таких як вологість, тиск, температура, пил. Це унеможливило використання основної переваги генератора – постійності напруги на кондукторі і, як наслідок, стабільності енергії прискорених частинок. Ця енергія цілком залежала від того, яка надворі погода, експериментатор мав зважати на погоду не менше за капітана вітрильника чи пілота літака.



Візит Роберта Ван де Граафа в УФТІ (другий зліва). Справа наліво: С. Водолазкий, К. Синельников, І. Вермель. На задньому плані – спорудження генератора

Ще 1932 року той-таки Ван де Грааф помістив свій генератор у величезну сталеву посудину високого тиску, яку заповнив газом з підвищеною електричною стійкістю. Цей генератор виявив дуже багато переваг проти генератора на таку ж енергію на повітрі.

По-перше, робота генератора під кожухом зовсім не залежить від погоди, бо всередині його завжди штучно підтримується та ж сама “погода” – тиск, вологість, температура. А використання газу з підвищеною електричною стійкістю давало змогу значною мірою зменшити габарити генератора. На жаль, змінити конструкцію генератора вчетверте – трансформатор Тесла, каскадний генератор, генератор Ван де Граафа на повітрі та під тиском – харківські вчені вже виявилися неспроможними.



*Найбільший у світі
електростатичний генератор*

А. К. Вальтер писав: "Ураховуючи серйозні конструктивні ускладнення й незручності в експлуатації, пов'язані із застосуванням стиснених газів або газів з підвищеною міцністю, слід визнати маловиправданим застосування цих засобів з єдиною метою збільшення ефективної щільності заряду, як це було зроблено в генераторі Нойберга".

Це призвело до того, що збудовану машину, як це не прикро визнавати, слід віднести до категорії "цар-машин". Відомо, що в московському Кремлі експонується "цар-гармата", що ніколи не стріляла, та "цар-дзвін", що ніколи не дзвонив. Машина справді була найбільшою у світі, але про постановку на ній ядерних дослідів годі було думати, та ніхто про це й не думав. Тож не дивно, що до війни генератор працював виключно на пришвидшення електронів, які використовувалися для дослідження взаємодії електронів та фотонів високої енергії з атомами (але не для дослідження атомного ядра).

Ідеться про вивчення поглинання, пробігів, енергетичних утрат та розсіяння електронів з енергією до 3 МеВ з метою перевірити відповідні теорії Бете, Блоха, Меллера та інших.

Щоправда, генератор застосовували як джерело γ -квантів та нейтронів. Про ці дослідження ми скажемо окремо.

Окрім великого електростатичного генератора, в інституті збудовано декілька малих генераторів на напругу від 600 до 1500 кіловольтів. Ними послуговувалися для генерації нейтронів, виробництва радіоактивних ізотопів, а також у медико-біологічних дослідженнях.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...

Уже 25 років у Великій Британії виходить науково-популярний журнал "Physics World" (Світ фізики) англійською мовою. Видання дуже популярне у різних країнах світу серед науковців, учителів та студентів. Метою журналу є популяризація наукових досліджень, зокрема фізики, серед широкого загалу читачів.

Вітаємо колектив журналу з ювілеєм!

Жінки у фізиці

Галина Шопа

Львівський національний університет імені Івана Франка

*Найвидатніших людей світу
народила жінка...*

Богинями мудрості були жінки: грецька Афіна Паллада, римська Мінерва, давньоіндійська Сарасваті, абхазька Атана, японська Бентен...



Афіна Паллада

В епоху античності також були дивовижно освічені жінки. Вони переважно навчались у сучасних на той час філософських школах.

Згадаймо, *Гіпатію Олександрійську*. Упродовж декількох віків її вважали єдиною жінкою-ученою в історії людства.

Гіпатія була донькою олександрійського філософа і математика Теона. Він викладав

в Олександрійському музеї, який на той час був великим науковим центром. До музею входила найвідоміша Олександрійська бібліотека, а також організації, які нині назвали б Академією наук та університетом. Саме там й отримала таку ґрунтовну освіту Гіпатія.



*Гіпатія Олександрійська
(370–415)*

В Афінах Гіпатія вивчала праці Платона і Арістотеля. Згодом, повернувшись до Олександрії, викладала математику, механіку, астрономію і філософію.

Гіпатія була філософом, астрономом і математиком, керівником філософської школи в Олександрії. Вона винайшла прилад для вимірювання координат небесних тіл – астролябію та ареометр – прилад для визначення густини рідини.

Іменем Гіпатії названо кратер на Місяці.

Ареті з Кірінеї – донька засновника Кірінейської філософської школи, навчалась в академії Платона. Вона викладала математику, фізику, філософію, написала декілька десятків книжок.

Джон Моранс у своїй праці “Жінки в науці” зазначає, що на її могилі написано: “Велич Греції – у красі Єлени, пері Аристипа, душі Сократа і в мові Гомера”.

Сестра видатного фізика Річарда Фейнмана *Джоан Фейнман* була геофізиком і астрофізиком. Вона понад 40 років працювала в американських університетах і НАСА.

Англійка *Сесілія Пейн* (1900–1979) закінчила Кембриджський університет, де вивчала фізику. Вона мріяла стати астрономом.

Сесілія Пейн була першою в історії Гарвардського університету, яка отримала науковий ступінь з астрономії. У своїй дисертації Пейн уперше показала, як пов’язані спектральні класи зір і їхня температура, а також припустила, що зорі складаються переважно з водню і за своїм хемічним складом зовсім не подібні на планети.

Сесілія продовжувала наукові дослідження спочатку самостійно, а згодом з чоловіком, астрономом і російським емігрантом Сергієм Гапошкіним.

Посаду професора Сесілія отримала лише 1956 року – уперше в історії Гарвардського університету.

Багато з нас знають великого астронома Вільяма Гершеля, який першим відкрив Уран.

Та небагато з нас знає, що його сестра *Кароліна Гершель* також була відомим астрономом. Вона народилася в Ганновері (Німеччина). На запрошення брата Вільяма, вона 1772 року приїхала до Англії, де стала незамінною його помічницею у наукових дослідженнях.



Кароліна Лукреція Гершель
(1750–1848)

Кароліна Гершель була першою жінкою в астрономії, яка 1786 року відкрила комету. Вона успішно проводила наукові дослідження в галузі астрономії.

Коли 1822 року помер її брат Вільям Гершель, Кароліна повернулась до Ганновера. Там вона завершила роботу над каталогом 2500 зоряних туманностей, які досліджував її брат. За цю працю Королівське астрономічне товариство Великої Британії нагородило її золотою медаллю.

Кароліна Гершель була почесним членом Королівського астрономічного товариства, почесним членом Ірландської Королівської академії наук.

На честь Кароліни Гершель названо астероїд Лукреція (281) і кратер на Місяці. Космічний телескоп “Гершель” був названий на честь брата і сестри Гершелів.

Багатозначними є слова з некролога Кароліни Гершель, який був опублікований у журналі “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”:

“Її пам’ять житиме разом із пам’яттю брата, доки зберігатимуться астрономічні записи минулого і нинішнього віків – і жити вона буде заслужено, хоча, сподіваємось, колись настане час, коли слава жінки в астрономії не вважатиметься такою екзотикою лише тому, що це жінка”.

За понад сто років присудження Нобелівської премії з фізики її отримали лише дві жінки: *Марія Склодовська-Кюрі* [1, 2] та *Марія Гйопперт-Майєр* [3].



*Марія Склодовська-Кюрі
(07.11.1867–04.05.1934)*

Згадаймо долю Марії Склодовської-Кюрі, яка через політичні події не могла отримати вищу освіту у себе на батьківщині – Польщі, і змушена була виїхати до Франції. Польща в ті часи була під окупацією Російської імперії, де жінки могли отримувати освіту лише в коледжах. Щоб здобути вищу освіту вони вимушені були їхати за кордон.

Про найвидатнішу жінку-фізика, двічі лауреата Нобелівської премії з фізики (1903) і хемії (1911) у журналі “Світ фізики” написано чимало, зокрема в статтях “Великий подвиг у науці” (*Світ Фізики*, 1997. – № 2. – С. 21–24), “Найвидатніша жінка в науці. Рік Марії Склодовської-Кюрі” (*Світ Фізики*, 2011. – № 3. – С. 21–23) та інших.

Зупинимось на постаті іншої видатної жінки-фізика – Марії Гйопперт-Майєр [3].

Марія Гйопперт-Майєр народилася 28 червня 1906 року в м. Катовіце (нині Польща). Коли Марії виповнилося чотири роки, родина переїхала до Геттінгену (Німеччина), де її батько обійняв посаду професора кафедри дитячих захворювань. Близькими друзями їхньої сім’ї були відомі фізики М. Борн і Дж. Франк. Серед інших знайомих було чимало фізиків із Геттінгенського університету. Батько схвалював зацікавлення доньки наукою, показував їй сонячні й місячні затемнення, збирав з нею геологічну колекцію.

Марія добре вчилася в міській школі, але знань, що давали там, було недостатньо для вступу до університету, де вона збиралася вивчати математику. Тому дівчина вступила до приватної жіночої школи. Однак школу закрили через відсутність коштів, перш ніж Марія встигла закінчити повний трирічний курс, і вона, навчаючись самостійно, зуміла витримати вступні іспити й 1924 року вступила до університету.

На той час Геттінгенський університет був провідним центром досліджень у новій галузі фізики – квантовій механіці. Коли М. Борн запросив М. Гйопперт-Майєр взяти участь у роботі семінару, яким він керував, вона вже цікавилася квантовою механікою.

Докторський ступінь М. Гйопперт-Майєр здобула 1930 року, захистивши у Геттінгенському університеті дисертацію на тему: “Про елементарні процеси з двома квантовими стрибками”.

Після одруження, молода сім’я виїхала до США. Попри науковий ступінь і чудові відгуки, тодішні традиції США не дозволяли М. Гйопперт-Майєр, як дружині викладача університету, одержати оплачувану посаду викладача в університеті Джонса Голкінса. Їй вдалося влаштуватись помічницею одного з працівників фізичного факультету. Ця скромна

посада давала М. Гйопперт-Майер невелику платню, маленький робочий кабінет і змогу брати участь в університетському житті.



*Марія Гйопперт-Майер
(28.06.1906–20.02.1972)*

Згодом Колумбійський університет запропонував М. Гйопперт-Майер ще нижчу посаду, ніж та, яку вона обіймала в університеті Джонса Гопкінса. Хоча декан фізичного факультету виділив їй окремий кабінет, вона не займала офіційної посади й не одержувала зарплатні. Проте там вона могла працювати з Е. Фермі та Г. Юрі над проблемами хемічної та атомної будови, а Г. Юрі надав їй змогу читати лекції з хемії.

М. Гйопперт-Майер 1941 року стала викладачем коледжу Сари Лоуренс. Це була її перша оплачувана посада. Наступного року Г. Юрі долучив Марію до роботи над Мангеттенським проектом. М. Гйопперт-Майер очолила колектив, який вивчав можливість виділяти уран 235 з природного урану за допомогою фотохемічних реакцій. Вона 1945 року провела декілька місяців у Лос-Аламоській лабораторії, де працювала з угорсько-американським фізиком Е. Теллером.

Після війни, 1946 року, М. Гйопперт-Майер була призначена асистентом-професором фізики Чиказького університету, однак зарплатні вона знову не отримувала, оскільки це було заборонено правилами університету.

Від 1946 року вона працювала за сумісництвом старшим фізиком в Аргонській національній лабораторії біля Чикаго, де будували ядерний реактор. В Аргоні М. Гйопперт-Майер співпрацювала з Е. Фермі, Г. Юрі, Дж. Франком і Е. Теллером.

Саме тоді, працюючи з Е. Теллером над теорією походження хемічних елементів, М. Гйопперт-Майер уперше зіткнулась із “магічними” числами, на які вперше (1933) наголосив у своїй праці німецький фізик Вальтер Сльзассер.

Лише 1960 року Університет у Сан-Дієго запропонував Марії Гйопперт-Майер обійняти посаду повного професора фізики.

М. Гйопперт-Майер разом із Й. Йенсенем нагородили половиною Нобелівської премії з фізики 1963 року “за відкриття оболонкової структури ядра”.

М. Гйопперт-Майер була членом Національної академії наук США та Американської академії наук і мистецтв, членом-кореспондентом Академії наук у Гайдельберзі, почесним доктором коледжів Сміта, Рассела Сейджа і Маунт-Голіоке.

Фізика відіграє вирішальну роль у розумінні світу, в якому ми живемо, і фізики роблять великий внесок у добробут та економічний розвиток людства. Знання і здібності фізиків до розв’язання різних завдань потрібні у багатьох професіях і галузях промисловості та суспільстві загалом.

Щоб процвітати в сьогоdnішньому швидкоплинному технологічному світі, кожна країна мусить мати високоосвічене населення, особливо громадян, які приймають рішення та впливають на добробут країни.

Відтак знання фізики – важлива частина загальної грамотності для кожного громадянина країни. До того ж, вдосконалення знань у галузі фізики – завдання важке, але й цікаве. Її розв'язання може допомогти поєднати різні взаємодоповнювальні методи, що застосовують вчені – чоловіки і жінки – різних країн.

Нині жінки можуть робити і роблять значний внесок у ці пошуки і, працюючи в галузі фізики, сприяють добробуту людства. Але таких жінок небагато.

Загалом у суспільстві недостатньо використовують інтелектуальний потенціал жінки. Тільки тоді, коли жінки реалізують себе повністю як дослідники в лабораторії, як наукові лідери та викладачі, як політики, вони будуть відчувати себе рівними партнерами в технологічному суспільстві.

Уже упродовж багатьох років під егідою ЮНЕСКО проводять міжнародні конференції "Жінки у фізиці", де розглядають актуальні питання гендерної політики в науці.

Першу таку конференцію було організовано у Парижі 7–9 березня 2002 року [4].

Рішення конференції спрямовані на те, щоб збільшити кількість жінок у головних напрямах фізики та на керівних посадах у фізичних установах. Ці рішення були одноставно схвалені понад 300 фізиками від 65 країн, що брали участь у роботі першої Міжнародної конференції. Резолюцію конференції було перекладено на мови тих країн, звідки були учасники, та направлено конкретним організаціям у кожній країні.

Починаючи ще зі школи, треба прививати дівчатам любов до природничих наук, зокре-

ма фізики. Учителі мають зацікавлювати школярів широким спектром пізнання природи, вивченням природних явищ, навчати їх ще зі шкільної парти пояснювати ці явища. Це дасть багатьом з них розвивати в собі цікавість до знань, логічне мислення, поєднання різних знань у розв'язанні тих чи інших задач із фізики, робити самостійно висновки.

Численні дослідження показують, що дівчата мають велике бажання поліпшити якість життя людей, тому важливо, щоб вони мали змогу бачити шляхи, за допомогою яких фізика робить позитивний вплив на суспільство.

Студентки фізичних факультетів мають бути впевненими, що в майбутньому вони матимуть такі самі можливості як і студенти-хлопці. Це можна досягти залученням студенток на початкових курсах навчання до участі в наукових дослідженнях, гарне наукове керівництво студентськими роботами, пояснення студентам, яке величезне значення має фізика для інших наук, зокрема медицини, промисловості, як вона сприяє поліпшенню якості життя людини. Все це матиме особливо велике значення для молодих жінок-науковців, які часто відчують себе ізольованими у фізиці.

Дослідження показали, що керівництво дослідницьких інститутів з жінками-науковцями поводить не так як із чоловіками. Жінкам не доручають керувати великими науковими проектами. Жінки обіймають нижчі посади в колективі, переважно оплата праці чоловіків значно вище, ніж у жінок.

Це не тільки дуже шкідливо для жінок у науці, а й у кінцевому результаті шкідливо для науки загалом. Університети мають переглянути свою політику, щоб забезпечити рівні можливості для жінок-науковців порівняно з чоловіками.

Додаткові важливі елементи для успіху – доступ до аналізу фінансування, доступу до приладів і достатності часу для дослідження.

Наявність сім'ї не має перешкоджати участі жінок у науковій кар'єрі. Для цього мають бути дитячі установи, змога працювати у гнучкому робочому графіку тощо. Все це буде сприяти успішному професійному зростанню жінок. Керівництво фізичними факультетами в університетах не має бути лише чоловічим. Жінки мають бути також долучені до керування.

Для молодих жінок-науковців надзвичайно важливо бачити приклад успішних жінок-фізиків, активних у дослідженні, викладанні та керівництві.

Такі самі проблеми є і в науково-дослідних інститутах.

Фізика відіграє вирішальну роль у розумінні світу, в якому ми живемо, і фізики роблять величезний внесок в економічний і культурний розвиток і добробут націй. Саме тому в інтересах кожної держави забезпечити гарне навчання фізики на сучасному рівні для всіх громадян країни і підтримувати сучасні методи в освіті та наукових дослідженнях. Уряди мають забезпечити жінкам рівні з чоловіками можливості отримувати освіту та здійснювати наукові дослідження.

Важливим аспектом є фінансування наукових досліджень. Тут також має зберігатись гендерна політика. Дослідження показали очевидну необ'єктивність, упередженість щодо жінок під час отримання грантів на проведення наукових досліджень. Жінки мають мати такий самий доступ до наукових фондів, які фінансують наукові дослідження з фізики, як і чоловіки.

Міжнародна організація фізиків (IUPAP)¹ своїми рішеннями і працею суттєво впливає на світове співтовариство фізиків, зокрема у збільшенні кількості жінок-фізиків та сприяє у просуванні їхньої наукової кар'єри.

IUPAP підтримує важливі міжнародні конференції, де в Міжнародні консультативні та програмні комітети долучають жінок.

Проведення конференції, які обговорюють проблеми жінок у фізиці та пошук шляхів її розв'язання стають сьогодні актуальними та популярними.

4-а Міжнародна конференція "Жінки в фізиці" відбулася у містечку Стелленбош, передмісті Кейптауна (Південно-Африканська Республіка) 5–8 квітня 2011 року.

Головною метою цієї конференції було провести аналіз статусу жінок у фізиці в різних країнах світу, сприяти збільшенню чисельності жінок у фізиці та дати змогу учасницям конференції представити свої наукові результати.

У конференції брали участь 233 делегати з 58 країн світу.

На пленарних засіданнях відомі жінки-фізики з різних країн світу розповіли про останні досягнення в сучасній фізиці.

Зокрема виступила Джоселін Белл-Бернелл з Великої Британії, яка 1967 року відкрила пульсари, представила дуже цікаву, емоційну доповідь про пульсари.

Джоселін Белл Бернелл (Joselyn Bell Burnell, народилася 15 липня 1943 року в Бел-фасті) – відомий британський астрофізик. Будучи аспірантом, вона була першовідкривачем пульсара разом із своїм науковим керівником Ентоні Г'юшем Antony Hewish, 1924 р. н.). За це відкриття Г'юш став Нобелівським лавреатом з фізики.²

¹*Міжнародний союз теоретичної і прикладної фізики* (The International Union of Pure and Applied Physics, IUPAP) є міжнародною неурядовою організацією, метою якої є надавати допомогу в світовому розвитку фізики, для сприяння міжнародній співпраці в галузі фізики, і допомогти застосовувати фізику до розв'язання проблем, що хвилюють людство.

IUPAP було створено 1922 року. Перша Генеральна Асамблея відбулася 1923 року в Парижі.

Джоселін Белл-Бернелл була президентом Інституту фізики у Великій Британії у 2008–2011 роках.

На конференції також виступила професор Селія Ярслог із Швеції, яка у 1989–2000 роках очолювала Нобелівський комітет з фізики, та багато інших учасниць.

Перша сесія була присвячена проблемам просування жінок-фізиків на керівні позиції. Як відомо, жінки становлять меншість у спільнотах фізиків усіх країн, і вони перебувають у меншості на керівних посадах, і в державних, і приватних науково-дослідних інститутах, лабораторіях, університетах.

За даними ЮНЕСКО учених-жінок у світі становить лише 27 %, а серед лавреатів престижних премій ще менше. Нобелівських лавреатів-жінок становлять до 10 % від загальної кількості номінантів [5].

Серед європейських країн кількість жінок серед докторів наук на першому місці є Франція. Там на їхню долю припадає понад 41 % докторських ступенів з природничих наук і майже 23 % з технічних.

У Європейському Союзі найбільше професорів серед природничих наук у Португалії (17 %), а найнижча – Німеччині (6 %) і Ні-

²У праці, де повідомлялось про відкриття пульсарів, були вказані п'ять авторів. Прізвище Г'юша було першим, другим було – Белл. Однак Нобелівську премію з фізики 1974 року отримали Ентоні Г'юш разом із Мартином Райлом (Martin Ryle, 1918–1984) без Белл Бернелл як співавтора.

У науковій пресі з'явилися публікації з критикою на адресу Нобелівського комітету. До слова: такі випадки у історії науки трапляються нерідко.

дерландах (5 %). Високий відсоток жінок, які обіймають посади професора у Туреччині (понад 20 %), а також Канаді та Скандинавських країнах.

Кількість жінок, які є авторами наукових праць з фізики непропорційно низька. Це можна пояснити недостатнім представленням жінок у наукових колах [6]. Дослідники з Університету Вашингтона в Сіетлі виявили, що в період від 1990 до 2011 року, наприклад, жінки, які були співавторами наукових праць переважно були на останньому місці. Водночас перші автори отримувати визнання для проведення більшості робіт, ставали науковими керівниками найпрестижніших напрямів досліджень.

За даними Національного наукового фонду США жінки нині отримують майже половину всіх наукових ступенів із точних наук та інженерної справи, однак займають посади у цих сферах лише 21 і 5 %, відповідно. Середня заробітня плата жінки-науковця у США становить лише 60 % від зарплатні її колеги-чоловіка у галузі фізики чи астрономії.

Література

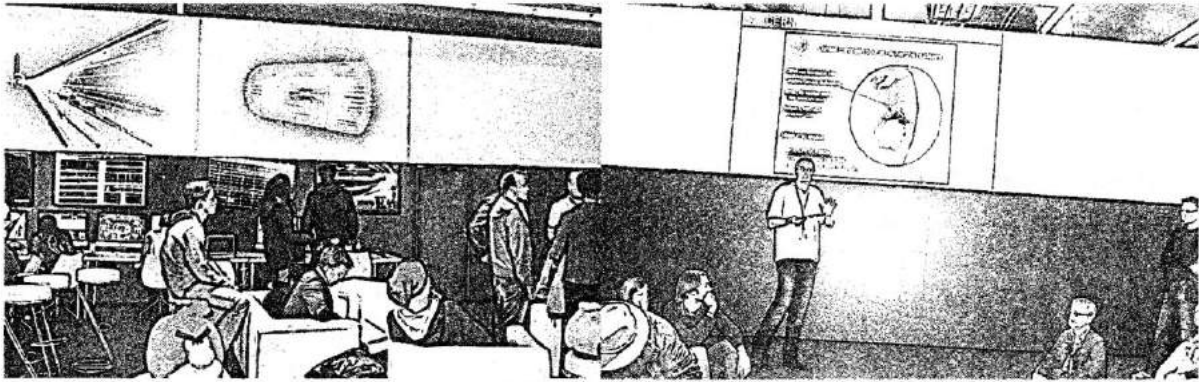
- [1] *Світ Фізики*, 1997. № 2. С. 21–24.
- [2] *Світ Фізики*, 2011. № 3. С. 21–23.
- [3] Шопа Г. М., Гальчинський О. В. *Нобелівські лавреати з фізики*. – Євросвіт, 2008. – 696 с.
- [4] <http://www.if.ufrgs.br/~barbosa/conference.html>
- [5] *Physics Today*, 2003, 46
<http://www.physicstoday.org>
- [6] *Physics World*, 2013, N 1. – P. 13

“...Найновіша наука визначається тим, що ні від кого не жадає і ні від кого не терпить віри на слово... Наука не признає нікому привілеїв, що ті мають до її “святого святих”, а інші не мають; до найглибших тайників науки має вільний доступ кождий чоловік, у кого у серці горить чисте і святе бажання – пізнати правду, і в кого розум настільки вироблений, щоб зрозуміти й оцінити її.”

Іван Франко



Популяризація науки на Франкфуртському книжковому ярмарку



Франкфуртський книжковий ярмарок – найбільший у світі ярмарок книжок та медіа – понад 7400 учасників з понад 100 країн світу. Величезна кількість книжок усіх відомих жанрів: наукові, дитячі, художні, комікси, поезія тощо... Організатори Франкфуртського книжкового ярмарку упродовж року проводять міжнародні конференції, семінари, торговельні заходи.

Уже два роки поспіль у залі науково-технічної інформації Франкфуртської виставки вчені з ЦЕРНу (CERN) для популяризації науки та наукових досліджень найбільшого дослідницького центру у світі в галузі фізики елементарних частинок розмістилася експозиція. На величезному стенді (165 квадратних метрів) були розміщені екрани, де відвідувачі могли віртуально побачити фізичні процеси, рух частинок, їхні зіткнення тощо.

ЦЕРН – це велика європейська науково-дослідна установа, що розташована у швейцарському кантоні Женеві. Дослідження елементарних частинок вивчають за допомогою великого лінійного пришвидшувача – Великого адронного колайдера (Large Hadron Collider). Частинки розганяють до величезних швидкостей, які рухаються назустріч одна одній по 27-кілометровому тунелю, що розміщений на глибині 100 метрів під землею: частина на території Франції, частина – Швейцарії.

Нині у дослідженнях у ЦЕРНі беруть участь 20 держав, які є його членами. Понад 11000 учених з понад 100 країн світу працюють над експериментами в центрі.

Що дві години фізики з ЦЕРНу розповідали про наукові дослідження та відповідали на запитання відвідувачів.

Що таке бозон Гітса? Що таке андронний колайдер? Які досягнуто результатів у вивченні антиматерії?

Чи знайдено частинки, які можуть розв'язати загадку темної матерії?

Щодня відбувалися лекції за участі фахівців. Стенд відвідали багато відомих фізиків, студентів та школярів.

На дисплеї можна було подивитися на перший сервер WorldWideWeb, який був розроблений у Женеві ще 1989 року. Також уперше демонстрували першу модель антиматерії, яку було використано у фільмі Рона Ховарда "Ангели і демони".

Учасники інтерактивно демонстрували рух елементарних частинок у тунелі, моделювали зіткнення двох протонів.

Метою цього проекту на Франкфуртській виставці уже впродовж двох років є ознайомлення якомога більше відвідувачів, зокрема молоді, з науковими досягненнями та залучити найталановитіших у майбутньому до наукових досліджень.



З РІЗДВЯНИХ ЛИСТІВ ПРОФЕСОРА АХІЛЛЕСА¹

Геометрія як частина математики є найстарішою наукою. Її початок йде з Греції, а нині вона незаслужено знехтувана. Нерозумний римський солдат, який не міг збагнути країну цифр Архімеда, не знайшов іншого виходу, як завдати йому смертельного удару. Хто не розумів символики математики, вважав її зайвою.

Сьогодні математика й надалі зберігає свою погану репутацію. Я досліджував це питання та ймовірно знайшов причину.

Король Фрідріх Великий виграв три війни, але мало цікавився німецькою наукою. Згодом Вольтер навчав його гарної французької, пере-

важно звертаючись до французької культури. Король також навчався у пруському університеті в Галле недалеко від Берліна.

На той час у Берліні була лише академія, в якій працював швейцарський математик Леонард Ейлер (1707–1783). Але керівником природно був француз Мопертуї (Maupertuis) (1698–1759). Він також був математиком (ввів принцип найменшої дії), але не міг збагнути результатів Ейлера.

Ейлер придумав всі символи, що виходять за межі чисел, а саме ε , i , π , α , β , Σ .

Найвідомішою формулою Ейлера вважають таку:

$$e^{i\alpha} = \cos \alpha + i \sin \alpha.$$

Математик представив комплексні числа, які сьогодні у сфері високих технологій як хліб насущний.

¹Про інших видатних учених можна прочитати німецькою мовою у книжці німецького фізика Манфреда Ахіллеса "Weihnachtsbriefe über bekannte Physiker" ("Різдвяні листи про знаменитих фізиків". – Євросвіт, 2007. – 60 с.).

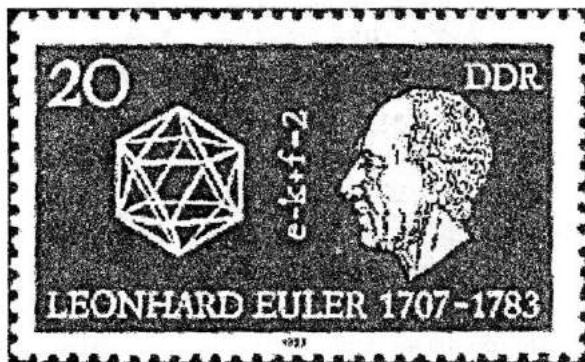
ЛЕОНАРД ЕЙЛЕР – видатний математик, фізик, астроном, автор наукових праць, зокрема у галузях математичного аналізу, диференціальної геометрії, теорії чисел, теорії графів, наближених обчислень, небесної механіки, математичної фізики, оптики, балістики, кораблебудуванні, теорії музики, що мали значний вплив на розвиток науки.

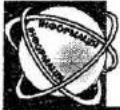
Л. Ейлер опублікував працю "Загальні принципи руху флюїдів" (Principes generaux du mouvement

des fluides) (1757), в якій записав рівняння руху нестисливої ідеальної рідини, що отримали назву рівняння Ейлера. Результатом праці над задачею про деформацію бруска під час навантаження стали рівняння Ейлера-Бернуллі, які згодом знайшли застосування в інженерній науці, зокрема під час проектування мостів.

Ейлер застосовував розроблені математичні методи для розв'язку проблем небесної механіки. Серед його досягнень – визначення з великою точністю орбіт комет та інших небесних тіл, пояснення природи комет, розрахунок паралаксу Сонця.

Важливе значення для свого часу мав внесок Ейлера в оптику. Він заперечував панівну тоді корпускулярну теорію світла Ньютона. Праці Ейлера впродовж 1740-их років допомогли утвердитися хвильовій теорії світла Христіана Гюйгенса.





Фрідріх Великий не міг подолати свого упередженого ставлення і вважав, що тільки француз може бути добрим математиком. Коли Мопертюї покинув Берлін, потрібен був наступник. Очевидно Ейлер міг би стати таким, та король не призначив його і далі шукав француза. Ейлер був глибоко ображений і залишив академію. Л. Ейлер у молоді роки деякий час перебував у Санкт-Петербурзі, тому міг розмовляти російською мовою. Там його радо зустріли. Ейлер хотів попрощатися з Потсдамом, та його син Фредерік не був вільним, оскільки був лейтенантом пруської армії. Рік Ейлер присвятив тому, щоб звільнити його від служби.

У Петербурзі Л. Ейлера чудово прийняла Катерина II. Йому віддали замок на Неві. Учений не був керівником університету, ця посада була зарезервована для численних улюбленців цариці. Вони часто були некомпетентними, але Ейлер не був таким.

Л. Ейлер мав не тільки високі математичні навички, а й дидактичні. Він швидко створив довкола себе математичну школу і розширював використання математики. У Росії, цей предмет став улюбленим фахом росіян, що правда не на такому рівні, який мав Ейлер, та цю любов до математики росіянам привив він.

Нам, помічникам обслуги зенітної гармати у 1943 році, несподівано допоміг у математиці російський військовополонений.

Ми, німці втратили Ейлера, згодом його не зміг замінити Гаус (C. F. Gauß) (1777–1855) як популяризатор математики, тому що був нудним і не мав майстерності до викладання.

Ці рядки я написав у пам'ять дядька Ганнелорес Фрідріха Лоша (Friedrich Lösch) (1903–1982), улюбленця всієї родини, який також мав докторський ступінь у галузі математики університету Штутгарта.

Ганнелоре і Манфред Аххілес,
(Берлін, Німеччина)

Важливе значення для астрономії мала праця Ейлера "Про поліпшення об'єктивного скла зорових труб" (1747), в якій він показав, що, комбінуючи дві лінзи зі скла з різною заломлювальною здатністю, можна створити ахроматичний об'єктив. Під впливом праці Ейлера перший об'єктив такого роду виготовив англійський оптик Дж. Доллонд 1758 року.

Ім'ям Л. Ейлера названі інститути, вулиці, наукові нагороди. У його честь надруковані марки і монети, названі астероїд і кратер на Місяці.

Його ім'ям названо:

тотожність Ейлера – співвідношення між основними математичними константами; **формула Ейлера** пов'язує комплексну експоненту з тригонометричними функціями дійсної змінної; **теорема Ейлера** про відстань між центрами вписаного та описаного кола трикутника; **лінія Ейлера**; **рівняння Ейлера** – рівняння руху ідеальної рідини; **Ейлерові кути** – кути, якими описується обертання твердого тіла; **число e** , основу натурального логарифму, деколи називають числом Ейлера; **стала Ейлера–Маскероні**; **гіпотеза Ейлера**.

Старший син Леонарда Ейлера Йоганн Ейлер (1734–1800) також був талановитим математиком і механіком, секретарем Імператорської академії наук.

Ще один нащадок ученого, Ганс Карл Август Симон фон Ейлер-Хельпін (1873–1964), став відомим біохіміком, лавреатом Нобелівської премії з хемії за 1929 рік.

Іншу Нобелівську премію з фізіології і медицини 1970 року отримав його син, шведський фізіолог Ульф Сванте фон Ейлер (1905–1983).



Меморіальна дошка на будинку в Берліні,
де мешкав Леонард Ейлер



НАЙВАЖЛИВІШІ НАУКОВІ ДОСЯГНЕННЯ ЗА 2012 РІК

За рейтингом авторитетного журналу *Science* головні наукові досягнення за 2012 рік такі:

Відкриття бозона Гігса. Про це повідомили влітку 2012 року науковці з Європейського центра з ядерних досліджень (CERN). Гіпотезу про існування цієї частинки висунув професор Пітер Гігс ще понад 40 років тому. Нині ученому 89 років і він радіє, що його гіпотеза підтвердилася.

Серед найважливіших наукових досягнень є результати **експериментів з нейтринними детекторами** (Daya Bay Reactor Neutrino Experiment). Сотні учасників проекту з Китаю, США, Чехії та Росії досліджували перетворення штамів нейтрино з одного в інший. Цей експеримент може допомогти дослідникам пояснити, чому Всесвіт містить так багато матерії і так мало антиматерії.

До рейтингу також увійшли відкриті нанотехнологіями так звані **майоранівські квазі-частинки**. Існування ферміону, який є своєю

власною античастинкою, припустив ще 1937 року італійський фізик Етторе Майоран. Група фізиків і хеміків у Нідерландах 2012 року отримала переконливі докази того, що такі квазічастинки справді існують. Перспективи практичного застосування відкриття бачать у створенні квантових комп'ютерів.

Американське космічне агентство NASA здійснило **висадку марсохода Curiosity** на Марс, або як ще її називають Червону планету. Апарат почав роботу на Марсі 6 серпня 2012 року. Головна мета експедиції – встановити, чи існували на планеті колись умови для зародження живих організмів.

У списку найважливіших наукових досягнень 2012 року від *Science* також згадано експеримент, в ході якого за допомогою рентгенівського лазера дослідники зробили перший в історії **рентгеноструктурний знімок молекули білка**. Відкриття має допомогти в лікуванні рідкісних хвороб.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...

Англійський фізик Джозеф Ротблат був нагороджений Нобелівською премією миру 1995 року "за зусилля зменшити роль ядерних озброєнь у міжнародній політиці, і в майбутньому знищити ядерну зброю".

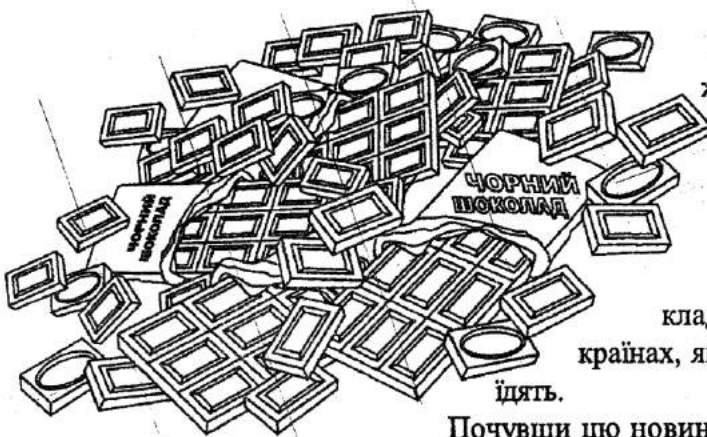
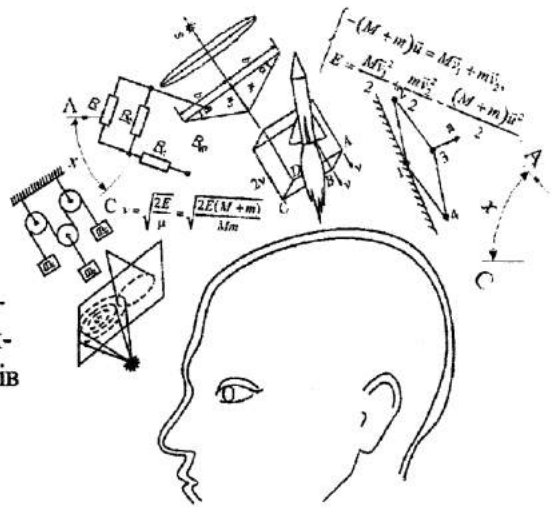
ДЖОЗЕФ РОТБЛАТ (Joseph Rotblat, 1908–2005) – британський фізик, народився у Варшаві. Працював у США у межах Мангеттенського проекту над створенням атомної бомби, однак залишив його ще до бомбування американцями Японії 1945 року через етичні переконання. Створив миротворчий Пагуошський рух учених, за що був нагороджений Нобелівською премією миру. Іноземний член академії наук України (від 1994 року).



РЕЦЕПТ УСПІХУ

Відчуваєте провину за весь шоколад, який жадібно з'їли за період відпустки?

Не варто... Втіштеся думкою, що це може збільшити шанси вашої країни в появі лавреатів Нобелівської премії. Принаймні такий дивний висновок зробив лікар Франц Мессерлі з Колумбійського університету у Нью-Йорку. Він стверджує, що існує позитивна кореляція між споживанням шоколаду та кількістю нобелівських лавреатів на душу населення (*N. Engl. J. Med.* 367 1562).



Мессерлі перейнявся ідеєю такого дослідження, коли прочитав, що постійне споживання шоколаду може призвести до поліпшення психічних функцій у літніх пацієнтів, а також щурів.

Найвищою у списку лавреатів Нобелівської премії є Швейцарія, у якій, до прикладу, споживають багато шоколаду. А в таких країнах, як Японія, Китай і Бразилія його майже не їдять.

Почувши цю новину, фізик, лавреат Нобелівської премії Ерік Корнелл (саркастично) повідомив *Reuters*: "Я приписую, по суті, всі мої успіхи дуже великій кількості шоколаду, який я споживаю", – додавши, що на його думку, саме чорний, а не молочний, шоколад робить нас розумними.

(за журналом *Physics World*)

Улітку 2012 року дослідники ЦЕРНу повідомили, що зареєстрували нову частинку (бозон Гітса). Це може бути найбільшим відкриттям ХХІ сторіччя: нейтрино перевищило швидкість світла у вакуумі. Може Айнштайн помилився?

** _____

Тахіон виходить з бару.
Бармен:
– Таких не обслуговуємо.
До бару входить тахіон.

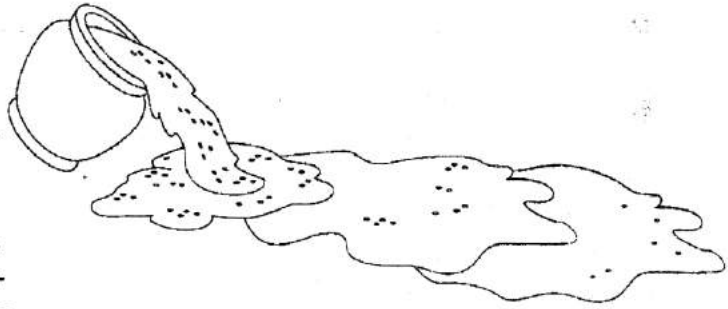
** _____

Гелій влітає до бару.
Бармен:
– Таких не обслуговуємо.
Гелій навіть не зреагував.



ГОРЩИК КАШІ

Нещодавно минуло 200 років від часу публікації популярних казок братів Якоба та Вільгельма Грімм. Пригадайте казку "Горщик каші", де каша, що варилася в горщику, заповнювала кімнату, далі вулиці міста, де мешкала дівчинка з мамою. Каші ставало щораз більше і більше.



Коли це побачила дівчинка, вона побігла додому, відчинила двері й вигукнула:
"Раз, два, три – більше не вари!"

Лише тоді каша перестала збільшуватись. Та її наварилось так багато, що якщо хтось хотів поїхати із села до міста, мусив проїдати собі дорогу, поїдаючи солодку кашу.

Учені задають собі запитання: "Як може виникнути каша з нічого?"

Питання у виникненні речовини з фізичного вакуума в процесі квантових флуктуацій. Відомо, що за квантовою теорією, що ґрунтується на принципі невизначеності Гайзенберга, у вакуумі відбуваються квантові флуктуації фізичних полів, тобто випадкові відхилення від нульового значення. Відтак, неперервно народжуються і вмирають віртуальні частинки, які за певних умов можуть перетворитися у реальні. Отже, створення на основі цих частинок каші, допустимо з погляду фізики. Як нині відомо, вакуум мав би бути заповнений полем Гітса.

** _____

Нейтрон лінивим кроком підходить до бару, замовляє каву і запитує:

– Скільки?

Бармен:

– Як для вас, то нічого.

** _____

Надпровідник заходить до бару.

Бармен:

– Таких не обслуговуємо.

Надпровідник виходить, не чинивши жодного опору.

** _____

Бозон Гітса заходить до церкви.

Священик:

– Ваша присутність тут не бажана.

Бозон відповідає:

– Бо я не маю маси?

** _____

Ентропія зараз не така сама, як колись.

** _____

Нейтрино залігає до бару.

Бармен:

– Таких не обслуговуємо.

Нейтрино:

– Я лише перелечу.

** _____

Атом заходить до бару, замовив каву, раз ковтнув і почав заливатися сльозами.

Бармен:

– Що з вами сталося?

Атом:

– Я щойно втратив електрон.

Бармен:

– Ви впевнені?

Атом:

– Так – я став позитивним.

(З іноземного гумору)



Фізики передали дані з рекордною швидкістю

Колектив фізиків із різних країн під керуванням фахівців із Каліфорнійського технологічного інституту (США), передали дані із рекордною швидкістю – 339 гігабітів за секунду.

Гігантський обсяг даних вислали каналом, що з'єднує канадську Вікторію і Солт-Лейк-Сіті (США), повідомили вчені. Було встановлено ще один рекорд – швидкість двосторонньої передачі досягла 187 Гб/с.

Нова технологія потрібна вченим для передачі великих обсягів наукової інформації, зокрема астрономічної, генетичної, метеорологічної тощо. У цих напрямках сучасної науки треба обробляти та передавати величезні масиви інформації.

У фізиці високих енергій дослідники мають справу з гігантськими обсягами інформації щодня, наприклад, дослідження на Великому адронному колайдері. Щороку комп'ютери цього проекту отримують і обробляють майже 100 мільйонів гігабайтів інформації.

У будь-яких галузях науки що більше ми знаємо про довколишній світ, то більше нам хочеться дізнатися, відтак більше даних доводиться “переварювати” комп'ютерам і суперкомп'ютерів. Дослідники вже нині кажуть про мільярди гігабайтів даних.

Чіп подібний до людського мозку

Учені з п'ятнадцяти європейських дослідницьких інститутів, які об'єдналися у спільний проект *BrainScaleS* зі створення штучної електронної версії головного мозку людини, повідомили про створення комп'ютерного чіпа *Spikey*, що успішно імітує роботу мозку.

Фахівці зазначають, що всі сучасні комп'ютери здатні працювати та аналізувати інформацію набагато швидше від людини, але на практиці вони ефективні лише для розв'язання вузькоспеціалізованих завдань. Людський мозок, завдяки своїй унікальності, універсальний.

У межах проекту дослідникам із Гайдельберзького університету в Німеччині вдалося створити чіп, який імітує роботу головного мозку людини. Він містить мікросхеми, які відіграють роль нейронів, а також імітують зв'язки між нервовими клітинами мозку.

Чіп розробляють із 2005 року. Метою розробників було створити нову парадигму обчислень. Замість послідовного опрацювання цифрової інформації, як це відбувається у звичайних комп'ютерах, наші нейроморфні системи використовують аналогові сигнали, які спостерігаються в головному мозку. За словами одного із співавторів чіпа це дасть змогу забезпечити комп'ютерам високу обчислювальну потужність за низького споживання електроенергії.

Подібні розроблення ведуть і декілька інших компаній. ІВМ, наприклад, заявляла про те, що їй вдалося завершити розрахунки математичної моделі головного мозку, яка складається з 10 мільярдів нейронів і 100 трильйонів зв'язків між ними.

Літинський В., Ващенко В., Перій С. Геодезичні прилади в топографії. Частина перша. Навчальний посібник. – Львів: Євросвіт, 2012. – 268 с.: іл.

Книжка містить інформацію про геодезичні прилади та приладдя, які використовують під час створення знімальної основи для топографічного знімання, самого знімання, побудови графічних карт і профілів, а також для розмічувальних робіт. Розглянуто і традиційні прилади, і електронні: цифровий та лазерний нівеліри, електронні рулетки.

Для студентів, які вивчають топографію на геодезичних спеціальностях, інженерну геодезію на негеодезичних спеціальностях та фахівців у цій галузі.



РЕЗОНАНСИ

Асоціації та афоризми

з колекції
проф. Ярослава Довгого



1. Палац науки

Наука будується з фактів, як будинок із цегли. Однак нагромадження фактів – ще не наука, так само як купа цегли – ще не будинок.

Анрі Пуанкаре

2. Від тоталітаризму до індивідуалізму

Квантотехнології повертають нас від кристалів знову до молекул. Це як у суспільстві – від тоталітаризму до індивідуалізму.

3. Краса законів фізики

Що фундаментальніша закономірність, то простіше її можна сформулювати.

Петро Капиця

4. Енергоощадливий

- Цей студент здібний, але дуже ледачий.
- Він не ледачий, він енергоощадливий...

5. Вузлові точки науки

На дереві розвитку науки, як і на всякій живій структурі, можна спостерігати вузлові точки, від яких зароджуються нові напрями, відгалуджуються нові пагінци.

6. Наближення до істини

Щоб зрозуміти фізичні закони, ви маєте з'ясувати собі раз і назавжди, що усі вони – до певної міри наближені.

Річард Фейнман

7. Славна династія

Сократ був учителем Платона, Платон був учителем Аристотеля, Аристотель був учителем Александра Македонського. Оце наукова династія!

8. Комп'ютерна революція

Усяка революція (зокрема й наукова) розв'язує одні проблеми та породжує нові. Це стосується й нинішньої комп'ютерної революції, яка кожного перетворює у надомника...

9. Побажання рибалки

Спіймав рибалка Золоту Рибку.

- Ну що ж, загадай бажання.
 - Хочу вічно жити і крутитися!
- І Золота Рибка перетворила його на надпровідний двигун.

10. Міністр оборони

- Хто Ви тепер – актор, чи міністр культури? – запитали незабутнього Богдана Ступку.
- Я тепер міністр оборони культури!



Бруно Шульц
(1892–1934)

Бруно Шульц – галицький письменник та художник, народився у Дрогобичі, писав польською та німецькою мовами.

Навчався у Львівському політехнічному інституті та Віденській академії мистецтв (стажувався в Парижі, Варшаві).

У 1924–1941 роках працював учителем малювання та ручної праці у державній чоловічій гімназії ім. Короля Владислава II Ягайла у Дрогобичі.

На початку 1920-х років Бруно Шульц працював над циклом малюнків «Книга ідолопоклонництва», брав участь у колективних експозиціях у Варшаві та Львові. Тоді ж у Закопаному ознайомився з письменниками В. Риффом та Деборою Фоґель. Листування з цими однодумцями склали основу першої книжки Бруно Шульца «Цинамонові крамниці», яку йому вдалося видати за сприяння відомої письменниці Зофії Налковської. Дебют Шульца став сенсацією в Польщі.

Більшість Шульцевих художніх робіт та рукописів втрачено. Найбільша збірка рукописів, рисунків, графік та листів Бруно Шульца зберігається у Варшавському музеї Літератури ім. А. Міцкевича, декілька рисунків є у Львівській галереї мистецтв. У музеї «Дрогобиччина» зберігається декілька реставрованих фресок з вілли Ландау. У фондах відділу мистецтв Львівської наукової бібліотеки ім. В. Стефаніка НАН України нещодавно була виявлена одна з графік Шульца, яку вважали втраченою.

У Дрогобичі 1942 р. для Фелікса Ландау Бруно Шульц прикрасив стіни дитячої кімнати казковими персонажами. 19 листопада 1942 р. Невдовзі його розстріляли.

У лютому 2002 року в одному із приватних помешкань Дрогобича (Львівська область) німецькі кінодокументалісти на чолі з Беньяміном Гайслером знайшли розписи дитячої кімнати. А в травні понад половину цих зображень було демонтовано і вивезено за межі України представниками єрусалимського Інституту Голокосту «Яд Вашем».

ЮНЕСКО 1992 рік проголосила роком Бруно Шульца. Його книжки «Цинамонові крамниці» та «Санаторій під клеписдрою» перекладено всіма європейськими мовами, а також японською, гебрейською, корейською.

Франція посмертно нагородила мистця найпрестижнішою літературною премією, Канський фестиваль – високою відзнакою за фільм за повістю «Санаторій під клеписдрою».

Місце поховання Бруно Шульца невідоме.