

С В І Т

Ф І З И К И

науково-популярний журнал

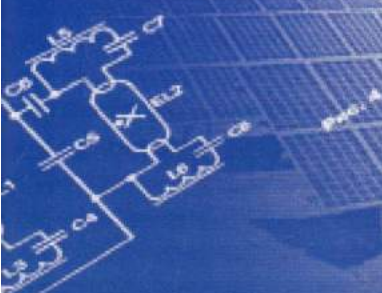
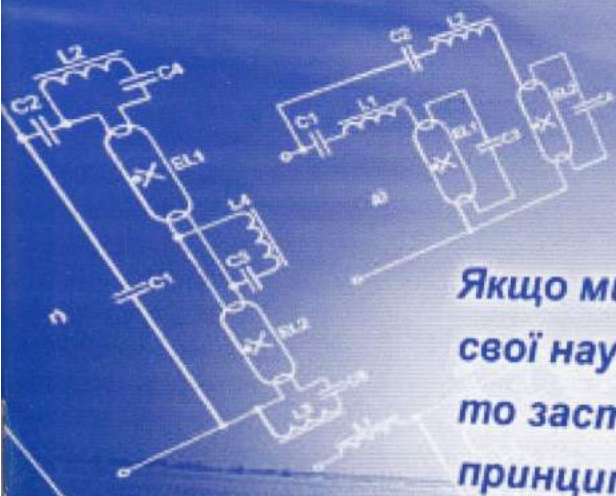
№4
2015



*2015 – Міжнародний рік світла
і світлових технологій*

*Якщо ми ефективно розвиваємо
свої наукові здібності,
то застосування їх для відкриття
принципів природи перестає бути нудним
і стає справжнім джерелом радості*

Джеймс Максвелл



Назад у минуле дороги нема.
Вибір – Всесвіт або ніщо.

Герберт Велле

Хто думає про науку,
той любить її,
а хто її любить, той ніколи
не перестає вчитися,
хоча б зовні він
і здавався бездіяльним.

Григорій Сковорода

Якщо людина прагне до пошуку,
експерименту, намагається щось
досліджувати, розкрити, внести своє, –
вона може стати науковцем.

Дмитро Зербіно

Астрономія – це не лише
фізико-математична наука,
а й філософія, культура,
традиція.

Ярослав Яцків

...Русини таки дождуться свого університету
в Галичині, коли тільки працюватимуть
далше в науках і вірно постоють за свої права.
Нема здобутків на світі без праці і жертв.

Іван Пулюй

Зовнішній світ є незалежним від людини,
це щось абсолютне, і пошук законів,
що керують цим абсолютним,
видається мені найпіднесенішим
науковим пошуком у житті

Макс Планк

Історія людського прогресу –
це історія невеликої кількості
творчих людей у мистецтві,
науці чи будь-якому іншому
виді людської діяльності

Альберт Сент-Дьєрді

Дуже важливо знайти себе,
коли змінюється форма існування

Ігор Юхновський

С В І Т
Ф І З И К И

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 "Євросвіт"

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шоп

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов

Михайло Бродин

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 "Євросвіт"

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

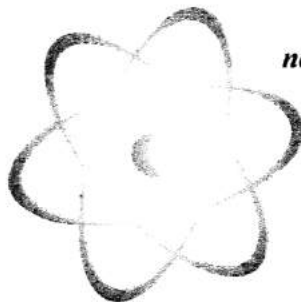
Деякі інститути людства виникають спонтанно. Вищою формою мимовільного інтелектуального об'єднання є наукова школа.

Наукова школа – це професійна співдружність, що сформувалася під егідою особистості – лідера. Вона займається активною дослідницькою роботою в новому актуальному напрямку. В науковій школі висуюють гіпотези, концепції, теорії. Там відбуваються справжні дискусії, є все для свободи творчості.

Наукові школи розрізняють за географічним розташуванням, за прізвиськом засновника, за предметним, деколи вузьким напрямом наукових досліджень (наприклад, школа кристалографів), деколи за спеціальністю, виходячи здебільшого не із суто наукового, дослідницького напрямку, а зі змішаних завдань школи – науково-практичних, (наприклад, школа терапевтів). Якщо заглибитися в суть діяльності цих шкіл, то в кожній з них є компоненти справжньої наукової школи.

"Історія людського прогресу – це історія невеликої кількості творчих людей у мистецтві, науці чи будь-якому іншому виді людської діяльності"

Альберт Сент-Дьєрді



*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 "Євросвіт"

ЗМІСТ

1. Нові та маловідомі явища з фізики

<i>Хрептак Олександр.</i> Пошук мезонних ядер	3
<i>Шопа Я. І.</i> Пошуки гравітаційних хвиль	10
<i>Вакулка Андрій.</i> Таємниці “шляхетних” елементів	16

2. Нобелівські лавреати

<i>Шопа Галина.</i> Успішне наукове життя видатного фізика завдовжки сторіччя. Чарльз Гард Тавнс	20
--	----

3. Олімпіади, турніри...

Умови задач III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Львів, 2016)	25
---	----

4. Нобелівські лавреати

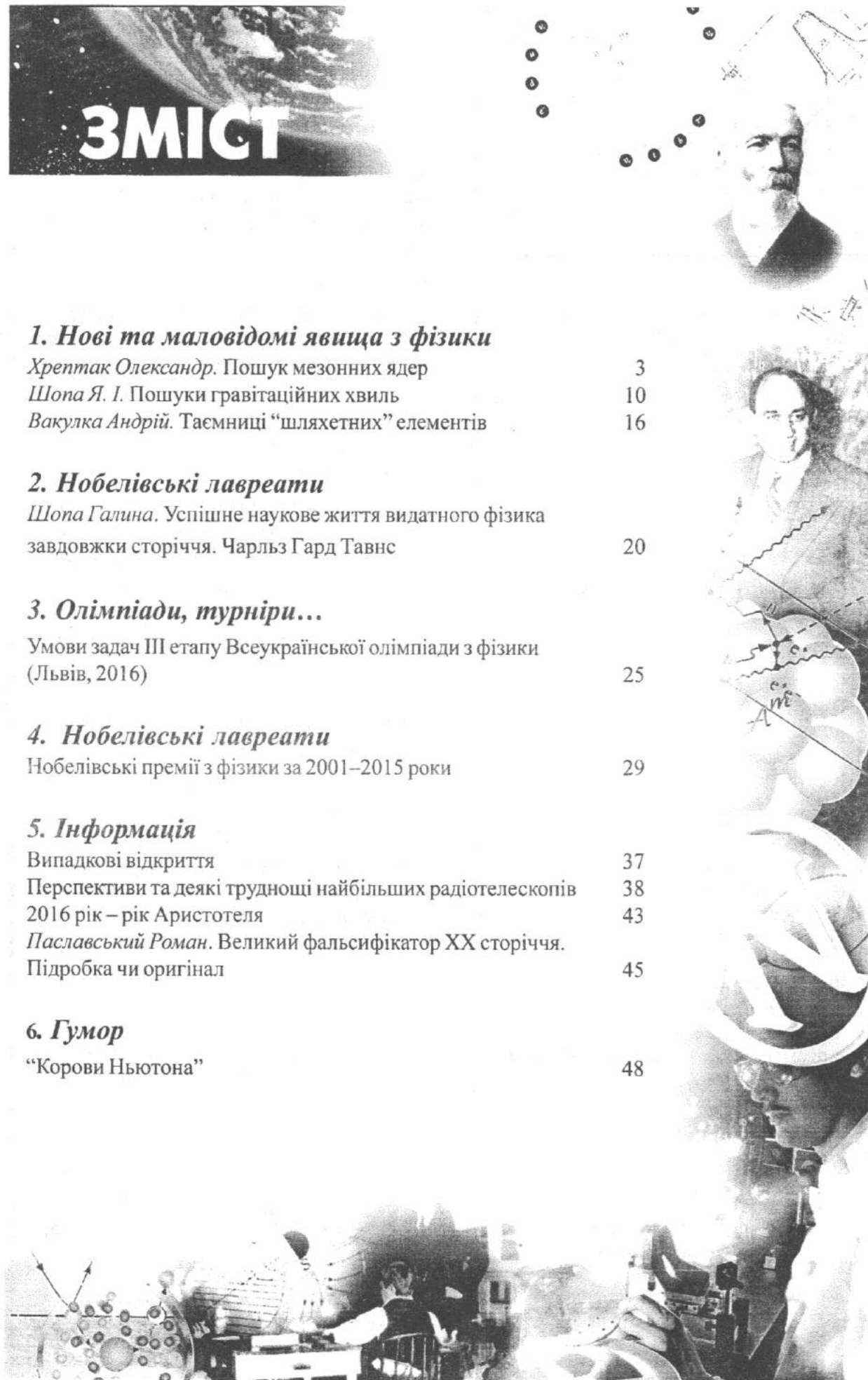
Нобелівські премії з фізики за 2001–2015 роки	29
---	----

5. Інформація

Випадкові відкриття	37
Перспективи та деякі труднощі найбільших радіотелескопів	38
2016 рік – рік Аристотеля	43
<i>Паславський Роман.</i> Великий фальсифікатор XX сторіччя. Підробка чи оригінал	45

6. Гумор

“Корови Ньютона”	48
------------------	----





ПОШУК МЕЗОННИХ ЯДЕР

Олександр Хрептак,
Ягеллонський університет в Кракові (Польща)

Головним завданням фізики елементарних частинок є визначення основних складових матерії, а також фундаментальних законів, які ними керують. Це може дати нам змогу зрозуміти структуру атомного ядра, еволюцію зір чи ранніх етапів еволюції Всесвіту.

Матерія довкола нас складається з елементарних частинок, які можна об'єднати у дві групи.

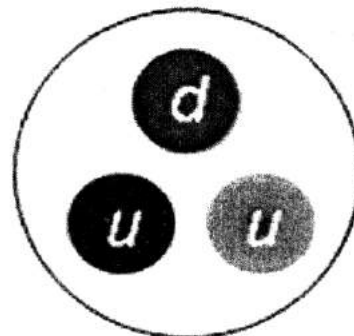
До першої групи відносять 12 лептонів. Це – електрон, мюон, таон, 3 типи нейтрино (електронне, мюонне й таонне), а також відповідні до них античастинки: позитрон (антиелектрон), антимюон, антиаон та 3 антинейтрино.

Друга група частинок об'єднує кварки. Існує 6 типів кварків, котрі називають запахами або ароматами (англ. *flavour*): *u* (англ. *up* – верхній), *d* (*down* – нижній), *s* (*strange* – дивний), *c* (*charm* – чарівний), *b* (*bottom/beauty* – низький/красивий), *t* (*top/true* – високий/справжній). Кожному кварку відповідає антикварк.

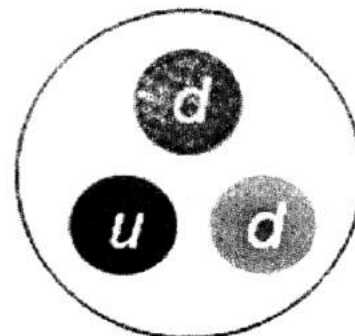
Відомо, що кварки не можуть існувати самостійно, а об'єднуються в інші частинки, які називають адронами (англ. *hadron*). Більшість відомих нам адронів належать до двох основних типів: баріони та мезони. Перші з них складаються із трьох кварків. Натомість мезони збудовані з кварку та антикварку, тобто з матерії та антиматерії.

Найважливішими баріонами є протони та нейтрони, адже саме вони є основними будівельними складовими атомних ядер. Відомо, що протон має структуру *uud* – тобто складається із двох верхніх кварків та одного нижнього. Натомість нейтрон має іншу будову –

до його складу входить один верхній кварк та два нижніх.



Протон складається з двох верхніх кварків та одного нижнього ($p = uud$)



Нейтрон складається з одного верхнього кварку та двох нижніх ($n = udd$)

Одними з найефективніших та найплідніших експериментів у галузі фізики елементарних частинок є пошук нових об'єктів. Наприклад, так званих екзотичних атомів та ядер. Це є системи, у яких один чи більше складових замінили іншими частинками із таким самим зарядом. Багато таких систем учені уже відкрили та дослідили. Наприклад, піонні атоми,



в котрих на електронній орбіті замість електрону є негативно заряджений піон. Або ж так звані гіперядра, у яких один з нуклонів ядра замінили гіпероном. Гіперядра відкрили 1952 року два професори Мар'ян Даниш (пол. Marian Danysz) та Йежи Пневський (Jerzy Pniewski), які в той час працювали в Інституті експериментальної фізики Варшавського університету.

Та ще багато екзотичних об'єктів чекає свого відкриття.

Серед них є такі, які передбачили теоретично, але досі ніхто їх не спостерігав емпірично, тобто в експерименті.

Розглянемо мезонні ядра. Цей новий тип ядерної матерії складається зі звичайного атомного ядра, зв'язаного з нейтральним мезоном за допомогою сильної взаємодії¹.

Появу нової галузі ядерної фізики пов'язують із працею Р. С. Балеро (R. S. Bhalerao) та Л. Лью (L. Liu)². Вони 1985 року передбачили існування міцної взаємодії між нуклонами та низько енергетичними мезонами. Уперше вчені обчислили значення довжини розсіювання η -мезону та нуклону.

Назва "мезонні ядра" вперше з'явилася за рік після цієї публікації. Її ввели К. Гайдер (Q. Haider) та Л. Лью. Саме їхню статтю вважають фундаментальною³. У ній описано можливість існування зв'язаних систем атомних ядер та нейтрального ета-мезону. Виконані

обчислення показали, що мезонне ядро може утворитися лише у випадках, коли атомне число (кількість нуклонів у ядрі) є більшим, ніж 11. Очікувалося, що за такої кількості протонів і нейтронів, притягання мезону було б достатньо сильним, аби виникла взаємодія між ними. Та численні експерименти показали, що насправді мезон може взаємодіяти навіть із легкими ядрами, такими як гелій і водень. Теоретичні обґрунтування цього належать варшавському фізику Славомуіру Вицеху (Sławomir Wycech).

Та однак досі жоден експеримент однозначно не підтвердив існування мезонних ядер.

Цікаві властивості має мезон η . Порівняно з іншими мезонами він дуже міцно взаємодіє з ядрами. Саме тому його вважають найкращим кандидатом для пошуків мезонних ядер. Важливим є те, що він є електрично нейтральний. Тому, якщо вдасться спостерігати взаємодію мезону η з ядром, то впевнемося, що це не є електромагнетна взаємодія. Оскільки гравітаційна та слабка взаємодії є занадто слабкими, щоб зв'язати настільки легкі частинки, то з впевненістю зможемо стверджувати, що зв'язок, який ми спостерігали, викликаний саме сильною взаємодією.

Час життя мезону η – $5,1 \cdot 10^{-19}$ с. Хоча це дуже короткий час, та він достатній, щоб мати змогу спостерігати існування частинки всере-

¹Нині достовірно відоме існування чотирьох фундаментальних взаємодій: гравітаційної, електромагнетної, сильної та слабкої взаємодій. Гравітаційна взаємодія виявляється у взаємному тяжінні будь-яких матеріальних об'єктів, які мають масу, передається за допомогою гравітаційного поля. Електромагнетна – зумовлена електричними зарядами і передається за допомогою електричного й магнетного полів. Сильна – утримує нуклони (протони і нейтрони) у ядрі та кварки всередині нуклонів й відповідає за стабільність атомних ядер. У слабкій взаємодії беруть участь всі елементарні частинки, крім фотона. Вона зумовлює більшість розпадів елементарних частинок.

²Bhalerao R. S., Liu L. C. Off-shell model for threshold pionic η production on a nucleon and for ηN scattering // Phys. Lett. 1985. – 54. – P. 865.

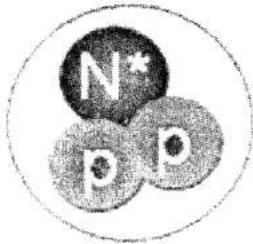
³Haider Q., Liu L. C. Formation of an eta-mesic nucleus // Phys. Lett., 1986. – B172. – P. 257.



дині ядра. Натомість виникає запитання – чи сила взаємодії мезону та ядра буде достатньою, щоб утримати мезон усередині ядра упродовж його часу життя?

Взаємодію між нуклонами та мезонами вивчають упродовж багатьох років. Особливу увагу звертають на можливість виникнення зв'язаних станів.

Найімовірніше, що в результаті такої взаємодії за низьких енергій виникне резонанс $N^*(1535)$, тобто збуджений стан нуклону (протону або нейтрону). Це об'єкт, маса якого є більша, ніж сума мас мезону η і нуклону. Наприклад, маса спокою протону дорівнює 938 MeV. Маса мезону η – 548 MeV. Отже, їхня сума дорівнює 1486 MeV, що є меншим від маси резонансу $N^* 1535$ MeV.



Приклад ядра атома гелію ${}^3\text{He}$, яке містить резонанс N^ , тобто збуджений нейтрон*

Цей надлишок енергії, резонанс може витратити на емісію нуклону та піону π або знову мезону η . Ймовірності обох каналів розпаду майже однакові ($\sim 50\%$).

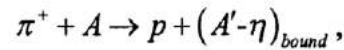
Підтвердження існування мезонних ядер було б надзвичайно цікавим пізнавально, та крім цього, відкриття таких об'єктів дасть змогу вченим краще зрозуміти структуру мезону η , а також відкриє шлях для досліджень адронної взаємодії нейтральних мезонів з атомними ядрами.

Це, безсумнівно, був би значний внесок у ядерну фізику.

Після публікації статті Гайдера і Лью в багатьох лабораторіях дослідники розпочали експериментальний пошук мезонних ядер.

Один із перших таких експериментів було проведено в Брукгавенській національній лабораторії (BNL) у США.

Ідею експерименту запропонували ще в своїй статті Гайдер і Лью. Він полягав у дослідженні реакції зіткнення пучка піонів з ядрами. За теоретичними прогнозами у результаті цього мало виникнути мезонне ядро та вільний протон.



де $A' = A - 1$ позначає ядро мішені, яке втратило один із нуклонів (у нашому випадку протон).

Дослідники використали, як мішені (A), ядра ${}^7\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$ та ${}^{27}\text{Al}$. Імпульс пучка піонів π^+ становив 800 MeV/c.

Вимірювали імпульси вільних протонів, що вилітали від місця зіткнення, за допомогою спектрометру Moby-Disc. Сигнал зв'язаного стану мезону з ядром шукали в спектрах енергії цих протонів у вигляді додаткового максимуму у спектрі енергії реєстрованих частинок.

Та результат експерименту був негативним. Отримані спектри протонів не містили жодних піків, які можна було б інтерпретувати як сигнал виникнення сильної взаємодії між мезоном та ядром.

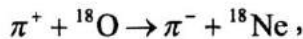
Згодом з'ясувалося, що вибрані кінематичні умови в експерименті не були оптимальними для виникнення η -мезонних ядер, оскільки мезони, які виникали внаслідок зіткнення піонів з ядрами, володіли відносно великими значеннями кінетичної енергії. Внаслідок цього ймовірність виникнення сильного притягання між мезоном і ядром була дуже малою.



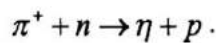
П'ять років по тому в лабораторії Лос Аламос дослідники спробували знайти η -мезонні ядра фтору ^{18}F .

Досліджували реакцію подвійної зміни заряду.

Внаслідок зіткнення пучка піонів з нейтроном в ядрі кисню ^{18}O виникає мезон η :

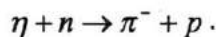


де відбувається такий процес:



Далі може виникнути зв'язаний стан цього мезону та ядра фтору ^{18}F :

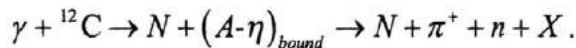
Одним з можливих каналів розпаду цього стану є поглинання η -мезону одним із нуклонів у ядрі ^{18}F та наступна емісія негативно зарядженого піону й протону:



На жаль, результат експерименту знову був негативний. На спектрах протонів не спостерігали чітких піків, які можна було б інтерпретувати як характеристику зв'язаного стану.

Перший експеримент з результатами, які на думку авторів підтвердив існування η -мезонних ядер, провели у Фізичному інституті ім. П. Н. Лебедева РАН (Росія).

Пошук здійснювали в так званій ядерній реакції фото продукції:



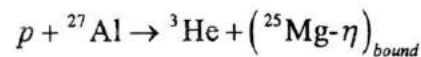
Фотон γ спричиняє появу повільного мезону η , який може зв'язатися з ядром вуглецю ^{12}C або бору ^{11}B (у схемі реакції позначено літерою A), а також швидкого вільного нуклону (N), який покидає ядро.

Каналом розпаду мезонного ядра є виникнення резонансу $N^*(1535)$ і наступний його розпад на пару піон-нуклон.

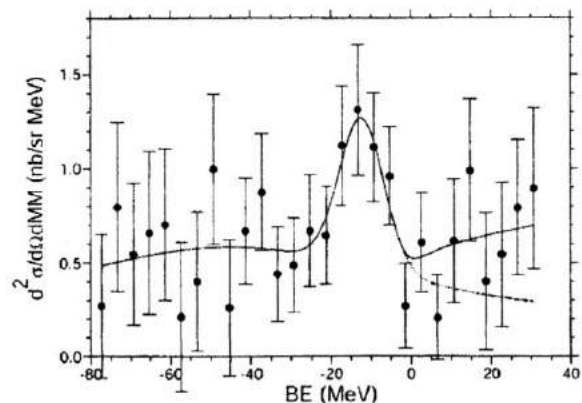
В експерименті дослідники зареєстрували пари піон-нейтрон. На спектрі енергії спостерігали пік енергії. Автори експерименту інтерпретували це, як наслідок виникнення сильної взаємодії між мезоном та ядром.

Однак, вимірювання імпульсів частинок проводили за допомогою детекторів, які були розташовані під певними визначеними кутами, а не на всіх можливих значеннях кута (360°). Тому наукове співтовариство не приймає ці докази як достовірні. Повторення експерименту з розташуванням детекторів під іншими кутами не дало позитивних результатів.

Колаборація GEM-COSY виконала аналіз реакції виникнення ядер магнію внаслідок зіткнення пучків протонів з ядрами алюмінію ^{27}Al . У цьому експерименті мезони з виникали в стані спокою (відносно ядер їхня швидкість була нульовою). Це найкращі умови для виникнення взаємодії між частинками.



Отриманий спектр мав пік енергії зв'язку майже 13 МеВ.



Частина спектру енергії продуктів реакції виникнення ядер магнію, яка містить пік, який може свідчити про виникнення зв'язаного стану мезону та ядра



На думку авторів, пік може бути витлумачено як сигнал від мезонного ядра магнію $^{25}\text{Mg}-\eta$.

Однак цей пік містить лише 4 точки. Тобто статистика експерименту дуже мала, а це означає, що є висока ймовірність виникнення помилки. Щоб підтвердити результат, треба провести нові вимірювання зі значно вищою статистикою (кількістю подій).

Широкий діапазон можливих значень довжини розсіяння мезону та нуклону не виключає можливості виникнення зв'язаного стану мезону з легкими ядрами.

Експериментальні дослідження так званих кінцевих станів взаємодії (FSI) у системах $^3\text{He}-\eta$ і $^4\text{He}-\eta$, у яких можуть виникнути мезонні ядра гелію, проводять дослідники з багатьох колаборацій, зокрема: SPES-4, SPES-2, COSY-11, COSY-ANKE для реакцій зіткнення протонів з дейтронами ($p + d$), а також SPES-4, SPES-3, GEM, COSY-ANKE, WASA-at-COSY для реакції зіткнення між собою дейтронів ($d + d$).

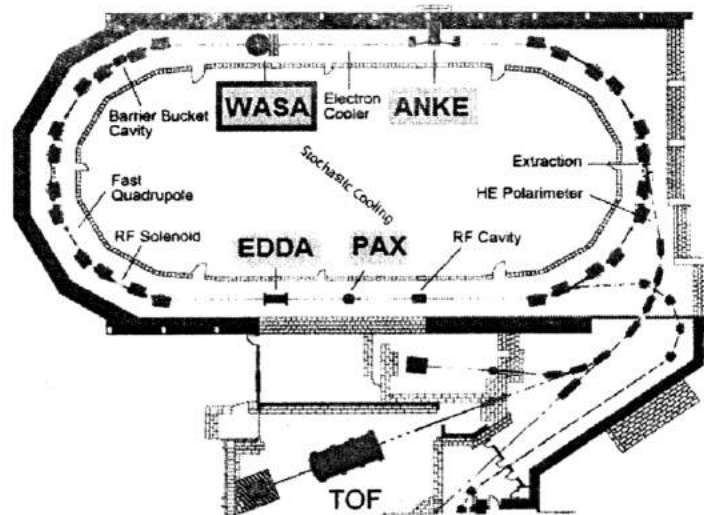
Цікавим є той факт, що ізотоп ^3He має більші розміри, ніж ^4He , і значно сильніше взаємодіє з мезоном η , попри те, що ^3He має на один нуклон менше, ніж ^4He .

Саме ці властивості ^3He вказують на те, що мезон η має більше шансів на утворення мезонного ядра з ^3He , ніж з ^4He .

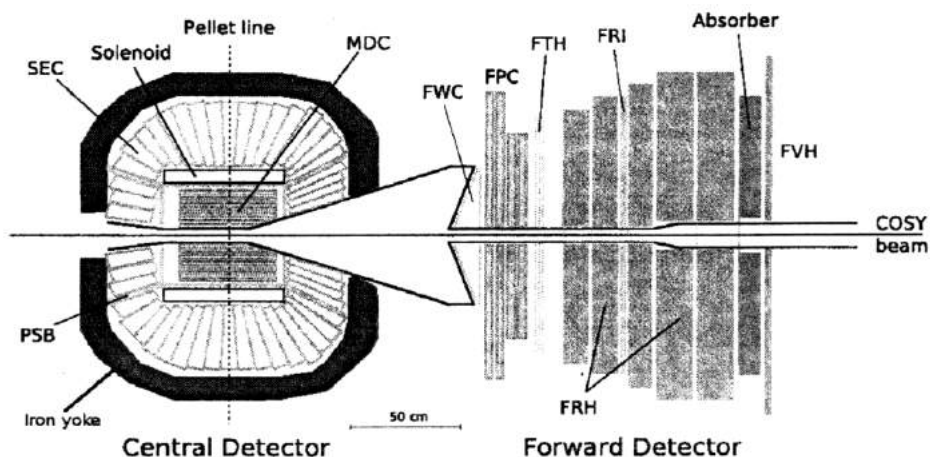
У 2010 році було проведено дослідження реакції $d + d \rightarrow ^3\text{He} + n + \pi$ за допомогою детектора WASA-at-COSY.

Та отримані спектри реакції не показали жодних структур, які можуть розглядатися як вказівка на існування зв'язаного стану $^4\text{He}-\eta$.

Дослідження реакції, в яких очікували виникнення мезонних ядер, проводили з використанням дейтронного пучка синхротрону COSY (реакції зіткнення $d + d$). Він складається з йонів у формі кільця, в якому частинки пришвидшують до швидкостей, близьких до швидкості світла. Їхньою траєкторією керують за допомогою декількох магнетів. У системі пучок охолоджують двома методами: електронним та стохастичним.



Схематичне зображення синхротрону COSY.
Довжина його йонів дорівнює 184 м



Схематичне зображення
детектора WASA синхротоні COSY

Охолодження полягає в зменшенні розмиття енергії пучка протонів, тобто зменшенні флуктуацій (відхилень від середнього значення) енергії. Для електронного охолодження на певній ділянці йоноводу разом з протонами запускають пучок електронів, які мають таку саму швидкість, що й протони, але розмиття їхньої енергії є значно меншим (тобто вони мають низьку температуру). Це спричиняє пришвидшення повільних протонів та сповільнення швидких – так відбувається вирівнювання швидкості протонів.

Якщо частинка має ненульове значення розмиття енергії, то вона здійснює коливання. Вимірюючи відхилення частинки від траєкторії рівноваги, сенсор передає цей сигнал на вхід, де спеціальна система гасить ці коливання частинки. Треба щоб сигнал прийшов на вхід одночасно з пучком частинок. На цьому полягає так зване стохастичне охолодження. За цей метод Ван дер Меер 1984 року нагороджений Нобелівською премією з фізики.

Безпосереднє вимірювання проведено за допомогою детектора WASA.

Детектор складається з двох основних частин: центрального та переднього детектора, які разом містять більше шести тисяч модулів, що дають змогу реєструвати та ідентифікувати частинки, які утворюються в ядерних реакціях зіткнення пучка синхротрону COSY (пучка протонів або дейтронів) з цилію.

У детекторі застосований особливий тип цилі, яку називають пелетовою. Це є заморожені мікрокраплі дейтерію.

Протони або дейтрони пришвидшують у COSY, далі вони стикаються з краплинами цилі. Внаслідок цього відбуваються безліч різних ядерних реакцій. Детектор WASA дає змогу реєструвати усі продукти цих реакцій одночасно. Вимірюючи їхню енергію, імпульси та кути, під якими вони вилітають, можна точно визначити випадки, у яких виникають зв'язані стани.



Протони і дейтрони, які вилітають під малими кутами, реєструє передній детектор. Ідентифікація зареєстрованих частинок ґрунтується на вимірюванні втрат енергії у різних шарах цього детектора.

Протони і мезони π^- , які вилітають під великими кутами, реєструють у детекторі, який утворює центральну камеру довкола йоноводу, та розташований усередині магнетного поля, створеного надпровідним магнетом.

Піони можна ідентифікувати на підставі вимірювання інваріантної маси пар зареєстрованих гамма-квантів, які реєструє електромагнетний калориметр.

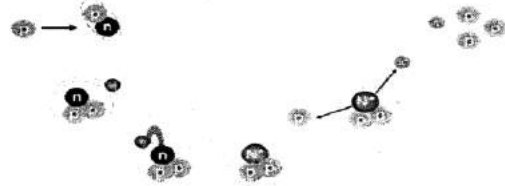
На початку 2014 року група польських фізиків під керуванням професора Ягеллонського університету Павла Москаля (Paweł Moskał) у тісній співпраці з міжнародною колаборацією WASA-at-COSY розробили проект нового експерименту (реакції $p + d$). Науковий комітет COSY рекомендував його проведення, і влітку 2014 року здійснено дослідження зіткнення протону з дейтроном. Очікують, що саме у цій реакції є найбільша ймовірність виявлення станів сильної взаємодії мезонів із ядрами гелію ${}^3\text{He}-\eta$.

Переваги нових даних щодо інших експериментів є:

- істотно велика статистика (вимірювання тривали майже 2 тижні, зібрано понад 20 терабайт даних);
- ідентифікація всіх продуктів реакції;
- вимірювання восьми можливих реакцій одночасно.

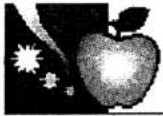
Вимірювання проводили за допомогою охолодженого протонного пучка синхротрону COSY та детектора WASA. Ціллю (мішенню) були заморожені крапельки дейтерію, які після колімування перехрещувалися з пучком синхротрону.

Приклад однієї з можливих реакцій:



Відповідно з гіпотезою мезонне ядро виникає у реакції ядерного синтезу протона з дейтроном, в результаті якої утворюється ядро гелію, яке зв'язане з мезоном η завдяки сильній взаємодії. Один з нуклонів (наприклад, нейтрон) може поглинути мезон η . Це призводить до його збудження та виникнення баріонного резонансу $N^*(1535)$. Далі N^* може використати енергію, наприклад, на емісію мезону π . У результаті розпаду на виході реакції отримуємо три нуклони та піон π , які реєструє детектор.

Триває аналіз даних, що отримано з експериментів 2010 та 2014 років. Вчені сподіваються, що вдасться підтвердити існування зв'язаних станів мезонів та ядер. Добре розуміння структури мезонів та їхньої взаємодії з ядерною матерією може стати значним досягненням фізики елементарних частинок. А у перспективі знайде практичне застосування, наприклад у медицині, діагностиці тощо.



ПОШУКИ ГРАВІТАЦІЙНИХ ХВИЛЬ

Я. І. Шопа,

професор Університету Стефана Вишинського у Варшаві

Існування гравітаційних хвиль передбачив Альберт Айнштейн у межах загальної теорії відносності (ЗТВ) ще 1916 року. Подібно до електромагнетного випромінювання гравітаційні хвилі за загальною теорією відносності поширюються зі швидкістю світла і переносять енергію у вигляді гравітаційного випромінювання. У межах закону всесвітнього тяжіння Ньютона гравітаційні хвилі існувати не можуть, оскільки цей закон ґрунтується на припущенні, що фізичні взаємодії поширюються з нескінченною швидкістю. Відома низка експериментальних підтверджень ЗТВ, лише гравітаційні хвилі донедавна не вдавалося виявити.

Гравітаційні хвилі (ГХ) – це своєрідні коливання простору-часу, які розходяться від масивних об'єктів, що рухаються з прискоренням. Найпростіше таку хвилю можна візуалізувати її дією на вільні матеріальні точки, що розташовані початково на кільці. Синусоїдальна ГХ, що поширюється крізь таке кільце нормально до його площини, деформує його (рис. 1).

Через відносну слабкість ГХ важко зареєструвати, оскільки серед чотирьох відомих сьогодні взаємодій гравітаційна є найслабшою. Якщо вважати, що електромагнетна взаємодія дорівнює 1, то гравітаційна становитиме лише порядку 10^{-40} .

Добре відомо, що електричний заряд, який рухається з прискоренням, є джерелом електромагнетних хвиль, які дуже легко виявити. Амплітуда ж ГХ дуже мала, її визначають за параметром h , що не має розмірності та є фактично мірою відносного розширення чи стиснення простору, зумовленого проходженням цих хвиль. Крізь Землю проникають ГХ з амплітудою, що не перевищує $h \approx 10^{-20}$. На прикладі з рис. 1 амплітуда ГХ мала б досягати $h \approx 0,5$, тому очевидні є експериментальні труднощі з їхнього виявлення.

Однак уже з 1970-х років минулого сторіччя почали створювати апаратуру для дослідження ГХ. За цей час було запропоновано багато детекторів і проведено низку фундаментальних досліджень. Першу гравітаційну антену у вигляді алюмінієвого циліндра зав-

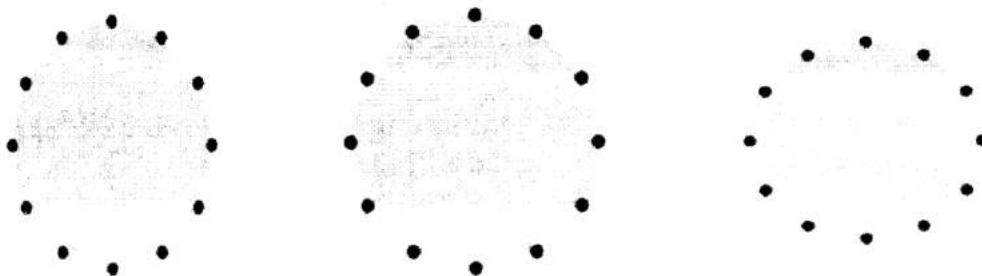


Рис. 1. Деформація у розташуванні матеріальних точок зумовлена проходженням гравітаційних хвиль перпендикулярно до площини рисунка. Оскільки така деформація може відбуватися у різних напрямках, існує поняття поляризації гравітаційних хвиль



довжки у кілька метрів побудував американський учений Джозеф Вебер, він згодом стверджував, що йому вдалося зареєструвати гравітаційні хвилі. Його результати є сумнівними, оскільки чутливість приладу Вебера була в мільйон разів гіршою, ніж у нинішніх детекторів. Усе ж Вебер стимулював інших дослідників зайнятися гравітаційними хвилями і продовжувати пошуки, завдяки чому вдалося істотно підвищити чутливість детекторів.

Одержати ГХ від будь-яких земних джерел нереально, для цього потрібні гігантські маси й величезні потужності для приведення їх у рух, тому ця задача технічно нездійсненна. Ситуація стає сприятливішою, якщо джерелами ГХ є космічні об'єкти, коли гігантські маси і величезні швидкості обертання забезпечені самою природою. З них найбільше підходять подвійні зорі, що обертаються довкола спільного центру мас, і пульсари – нейтронні зорі, що обертаються. Енергія гравітаційного випромінювання від цих джерел велетенська, однак вони перебувають на таких значних відстанях від Землі (десятки чи сотні світлових років), що до нас приходить дуже невелика частина їхнього гравітаційного випромінювання. Амплітуда ГХ, так само як і електромагнетних, меншає обернено пропорційно до віддалі від джерела, а потужність – до квадрату віддалі.

За загальною теорією відносності система із двох мас m_1 та m_2 , віддаль між якими становить r , випромінюють гравітаційні хвилі з потужністю

$$P = -\frac{32}{5} \frac{G^4 (m_1 m_2)^2 (m_1 + m_2)}{c^5 r^5},$$

де G – гравітаційна стала; c – швидкість світла у вакуумі.

Від'ємний знак вказує на те, що потужність випромінюється, а не приходить ззовні. Для системи Сонця і Землі ця потужність становить майже 200 Вт.

Нагадаємо, що потужність електромагнетного випромінювання Сонця дорівнює приблизно $3,86 \times 10^{26}$ Вт.

Теоретично втрата енергії через гравітаційне випромінювання в кінцевому рахунку має призвести до того, що Земля впаде на Сонце. Однак повна енергія Землі на орбіті довкола Сонця (кінетична енергія + гравітаційна потенціальна енергія) становить майже $1,14 \times 10^{36}$ Дж, з яких лише 200 Дж за 1 с втрачається через гравітаційне випромінювання, що мало б зменшувати радіус орбіти Землі майже на 1×10^{-15} м щодня, або приблизно на діаметр протона. У такому випадку падіння Землі по спіралі на Сонце тривало б приблизно в 10^{13} разів довше, ніж нинішній вік Всесвіту. Зрозуміло, що такі оцінки не мають сенсу, хоча б через те, що Сонце та Земля незначно змінюють свою масу з часом.

Для розрахунку часу t до моменту злиття двох мас внаслідок випромінювання ГХ теорія дає такий вираз:

$$t = \frac{5}{256} \frac{c^5}{G^3} \frac{r^4}{(m_1 m_2)(m_1 + m_2)}.$$

Вибравши пару нейтронних зір із масами Сонця та початковою віддаллю між ними 190000 км, одержуємо орбітальний період 1000 секунд, а очікуваний термін існування майже 400000 років. Хвилі від такої системи могли б спостерігати лише космічні інтерферометри, які наразі лише проєктують. Потужність гравітаційного випромінювання такої подвійної зорі становить 2×10^{23} Вт.

Із відстані 40 світлових років до Землі приходить потік випромінювання густиною 10^{-17} Вт/см², а від усіх подвійних зір нашої Галактики приходить не набагато більше $\sim 10^{-14}$ Вт/см² гравітаційної енергії. Частота цього випромінювання лежить у діапазоні кількох десятків Гц.

Однак, якщо орбіта подвійної нейтронної зорі зменшиться приблизно до 2000 км, час

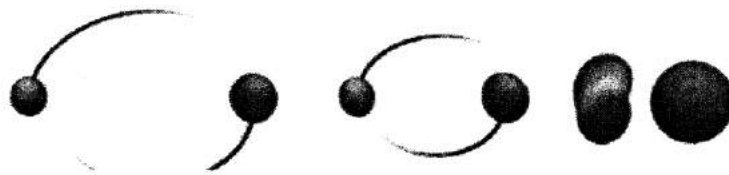


Рис. 2. Схематичне зображення еволюції подвійної нейтронної зорі. Радіус орбіти зменшується, частота обертання зростає, що призводить до злиття двох зір, під час якого випромінюються гравітаційні хвилі

життя системи становитиме лише 36 годин. Орбітальна частота змінюватиметься від 1 орбіти за секунду на початку до 900 орбіт за секунду, коли орбіта скоротиться до 20 км (рис. 2). Якби подібна система перебувала достатньо близько до Землі, існуючі сьогодні прилади могли б реєструвати її гравітаційні хвилі. Проте така подія є надзвичайно рідкісною. Сигнали від подвійних або нейтронних зір можуть приходити в частотному діапазоні від кількох Гц до приблизно 1 кГц. Загалом ГХ могли б існувати на будь-якій частоті, однак хвилі дуже низьких (менше від 0,001 Гц) та дуже високих (понад 10^9 Гц) частот мабуть неможливо виявити на Землі.

Ще один приклад – випромінювання пульсара з Крабовидної туманності (віддаль 5500 світлових років).

За оцінками він випромінює гравітаційні хвилі потужністю майже 10^{31} Вт, тоді щільність потоку на Землі через гігантські відстані до джерела становила б лише 3×10^{-14} Вт/см². Чутливість же сучасних гравітаційних детекторів обмежується величиною $10^{-1} - 10^{-3}$ Вт/см², що принаймні на 11 порядків менше, ніж потрібно.

Крім періодичного гравітаційного випромінювання від подвійних зір і пульсарів можна спостерігати потужні сплески (імпульси) випромінювання від різних космічних катаклізмів, на кшталт спалахів наднових, що при-

зводять до утворення нейтронних зір або чорних дір, або під час їхніх зіткнень.

Потік гравітаційного випромінювання, що виникає під час спалаху наднової, приблизно в 10^{15} разів більший, ніж потік з найближчої подвійної зорі.

У нашій Галактиці наднові спалахують у середньому один раз за 30 років. Тому слід розраховувати на приймання випромінювання й від інших галактик: сфера радіусом майже 10 мільйонів світлових років містить приблизно 300 галактик, і можна очікувати, що імпульси гравітаційного випромінювання зі щільністю потоку 10^{-3} Вт/см² будуть приходити кілька разів на рік. Але й ця величина на межі чутливості й детектувати такі сплески гравітаційних хвиль важко.

Дослідники з міжнародного проекту LIGO Scientific Collaboration заявили, що вони зафіксували гравітаційні хвилі 14 вересня 2015 року. LIGO (англ. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) – лазерно-інтерферометрична гравітаційно-хвильова обсерваторія – це міжнародний проект, у якому бере участь низка держав, серед яких найбільший внесок належить США, Італії, Японії. Проект LIGO був запропонований 1992 року. У ньому задіяно майже 40 науково-дослідних інститутів і 600 окремих учених, що працюють над аналізом даних. Вартість проекту досягає 0,4 млрд. доларів.

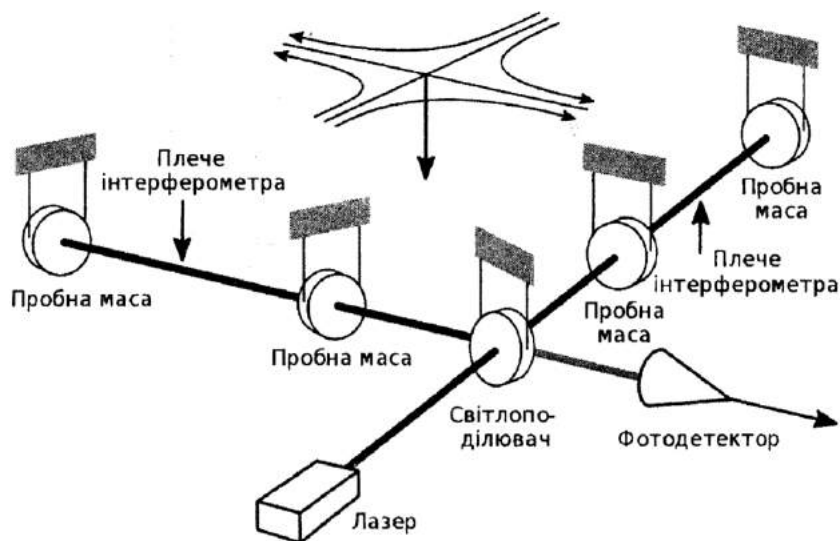


Рис. 3. *Схема лазерного інтерферометра Майкельсона, який використовують для детектування гравітаційних хвиль*

LIGO складається з двох обсерваторій: в штаті Луїзіана і в штаті Вашингтон (США), віддалених одна від одної на 3092 км. Оскільки швидкість поширення гравітаційних хвиль, дорівнює швидкості світла, часова різниця (максимально 10 мс) дає змогу визначити напрямок на джерело зареєстрованого сигналу.

Основний елемент кожної обсерваторії – інтерферометр Майкельсона з чотирьохкілометровими плечами із високим вакуумом всередині. У кожному з плечей додаткові дзеркала утворюють резонатори Фабрі-Перо. Власне ці дзеркала на особливому підвісі є пробними масами, відстань між якими змінює гравітаційна хвиля. Вона подовжує одне плече й одночасно скорочує друге.

Світло лазера проходить резонатор Фабрі-Перо майже 280 разів, багаторазово відбиваючись у кінці й на початку плеча, що значно підвищує чутливість інтерферометра. Далі промені з двох плечей складаються на фотодетекторі, а різниця ходу між цими променями викликає зміну струму в детекторі (рис. 3). Апаратура LIGO може сприймати частоти від

40 Гц до декількох кілогерц з максимумом чутливості на частоті 100 Гц.

Довжини плечей інтерферометра підібрані так, що у “незбуреному” стані два промені після додавання гасять один одного (деструктивно інтерферують), й освітленість фотодетектора є мінімальною. Та якщо одне з дзеркал зміщується на відстань у тисячні частки розміру атомного ядра, компенсація двох променів стане неповною й фотодетектор реєструє сигнал.

Дослідники з LIGO довели, що 14 вересня 2015 року їм вдалося виявити гравітаційну хвилю, яка виникла від зіткнення двох чорних дір масою в 29 і 36 разів більшою від маси Сонця. Ця подія відбулася приблизно 1,3 мільярда років тому, тобто на відстані 410 мегапарсек від нашої Галактики. Сигнал прийшов з Південної небесної півкулі. Лінійно частотно модульований сигнал мав 8 циклів, тривав понад 0,2 секунди і збільшився в частоті від 35 Гц до 150 Гц і в амплітуді від приблизно від $0,1 \times 10^{-21}$ до $1,2 \times 10^{-21}$ (рис. 4). Оскільки це звуковий діапазон частот, то сигнал порів-

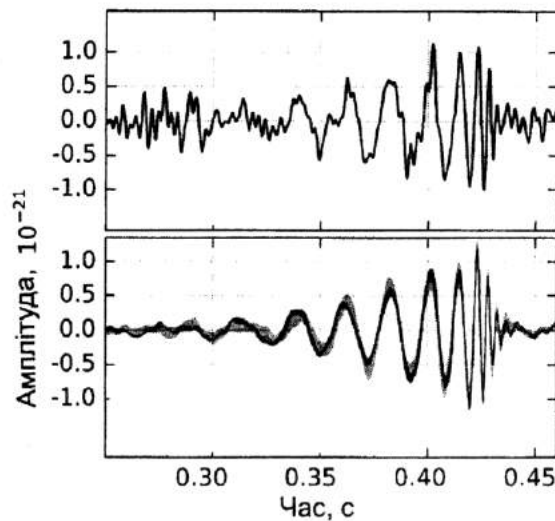


Рис. 4. *Спостережуваний (вгорі) та змодельований (внизу) сигнал GW150914 на одній із обсерваторій. Сигнал на другій аналогічний, але зміщений у часі на 7 мс, має іншу амплітуду та фазу. Це зумовлено різним розташуванням двох інтерферометрів у просторі відносно джерела ГХ*

няли із “щебетанням” пташок. Він також отримав назву GW150914 (тобто, “Gravitational Wave 2015-09-14” – “Гравітаційна Хвиля 2015-09-14”).

Статистичний аналіз сигналів з 12 вересня до 20 жовтня 2015 року дав змогу ідентифікувати GW150914 як реальну подію з довірчим діапазоном понад 99,99994 %. Відповідні хвильові піки зафіксували у двох пунктах LIGO з інтервалом 7 мс. За останні 20 мс злиття, потужність випромінюваних гравітаційних хвиль досягла майже 3.6×10^{49} Вт, що у 50 разів більша, ніж потужність всього світла, випромінюваного усіма зорями у Всесвіті. Упродовж тривалості сигналу відносна швидкість чорних дір зросла від 30 до 60 % від швидкості світла. Орбітальна частота 75 Гц (це половина частоти гравітаційної хвилі) означає, що об’єкти оберталися один довкола одного на відстані лише 350 км перед злиттям.

Напрямок на джерело сигналу визначали через різницю часів проходження сигналу в

двох детекторах LIGO. Однак ця різниця в часі дає змогу визначити тільки кут між напрямком поширення сигналу і прямою, що з’єднує детектори. Цим задається конус, на поверхні якого може перебувати джерело сигналу, а на зоряному небі це тонке кільце у південній небесній півсфері. Додаткові дані щодо поляризації ГХ значно звузили цю ділянку. Якби детекторів було принаймні три, точність встановлення положення джерела істотно зросла би. На жаль, інші чутливі детектори в Італії та Німеччині 14 вересня 2015 року ще не працювали. Стаття за матеріалами першого спостереження ГХ, що була опублікована у журналі “Physical Review Letters”, має у списку авторів із 133 наукових інститутів, лабораторій, організацій. Серед них 4 з Республіки Польща. Це яскравий приклад колективних зусиль великої кількості вчених з усього світу.

GW150914 – це не тільки виявлення гравітаційних хвиль, а й доведення існування подвійних систем чорних дір. Учені очікують

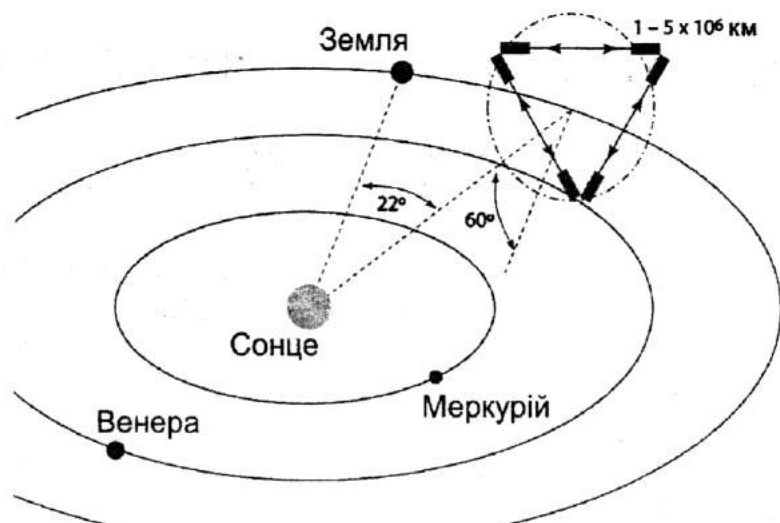


Рис. 5. Схема конфігурації космічної обсерваторії eLISA та її орбіти. Три супутники, що утворюють інтерферометр на геліоцентричній орбіті далеко від Землі. За такого вибору орбіт інтерферометр повертатиметься у просторі на 360 град за рік

побачити набагато більше подій, а відтак відкрити нові механізми у Всесвіті. Щоразу, коли астрономи спостерігали Всесвіт у певному діапазоні – рентгенівському, інфрачервоному, радіо, гамма – вони відкривали щось нове. Гравітаційні хвилі не стануть винятком, лише вони більше подібні на звук, ніж на світло. Отже, тепер ми не тільки дивитимемося на Всесвіт, а й слухатимемо його. Нам наче повернули слух.

Щоб спостерігати найповніший спектр гравітаційних хвиль, доведеться відправити лабораторії в космос. Першою космічною обсерваторією ГХ стане Evolved Laser Interferometer Space Antenna (eLISA, раніше LISA – космічна антена лазерного інтерферометра, що здатна еволюціонувати), що запрацює ймовірно після 2034 року. Такий детектор ГХ буде чутливий на частотах від 0,03 мГц до 0,1 Гц. eLISA виявлятиме ГХ шляхом вимірювання зміни відстані між еталонними масами в трьох космічних апаратах віддалених від 1 до 5 млн. км один від одного (рис. 5).

Шлях до місії eLISA буде тривалим, але тестування в космічному просторі концепції виявлення ГХ вже започатковано проектом LISA Pathfinder. Перебуваючи від Землі на віддалі 1,5 млн. км у т. зв. точці Лагранжа, цей апарат має протестувати потрібні технології для майбутньої обсерваторії. Така орбіта вибрана для виконання жорстких вимог з теплової і гравітаційної стабільності, оскільки це досить “тихе” місце в космосі, далеко від масивних тіл, з постійним освітленням від Сонця та сталою відстанню до Землі для надійної комунікації.

Попереду нові цікаві відкриття.

Джерела:

LIGO Scientific Collaboration homepage (includes link to our main publication, published in Physical Review Letters):
<http://www.ligo.org>
<https://www.ligo.caltech.edu/page/detection-companion-papers>
<https://www.elisascience.org/>



ТАЄМНИЦІ “ШЛЯХЕТНИХ” ЕЛЕМЕНТІВ

Д-р Андрій Вакулка,
Інститут Йозефа Штефана (Любляна, Словенія)

Публікуючи періодичний закон, Дмитро Іванович Менделєєв не підозрював, що на місці незаповненої восьмої групи головної підгрупи його таблиці опиняться найнедоторканіші з відомих елементів. До речі, ці елементи ще не були відкриті за часів Менделєєва.

Мова йде про так звані інертні гази. До їхнього числа належать гелій (He), неон (Ne), аргон (Ar), ксенон (Xe), криптон (Kr) і радіоактивний радон (Rn). Цікаво, що три з них так і не було залучено до яких-небудь хемічних взаємодій (гелій і неон), якщо звісно не зважати на теоретичні розрахунки та спектроскопію молекул різних катіонів гідриду гелію або деякі клатрати аргону.

З іншого боку, “сполуки” радону дуже швидко піддаються радіолізу через радіоактивність самого радону. Тому, дуже складно говорити про які-небудь значні успіхи у хемії радону. Єдина світла пляма їхньої хемії – це ксенон і криптон – за звичайних умов тяжкі гази, які вперше одержали Вільям Рамзай і Моріс Треверс 1898 року. Важливо також, що найвища інертність газів восьмої групи неформально пов’язує потенційну хемію останніх із хемією одного з найактивніших окисників – фтору.

Фтор було виявлено значно раніше, ніж його одержали. Карл Шеєле 1771 року вперше одержав плавикову кислоту $\text{HF}_{(\text{aq})}$, а сам фтор, як елемент, було ідентифіковано 1810 року. Однак, висока реакційна здатність фтору, а він бурхливо реагує з багатьма речовинами із виділенням великої кількості теплоти та світла, не дала змоги одержати його раніше. Саме тому він не існує у вільному стані в природі. Нарешті, 1886 року його зміг одержати елект-

рохемічним окисненням Анрі Моассан. За 100 років після Муассана елементарний фтор хемічним способом синтезував Карл Крісте (див. “Хімія і Життя”, № 3, 2012). Цілком очевидно очікувати, що для формування сполук таких елементів, як інертні гази, потрібно саме активний реагент. Ним став фтор у формі його сполуки з платиною. Так званий гексафторид платини(VI) PtF_6 і став першою речовиною, здатною перетворити тяжкий газ ксенон у окислений стан. Річ у тому, що високий окисний потенціал гексафториду платини(VI) виявив Ніл Барлетт, коли йому вдалося добути сполуку молекулярного кисню, де молекула O_2 була окиснена до O_2^+ . Такий факт здається дивовижним, оскільки кисень сам по собі є досить сильним окисником, в атмосфері котрого згоряє чимало речовин. Отже, спочатку Барлеттові вдалося одержати сполуку O_2^+PtF_6 , а потенціал йонізації молекули O_2 майже співпадає з потенціалом йонізації атома ксенону (приблизно 12 eV).

Отже, 1962 року за допомогою реакції між гексафторидом платини(VI) і газоподібним ксеноном Ніл Барлетт одержав сполуку гексафторплатинат ксенону.

“Чому б і не спробувати?” – напевно подумав Барлетт.

І спробувавши, синтезував нову речовину червоно-жовтого кольору з формулою $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_n$. Ось і все!?

Здавалося б, що тепер “залізна завіса” хемії інертних газів піднята назавжди. Однак, миттєвої сенсації не відбулося. Статтю Барлетта, не прийняли до друку у відомому виданні, її надрукували у не дуже популярному журналі “Proceedings of the Chemical Society”. Багато хто



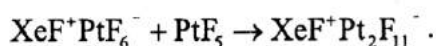
не хотів вірити в існування такої сполуки (див. "Хімія і Життя", № 2, 1982). Однак, від такого повідомлення, нехай і в мало відомому журналі, неможливо просто відвернутися. Сенсація все ж таки сталася.

Розвиток хемії ксенону, а згодом і криптону призвів до одержання таких сполук як фторид ксенону (II) XeF_2 , фторид ксенону (IV) XeF_4 , фторид криптону (II) KrF_2 , оксидних сполук ксенону (оксид ксенону (IV) XeO_2 і оксид ксенону (VI) XeO_3) та складніших сполук.

Однак, одне з питань, щодо самого гексафтороплатинату ксенону залишається не розв'язаним.

Із 1962 року нікому так і не вдалося встановити кристалічну структуру цієї речовини.

Нагадаємо читачам, що кристалічна структура – це певний принцип розташування молекул, йонів або інших частинок, з яких складається речовина, у просторі. Сильний окисник у дослідях Бартлетта PtF_6 , реагуючи з газоподібним ксеноном за температури 20°C дає червоно-жовту тверду речовину складу $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_n$, де n змінюється у межах від 1 до 2. Так гексафтороплатинат насправді речовина змінного складу, який, ймовірно, залежить від умов одержання та співвідношення реагентів. До того ж, з'ясувалося, що одержана речовина ще й неоднорідна, і в ній присутні різноманітні сполуки, наприклад, вона точно містить $\text{XeF}^+\text{PtF}_6^-$, що подібний за своєю структурою на $\text{XeF}^+\text{RuF}_6^-$. До речі, виявлений у одержаній суміші фторид платини (V) PtF_5 – аморфний і не дає дифракційної картинки. Також, під час нагрівання до приблизно 60°C зразок з n рівним приблизно 2 перетворюється на $\text{XeF}^+\text{Pt}_2\text{F}_{11}^-$:



Ця сіль за своєю структурою така ж як іридієва сіль $\text{XeF}^+\text{Ir}_2\text{F}_{11}^-$ та подібна на добре відому сіль стибію, яку отримав Пікок з коле-

гами, $\text{XeF}^+\text{Sb}_2\text{F}_{11}^-$. Платинову сіль, у свою чергу, не можна отримати прямою взаємодією PtF_6 і XePtF_6 .

У своїй статті "Concerning the nature of XePtF_6 " Бартлетт перелічує також й інші методи одержання гексафтороплатинату ксенону. Його можна одержувати безпосередньо із суміші газоподібних PtF_6 і Xe за доволі низької температури та розведенні інертним SF_6 . Також його можна одержати з розчину у безводному фтороводні HF , PtF_4 і XeF_2 . У цьому випадку він утворюється у вигляді нерозчинної слабо діамagnetної речовини, що ймовірно містить XeF^+ і неорганічний полімер $(\text{PtF}_5^-)_n$.

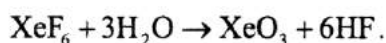
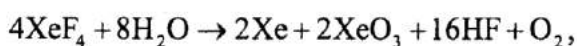
Дещо згодом, 2001 року, Холеман і Віберг знайшли у речовині Бартлетта ще $\text{Xe}_2\text{F}_3^+\text{PtF}_6^-$. Все це деяким чином підтверджує припущення про існування нескінченної негативно зарядженої сітки з фториду платини (VI) з розподіленими у ній катіонами XeF^+ . На жаль, нікому так і не вдалося одержати цю речовину у кристалічному стані, й відповідно описати її структуру. Це правда не свідчить про те, що ніхто не намагався цього зробити.

У цьому сенсі цікавою є праця Бориса Жемви з колегами з Інституту Йожефа Штефана (Словенія), які досліджували структуру кристалів сполуки XeCrF_6 , побудовану з ланцюгів $(\text{CrF}_5)_n$, що складаються з октаєдрів CrF_6 . Цінність цієї роботи полягає у можливості прямої аналогії між цією структурою та структурою гексафтороплатинату ксенону. Саме тому, структура сполуки хрому може слугувати певним чином моделлю для майбутніх намагань встановити будову $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_n$. Можна, взявши за основу дифракційні дані кристалів сполуки XeCrF_6 , обробити їх, постійно порівнюючи з дифракційними даними потенційних кристалів $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_n$ і так встановити найвірогіднішу структуру гексафтороплатинату. Тільки спочатку треба одержати відповідні кристали.

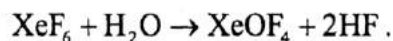


Існує також абсолютно не нульова ймовірність того, що $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_n$ ні за яких кількісних співвідношень ксенону та фториду платини не може бути закристалізовано. Подібні сполуки, що тяжко кристалізуються, вже існують. Мова йде про органічні полімери неперіодичної будови. У органічних полімерах загалом, існує поняття температури склування. Це своєрідний температурний інтервал, у якому відбувається перехід з високоеластичного у склоподібний стан (T_g). Однак при цьому далеко не кожен полімер формує кристалічну структуру. Часто відбувається впорядкування макромолекул полімеру без утворення кристалічної ґратки. Особливо тяжко досягти кристалізації неперіодичного полімеру, в якого макромолекула складається з випадково розташованих різних мономерних груп. Така організація частин молекули вже не передбачає певного порядку, котрий є обов'язковою складовою кристалічного стану речовини і на ближніх, і на відносно великих відстанях. Також, для кристалізації полімеру важлива гнучкість його макромолекули. Цілком можливо, що подібні "недоліки" приховані у сутності просторової організації $\text{Xe}(\text{PtF}_6)_n$, а точніше, у сутності організації полімерної сітки $(\text{PtF}_5^-)_n$.

Цікавим прикладом сполук таких "недоторканних" елементів можна назвати оксид ксенону (VI) XeO_3 . Оксид є твердою безбарвною речовиною, що має винятково сильні окисні властивості та окислює величезну кількість сполук. Однак, у нього є ще цікавіша особливість – не менш виняткова вибухонебезпечність (співмірна з вибуховою силою тринітротолуолу). При цьому триоксид ксенону можна класифікувати як вибухівку з високою бризантністю. Триоксид можна одержати взаємодією XeF_4 або XeF_6 з водою:

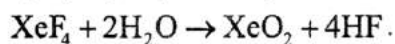


Повільний гідроліз XeF_6 невеликою кількістю води також дає безбарвну рідину – оксофторид ксенону XeOF_4 :



Триоксид ксенону непогано розчинний у воді при цьому розчин не проводить електричний струм, що може свідчити лише про відсутність дисоціації триоксиду під час розчинення. Але у лужних розчинах з $\text{pH} = 10,5$ утворюються солі, що містять аніон HXeO_4^- .

Існує ще один оксид ксенону – оксид ксенону (IV) XeO_2 . Ця жовто-помаранчева речовина, яку вперше одержали 2011 року Гарі Шробільджен із колегами шляхом кислого гідролізу тетрафториду ксенону:



Дослідження оксиду ксенону (IV) призвело до кращого розуміння таємниці зникнення частини ксенону з земної атмосфери. Так можливо, підтвердилась теорія про те, що ксенон під великим тиском та за високої температури "переховується" від нас у силікатах, з яких загалом і складається земна кора, на що нам натякає досліджений спектр насиченого ксеноном діоксиду кремнію.

Знайдено також деякі сполуки криптону. Наприклад, фторид криптону (II) KrF_2 , який одержують прямим фторуванням криптону сумішшю фтору та аргону за низької температури. Існування інших фторидів криптону на жаль не було підтверджено. Особливо цікаво, що дифторид криптону – це ймовірно найсильніший із відомих окисників, котрий за своєю окисною силою перевершує навіть елементарний фтор. Однак, хемія криптону не така різноманітна, як хемія ксенону. Криптон має і досить цікаве застосування – одну з ліній у спектрі випромінювання ізотопу криптону-86 використовують як стандарт довжини. Отже, метр – це 1 650 763,73 довжин хвиль лінії у спектрі ксенону. Однак 1983 року було прийняте інше означення метра.



Хемія радону – це вже зовсім інша історія. Фторид радону (II) існує фактично лише на папері. Кенет Пітцер 1975 року запропонував для нього йонну структуру, яка має бути стійкішою саме для фториду радону.

Одержання інертних газів а, згодом і їхніх сполук відкрило перед нами нові можливості і багато раніше небачених властивостей.

Суміш гелію та кисню використовують для лікування астми й наповнення балонів пірнальників, оскільки азот-киснева суміш є небезпечною через порівняно високу розчинність азоту в крові.

Аргон використовують для створення інертної атмосфери під час виплавлення металів і у хемічних лабораторіях. Радон потрібен для лікування ракових пухлин. Ксенон використовують у лампах для одержання яскравого спалаху, потрібного у фотосправі. Неон потрібний для виробництва ламп, а гелій використовуються для одержання дуже низьких температур.

Та мабуть найважливішим стала поява нових поглядів на природу хемічного зв'язку. Недоторканна зовнішня електронна оболонка була успішно захоплена як Бастилія, що очевидно стало наслідком відносно великих радіусів криптону та ксенону. У свою чергу, гелій, неон і аргон достатньо міцно утримують свої зовнішні електрони та не поспішають окислюватися. Невідомо, чи буде взагалі одержано стійкі сполуки, наприклад, гелію. Його два валентних електрони повністю заповнюють перший та єдиний s-підрівень першого енергетичного рівня і при цьому не екрановані жодними внутрішніми шарами інших електронів. Практично дуже важко знайти стійкіший стан для цих електронів. Однак, виявлено низку катіонів гідриду гелію, існування котрих було підтверджено за допомогою мікрохвильової спектроскопії ще 1925 року.

Першим було знайдено HeH^+ . Катіон одержали взаємодією протона й атома гелію. Фак-

тично цей катіон є найсильнішою з відомих кислот. Вважають, що він може існувати у природі, а також і у міжзірковому просторі.

Також, знайдено й інші гелій-водневі катіони – He_2H^+ , He_3H^+ , He_4H^+ , He_5H^+ , He_6H^+ . Гідроген-гелієвий катіон утворювався за донорно-акцепторним механізмом. При цьому пара електронів з атома гелію (донор, що віддає електрони) переноситься на вільну орбіталь катіону гідрогену (акцептор, що приймає електрони). Певним чином нагадує утворення катіону амонію. У цьому випадку, катіон гідрогену приймає електронну пару з атома нітрогену молекули аміаку. До речі, зростання кількості атомів гелію у гелій-водневих катіонах призводить до деякої стабілізації цих частинок. Стабілізація, однак, не означає, що їх можна буде колись одержати у вигляді конденсованої фази. Такий катіон – є винятково сильною кислотою і найшвидше буде донором катіону гідрогену для іншої молекули чи атома.

Для неону також встановлено існування окремих катіонів та деяких клатратів з водою й органічними молекулами. Однак, і для гелію, і для неону не знайдено жодної валентної сполуки. У цьому сенсі, й аргон приєднується до товариства гелію та неону. Тим не менше, існує одне єдине повідомлення (Університет Хельсінкі, Фінляндія, 2000 рік) про одержання сполуки аргону HArF , що стійка тільки за дуже низької температури -246°C . За таких умов і ця сполука приєднується до списку фантомних намагань одержати валентні та тривкі сполуки гелію, неону чи аргону.

Головне питання так і лишається до кінця не розв'язаним – чи можуть взагалі існувати валентні сполуки гелію, аргону та неону у конденсованій фазі? Поки що відповіді не знайдено й останні три елементи періодичної системи Дмитра Івановича Менделєєва надійно зберігають свої таємниці. Можливо, кому-небудь з вас, мої дорогі читачі, вдасться у майбутньому розкрити нові секрети їхньої хемії.



УСПІШНЕ НАУКОВЕ ЖИТТЯ ВИДАТНОГО ФІЗИКА ЗАВДОВЖКИ СТОРІЧЧЯ. ЧАРЛЬЗ ГАРД ТАВНС

Чарльз Гард Тавнс – видатний американський фізик, який майже все ХХ сторіччя займався науковими дослідженнями та зробив величезний внесок у світову науку.

Чарльз Гард Тавнс (Charles Hard Townes) народився 28 липня 1915 року у м. Грінвілль (штат Південна Дакота, США). Він був четвертою дитиною Генрі Кейта Тавнса, адвоката, та Елен Самтер.

Чарльз змалку цікавився природою. Завдяки своїм феноменальним здібностям він у шістнадцять років вступив до університету в Грінвіллі, який закінчив із відзнакою 1935 року, ставши бакалавром з фізики та бакалавром мистецтв у галузі сучасної мови. Попри те, що він обрав фізику своїм основним заняттям, зваблений її вишуканістю і логікою структури, Ч. Тавнс чудово володів французькою, ні-

Нобелівську премію з фізики 1964 року американський фізик Ч. Тавнс одержав разом із радянськими фізиками М. Басовим та О. Прохоровим за "фундаментальні дослідження в галузі квантової електроніки, що привели до створення генераторів і підсилювачів нового типу – лазерів і мазерів"



*Чарльз Гард Тавнс
(Charles Hard Townes)
(28.07.1915–27.01.2015)*

мецькою, іспанською, італійською та російською мовами. Після року навчання в аспірантурі у Д'юкському університеті, він 1936 року здобув ступінь магістра з фізики. Ступінь доктора наук Ч. Тавнс отримав 1939 року в Каліфорнійському технологічному інституті, захистивши докторську дисертацію на тему: "Розділення ізотопів та визначення спіну ядра вуглецю-13".

Дослідження Ч. Тавнс продовжив у лабораторіях телефонної компанії "Белл" (1939–1947), де працював над проблемами військового спрямування, наприклад, розробленням радіолокаційного бомбового прицілу. Під час



Другої світової війни в радіолокаторах застосовували хвилі завдовжки 3 см (10000 МГц).

Після війни військове керівництво запропонувало компанії “Белл” створити радіолокатор, який би працював на довжині хвилі 1,25 см (24000 МГц). Такий радар мав мати більшу роздільну здатність і менші розміри. Ч. Тавнс передбачив, що він буде неефективним, оскільки водяна пара в атмосфері поглинає випромінювання саме цієї частоти. Не врахувавши думки науковця, військові створили такий радар, який виявився недієздатним. Цей випадок спонукав фізика докладніше вивчити взаємодію надкоротких радіохвиль з молекулами деяких газів.

Із 1948 року Чарльза Тавнса призначили ад’юнкт-професором фізики в Колумбійському університеті. Він 1950 року став виконавчим директором університетської радіаційної лабораторії, очолював фізичний факультет у 1952–1955 роках і залишався в університеті повним професором до 1961 року.

Упродовж цього періоду він також навчався музики і вокалу у вечірній музичній школі. Проводячи наукові дослідження в Колумбійському університеті Ч. Тавнс зрозумів, що поглинання мікрохвиль може стати основою для нової техніки – мікрохвильової спектроскопії, яка дає змогу вивчати структуру молекул.

Тоді НВЧ хвилі генерувались потоками електронів, які збуджували в резонаторах електромагнетні коливання. Розміри резонатора визначали довжину хвилі, і найкоротшу хвилю, яку можна було генерувати, досягала майже 1 мм (300000 МГц). Ч. Тавнс задумав використовувати природні властивості молекул, щоб подолати ці обмеження.

На початку ХХ ст. фізики встановили, що енергія молекул і атомів набуває дискретних

значень, найнижчий із енергетичних станів вони називають основним станом. Множина дозволених станів індивідуальна для конкретного атома чи молекули. Енергія пов’язана з конфігураціями і рухом електронів навколо ядра атома. Атом чи молекула можуть поглинати фотон, енергія якого дорівнює різниці між двома рівнями, і піднятися на вищий енергетичний рівень. У цьому випадку кажуть, що атом перебуває в збудженому стані. Збуджені атоми і молекули володіють, відповідно, надлишковою енергією. Дуже швидко після збудження вони спонтанно переходять на нижчі енергетичні рівні, випромінюючи фотон, енергія якого дорівнює різниці енергій між двома рівнями.

А. Айнштайн 1917 року відкрив індуковане випромінювання – випромінювальний процес під час взаємодії випромінювання з речовиною відмінний від поглинання і спонтанного випромінювання. У цьому процесі атоми або молекули, на які діє випромінювання, енергія фотонів якого відповідає різниці між збудженим та основним рівнями відразу ж повертаються до основного стану, випромінюючи фотони, такі ж самі як і ті, що стимулювали це повернення.

Ч. Тавнс зрозумів, що індуковане випромінювання відкриває спосіб підсилення випромінювання, завдяки вивільненню надлишку

Каліфорнійський університет у Берклі – це чудове місце, щоб творити цікаві речі, і великий університет. Творячи фізику, для мене це гарний час. Це не просто праця, це – радість”

Ч. Тавнс



енергії збуджених молекул. Щоб це здійснити, треба було отримати велику кількість збуджених молекул. Ч. Тавнс знайшов практичний спосіб для здійснення цього задуму.

Радянські фізики М. Басов і О. Прохоров незалежно дійшли до таких самих висновків.

Ч. Тавнс із аспірантами Колумбійського університету у грудні 1953 року побудував такий прилад і назвав його “мазер” – мікрохвильове підсилення за допомогою індукованого (стимульованого) випромінювання. У першому мазері молекули аміаку проходили крізь електричні поля спеціальної конфігурації, які відштовхували молекули, що були в основному стані, і збирали збуджені молекули в порожнині резонатора. Коли в порожнині накопичувалась достатня концентрація збуджених молекул, відбувалось лавиноподібне наростання індукованого випромінювання. Тобто отримали потужний підсилювач випромінювання. Різниця енергії в основному й збудженому станах у молекули аміаку визначає енергію випромінених фотонів, і відповідно, частоту випромінювання, яка в цьому випадку є в діапазоні НВЧ хвиль.

“Чарльз Тавнс втілює в собі найкраще в Берклі. Він великий учитель, великий вчений і великий державний службовець.

Ми відзначаємо його 99-річчя і кар’єру, яка охоплює майже 80 років, можемо лише дивуватися діапазоном його інтелектуальної активності, його наполегливості та його новаторського духу.”

Ніколас Діркс

Швидко з’ясувалось, що мазери мають стабільну частоту і можуть бути високоточними годинниками. За допомогою двох мазерів Чарльз Тавнс та його колеги перевірили і підтвердили спеціальну теорію відносності Айнштейна. Ці дослідження згодом назвали найточнішим експериментом в історії фізики.

Під час поїздки до Паризького університету 1956 року Ч. Тавнс запропонував застосувати в мазерах кристали, що містять домішки. Випромінювання потрібної частоти може збудити атоми домішок до найвищого рівня. Далі ці атоми, втративши частину своєї енергії, “захоплюються” відносно стабільним проміжним енергетичним станом. Перехід із проміжного на основний стан супроводжується підсиленням вхідного випромінювання тієї ж частоти. У такій системі до активного середовища мазера слід прикладати енергію більшої частоти (з коротшою довжиною хвилі), ніж підсилювана, оскільки атоми треба збудити до вищого, третього рівня. Мазер швидко став виконувати роль високочутливого підсилювача з низьким рівнем шуму для приймання мікрохвиль у багатьох різних системах.

Чарльз Тавнс разом із американським фізиком Артуром Шавловим (Arthur Leonard Schawlow, 1921–1999, Нобелівський лауреат з фізики 1981 року “за внесок у розвиток лазерної спектроскопії”) 1958 року сформулювали вимоги, щоб побудувати мазер, який працює у ділянці, що відповідає інфрачервоному, видимому та ультрафіолетовому випромінюванню.

За два роки інший американський фізик Теодор Мейман (Theodore Harold Maiman, 1927–2007) побудував такий прилад, який випромінював червоне світло, у якому як активне середовище він використав стрижень із синтетичного рубіна із дзеркалами на кінцях, а як



центри випромінювання використали атоми хрому, які є домішкою в Al_2O_3 . Цей прилад назвали лазером.

Дальший розвиток лазерів йшов дуже стрімко, що привело до створення нової наукової галузі – квантової електроніки.

Ч. Тавнса, М. Басова та О. Прохорова нагородили Нобелівською премією з фізики 1964 року “за фундаментальні фундаментальні дослідження в галузі квантової електроніки, що привели до створення генераторів і підсилювачів нового типу – лазерів і мазерів”.

Ч. Тавнс був віце-президентом і директором з наукових питань Інституту оборонних досліджень у 1959–1961 роках, працював над проблемами оборони, стратегії та системи озброєнь у США.

Учений 1961 року обійняв посаду проректора та професора фізики Массачусетського технологічного інституту, а 1966 року його призначили університетським професором фізики Каліфорнійського університету в Берклі.

Під час роботи в Інституті оборонних досліджень науковець брав активну участь у розробленні наукової політики.

Ч. Тавнс та його колеги у Каліфорнійському університеті, які працювали в галузі інфрачервоної та мікрохвильової астрономії відкрили перші багатоатомні молекули у міжзоряному просторі, а саме, молекули аміаку та води. Він також запровадив нові методи детектування інфрачервоного світла в астрономічну спектроскопію та інтерферометрію. Ця праця привела до створення 1987 року системи пересувних інфрачервоних телескопів, які за словами Ч. Тавнса, мають змогу розділяти у 100 разів більше деталей, ніж звичайний радіотелескоп.

Ч. Тавнс одержав почесні наукові ступені від понад двадцяти коледжів і університетів, був членом редколегій деяких наукових журналів.

Учений був членом правління Солківського інституту біологічних досліджень (1963–1968), членом науково-консультаційної ради військово-повітряних сил США (1958–1961) й очолював науково-технологічний консультаційний комітет з польотів людини у космос при НАСА (1964–1969). Науковець був членом Президентської ради з національної наукової політики (1969), науковим радником компанії “Дженерал моторс” (1971–1973).

Науковець був членом Американської академії наук, Інституту інженерів з електротехніки і електроніки, Американської академії наук і мистецтв, Американського філософського товариства та Американського астрономічного товариства, іноземним членом Лондонського королівського товариства та інших.

Видатний фізик Ч. Тавнс отримав премію Комстока Американської національної академії наук (1959), двічі медаль Стюарта Балантайна Франклінівського інституту (1959, 1962), премію з електроніки Девіда Сарнофа Амери-

“Це був одним з найвидатніших фізиків-експериментаторів минулого сторіччя. Його силою була його цікавість і його непохитний оптимізм, що ґрунтувався на його глибокій християнській духовності.”

Райнхард Гензель,
професор фізики з Берклі



канського інституту (1961), медаль Джона Карті Американської національної академії наук (1962), почесну медаль за громадську діяльність НАСА (1969), міжнародну золоту медаль Н. Бора Данського товариства інженерів-будівельників, електриків і механіків (1979) та медаль "За наукові досягнення" Національного наукового фонду (1982), премію Генрі Норріса Рассела (1998), премію засновників NAE (2000), медаль Карла Шварцшильда (2002), Темплтонівську премію¹ (2005), золоту медаль SPIE (2010) та інші.

На честь видатного науковця 1980 року заснували премію Ч. Тавнса.

В останні роки життя Тавнс читав лекції, зокрема в Німеччині та Індії.

Ч. Тавнс 1941 року одружився з Френсіс Браун. Вони виховали чотирьох доньок.

Науковець захоплювався музикою, іноземними мовами, підводним плаванням і мандрівками.

Під час святкувань 99-річчя від дня народження Чарльза Тавнса колега з Каліфорнійського університету в Берклі Ніколас Діркс (Nicholas Dirks) сказав: "Чарльз Тавнс втілює в собі найкраще в Берклі; він великий учитель, великий вчений і великий державний служ-

бовець. Ми відзначаємо його 99-річчя і кар'єру, яка охоплює майже 80 років, ми можемо лише дивуватися діапазоном його інтелектуальної активності, його наполегливості та його новаторського духу."

Помер видатний фізик Чарльз Тавнс на 100-му році життя в Окленді (штат Каліфорнія, США) 27 січня 2015 року.

Професор фізики з Берклі Райнхард Гензель сказав: "Це був одним з найвидатніших фізиків-експериментаторів минулого сторіччя. Його силою була його цікавість і його непохитний оптимізм, що ґрунтувався на його глибокій християнській духовності."

Про Чарльза Тавнса хочуть зняти документальний фільм, де розповісти глядачам про наукове та особисте життя вченого, та показати, що кожна людина займає своє важливе місце в цьому Всесвіті.

Як сам колись сказав Ч. Тавнс у одному з інтерв'ю, секрет його довголіття в тому, що усе життя займається він улюбленою справою і завжди активний. "Каліфорнійський університет у Берклі – це чудове місце, щоб творити цікаві речі, і це великий університет. У мене є гарний час, роблячи фізику. Це не просто праця, це – радість", – зазначив учений.

¹Темплтонівська премія (англ. Templeton Prize) – щорічна премія Фонду Темплтона. Започаткована 1972 року. Вручають людині, яка, на думку журі, "зробила визначний внесок у ствердження духовного виміру життя через розуміння, відкриття чи практичні роботи". Премію названо на честь британського підприємця і бізнесмена Джона Темплтона (1912–2008), посвяченого в лицарі 1987 року королевою Єлизаветою II за свої філантропічні зусилля. Грошова премія перевищує розмір Нобелівської премії.

Лавреатами Темплтонівської премії стали Мати Тереза (1973), Далай-лама (2012), фізики Карл Фрідріх фон Вайцеккер (1989), Пол Девіс (1995), Джон Полкінгорн (2002), Джон Барроу (2006), та інші відомі особистості.

УМОВИ ЗАДАЧ ІІІ ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2016)

8 клас

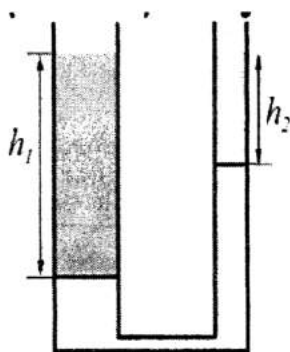
Задача 1.

Два однорідні циліндричні стрижні з однаковим перерізом, однак з різними довжинами та густинами, склеїли торцями. У стрижня, що утворився, права складова частина має більшу густину, ніж ліва. Якщо відрізати від лівої складової цього стрижня її половину, то маса всього стрижня зменшиться на 10 %.

Як змінилася б маса всього стрижня, якщо б відрізували половину його правої частини?

Задача 2.

Сполучені посудини частково заповнені соляною водою і закриті тонкими гладкими легкими поршнями. У ліву посудину на поршень налили шар олії висотою $h_1 = 12$ см.



Якої висоти h_2 треба налити шар спирту у праву посудину, щоб рівні олії та спирту зрівнялися?

Густина олії $\rho_1 = 0,90$ г/см³,
густина спирту $\rho_2 = 0,80$ г/см³,
густина соляної води $\rho = 1,2$ г/см³.

Задача 3.

Однорідну балку масою $m_0 = 1$ кг підвісили на нитці, прив'язаній до неї у точці O . Коли до кінців балки приклали напрямлені вертикально донизу сили F_1 і F_2 , балка виявилася у горизонтальному рівноважному положенні.

Визначте силу F_2 , якщо сила $F_1 = 15$ Н.

Плече сили F_1 (відносно точки O)

$$l_1 = 30 \text{ см,}$$

плече сили тяжіння, що діє на балку (відносно точки O) $l = 50$ мм.

Коефіцієнт $g = 10$ Н/кг.

Задача 4.

Куб з однорідного матеріалу з ребром a плаває у рідині, занурившись на глибину h .

На яку глибину H зануриться у цю ж рідину куб з удвічі більшою густиною та удвічі довшим ребром?

Задача 5.

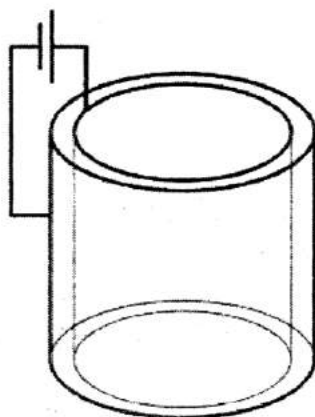
Молодший брат вийшов з дому і рухався зі швидкістю 3 км/год. За 20 хвилин навздогін йому вирушив старший брат зі швидкістю 6 км/год. Разом з ним вибігла собака Шпупля, яку взяли з притулку. Шпупля любить обох хлопців, тому вона бігає від одного брата до другого і назад з постійною швидкістю 15 км/год, доки старший не наздожене молодшого.

Знайдіть шлях, який пробігла Шпупля, та її переміщення.

9 клас

Задача 1.

У циліндричну посудину із металевими стінками та діелектричним дном вставлено металевий циліндр. Простір між двома циліндрами заповнено водою з температурою 20 °С.



Відстань між стінками циліндрів – 2 мм є набагато меншою від радіусів циліндрів. Циліндри під'єднують до джерела постійного струму $U = 50$ В як зображено на малюнку.

За який час вода закипить?

Теплоємністю циліндрів та втратами теплоти знехтуйте.

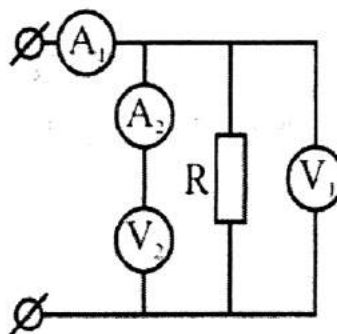
Густина води – $\rho = 1000$ кг/м³; питома теплоємність води – $c = 4200$ Дж/(кг·К); питомий опір води – $r = 3200$ Ом·м.

Задача 2.

Знайдіть величину опору R у схемі, що зображена на малюнку, якщо покази приладів є такими:

$$I_1 = 1 \text{ А}; \quad I_2 = 0,4 \text{ А}; \\ U_1 = 101 \text{ В}; \quad U_2 = 100 \text{ В}.$$

Вольтметри V_1 і V_2 мають однакові внутрішні опори.

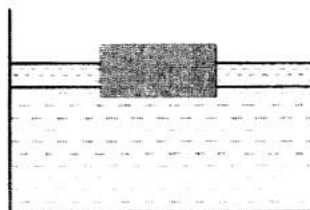

Задача 3.

Два плоскі дзеркала нахилені одне до одного так, що утворюють двогранний кут $\alpha = 60^\circ$. На них падає промінь, що лежить у площині перпендикулярній до ребра кута.

Знайдіть кут δ відхилення цього променя після його однократного відбивання від кожного дзеркала.

Задача 4.

У циліндричній посудині з площею дна 200 см² налито воду. У воді плаває циліндр занурений наполовину. У посудину долили 100 мл деякої незмішуваної з водою рідини, густина якої становить $4/5$ від густини води. Після цього циліндр виявився частково зануреним і у воду, і в долиту рідину, як це зображено на малюнку.



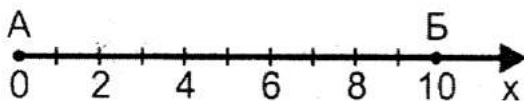
Визначіть величину вертикального зміщення циліндра відносно дна посудини внаслідок доливання рідини.

Задача 5.

Автомобіль із пункту *A* в пункт *B* рухається із швидкістю, що неперервно змінюється за законом

$$v = \frac{v_0}{1+x}$$

де $v_0 = 120$ км/год – швидкість автомобіля в пункті *A*, а x – безрозмірна координата автомобіля у системі, що зображено на малюнку.



Знайдіть середню швидкість автомобіля на відрізьку *AB*.

10 клас

Задача 1.

У посудину, в якій було 2 кг води за температури 5°C , поклали шматок льоду масою 5 кг при температурі -40°C .

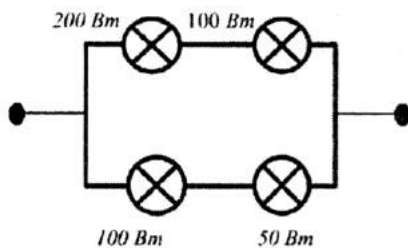
Яка температура встановиться у посудині?

Якою буде маса води і льоду після встановлення рівноваги?

Питома теплоємність льоду – 2100 Дж/кг $^\circ\text{C}$, питома теплоємність води – 4200 Дж/кг $^\circ\text{C}$, питома теплота плавлення льоду – 335 кДж/кг

Задача 2.

Маємо 4 лампи розжарення: одна з них розрахована на потужність 200 Вт, ще дві – на 100 Вт кожна, остання – на 50 Вт. Вони ввімкнені у мережу 200 В так, як зображено на схемі.



Знайдіть, яка лампа за такої конфігурації світитиме найяскравіше.

Задача 3.

Лабораторна електроплитка, опір спіралі якої становить 20 Ом, увімкнули в коло послідовно з резистором 10 Ом. Під час тривалої роботи вона нагрілась від кімнатної температури до 52°C .

До якої температури нагріється плитка, якщо паралельно до неї увімкнути ще одну таку ж плитку?

Залежність опору від температури знехтуйте.

Задача 4.

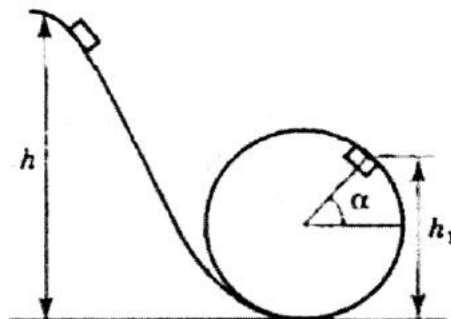
Стрічка транспортера завдовжки l рухається зі швидкістю v_0 .

З якою швидкістю потрібно штовхнути кубик масою m проти руху транспортера, щоб кількість теплоти, яка виділиться за рахунок сили тертя між кубиком і стрічкою транспортера, була максимальною?

Чому дорівнює ця кількість теплоти, якщо коефіцієнт тертя дорівнює μ і виконується умова $v_0 < \sqrt{2\mu gl}$?

Задача 5.

Шайба масою m ковзає без тертя з висоти h по жолобу, що переходить у петлю радіуса R .

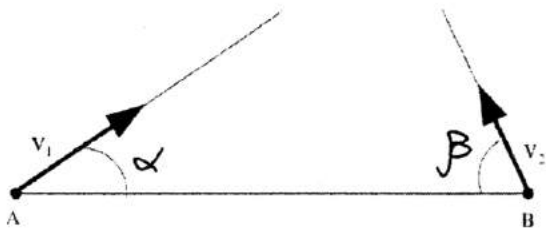


Знайдіть силу тиску шайби на опору в точці, яка визначається кутом α і кут α .

II клас

Задача 1.

Із двох точок A та B , відстань між якими дорівнює l , одночасно відправляються два катери, один з яких пливе зі швидкістю v_1 , а другий – зі швидкістю v_2 (див. мал.). Напрямок руху першого катера утворює кут α , а другого кут β з лінією AB .



Якою буде найменша віддаль між катерами?

Задача 2.

Ідеальна теплова машина, що працює за оберненим циклом Карно, передає тепло від холодильника з водою за температури

$$T_2 = 273 \text{ К}$$

до нагрівача з водою за температури

$$T_1 = 373 \text{ К}.$$

Яку кількість води m_1 потрібно заморозити у холодильнику, щоб воду масою m_2 у нагрівачі перетворити у пару.

Задача 3.

Між стінкою та кубом маси $M = 10$ кг, який лежить на гладкій площині, лігає кулька маси $m = 0,1$ г. Швидкість кульки в момент, коли куб перебував у стані спокою становила $v_0 = 100$ м/с.

Знайдіть швидкість куба в момент часу, коли він перебуває на віддалі від стінки у тричі більшій, ніж у початковий момент.

Припускають, що за час між двома послідовними зіткненнями кульки з кубом пройдений шлях куба є набагато менший від віддалі від куба до стінки.

Задача 4.

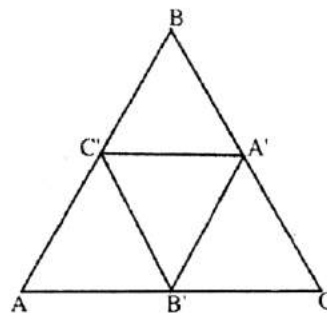
Дві маленькі металічні кульки радіусами $r_1 = 1$ см та $r_2 = 2$ см розташовані на віддалі $R = 2$ м одна від одної. Кульки під'єднують до джерела постійного струму з ЕРС $\varepsilon = 1$ кВ.

З якою силою взаємодіють кульки?

Взаємодією між з'єднувальними провідниками знехтуйте.

Задача 5.

Із дроту сталого поперечного перерізу виготовлено фігуру, що зображена на малюнку (ABC та $A'B'C'$ рівносторонні трикутники). Сторона трикутника ABC дорівнює a , а опір одиниці довжини дроту дорівнює ρ .



Знайдіть опір:

1. між точками A та A_0 ;
2. між точками A та C .



НОБЕЛІВСЬКІ ПРЕМІЇ З ФІЗИКИ ЗА 2001–2015 РОКИ



2001

Ерік А. Корнел
(Eric A. Cornell)
(19.12.1961 р. н.)



Вольфганг Кетерле
(Wolfgang Ketterle)
(21.10.1957 р. н.)



Карл Е. Віман
(Carl E. Wieman)
(26.03.1951 р. н.)

*За експериментальне спостереження бозе-айнштайнівської конденсації
в розріджених газах атомів лужних металів*



2002

Раймонд А. Девіс
(Raymond Allen Davis)
(14.10.1914–31.05.2006)



Масатоші Косіба
(Masatoshi Koshihara)
(19.09.1926 р. н.)



Рікардо Джакконі
(Riccardo Giacconi)
(06.10.1931 р. н.)

*За теоретичні дослідження світлових
за дослідження в галузі астрофізики,
а саме за виявлення космічних нейтрино*

*За дослідження в галузі
астрофізики, які привели
до відкриття космічних
джерел рентгенівського
випромінювання*



2003

Віталій Гінзбург
(Vitaly Ginzburg)
(04.10.1916–08.11.2009)



Олексій Абрикосов
(Alexei Abrikosov)
(25.06.1928 р. н.)



Ентоні Дж. Лаггетт
(Anthony James Leggett)
(26.03.1938 р. н.)

*За дослідження в галузі квантової фізики,
а саме: дослідження надпровідності та надплинності*



2004

Девід Дж. Гросс
(David Jonathan Gross)
(19.02.1941 р. н.)



Г. Девід Політцер
(Hugh David Politzer)
(31.08.1949 р. н.)



Френк Вілчек
(Frank Wilczek)
(15.05.1951 р. н.)

За відкриття асимптотичної свободи в теорії сильної взаємодії



2005

Рой Джей Глаубер
(Roy Jay Glauber)
(01.09.1925 р. н.)

Джон Льюїс Голл
(John Lewis Hall)
(21.08.1934 р. н.)

Теодор Вольфганг Генш
(Theodor Wolfgang Hansch)
(30.10.1941 р. н.)

За теоретичні дослідження світлових явищ, які привели до створення квантової оптики

За розроблення методів надточної лазерної спектроскопії



2006

Джон С. Мезер
(John Cromwell Mather)
(07.08.1946 р. н.)

Джорж Ф. Смут
(George Fitzgerald Smoot)
(20.02.1945 р. н.)

За відкриття неоднорідності реліктового випромінювання і відповідності між його спектром і спектром абсолютного чорного тіла



2007

Альберт Ферт
(Albert Fert)
(07.03.1938 р. н.)

Петер А. Грюнберг
(Peter Andreas Grünberg)
(18.05.1939 р. н.)

За відкриття гігантського магнетоопору



2008

Йоїгіро Намбу
(Yoichiro Nambu)
(18.01.1921 – 05.07.2015)

Макото Кобаяші
(Makoto Kobayashi)
(07.04.1944 р. н.)

Тосігіде Маскава
(Toshihide Maskawa)
(07.02.1940 р. н.)

За відкриття механізму спонтанного порушення симетрії на субатомному рівні

За відкриття походження порушеної симетрії, що передбачає існування в природі принаймні трьох поколінь кварків



2009
Чарльз Куен Као
 (Charles Kuen Kao)
 (04.11.1933 р. н.)

*За праці в галузі
 оптоволоконного
 зв'язку*



Віллард Стерлінг Бойл
 (Willard Sterling Boyle)
 (19.08.1924 – 07.05.2011)



Джордж Елвуд Сміт
 (George Elwood Smith)
 (10.05.1930 р. н.)

За створення оптичних напівпровідникових схем



2010
Андрій Гейм
 (Andre Geim)
 (21.10.1958 р. н.)

*За інноваційні експерименти
 з двомірним матеріалом графеном*



Костянтин Новосьолов
 (Konstantin Novoselov)
 (23.08.1974 р. н.)



2011

Сол Перлматтер
(Saul Perlmutter)
(22.09.1959 р. н.)

Брайян П. Шмідт
(Brian Paul Schmidt)
(24.02.1967 р. н.)

Адам Рісс
(Adam Riess)
(16.12.1969 р. н.)

*За відкриття пришвидшення розширення Всесвіту
за допомогою спостережень над далекими надновими*



2012

Девід Вайнланд
(David J. Wineland)
(24.02.1944 р. н.)

Серж Арош
(Serge Haroche)
(11.09.1944 р. н.)

*За створення проривних технологій маніпулювання
квантовими системами*



2013

Пітер Гігс
(Peter Higgs)
(29.05.1929 р. н.)

Франсуа Англерт
(Francois Englert)
(06.11.1932 р. н.)

За теоретичне відкриття механізму, що допоміг зрозуміти походження мас субатомних частинок, і який нещодавно було підтверджено через відкриття передбачуваної елементарної частинки експериментами ATLAS і CMS у ЦЕРНі на Великому адронному колайдері



2014

Ісаму Акасакі
(Isamu Akasaki)
(30.01.1929 р. н.)

Гіросі Аmano
(Hiroshi Amano)
(11.09.1960 р. н.)

Сюдзі Накамура
(Shuji Nakamura)
(22.05.1954 р. н.)

За винайдення ефективних синіх світлодіодів – нового енергозберігального екологічного джерела світла



2015

Артур Б. Макдональд
(Arthur Bruce McDonald)
(29.08.1943 р. н.)

Такаакі Кадзіта
(Takaaki Kajita)
(09.03.1959 р. н.)

*За відкриття нейтронних осциляцій, які підтверджують,
що нейтрино мають масу*

З переліком лавреатів Нобелівської премії з фізики за 100 перших років, починаючи від 1901 року і до 2000 року, можна ознайомитися в журналі “Світ фізики” № 4(16) за 2001 рік.

Редакція журналу “Світ фізики” систематично впродовж багатьох років публікувала матеріали про Нобелівських лавреатів з фізики, їхні біографії та наукові досягнення, за які дослідники отримали найпрестижнішу наукову нагороду.

У 2008 році вийшла з друку книжка Г. Шона, О. Гальчинський “Нобелівські лавреати з фізики” (видавництво “Сваросвіт”, 696 с.). У книжці подано біографічні відомості про видатних фізиків, їхні наукові досягнення в галузі фізики та наукові відкриття, за які науковці одержали Нобелівські премії, зокрема й про лавреатів українського походження, видатних учених, які співпрацюють чи співпрацювали з українськими фізиками, Національною академією наук України, Науковим товариством імені Тараса Шевченка, українськими університетами, а також подано біографічні відомості про засновника Нобелівської премії – Альфреда Нобеля.

Чи знаєте Ви що...

Винайдення велосипеда

Наприкінці XVIII ст. француз Сіврак побудував апарат, що називався “велосіфер” (з франц. “швидко несучий”). Згодом це слово видозмінено на велосипед (“швидка нога”) або ровер. До горизонтального бруса за допомогою поперечин винахідник прикріпив два колеса.

Мешканець Бадена Дрез де Соеброн 1818 року зробив переднє колесо таким, що воно могло повертатись направо і наліво. Модернізований ровер називали дрез’єни, від ім’я винахідника.

Син паризького слюсаря Ернест Мішо 1856 року придумав педалі, які приводили в рух переднє колесо. А вже 1867 року на Міжнародній виставці в Парижі було виставлено декілька конструкцій ровера.

Нині існує безліч конструкцій велосипеда, які випускає промисловість в усьому світі. Він став невід’ємною частиною людського життя та популярним екологічним видом транспорту.



Випадкові відкриття ще називають серендіпними. Слово серендіпність (від англ. *serendipity*) означає “властивість знаходити цінні або приємні речі, який не шукаєш”. Відома така казка про трьох принців Серендіпів, які мандруючи світом, знаходили випадково чи завдяки своїм здібностям те, чого не шукали.

Відомо багато фактів, що нерідко дослідники у різних галузях наукових досліджень робили випадкові відкриття.

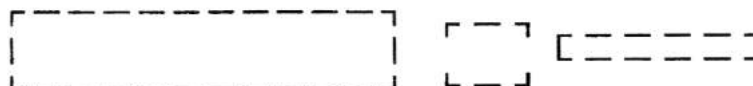
Архімед, випадково побачивши, як переливається вода через краї ванни, відкрив відомий гідростатичний закон, який носить його ім'я – закон Архімеда.

Г. Галілей сформулював основні закони динаміки коливного руху, спостерігаючи коливання люстри в Пізанському соборі.

Ганс Ерстед під час лекції в Копенгазькому університеті хотів продемонструвати студентам нагрівання провідника, по якому протікає струм. Поруч з провідником випадково лежав компас. Один із студентів зауважив, що в той час, коли крізь провідник протікав струм, стрілка компаса трохи поверталась. Так несподівано було відкрито дію електричного струму на магнет, що привело до встановлення взаємозв'язку електричних і магнетних явищ.

Можна згадати відомого німецького фізика *Конрада Рентгена*, який випадково відкрив X-промені. Виходячи зі своєї лабораторії у Мюнхені, він вимкнув світло й раптом побачив світіння лампи.

Чеський фізик, професор Іво Краус написав книжку про цього вченого і назвав її “Вільгельм Конрад Рентген. Нашадок щасливої випадковості”. У передмові до книжки українського перекладу він написав: “У грудні 2001 року минуло сто років від присудження першої Нобелівської премії. І це лише збіг обставин, що першим лавреатом був не Іван Пулюй, а Вільгельм Конрад Рентген. Немає сенсу гадати, якою несправедливою може бути випадковість. Це суто людські проблеми. “Науці абсолютно байдуже, кому було приписане відкриття її таємниць”, – сказав славетний Майкл Фарадей.





ПЕРСПЕКТИВИ ТА ДЕЯКІ ТРУДНОЩІ НАЙБІЛЬШИХ РАДІОТЕЛЕСКОПІВ

Принцип дії радіотелескопів

У Мексиці на горі Сьєрра-Негра, на висоті 4 600 метрів, завершують будівництво п'ятдесятиметрової антени для роботи в діапазоні міліметрових хвиль. Можливо, це остання велика одиночна антена, яку будують у світі.

Радіохвилі, що випускають об'єкти, за якими ведуть спостереження, поширюються в просторі, породжуючи періодичні зміни електричного та магнетного поля. Параболічна антена збирає ці радіохвилі в одній точці (фокусі). Якщо крізь одну точку проходить кілька електромагнетних хвиль, вони інтерферують, тобто їхні поля додаються.

Якщо хвилі приходять у фазі – вони підсилюють один одного; якщо в протифазі – послаблюють, аж до повного нуля. Особливість параболічного дзеркала якраз у тому, що від одного джерела приходять у фокус в одній фазі й підсилюють максимально. На цьому ґрунтується функціонування всіх дзеркальних телескопів.

У фокусі виникає яскрава пляма. Туди ж розташовують приймач, який вимірює сумарну інтенсивність випромінювання.

На відміну від оптичної астрономії, радіотелескоп не може зробити фотографію ділянки неба. У кожен момент він фіксує випромінювання, що приходить тільки з одного напрямку.

Повноповоротні параболічні антени, як оптичні телескопи-рефлектори, дуже гнучкі в роботі з великою кількістю радіоастрономічних антен. Їх можна направляти в будь-яку

точку неба, стежити за ним, а відтак підвищувати чутливість телескопа, його здатність виділяти на тлі всіляких шумів набагато слабші сигнали космічних джерел.

Перший великий повноповоротний параболоїд діаметром 76 м побудований ще 1957 року в обсерваторії Великої Британії Джодрелл-Бенк. А нині тарілка найбільшої в світі рухомої антени в обсерваторії Грін-Бенк (США) має розміри 100 на 110 м. І це майже межа для одиночних рухливих радіотелескопів.

Збільшення діаметра має важливі властивості. По-перше, найважливіше для нас – пропорційно діаметру зростає кутовий сегмент. По-друге, зростає чутливість, до того ж набагато швидше, пропорційно до площі дзеркала, тобто квадрату діаметра.

Головні труднощі пов'язані з деформаціями дзеркала під дією сили тяжіння. Щоб дзеркало телескопа чітко фокусувало радіохвилі, відхилення поверхні від ідеальної параболічної не мають перевищувати однієї десятої від довжини хвилі. Така точність легко досягається для хвиль довжиною кілька метрів або дециметрів. Але на коротких сантиметрових і міліметрових хвилях потрібна точність становить уже десяті частки міліметра. Через деформацій конструкції під власною вагою і вітрових навантажень майже неможливо створити повноповоротний параболічний телескоп діаметром більше 150 м.

Найбільшу нерухому тарілку діаметром 305 м побудовано в обсерваторії Аресібо, Пуерто-Ріко.



Майбутнє радіотелескопів Аресібо (Arecibo Observatory)

Аресібо (Arecibo Observatory) – астрономічна обсерваторія, що споруджена в кратері вулкану за 15 км від міста Аресібо (Пуерто-Ріко), і 497 м над рівнем моря. Наукові дослідження там проводить Корнельський університет разом із Національним науковим фондом США (National Science Foundation).

Радіотелескоп один із найбільших у світі. На ньому проводять дослідження в галузі радіоастрономії, фізики атмосфери і радіолокаційних спостережень об'єктів Сонячної системи. Рефлектор телескопа покритий 38778 перфорованими алюмінієвими пластинами (1x2 м).

Будівництво радіотелескопа розпочали ще у 1960 році. Офіційне відкриття обсерваторії Аресібо відбулося за три роки – 1 листопада 1963 року.

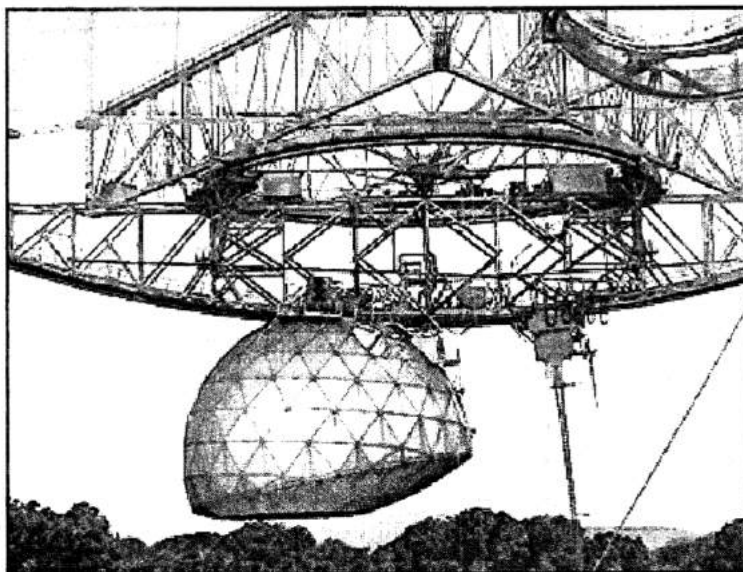
Завдяки досліджень, що були проведені за допомогою цього телескопа, було зроблено чимало відкриттів, серед них зокрема відомі американські фізики Рассел Галс (Russell A.

Hulse) і Джозеф Тейлор (Joseph H. Taylor) 1974 року виявили перший потрійний пульсар PSR B1913+16. А 1993 року науковці були нагороджені Нобелівською премією з фізики за “відкриття нового типу пульсарів і нових можливостей вивчення гравітації”.

У 2008 році обсерваторію в Аресібо внесено до Національного реєстру історичних місць США.

Майбутнє знакової обсерваторії Аресібо перебуває під загрозою після відставки директора Національного наукового фонду Роберта Керра (Robert Kerr).

Для ефективного функціонування обсерваторії не вистачає коштів, керівництво намагалося знайти альтернативні джерела. Частина коштів обсерваторія одержує від НАСА, щоб підтримати дослідження за астероїдами, які можуть поставити під загрозу існування Землі. Частина від інших дослідницьких установ, які орендують час для своїх досліджень в обсерваторії. Однак існує побоювання, аби інші установи не поглинули обсерваторію в Аресібо, попри те, що там було



Аресібо обсерваторія



Телескоп ТМТ

зроблено багато важливих відкриттів. Після отримання Нобелівської премії фізиками Рассел Галс і Джозеф Тейлор, за дослідження, проведеними в цій обсерваторії, вдалося залучити значні кошти, фінансовий стан значно поліпшився, однак фінансовий тиск продовжується. Яке майбутнє чекає астрономічну обсерваторію Аресібо невідомо.

Телескоп (ТМТ)

На Гавайських островах планують побудувати астрономічну обсерваторію з тридцятиметровим сегментним дзеркалом – тридцятиметровий телескоп (Thirty Meter Telescope).

Дзеркало складатиметься з 492 шестикутних сегментів по 1,4 м площею 664 м², що дасть змогу збирати в 9 разів більше світла, ніж найбільших з існуючих наземних телескопів. Порівняно з телескопом Хаббла, зображення, яке отримуватимуть з нового телескопа, будуть майже в 10–12 разів чіткіші. Будівництво планують завершити 2022 року. Це буде перший найбільший телескоп нового покоління.

12 квітня 2013 року Гавайська рада із земельних і природних ресурсів схвалила будівництво телескопа. Безпосередньо до будівництва телескопа мали приступити у 2014 році. Вартість будівництва телескопа становитиме майже 1 мільярд доларів. Фінансування проекту здійснюватимуть університети США, Канади, Китаю, Індії та Японії. У 2015 році до них долучилася Канада.

Губернатор штату Гаваїї 2015 року офіційно дав дозвіл на будівництво нульового циклу телескопа.

Телескоп буде розташований на висоті 4050 метрів над рівнем моря, на вершині гори Мауна Кеа, недалеко від знаменитої обсерваторії Кека.

Будівництво тридцятиметрового телескопа було затримано на декілька місяців після протестів корінних мешканців Гавайських островів. Усі дозволи на будівництво уже було отримано, однак губернатор Гавайських островів піддав критиці Гавайський університет за неефективне використання землі на Мауна Кеа. Ще з 1968 року Гавайський університет орендував понад 44,5 км² землі на



SKA (Square Kilometre Array)

Мауна Кеа з Гавайського департаменту земельних і природних ресурсів для наукових досліджень.

На вершині Мауна Кеа планують розташувати 13 телескопів, тобто ТМТ буде найбільшим і найпотужнішим інструментом, який планують запуснути 2023 року.

Будівництво телескопа було зупинено на початку квітня, як уже ми згадували, після протестів з боку корінних мешканців Гавайських островів. Вони вважають, що будівництво телескопа на Мауна Кеа є оскверненням їхнього духовного та культурного життя. За останні вісім тижнів, губернатор переважно мовчав щодо протестів, але попросив, щоб Гавайський університет повернув усі землі, а також почав виведення з експлуатації одного телескопа вже цього року, щоб згодом повністю демонтувати решта.

Від такого рішення найбільше постраждає Каліфорнійський технологічний інститут субміліметровий обсерваторії, який, починаючи з 2016 року, має розпочати демонтаж телескопа.

Губернатор вважає, що саме Університет Гавайських островів має визначити, які телескопи мають бути демонтовані. Водночас він вважає, що і наука, і культура мають співіснувати, і треба шукати баланс між ними.

Отже, організатори проекту ТМТ вдячні владі штату Гавайї за підтримку продовжити будівництво телескопа.

SKA (Square Kilometre Array)

SKA (Square Kilometre Array) – міжнародний проект зі створення найбільшого в світі радіоінтерферометра. Назва проекту відображає мету створити радіотелескоп із загальною площею антен майже один квадратний кілометр. Відтоді проект телескопа удосконалюють.

Радіоінтерферометр SKA працюватиме як адаптивна антенна ґратка в широкому діапазоні частот, його розміри дадуть змогу досягти в 50 разів більшу чутливість, ніж у будь-якого іншого існуючого радіотелескопа.



Науковці сподіваються, що SKA зможе досліджувати Всесвіт у понад десятки тисяч разів швидше, ніж вдавалося коли-небудь раніше. Його приймальні антени, що будуть рознесені на відстані понад 3000 км від центру, дадуть змогу отримувати зображення високого розділення. Це дасть змогу одержувати відповіді на запитання про Всесвіт після Великого Вибуху. SKA, ймовірно зробить свій внесок у пошук гравітаційних хвиль, які передбачено Загальною теорією відносності.

Будівництво SKA планують розпочати 2016 року, а перші спостереження – 2019 року. Закінчити будівництво хочуть до 2024 року, передбачений бюджет проекту становить 1,5 мільярдів євро.

Весною 2012 року прийнято рішення розмістити антени SKA і в Австралії, і ПАР. Невелику частину масиву SKA також буде розміщено в Новій Зеландії, де найкраще досліджувати, а рівень радіоперешкод менший.

У травні 2015 року прийнято рішення консультативної ради проекту розмістити штаб-квартиру SKA при Астрофізичному центрі Джодрел Бенк (Jodrell Bank Centre for Astrophysics) у Великій Британії недалеко від Манчестера.

Було проведено конкурс, щоб вибрати місце для штаб-квартири. Претендентами були

Італія та Велика Британія. Італійці пропонували розташувати штаб-квартиру в відреставрованому замку XIV сторіччя в Падуї.

До проекту SKA залучено 20 країн світу. Низка країн-членів SKA – Австралія, Канада, Китай, Німеччина, Індія, Італія, Нова Зеландія, Південна Африка, Швеція, Нідерланди і Велика Британія, розглянули дві пропозиції Великої Британії та Італії. Однак, оголосити переможця не вдалось.

Велика Британія запропонувала кращу фінансову підтримку проекту. Вона зобов'язалася виділити для першого етапу будівництва SKA майже 270 мільйонів євро, яке планують розпочати 2018 року.

Президент Королівського астрономічного товариства Великої Британії Мартін Барстоу (Martin Barstow) сказав, що він задоволений рішенням голосування і що дослідники SKA зможуть скористатися багатим досвідом Великої Британії в радіоастрономії.

Президент Національного інституту Італії астрофізики і координатор італійської заявки Джованні Бігнов (Giovanni Biggini) був дуже розчарований результатом голосування.

Достеменно можна сказати, що попри труднощі на дорозі побудови радіотелескопів, вони будуть збудовані, й дослідники за їхньою допомогою зроблять ще чимало визначних наукових відкриттів.

*Дивно не те, що Всесвіт безмежний,
а те, що люди здатні розкрити його таємниці*

Б. Паскаль



Міжнародний рік світла та світлової технології (IYL 2015) закінчився. Упродовж 2015 року відбулися тисячі подій, в яких популяризували науку та застосування світла в понад 100 країнах світу.

Президент Європейського фізичного товариства (EPS) Джон Дадлі зазначив, що цього року відбулася безпрецедентна співпраця між партнерами, які раніше традиційно не працювали разом.

Велику кількість міжнародних і національних заходів були проведені, щоб показати застосування світла в усіх сферах людського життя – від археології та комунікації, медицини та мистецтва. Сьогодні немає сфери людської діяльності, де б не використовували світло. Актуальним нині залишається економія створеної електроенергії та ефективне застосування сонячної енергії.

2016 рік – рік Аристотеля

За пропозицією Грецької національної комісії на 38-ій сесії Генеральної конференції ЮНЕСКО, що відбулася у Парижі, 2016 рік оголошено ювілейним роком Аристотеля, давньогрецького вченого та філософа.

Підставою для цього слугувало те, що у травні 2016 року наукова громадськість планує провести заходи з нагоди 2400-річчя від дня народження Аристотеля.

Найкращі дослідники спадщини Аристотеля презентуватимуть документи про праці великого давнього філософа та ученого в Університеті в Солоніках, який носить його ім'я, а також у давній Стагирі, де він народився та давньому Мієзі, де навчався Олександр Македонський.

Всесвітня конференція проходитиме під назвою “Аристотель – 2400 років”.

Аристотель народився у 384 році до Р. Х. у місті Стагира (Греція). Він навчався в академії Платона в Афінах, був вихователем сина царя Македонії Філіппа II – Александра III. У 335 до Р. Х. повернувся до Афін, де заснував філософську школу.



Аристотель
(384–322 до Р. Х.)

Невіглас дивується, що речі такі, які вони є, і таке здивування є початком знання. Мудрець, навпаки, здивувався б, якби речі були іншими, а не такими, якими він їх знає.

Аристотель



Батько Аристотеля був лікарем при дворі македонського царя Амінти III. Він походив із родини лікарів, в якій фах лікаря передавали з покоління в покоління. Батько був першим наставником сина.

У п'ятнадцятирічному віці Аристотель залишився без батьків. Його опікуном став Проксен, родич батька, який також мешкав у Стагирі. Він всіляко підтримував стремління хлопця до пізнання. За значні кошти, що йому залишилися від батька, Аристотель купував книжки, які на той час були дуже дорогі, а також вивчав батькові праці, в яких той докладно описав свої спостереження за живою та неживою природою. Він вивчав рослини і тварини, намагаючись узагальнити результати цих досліджень, які згодом опублікував в окремій праці "Про виникнення тварин".

Значний вплив на юного Аристотеля зробив македонський царський двір, де він провів дитинство. Там він познайомився з царем Філіппом II, у майбутньому батьком великого полководця Александра III Македонського. Юнацькі роки Аристотеля припали на період початку розквіту Македонії. Хоча Аристотель здобув грецьку освіту і був носієм грецької мови, симпатизував демократичному способу правління, водночас він залишався підданим македонського правителя. Ця суперечність зіграла вагомий роль у його філософській, науковій та навіть особистій долі.

Аристотель жив і працював у той час, коли культура вільних грецьких міст-держав досягла найвищого розквіту і почала поширюватись разом із завойовницькими війнами Олександра Македонського далеко за межі Балканського півострова. Культура Еллади проникла в Єгипет, Персію, Межиріччя Тигру і Євфрату, Середню Азію та Індію.

Аристотель підсумував досягнення учених і філософів античної Греції, узагальнюючи їхні праці. Він був одним із найвизначніших енциклопедистів, відомих людству. Учений заклав підґрунтя біології, фізики, етики, логіки, психології, соціології.

У фізичних трактатах "Фізика", "Про походження і знищення", "Про небо", "Про метеорологічні питання", "Механіка" та інших він описав свої уявлення про природу і рух, що підсумовують розвиток античної науки впродовж 15 століть. Фізика в нього в своїй основі умоглядна. Первинними якостями матерії він вважав дві пари протилежностей "тепле – холодне" і "сухе – вологе", основними елементами, чи стихіями, – землю, повітря, воду і вогонь (своєрідна "система елементів"), що є різними комбінаціями первинних якостей. За поєднання холодного з сухим відповідає земля, холодного з вологим – вода, теплого із сухим – вогонь, теплого з вологим – повітря. П'ятим, найдовершенішим елементом Аристотель вважав ефір.

Дослідження Аристотеля охоплюють також механіку, акустику та оптику.

Заслуга Аристотеля в натурфілософії в тому, що він систематизував і узагальнив уявлення про природу, які склалися в межах тодішнього давнього суспільства. Водночас деякі висновки Аристотеля були помилкові. Одним із таких висновків було положення про те, що рухається тільки рухоме – він не зумів збагнути принцип інерції.

Найвідоміші його праці "Фізика", "Метафізика", "Політика", "Поетика" та інші.

*Хто рухається вперед у науках,
а відстає в моралі,
той більше рухається назад,
ніж до переду.*

Аристотель



ВЕЛИКИЙ ФАЛЬСИФІКАТОР ХХ СТОРІЧЧЯ.

ПІДРОБКА ЧИ ОРИГІНАЛ

Його називають одним з найвправніших фальсифікаторів в історії мистецтва.

Ганс фон Местерен (Henricus Antonius van Meegeren) народився 1889 року, у провінційному містечку Девентер (Нідерланди) в небагатій багатодітній родині. Він змалку захоплювався живописом. Хлопець навчався на спеціальності архітектора у Технічному коледжі Делфта, паралельно навчався у Школі вишуканих мистецтв.

Прагнучи досягнути досконалості, Ганс вступив до Академії вишуканих мистецтв у Гаазі, й 1914 року здобув наукову ступінь. А вже 1916 року відбулася перша виставка його робіт. Крім написання своїх робіт, художник захопився реставрацією старих полотен. Це приносило йому чималі доходи.

Він зацікавився роботами художника Йоганна Вермеєра (Johannes Vermeer, 1632–1675), творчість якого недостатньо була вивчена. До того ж, фон Местерен не лише підробляв картини художника, а й створював нові.

Наприкінці Другої світової війни нідерландська влада арештувала художника Ганса фон Местерена за зраду. Його звинуватили у продажі одному з провідних представників нацистського режиму – Германові Герінгові шедевра “Христос та його учні в Еммаусі” кисті нідерландського майстра Йоганна Вермеєра (1632–1675). Местерен знайшов те полотно 1937 року – через 300 років, упродовж яких його вважали пропалим. Коли знахідку віднайшли, експерти стверджували, що полотно “Христос та його учні в Еммаусі” ймовірно є найвидатнішим шедевром Местерена. Продаж

такого скарбу національної культурної спадщини Нідерландів ворогові визнали за небачену зраду.

Невдовзі по арешті фон Местерен несподівано зізнався, що це він, а не Вермейєр, намалював картину. Пояснив, що він старанно скопіював стиль майстра, використав оригінальне полотно, якому 300 років, і набір пігментів, якими зазвичай послуговувався Вермейєр. Далі скопіював підпис художника. Нагрівав полотно, аби отримати автентичний старий вигляд. Обвинувачений також зізнався, що сфальсифікував й інші твори старих майстрів. Йому ніхто не хотів вірити. Він мусив перед судом довести, що це він малював всі ці картини.

Щоб продемонструвати, що він здатний підробити твори старих майстрів, фон Местерен у присутності численних свідків це продемонстрував. Це переконало суддів, що ця й інші зображення, які вважали за твори сімнадцятого сторіччя, могли вийти з-під його пензля.

З’ясувалося, що до фарб художник додавав речовини, які були винайдені лише у двадцятому сторіччі.

Підозру викликав також так званий кракелюр, тобто сітка тріщин, яка виникає у природній спосіб на старих картинах.

Фальсифікатор згортав готове полотно у рулон та нагрівав у печі, щоб фарба потріскала. Тріщинки, які виникли, фарбував чорнилом, яке мало імітувати бруд, накопичений упродовж тривалого часу в кракелюрі. Таке штучне старіння зображення і виявили експерти.



Врешті решт знайшли докази того, що вони є лише імітацією.

За судовим процесом над художником спостерігали натовпи репортерів. Він став знаменитістю, та навіть потрапив на обкладинку журналу "Life".

Ганс фон Меєгерен у листопаді 1947 року написав до королеви прохання про помилування, та невдовзі, 30 грудня того ж року він помер від сердечного приступу.

Згодом, уже після смерті художника, проводили аналіз інших картин, автором яких фон Меєгерен міг би бути. З'ясували серед іншого підтвердження про спроби підробити фарби сімнадцятого сторіччя. Це відкрили завдяки тому, що свинець, який був компонентом білої фарби, та яку раніше використовували, походив із європейських шахт. У двадцятому столітті фальсифікатор міг отримати лише свинець, який добувають в Австралії або Америці. Сировина з різних часів містить різні домішки.

Аналіз складу фарб є одним з основних інструментів під час перевірки автентичності зображень, оскільки з плином часу технологія їхнього виготовлення дуже змінювалася. Перші картини ще на стінах печер виникли в результаті використання вохри (червоного барвника), який отримували із землі, що містить сполуки заліза. На давніх полотнах можна знайти темперу – фарбу на основі яєць з домішкою натуральних барвників, які отримували з мінералів, рослин і тварин. Наступними були олії – близькі за складом до темпер, але містила домішки олії.

Упродовж сторіччя удосконалювали способи виготовлення барвників із різними пігментами. Вохру замінив кармін (кошеніль) – яскраво червоний барвник, отриманий з пігментів тіла самиць червця.

На межі сімнадцятого та вісімнадцятого сторіччя з'явилися синтетичні фарби. Одним з

таких барвників є берлінська лазур. Її створили 1704 року, і вона почала витісняти природний ультрамарин – пігмент мінерального походження, який був дуже дорогий.

Під час аналізу творів мистецтва дослідники все частіше використовують різні види експозиції (опромінення) та рентгенівського просвітлення. Наприклад, завдяки ультрафіолетовому світлу можна краще оцінити вік шару лаку із соснової смоли, яким покривали готові зображення для блиску та захисту. Свіжий лак світиться під ультрафіолетовим світлом. Рентгенівські промені просвітлюють картину, як людське тіло. Це дає змогу визначити, наприклад, чи на полотні немає якогось іншого зображення, намальованого раніше.

Художник фон Меєгерен, створюючи свої власні підробки, малював на оригінальних картинах сімнадцятого сторіччя. Лише так він міг знайти відповідно старе полотно.

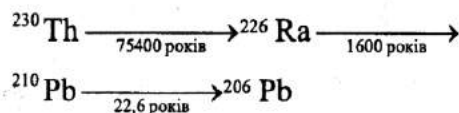
Чи фон Меєгерен казав неправду, аби уникнути вироку за зраду, та зізнався у менш важкому злочині, яким була фальсифікація? На думку істориків мистецтва полотно "Христос та його учні в Еммаусі" виглядало автентично як полотно Вермейєра, та коли 1947 року проходив процес над фон Меєгереном, ще не знали наукових методів, аби відповісти на такі запитання.

Лише 1968 року цю загадку зумів розв'язати Бернард Кайш (Bernard Keisch) з університету Карнегі-Мелон (англ. Carnegie Mellon University), який використав новітні методи радіаційного аналізу.

Зокрема, він провів аналіз взятої невеликої кількості білого барвника, взятого з полотна, який містив свинець. Цей барвник отримували зі свинцевої руди. Свинець, що міститься в ньому, виникає в результаті довгого ланцюжка радіоактивного розпаду, на початку якого є нестабільний ізотоп урану ^{238}U , а на кінці стабільний ізотоп свинцю ^{206}Pb .



Відповідно до ідеї Кайша, зосередьмося на фрагменті ланцюжка розпаду, в якому пропускають радіонукліди з часом напіврозпаду, порівняно коротшим за інші.



Вище проілюстровано довші та важливі періоди напіврозпаду нуклідів на відповідній ділянці ланцюга.

1. Покажемо, що в окремому зразку свинцевої руди кількість ізотопів ядер ${}^{210}\text{Pb}$ змінюється зі швидкістю:

$$\frac{dN_{210}}{dt} = \lambda_{226}N_{226} - \lambda_{210}N_{210},$$

де N_{210} і N_{226} – це кількість ядер ${}^{210}\text{Pb}$ і ${}^{226}\text{Ra}$ у зразку, а λ_{210} і λ_{226} є відповідними сталими розпаду.

Оскільки в ланцюгу розпад триває мільярди років, а час напіврозпаду ${}^{210}\text{Pb}$ є значно коротшим, ніж ${}^{226}\text{Ra}$, обидва ці нукліди перебувають у рівновазі. Це означає, що кількість їхніх ядер і їхніх концентрацій у зразку не змінюється.

2. Яким є відношення $\frac{R_{226}}{R_{210}}$ активності

обидвох нуклідів в окремому зразку свинцевої руди?

3. Яким є відношення кількості ядер обидвох нуклідів?

Коли пігмент виділили із руди, більшість ядер ${}^{226}\text{Ra}$ усунули з нього. Вважали, що в пігменті залишилося 1 % ${}^{226}\text{Ra}$. Яким тоді буде

відношення $\frac{R_{226}}{R_{210}}$ і $\frac{N_{226}}{N_{210}}$ у щойно отриманому пігменті?

Кайш розумів, що з плином часу відношення $\frac{R_{226}}{R_{210}}$ буде змінюватися від значення,

притаманного для свіжого барвника до значення, характерного для руди, оскільки відновлюється рівновага між нуклідом ${}^{210}\text{Pb}$ та рештою ${}^{226}\text{Ra}$.

Якби картину “Христос та його учні в Еммаусі” намалював справді Вермейер за триста років перед дослідженням 1968 року, то значення відношення активностей нуклідів мала б бути близькою до результату, отриманого в пункті 2. Якщо картину намалював у тридцятих роках ХХ сторіччя ван Меєгерен, то зразок барвника мав лише 30 років і відношення активностей мав дорівнювати результату в пункті 3.

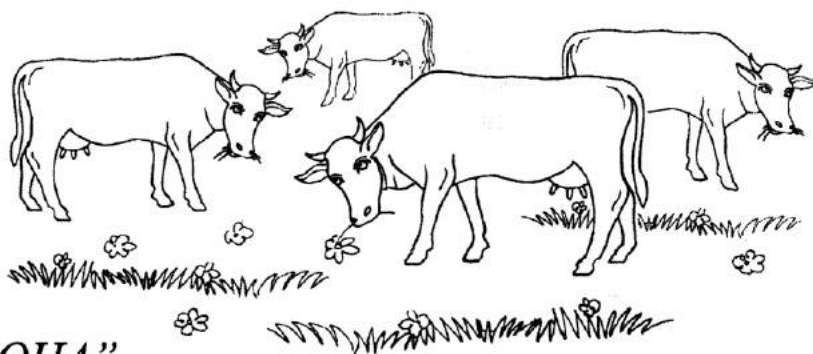
Кайш ствердив, що це відношення дорівнює 0,09.

4. Чи полотно “Христос та Його учні в Еммаусі” справді намалював Вермейер?

Сучасні методи аналізу складу фарб і полотен дають майже необмежені можливості. Спектроскопія дає змогу переглянути кожен шар ґрунтовки, фарби і лаку без будь-якої шкоди для зображення.

Отже, можна виявити будь-яку підробку зображення. Склад фарб може вказувати на вік картини, так сама як і будова тріщин на поверхні полотна. Фальсифікатори, однак, також можуть бути талановитими хеміками і найчастіше вони самі є художниками. Художній талант, добре знання стилю та оригінальної майстерні художника часто дають змогу представити підробки, як оригінали, які упродовж багатьох років не викликали сумнівів у істориків мистецтва.

Паславський Роман,
 Львівський технічний коледж
 при Національному університеті
 “Львівська політехніка”

**Відомі задачі****”КОРОВИ НЬЮТОНА”****Умова**

Н а поляну, де всюди трава росте однаково густо і швидко, виганяють стадо корів.

a корів випасають за b днів всю траву на c акрах¹ поляни і весь приріст трави на цих c акрах за ці b днів.

d корів випасають за e днів всю траву на f акрах і весь приріст трави на цих f акрах за ці e днів.

За скільки днів g корів випасуть всю траву на h акрах і весь приріст трави за ці дні на цих h акрах, якщо відомо, що всі корови щодня випасають однаково кількість трави?

Розв’язок

П означимо через i кількість днів, які ми шукаємо, через p – початкову кількість трави на кожному акрі, через q – денний приріст трави на кожному акрі.

Тоді кількість трави, яку випасає кожна корова за один день, можна виразити трьома способами:

$$\frac{pc + qcb}{ab} = \frac{pf + qfe}{de} = \frac{ph + qih}{gi}$$

Розділивши ці співвідношення на p , ми одержимо два рівняння з двома невідомими q/p і $1/i$, звідси можна визначити i .

¹Акр (англ. acre) – одиниця міри площі у Великій Британії, США й інших країнах, у межах “імперської системи мір” і “всталеної системи мір Сполучених Штатів”. 1 акр = 4 046.85642 м²

Адріан Михальчишин. Львів – шахова столиця України. – Львів: Євросвіт, 2016. – 304 с.: іл.



Знаменитий Дортмундський шаховий турнір має лозунг – Інтелігентна гра для інтелігентного міста.

Дуже подібна ситуація і в Україні, де місто Лева може заслужено пишатися своєю шаховою школою, конкурувати з якою можуть лише декілька міст у світі. На цю високу позицію склалися праця генерацій львівських шахістів від самого заснування Львівського шахового клубу 1893 року до сьогодні.

Тут вирости чемпіони світу та Європи в різних категоріях, і ці великі успіхи є заслужено гордістю львів'ян.

У книжці подано історію розвитку знаменитої Львівської шахової школи та описано інші українські шахові центри. Проілюстровано портрети сучасних зірок і роль шахів у розвитку сучасної загальнолюдської культури.

Для шанувальників історії українського спорту, аматорів шахів, широкого загалу.

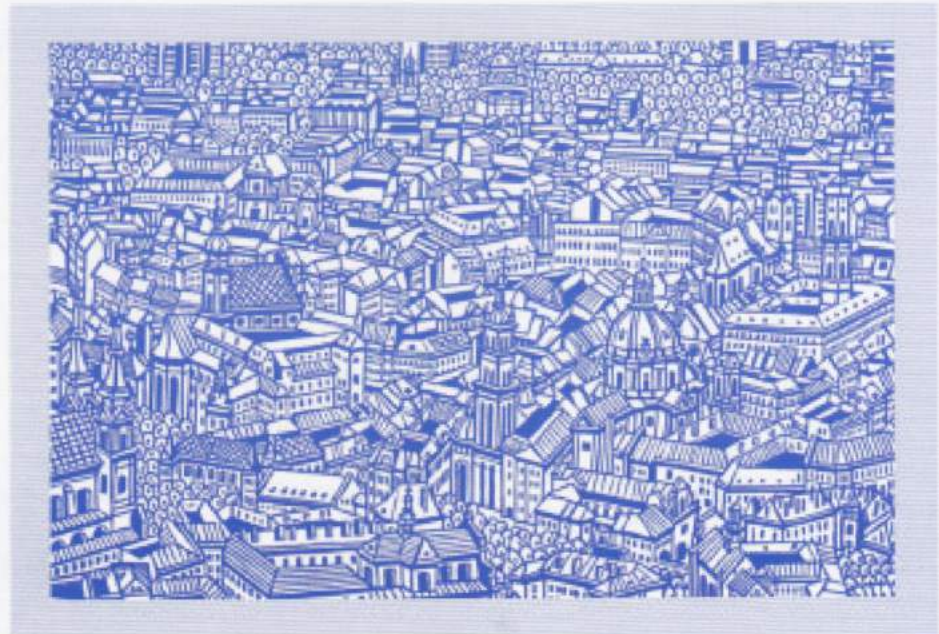
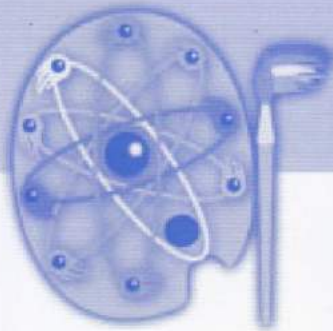
Серія книжок "Бібліотека "СВІТ ФІЗИКИ"

1. Олекса Біланюк. *Тахіони*. – Львів: Євросвіт, 2002. – 160 с.
2. Шопа Г., Бондарчук Я. *Творчість – його кредо*. – Львів: Євросвіт, 2003. – 92 с.
3. Іво Краус. *Вільгельм Конрад Рентген* (пер. з чеськ.). – Львів: Євросвіт, 2004. – 94 с.
4. Штол Іван. *Крістіан Доплер* (пер. з чеськ.). Львів: Євросвіт, 2004. – 72 с.
5. *Василь Міліянчук* / За ред. О. Попеля. – Львів: Євросвіт, 2005. – 20 с.
6. *Життя, віддане науці* / За ред. І. Николіна. – Львів: Євросвіт, 2005. – 106 с.
7. Манфред Ахіллес. *Різдвяні листи про знаменитих фізиків* (нім. мовою). – Львів: Євросвіт, 2007. – 56 с.
8. Мриглод І. та ін. *Микола Боголюбів та Україна*. – Львів: Євросвіт, 2009. – 192 с.
9. *Спектри кристалів. Збірник на пошану професора Ярослава Довгого* / Упорядник Галина Шопа. – Львів: Євросвіт, 2013. – 132 с.
10. Стадник В., Курляк В. *З когорти плугатарів* (з нагоди 80-річчя від дня народження Миколи Олексійовича Романюка). – Львів: Євросвіт, 2011. – 116 с.
11. В. Алексійчук, О. Гальчинський, Г. Шопа. *Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки*. – Львів: Євросвіт, 2004. – 184 с.
12. Б. Кременський. *Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки*. 3-тє вид. – Львів: Євросвіт, 2007. – 344 с.

ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Не забудьте передплатити науково-популярний журнал "Світ фізики", попередні числа видання можна замовити в редакції журналу за адресою:

вул. Саксаганського, 1,
м. Львів, 79005, а/с 6700;
Phworld@franko.lviv.ua



Богдан Сорока
(1940 – 2015)
Середмістя Львова

Богдан Михайлович Сорока – український художник-графік, перший завідувач кафедри промислової графіки Львівської академії мистецтв. Син діячів ОУН Михайла Сороки та Катерини Зарицької. Народився 2 вересня 1940 року у в'язниці Бригідки у Львові, де була ув'язнена його мати Катерина Зарицька.

Батько Михайло Сорока (1911–1971) – учасник українського руху опору, член ОУН, понад 30 років був в'язнем радянських таборів, організатором спротиву в'язнів «ОУН-Північ».

Богдана виховували дідусь і бабуся – Мирон Зарицький (1889–1961), видатний український математик, професор Львівського державного університету, з дружиною Володимирою, адже батьки довгі роки поневірялися Сибіром.

Богдан Сорока 1964 року закінчив Львівський державний інститут прикладного та декоративного мистецтва (ЛДІПДМ).

У 1964–1993 роках працював у Львівському художньому комбінаті живописцем-монументалістом.

Богдан Сорока 1993 року став доцентом ЛДІПДМ, а 1996 року – першим завідувачем кафедри промислової графіки, де працював до 2005 року.

Перші свої лінорити створив 1969 року як ілюстрації до збірки поезій Ігоря Калинця «Відчинення вертелу», що були видрукувані в Лондоні під назвою «Поезії з України». За це КГБ порушило кримінальну справу проти художника, десятиліттями забороняли виставляти його твори та згадувати його ім'я у пресі.

Та художник не полишав праці над графічними циклами: «Українська міфологія» (1970–1972), «Купальські забави» (1974), «Символи Григорія Сковороди» (1975), «Похід гномів» (1979–1984), «Подорож Узбекистаном» (1981–1982), «Архітектура Львова» (1990), «Символи та емблеми», «Дерев'яні церкви Галичини» (2000). Створив графічні ілюстрації до творів Лесі Українки, Романа Іваничука, Василя Стефаника, Тараса Шевченка, Івана Кошелівця.

Художник 1989 року отримав премію на міжнародному конкурсі екслібрису у Вільнюсі (Литва).

Від 2001 року працював в техніці кольорової лінографіки.

Бує одружений, мав дві доньки. Онук Грін Антон-Святослав зіграв одну з головних ролей у фільмі «Поводир».

До кола друзів входили Іван Світличний, В'ячеслав Чорновіл, Ігор Калинець, брати Горині Михайло, Богдан і Микола. Бує однокласником видатного актора Богдана Ступки.

Помер 9 квітня 2015 року.