

## До 200-річчя відкриття фраунгоферових ліній



**Й. Фраунгофер**

У цьому році виповнюється 200 років, як було відкрито фраунгоферові лінії, що стало одним із важливих фактів в історії оптичної спектроскопії. Фраунгоферові лінії – це лінії поглинання в спектрі Сон-

ця та зір. У 1803 р. У. Волластон заявив, що спектр Сонця не є неперервним рядом усіх кольорів – від червоного до фіолетового, а перетинається темними лініями, походження яких пояснити він не зміг.

Їх докладно дослідив Й. Фраунгофер. У своїх перших працях 1814–1815 рр. він виявив, що в спектрі полум'я є чітка жовта лінія в одному і тому ж самому місці. Сподіваючись побачити її в спектрі Сонця, він почав його вивчати. В результаті дослідження Й. Фраунгофер був вражений тим, що замість яскравих ліній побачив численну кількість темних ліній. Повторюючи спостереження, він знаходив темні лінії завжди в одному і тому самому місці. Нині вони є характерними для сонячного світла та відомі як фраунгоферові лінії.

Вчений відкрив, що світло сальної свічки містить у надлишку ті довжини хвиль, які відсутні чи сильно ослаблені в сонячному світлі, встановив, що темні лінії є характерною його особливістю.

У 1860 р. Г. Кіргоф і Р. Бунзен виявили, що завдяки фраунгоферовим лініям можна встановити речовинний склад атмосфери Сонця та зір. Це стало основою спектрального аналізу – простого засобу виявлення малих слідів певних хімічних елементів у земних тілах.

*Ол. Ю. Колтачихіна*

## 50-річчя відкриття реліктового випромінювання раннього Всесвіту

Навесні 1965 р. зроблено відкриття, революційне для фізики, астрофізики та космології. Було зареєстровано фонове теплове радіовипромінювання з температурою і довжиною хвилі 7 см – мікрохвильовий фон, або реліктове випромінювання (А. Пензіас, Р.В. Вільсон) (Нобелівська премія з фізики 1978 р.), що підтвердило теорії «гарячого Всесвіту» та «великого вибуху».

Однак автори відкриття спочатку не знали, що відкрили, для них реєстроване їхньою антеною випромінювання

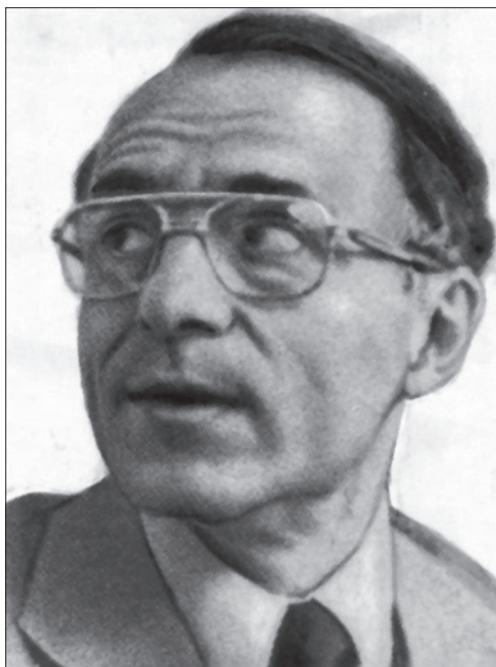
було якимось таємничим і незрозумілим «шумом», який потребував пояснення. Розуміння прийшло, коли вони ознайомилися з теоретичною роботою (препринтом) Ф. Піблса з Принстонської групи Дікке, в якій йшлося про те, що Всесвіт повинен бути заповнений випромінюванням з температурою принаймні 10К, яке зберіглося від його гарячої ранньої фази і нині може спостерігатися як мікрохвильовий фон (до речі, Р. Дікке, П. Ролл і Д. Уілкінсон мали на меті провести експеримент з його вимірювання).

«Незабаром після надання нам цього препринту Дікке та його співробітники відвідали нас з метою обговорити наші вимірювання і побачити наше обладнання, — згадував Р.В. Вільсон. — Вони невдовзі переконалися в точності наших вимірювань. Ми домовилися про паралельну публікацію двох листів в астрофізичному журналі: лист про теорію з Принстона і лист про наші вимірювання надлишкової температури антени з Белл-лабораторії. Арно (Пензіас — авт.) і я подбали, щоб виключити будь-які обговорення космологічної теорії походження фонового випромінювання з нашого листа, оскільки раніше ми цим не займалися... Нам було приємно, що таємничий шум, який з'явився в нашій антені, мав якесь пояснення, особливо, пов'язане з космологією».

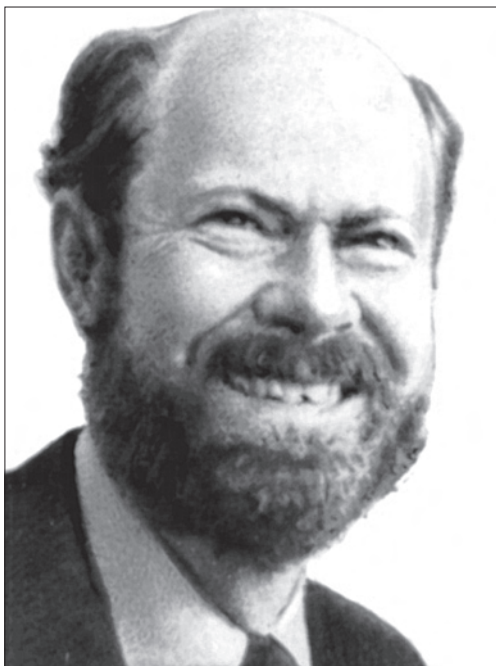
Так відбулася ідентифікація фіксованого А. Пензіасом і Р.В. Вільсоном випромінювання з реліктовим випромінюванням раннього Всесвіту. Останнє було передбачено ще в 1948 р. в рамках моделі «гарячого всесвіту» Дж. Гамова самим Дж. Гамовим та його учнями Р. Альфером і Р. Херманом.

«Розглядаючи поведінку розширювального Всесвіту на дуже ранніх стадіях його існування, — писав Дж. Гамов, — легко зробити висновок, що тоді теплове випромінювання відігравало більш важливу роль, ніж матеріальні частинки. Справді, масова густина випромінювання, згідно з законом Ейнштейна  $M = E/c^2$ , повинна бути значно більшою за об'єднану масу всіх матеріальних частинок. З цієї умови слідував простий закон для змін температури Всесвіту. При віці в 1 с Всесвіт повинен мати температуру в 25 млрд. градусів, і в міру того, як він ставав старше, його температура спадала як квадратний корінь з його віку... Екстраполюючи з ранніх днів Всесвіту дотепер, він мав охолонути приблизно до 5К».

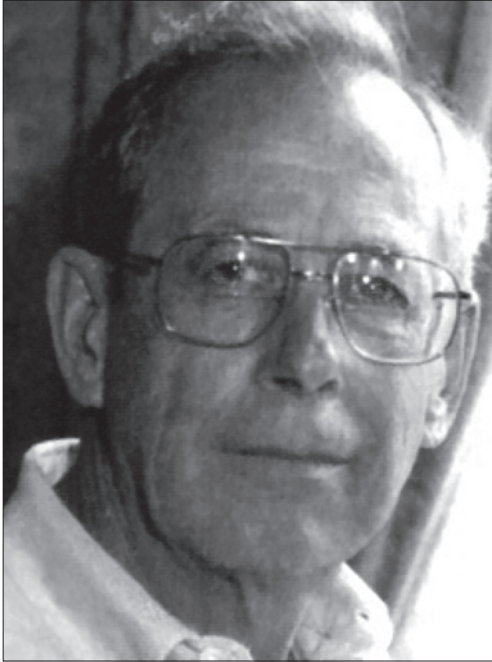
На жаль, відтоді його ніхто не шукав, більшість астрофізиків про нього навіть нічого не знали, а ті, хто знав, не надавали йому особливого значення. Приклад не поодинокий в історії фізики, хоч і повчальний.



**А. Пензіас**



**Р.В. Вільсон**



Ф. Піблс



Дж. Гамов

Неабияке значення мало виявлення в 1992 р. анізотропії реліктового випромінювання апаратурою супутника COBE (від Cosmic Background Explorer – дослідник космічного фону), запущеного на орбіту в 1989 р. (Дж. Смут, Дж. Мазер та ін.) (Нобелівська премія з фізики 2006 р.) Передбачили його в 1967 р. М.Ріс і Д. Шама. Значення проекту COBE в своїй Нобелівській лекції розкрив один з його активних учасників Дж. Смут.

«Відкриття анізотропії температури космічного реліктового випромінювання (РВ) спричинило переворот у наших уявленнях про Всесвіт... – зазначав він. – Побудова кутового спектра потужності флуктуацій температури РВ з плато, акустичними піками і загасаючим високочастотним кінцем привела до утвердження стандартної космологічної моделі, в якій геометрія простору плоска (відповідає критичній густині), темна енергія і темна матерія домінують і є тільки небагато звичайної речовини. Згідно з цією успішно підтверджуваною моделлю, спостережувана структура Всесвіту сформувалася завдяки гравітаційній нестійкості, яка підсилила квантові флуктуації, породжувані в дуже ранню інфляційну епоху».

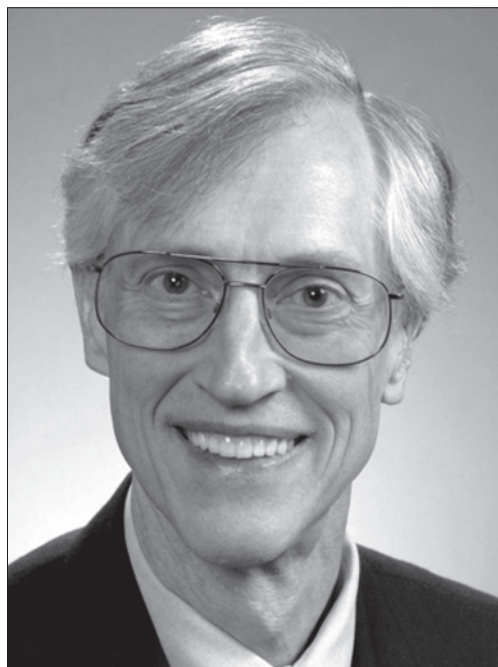
Спостереження, проведені за допомогою абсолютного спектрофотометра в далекому інфрачервоному діапазоні FIRAS, встановленому на COBE, надійно довели, що космічний мікрохвильовий фон насправді є реліктовим тепловим випромінюванням раннього Всесвіту, а спектр РВ відповідає спектру чорного тіла з температурою  $T=2,725\pm 0,001\text{ K}$ .

Виходячи з даних приладів COBE та їх аналізу, вчені створили такий образ раннього Всесвіту і процесів, що в ньому відбувалися. Він плоский і містить невидиму темну матерію з незначними домішками звичайної речовини, достатніми для виробництва первинних найлегших елементів. Вся складна великомасштабна структура речовини сформувалася з первинних адіабатичних флуктуацій, які, в свою чергу, виникли з квантово-механічних флуктуацій в ранньому Всесвіті в інфляційну епоху (частки секунди після початку розширення). Після епо-



**Дж. Смут**

хи рекомбінації електрони зв'язалися з протонами і ядрами гелію та утворили фотонно-баріонну плазму, в якій відбувалися звичайні акустичні коливання, поки Всесвіт не остигнув настільки, що в ньому утворилися нейтральні атоми, а баріони і фотони перестали взаємодіяти між собою. Фотони, які залишилися від початкової



**Дж. Мазер**

плазми, стали вільно поширюватися у Всесвіті після переходу космічної плазми в нейтральні атоми й започаткували присутнє скрізь космічне мікрохвильове випромінювання. Тому, вимірюючи його, ми практично отримуємо свого роду фотографію раннього Всесвіту.

*Ю.О. Храмов*

## 50 років ідеї вакуумного стану космосу

В 1965 р. Е.Б. Глінер висловив ідею, що на початку розширення Всесвіту, безпосередньо після «великого вибуху» близько 14 млрд. років тому, матерія в ньому перебувала у так званому вакуумному стані. Це означало, що простір і час існували у вигляді окремих квантів цього киплячого вакууму, для якого був властивий велетенський тиск, в результаті вакуумна матерія створювала гравітаційне відштовхування (антигравітацію).

Глінер Ераст Борисович – фізик-теоретик. Народився в 1923 в Києві. Учасник Великої Вітчизняної війни. Навчався у

Ленінградському університеті, був звинувачений в «антирадянській діяльності» і засуджений на 10 років ув'язнення. У 1954 р. звільнений, у 1955 р. реабілітований, також відновлений у Ленінградському університеті, який закінчив у 1963 р. Працював у Ленінградському фізико-технічному інституті, з 1980 – в Інституті теоретичних досліджень Сан-Франциско (США). Наукові дослідження теорії відносності, релятивістської астрофізики, космології.

Це спричинило величезні початкові швидкості цього розширення (роздуван-