

Застосування в телескопобудуванні досягнень техніки і технологій

Випромінювання: приймання та аналіз

Величини потоків випромінювання.

Інформацію про явища і процеси, що відбуваються у навколишньому Всесвіті, астрономи отримують шляхом реєстрації електромагнітного випромінювання, яке приходить від космічних об'єктів. Досі ми розглядали його як електромагнітні хвилі певної довжини (або частоти), але можна уявити його і як частинки, які називаються *фотонами*.

Від Сонця на кожний квадратний метр земної поверхні, перпендикулярної до сонячних променів, в середньому надходить енергія 1370 Вт/м^2 . Середня частота цього випромінювання $\nu = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$. Таким чином, середня енергія одного кванта становить $W = 4 \cdot 10^{19} \text{ Дж}$. За одну секунду на площу 1 м^2 від Сонця надходить $1370 / (4 \cdot 10^{19}) = 3,4 \cdot 10^{21}$ квантів електромагнітного випромінювання.

Як відомо, потік енергії через вибрану площу змінюється обернено пропорційно квадрату відстані до джерела. Відстані до найближчих зір у середньому майже у 300 000 разів перевищують відстань до Сонця. Якби Сонце знаходилося на такій відстані, ми б отримували від нього лише $4,1 \cdot 10^6$ квант/см² за секунду. Найвідоміша галактика Туманність Андромеди знаходиться від нас на відстані 2,3 млн/св.р., (1 світловий рік = 9460730472580,8 км). Нехай у ній знаходиться 200 млрд. таких сонць, як наше. Отже, від неї маємо потік квантів $3,1 \cdot 10^6$ квант/см² за секунду. Від такої ж галактики з відстані в 2 млрд/св.р. отримаємо лише 3 квант/см² за секунду, а з відстані в 10 млрд/св.р. — 1 квант/см² за 10 секунд.

Ось чому для вивчення явищ і процесів, що відбуваються в таких далеких об'єктах, потрібні потужні телескопи і надчутливі реєструючі пристрої. Ми вже знаємо, що освітленості від небесних світил оцінюють у зоряних величинах.

Зокрема, у телескоп з діаметром дзеркала 6 м можна бачити зорі до 22 ш. Світловий потік від таких зір у 2,5 млн. разів менший, ніж від найслабкішої зорі, яку ми ще бачимо неозброєним оком.

Приймачі випромінювання.

З 1880 р. в астрономії систематично використовують фотографію. У наш час понад 50% усіх астрономічних спостережень здійснюють саме шляхом фотографування небесних об'єктів. Фотографічна емульсія, на відміну від ока, здатна накопичувати кванти світла, на ній водночас утворюються зображення сотень і тисяч світил. Такі зображення певної ділянки неба чи об'єкта можуть зберігатися багато років. У наш час небо фотографують на кольорову емульсію, що дає змогу, зокрема, виявляти особливості структури газових туманностей тощо.

Але за межами земної атмосфери такий же телескоп здатний вловлювати сигнали від об'єктів, у 40 разів слабкіших (до 28га). З 40-х років ХХ ст. успішно використовують фотоелектронні помножувачі, в яких потік фотонів, що надходить від небесного світила, перетворюється в електричний струм.

Фотоелектронний помножувач (ФЕП) - це скляний прозорий балон, у якому створено вакуум і в який вмонтовані фотокатод, емітери або діоди - загальною кількістю до двох десятків - і анод. Усі вони мають виводи, на які подаються все зростаючі електричні потенціали. Електрон, вирваний внаслідок фотоэффекту з фотокатода, прискорюється в електричному полі, вдарається об поверхню першого

емітера і вибиває з нього декілька електронів, які, у свою чергу, рухаються в напрямку другого емітера, вдаряються об нього і вибивають ще більше електронів і т.д.



Фотоелектронний помножувач (ФЕП)

У підсумку кількість електронів, що потрапляють на анод, буде у 10^6 - 10^9 разів більшою від початкової кількості, вирваної з катода.

З початку 70-х років в астрономії застосовують приймачі, дія яких ґрунтується на притаманному всім напівпровідникам явищі внутрішнього фотоефекту. Для зниження шумів прилад охолоджують до температури рідкого азоту (77 К). Одним із варіантів таких фотоприймачів є прилади із зарядовим зв'язком (ПЗЗ, англ. мовна абревіатура ССБ). Тут електрони, що вивільнилися при поглинанні речовиною фотонів, зберігаються в окремих елементах кремнієвої кристалічної пластинки - в пікселях, а зчитувальний пристрій підраховує і реєструє величину нагромадженого реального заряду.

Завдяки застосуванню ПЗЗ гранична зоряна величина, яку, зокрема, можна зареєструвати на 5-метровому рефlectorі, зростає з 25^м до 28^м, тобто стало можливим реєструвати потоки в 16 разів слабкіші, ніж раніше. Щоб досягти такого прогресу зі старими (фотографічними) приймачами, довелося б побудувати оптичний телескоп з діаметром дзеркала 31 м.

Допоміжні прилади. Саме по собі зображення об'єкта, отримане у фокусі телескопа, особливо якщо це далека зоря, не несе важливої інформації, яка б розкривала його природу. Для того щоб отримати цю інформацію, астрономи використовують найрізноманітніші допоміжні прилади. Найвідомішими серед них є спектрографи. Вивчаючи спектри космічних тіл, можна дізнатися про хімічний склад, температуру, наявність і величини електричних та магнітних полів цих об'єктів, швидкість їхнього руху в просторі тощо.



Спектрограф HARPS

Дуже часто спостереження проводять із застосуванням світлофільтрів, за допомогою яких виділяють випромінювання об'єктів в окремих діапазонах спектра.

Сконструйовано електронно-оптичні перетворювачі (ЕОП), завдяки яким інфрачервоне зображення трансформується у видиме. Найпростіший ЕОП нагадує однокаскадний фотопомножувач, у якому анод виготовлено у вигляді циліндричної трубки, що виконує функції фокусуючої системи. Фотоелектрони вільно проходять крізь неї і, потрапляючи на екран, покритий люмінофором (сульфідом цинку чи кадмію), різко гальмуються. При цьому екран починає світитися (флуоресціювати). В такий спосіб електронне зображення перетворюється у світлове, яке потім фотографують.



Пристрій з зарядовим зв'язком

З 1950-х років в астрономії використовують телевізійний метод спостережень слабких об'єктів, що дає великий вигреш у часі. Цей метод дозволяє значно посилювати слабкі за яскравістю об'єкти, передавати їхні зображення від телескопа в лабораторне приміщення, збільшувати масштаб зображення, його контрастність і яскравість, розглядати це зображення або фотографувати його.

Завдяки телевізійному методу з'явилася спекл-інтерферометрія -метод отримання моментального зображення об'єкта (за декілька сотих часток секунди), діаметр якого близький до дифракційного. Тим самим усувається ефект розсіювання світлових променів на неоднорідностях земної атмосфери, а тому можна не лише виявляти подвійність окремих астрономічних об'єктів, а й оцінювати головні параметри таких систем.

Найрізноманітніші допоміжні пристрої та методи реєстрації енергії розроблено для позаоптичних діапазонів спектра. Опишемо коротко принцип роботи нейтринного телескопа, тобто детектора нейтрино, які приходять до Землі від Сонця та інших зір.



Нейтринний телескоп

У 1967 р. в США на глибині 1 490 м було змонтовано установку (горизонтальний циліндричний бак довжиною близько 14 м і діаметром 6 м), що містить 400 000 л (615 т) C_2C_{14} . Після кожних 100 днів роботи через нього пропускають 20 000 л газоподібного гелію, який захоплює з собою ізомери $37Ar$.

Далі у вугільних фільтрах атоми аргону поглинаються, їхній розпад і реєструється лічильниками.

Інші нейтринні детектори змонтовано, зокрема, у шахтах з видобування золота на глибині 3 км у Південно-Африканській Республіці та на глибині 2 км у Південній Індії. Нейтринну обсерваторію збудовано у надрах гори Андирчі неподалік від Ельбруса в Кабардино-Балкарії.

Слід також відзначити найбільші японські нейтринні детектори, встановлені за 200 км від Токіо: «Каміоканде» та «Суперкаміоканде» з чутливістю, у 100 разів вищою від попереднього. Останній можна по праву назвати нейтринним телескопом, адже з його допомогою одержано перше нейтринне зображення Сонця.



Найбільший японський нейтринний детектор

Корисні посилання:

1. [Астрономія: підруч. для 11 класу \(рівень стандарту\) В.Д. Сиротюк, Ю.Б. Мирошніченко](#)