

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

М. І. РЯБОВ, Б. О. МУРНІКОВ, Т. І. КАБАНОВА

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ З РАДІОАСТРОНОМІЇ

Одеса
ОНУ
2017

УДК 520.27-14:001.4(038)
Р 982

Рекомендовано до друку Науково-методичною радою
Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.
Протокол № 2 від 23 листопада 2016 р.

Рецензенти:

О. О. Станіславський – доктор фіз.-мат. наук, провідний науковий співробітник Радіоастрономічного інституту НАН України;

А. П. Мирошніченко – кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник Радіоастрономічного інституту НАН України;

І. Л. Андронов – доктор фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри математики, фізики та астрономії Одеського національного морського університету.

Рябов М. І.

Р 982 Словник термінів з радіоастрономії : словник для студентів фізичного факультету спеціальності «фізика та астрономія» / М. І. Рябов, Б. О. Мурніков, Т. І. Кабанова. – Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2017. – 138 с.

ISBN 978-617-689-206-9

Наукові дані, отримані за останнє століття, настільки розширили і збагатили уявлення про Всесвіт, що зараз у жодній галузі астрофізики – від фізики Сонця і планет до позагалактичної астрономії – не можна обійтися без радіоастрономічних спостережень. З іншого боку, ці спостереження спираються на досягнення радіофізики та потужну технічну базу, і тим самим стимулюють розвиток науки і техніки.

Книга буде корисною не тільки для студентів, котрі вивчають цю дисципліну, а й спеціалістам і студентам суміжних галузей, а також всім, хто цікавиться Всесвітом і методами, що його вивчають.

УДК 520.27-14:001.4(038)

ISBN 978-617-689-206-9

© ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2017
© Рябов М. І., Мурніков Б. О.,
Кабанова Т. І., 2017

ПЕРЕДМОВА

Історія астрономії налічує багато століть. Майже весь час астрономічні спостереження обмежувались оптичним діапазоном електромагнітного випромінювання (довжина хвиль 0,4 – 0,7 мкм). Якщо не враховувати окремі спроби спостережень в інфрачервоному діапазоні, тільки в 30-і роки ХХ століття астрономія вийшла за межі оптичного діапазону. Це були дослідження Карла Янського та Гроута Ребера, котрі започаткували радіоастрономію. Янський, вивчаючи радіоперешкоди на довжині хвилі 14 метрів, виявив позаземне джерело радіошуму, котре ототожнив із Молочним Шляхом і, дослідивши докладніше, дійшов висновку, що максимальна інтенсивність спостерігалась від центра Галактики. Ребер продовжив дослідження космічного радіовипромінювання на власноручно побудованому радіотелескопі на довжині хвилі 1,8 м і у 1942 році склав першу радіокарту неба.

У наступні десятиліття астрономія стала всехвильовою – від найкоротших хвиль гамма-випромінювання (10^{-5} Å) до найдовших (десятки метрів) радіохвиль. Що стосується радіоастрономії, то, почавши з перших пристроїв Янського і Ребера, вона досягла вражаючих успіхів як у розвитку технічного та теоретичного забезпечення, так і в отриманих результатах. Завдяки досягненням радіоастрономії були виявлені і досліджені такі екзотичні об'єкти як квазари, пульсари, мазери, а також реліктове випромінювання і так далі. Радіоастрономія залишається в числі лідерів серед інших розділів астрономії й астрофізики за можливостями роздільної здатності (10^{-7} кутової секунди в системах радіоінтерферометрів з наддовгими базами), точності вимірів температури (10^{-5} К). Ефективним доповненням радіоастрономії є радіолокаційна астрономія, яка дозволяє досліджувати деталі поверхні планет та їхніх супутників, астероїдів і комет.

За довжиною хвиль оптичний діапазон займає трохи менше октави, тобто найдовші хвилі (червоне світло) всього вдвічі перевищують за довжиною найкоротші (фіолетове світло). Порівняно з цим радіохвилі, із якими мають справу радіоастрономи, охоплюють величезний діапазон – від субміліметрових до декаметрових. Таким чином, найдовші хвилі в десятки тисяч разів довші за найкоротші. Відповідно і частоти коливань охоплюють такий самий величезний діапазон.

Оскільки навіть найкоротші радіохвилі дуже довгі порівняно з хвилями видимого світла, для отримання такої ж роздільної здатності, як в оптичному діапазоні, радіотелескоп має бути дуже великим. Це потребує великих витрат і розвиненої технологічної бази. Водночас таким чином стимулюється технічний прогрес.

Випромінювання радіохвиль спричинене різними фізичними процесами. Завдяки цьому радіоастрономія за відносно короткий час (менше століття) радикально розширила та поглибила наші знання щодо природи різноманітних об'єктів і процесів у Всесвіті. Вона стала однією із провідних галузей астрономії.

Починаючи з 1974 року і по теперішній час на фізичному факультеті Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова читається спецкурс «Радіоастрономія». Студенти проходять спеціалізацію з радіоастрономії в Одеській обсерваторії «УРАН-4» та в інших радіоастрономічних обсерваторіях. Випускники, що пройшли спеціалізацію з радіоастрономії, працюють у провідних астрономічних і радіоастрономічних обсерваторіях України та світу. Цей словник є узагальненням досвіду читання спецкурсу з радіоастрономії і проведення лабораторних занять.

Поки що спостерігається нестача літератури з радіоастрономії, особливо українською мовою. У зв'язку з цим видання словника радіоастрономічних термінів є актуальним.

Наш Словник адресований викладачам і студентам для підготовки і засвоєння курсів «Загальна астрономія», «Загальна астрофізика» і «Радіоастрономія», що читаються на астрономічних відділеннях університетів.

Кожний термін супроводжується відповідним російським та англійським (в американському варіанті) еквівалентами.

Всього в словнику надано 314 термінів.

Автори висловлюють подяку доктору фізико-математичний наук, провідному науковому співробітнику Радіоастрономічного інституту НАН України Станіславському О. О., кандидату фізико-математичних наук, старшому науковому співробітнику Радіоастрономічного інституту НАН України Мирошніченко А. П., доценту кафедри теоретичної фізики та астрономії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова Сушку М. Я., молодшому науковому співробітнику Радіоастрономічного інституту НАН України Василенко Н. М. за цінні зауваження та рекомендації при підготовці видання.

А

Австралійський першопроходець антенних ґрат квадратного кілометра (Австралійський першопроходець антенної решетки квадратного километра, Australian Square Kilometer Array Pathfinder – ASKAP) – перша черга великого радіоастрономічного проекту *SKA*. ASKAP побудований Організацією Британської співдружності з наукових та промислових досліджень (Commonwealth Science and Industrial Research Organisation – *CSIRO*) на заході Австралії, за 315 км на північний схід від м. Джералдтон. Складається з 36 антен діаметром 12 м, об'єднаних у великі мультивібраторні антенні ґрати. Будівництво коштувало 155 млн. доларів, і 7 жовтня 2012 року ASKAP розпочав роботу.

Адаптивна антена (адаптивная антенна, adaptive antenna, від лат. *adapto* – пристосовую, прилагоджую) – антена, параметри якої автоматично змінюються залежно від умов роботи та ефірних перешкод. Адаптивна антена максимізує відношення сигнал/шум завдяки автоматичному регулюванню вагових коефіцієнтів, з якими підсумовують сигнали, що надходять від окремих приймальних каналів. Найчастіше адаптивною антеною є *антенні ґрати*.

Алгонкінський радіотелескоп (Алгонкинский радиотелескоп, Algonquin Radio Telescope) – розташований у провінції Онтаріо (Канада), за 200 км на північний захід від Оттави. Його параболічна антена має 46 м у діаметрі, форма витримана з точністю до міліметра. Його успішно застосували в перших експериментах із наддовгими базами ще у 1960 році. Зараз радіотелескоп використовується для геодезичного забезпечення GPS. Працює на міліметрових хвилях.

Амплітудна характеристика (амплитудная характеристика, gain characteristic) – залежність амплітуди сигналу на виході пристрою від амплітуди сигналу на його вході. Використовується для оцінки лінійності пристроїв.

Амплітудно-частотна характеристика (амплитудно-частотная характеристика, gain-frequency characteristic) – залежність амплітуди синусоїдального сигналу від частоти на виході пристрою при сталій амплітуді на його вході. В радіотехніці за амплітудно-частотною характеристикою визначають смугу пропускання частот, вибірковість та інші параметри.

Аналізатор спектра частот (спектроаналізатор) (аналізатор спектра частот (спектроанализатор), spectrum analyzer) – вимірювальний пристрій для дослідження частотних спектрів сигналів.

Аналогово-цифровий перетворювач (аналогово-цифровой преобразователь, analog-to-digital transformer) – пристрій для автоматичного перетворення аналогових сигналів в еквівалентні їм дискретні сигнали, що представлені цифровим кодом.

Антенна з обробкою сигналів (антенна с обработкой сигналов, signal-processing antenna) – приймальна антенна система, найчастіше антенні ґрати, де поряд із звичайним когерентним складанням сигналів застосовується адаптивна (саморегульована) або ж частотно-часова обробка сигналів та їх накопичення у часі. При цьому збільшується *роздільна здатність* (без збільшення розмірів антени), зменшуються *бокові пелюстки*, максимізується відношення сигнал/шум. До цього класу належать адаптивні антени, антени із синтезованою апертурою, антени із нелінійною обробкою сигналів.

Антенна радіотелескопа (антенна радиотелескопа, radio telescope antenna) – складова частина радіотелескопа, призначена для приймання (а іноді випромінювання) радіохвиль. Залежно від завдань радіоастрономії використовують різні типи антен. Найпростіший різновид антени радіотелескопа – антенна дипольна, хвильовий канал (два металеві стрижні, загальна довжина яких дорівнює $\lambda/2$). Електромагнітна хвиля, що падає на антену радіотелескопа, збуджує в ній змінний струм, який по фідерній лінії (електролінія, по якій передається енергія) надходить до приймача, де радіосигнали реєструються. Чутливість антени радіотелескопа

значно залежить від її орієнтації (орієнтації *діаграми спрямованості* антени) щодо фронту падаючої хвилі. Для підвищення чутливості та роздільної здатності дипольні антени можна з'єднати в синфазні системи, які найчутливіші до випромінювання, що падає перпендикулярно до площини, в якій розташовані диполі, тобто в напрямі, названому віссю радіотелескопа. Дипольна антена є синфазною, якщо диполі з'єднані з приймачем так, що коливання сили струму, які надходять у приймач від кожного з них, мають однакову фазу. Дипольні антени мають суттєву ваду – вузькосмуговість, тобто можуть працювати лише на тій довжині хвилі, на яку призначені. З цієї точки зору універсальними антенами є параболічні, вони збирають у фокусі випромінювання всіх довжин хвиль. У фокусі металевого дзеркала встановлюють опромінювач – напівхвильовий диполь або рупор, який приймає випромінювання певної довжини хвилі. Щоб подати на вхід радіоприймача випромінювання іншої довжини хвилі, достатньо змінити цей диполь. Конструктивно параболічні антени виконують нерухомими (наприклад, радіотелескоп *Аресібо* у кратері згаслого вулкана), повноповоротними (наприклад, антена РТ-70 із дзеркалом діаметром 70 м під Євпаторією) або складеними (РАТАН-600 біля станиці Зеленчукська, Північний Кавказ).

Антенa синфазна (антенна синфазная, broadside antenna) являє собою ґрати з вібраторів, до яких сигнал надходить в однаковій фазі. Головна пелюстка спрямована в напрямку, перпендикулярному до площини ґрат.

Антенa Уда – Ягі (антенна Уда – Яги, Uda – Yagi antenna) (або антенa Ягі, або антенa типу *хвильовий канал*) – антенa, що складається із розташованих один за одним вібраторів, паралельних між собою та перпендикулярних до лінії випромінювання – одного активного і кількох пасивних. Вона належить до класу антен біжучої хвилі. Вхідний сигнал підсилюється завдяки резонансу коливань у вібраторах. Ця антенa широко використовується на діапазонах метрових, дециметрових та більш коротких хвиль, зокрема, у радіоастрономії та телебаченні. Її розробив Сінтаро Уда за участю Хідецугу Ягі в 1926 році (університет Тогоку, Японія).

Антенна температура (антенная температура, antenna temperature) – приріст *температури антени* при наведенні її на джерело; інакше кажучи, це температура, до якої треба нагріти приймальну апаратуру, щоб одержати сигнал такої самої потужності, яка надходить від джерела.

Антенні ґрати (або ґратки) (антенная решетка, antenna array) – система елементів антен (електричних і магнітних диполів), що розташовані певним чином для узгодження фаз. Найбільш розповсюдженими є *синфазні* антенні ґратки з паралельним і послідовним підключенням елементів до лінії передачі. Висока спрямованість антенної ґратки обумовлена інтерференцією полів елементарних антен, хоча кожна з них може мати широку *діаграму спрямованості*. Можливість незалежного фазування елементів антен і змінювання їхніх фаз у часі дозволяє керувати діаграмою спрямованості, тобто здійснювати «повороти» променя. З допомогою антенної ґратки можна формувати одночасно декілька променів (багатопроменева антена).

Антенні ґрати квадратного кілометра (антенная решетка квадратного километра, Square Kilometer Array – SKA) – міжнародний проект, що розробляється з 2011 року. Це радіоінтерферометр із загальною площею антен в 1 км² (3000 антен). Він працюватиме як адаптивні антенні ґрати у діапазоні частот від 100 МГц ($\lambda = 3$ м) до 25 ГГц ($\lambda = 1,2$ см). Розміри дозволяють досягти чутливості у 50 разів більшої, ніж будь-які сучасні радіотелескопи. Завдяки відстаням між антенами у кілька тисяч кілометрів, роздільна здатність на частоті 1,4 ГГц ($\lambda = 21$ см) очікується кращою за 0,02". Крім того, поле зору буде більше квадратного градуса на частоті 1,4 ГГц, а на 300 МГц – сотні квадратних градусів. А ще він зможе «дивитися» одночасно у чотирьох різних напрямках, як чотири інструменти різних спостерігачів. SKA буде досліджувати первинні структури Всесвіту, космічні магнітні поля, шукати свідчення існування гравітаційних хвиль та темної енергії, перевіряти загальну теорію відносності з величезною точністю. Бюджет SKA складає 1,5 млрд. євро. Учасники проекту – Австралія (там працює перша черга – ASKAP), Китай, Франція, Німеччина, Італія, Нідерланди,

Нова Зеландія, ПАР, Велика Британія. Технічно SKA поєднує класичні параболічні антени, фазовані ґрати дипольних антен, а також масиви напівпровідникових плиток для огляду всього неба.

Антенні ґрати наддовгих баз (антенная решетка сверхдлинных баз, Very Long Baseline Array – VLBA) – система із 10 незалежних радіотелескопів по 25 м у діаметрі, що керується Національною обсерваторією США у Нью-Мексико. Ця мережа працює з 1993 року і включає одну із найдовших баз (8611 км). Діапазон – від 300 МГц ($\lambda = 1$ м) до 96 ГГц ($\lambda = 3$ мм). Кутове розрізнення від $0,00017''$ на міліметрових хвилях до $0,022''$ на хвилі 90 см.

Антропний принцип (антропный принцип, anthropic principle): «Ми бачимо Всесвіт таким, тому що тільки в такому Всесвіті міг виникнути спостерігач, людина». Цей принцип був запропонований для пояснення з наукової точки зору, чому в спостережуваному Всесвіті має місце ряд нетривіальних співвідношень між фундаментальними фізичними параметрами. Часто виділяють сильний і слабкий антропні принципи. Слабкий антропний принцип: у Всесвіті зустрічаються різні значення світових констант, але спостереження деяких їх значень вірогідніше, оскільки в регіонах, де величини набувають цих значень, вище вірогідність виникнення спостерігача. Інакше кажучи, значення світових констант, різко відмінних від наших, не спостерігаються тому, що там, де вони є, немає спостерігачів. Сильний антропний принцип: Всесвіт повинен мати властивості, що дозволяють розвинутися розумному життю.

Апертура (апертура, aperture, лат. apertura – отвір, проріз) – діючий отвір оптичної системи, який вимірюють одиницями довжини. Для радіотелескопа апертура залежить від розміру елементів антен, що приймають радіохвилі. Від апертури залежить роздільна здатність та чутливість радіотелескопа. В загальному випадку апертура не зводиться до одного числа, а характеризується *апертурною функцією*.

Апертурна функція (апертурная функция, aperture function) в радіоастрономії – розподіл у просторі *апертури* антени радіотелескопа у випадку рівномірного випромінювання.

Апертурний синтез (апертурный синтез, aperture synthesis) – метод, який дає змогу підвищити кутове розрізнення радіотелескопа завдяки розміщенню частин антенної системи на різних відстанях та спеціальному аналізу сигналів, прийнятих цими антенами з різними взаємними фазовими співвідношеннями (багатоантенний радіоінтерферометр). Збиральна площа системи дорівнює сумі площ окремих елементів. Апертурний синтез дає змогу одержувати радіозображення об'єктів з розділенням, яке у сантиметровому діапазоні сягає частки секунди дуги. Прикладом використання апертурного синтезу є робота VLA. Основи методу апертурного синтезу в радіоастрономії закладені М. Райлом.

Аресібо, радіоастрономічна обсерваторія (Аресибо, радиоастрономическая обсерватория, Arecibo Radio Observatory) – розташована на о. Пуерто-Ріко (США). Рефлектор має діаметр 305 м. Відбивна поверхня складається із 38778 алюмінієвих пластин, викладених на сталевій сітці, що має форму сферичного сегмента і натягнута у кратері згаслого вулкана. Фокусна відстань – 132,5 м. Опромінювач рухомий, він висить над чашею на 18 тросах, що закріплені на 3 баштах. Рух опромінювача дозволяє стежити за об'єктом до 2,6 годин, а за схиленням доступні об'єкти від -1° до $+38^\circ$. Телескоп працює в діапазоні частот від 1 до 10 ГГц. Крім різноманітних «пасивних» спостережень, радіотелескоп здійснює радіолокацію тіл Сонячної системи, причому на частоті 2,4 ГГц розвиває потужність імпульсу до 20 терават. Величезні потужності використовуються не тільки в радіолокації, а і в спробах контакту із позаземними цивілізаціями. Так, у 1974 році цей радіотелескоп надіслав «повідомлення Аресібо» – коротку інформацію про нашу цивілізацію – у напрямку кулястого скупчення M13, а через 35 років – у 2009 р. – було передано інформацію про будову одного з генів до трьох близьких зір.

Атакамські великі міліметрові ґрати (Атакамская большая миллиметровая решетка, Atacama Large Millimeter Array – ALMA) – комплекс радіотелескопів, розташований у пустелі Атакама (Чилі) на висоті п'ять тисяч метрів. Це спільний проект Європейської південної обсерваторії та На-

ціональної радіоастрономічної обсерваторії США за участю Японії, Тайваню та Чилі. Являє собою радіоінтерферометр, що складається із 66 антен (54 антени діаметром 12 м та 12 – діаметром 7 м). Працює у міліметровому діапазоні. Інтервал баз інтерферометра від 150 м до 16 км, а кутове розрізнення сягає $0,01''$ (до 10^{-7} радіан). Перші радіозображення отримані наприкінці 2013 року. Телескоп призначено для вивчення процесів у перші сотні мільйонів років після Великого Вибуху.

Б

Багатоелементна інтерферометрична радіозв'язана мережа (многоэлементная интерферометрическая радиосвязанная сеть, Multi-Element Radio Linked Interferometer Network – MERLIN) – масив радіотелескопів, розташованих на території Англії. Започаткувала цю мережу радіоастрономічна обсерваторія *Джодрелл-Бенк* Манчестерського університету, заснована Бернардом Ловеллом ще у 1945 році. До мережі належать 7 радіотелескопів: 76-метровий Lovell telescope (Джодрелл-Бенк), Mark II (25 м), Defford (25 м), Knockin (25 м), Pickmere (25 м), Darnhall (25 м) та Cambridge (32 м). Останній розташований далі від решти і створює найдовшу базу інтерферометра (217 км). Мережа працює на частотах від 151 МГц до 24 ГГц (довжина хвиль від 2 м до 6 см). Кутове розрізнення на частоті 5 ГГц дорівнює $0,04''$, як у космічного телескопа «Хаббл». У 2006 – 2009 роках мережа була модернізована. Застосування оптичного волокна збільшило чутливість у 30 разів, а система карусельної заміни приймачів на 1, 4, 5, 6 та 22 ГГц дозволила оперативно реагувати на атмосферні умови.

Білий шум (белый шум, white noise) – шумовий радіосигнал, спектр якого рівномірно розподілений по широкій смузі радіочастот. Виникає як результат випадкової або навмисної дії перешкод радіоприйому.

Блазари (блазары, blazars) – нечисленний клас позагалактичних об'єктів, котрим властива високоамплітудна змін-

ність блиску ($\Delta m = 3^m$) в оптичному діапазоні. Назва поєднує БЛ (тип BL Ящірки, BL Лас, лацертиди, котрі спочатку вважались змінними зорями) та кваЗАР. Блазари – відносно рідкісний підклас активних ядер галактик, що характеризується наявністю релятивістського джета, розташованого близько до променя зору спостерігача (менше 20 градусів). Тому вважається, що релятивістські ефекти грають визначальну роль в спостережуваних властивостях блазарів. Об'єкти цього класу показують змінність блиску на різних довжинах хвиль і часових масштабах від годин до десятків років, виявляють високу і змінну поляризацію випромінювання. Блазар є системою, що складається з ядра, пов'язаного з чорною дірою, оточуючого її акреційного диска і спрямованого перпендикулярно до нього джета. Однією з основних їхніх особливостей є часткова лінійна поляризація випромінювання в усіх діапазонах спектра (до 10%).

Ближня зона антени (ближня зона антени, near zone of an antenna) – зона, де фронт хвилі не є плоским, і можна зареєструвати різницю фаз і амплітуд між випромінюванням, що падає на середину та на краї антени. *Діаграма спрямованості* антени у ближній зоні не визначається, і практично всі астрономічні об'єкти розташовані у *далекій зоні* антен.

Бліцар (блицар, blitzar) – швидкий радіоімпульс, віднім. blitz – блискавка, англ. Fast Radio Burst (FRB), або імпульс Лорімера (англ. Lorimer burst) – одиничний радіоімпульс тривалістю декілька мілісекунд. Потужність спалаху еквівалентна викиду в космічний простір енергії, що випромінюється Сонцем впродовж декількох десятків тисяч років. Уперше і абсолютно випадково швидкий радіоімпульс був виявлений у 2013 році групою Дункана Лорімера (університет Західної Вірджинії, США) у пошуках сигналів пульсарів. Аналізуючи архіви 64-метрового радіотелескопа в *Парксі*, незвичайний радіоімпульс (записаний ще у лютому 2007 року) помітив Девід Наркевич (David Narkevic) – аспірант Д. Лорімера. Сигнал був одиничним, потужним і дуже коротким. Його перевірка зайняла близько п'яти років. Лорімер і ряд дослідників пришли до висновку, що виявлений швидкий радіоімпульс тривалістю менше п'яти мілісекунд і

спектральною густиною потоку випромінювання в $30 (\pm 10)$ Янських виходить з точки, розташованої на 3° від Малої Магелланової Хмари з відстані приблизно 3 млрд. світлових років; $z = 0,3$.

Можливо, блізар – нейтронна зоря, маса якої перевищує межу Оппенгеймера – Волкова (верхня межа маси нейтронної зорі десь 2,5–3 сонячні маси). Автори цієї теорії Гейно Фальке і Лучано Реццолла називають такий варіант надмасивною нейтронною зорею, що обертається, або «суроном» (SUpramassive ROtating Neutron star, SURON). Від негайного колапсу в чорну діру зорю рятує величезна швидкість обертання. Відцентрові сили не дають речовині впасти за горизонт подій. Блізар має дуже сильне магнітне поле, яке, обертаючись разом із зорею, «вичищає» навколишній простір від матерії і в той же час гальмує обертання зорі. Рано чи пізно відцентрові сили зменшуються настільки, що зоря перетворюється на чорну діру. При цьому не відбувається гамма-сплеску, оскільки для нього треба, щоб зорю, що колапсує, оточував акреційний диск. Але навкруги блізара уся речовина вже виметена магнітним полем. У момент колапсу сама зоря – джерело магнітного поля – опиняється за горизонтом подій і більше не може з цим магнітним полем взаємодіяти. В результаті магнітне поле ніби «відривається» від зорі і породжує короткий, але дуже потужний спалах в радіодіапазоні.

Для щоденних спостережень FRB-подій задіяні 100-метрова напівпараболічна антена в Пентиктоні (Канада) та радіотелескоп в Молонго (Австралія). На початок 2016 року зареєстровано близько 20 FRB-подій. За прогнозами FRB-події трапляються через кожні 10 секунд в спостережуваному Всесвіті і, як зазначено, вони спостерігаються виключно в радіовипромінюванні.

Бокова пелюстка (боковой лепесток, sidelobe) – небажана частина діаграми спрямованості антени радіотелескопа, що не співпадає з головною пелюсткою.

В

Велетенські молекулярні хмари (ВМХ) (гигантские молекулярные облака, large molecular clouds). У міжзоряному середовищі присутні щільні хмари в молекулярній формі. Маса хмар 10^5 – 10^7 мас Сонця, концентрація $n = 10^5$ – 10^6 см⁻³. Спостерігаються в лініях СО в місцях з пониженим вмістом НІ. У Галактиці 6 тисяч ВМХ, і в них міститься половина міжзоряного газу Галактики. ВМХ – місця утворення зір, вони пов'язані з тепловими радіоджерелами – зонами НІ навколо молодих зір класів О та В і зоряними асоціаціями. Найбільш складні молекули спостерігаються у ВМХ SgrB2 і OriA. ВМХ належать до плоскої складової Галактики.

Великий міліметровий телескоп (Большой миллиметровый телескоп, Large Millimeter Telescope) – розташований у Мексиці, 220 км на схід від Мехіко, на верхівці згаслого вулкана Сьєрра Негра (4580 м над рівнем моря). Діаметр дзеркала 50 метрів. Робочі довжини хвиль – від 0,85 до 4 мм. Телескоп розпочав роботу в 2006 році.

Великий Пулковський радіотелескоп (Большой Пулковский радиотелескоп, БПР, Large Pulkovo radio telescope) – великий радіотелескоп, що спеціалізується на спостереженнях Сонця під час його проходження через ножову діаграму спрямованості, котра розташована у площині меридіана. Результат одного спостереження – набір сканів сонячного випромінювання на довжинах хвиль 2,3; 3,2; 4,5; 6,2 та 20 см, причому реєструються інтенсивність і поляризація. Антена складається із 90 щитів, розташованих дугою діаметром 120 м. Роздільна здатність при $\lambda = 2,3$ см $\approx 1'$, за цією характеристикою БПР значно поступається деяким сучасним сонячним радіотелескопам, але перевищує їх за тривалістю безперервного однорідного ряду спостережень – більше 3 циклів сонячної активності. Радіотелескоп розташований у Пулково біля Санкт-Петербургу і є прототипом значно більшого телескопа *РАТАН-600*.

Великий фільтр (великий фильтр, Great Filter) – гіпотеза, висловлена в 1996 році Робіном Д. Хенсоном, покликана розв'язати *парадокс Фермі*. З точки зору автора, відсутність

ознак позаземних цивілізацій в спостережуваному Всесвіті припускає, що аргументи різних наукових дисциплін на користь відносно високої вірогідності зародження розумного життя мають бути поставлені під сумнів. Невідомі нині науці чинники можуть зменшувати вірогідність зародження і розвитку форм життя до стану, коли сліди їх діяльності можуть бути помітні стороннім спостерігачам. Ці чинники і дістали назву «Великого фільтра», який для людства може знаходитися або у минулому (у випадку, якщо він перешкоджає еволюції тварин до розумних істот), або в майбутньому (якщо він полягає у високій вірогідності самознищення розумної цивілізації).

Вентспілський Міжнародний радіоастрономічний центр (ВМРАЦ) (Вентспилский Международный радиоастрономический центр, Ventspils international radio astronomy center) – розташований у Вентспілсі (Латвія). Головний інструмент – 32-метровий параболічний радіотелескоп – був побудований у 1960-х роках для військових потреб СРСР. У 1994 році перейшов до АН Латвії, а у 2004 році переданий Вентспілській вищій школі. Реконструйований у 2015 році. Працює в сантиметровому діапазоні.

Вертикально поляризована хвиля (вертикально поляризована волна, vertically polarized wave) – електромагнітна хвиля, вектор електричного поля якої спрямований перпендикулярно відносно поверхні, над якою вона розповсюджується.

Вестерборкська радіоастрономічна обсерваторія (Вестерборкская радиоастрономическая обсерватория, Westerbork Radio Observatory) – радіоастрономічна обсерваторія, заснована у 1970 р. Розташована у селищі Вестерборк біля м. Гронінгена (Нідерланди). Головні дослідження – у галузі позагалактичної астрономії. Головний інструмент: багатoelementний радіоінтерферометр – Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT), з базою 3 км, який складається з чотирнадцяти 25-метрових антен і працює на хвилях 49, 21 та 6 см.

Вибірковість (селективність) (избирательность, selectivity) – здатність радіоприймача відрізнати корисний

радіосигнал від зайвих (що заважають радіоприйому) електромагнітних коливань різного походження і виділяти його. Вибірковість оцінюється відносною інтенсивністю сигналу від стороннього джерела, наприклад, радіостанції, при якій цей сигнал може вплинути на прийом обраного слабого сигналу.

Вібратор (вибратор, vibrator) – елемент антени, що бере участь в її випромінюванні та формуванні *діаграми спрямованості*.

Г

Гало Галактики (гало Галактики, galactic halo) – розріджена периферія нашої зоряної системи за межами відносно щільних її складових – балджа (центральне опукле згущення) і диска (котрий включає спіральні рукави). Вважається, що гало неоднорідне і складається з власного гало і гало, що акреційовано (яке також називається короною). Гало в основному утворене розрідженим гарячим газом (температура порядку 10^5 K), зорями і, ймовірно, темною матерією. Воно має сферичну форму, причому радіус цієї сфери перевищує радіус диска принаймні на 5–10 тисяч світлових років, хоча є дані, що воно набагато більше за розмірами. Вважається, що 90% старих зір та кулястих скупчень цієї сферичної складової знаходиться на відстані менше 100 000 світлових років від центра Галактики. Вік цього населення Галактики перевищує 12 млрд. років, його, зазвичай, вважають віком самої Галактики. Темна матерія (масою приблизно 600–3000 мільярдів мас Сонця), мабуть, сконцентрована до центра Галактики.

Гальванічна розв'язка (гальваническая развязка, galvanic isolation) – передача енергії або сигналу без електричного контакту між ланцюгами, наприклад, у трансформаторі.

Гальмівне випромінювання (тормозное излучение, deceleration radiation) – випромінювання електрично заряджених частинок, які рухаються з прискоренням або сповільнен-

ням, що зумовлені їхнім притяганням або відштовхуванням у разі зближення. Такий самий механізм випромінювання, але за наявності зовнішнього магнітного поля, називають магнітно-гальмівним випромінюванням (*циклотронним і синхротронним*). Часто гальмівним випромінюванням називають також випромінювання, що виникає під час вільно-вільних переходів, тобто взаємодії вільних електронів з іншими зарядженими частинками в плазмі. У цьому випадку випромінюється весь спектр частот електромагнітних хвиль, зокрема, рентгенівські і радіохвилі. Завдяки механізму гальмівного випромінювання в космічних умовах виникає радіовипромінювання сонячної корони і корон зір, зон НІП, планетарних туманностей, газу в скупченнях галактик, а також значна частина інфрачервоного й оптичного випромінювання зір. За допомогою цього механізму пояснюють також випромінювання деяких рентгенівських джерел.

Гектометрові хвилі (гектометровые волны, hectometer waves) – те ж саме, що й *середні хвилі*.

Геркулес А (Геркулес А, Hercules А) – 3С 348; $\alpha_{2000.0} = 16^h 51,1^m$; $\delta_{2000.0} = +04^\circ 59,6'$. Радіогалактика Геркулес А із сузір'я Геркулеса – одне з найяскравіших радіоджерел північного неба, густина потоку на частоті 10 МГц дорівнює 5000 Ян. Входить до складу скупчення галактик і є в ньому найяскравішою і масивнішою галактикою. Знаходиться на відстані 2 млрд. світлових років і у тисячу разів масивніша за нашу Галактику – Чумацький Шлях. В її центрі знаходиться чорна діра, маса якої приблизно 2,5 млрд. сонячних мас (в тисячу разів масивніша за чорну діру Чумацького Шляху). Рекордна протяжність двосторонніх джетів, спостережуваних в радіо-, рентгенівському і оптичному діапазонах, виявлена при спостереженнях на *VLA*, космічним телескопом «Хаббл» і рентгенівським телескопом «Чандра» і складає 1,5 млн. світлових років. У кінці джети розпадаються на кільця і джгут, пов'язані з викидами з центрального джерела, що ототожнюється з надмасивною чорною дірою. Джети переходять у велетенські *лоуби*.

Герц (Гц) (герц, Hertz (Hz)) – одиниця вимірювання частоти періодичного процесу. Один Гц дорівнює частоті, при

якій за одну секунду відбувається один цикл періодичного процесу. Розмірність – с^{-1} .

Гетеродинний спектрометр (гетеродинный спектрометр, heterodyne spectrometer) – прилад, що використовується у мікрохвильовій астрономії для вимірювання інтенсивності космічного фонового випромінювання шляхом швидкого переключення детектора між стабільним еталонним джерелом і небом.

Гігантський радіотелескоп метрового діапазону (гигантский радиотелескоп метрового диапазона, Giant Meterwave Radio Telescope – GMRT) – розташований в Індії у 80 км на північ від м. Пуна на висоті 590 м над рівнем моря і є найбільшим у світі радіотелескопом, що працює на метрових хвилях. Це інтерферометр, він складається із 30 рефлекторів-антен по 45 метрів у діаметрі, з яких 14 розташовані в центральній ділянці на площі 1 км², а решта – вздовж ліній, що розходяться подібно до літери Y, загальною довжиною 25 км. Дослідженнями керує Інститут фундаментальних досліджень Тата (м. Мумбай). У місцевості, де встановлені антени, вкрай низький рівень перешкод, тому GMRT на низьких частотах більш ефективний, ніж VLA. Обробка сингалів здійснюється для 435 комбінацій пар антен інтерферометра, що забезпечує роздільну здатність, яку б мав радіотелескоп діаметром 25 км. Система працює на 6 частотах від 50 МГц до 1,4 ГГц. Кутове розрізнення – відповідно від 60" до 2".

Гідра А (Гидра А, Hydra A), $\alpha_{2000.0} = 09^{\text{h}}18,1^{\text{m}}$; $\delta_{2000.0} = -12^{\circ}05,8'$ – потужне радіоджерело – густина потоку на частоті 10 МГц дорівнює 9100 Ян. Ототожнюється з галактикою, розташованою в центрі скупчення Abell 1060, яке містить 157 яскравих галактик у сузір'ї Гідри. Скупчення сягає розмірів близько десяти мільйонів світлових років і має незвично високу долю темної матерії. Скупчення є частиною надскупчення Гідра – Центавр, розташованого в 158 мільйонах світлових років від Землі. Радіозображення є симетричною подвійною структурою, що включає ядро, двосторонній джет і *лоуби*. Джети мають цікаву форму штопора, яка пояснюється прецесією струменів, що йдуть від ядра. Гідра А

має велетенські лоуби, що перевершують за своїми розмірами джети. Розміри Гідри А досягають 530 кпк.

Головна пелюстка (главный лепесток, main beam) – пелюстка *діаграми спрямованості радіотелескопа*, якій відповідає максимум чутливості.

Горизонтально поляризована хвиля (горизонтально поляризованная волна, horizontally polarized wave) – електромагнітна хвиля, вектор електричного поля якої спрямований паралельно до поверхні, над котрою вона розповсюджується.

Гравітаційне мікролінзування (гравитационное микролинзирование, gravitational microlensing) – викривлення променя світла у гравітаційному полі порівняно невеликого тіла – білого карлика, нейтронної зорі, чорної діри або транзитного об'єкта, що проходить між спостерігачем і випромінюючим об'єктом. Подвійні зоряні системи також можуть створювати ефекти мікролінзування. Існують дві важливі ознаки, що дозволяють відрізнити криву блиску зорі при мікролінзуванні від кривої блиску звичайної змінної зорі: при мікролінзуванні крива блиску має бути строго симетричною відносно свого максимуму (якщо нехтувати паралактичним зміщенням зорі і відхилюючого тіла, обумовленим орбітальним рухом Землі) і не повинна залежати від довжини хвилі. Розмах варіацій координат, який спричиняється мікролінзуванням, складає величини близько 1–50 мкс дуги, а час – десятки або навіть сотні років.

Грін-Бенк: національна радіоастрономічна обсерваторія США (национальная радиоастрономическая обсерватория США, National Radio Astronomical Observatory) розташована у Грін-Бенку (штат Західна Вірджинія, США) за 280 км на захід від Вашингтона. Заснована у 1957 році. Головний інструмент – найбільший у світі повнообертальний параболічний радіотелескоп Green Bank Telescope (GBT). Дзеркало має еліптичну форму з осями 110 та 100 м. Працює на частотах до 50 ГГц ($\lambda = 6$ мм). Телескоп носить ім'я Роберта Берда, котрий півстоліття з 1959 до 2010 р. був сенатором від Західної Вірджинії.

Густина потоку (плотность потока, flux density) – кількість енергії, що надходить від джерела за 1 сек. на площу 1 м^2 в інтервалі частоти 1 Гц :

$$S_v = \frac{2k}{\lambda^2} \int_{\Omega_{\text{джерела}}} T_b(\theta, \varphi) \cos \theta d\Omega ,$$

де k – стала Больцмана, $d\Omega$ – елемент тілесного кута.

Д

Далека зона антени (далекая зона антенны, far zone of an antenna) – зона, настільки далека, що фронт хвилі від джерела, розташованого в цій зоні, є плоским.

Двінгелоо радіотелескоп (Двингелоо радиотелескоп, Dwingeloo radio telescope) розташований у північно-східній частині Нідерландів. Діаметр антени – 25 м . Став до ладу в 1956 році і працював майже півстоліття. З 2009 року є пам'яткою нідерландського надбання. На честь нього названо галактики Dwingeloo 1 (головна в групі галактик) та Dwingeloo 2 (одна з менших у групі).

Декаметрові хвилі (декаметровые волны, decameter waves) – те ж саме, що й *короткі хвилі*.

Дециметрові хвилі (дециметровые волны, decimeter waves) – радіохвилі з довжиною хвилі в межах $1,0\text{--}0,1 \text{ м}$ (діапазон частот $300\text{--}3000 \text{ МГц}$). Дециметрові хвилі широко використовуються в радіоастрономії при дослідженні галактичних та позагалактичних об'єктів, а також у мобільному зв'язку та телебаченні.

Джерело шуму (источник шума, noise source) – електронний пристрій, призначений для генерації радіошуму відомої потужності з метою перевірки і калібрування приймачів радіотелескопів.

Джодрелл-Бенк, радіоастрономічна обсерваторія (Джодрелл-Бенк, радиоастрономическая обсерватория, Jodrell Bank Radio Observatory) – заснована у 1945 р. Розташована біля м. Манчестера (Велика Британія). Головний ін-

струмент – 76-метровий параболічний телескоп (Lovell telescope), що працює у дециметровому діапазоні. Він названий на честь Б. Ловелла, який очолював обсерваторію з 1945 до 1980 р. Телескоп використовується для різноманітних радіоастрономічних задач – від спостережень першого ШСЗ у 1957 році до сучасних досліджень пульсарів. Він також входить до складу мережі *MERLIN*.

Дзеркальні антени (зеркальные антенны, mirror antennas) – апертурні антени, в котрих використовується явище спрямованого відбивання радіохвиль від металевого дзеркала (рефлектора) для перетворення спрямованих електромагнітних хвиль, що створюються первинним випромінювачем.

Дипольна антена (дипольная антенна, dipole antenna) – приймальний пристрій, що складається із системи диполів, котрий часто використовується в радіотелескопах. Відрізняється від чашоподібної антени тим, що складається з багатьох окремих антен, котрі збирають енергію, посилюючи свої сигнали на один загальний приймач.

Дисперсія радіохвиль (дисперсия радиоволн, radio wave dispersion) – селективне уповільнення радіохвиль при проходженні через іонізований газ. Швидкість розповсюдження радіохвиль залежить від частоти: чим нижча частота, тим більше часове запізнення. Так, якщо *пульсар* випромінює вузький радіоімпульс, що містить деякий набір довжин хвиль, то ці хвилі будуть взаємодіяти із зарядженими частинками у міжзоряному середовищі, і хвилі більш високої частоти досягнуть Землі трохи раніше, ніж хвилі нижчої частоти.

Діаграма спрямованості антени радіотелескопа (діаграмма направленности, beam) – графічне зображення розподілу чутливості антени в просторі (або амплітуди поля випромінювання, кутового розподілу густини потоку енергії випромінювання антени в далекій зоні). Діаграма спрямованості під час приймання сигналу збігається з діаграмою для випромінювання. У більшості діаграм спрямованості виділяють *головну* та *бокові пелюстки*. У *синфазних* антенах найбільша потужність енергії випромінювання сконцентрована в головній пелюстці, за шириною якої визначають кутову *роздільну здатність* антени на рівні половини потужності

$\Delta\theta_{0,5}$. Приблизно її можна оцінити (в радіанах) так: $\Delta\theta_{0,5} = \lambda/D$, де D – розмір діючої апертури антени. Діаграми спрямованості можуть бути різних форм: голко- і віялоподібні, з приглушеними боковими пелюстками та ін. Добором випромінювачів (дипольних та мультипольних) можна створити антену з будь-якою діаграмою спрямованості.

Діва А (Дева А, Virgo А) – 3С274, NGC 4486, М 87; $\alpha_{2000,0} = 12^h30,8^m$; $\delta_{2000,0} = +12^\circ23,5'$ – калібрувальне радіоджерело, потік якого на частоті 10 МГц складає 8300 Ян. Радіосвітність Діви А – $\sim 10^{42}$ ерг/с; джерело належить масивній Е-галактиці (тип cD), розташованій у сузір'ї Діви на відстані близько 15 Мпк. Галактика особливо цікава тим, що з одного боку від її ядра спостерігається викид речовини («джет»), випромінювання якого має синхротронну природу. Викид має довжину близько $20''$ (близько 1,5 кпк), він розбивається на окремі згустки (вузли) і випромінює не лише в радіо-, але і в оптичному діапазоні. Свідченням синхротронної природи випромінювання викиду є сильна (до 20–35%) лінійна поляризація оптичного випромінювання. Сильно лінійно поляризоване (до 12–17%) і радіовипромінювання. Викид занурений в ширший (близько $40''$ дуги) «радіококон». Симетрично цьому радіоджерелу з протилежного боку від центра галактики розташований другий компонент радіовипромінювання такої самої конфігурації, проте в ньому немає ніяких помітних оптичних слідів контрвикиду. Односторонній вигляд викиду в радіогалактиці Діва А, швидше за все, є результатом спрямованого на спостерігача руху і випромінювання галактики. При цьому або згустки струменя рухаються з релятивістською швидкістю, і тому через ефект Допплера їх випромінювання більш інтенсивне, ніж випромінювання контрвикиду, або ми маємо справу з анізотропно випромінюючими потоками релятивістських електронів в складних петлеподібних елементах структури біполярного магнітного поля радіогалактики, що також може зумовити односторонній вигляд викиду. Окрім викиду в двох порівняно компактних радіоджерелах по обидві сторони від центра галактики, Діва А має ще і протяжне радіоджерело розміром $12' \times 16'$ відносно низької поверхневої яскравості. Воно виявляє складну

структуру, а його спостережувана витягнутість з півночі на південь, так само, як і помітна деформація в цьому напрямі центрального подвійного радіоджерела, обумовлена, ймовірно, рухом галактики через порівняно щільне міжгалактичне середовище у скупченні галактик в Діві.

Довгі хвилі (длинные волны, long waves) – радіохвилі з довжиною 10^4 – 10^3 м (діапазон частот 30–300 кГц). Вони є одним із засобів дослідження параметрів нижньої іоносфери Землі.

Домініон, радіоастрофізична обсерваторія (Доминион, радиоастрофизическая обсерватория, Dominion Radio Astrophysical Observatory – DRAO) розташована в Канаді за 250 км на схід від Ванкувера. Радіотелескоп діаметром 26 м працює на частоті 408 МГц ($\lambda = 74$ см) та ще на кількох частотах дециметрового та сантиметрового діапазонів, у тому числі на $\lambda = 21$ см (міжзоряний водень).

Дуже великі антенні ґрати Національної радіоастрономічної обсерваторії США ім. К. Янського (Очень большая антенная решетка Национальной радиоастрономической обсерватории США им. К. Янского, Karl G. Jansky Very Large Array – VLA, VLA NRAO) – 27 радіотелескопів біля м. Сокорро, штат Нью-Мексико (США), на висоті більше 2 км над рівнем моря. Кожна антена діаметром 25 м може пересуватися по рейках, котрі утворюють конфігурацію літери Y (кожне плече 21 км завдовжки). Інтерферометр працює в режимі апертурного синтезу. Діапазон частот від 74 МГц ($\lambda = 4$ м) до 50 ГГц ($\lambda = 6$ мм). Кутове розрізнення відповідно від $0,2''$ до $0,004''$ – таке розрізнення мала б одна антена діаметром 36 км! Комплекс працює з 1980 року, а у 2012 році його найменували на честь К. Янського. VLA виконує різноманітні радіоастрономічні дослідження – від зв'язку з апаратом Voyager 2 під час його руху поблизу Нептуна (1989 р.) до спостережень квазарів, пульсарів, космічних мазерів, залишків наднових, Сонця, планет, навіть займався пошуком сигналів позаземних цивілізацій.

D-галактика (D-галактика, D galaxy) – надгігантська радіогалактика (найбільш розповсюджений тип радіогалак-

тик), складається із еліптичного ядра, оточеного протяжною оболонкою.

db-галактика (db-галактика, db galaxy) – радіо-галактика, що за формою нагадує гантелі. Її можна назвати D-системою з подвійними еліптичними ядрами, що мають загальну протяжну оболонку.

Е

Електромагнітна хвиля (электромагнитная волна, electromagnetic wave) – це вільне електромагнітне поле, що поширюється в просторі, в якому електричне і магнітне поля взаємозв'язані певним чином.

Ефект Рازیна – Цитовича (эффект Разина – Цытовича, Razin – Tsytovich effect) – сильне пригнічення низькочастотного (синхротронного) випромінювання електронами, що рухаються в холодній плазмі, в котрій відсутні зіткнення.

Ефекти гравітаційного лінзування (эффекты гравитационного линзирования, gravitational lensing effects). Ефект гравітаційної лінзи був передбачений А. Ейнштейном, який у 1915 році в рамках загальної теорії відносності вперше правильно обчислив кут відхилення променя світла в гравітаційному полі компактного об'єкта. Під час повного сонячного затемнення 29 травня 1919 року англійські астрономи виміряли відхилення світла зір, що проходить поблизу поверхні Сонця: зміщення зображень зір (у перерахунку на відстань, що дорівнює кутовому радіусу Сонця) склало $1,75''$ у цілковитій згоді з передбаченням Ейнштейна. Практично всі наявні на даний момент непрямі експериментальні підтвердження цієї теорії прийшли з астрофізики. На початок ХХІ століття було знайдено вже декілька десятків гравітаційних лінз. Форма зображення, що дається ними, залежить від того, наскільки симетрично розподілена маса в об'єкті-лінзі і наскільки точно на одній прямій розташовуються Земля, лінза і спостережуваний крізь неї об'єкт, що світиться. В ідеальному випадку його зображення повинне мати форму кільця

навколо центра лінзи; таке зображення називають «кільцем Ейнштейна» або «кільцем Хвольсона – Ейнштейна». Деякі з виявлених астрономами зображень мають форму досить правильного або розірваного кільця, яке виникає при зміщенні об'єкта спостереження відносно лінії «Земля – лінза». Змінність блиску, властива багатьом квазарам, дозволяє за допомогою ефекту гравітаційної лінзи визначати сталу Хаббла, що вказує швидкість розширення Всесвіту. Для цього вимірюють запізнювання в часі, з яким змінюють свій блиск різні зображення одного квазара, створені лінзою. Це дає істинну різницю довжини світлових шляхів у різних зображень. А відносну різницю дає розрахунок геометрії променів по взаємному положенню зображень. Разом це дозволяє обчислити істинну відстань як до лінзи, так і до квазара і, отже, визначити сталу Хаббла.

У скупченні галактик MACS J1149.5+2223, отриманих телескопом «Хаббл» у кінці 2014 року, була виявлена наднова Рефсдаля, світло від якої дійшло до нас через гравітаційну лінзу (в ролі якої виступило скупчення галактик), яка почотверила зображення зорі, подібно до давно відомого «хреста Ейнштейна» (почотвереного близькою галактикою зображення далекого квазара QSO 2237+030). Розрахунки, ґрунтовані на моделях розподілу маси в скупченні і на загальній теорії відносності, передбачили, що частина світла зорі, що вибухнула, відхилившись під дією гравітації, досягне Землі приблизно через рік. Учені вже знали, коли і де чекати нової появи цієї наднової, і їх передбачення підтвердилися з вражаючою точністю.

Гравітаційна лінза – масивне тіло (планета, зоря) або система тіл (галактика, скупчення галактик, скупчення темної матерії), що викривляє своїм гравітаційним полем напрям поширення електромагнітного випромінювання, подібно до того, як викривляє світловий промінь звичайна лінза. Гравітаційну лінзу можна розглядати як звичайну лінзу, але тільки з коефіцієнтом заломлення, залежним від положення.

У 1937 році швейцарський астроном Ф. Цвіккі запропонував використати явище гравітаційної лінзи, що ство-

рюється скупченнями галактик, для спостережень далеких галактик. У 1979 році була відкрита перша гравітаційна лінза – зображення квазара Q0957+561 мало свого «двійника» з тим самим спектром і червоним зміщенням. Пізніше вдалося виявити саму лінзу – неяскаву велетенську галактику між квазаром і нами.

Ефективна температура світила (эффeктивная температура светила, effective temperature of luminary) – температура абсолютно чорного тіла, яке з одиниці площі в усьому електромагнітному діапазоні випромінює таку саму потужність, як і світило. У радіоастрономії може вживатися стосовно певного обмеженого діапазону довжин хвиль, тобто в смислі *колірної температури* або певної довжини хвилі в смислі *яскравісної температури*.

Ефективність апертури (эффeктивность апертуры, aperture efficiency, η_A) – відношення *апертури* антени A до її геометричної площі, $A_g = \pi d^2/4$. Ефективності *діаграми спрямованості* η_B й *апертури* η_A пов'язані співвідношенням $\eta_A = \eta_B \lambda^2 / (A_g \Omega_M)$, де Ω_M – тілесний кут *головної пелюстки*.

Ефективність діаграми спрямованості (эффeктивность диаграммы направленности, beam efficiency, η_B) – частка енергії, що приймається в головній пелюстці діаграми спрямованості.

Еффельсберг (Эффельсберг, Effelsberg) – див. Макса Планка радіоастрономічний інститут.

Є

Ємнісне навантаження антени (емкостная нагрузка антенны, capacitive loading of an antenna) – декілька провідників, що приєднані до кінця антени, або потовщення кінця антени у вигляді кулі. Ємнісне навантаження призначене для збільшення ємності антени відносно землі, а, отже, для зменшення резонансної частоти налаштування антени.

Ж

Живописець А (Живописец А, Pictor A) – потужне радіоджерело, спіральна галактика в сузір'ї Живописця – розташована від Землі на відстані 500 млн. світлових років. У центрі знаходиться надмасивна чорна діра масою 10 млн. мас Сонця. Має один з найбільш протяжних джетів завдовжки в 800 тис. світлових років. На краях протяжних *лоубів* спостерігаються яскраві плями. Усі структурні елементи спостерігають в радіо-, рентгенівському і оптичному діапазонах.

З

Завмирання (замирание, fading) – послаблення потужності радіосигналу в точці прийому, що обумовлене випадковими коливаннями електричних параметрів атмосфери, а також інтерференцією радіохвиль, що приходять в точку прийому різними шляхами.

Загороджуючий фільтр (заграждающий фильтр, rejection obstructing filter) – пристрій, що не пропускає електричні коливання у визначеній смузі частот.

Заземлення (заземление, grounding) – умисне електричне з'єднання якої-небудь точки мережі, електроустановки або устаткування із заземлюючим пристроєм. Заземлення використовується для замикання електричного ланцюга, для екранування електричних пристроїв від небажаних впливів та для створення безпечних умов роботи.

Залишок наднової (остаток сверхновой, supernova remnant) – викинута під час спалаху наднової оболонка, яка розширюється в міжзоряне середовище і «згрібає» міжзоряний газ. Оболонки заповнені гарячим розрідженим газом ($T \sim 10^6$ K). Залишки наднових існують близько 10^5 років, їхні радіуси досягають 50 пк, вони займають значну частину об'єму галактичного диска. Крім оболонки, внаслідок спалахів наднових II типу (i, можливо, типу Ib) утворюється зоря-

ний залишок – нейтронна зоря, яку спостерігають як *пульсар*. Однак під терміном «залишок наднової» звичайно розуміють саме оболонку. Молоді залишки наднових зберігають відбитки таких індивідуальних особливостей наднової, як хімічний склад та геометрія спалаху. Умови в старих залишках наднових залежать головню від параметрів міжзоряного газу, який оболонка «нагребла» під час розширення. Методами радіоастрономії в нашій Галактиці виявлено понад 130 залишків наднових, з яких близько 40 спостерігають і в оптичному діапазоні. Молоді залишки наднових поділяють на два типи: оболонкові і *плеріони*. У перших радіояскравість зростає від центра до периферії, а радіозображення має вигляд повної або неповної оболонки. У других радіояскравість зростає до центра й оболонкової структури немає. Трапляються і комбіновані залишки наднових, які поєднують особливості обох типів. Фізичною основою відмінностей молодих залишків наднових є наявність або відсутність пульсара. Якщо є пульсар – джерело релятивістських частинок і магнітного поля, то такий молодий залишок наднової стає плеріоном. У процесі послаблення пульсара залишок наднової переходить з плеріона в оболонковий. Отже, всі старі залишки наднових є оболонковими.

Змінність радіовипромінювання позагалактичних об'єктів (переменность радиоизлучения внегалактических объектов, variability of the radio radiation of extragalactic objects). У багатьох позагалактичних радіоджерел – *радіогалактик, квазарів, блазарів (лацертид)* – відзначають зміни густини потоку, які відбуваються на часових масштабах від декількох днів до декількох років. Ряд джерел показує швидку змінність з часовим інтервалом близько декількох годин (interday variability). Для пояснення природи змінності залучається теорія хмари релятивістських частинок, що розширюється, її запропонували Й. С. Шкловський, Келлерман і Пауліні-Тот. Чисельно модель була розроблена Ван дер Лааном. Застосування РНДБ-методів дозволило отримати карти видимого руху компонент у джеті з надсвітловою швидкістю, яка пояснюється релятивістським ефектом при русі хмар під малими кутами до променя зору. Спостерігається зміна проєкції вектора швидкості, а не реальне фізичне переміщення.

Індекс мерехтінь (відносна дисперсія) (індекс мерцаний, flickering index) – визначається зі спостережень за формулою: $m^2 = (I - \langle I \rangle^2) / \langle I \rangle^2$, де I – реєстрована радіотелескопом інтенсивність мерехтливого радіоджерела, $\langle I \rangle$ – середня інтенсивність цього (не мерехтливого) радіоджерела, а кутові дужки означають усереднювання за часом.

Інтерференція (интерференция, interference). У загальному випадку – це хвильове явище, що виникає при накладанні двох або декількох хвиль однакової довжини і складається у сталому за часом їхньому взаємному посиленні в одних точках і послабленні в інших.

Інтерферометр (интерферометр, interferometer) – вимірювальний прилад, у якому використано явище інтерференції електромагнітних хвиль, що надходять від космічного джерела випромінювання. В радіоастрономії інтерферометр – це пристрій, що складається з двох або декількох окремих антен, розташованих на деякій відстані одна від одної. Всі антени приймають випромінювання від одного й того ж джерела і посиляють сигнал на один приймач. Перевага інтерферометрів полягає в тому, що вони усувають фоновий шум, а їх недоліком є те, що вони чутливі до радіовипромінювання тільки від джерел з малими кутовими розмірами.

Інтерферометр градусного масштабу (интерферометр градусного масштаба, Degree Angular Scale Interferometer – DASI) розташований на Південному полюсі (станція Амундсен-Скотт). Він призначений для точних вимірювань температури та поляризації космічного мікрохвильового фону. Працює в діапазоні 26–36 ГГц.

Іонізований водень (ионизированный водород, ionized hydrogen) – (HII) водневий газ, в якому електрони знаходяться окремо від протонів. Нейтральний водневий атом складається з одного протона, який є ядром атома, і одного електрона. Водневі хмари в міжзоряному просторі іонізуються значною мірою через поглинання ультрафіолетових фотонів, які мають досить енергії, щоб відірвати електрони від атомів. Іонізований водень – головна складова областей HII, гаря-

чих хмар, які мають приблизно сферичну форму розміром близько 600 світлових років. Іонізація виникає через інтенсивне ультрафіолетове випромінювання молодих O- і B-зір, що знаходяться всередині таких хмар. Області НП – сильні джерела радіохвиль, що випромінюються вільними електронами, і рекомбінаційних ліній (тобто ліній у спектрі, котрі випромінюються при поверненні електрона до ядра і відновленні нейтрального атома). Одна з найближчих областей НП – велетенська Туманність Оріона. Іонізований водень присутній також в залишках наднових і оболонках планетарних туманностей.

Іоносфера Землі (іоносфера Землі, ionosphere of the Earth) – іонізована частина верхньої атмосфери, що розташована вище 50 км, де густина іонів і електронів достатня, щоб впливати на розповсюдження електромагнітних хвиль. Верхньою границею іоносфери є зовнішня частина *магнітосфери Землі*. Ионосфера являє собою природне утворення розрідженої слабо іонізованої плазми, що знаходиться у магнітному полі Землі та зазнає впливу іонізуючого випромінювання Сонця. Тільки завдяки іоносфері можливе розповсюдження радіохвиль на далекі відстані, оскільки наявність заряджених частинок сприяє відбиттю радіохвиль. Вони відбиваються і від поверхні Землі, і таким чином утворюється своєрідний хвилевод навколо Землі.

У всіх планет і супутників, що мають атмосфери, є шар іоносфери. Іонізація нейтральних складових атмосфери спричиняється ультрафіолетовим і рентгенівським випромінюванням Сонця. Густина електронів змінюється залежно від зенітного кута Сонця, сонячної активності, сонячного циклу, часу доби і пори року. Наявність заряджених частинок в іоносфері створює умови для поширення в ній на великі відстані радіохвиль. Чим вища іонізація, тим коротші радіохвилі відбиває той чи інший шар іоносфери.

Земна іоносфера складається з 4-х шарів: D, E, F₁, F₂.

Шар D розташований на висотах 50–90 км. Окрім сонячного іонізуючого випромінювання вклад в іонізацію цього шару вносять сонячні космічні промені, сонячні протони з енергією 1–100 МеВ і сонячні електрони з енергією 10 кеВ.

Шар Е розташований між висотами 85–90 і 120–140 км. Характеристики залежать від зенітної відстані Сонця і сонячної активності. Іонізація забезпечується рентгенівським випромінюванням Сонця в діапазоні довжин хвиль 8–104 Å. Час від часу на висотах 100–110 км формуються тонкі (0,5–1 км), але порівняно щільні хмари з підвищеною електронною концентрацією (10^5 в 1 см^3), котрі добре відбивають радіохвилі. Це – так званий спорадичний шар E_s.

Шар F₁ розташований між висотами 140 і 230 км. Висота шару змінюється залежно від сонячної і геомагнітної активності, пори року. За наземними іонограмами реєструється *критична частота* шару f_0F_1 і величина електронної концентрації в шарі. Джерело іонізації – сонячне випромінювання з довжиною хвилі 304 Å.

Шар F₂ тягнеться від 200 до 600 км. *Критична частота* змінюється в інтервалі від 1 до 25 МГц. Шар сильно мінливий і залежить від сонячної активності, пори року і широти. Відзначається різке зростання електронної концентрації при сході Сонця. Існують дві аномалії – груднева і зимова. Груднева аномалія – величина критичної частоти в листопаді, грудні і січні систематично більша, ніж в травні, червні і липні. Зимова аномалія на високих і середніх широтах має критичну частоту і електронну концентрацію в 2–4 рази більшу взимку, ніж влітку.

Характеристики іоносферних шарів і динаміка їхніх змін визначають стан іоносферної погоди.

Іоносферні неоднорідності, що переміщуються (ІН) – неоднорідності великих горизонтальних масштабів. Час існування 10–60 хвилин, долають відстані в 1 тис. км. Поява ІН і напрям руху змінюються залежно від часу доби, сезону року і сонячної активності.

К

Канберрський комунікаційний комплекс глибинного космосу (Канберрський коммуникационный комплекс глубокого космоса, Canberra Deep Space Communication Com-

plex – CDSCC) – одна із трьох станцій безперервного зв'язку з космічними апаратами, що досліджують Сонячну систему та її околиці. Розташована у заповіднику Тідбінбілла на південно-західній околиці столиці Австралії Канберри у 20 км від центра міста. Дві інші станції – у Каліфорнії та Іспанії. Канберрська станція працює з 1965 року і зараз має чотири параболічні антени – одна 70 м у діаметрі та три по 34 м, будується ще одна 34-метрова антена. Радіотелескопи отримують сигнали з космічних апаратів та надсилають їм команди. Комплекс забезпечує зв'язок із багатьма місіями: Кассіні біля Сатурна, марсіанські місії, Месенджер біля Меркурія, Нові Горизонти біля Плутона, Вояджер-1 і Вояджер-2.

Каскад посилення (каскад усилення, amplifier stage) – функціональний вузол радіоелектронного пристрою, що містить підсилювальний елемент (наприклад, транзистор) і електрично пов'язаний з попереднім або подальшим вузлами пристрою.

Кассегренівський радіотелескоп (касегреновский радиотелескоп, Cassegrain radio telescope) – радіотелескоп-рефлектор, в якому фокус зображення знаходиться безпосередньо за центральним отвором в первинному дзеркалі.

Кассіопея А (Кассиопея А, Cassiopeia A, 3C 461) – залишок спалаху наднової II типу у Кассіопеї, найпотужніше джерело радіовипромінювання за межами Сонячної системи. Це джерело відкрили англійські радіоастрономи Райл і Сміт у 1948 році. Через кілька років Бааде і Мінковський ототожили його в оптичному діапазоні як слабку туманність, що розширюється зі швидкістю приблизно 800 км/с. Маса оцінюється в декілька сонячних мас. За розрахунками, наднова, що породила Cas A, спалахнула приблизно у 1660 році, але жодних свідчень сучасників немає. Причиною цього може бути несприятливий збіг обставин: Кассіопея вночі низько над горизонтом (це буває навесні), погана погода впродовж максимуму блиску, а сама наднова мала знижений блиск у максимумі, як наднова 1987 А у Великій Магеллановій Хмарі. Відстань до Cas A – 3,4 кпк, кутовий розмір – 6'. Структура залишку оболонкова і містить велике число конденсацій розміром в 7". Час життя конденсацій – 10 років. Розмір обо-

лонки – 4 пк. Швидкість розширення системи конденсацій – 6–7 тисяч км/с. Джерело використовується як калібрувальне в різних каталогах і спостерігається від декаметрових до міліметрових хвиль. Густина радіопотоку Cas A зменшується в інтервалі 0,7–0,88% в рік, у 2004 році вона зрівнялася з потоком іншого потужного калібрувального джерела Cyg A і продовжує зменшуватися. За даними рентгенівських спостережень в центрі залишку виявлений точковий об’єкт – нейтронна зоря – *магнетар*. Під дією сильного магнітного поля у магнетарів відбуваються потужні спалахи рентгенівського і гамма-випромінювання.

КВАЗАР (КВАЗАР, QUASAR) – російська РНДБ система із центром обробки в Санкт-Петербурзі. Охоплює три обсерваторії з однаковими радіотелескопами діаметром 32 метри у Світлому (Ленінградська обл.), Бадарах (Республіка Бурятія), Зеленчукській (САО РАН). Мережа утворює трикутник зі сторонами 2015, 4282 та 4405 км. Робочі довжини хвиль 1,35; 2,6; 3,5; 6,0; 12; 18 і 21 см. Комплекс вирішує астрофізичні, астрометричні, геодинамічні та ефемеридні задачі. Роботу розпочав у 2007 році. Такі системи, крім чисто радіоінтерферометричного обладнання, мають також радіотехнічні та світлодалекомірні системи для спостереження навігаційних і геодезичних штучних супутників Землі.

Квazar 3C 273 (квazar 3C 273, quasar 3C 273) – $\alpha_{2000.0} = 12^h29^m$; $\delta_{2000.0} = +2^\circ3'$ – одне з найбільш відомих потужних радіоджерел. Його червоне зміщення z дорівнює 0,158, а відстань до нього ≈ 697 Мпк (при сталій Хаббла 68 км/(с×Мпк)). Це одне з перших радіоджерел, в спектрі якого був виявлений високочастотний надлишок, а незабаром була встановлена змінність радіовипромінювання. Характерний час змінності складає декілька місяців. Звідси витікає, що кутові розміри областей спалахів складають приблизно 0,1 мс дуги. Густина потоків радіовипромінювання окремих спалахів досягає десятків янських. Квazar, окрім компактного ядра, містить викид на відстані 19,5" від ядра та має розмір 10"×2". Спектральний індекс викиду дорівнює -0,653. Викид містить щільні компоненти, розмір яких дорівнює $\sim 0,5''$, спектральний індекс протяжної частини викиду рівний -2. Радіоінтерфе-

ренційні спостереження на метрових хвилях з кутовим розрізненням $0,1''$ дозволили виділити гало квазара. Дослідження квазара на міжконтинентальних базах з розрізненням ~ 1 мс на довжині хвилі 6 см дозволили виділити дві компоненти на відстані 7 мс одна від одної. Між ними знаходиться ядро розміром $\sim 0,4$ мс.

Квазари (квазари, quasars), (скорочене від quasi-stellar radio source – квазізоряне радіоджерело) – позагалактичні об'єкти, які мають зореподібні зображення і сильні емісійні лінії з великим червоним зміщенням у спектрі.

Квазари виявлені в 1963 р. як джерела радіовипромінювання. Згодом було виявлено квазаги, які за оптичними характеристиками не відрізняються від квазарів, проте не мають радіовипромінювання. Сьогодні обидва типи об'єктів називають квазарами: перші – радіоголосними (або радіоактивними), а другі – радіотихими (або радіоспокійними). Радіоголосні квазари становлять декілька відсотків від загальної кількості квазарів.

У спектрах багатьох квазарів, крім емісійних ліній, є одна або декілька систем ліній поглинання, червоні зміщення яких менші, ніж в емісійних лініях. Ці лінії поглинання формуються на шляху між квазаром і спостерігачем. Квазари мають найвищі світності серед усіх об'єктів Всесвіту, наприклад, потужність випромінювання квазара S5 0014+81 в оптичному діапазоні перевищує у 5×10^{14} разів світність Сонця. Висока світність квазарів дає змогу спостерігати їх на дуже великих відстанях. Виявлено квазари з червоним зміщенням $z > 4$.

Квазари виявляють змінність у широкому діапазоні тривалості циклів – від кількох днів до кількох років. Амплітуда змінності в фільтрі B звичайно $0,5\text{--}1,5^m$, хоча у деяких квазарів вона не перевищує $0,1^m$. Часто квазари вважають різновидом галактик з активними ядрами.

Кембриджська радіоастрономічна обсерваторія, Маллардська радіоастрономічна обсерваторія (Кембриджская радиоастрономическая обсерватория, Cambridge Observatory, Mullard Radio Astronomy Observatory) – розташована поблизу Кембриджа (70 км на північ від Лондона). Має кілька

великих радіотелескопів апертурного синтезу, у тому числі 5-кілометровий телескоп Райла та антенні ґрати для спостережень мікрохвильового фону. Крім того, є параболічна антена діаметром 32 м, що входить у систему *MERLIN*. На цій обсерваторії, починаючи з 1950 року, були створені всесвітньовідомі каталоги радіоджерел: 1С і 2С на частоті 81,5 МГц; 3С (159 МГц); 3CR, 3CRR та 4С (178 МГц); 5С (408 та 1407 МГц); 6С і 7С (151 МГц); 8С (38 МГц) та 9С (15 ГГц). У Кембриджі в 1967 році Джоселін Белл, аспірантка проф. Х'юіша, відкрила перший пульсар. Маллардською обсерваторія називається після отримання 100 тис. фунтів стерлінгів від компанії Mullard.

Кембриджські каталоги (Кембриджские каталоги, Cambridge catalogues) – найвідоміший із них каталог 3CR. Його основою був 3С, виконаний в Кембриджі на частоті 159 МГц з допомогою складної інтерферометричної системи. Попередником 3С був огляд 2С, зроблений на тому самому інструменті на частоті 81,5 МГц з удвічі меншим розрізненням по обох координатах. Каталог 2С містить 1936 джерел, але, як виявилось, внаслідок низької роздільної здатності більшість джерел цього каталогу нереальні, а є блендами через одночасне попадання двох або декількох джерел в діаграму антени. Крім того, густини потоків і кутові координати джерел цього каталогу також помилкові. Виключення складають тільки найпотужніші джерела. Каталог 3С (розрізнення в 2 рази більше), в якому знаходиться 471 об'єкт, значно кращої якості. Тим не менш, через недостатню роздільну здатність є доволі великі похибки в положенні та густині потоків радіоджерел.

Для зменшення похибки в координатах був зроблений додатковий огляд на частоті 178 МГц з допомогою великого циліндричного параболоїда. Вузька у напрямку схід – захід діаграма спрямованості цієї антени виключала майже всі неточності початкового каталогу 3С. Результати обох оглядів зібрані в один найбільш достовірний каталог радіоджерел – ревізований 3С або каталог 3CR.

Кілометрові хвилі (километровые волны, kilometer waves) – те ж саме, що й *довгі хвилі*.

Кільцева антена (кольцевая антенна, circular antenna) – радіотелескоп у формі кільця, наприклад, російський *PATAN 600*.

Класифікація радіоґалактик (классификация радиогалактик, classification of radio galaxies). Фанарофф (Fanaroff R. L., Південноафриканська республіка) та Джулія Райлі (Riley, Кембридж, Англія) запропонували просту класифікацію протяжних позаґалактичних радіоджерел на основі їх морфології: FR II і FR I. Радіоґалактики типу FR II – це класичні подвійні радіоґалактики зі збільшенням яскравості протяжної радіоструктури по краях поблизу гарячих радіоплям. Радіоґалактики типу FR I – неправильної форми, меншого розміру і зі збільшенням яскравості протяжної радіоструктури до центра «головної» галактики. Обидва типи радіоґалактик розрізняються і потужністю випромінювання в радіодіапазоні. У FR II часто спостерігаються односторонні протяжні вузькі радіовикиди, яких немає у радіоґалактик типу FR I. Крім того, FR II мають сильніші змінні радіоядра. Ще однією відмінністю між FR II і FR I є різна ймовірність їх входження у відносно недалеке скупчення галактик. FR II уникають попадання в центральні області скупчень, багатих газом, а FR I – навпаки, частіше ототожнюються з масивними центральними галактиками скупчень.

Коаксіальний кабель (коаксиальный кабель, coaxial cable, від лат. со (sum) – спільно і axis – вісь) – кабель, в якому обидва провідники струму, що утворюють електричний ланцюг, є двома співвісними циліндрами. Коаксіальний кабель застосовується для передачі електричних сигналів в лініях телекомунікації, в облаштуваннях антенних фідерів радіоелектронної і телевізійної апаратури, між блоками радіотехнічної апаратури і т. д. Електромагнітне поле коаксіального кабелю зосереджене в просторі між провідниками струму, тобто зовнішнього поля немає, і тому втрати на випромінювання в простір, що оточує коаксіальний кабель, практично відсутні. Оскільки зовнішній провідник одночасно служить електромагнітним екраном, що захищає електричний ланцюг струму від впливів ззовні, коаксіальний кабель має високу заводозахищеність і має відносно малі втрати енергії сигналів, що передаються.

Когерентні коливання (когерентные колебания, coherent oscillations vibration) – коливання, що погоджено протікають в часі, тобто між фазами яких є незмінне співвідношення.

Коефіцієнт посилення антени (коэффициент усиления антенны, antenna gain) – добуток G коефіцієнтів корисної дії (ККД) антени η і спрямованої дії D : $G = D\eta$; D характеризує виграш потужності в заданому напрямі (у напрямі максимуму), або міру спрямованості радіотелескопа. Коефіцієнт посилення дорівнює відношенню потужності, яка випромінюється в одиниці тілесного кута (θ , ϕ) в напрямі максимуму ($D_{\max}$) діаграми спрямованості, до середньої потужності електромагнітних хвиль, що їх антена випромінює в усіх напрямках.

Колірна температура (цветовая температура, color temperature) – температура абсолютно чорного тіла, в якого відносний розподіл енергії у деякій ділянці спектра такий самий, як і у спостережуваного тіла.

Комбіновані ґрати міліметрового діапазону (комбинированная решетка миллиметрового диапазона, Combined Array for Research in Millimeter-wave Astronomy – CARMA) розташовані поряд із радіоастрономічною обсерваторією *Оуенс-Веллі*. Це масив із 23 антен (6 антен по 10,4 метри у діаметрі, 9 антен по 6,1 метри та 8 антен по 3,5 метри), що досліджують космічний мікрохвильовий фон та скупчення галактик на частотах від 30 ГГц ($\lambda = 1$ см) до 100 ГГц ($\lambda = 3,3$ мм).

Компактне радіоджерело (компактный радиоисточник, compact radio source) – радіоджерело, що має малі кутові розміри і велику яскравість у ділянці коротких хвиль.

Корелятор (коррелятор, correlator) – електронний пристрій, що становить частину системи кореляційного телескопа. У ньому виконується перемножування сигналів від кожної пари антен *радіоінтерферометра*.

Кореляційний телескоп (корреляционный телескоп, correlation telescope) – радіотелескоп, в якому напруга від двох окремих антен перемножується і усереднюється, щоб відокремити природний космічний сигнал від локальних перешкод. Ця методика лежить в основі побудови *радіоінтерферометрів*.

Корональні викиди маси (корональные выбросы массы, Coronal Mass Ejection – CME) – найбільш потужні прояви сонячної активності. Це – великомасштабні магніто-плазмові структури, що поширюються від Сонця. У перехідній зоні і нижній короні супроводжуються спалахами і еруптивними протуберанцями. Під час руху в короні супроводжуються ударними хвилями, прискореними частинками і радіосплесками. Найбільш потужні CME залишають Сонце і поширюються в геліосфері. В період максимуму сонячної активності може відбуватися до 6 CME в день. Радіосплески II типу вказують на їх наявність. Практично всі CME пов'язані із сплесками цього типу. Сплески IV типу показують рух CME в короні.

Короткі хвилі (короткие волны, short waves) – радіохвилі довжиною від 100 до 10 м (частота від 3 до 30 МГц). Вони широко використовуються у радіоастрономії, але з довжиною хвилі зростає відбиття від іоносфери, що сприяє земному радіозв'язку.

Космічна погода (космическая погода, space weather) – термін поширився в 90-х роках XX століття, він охоплює найбільш важливі аспекти науки про сонячно-земні зв'язки. Поєднує фізику Сонця, Сонячної системи з геофізикою і займається дослідженням впливу сонячної змінності і сонячної активності через міжпланетне середовище на Землю, зокрема на магнітосферу, іоносферу, атмосферу Землі. До космічної погоди належить динамічна (з характерними часом – доба і менше) частина сонячно-земних зв'язків, а по аналогії із земними процесами більш стаціонарна частина часто називається «космічним кліматом». До тематики космічної погоди належать питання прогнозу сонячної і геомагнітної активності, дослідження дії сонячних чинників на радіозв'язок, радіоперешкоди, радіаційну обстановку, біологічні системи і людей. Одним з перших вжив поняття і словосполучення «космічна погода» О. Л. Чижевський в одній із своїх публікацій початку XX століття. Прояви космічної погоди характерні для усіх планет з магнітосферами. Для різних аспектів космічної погоди запроваджені шкали: G – геомагнітні бурі, S – сплески сонячної радіації, R – порушення радіозв'язку. Усі вони

мають систему балів: 5 – екстремальний (extreme), 4 – жорсткий (severe), 3 – сильний (strong), 2 – помірний (moderate) і 1 – малий (minor).

Космічне радіовипромінювання (космическое радиозлучение, cosmic radio radiation) – радіовипромінювання космічних об'єктів. Вивчення космічного радіовипромінювання має велике значення для з'ясування фізичних умов і процесів у космосі, структури космічних небесних тіл (галактик, квазарів тощо), космічних магнітних полів, температур, швидкостей речовини та ін. Для радіохвиль у діапазоні 0,02–30,00 м земна атмосфера прозора (*радіовікно*), тому космічне радіовипромінювання засобами радіоастрономії можна реєструвати незалежно від погоди і часу доби. Умови генерації космічного радіовипромінювання, його поширення і поглинання відрізняються від оптичного, тому «радіонебо» має зовсім інший вигляд. Для космічного радіовипромінювання не є перешкодою міжзоряні хмари, тому можна, наприклад, спостерігати центральну частину Галактики, спіральні рукави.

Є кілька механізмів генерування космічного радіовипромінювання.

1. *Теплове* – випромінює будь-яке тіло. Залежність потоку випромінювання від частоти ν і температури T задає закон випромінювання *Планка*.

2. *Магнітогальмівне (циклотронне)* космічне радіовипромінювання генерують не дуже швидкі електрони, що рухаються поперек силових ліній космічних магнітних полів. За цих умов сила Лоренца змушує електрони рухатися спіралями навколо силових ліній з так званою гіромагнітною частотою $\nu_2 = eB/(2\pi mc)$, де e – заряд електрона; m – його маса; B – магнітна індукція; c – швидкість світла. На цій частоті і випромінює космічне джерело.

3. *Синхротронне* космічне радіовипромінювання генерується тоді, коли електрони рухаються в магнітному полі з релятивістськими швидкостями (близькими до швидкості світла).

4. Випромінювати радіохвилі може водень (найпоширеніший у Всесвіті елемент) під час переходів електронів між

близькими високими рівнями в атомах (наприклад, з рівня $n = 100$ на рівень $n = 99$). До того ж нейтральний водень випромінює кванти в радіодіапазоні під час переорієнтації спіну електрона (перехід між рівнями надтонкої структури), що дає широко відоме випромінювання на довжині хвилі 21 см. Усі ці механізми дають космічне радіовипромінювання, що відрізняється потужністю, розподілом енергії за частотою, поляризацією.

Дослідження космічного радіовипромінювання дало змогу виявити спіральні рукави Галактики, вивчити дуже віддалені ділянки Всесвіту, куди оптичні телескопи не досягають. Завдяки аналізу космічного радіовипромінювання відкрито *радіогалактики, квазари, пульсари, космічні мазери, радіозорі, реліктове випромінювання*.

Крабоподібна туманність (Крабовидная туманность, Crab Nebula, M 1, NGC 1952) – маса газу неправильної форми в сузір'ї Тельця, що розширюється. Вважається залишком наднової I типу (плеріоном), світло від якого дійшло до Землі у 1054 р. (відстань 2 кпк). Крабоподібна туманність є потужним радіоджерелом (Телець А), а її видиме випромінювання сильно поляризоване. У Крабоподібній туманності є пульсар, що має найкоротший період (0,0331 с) серед відомих пульсарів. Розміри об'єкта – $3' \times 2'$. Залишок сформував асиметричний вибух в порожнечі. Відмічається розширення залишку із швидкістю 1000 км/с з прискоренням. Оболонка складається з волокон і аморфної маси. Джерелом накачування енергії в залишок є пульсар. Не відмічається помітного вікового зменшення потоку. Густина потоку на метрових і дециметрових хвилях складає тисячі янських. Компактне радіоджерело в центрі залишку пов'язане з пульсаром і дає вклад в потік 30-50% на метрових хвилях, на дециметрових і сантиметрових хвилях його доля різко падає. У джерелі відмічалися велетенські спалахи. Використовується для «радіопросвічування» сонячної корони.

Критична частота (критическая частота, critical frequency) – найвища частота, за якої ще відбувається відбиття радіохвиль.

Кут розкриття діаграми спрямованості (угол раскрытия диаграммы направленности, aperture angle of a beam) – кут, що дорівнює кутовій ширині *головної пелюстки* діаграми спрямованості, в межах якої потужність випромінювання складає не менше половини потужності від максимальної.

Л

Лацертиди (лацертиды, BL Lacertae objects) – зараз ці об'єкти звичайно називають *блазарами*.

Лебідь А (Лебедь А, Cygnus A) – 3C405; $\alpha_{2000.0} = 19^h59,5^m$; $\delta_{2000.0} = +40^\circ44'$ – потужне подвійне радіоджерело, третє за інтенсивністю із небесних радіоджерел (після Сонця і Кассіопеї А). Ототожнюється із далекою пекулярною сD-галактикою. Є також джерелом рентгенівського радіовипромінювання. Лебідь А є калібрувальним радіоджерелом, його густина потоку на частоті 10 МГц дорівнює 13500 Ян. Лебідь А ототожнений в 1951 році з еліптичною галактикою 16-ої зоряної величини. Червоне зміщення галактики $z = 0,057$. Газопиловий шар у центрі галактики обумовлює характерне роздвоєння її оптичного зображення. Оптичними методами виявлено випромінювання сильно іонізованої плазми в області ядра галактики. Галактика обертається навколо осі, що лежить в картинній площині і спрямована уздовж прямої, що сполучає два яскраві компактні компоненти радіовипромінювання, кутова відстань між якими близько $2'$ (приблизно 80 кпк). Верхня межа швидкості розльоту компонентів дорівнює 0,02 швидкості світла. У ядрі галактики виявлено компактне радіоджерело з плоским спектром. Повна радіосвітність домінуючої в радіовипромінюванні подвійної структури – близько 3×10^{44} ерг/с і порівнянна з радіосвітністю подвійних структур багатьох квазарів.

Лебідь Х-1 (Лебедь X-1, Cygnus X-1) входить до складу масивної подвійної системи, розташованої на відстані приблизно 6 тисяч світлових років від Сонця. Один з її компонентів – чорна діра масою близько 10 сонячних. Також в систему

входить блакитний надгігант зі змінним блиском, позначений HDE 226868. Об'єкти знаходяться на відстані 0,2 а. о. один від одного. Зоряний вітер надгіганта дає матеріал для акреційного диска навколо рентгенівського джерела. Внутрішня частина диска, розігріта до мільйонів кельвінів, генерує спостережуване рентгенівське випромінювання. Частина речовини виноситься в міжзоряний простір двома джетами, що б'ють перпендикулярно до диска. З часу свого відкриття (у 1964 році) джерело Лебідь X-1 активно вивчається в самих різних діапазонах – від радіо- до рентгенівського. Кандидат у чорні діри Лебідь X-1, ймовірно, сформувався без вибуху яскравої наднової.

Лінзова антена (линзовая антенна, lens antenna) – антенний пристрій, що працює за принципом оптичної лінзи, тобто здійснює перетворення форми фазового фронту електромагнітної хвилі.

Логоперіодична антена (логопериодическая антенна, log-periodical antenna) – антена, що складається з n вібраторів, які утворюють дві напівструктури, накладені одна на одну. Обидві напівструктури збуджуються двопровідною лінією передачі, що перехрещується. Прийнято вважати, що число активних вібраторів, які утворюють активну зону, не більше п'яти. Зона випромінювання ніби переміщається вдовж антени при зміні частоти.

Лоуб (лоуб, lobe) (частка, лопать, скибка) – булавоподібне розширення, зазвичай, на кінці джета.

Λ CDM – скорочена назва сучасної моделі Всесвіту, котра вимагає запровадження *темної енергії* – Λ та холодної (адже вона нічого не випромінює) *темної матерії* – cold dark matter (CDM).

М

Магнетар або **магнітар** (магнетар, magnetar) – нейтронна зоря, що має виключно сильне магнітне поле (до 10^{15} гаусс). Теоретично існування магнетарів було передба-

чене в 1992 році, а перше свідоцтво їх реального існування отримане в 1998 році при спостереженні потужного спалаху гамма- і рентгенівського випромінювання від джерела SGR 1900+14 в сузір'ї Орла. На 2016 рік їх відомо більше 20. Час життя магнетарів складає близько 1 млн. років. В них спостерігаються найсильніші магнітні поля у Всесвіті. Потужні вибухи енергії в них можуть бути викликані «зоретрясіннями», коли розривається тверда поверхня нейтронних зір, і з їх надр вириваються потужні потоки протонів, які при гальмуванні в магнітному полі генерують гамма- і рентгенівське випромінювання. Після величезного гамма-спалаху 5 березня 1979 року в магнетарі було викинуто стільки енергії впродовж першої ж секунди, скільки Сонце випромінює за 1000 років. Діаметри магнетарів складають близько 20–30 км, проте маси більшості з них перевищують масу Сонця. У нашій Галактиці за весь час її існування їх могло сформуватися до 30 мільйонів. Магнетари утворюються з масивних зір з початковою масою близько 40 мас Сонця. Вважається, що компактний об'єкт в залишку наднової Кассіопея А є магнетаром і впливає на формування оболонки.

Магнітна буря (магнитная буря, magnetic storm) – швидкі зміни за величиною і напрямком вектора напруженості магнітного поля в даній точці. Спостерігаються в усіх планет, що мають магнітосфери, і спричинені дією високошвидкісних потоків сонячного вітру від сонячних спалахів і корональних дір. Деякі бурі мають 27-денну повторюваність через обертання Сонця. Основні фази магнітної бурі: раптовий початок, початкова фаза, головна фаза, фаза відновлення. Геомагнітні бурі спричиняють іоносферні збурення, що супроводжуються погіршенням умов радіоастрономічних спостережень на декаметрових хвилях і порушенням радіозв'язку. Магнітні бурі тривають від годин до кількох діб.

Магнітосфера Землі (магнитосфера Земли, magnetosphere of the Earth). Плазмові потоки сонячного вітру при взаємодії з магнітним полем обтікають його, створюючи область простору під назвою магнітосфера. Звернена до Сонця границя магнітосфери Землі перебуває на відстані в середньому 10–12 радіусів від її центра, а при підвищеній соняч-

ній активності ближче, до 6–8 радіусів Землі. Ззовні магнітосфера оточена магнітопаузою, товщина якої 100–200 км. Область, що оточує магнітопаузу, містить плазму сонячного вітру і називається перехідною областю. На нічній стороні магнітосфера видовжена в протяжний геомагнітний хвіст, який тягнеться до відстаней у тисячу радіусів Землі. Під час магнітних бур у хвості магнітосфери відбувається перезамикання магнітних силових ліній, і виникає низькочастотне радіовипромінювання. Район магнітосфери в кожній з полярних областей містить воронку, що називається полярним каспом. Через нього відбувається проникнення частинок сонячного вітру в магнітосферу. Тут розташовується область полярних сьйв. Вісь магнітного поля Землі нахилена на 11 градусів до осі обертання та проходить на відстані 530 км від центра нашої планети. В результаті обертання Землі і її руху по орбіті магнітосфера міняє своє положення в просторі.

Магнітосфера Меркурія (магнитосфера Меркурия, magnetosphere of Mercury). Меркурій має магнітне поле, напруженість якого, за результатами вимірювань «Марінера-10», приблизно в 100 разів менша земної і складає ~300 нТл. Магнітне поле Меркурія має дипольну структуру і вкрай симетричне, а його вісь всього на 10 градусів відхиляється від осі обертання планети. Магнітне поле Меркурія, можливо, утворюється в результаті ефекту динамо. Результати спостережень, отримані «Марінером-10», вказують на існування низькоенергетичної плазми в магнітосфері з нічного боку планети. У «підвітряному» хвості магнітосфери були виявлені сплески високоенергетичних частинок, що вказує на динамічні властивості магнітосфери. Під час прольоту поблизу планети в 2008 році космічний апарат «Мессенджер» виявив, що магнітне поле Меркурія може мати значну кількість «вікон» – зон з пониженою напруженістю магнітного поля. Прилади космічного апарата виявили явище магнітних вихорів – сплечених вузлів магнітного поля. Вихор досягав 800 км у поперечнику, що складає третину радіуса планети. Така вихрова форма магнітного поля породжується сонячним вітром. Оскільки сонячний вітер обтікає магнітне поле планети, силові лінії магнітного поля зв'язуються з плазмою

сонячного вітру і захоплюються ним, завиваючись у вихороподібні структури. Ці вихори магнітного поля формують «вікна» в планетарному магнітному щиті, через які заряджені частинки сонячного вітру проникають крізь нього і досягають поверхні Меркурія. Меркурій має всі ознаки власної магнітосфери за винятком плазмосфери і радіаційного поясу.

Магнітосфера Нептуна (магнітосфера Нептуна, magnetosphere of Neptune). Дослідження, проведені космічним апаратом «Вояджер-2», виявили наступне. Нахил магнітної осі до осі обертання складає $46,8^\circ$. При цьому вісь обертання нахилена до площини орбіти на 29° . Вісь магнітного диполя відхилена на 14 тис. км від центра планети, а центр диполя – на 6 тис. км у південну півкулю.

Магнітосфера Сатурна (магнітосфера Сатурна, magnetosphere of Saturn). Магнітосфера Сатурна відкрита космічним апаратом «Піонер-11» в 1979 році. Магнітне поле є майже дипольним так само, як і у Землі, з північним і південним магнітними полюсами. Північний магнітний полюс знаходиться в північній півкулі, а південний – в південній. За розмірами магнітосфера Сатурна поступається тільки магнітосфері Юпітера. Магнітопауза – межа між магнітосферою Сатурна і сонячним вітром – розташована на відстані близько 20 радіусів Сатурна від його центра, а хвіст магнітосфери простягається на сотні радіусів. Магнітосфера Сатурна наповнена плазмою, що продукується планетою і її супутниками. Серед супутників найбільшу роль грає Енцелад, гейзери якого викидають водяну пару, частина якої іонізується магнітним полем Сатурна. Нахил осі магнітного диполя до осі обертання складає $0,5^\circ$. Взаємодія між магнітосферою Сатурна і сонячним вітром генерує яскраві овали полярного сяйва навколо полюсів планети, спостережувані у видимому, ультрафіолетовому та інфрачервоному світлі. Радіаційні пояси Сатурна складаються з декількох зон тороїдальної конфігурації із зовнішнім радіусом 20–22 радіусів Сатурна. У радіаційних поясах містяться порожнини на орбітах супутників. Зоною уникання радіаційних поясів є також кільця планети. Взаємодія плазмових торів з магнітосферою і супутниками створює низькочастотне радіовипромінювання,

що приймається космічними апаратами. Найбільш потужні імпульси низькочастотного радіовипромінювання йдуть від кілець. Можливо, вони пов'язані із статичними розрядами через зіткнення фрагментів кілець. Джерела низькочастотного радіовипромінювання пов'язані з плазовими торами, що створюються супутниками Титаном, Енцеладом, Тефією і Діоною.

Магнітосфера та іоносфера Венери (магнитосфера и ионосфера Венеры, magnetosphere and ionosphere of Venus). Венера має наведену сонячним вітром магнітосферу. Перші дослідження взаємодії сонячного вітру з Венерою, виконані в 1967 році на АМС «Венера-4» і «Марінер-5», не виявили слідів власного магнітного поля Венери і дозволили лише встановити верхню межу для магнітного моменту планети. АМС «Венера-9», «Венера-10» в 1976 році виявили протяжний магнітний хвіст, топологія якого нагадує топологію хвоста власної магнітосфери, але орієнтація магнітного поля в ньому повністю визначається міжпланетним магнітним полем (ММП). Наведена магнітосфера Венери була детально досліджена АМС «Венера-9», «Венера-10» і «Піонер-Венера». На денній стороні індуковані в іоносфері лоренцівські електричні струми екранують її від проникнення ММП (магнітне поле в іоносфері $\sim 10^{-5}$ Гс). Іоносфера має різку межу – іонопаузу, і перед нею поле лоренцівських струмів створює магнітний бар'єр ($\sim 8 \times 10^{-4}$ Гс), який гальмує плазму сонячного вітру. Окремі силові трубки з магнітного бар'єра можуть проникати всередину іоносфери, де в них збуджується поздовжній струм, в результаті якого трубки згортаються в магнітні джгути. На нічній стороні лінії магнітного поля, огинаючи іоносферу, витягуються в напрямі від Сонця, утворюючи магнітний хвіст. Орієнтація струмового шару в цьому хвості визначається напрямом ММП. Плазові процеси в магнітосфері та іоносфері можуть бути джерелом низькочастотних радіовипромінювань.

Магнітосфера та іоносфера Марса (магнитосфера и ионосфера Марса, magnetosphere and ionosphere of Mars). Марс власного магнітного поля не має, його магнітосфера є наведеною та існує завдяки дії сонячного вітру. На взаємо-

дію сонячного вітру з Марсом істотно впливають атмосфера та іоносфера планети. У періоди потужних потоків сонячного вітру магнітопауза опускається до іоносферних висот. Космічні апарати «Марс-2», «Марс-4» і «Марс-6» досліджували іоносферу і показали, що інтенсивність іонізації, висотна структура іоносфери і висота максимумів іонізації сильно залежать від висоти Сонця. Іоносфера має два максимуми іонізації, розташованих на різних висотах. При цьому висота нижнього максимуму іонізації практично залишалася постійною (~110 км). Концентрація електронів у нижньому максимумі спадала зі зменшенням висоти Сонця. У головному максимумі іонізації концентрація електронів вдень складала $1,7 \cdot 10^5$ в 1 см^3 . Денна іоносфера має значно більшу протяжність, ніж нічна, і простежується в діапазоні висот від 90 до 500 км.

Магнітосфера Урана (магнітосфера Урана, magnetosphere of Uranus). Магнітосфера Урана досліджена космічним апаратом «Вояджер-2». Вона виявилася вкрай незвичайною і складною, схожа на магнітний штопор. Дипольний момент Урана перевершує земний у 50 разів. Вісь магнітного поля нахилена до осі обертання на 59° і на 8 тисяч км зміщена від осі обертання до північного полюса. Магнітне поле, окрім дипольної, має сильні квадрупольні і октупольні складові. Виміри з космічного апарата радіовипромінювання магнітосфери показали період обертання 17 годин 14,4 хвилини. Радіаційні пояси планети показують складну взаємодію із супутниками, полярність магнітного поля на їх орбітах змінюється кожні 8,62 години. Магнітний хвіст магнітосфери тягнеться на мільйони км і її обертанням закручується в штопор. На Урані добре розвинені полярні саява, які видно як яскраві дуги навколо обох полюсів.

Магнітосфера Юпітера (магнітосфера Юпітера, magnetosphere of Jupiter). Магнітосфера Юпітера найпротяжніша в Сонячній системі. Якби її можна було спостерігати із Землі, вона б займала на небі простір, у п'ять разів більший, ніж повний Місяць. Диполь нахилений приблизно на 10° відносно осі обертання Юпітера; цей нахил близький до земного ($11,3^\circ$). З сонячного боку положення ударної хви-

лі відмічене на відстані 50–100 радіусів планети. З нічного боку утворюється «магнітохвіст» протяжністю до декількох астрономічних одиниць, досягаючи орбіти Сатурна, його щільна частина – до 160 радіусів планети. Найближча частина магнітосфери – до 20 радіусів – обертається разом з дипольною складовою магнітного поля з періодом 9 год. 55 хв. 29,7 сек. Розмір радіаційних поясів у 100 разів більший за земні. По радіовипромінюванню Юпітера був визначений точний період його обертання. Магнітосфера Юпітера – велетенський прискорювач заряджених частинок. Радіаційні пояси Юпітера мають складну структуру. Супутник Іо знаходиться у внутрішньому радіаційному поясі і разом з Юпітером утворює електричний генератор. У струмовій трубці, що сполучає іоносферу Юпітера та Іо, тече струм $3\text{--}5 \times 10^6$ А. Він розігріває поверхню супутника, створюючи його підвищене теплове радіовипромінювання. Космічними апаратами зареєстровано радіовипромінювання в діапазоні від 0,3 до 30 км, що виходить з плазмового тора на орбіті Іо. Юпітер оточений іоносферою протяжністю 3000 км.

Області полярних сьайв складаються з трьох головних компонентів: основна, найбільш яскрава область (менше 1000 км завширшки), розташована приблизно в 16° від магнітних полюсів; гарячі плями – сліди магнітних силових ліній, що сполучають іоносферу супутників з іоносферою Юпітера; області короточасних викидів, розташованих усередині основного кільця. Випромінювання полярних сьайв були виявлені майже в усіх частинах електромагнітного спектра від радіохвиль до рентгенівських променів (до 3 кеВ), проте вони найбільш яскраві в середньому інфрачервоному діапазоні (довжина хвилі 3–4 мкм і 7–14 мкм) і глибокій ультрафіолетовій області спектра (довжина хвилі 80–180 нм).

Усі Галілеєві супутники мають тонкі атмосфери з поверхневим тиском у діапазоні від 0,01 до 1 нанобар, але при цьому мають значну *іоносферу* з густиною електронів від 1000 до 10000 см⁻³. Ротаційна холодна плазма магнітосфери Юпітера частково відводиться завдяки струмам, що створюються їх іоносферою, і виникають структури, які іменуються «альфвенівськими крилами». Взаємодія великих супутників

з ротаційними потоками нагадує взаємодію сонячного вітру з планетами без магнітного поля – такими, як Венера. Існують газові та плазмові тори поблизу орбіт галілеєвих супутників, і серед них тор Іо найбільш помітний. По суті галілеєві супутники (в основному Іо) служать основними джерелами плазми в юпітеріанській внутрішній і середній магнітосфері. Між тим, енергетичні частинки не залежать від альфвенівських крил і мають вільний доступ до поверхні супутників.

Унікальне явище в магнітосфері під час зіткнення з кометою Шумейкерів – Леві сталося 16–22 липня 1994 року. Випадання фрагментів комети викликало збурення в радіаційних поясах. Впродовж 4–7 діб відмічалось підвищення на 20–30% синхротронного випромінювання на дециметрових хвилях. Картографування на VLA показало асиметрію зображення на $\lambda = 20$ і 90 см.

Мазери космічні (мазери космические, cosmic masers, maser, скор. від microwave amplification by stimulated emissions of radiation – підсилення мікрохвиль за допомогою індукованого випромінювання) – космічні об'єкти, що є потужними джерелами мазерного випромінювання. Перший мазер відкрито в 1965 році, лабораторний створено в 1951 році. Мазери визначають за мазерним випромінюванням у радіолініях молекул. Дотепер виявлено мазерні лінії молекул H_2O , OH , SiO , CH , NH_3 , HCN та інші. У цих лініях немає кореляції між інтенсивністю і шириною лінії: інтенсивність надзвичайно висока і водночас ширина дуже мала. Інтенсивність випромінювання відповідає *яскравісній температурі* 10^{10} – 10^{16} К, а ширини ліній свідчать про те, що кінетична температура газу у випромінювальних зонах становить від кількох десятків до кількох тисяч градусів.

Мазерний ефект виникає в середовищі, де є інверсія заселеності енергетичних рівнів, тобто на верхньому рівні мазерного переходу перебуває більше молекул, ніж на нижньому. В цьому випадку вимушене випромінювання перевищує поглинання, і сигнал, що поширюється в середовищі, експоненціально посилюється. Механізм, що забезпечує перезаселеність верхнього рівня мазерного переходу, називають накачуванням. Для мазерів розглядають радіативний і хімічний механізми накачування.

У нашій і сусідніх галактиках виявлено декілька сотень мазерів. Звичайно їх поділяють на два головні типи. Мазери першого типу пов'язані з О-зорями і В-зорями, що формуються. Це яскраві конденсації розмірами 10^8 – 10^{10} км, розташовані безпосередньо поряд із компактними зонами III і джерелами ІЧ випромінювання. У фрагментах туманностей з розмірами 10^{11} – 10^{12} км може простежуватися декілька сотень таких конденсацій. Мазери другого типу містяться в протяжних оболонках червоних гігантів і надгігантів високої світності, ІЧ випромінювання яких і забезпечує накачування. Якщо зоря змінна, то зміни її ІЧ блиску супроводжуються також змінами інтенсивності мазерного випромінювання. Слабке мазерне випромінювання молекул виникає навіть у хмарах міжзоряного середовища. Світність галактичних мазерів становить 10^{-9} – 10^{-5} світності Сонця. Світність деяких позагалактичних мазерів перевищує болометричну світність Сонця, тобто їхня потужність на 6–7 порядків більша, ніж потужність галактичних мазерів. Такі мазери називають мегамазерами.

Макса Планка радіоастрономічний інститут (Макса Планка радиоастрономический институт, Max-Planck Radio Astronomy Institute) створений у 1966 році. У 1972 р. став до ладу 100-метровий радіотелескоп біля Еффельсбергу (Німеччина) за 40 км на південний захід від Бонна. Працює в діапазоні від 1 до 21 см (30–1,4 ГГц). Кутове розрізнення $35''$ при $\lambda = 1,25$ см; $1,2'$ при $\lambda = 3$ см; $2,5'$ при $\lambda = 6$ см.

Максвелла радіотелескоп (Максвелла радиотелескоп, James Clerk Maxwell telescope – JCMT) розташований в обсерваторії Мауна-Кеа на о. Гавайї на висоті 4092 м над рівнем моря. Діаметр дзеркала 15 м і працює він у субміліметровому діапазоні на частотах до 400 ГГц ($\lambda \geq 0,75$ мм). Здійснює спостереження як у межах Сонячної системи, так і міжзоряного середовища та галактик.

Мерехтіння (мерцання, flickering) – аперіодичні коливання системи, також швидкі зміни блиску з великою амплітудою. Реєстроване на Землі випромінювання дискретних космічних джерел піддається спотворенням, що призводять до зміни видимих координат, кутових розмірів та інтенсив-

ностей цих об'єктів. Залежно від довжини хвилі найбільший вклад у ці спотворення вносять неоднорідності електронної концентрації в іоносфері, міжпланетному або міжзоряному середовищі. Мерехтіння спостерігатимуться, якщо кутовий розмір джерела випромінювання рівний або менше характерного масштабу неоднорідностей.

Метанольні мазери (метанольные мазеры, methanole maser). Молекула метанолу (CH_3OH) – друга по кількості складова міжзоряних порошинок після H_2O . Метанольні мазери відкриті в 1987 році. Зустрічаються тільки в ядрах міжзоряних хмар і областях зореутворення. Існують два класи. Метанольні мазери I класу пов'язані з холодними пиловими ядрами молекулярних хмар. Метанольні мазери II класу – з ультракомпактними зонами HII і з мазерами OH і H_2O . Світності складають 10^{-6} – 10^{-7} світності Сонця, яскравісна температура – 10^{10} K, кутові розміри – 20 мс дуги.

Метеорний радіолокатор (метеорный радиолокатор, meteor radar, від лат. radius – промінь і loco – розміщую) – астрономічний прилад для радіолокаційних спостережень метеорів, який складається з передавача, приймача та реєструючої апаратури. Більшість метеорних радіолокаторів працюють на частотах 15–500 МГц в імпульсному або неперервному режимах. Метеорний радіолокатор дає змогу реєструвати координати метеорних слідів та їхню швидкість. Переваги радіолокаційних спостережень перед іншими методами полягають у тому, що за їхньою допомогою можна реєструвати слабкі метеори (до 15^m), до того ж у будь-яку пору доби і за будь-якої погоди.

Метод мерехтінь (метод мерцаний, flickering method) – метод визначення параметрів турбулентного середовища і джерела, яким просвічується середовище, на основі виміру статистичних характеристик флуктуацій потоку випромінювання, спричинених модуляцією хвиль неоднорідностями показника заломлення. Визначається наявністю в космічному середовищі неоднорідностей електронної концентрації, що створюють ефекти рефракції і дифракції випромінювання радіоджерел. Розрізняють два режими мерехтінь: режим слабких і режим сильних (насичених) мерехтінь. Рух середо-

вища відносно променя зору перетворює просторові флуктуації в часові. Вимірюючи кореляцію мерехтінь в рознесених точках, отримують швидкість руху середовища або джерела. Метод використовується для визначення кутових розмірів джерела і параметрів середовища поширення випромінювання. Цей метод має дуже високе кутове розрізнення, не досягне в РНДБ, до 10 наносекунд дуги. Амплітуда мерехтінь залежить від кутових розмірів джерела. Якщо розміри джерела великі порівняно з розмірами «лінз», то мерехтіння випромінювання від окремих його точок накладаються одне на одне і згладжуються. Задача відновлення характеристик середовища за даними мерехтінь має неоднозначне рішення, тому вводять додаткові припущення про модель середовища, і з порівняння теорії із спостереженнями роблять висновок у правильності або неправильності моделі.

Метрові хвилі (метровые волны, meter waves) – радіохвилі з довжиною хвилі від 1 до 10 м (частоти від 30 до 300 МГц). Застосовуються для зв'язку з космічними об'єктами, оскільки проходять через іоносферу Землі. Проходження метрових хвиль через атмосферу Землі супроводжується рефракцією, частковим поглинанням і обертанням площини поляризації.

Мікроквасари (микроквасары, microquasars) – подвійні зоряні системи, що складаються з нейтронної зорі або чорної діри і звичайної зорі. У мікроквасарах відбувається акреція матерії на нейтронну зорю або чорну діру, що супроводжується спорадичними викидами джетів з навколосвітвою швидкістю, це дає спостережувану картину, близьку до тієї, що є у квазарів. Мікроквасари спостерігаються як змінні джерела в рентгенівському і радіодіапазонах. Цей клас станом на 2016 рік включає майже 20 об'єктів, що класифікуються як мікроквасари, і близько десятка кандидатів. Відома масивна рентгенівська подвійна CygX-1 є мікроквасаром. Назва «мікроквасар» уперше була застосована до рентгенівської подвійної ScoX-1, що має радіострумені. Маси чорних дір в мікроквасарах складають декілька сонячних мас, що в мільйони, десятки мільйонів разів менше маси квазарів. Класичні мікроквасари – GRS1915+105 і GROJ1655-40. Обидві

рентгенівські подвійні містять чорні діри з масами, відповідно, 14 і 7 мас Сонця. Класичні мікроквасари є «надсвітловими» синхротронними радіоджерелами. Швидкість струменевих викидів в них складає 0.92–0.98 швидкості світла. Вони є транзійтними об'єктами, тобто струмені викидаються в певні моменти активності, час життя радіовикидів в струменях складає від декількох днів до декількох тижнів. Мікроквасари спостерігаються і в інших галактиках.

Мікрохвильова астрономія (микроволновая астрономия, microwave astronomy) – вивчення радіовипромінювання астрономічних джерел у широкій смузі частот електромагнітного спектра (від далекого інфрачервоного з довжиною хвилі 1 мм до короткохвильового радіодіапазону з довжиною хвилі близько 6 см). На короткохвильовому кінці спектра ці хвилі поглинаються атмосферою Землі.

Міліметрова астрономія (миллиметровая астрономия, millimeter astronomy) – астрономічні спостереження радіохвиль у міліметровому діапазоні (1–10 мм). Ця частина спектра багата лініями складних молекул і має велике значення при вивченні молекулярних хмар, областей зореутворення, навколосоряних дисків і комет. Щоб підвищити роздільну здатність, недосяжну в телескопах з однією антеною, були побудовані масиви, що складаються з декількох антен.

Міліметрові хвилі (миллиметровые волны, millimeter waves) – радіохвилі з довжиною хвилі від 10 до 1 мм (частоти від 30 до 300 ГГц). Можуть застосовуватися в космічних лініях зв'язку поза тропосферою Землі.

Мілісекундні пульсари (миллисекундные пульсары, millisecond pulsars). Ці пульсари входять в тісні подвійні системи – нейтронна зоря в парі з другим компонентом. Зазнають додаткове розкручування при акреції речовини з вторинного компонента, який досяг стадії червоного гіганта і заповнив порожнину Роша. Періоди знаходяться в межах 1,5–10 мс. Похідна періоду P' менше 10^{-19} , магнітне поле – 10^8 Гс, вік – 10^9 років. За характером змін періоду у пульсара PSR B 1257+12 виявлені маломасивні супутники – планети масами 0,2; 4,3; 3,6 мас Землі.

Міра дисперсії (мера дисперсии, dispersion measure) – величина, що характеризує запізнювання в часі радіоімпульсів пульсара різної частоти, яке пояснюється присутністю електронів у міжзоряному середовищі. Якщо густина електронів відома з незалежних вимірів, то міра дисперсії пульсара може використовуватися для обчислення відстані до нього.

Місія «Планк» (миссия «Планк», «Planck» mission). «Планк» – астрономічний супутник Європейського космічного агентства (ЄКА), створений для вивчення варіацій космічного мікрохвильового фону – реліктового випромінювання. Запущений 14 травня 2009 року ракетою-носієм «Аріан-5». У період з вересня 2009 по листопад 2010 року «Планк» успішно закінчив основну частину своєї дослідницької місії, перейшовши до додаткової, такої, що завершилася 23 жовтня 2013 року. За даними «Планка», світ складається на 4,9% із звичайної (баріонної) речовини (попередня оцінка – за даними WMAP – 4,6%), на 26,8% – з темної матерії (проти 22,4%) і на 68,3% (проти 73%) – з темної енергії. Уточнена стала Хаббла; нове значення $H_0 = 68$ км/(с×Мпк) (тобто з моменту Великого вибуху пройшло 13,80 млрд. років; попередня оцінка – 70 км/(с×Мпк) відповідала 13,75 мільярда років). «Планк» підтвердив наявність невеликої відмінності спектра первинних збурень матерії від однорідного (спектральний індекс 0,96), що є важливим результатом для інфляційної теорії, яка є на сьогодні ґрунтовною теорією перших моментів життя Всесвіту. Проведена серія експериментів по виявленню реліктових гравітаційних хвиль періоду інфляції Всесвіту з використанням космічного телескопа «Planck» і наземних обсерваторій BICEP2 і Keck Array, але точним вимірам перешкоджає випромінювання від міжзоряного пилу в Чумацькому Шляху.

Місцеве міжзоряне середовище (местная межзвездная среда, local interstellar medium) – оболонка («бульбашка» – superbubble) нейтрального та іонізованого водню, сформована зоряним вітром і спалахом наднової із місцевої групи зір (асоціація яскравих зір класів В0–В2, так званий пояс Гулда, що проходить через сузір'я Персея, Оріона, Центавра

та Скорпіона. Діаметр оболонки 150–200 пк. Границі визначаються волокнами НІ по лінії 21 см. Сонце знаходиться на краю оболонки і прикрите хмарою нейтрального водню Сарцині – Вордена. Усередині оболонки існують численні зони НІ навколо асоціації, а також залишок спалаху наднової, так званий Північний Полярний *штур*. Дані космічної місії IBEX «Дослідник міжзоряної границі» показують, що Сонце вийде з прикриття через 10 тисяч років.

Модель тонкого екрана (модель тонкого екрана, thin-screen model) – найбільш проста модель для досліджень мерехтінь радіоджерел. У цій моделі випадкові неоднорідності показника заломлення знаходяться між джерелом і спостерігачем і сконцентровані в тонкому екрані, розташованому в середині траєкторії променя. Основним параметром, який визначають методом мерехтінь, є кут розсіювання $\theta_{\text{scat.}}$, який дорівнює видимому кутовому розміру радіоджерела, спостережуваного через екран. Основна інформація про джерело міститься в індексі мерехтінь, який убуває зі збільшенням $\theta_{\text{scat.}}$. Для великих значень $\theta_{\text{scat.}}$ індекс мерехтінь $m \sim 1/\theta_{\text{scat.}}$. В якості орієнтування для оцінки розрізнення методу мерехтінь може служити кутовий розмір першої зони Френеля. У метровому діапазоні радіохвиль в іоносфері $\theta \approx 3'$, в міжпланетній плазмі – $\sim 1''$, у міжзоряній плазмі – $\sim 10^{-5}''$. Характерні розміри неоднорідностей в іоносфері складають 10^4 – 10^5 см, в міжпланетному середовищі – 10^7 см, міжзоряному середовищі – 10^{11} см. Час мерехтінь в іоносфері – від десятків секунд до десятків хвилин, в міжпланетному середовищі – від частки секунди до секунд, в міжзоряному середовищі – від місяців до років. При дослідженні мерехтінь пульсарів досягнуте рекордне кутове розрізнення $\sim 10^{-7}''$. Найбільш ефективно використання методу мерехтінь на декаметрових, метрових і дециметрових хвилях.

Молекулярні мазери (молекулярные мазеры, molecular masers) – дуже яскраві космічні радіоджерела, що випромінюють в радіолініях OH, H₂O, SiO і деяких інших молекул. «Мазер» в перекладі означає «посилення мікрохвильового випромінювання за допомогою вимушеного випускання фотонів». Перші космічні мазери на молекулах OH були вияв-

лені в 1965 році. Учені виявили в спектрах радіовипромінювання деяких джерел (туманність Оріона, Стрілець В2, W3, W49 та ін.) дуже інтенсивні вузькі лінії випромінювання з $\lambda = 18$ см. Подальші дослідження показали, що лінії належать міжзоряному гідроксилу OH. У 1969 році були відкриті ще потужніші джерела космічного мазерного випромінювання з $\lambda = 1,35$ см, що працюють на молекулах водяної пари H_2O . У 1974-75 роках були виявлені мазерні джерела, що працюють на молекулах монооксиду кремнію SiO і метилового спирту CH_3OH . Спостерігається також велике число дуже вузьких ($\Delta\nu/\nu = 3 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-6}$) емісійних компонентів, породжених випромінюванням окремих субджерел («плям») малих розмірів ($\sim 10^{11} - 10^{15}$ см), що розташовані в області радіусом $10^{16} - 10^{17}$ см і що рухаються з різними швидкостями. Існує два основні типи мазерів:

1. Мазери, що асоціюються з молодими (вік $\leq 10^5$ років) гарячими OB-зорями (а, можливо, і з протозорями), випромінювання яких здійснює накачування. Мазери, що знаходяться в цих областях, мають найбільшу потужність випромінювання: в лініях $\text{H}_2\text{O} - \sim 10^{27} - 10^{33}$ ерг/с, OH (на частотах 1665 і 1667 МГц) $- \sim 10^{27} - 10^{30}$ ерг/с, $\text{SiO} - \sim 10^{29}$ ерг/с і $\text{CH}_3\text{OH} - \sim 10^{27}$ ерг/с. Іноді спостерігаються спалахи окремих компонентів.

2. Мазери, пов'язані з холодними зорями великої світності, що сильно проеволюювали. Ці мазери численніші, але їх потужність менша: $\text{H}_2\text{O} - \sim 10^{24} - 10^{28}$ ерг/с, OH (1612 МГц) $- \sim 10^{24} - 10^{28}$ ерг/с, $\text{SiO} - \sim 10^{26} - 10^{27}$ ерг/с.

MeerKAT, радіотелескоп (Meer-KAT, радиотелескоп, MeerKAT, radio telescope) будується у регіоні Верхнє Карру (Південна Африка) за 470 км на північний схід від Кейптауна. Завершення будівництва планується у 2024 році. Це буде найбільш чутливий радіотелескоп у південній півкулі. Він складатиметься з 64 антен діаметром 13,5 м (48 антен в ядрі діаметром 1 км, решта навкруг, так що максимальна база в режимі інтерферометра становить 8 км). Працюватиме на частотах від 0,58 до 14,5 ГГц і досліджуватиме магнітні поля, галактики, великомасштабну структуру Всесвіту, темну матерію.

Н

Надвисокі частоти (НВЧ) (сверхвысокие частоты, ultrahigh frequency) – діапазон радіочастот від 3 до 30 ГГц.

Наддовгі хвилі (сверхдлинные волны, super long waves) – радіохвилі з довжиною хвилі від 100 до 10 км (частоти від 3 до 30 кГц). Можуть поширюватися по сферичному хвилеводу Земля – іоносфера на дуже великі відстані з незначним послабленням (атмосферний хвилевод). Використовуються в наземних навігаційних системах. За певних умов можуть проходити через іоносферу уздовж силових ліній магнітного поля Землі і повертатися в магнітоспряжену точку на іншій півкулі.

Надмасивні чорні діри (сверхмассивные черные дыры, supermassive black holes) – розташовуються в центрах віддалених галактик і квазарів і є найпотужнішими енергетичними джерелами у Всесвіті. Нині наймасивнішою вважається чорна діра в еліптичній галактиці NGC 4889 з сузір'я Волосся Вероніки. Її маса досягає 21 мільярда мас Сонця, а сама галактика розташована в центрі дуже «населеного» кластера галактик. Другою по масі є надмасивна чорна діра в квазарі OJ 287. Цей унікальний квазар з сузір'я Рака знаходиться на відстані 3,5 млрд. світлових років і є подвійною системою чорних дір. Більша з них має масу, рівну 18 млрд. мас Сонця, фактично масу невеликої галактики. Менша, з масою в 100 млн. мас Сонця, обертається навколо центрального об'єкта з періодом у 12 років. Третьою по масі є надмасивна чорна діра в галактиці NGC 1277 з масою в 17 мільярдів мас Сонця, що складає 14% маси всієї галактики. Вона входить до складу скупчення галактик Персея, знаходиться на відстані 220 млн. світлових років і є однією з найближчих. Четвертою по масі є надмасивна чорна діра в центрі еліптичної галактики NGC 1600 на відстані близько 200 млн. світлових років від Землі. Її маса приблизно в 17 мільярдів разів більше маси Сонця. П'ятим об'єктом є Q0906+6930 (у сузір'ї Велика Ведмедиця) – найбільш віддалений блазар і одна з самих віддалених надмасивних чорних дір. Він знаходиться на відстані 12,7 млрд. світлових років і має масу в 10 мільярдів

мас Сонця. У центрі нашої Галактики Чумацький Шлях знаходиться чорна діра масою «всього» приблизно 4 мільйони мас Сонця.

Надчутливі антенні ґрати (сверхчувствительная антенная решетка, High-Sensitivity Array – HSA) – мережа, що включає VLBA, VLA NRAO, 300-метровий телескоп в *Аресібо*, два 100-метрових (у Грін-Бенку та Еффельсбергу), а також 50-метровий *LMT* у Мексиці.

Нансе, радіотелескоп (Нансе, радиотелескоп, Nançay, radio telescope – NRT) розташований за 20 км на схід від м. Орлеан (Франція). Працює з 1967 року. Головне дзеркало плоске, воно являє собою вертикальну сітчасту площину із 10 панелей висотою 40 м і загальною шириною 200 м. Вторинне дзеркало розташоване за 460 м від головного і має сферичну поверхню з радіусом кривини 560 м. Працює на частотах 1400, 1660 та 3330 МГц ($\lambda\lambda$ 21, 18 та 9,2 см). У Нансе є також *радіогеліограф*. Він складається із 44 антен діаметром від 2 до 10 м, розташованих вздовж ліній захід – схід (3200 м) та північ – південь (2440 м). Працює на частотах 150–450 МГц (λ від 2 м до 67 см), визначає поляризацію хвиль. Роздільна здатність 1'–3'.

Напруженість електричного поля (напряженность электрического поля, electric field strength) (В/м) – величина, що характеризує силову дію електричного поля на заряджені частинки і тіла. У радіотехніці цією величиною зазвичай характеризують рівень радіосигналу в певній точці простору.

Напря́м поширення радіохвилі (направление распространения радиоволны, direction of travel of radio wave) – лінія, уздовж якої відбувається поширення електромагнітної хвилі.

Нейтральний водень (HІ або H0), лінія 21 см (нейтральный водород, neutral hydrogen). Атомарний водень у міжзоряному середовищі спостерігається завдяки випромінюванню і поглинанню в лінії 21 см. Можливість випромінювання міжзоряним воднем радіолінії 21 см показана в 1945 році Х. К. ван де Хюлстом. У 1948 році Й. С. Шкловський розрахував очікувану інтенсивність випромінювання міжзоряного водню і показав, що вона достатня для того,

щоб його можна було виявити методами радіоастрономії. У 1951 році радіолінія нейтрального водню була експериментально виявлена майже одночасно Х. Юеном і Е. Парселлом в США і Х. Мюллером і Я. Оортом в Нідерландах. Перший огляд розподілу нейтрального водню по лінії 21 см був проведений у Лейденській обсерваторії в 1954–1957 роках. Для об'єктів, що не мають оптичних ототожнень, це у більшості випадків єдиний спосіб визначення відстані. Більше половини маси міжзоряної речовини складає нейтральний водень. Відстань Сонця від центра Галактики за цим оглядом дорівнює 7,1 кпк. Дослідження випромінювання міжзоряного газу в радіолінії водню 21 см дозволило встановити його масу, розподіл у просторі, а також характер обертання Галактики. Атомарний водень в Галактиці існує в основному в двох фазах: у вигляді хмар (холодна фаза) і міжхмарного газу (гаряча фаза). Їх концентрація відповідно дорівнює: $1\text{--}4\text{ см}^{-3}$ (при температурі $\approx 80\text{--}150\text{ K}$) і $\approx 0,2\text{ см}^{-3}$ ($\approx 7000\text{ K}$). Значна (від 20 до 80%) частина молекулярного водню (H_2) знаходиться у великих хмарах з концентрацією $\approx 10^3\text{ см}^{-3}$ і температурою $\approx 10\text{ K}$. Вони виявляються по радіовипромінюванню молекул чадного газу, що знаходяться в хмарах, концентрація яких, згідно з розрахунками, пропорційна концентрації молекул H_2 . Хмари зібрані в комплекси з середнім діаметром ≈ 40 пк і масою $\approx 5 \times 10^5$ мас Сонця. Таких молекулярних комплексів в Галактиці близько 4000. Велика частина нейтрального водню зосереджена в дуже тонкому (в порівнянні з діаметром) шарі завтовшки близько 220 парсек у площині Галактики. У розподілі водню виразно виділяються спіральні рукави, які простежуються до великих відстаней. За доплерівським зміщенням можна виміряти швидкість хмар нейтрального водню відносно Землі. Повна маса нейтрального водню в Галактиці $\sim 1,4 \times 10^9$ мас Сонця, або $\sim 2\%$ від загальної маси Галактики. Ширина спіральних рукавів ~ 400 пк. Товщина водневого диска по половинній густині міняється в межах від 0,5 кпк у внутрішній частині Галактики до 2 кпк у зовнішній. Довжина хвилі 21 см, як найпоширеніша у Всесвіті, вибрана в якості робочої для пошуків позаземних цивілізацій за програмою SETI.

Непрозорість (непрозрачность, opacity) – міра здатності речовини поглинати і розсіювати електромагнітне випромінювання, що падає на неї. Непрозорість залежить від довжини хвилі, але для спрощення обчислень можна використати її середню величину.

Низькочастотні антенні ґрати (низкочастотная антенная решетка, LOw Frequency ARray – LOFAR) – проект, що передбачає створення інтерферометричних ґрат із радіотелескопів, розташованих в Європі. Загальна ефективна площа сягає 1 км², причому кількість відносно дешевих нерухомих дипольних антен планується довести до 10 тисяч. Загальна територія у поперечнику перевищуватиме 1000 км. Антени концентруються в кластери (станції), де здійснюється первинна обробка інформації з використанням апертурного синтезу, причому комплекс може спостерігати одночасно в кількох напрямках. LOFAR працює на низьких частотах (від 10 до 240 МГц). Кутове розрізнення з базою 1000 км на частоті 240 МГц ($\lambda = 1,25$ м) – 0,21". Офіційно LOFAR було відкрито 12 червня 2010 року нідерландською королевою Беатрікс. У Нідерландах – більшість кластерів. Регулярні спостереження розпочато у грудні 2012 року. У 2014 році запрацював комп'ютерний комплекс COBALT, призначений для кореляції сигналів від усіх станцій.

Нобаяма радіоастрономічна обсерваторія (Нобаяма радиоастрономическая обсерватория, Nobeyama Radio Observatory) є підрозділом Національної астрономічної обсерваторії Японії. Головний інструмент – 45-метровий параболічний радіотелескоп, що працює з 1982 року у міліметровому діапазоні. Виконує радіоастрономічні спостереження в різних галузях (міжзоряна хімія, чорні діри, утворення зір і планетних систем та ін.). Працює ще шість 10-метрових параболічних антен у режимі апертурного синтезу («Міліметрова мережа») і 84 невеликі (80 см у діаметрі) антени, розміщені Т-подібно. Це – *радіогеліограф*, він працює на частоті 17 ГГц.

Ното радіоастрономічна обсерваторія (Ното радиоастрономическая обсерватория, Noto Radio Observatory) розташована на півдні Сіцилії поблизу м. Ното. 32-метровий

радіотелескоп був побудований у 1988 році. Антена повнообертальна. Робочий діапазон частот 300 МГц – 86 ГГц (довжина хвилі від 1 м до 3,5 мм). Працює у складі астрономо-геодезичних інтерферометричних мереж із наддовгими базами. Також досліджує радіовипромінювання подвійних зір.

N-галактики (N-галактики, N-galaxies) – нечисленна група *радіогалактик*, занурених у слабку туманну оболонку. В оптичному діапазоні N-галактики спостерігають як яскраві чіткі ядра зі світністю, що становить більшу частину світності системи. Як і інші типи галактик з активними ядрами, N-галактики мають широкі емісійні лінії в спектрі і виявляють змінність блиску.

О

Об'єднаний Європейський інтерферометр наддовгих баз (объединенный Европейский интерферометр сверхдлинных баз, The Joint Institute for VLBI in Europe – JIVE) – мережа із 14 радіотелескопів, розташованих в Європі, Азії, США та Австралії. Створена у 1993 році. До неї належать, зокрема 26-метровий радіотелескоп Хобарт (Тасманія), 25-метровий Шанхайської обсерваторії (Китай), 14-метровий радіотелескоп обсерваторії Метсахові (Фінляндія), 32-метровий у Торуні (Польща), 32-метровий в Медічіне (Італія), 25-метровий обсерваторії *Онсала*, *Вестерборкський* радіотелескоп, 40-метровий телескоп *Yebes* (Італія), радіотелескоп *Аресібо*, 6-метровий телескоп TIGO (Німеччина).

Об'ємний резонатор (объемный резонатор, cavity resonator) – область, заповнена діелектриком і оточена з усіх боків стінками з високою провідністю. Як правило, діелектриком є повітря (хоча інколи використовують інші діелектрики). Об'ємні резонатори використовуються на частотах понад 3000 МГц в якості коливальних контурів генераторів, підсилювачів, хвилемірів і т. д. Електромагнітне поле в резонаторі майже повністю зосереджене у внутрішній порожнині, поле поза резонатором практично відсутнє. Форма

резонаторів може бути найрізноманітнішою, але найбільше застосовуються резонатори прямокутної і тороїдальної форми, а також у вигляді порожнистих і коаксіальних циліндрів.

Області зореутворення (области звездообразования, star formation regions). Області зореутворення доступні спостереженням тільки в радіо- та інфрачервоному діапазоні. Спочатку в протозоряній конденсації в щільному ядрі молекулярної хмари починає світити метанольний лазер I класу, який визначає стан майбутньої зорі. Потім з'являється точкове теплове джерело радіо- та інфрачервоного випромінювання. З початком ядерних реакцій відбувається нагрів та іонізація газопилового кокона, утворюється компактна зона III. Поблизу конденсації запалюються лазери OH і H_2O . На певному етапі колапсу навколо ядра утворюється молекулярний диск з масою декілька сотень мас Сонця. На створення зорі йде менше 1% маси речовини диска. У диску існують лазерні джерела H_2O і відбувається витікання речовини у вигляді джетів протяжністю декілька парсек.

Обнулення пульсацій (обнуление пульсаций, nullification of pulsations) – падіння інтенсивності радіовипромінювання пульсара до низького рівня. Явище, яке зустрічається досить часто, зазвичай, захоплює декілька імпульсів, після чого інтенсивність випромінювання повертається до нормального рівня.

Олівцева діаграма спрямованості (карандашная диаграмма направленности, pencil directional diagram) має вузьку видовжену *головну пелюстку*, котра за формою нагадує олівець.

Онсала космічна обсерваторія (Онсала, космическая обсерватория, Onsala Space Observatory) заснована у 1949 році. Розташована за 45 км на південь від Гетерборга (Швеція). Головні радіоастрономічні інструменти: 25-метровий та 20-метровий радіотелескопи, що працюють на сантиметрових та міліметрових хвилях. Дослідження стосуються міжзоряного середовища, активних ядер галактик, зореутворення та ін. 192 малих антени (діаметром від 1,5 до 15 м) працюють у мережі *LOFAR*.

Оуенс-Веллі радіоастрономічна обсерваторія (Оуэнс-Вэлли радиоастрономическая обсерватория, Owens Valley Radio Observatory) заснована у 1958 році і розташована в Каліфорнії (США) за 350 км на схід від Сан-Франциско. Здійснює різноманітні радіоастрономічні дослідження. Головні інструменти: інтерферометр із двох 27-метрових параболоїдів та 40-метровий параболоїд. Останній на частоті 15 ГГц ($\lambda = 2$ см) спостерігає *блазари*.

II

Парадокс Фермі (парадокс Фермі, Fermi's paradox) – відсутність видимих слідів діяльності позаземних цивілізацій, які повинні були б розселитися по усьому Всесвіту за мільярди років свого розвитку. Парадокс був запропонований фізиком Енріко Фермі, який поставив під сумнів можливість виявлення позаземних цивілізацій, і пов'язаний із спробою відповісти на одне з найважливіших питань сучасності: «Чи є людство єдиною технологічно розвиненою цивілізацією у Всесвіті?» Парадокс можна сформулювати так: з одного боку, висуваяться численні аргументи про те, що у Всесвіті повинна існувати значна кількість технологічно розвинених цивілізацій. З іншого боку, немає жодних спостережень, які б це підтверджували. Ситуація є парадоксальною і призводить до висновку, що або наше розуміння природи, або наші спостереження неповні і помилкові. Як сказав Енріко Фермі : «Ну, і де вони у такому разі?»

Паркська радіоастрономічна обсерваторія, Національна радіоастрономічна обсерваторія Австралії (Паркская радиоастрономическая обсерватория, Australian National Radio Observatory) – заснована у 1961 році, розташована в Новому Південному Уелсі у 20 км на північ від м. Парк (270 км на захід від Сіднея). Головний інструмент – 64-метровий параболічний телескоп, що працює на довжині хвилі до сантиметра. Антена діаметром 18 метрів рухається по рейках відносно головної антени і утворює інтерферометр.

Під час польотів астронавтів США за програмою Apollo радіотелескоп використовувався для зв'язку.

Перемикання фази (переключение фазы, phase switching) – метод, що використовується в радіоастрономії для пригнічення фонового шуму, щоб приймач краще реєстрував точкові джерела.

Перітони (перитоны, perytons). У квітні 2015 року з'явилася велика стаття про природу перітонів, швидких радіоімпульсів, які виявлялися лише на радіотелескопі Паркс. Стверджувалося, що майже всі такі імпульси виникають на Землі за умови поєднання певного кута нахилу радіотелескопа Паркс. Джерелом сигналів, як виявилось, були відкриття дверець однієї з двох мікрохвильових печей на кухні для співробітників і в приміщенні для відвідувачів.

Персей А (Персей А, Perseus A) – 3C84, NGC 1275; $\alpha_{2000.0} = 03^h19,8^m$; $\delta_{2000.0} = +41^\circ30,7'$ – потужне радіоджерело радіовипромінювання, густина потоку на 10 МГц становить 1420 Ян. Червоне зміщення галактики $z = 0,0176$. Відстань до неї дорівнює 71 Мпк, і 1 мс дуги відповідає 0,38 пк. За одними уявленнями це галактики, що стикаються, за іншими – галактика, що вибухає. Персей А – одне з перших радіоджерел, в спектрі якого був виявлений високочастотний надлишок. Із спектра безпосередньо виходить, що, окрім протяжного гало, яке має звичайний степеневий спектр, Персей А повинен мати компактне ядро – джерело релятивістських частинок, синхротронне випромінювання яких і визначає високочастотний надлишок. Його розміри мають бути 1 мс дуги. Змінність радіовипромінювання джерела була виявлена і досліджена в широкому діапазоні радіохвиль. Змінність має нерегулярний характер і пов'язана з певними фазами підвищеної активності ядра. Кожній фазі відповідає група сплесків радіовипромінювання. Детальні дослідження 3C 84 на багатоелементних інтерферометрах у трьохсантиметровому діапазоні виділили трикомпонентну структуру; розміри компонент $\sim 0,3$ мс. Виявилось, що еволюція джерела пов'язана лише зі зміною яскравості компонент, але положення їх практично не змінюється.

Перспективні проблеми досліджень радіогалактик і квазарів (перспективные проблемы исследований радиогалактик и квазаров)

лактис и квазаров, perspective problems in study of radio galaxies and quasars). У наш час це таке.

Центральна машина (джерело енергії). Акреція компактних об'єктів на надмасивну чорну діру. Викид релятивістських частинок усередині джетів. Наявність сильних радіоджерел в еліптичних галактиках. Довгострокова стабільність орієнтації джетів. Z-форма джетів. Прецесія осі обертання в системі подвійних чорних дір. Велика протяжність джетів (до декількох мегапарсек). Змінність випромінювання на різних часових інтервалах (від частки дня до десятків років). Надсвітловий рух компонент в односторонніх джетах. Квазарний феномен (різке зростання концентрації в період квазарного етапу молодих галактик). Чи усі галактики пройшли квазарну стадію?

Південного полюса радіотелескоп (Южного полюса радиотелескоп, South Pole telescope – SPT) розташований на станції Амундсен-Скотт на Південному полюсі на висоті 2,8 км над рівнем моря. Діаметр антени 10 м. Телескоп працює з 2007 року, він призначений для вимірювань мікрохвильового фону та пошуку далеких скупчень галактик. Він спостерігає в міліметровому та субміліметровому діапазонах, і поверхня антени виготовлена з точністю 25 мкм.

Північний хрест, радіотелескоп (Северный крест, радиотелескоп, Northern Cross radio telescope) розташований в обсерваторії Медічина Радіоастрономічного Інституту м. Болонья (Італія). Працює на частоті 408 МГц ($\lambda = 73,5$ см). Телескоп має T-подібну форму і здійснює меридіанні спостереження об'єктів. Плече схід – захід являє собою рефлектор розмірами 560 м × 35 м (1536 диполів), а плече північ – південь має розміри 640 м × 23,5 м (4096 диполів), що утворюють мережу із 64 рефлекторів. Поле зору $55^\circ \times 2^\circ$. Роздільна здатність $\approx 4'$.

Підрахунок радіоджерел (подсчет радиоисточников, radio source counting) – залежність числа спостережуваних космічних радіоджерел від їх видимої світності, використовується як тест для космологічних моделей. Метод підрахунку джерел має важливе значення для визначення структури Всесвіту. До цього методу в 1950–1960-х роках звернулися

радіоастрономи, зокрема, Мартін Райл з Кембріджа. Були побудовані графіки числа виявлених по всьому небу позагалактичних радіоджерел для кожного діапазону зоряних величин. Усі ці джерела є радіогалактиками і квазарами. Закономірність зростання кількості підрахованих джерел при збільшенні меж виявлення телескопами слабкіших джерел може в принципі служити критерієм для різних космологічних теорій. Передусім Райл заявив, що підрахунок джерел підтверджує модель Великого Вибуху на відміну від теорії стаціонарного Всесвіту. Проте нині вважається, що розділити результати еволюції радіоджерел і космологічні ефекти досить складно.

Піч А (Печь А, Fornax A), NGC 1316 – галактика 10-ї зоряної величини (тип S0) яка є потужним радіоджерелом. Це четверте по потужності позагалактичне джерело радіовипромінювання. Радіоджерело Піч А складається з двох великих компонентів, що мають складну структуру розмірами близько 200 кпк кожен. Усі енергійні електрони і магнітне поле в компонентах переносяться за допомогою ефективного пучка. Енергія в центрі NGC 1316 виділяється за рахунок «поглинання» маленьких сусідніх галактик. Ударні хвилі і залишки поглинутих галактик створюють кільцеподібну структуру та інші особливості в навколишній речовині.

Планка закон випромінювання (Планка закон излучения, Planck's radiation law) – закон розподілу енергії в спектрі чорного тіла, сформульований Планком. Цей закон визначає інтенсивність випромінювання $B(\nu)$ всередині замкнутої порожнини, стінки якої мають сталу температуру та перебувають у тепловій рівновазі з випромінюванням. Його широко застосовують для аналізу теплового випромінювання космічних об'єктів. Закон визначає, що випромінювальна здатність $\varepsilon(\nu)$ в одиничному інтервалі частот залежить від температури T чорного тіла $\varepsilon(\nu, T) = \pi B(\nu, T) = \frac{2\pi h}{c^2} \cdot \frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT} - 1}$.

Використовуючи зв'язок між частотою та довжиною хвилі $\lambda\nu = c$, можна записати для одиничного інтервалу довжин хвиль λ : $\varepsilon(\lambda, T) = \pi B(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/kT\lambda} - 1}$.

Плеріони (плерионы, plerions) – молоді залишки наднових, у яких радіояскравість зростає до центра. Найвідомішим представником плеріонів є Крабоподібна туманність – залишок надрової 1054 р. Зі 132 виявлених до 1996 року залишків наднових 11 класифіковані як плеріони.

Плутанина (путаниця, confusion) – просторові флуктуації середньої яскравості фона нерозділених об'єктів у *діаграмі спрямованості* антени, визначається виглядом залежності числа джерел від *густини потоку*.

Поглинаюча поверхня антени (поглощающая поверхность антенны, absorbing surface of an antenna) – деяка еквівалентна площа, яка, будучи помноженою на густину потоку енергії електромагнітної хвилі, що падає в цьому місці, дає потужність, що поглинається антеною.

Подвійне радіоджерело (двойной радиисточник, double radio source) – *радіогалактика* з двома основними джерелами радіовипромінювання, що розташовані на протилежних сторонах видимої галактики. Припускають, що це випромінювання є результатом вибуху ядра початкової галактики, яке призвело до викиду високоенергійних частинок з великою швидкістю в дві протилежні сторони. Приблизно 1/3 усіх радіогалактик є подвійними джерелами.

Поляризація електромагнітних хвиль (поляризация электромагнитных волн, electromagnetic waves polarization). Хвилі, у котрих напрями електричного (E) і магнітного (H) полів зберігаються у просторі або змінюються за визначеним законом, називаються поляризованими. За напрям поляризації прийнято вважати напрям електричного поля E хвилі. Строго монохроматичне випромінювання завжди поляризоване. У випромінювання, що складається із хвиль різної довжини, напрям коливань вектора E сумарної хвилі може змінюватися або впорядковано, або хаотично. Випромінювання, у котрого напрям вектора E змінюється хаотично, називається неполяризованим. Для поляризованого випромінювання розрізняють: лінійну поляризацію – вектор електричного поля хвилі E зберігає свій напрямок у просторі; колову поляризацію – вектор E обертається навколо напрямку розповсюдження хвилі з кутовою швидкістю, що дорівнює кутовій

частоті хвилі, і зберігає при цьому свою абсолютну величину; еліптичну поляризацію – обертання вектора електричного поля подібне до обертання при коловій поляризації, але величина вектора змінюється так, що його кінець описує еліпс. Еліптична і колова поляризація може бути правою (вектор поля обертається за годинниковою стрілкою, якщо дивитися назустріч хвилі, що розповсюджується) і лівою – у протилежному випадку. Електромагнітна хвиля може бути також частково поляризованою: її компоненти можуть мати лінійну, еліптичну, колову поляризацію, а також хаотичні змінювання напрямку вектора E .

Програма SETI (программа SETI, англ. SETI, Search for ExtraTerrestrial Intelligence) – загальна назва проектів і заходів з пошуку позаземних цивілізацій і можливого вступу з ними в контакт. Деякі астрономи давно вважають, що планет у Всесвіті так багато, що, навіть якщо мала їх частина придатна для життя, то тисячі або навіть мільйони планет мають бути населеними. Проте з часом реалістичні оцінки числа цивілізацій значно впали, і зросло число скептиків (див: *рівняння Дрейка*, *парадокс Фермі*). При цьому останні досягнення астрономії і фізики зміцнили уявлення про існування багатьох планетних систем, придатних для життя як такого. Початок проекту SETI датується 1959 роком, коли в міжнародному науковому журналі Nature була опублікована стаття Дж. Кокконі та Ф. Моріссона «Пошуки міжзоряних повідомлень». У цій статті було показано (з аналізом досяжної випромінюваної потужності і чутливості радіотелескопів), що навіть при тодішньому рівні розвитку радіоастрономії (1959 рік) можна було розраховувати на виявлення позаземних цивілізацій приблизно такого ж технологічного рівня як земний за умови, що вони мешкають на не надто далеких від нас планетах, в планетних системах зір сонячного типу. Був заснований некомерційний Інститут SETI в Маунтін-Вью, штат Каліфорнія, і запущений проект «Фенікс», що передбачає вивчення тисячі найближчих зір сонячного класу в радіодіапазоні 1200–3000 МГц. У цьому проекті використовуються надзвичайно чутливі прилади, здатні вловити випромінювання звичайного аеродромного

радіолокатора з відстані в 200 світлових років. Починаючи з 1995 року, Інститут SETI з бюджетом 5 мільйонів доларів в рік просканував вже більше тисячі зір. Але відчутних результатів, як і раніше, немає. На початку 60-х років XX століття Себастьян фон Хорнер заявив, що, маючи в розпорядженні такі недосконалі і не пристосовані спеціально для пошуку штучних радіосигналів інструменти, неможливо заявляти про те, що «мовчання Всесвіту» – експериментально встановлений факт. Як любив повторювати Карл Саган: «Absence of evidence is not evidence of absence» («Відсутність доказу не є доказом відсутності»).

Протяжне радіоджерело (протяженный радиоисточник, extended radio source) – джерело, кутові розміри якого можна виміряти на відміну від *точкового джерела*. Випромінювання більшості протяжних радіоджерел поляризоване.

Пульсари (пульсары, pulsars) – галактичні об'єкти, джерела строго періодичного імпульсного випромінювання. Відомо два типи пульсарів: радіопульсари, які випромінюють у радіодіапазоні, і рентгенівські пульсари, імпульсне випромінювання яких спостерігають у рентгенівському діапазоні. Проте, в трьох радіопульсарів імпульсне випромінювання виявлено і в інших ділянках спектра. Першими в 1967 р. відкрили радіопульсари, тому іноді термін «пульсари» використовують для позначення саме цих об'єктів. Відомо понад 300 радіопульсарів і близько 20 рентгенівських. За сучасними уявленнями, радіопульсари – це ежектуючі (англ. ejection – виверження), здебільшого поодинокі нейтронні зорі, які швидко обертаються навколо своїх осей. Позначення пульсара виглядає так: PSR XYYYYZZZ, де PSR – обов'язковий префікс (скорочення від англ. pulsar), X – епоха каталогу: B, якщо 1950 рік і J, якщо 2000 рік. Якщо епоха каталогу не вказана, то майже напевно це 1950 рік. YYYYY – пряме сходження пульсара (перші дві цифри – години, інші – хвилини), ZZZ – схилення пульсара (перший символ має бути «+» або «-»), інколи до градусів додають ще 2 символи (хвилини). Перший радіопульсар отримав позначення PSR B1919+21 або PSR J1921+2153.

Характеристики пульсарів

Період (P). Максимальний відомий період радіопульсара складає 11,77 с, а мінімальний – 0,0014 с (1,4 мс). Розподіл пульсарів по періодах має два максимуми: більший максимум відповідає періоду 0,6 с (нормальні пульсари), а менший – періоду 4 мс (мілісекундні пульсари).

Похідна періоду (P'). У переважного числа пульсарів період монотонно збільшується з часом. Типові значення складають 10^{-15} для нормальних пульсарів і 10^{-19} для мілісекундних. У деяких пульсарів спостерігаються так звані глітчi (від англ. glitch) – стрибкоподібні зміни періоду. Наприклад, для PSR B0531+21 спостерігалися стрибки періоду $\Delta P/P \sim 10^{-9}$ з частотою кілька разів на рік. За величиною відношення періоду пульсара до його похідної оцінюється вік пульсара. Отримані значення знаходяться в межах 10^6 – 10^7 років.

Міра обертання пульсара (RM) – величина, що визначає кут повороту площини поляризації плоскополяризованого радіовипромінювання при проходженні його через плазму з магнітним полем. Обертання площини поляризації виникає через ефект Фарадея і швидко зростає з довжиною хвилі. Міру обертання знаходять із спостережень кута між площинами поляризації радіовипромінювання, що приймається, на двох довжинах хвиль. Як показали дослідження, в багатьох випадках основна частина RM набирається при поширенні сигналу в міжзоряному середовищі Галактики, що дозволяє досліджувати її характеристики.

Профіль середнього імпульсу. Індивідуальні імпульси радіопульсарів не схожі один на одного, але, якщо усереднити близько 1000 поодиноких імпульсів, то можна отримати деякий середній профіль, не залежний від подальшого збільшення числа індивідуальних імпульсів.

Інтерімпульс – наявність невеликого імпульсу в проміжку між двома головними.

Мікроструктура імпульсу – характеристика імпульсів, що проявляється при часовому розрізненні приймальної апаратури близько 1 мкс.

Поляризація. Випромінювання пульсарів сильно поляризоване. У пульсара PSR B0833-45 ступінь лінійної поля-

ризації близький до 100%. Позиційний кут в межах імпульсу для більшості пульсарів змінюється монотонно, але у деяких – стрибком.

Велетенські імпульси. Для невеликого числа пульсарів характерні спалахові збільшення густини потоку окремих імпульсів. В той час, коли для звичайних імпульсів характерна зміна густини потоку не більше ніж вдесятеро, густина потоку велетенських імпульсів перевищує густину потоку звичайних в сотні і тисячі разів.

Міра дисперсії пульсара. Завдяки унікальним властивостям випромінювання пульсарів у вигляді коротких імпульсів у широкому діапазоні частот, їх використовують для вивчення міжзоряного середовища. При цьому, внаслідок дисперсії радіовипромінювання в слабо іонізованому міжзоряному середовищі відмічається запізнювання часу приходу імпульсів, яке залежить від частоти і відстані до пульсара. Величина міри дисперсії (DM) характеризує середню густину іонізованого середовища на усьому шляху до пульсара і може бути використана для визначення відстані.

Пушінська радіоастрономічна обсерваторія (Пушинская радиоастрономическая обсерватория, Pushchino radio astronomy observatory) Фізичного інституту Академії наук Росії – заснована у 1956 році. Розташована біля м. Пушціно, за 100 км на південь від Москви. Головні інструменти: діапазонний хрестоподібний радіотелескоп ДКР-1000, РТ-22 та БСА. ДКР-1000 складається із двох антен – Схід-Захід та Північ-Південь. Кожна з них являє собою параболічний циліндр шириною 40 м і довжиною 1 км. Працює на метрових хвилях (від 2,5 до 10 м), спостерігаються пульсари, спектральні радіолінії переходів між дуже близькими рівнями ($n > 700$), вивчаються змінні радіоджерела. РТ-22 – це параболічний рефлектор 22 м у діаметрі, точність поверхні забезпечує прийом міліметрових хвиль. Спостерігаються міжзоряні молекули, області зореутворення, він також працює як складова частина проекту «Радіоастрон». БСА являє собою ґрати, що займають площу 7 га і складаються із 16384 вібраторів. Працює на метрових хвилях ($\lambda = 3$ м) і в цьому діапазоні найчутливіший у світі. Досліджуються пульсари, плазма у Соянчній системі, компактні радіоджерела.

П'ятсотметровий сферичний телескоп (Пятисот-метровый сферический телескоп, Five hundred meter Aperture Spherical Telescope – FAST) найбільший серед телескопів типу *Аресібо*. Він розташований на південному заході Китаю на 130 км південніше м. Гуйян. Діаметр сферичного дзеркала 500 м. Воно складається з 4,5 тисяч трикутних відбивачів (сторона трикутника – 11 м), котрими можна керувати для фокусування в потрібному напрямку. Роздільна здатність – 4", а частоти від 0,3 до 5,1 ГГц.

Р

Радіаційні пояси Землі (радиационные пояса Земли, radiation belts of the Earth). При русі заряджених частинок у дипольному магнітному полі частина з них може бути захоплена і знаходитися тривалий час в так званих радіаційних поясах. Інша назва – «радіаційний пояс Ван Аллена». Усередині магнітосфери, як і у будь-якому дипольному полі, є області, недоступні для частинок з кінетичною енергією E , меншою за критичну. Ті ж частинки з енергією $E < E_{кр}$, які все-таки вже там знаходяться, не можуть ці області залишити. Ці заборонені області *магнітосфери* називаються зонами захоплення. У зонах захоплення дипольного (квазідипольного) поля Землі утримуються значні потоки захоплених частинок (передусім, протонів і електронів). Існування радіаційного поясу було підтверджене апаратом «Спутник-3», запущеним у 1958 році. Радіаційний пояс у першому наближенні є тороїд, в якому виділяються дві області: внутрішній радіаційний пояс на висоті ≈ 4000 км, що складається переважно з протонів з енергією в десятки МеВ і зовнішній радіаційний пояс на висоті $\approx 17\,000$ км, що складається переважно з електронів з енергією в десятки кеВ. Між внутрішнім і зовнішнім радіаційними поясами є зона зниженої концентрації заряджених частинок, вона розташована в інтервалі від 2 до 3 радіусів Землі. Потоки частинок у зовнішньому поясі більші, ніж у внутрішньому. Різний і склад частинок: у внутрішньому по-

ясі – протони і електрони, в зовнішньому – електрони. Потік протонів у внутрішньому поясі досить стійкий в часі. Перші експерименти показали, що електрони високої енергії ($E > 1\text{--}5\text{ MeV}$) зосереджені в зовнішньому поясі. Електрони з енергією менше 1 MeV заповнюють майже усю магнітосферу. Внутрішній пояс дуже стабільний, тоді як зовнішній зазнає різких коливань. Зовнішній і внутрішній пояси радіації утворюються за рахунок процесів інжекції і дифузії частинок під час магнітосферних збурень. При цьому частинки переносяться в область сильнішого магнітного поля і прискорюються. У 2012 році на високоеліптичну орбіту з висотою апогею близько 30 тисяч кілометрів було виведено два ідентичні зонди RBSP (Radiation Belt Storm Probes), призначених для вивчення радіаційних поясів, згодом вони були перейменовані в «Зонди Ван Аллена» (Van Allen Probes). Обидва апарати вивчали зміни в поясах і в переходах між ними. В результаті був відкритий третій радіаційний пояс, що з'являється на короткий час близько декількох тижнів.

«Радіоастрон» («Радиоастрон», «Radioastron») – міжнародний космічний проект з проведення фундаментальних астрофізичних досліджень у радіодіапазоні за допомогою космічного радіотелескопа (КРТ), змонтованого на російському космічному апараті «Спектр-Р», та наземних радіотелескопів. Запуск КРТ відбувся 18 липня 2011 року з космодрому Байконур українською ракетою Zenit-2SLB80. КРТ рухається по еліптичній орбіті з висотою апогею 340 тисяч кілометрів та використовує місячне тяжіння для маневрів. Поблизу апогею база інтерферометра – майже місячна відстань – визначає кутове розрізнення 540 мікросекунд дуги при $\lambda = 1,2\text{ см}$. Проект координує Астрокосмічний центр Фізичного інституту Академії наук Росії. Дані отримує РТ-22 *Пушкінської* обсерваторії. У серпні 2013 року стала до ладу приймальна станція в *Грін-Бенку*. Спостереження в інтерферометричному режимі розпочалися у 2011 році. Надвисоке розрізнення дозволяє вивчати релятивістські струни, околиці чорних дір, будову та динаміку областей зореутворення, нейтронні зорі тощо, а також створити високоточну систему астрономічних координат та модель гравітаційного поля Землі.

Радіоастрономічна обсерваторія АН Латвії (радиоастрономическая обсерватория АН Латвии, Radio astronomy observatory of AS of Latvia) – радіоастрономічна обсерваторія, заснована у 1960 р. Розташована у с. Балдоне. Головні дослідження: фотометричні та спектральні спостереження зір пізніх спектральних класів, а також радіовипромінювання Сонця. Має радіотелескоп (діаметр параболічної антени 10 м), а також оптичні інструменти: 120-см телескоп Шмідта та два 55-см рефлектори.

Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України (ІН НАНУ) (Радиоастрономический институт Национальной академии наук Украины, Radio-astronomy institute of the National academy of sciences of Ukraine) – провідний науково-технічний заклад у галузі радіоастрономії в Україні. Розташований у м. Харкові. Створений у 1985 р. на базі Відділення радіоастрономії Інституту радіофізики й електроніки (ІРЕ) АН України. Головні напрями астрономічних досліджень: вивчення різноманітних джерел і об'єктів, що поглинають і розсіюють випромінювання, – від найближчих (Сонце, планети) до найвіддаленіших (галактики, квазари); теоретична астрофізика. Головні інструменти: УТР-2 (український Т-подібний радіотелескоп) та антени інтерферометру *УРАН*, призначені для спостережень позагалактичних та галактичних радіоджерел Північної півкулі в декаметровому (10–25 МГц) діапазоні. УТР-2 складається із 1440 вібраторів у напрямку північ – південь (розташованих смугою довжиною 1860 м й шириною 54 м) і 600 вібраторів у напрямку схід – захід (смуга 900 м × 54 м). Діаграма спрямованості олівцева з шириною 25' (на 25 МГц). Програма НАНУ «Модернізація радіотелескопа УТР-2 та перспективний розвиток декаметрової радіоастрономії в Україні» передбачає: розробку і впровадження нових засобів цифрової реєстрації; модернізацію існуючих інструментів і методів спостережень (у тому числі методу швидкого сканування діаграмою спрямованості); створення першої ланки Гігантського українського радіотелескопа (ГУРТ) – 25-елементних антенних ґрат для діапазону 8–70 МГц; використання інноваційних інформаційних і телекомунікаційних технологій; розширення

кола досліджень. Це збереже за Україною лідерство в галузі дециметрової радіоастрономії.

Радіоастрономія (радиоастрономия, radio astronomy) – розділ астрономії, що досліджує небесні тіла за їх радіовипромінюванням із застосуванням *радіотелескопів*. Наземні радіоастрономічні спостереження можуть проводитися в діапазоні довжин хвиль від 1 мм до 30 м (коротші і довші хвилі поглинає атмосфера); для радіотелескопів, що встановлюються на штучних супутниках Землі, цей діапазон значно ширший. *Роздільна здатність* радіоастрономічних інструментів перевищила можливості оптичних телескопів. Методами радіоастрономії були відкриті нові типи джерел космічного електромагнітного випромінювання (*радіогалактики, пульсари, міжзоряний газ*), а також *реліктове випромінювання*.

Радіовипромінювання астероїдів (радиоизлучение астероидов, radio radiation of asteroids). Радіовипромінювання спостерігалось від багатьох найбільш великих і близьких до Землі астероїдів. Високоточні виміри їх координат виявили нев'язки до 0.8" з існуючими ефемеридами. Можливо, це пов'язано з неточною взаємною прив'язкою систем оптичних координат (каталоги FK4, FK5) і радіокоординат (заснованих на віддалених позагалактичних радіоджерелах). Радіоспостереження деяких астероїдів привели до перегляду їх фізичних параметрів, знайдених з оптичних вимірів. Радіоастрономічні спостереження Церери на хвилях 6 і 2 см дали яскравісну температуру 112–128 К при рівноважній температурі 165 К.

Радіовипромінювання Венери (радиоизлучение Венеры, radio radiation of Venus). Ця планета була першою, в якій виявили радіовипромінювання. Проведено виміри випромінювання Венери в широкому діапазоні радіохвиль. Виявилось, що ефективна температура планети зростає від 360 К (для хвиль завдовжки 4–8 мм) приблизно до 600 К для хвиль від 3 до 21 см. Інфрачервона температура Венери складає близько 225 К. Той факт, що температура диска планети залишається практично постійною в діапазоні хвиль від 3 до 21 см, свідчить на користь теплового механізму радіовипро-

мінювання. Був знайдений не дуже великий хід радіотемператури планети від її фази. Цей хід досить помітний на міліметрових хвилях. Випромінювання з різною температурою пов'язане з різними шарами планети або її атмосфери. Міліметрове випромінювання (температура 380 К) йде з її атмосфери, а сантиметрове (600 К) – з самої поверхні планети, що пов'язано з парниковим ефектом. На хвилях довше 20 см починається «завал» яскравісної температури Венери. За однією з гіпотез, причина цього – поглинання радіовипромінювання на довших хвилях в іоносфері Венери. Міжпланетні станції «Венера-11» і «Венера-12» за наявності низькочастотного випромінювання від електричних розрядів виявили, що частота блискавок на Венері в два рази вища, ніж на Землі. Блискавки, можливо, пов'язані з вулканічними виверженнями. Це чомусь назвали «електричним драконом Венери».

Радіовипромінювання галактик у спектральних лініях (радиоизлучение галактик в спектральных линиях, radio radiation of galaxies in spectral lines).

У лінії 21 см. Картографування галактик у лінії 21 см дає розподіл променевих швидкостей нейтрального газу, за якими визначають криву обертання галактики і розподіл повної маси в ній. У спіральних і неправильних галактиках міжзоряний газ за масою складає 1–2%, решта – зорі (без урахування темної матерії). В еліптичних галактиках газу ще менше. У тих місцях галактики, де вище густина газу, більша швидкість зореутворення.

У лінії гідроксилу (ОН, лінія 18 см). Спостерігається в поглинанні і у випромінюванні багатьох мазерів.

У лінії води (H_2O). Мазери в лінії 1,35 см знайдені в різних галактиках, декілька десятків джерел – у Великій Магеллановій Хмарі. Світність мазера в нашій Галактиці в області зореутворення W49 дорівнює сонячній. Існують особливо потужні «супермазери» або «мегамазери». Світність мегамазера в сузір'ї Циркуль складає 37 сонячних. Мазерні компоненти зосереджені поблизу ядер сейфертівських галактик і вони рухаються по кеплерівських орбітах навколо центральної надмасивної чорної діри зі швидкістю ≈ 1000 км/с.

У лінії монооксиду вуглецю (CO). Вона спостерігалася у 35 галактиках, і є мірою молекулярного водню H_2 , який безпосередньо не спостерігається.

У лінії аміаку (NH_3). На хвилі 1,25 см в нашій Галактиці спостерігаються гарячі ядра молекулярних хмар.

Радіовипромінювання в континуумі. Радіовипромінювання спіральних галактик в континуумі складається з наступних компонент: випромінювання диска, випромінювання спіральних рукавів, випромінювання зон НІ, випромінювання залишків спалахів наднових, радіогало, випромінювання ядер галактик. Вдалося спостерігати радіовипромінювання дуже молодих залишків наднових відразу після оптичного спалаху (Наднова 1987 А у Великій Магеллановій Хмарі).

Радіовипромінювання Галактики (радиоизлучение Галактики, radio radiation of the Galaxy). Радіовипромінювання нашої Галактики складається з фонового випромінювання і випромінювання дискретних джерел. Ці дискретні джерела можна розділити на декілька класів: 1) *залишки наднових*, наприклад, Кассіопея А і Крабоподібна туманність, що мають спектр із зростанням *густини потоку* у бік довгих хвиль, 2) *хмари іонізованого водню* (НІІ області), наприклад, туманність Оріона, із спектром, що зростає в бік коротких хвиль, 3) *хмари нейтрального водню* (НІ області), випромінююча лінія на хвилі 21 см, 4) *хмари, що випромінюють лінії гідроксилу (ОН)* на хвилі 18 см, і *хмари, що випромінюють інші лінії*, 5) *зорі, що спалахують*. Фонове випромінювання складається з випромінювання нерозділених дискретних джерел і більш-менш безперервно розподіленого випромінювання – суміші теплового випромінювання іонізованого водню і нетеплового випромінювання релятивістських частинок, що рухаються в галактичному магнітному полі.

Радіовипромінювання гамма-сплесків (радиоизлучение гамма-всплесков, radio radiation of gamma-bursts). Космічні сплески гамма-випромінювання відкриті супутником Vela в 1973 році. Сплески спостерігаються в широкому діапазоні енергій від 20 кеВ до декількох МеВ. Розподіл по небу ізотропний. Тривалість – від частки секунди до десятків секунд. Знайдене рентгенівське, оптичне і радіовипромінюван-

ня, супроводжуюче сплески (after glow). Радіовипромінювання спостерігається від 1 до 350 ГГц. Густина потоків – від десятків мікроянських до одиниць міліянських. Тривалість – до декількох діб.

Радіовипромінювання Землі (радиоизлучение Земли, radio radiation of the Earth). На поверхні Землі спостерігаються різноманітні електромагнітні низькочастотні сигнали природного походження. Джерелом деяких із них є електричні розряди в тропосфері – атмосферіки. У діапазоні низьких частот 1–10 кГц виявлено радіовипромінювання іоносферного походження. За своїм характером воно поділяється на декілька типів: «шипіння» теплового характеру, дискретне з визначеним тоном та суміш дискретних випромінювань, так звані хори. Випромінювання локалізоване в ділянці діаметром 200–1000 км, оскільки розповсюджується вздовж вузького пучка магнітних силових ліній. Джерелом радіовипромінювання можуть бути збурення іоносферної плазми, що викликані вторгненням заряджених частинок. З допомогою віддалених ШСЗ виявлене так зване кілометрове радіовипромінювання магнітосфери, сплески якого виникають у періоди локального посилення потоків високоенергійних електронів. Джерела випромінювання концентруються навколо зони полярних сяїв. Потужне радіовипромінювання Землі пов'язане з технічною діяльністю людини: випромінюванням радіо- і телевізійних станцій, промислових установок. Цей аспект цікавий у зв'язку з проблемою екології нашої планети та з вивченням того, як проявляють себе цивілізації у Всесвіті.

Радіовипромінювання комет (радиоизлучение комет, radio radiation of comets). Радіоспостереження комет у неперервному спектрі (а також радіолокація) дають інформацію, в першу чергу, про внутрішню кому. Радіовипромінювання від комет в спектральних лініях молекул було знайдене в основному від коми і хвостів. Найчастіше виявляється випромінювання в лініях OH і HCN. Відомості про молекулярні лінії в кометах дають унікальну інформацію про рухи і хімічні процеси в кометному газі. Радіоконтинуум був зареєстрований лише від небагатьох, найбільш близьких до Землі комет, радіолінії виявляються набагато частіше. Уперше

радіовипромінювання виміряне у комети Когоутека в грудні 1973 року на хвилі 1,4 мм і в січні 1974 року на хвилі 3,71 см. Випромінювання було від навколяядерної хмари крижаних частинок, діаметр хмари – 850 км, яскравісна температура на хвилі 3,71 см – 313 К. У комети IRAS 1983d на хвилі 1,3 см виявлене точкове джерело з потоком 9 МЯн. Дослідження комети Галлея показало наявність сантиметрового і міліметрового випромінювання ядра і кілометрового випромінювання при взаємодії кометної плазми із сонячним вітром.

Радіовипромінювання Марса (радиоизлучение Марса, radio radiation of Mars). Перші спостереження радіовипромінювання Марса були зроблені в 1956 році С. Мейєром, Т. Мак-Коллафом і Р. Слонейкером. Виміри на хвилі 3,15 см дали еквівалентну температуру чорного тіла 211 ± 28 К. Ця величина менша, ніж інфрачервона температура чорного тіла для освітленого боку планети (250 К). Це означає, що радіовипромінювання виникає глибше від поверхні порівняно з інфрачервоним випромінюванням. Койпер оцінив середню по обох півсферах Марса інфрачервону температуру в 217 К. Підповерхнева температура, виміряна на хвилі 3,15 см, має бути близькою до цього середнього значення, що і підтверджується радіоспостереженнями. Виміряна температура Марса виявилася приблизно 220 К. Пізніше були виконані численні виміри в діапазоні довжин хвиль від 1 мм до 21 см. Середня радіояскравісна температура планети виявилася рівною 210 К. Речовина верхнього покриву Марса в середньому для усієї поверхні планети має в 2 рази більшу електропровідність в радіодіапазоні. Зростання електропровідності марсіанського ґрунту, як припускають фахівці, пов'язане з наявністю в ньому оксидів заліза.

Радіовипромінювання Меркурія (радиоизлучение Меркурия, radio radiation of Mercury). За даними, отриманими на інфрачервоних хвилях, температура Меркурія змінюється залежно від його фази від 600 до 40 К. Радіоастрономічні дослідження показали, що ефективна температура Меркурія на сантиметрових радіохвилях перевищує температуру планети в інфрачервоних променях приблизно в два рази при однаковій фазі. Це може означати, що все-

редині Меркурія відбувається значне нагрівання, пов'язане з радіоактивними процесами в планеті. На Меркурії велика теплова інерція поверхні, ґрунт сильно роздроблений, міра роздробленості падає з глибиною. Виміри радіовипромінювання Меркурія в міліметровому діапазоні показали також, що радіояскравісна температура диска планети залежить не лише від відстані до Сонця і фази освітлення Сонцем, але і від довготи центрального меридіана: на планеті були виявлені жаркі, гарячі і прохолодні зони (з шириною близько 60° по довготі). Середні температури в цих зонах відрізнялися одна від одної до 40°C .

Радіовипромінювання Місяця (радиоизлучение Луны, radio radiation of the Moon). Власне радіовипромінювання Місяця уперше спостерігалось в 1945 р. Дікке і Беринджером на хвилі 1,25 см. Радіовипромінювання Місяця є чисто тепловим. Місяць перевипромінює енергію сонячного випромінювання. Механізм генерації радіохвиль аналогічний тому, який породжує *гальмівне випромінювання*. Радіовипромінювання, особливо довгохвильове, може проникати в місячний ґрунт на велику глибину (і, відповідно, виходити з великої глибини), помітно не поглинаючись. Температура, природно, міняється з глибиною. *Яскравісна температура* радіовипромінювання для точки на місячному екваторі в центрі видимого диска Місяця змінюється, що пов'язане з фазою Місяця. Ізофоти, отримані в міліметровому діапазоні з високим кутовим розрізненням, показують, що місячні «моря» дещо гарячіше за «континенти»; ймовірно, це пов'язане з відмінностями в теплопровідності поверхневих шарів. На сантиметрових хвилях характер ізофот регулярніший, тобто в теплопровідності глибших шарів відмінностей менше. Температура денного боку досягає 400 К, нічного боку – 120 К. Фазові варіації температури найбільше проявляються на міліметрових і сантиметрових хвилях і майже непомітні на дециметрових і метрових хвилях. На довжині хвилі 1–1,5 мм яскравісна температура падає з 300 до 160 К. Прямі дослідження місячного ґрунту показали, що поверхня Місяця вкрита шаром пилу завтовшки декілька сантиметрів, а під ним на глибині до 6 метрів знаходиться пористий мате-

ріал. Спостереження під час місячних затемнень на різних довжинах хвиль з високим кутовим розрізненням дозволяють вивчати динаміку зміни теплопровідності різних ділянок поверхні.

Радіовипромінювання Нептуна (радиоизлучение Нептуна, radio radiation of Neptune). Теплова складова радіовипромінювання характеризується тим, що *яскравісна температура* (170 K) вища за рівноважну; випромінювання, ймовірно, виходить з більш нагрітих підповерхневих шарів. З періодичності радіосплесків визначений період обертання в 16,11 години. Радіосплески йдуть з атмосфери планети. Нептун генерує нетеплове радіовипромінювання магнітосфери (НРМ) принаймні чотирьох типів: гладке випромінювання, високочастотне гладке випромінювання, сплески, нетепловий континуум. Головним механізмом генерації гектометрових та кілометрових радіовипромінювань Нептуна вважається мазерний ефект, спричинений нерівноважними розподілами електронів. Невеликий вклад в НРМ забезпечує трансформація плазмових хвиль в електромагнітне випромінювання, що пояснює нетепловий континуум та вузькосмугові міріаметрові сплески. Вважається, що головні складові НРМ Нептуна (гладке випромінювання та сплески) мають діаграму спрямованості у вигляді порожнистого конуса з віссю уздовж вектора магнітного поля в радіоджерелі. Великий півкут при вершині конуса (60°) дозволяє робити оцінки концентрації електронів у радіоджерелі. Більшість нетеплового радіовипромінювання Нептуна поширюється у вигляді швидкої незвичайної хвилі (Х-мода). Звичайна мода домінує лише в низькочастотному континуумі. Це є наслідком механізмів генерації. Джерела НРМ Нептуна найчастіше асоціюються з магнітними полюсами планети. Отже, радіо-астрономія надає можливість дистанційно вивчати полярну магнітосферу планети.

Радіовипромінювання Сатурна (радиоизлучение Сатурна, radio radiation of Saturn). Виміри радіовипромінювання Сатурна на хвилі 3,5 см показали, що його температура на цій хвилі близько 110 K. Така температура узгоджується з інфрачервоною температурою планети (125 K). Проте ви-

міри на хвилі 10 см показали, що температура Сатурна зростає до 200 К, і спостережуване радіовипромінювання сильно поляризоване. Це свідчить про те, що радіовипромінювання Сатурна, мабуть, створюється як нижніми шарами атмосфери, так і радіаційними поясами планети. Нетеплова складова з'являється на хвилях довших 9 см, але набагато менша, ніж у Юпітера. Потужних спорадичних сплесків у Сатурна не виявлено. За даними космічних кораблів «Вояджер» виявлено широкосмугове радіовипромінювання планети з максимумом поблизу 170 кГц. Космічний апарат «Вояджер-2» виявив джерело імпульсного радіовипромінювання на 80° північної широти. Максимальна потужність випромінювання – на частоті 175 кГц. Період повторення імпульсів дорівнює сатурніанській добі 10 год. 39,4 хв. Випромінювання відбувається у момент проходження джерела через полуденний меридіан. Реєструється радіовипромінювання розрядів блискавок в атмосфері Сатурна в діапазоні 20 кГц – 40 МГц потужністю 10 тис. МВт і тривалістю від 15 до 400 мс.

Радіовипромінювання Сонця (радиоизлучение Солнца, radio radiation of the Sun) – електромагнітне випромінювання в діапазоні від міліметрових до метрових хвиль, яке утворюється в шарі від нижньої сонячної хромосфери до сонячної корони, тобто в гарячій сильно іонізованій плазмі. У радіодіапазоні розмір сонячного диска залежить від довжини хвилі, на якій ведуть спостереження. На метрових хвилях радіус Сонця дещо більший, ніж на сантиметрових, і в обох випадках він більший, ніж радіус видимого диска. Розрізняють теплове випромінювання спокійного Сонця, випромінювання активних ділянок в атмосфері над сонячними плямами і спорадичне випромінювання, яке, звичайно, зумовлене сонячними спалахами. Інтенсивність радіовипромінювання Сонця описують *яскравісною температурою*. Для спокійного Сонця на сантиметрових хвилях вона дорівнює 10^4 К, а на метрових – 10^6 К. На сантиметрових та коротких дециметрових (до 20 см) хвилях випромінювання активних ділянок Сонця часто має вигляд швидких сплесків.

Квазіперіодичні коливання. Дослідження флуктуацій і квазіперіодичних коливань сонячного випромінювання – най-

важливіший напрямок дослідження фізики Сонця. Квазіперіодичні коливання з періодом близько 5 хвилин (300 с) уперше були виявлені в КрАО А. Б. Северним по випромінюванню оптичних ліній у фотосфері. У нижній хромосфері період коливань становить 150 с. Виявлені квазіперіодичні коливання потоку в сантиметровому діапазоні від активних областей, зміни в часі структури спектрів S-component, дрібномасштабні квазіперіодичні коливання радіовипромінювання диска.

Радіовипромінювання спокійного Сонця (B-component) – радіовипромінювання від усього сонячного диска поза активних областей. Спричиняється гальмівним випромінюванням теплових електронів. Випромінювання відбувається на плазмовій частоті, що пропорційна електронній концентрації. Міліметрові і сантиметрові хвилі генеруються в хромосфері, дециметрові – в перехідній області, метрові хвилі – в короні. Розподіл яскравості на сантиметрових хвилях – однорідний диск з різким максимумом (посиленням яскравості) на лімбі, що спричинено вкладом оптично щільних утворень – спікул. На дециметрових хвилях спостерігається широке посилення яскравості від малих до помірних геліоширот. На метрових хвилях спостерігається поступовий спад яскравості від центра до краю. На хвилі 3 метри діаметр Сонця вдвічі більше оптичного. Яскравісна температура змінюється від 5000 К у міліметровому діапазоні до 10^6 К в метровому діапазоні. У максимумі сонячного циклу яскравість В-компоненти на 25-60% більше, ніж в мінімумі. Спостерігається тонка структура розподілу радіояскравості, пов'язана з гранулами, супергранулами і гігантськими супергранулами.

Компонента, що повільно змінюється (S-component). Ця компонента являє собою підвищене теплове і магнітно-гальмівне випромінювання на міліметрових, сантиметрових і дециметрових хвилях, пов'язане із сонячними плямами, їх групами, флокулами і факелами. Радіовипромінювання йде з областей над плямами на міліметрових і сантиметрових хвилях і з корональних конденсацій на дециметрових хвилях. Структура радіозображення включає локальне джерело розміром 1-2 кутові мінути, пов'язане з окремими плямами або

групою плям, і протяжну область розміром $5'-8'$, пов'язану з факелом або флокулою. Розміри – від кутових мінут до десятків кутових мінут над комплексами активності і комплексами активних областей. Яскравісні температури: від 10^4 до 10^6 К. На сантиметрових хвилях спостерігаються джерела цієї компоненти над окремими плямами. Механізм радіовипромінювання магнітно-гальмівний. На міліметрових хвилях виявлені компактні джерела (S-component) над областями формування струмового шару – передвісники сонячних спалахів.

Корональні конденсації. Електронна концентрація в корональних конденсаціях досягає 10^9 см $^{-3}$. Час існування корональних конденсацій досягає 3 місяців і вони існують навіть після зникнення плям на рівні фотосфери. Висота їх над поверхнею 20–100 тис. км. Кутові розміри $1'-5'$. Яскравісна температура 10^5 К. Малі конденсації з кутовими розмірами в $1'$ мають температуру 10^7 К і кругову поляризацію за наявності магнітного поля в 300 Гс.

Радіосплески – раптове порівняно недовге посилення інтенсивності нетеплового радіовипромінювання, що, найвірогідніше, пов'язане з хромосферними спалахами. Сонячні радіосплески спостерігають в усьому радіодіапазоні. Залежно від часових та частотних характеристик їх поділяють на п'ять типів.

I тип – це короткотривалі вузькосмугові сплески, які звичайно спостерігають у великій кількості на метрових хвилях під час магнітної бурі. На частоті 700 МГц сонячні радіосплески тривають 0,3–0,7 с, ширина смуги 3–7 МГц. Зазвичай, мають значну колову поляризацію. Зміщення смуги не помічали.

II тип (повільно дрейфуючі сплески) – це великі збурення в діапазоні метрових та дециметрових хвиль тривалістю в декілька хвилин; смуга зміщується від високих частот до низьких зі швидкістю близько 0,25–1,00 МГц/с. Трапляються зрідка.

III тип (швидко дрейфуючі) – найпоширеніше явище на метрових або дециметрових хвилях. Частота змінюється (дрейфує) зі швидкістю до 100 МГц/с. Їхня тривалість (одна

або декілька секунд) збільшується зі зменшенням частоти. На дециметрових хвилях їх може бути дуже багато, що створює враження бурі.

IV тип – тривалі сплески, які пов'язані зі спалахом і займають широку смугу частот. Діапазон хвиль – від міліметрових до дециметрових. Спостерігають зрідка. Тривалість – від декількох хвилин до кількох годин. *Яскравісна температура* випромінюючих зон під час таких сплесків сягає 10^{12} К.

V тип – це широкосмугове неперервне випромінювання на довгих метрових хвилях, що триває близько хвилини після того, як зареєстровано радіосплески III типу. Джерела сонячних радіосплесків V типу мають більший кутовий діаметр, ніж джерела III типу, і дещо зміщені від них. Максимум інтенсивності – на частоті приблизно 100 МГц ($\lambda = 3$ м). Радіосплески V типу тривають приблизно 1–3 хвилини.

Крім перелічених, інколи розглядають інші типи швидкозмінної складової радіовипромінювання Сонця: U-подібний сплеск, стріасплеск, спалаховий (спайк) сплеск та інші. Дані про спостереження сонячних радіосплесків на фіксованих частотах регулярно публікують. Причиною радіосплесків є електрони та інші заряджені частинки зі швидкостями від 500 до 150000 км/с, які виникають під час хромосферних спалахів. Рухаючись угору до корони, вони взаємодіють з речовиною корони та її магнітним полем і генерують електромагнітні хвилі різних частот. Оскільки з висотою концентрація речовини в короні зменшується, то виникає дрейф електромагнітної хвилі за частотою.

Мікрохвильові сплески. Спостерігаються від сантиметрових до метрових хвиль. Максимуми випромінювання відбуваються одночасно на різних частотах. Імпульсні мікрохвильові сплески показують різкий початок і швидке зростання інтенсивності до максимуму з поступовим спадом. Густина потоку може досягати 500 с.о.п. (*сонячних одиниць потоку*).

Шумові бурі. Найбільш поширені бурі I типу, котрі являють собою події зі спорадичним радіовипромінюванням у метровому діапазоні (50–300 МГц). Випромінювання охоплює смугу частот ≈ 100 МГц. Це короткі сплески у вузькій

смузі, які накладаються на фоновий континуум, що повільно змінюється. Інтенсивність змінюється від частки потоку спокійного Сонця до рівня в 100 разів більше. Тривалість – від декількох годин до декількох днів. Висота області випромінювання – від 0,3 радіуса Сонця на частоті 200 МГц. Пов'язані з проходженням по диску сонячних плям з посиленням випромінювання при їх знаходженні в центрі диска. Бурі в декаметровому діапазоні спостерігаються на частотах нижче 40 МГц. Складаються з короточасних сплесків III типу, а також попарно розщеплених, таких, що попарно дрейфують і швидко дрейфуючих. Мають спрямоване випромінювання і найбільш інтенсивні при їх положенні поблизу центрального меридіана. Відзначається кореляція з бурями I типу.

Радіовипромінювання супутників планет (радиоизлучение спутников планет, radio radiation of planet's satellites). Знайдено радіовипромінювання від найбільших супутників Юпітера – галілеєвих і від супутника Сатурна Титана. Серед галілеєвих супутників найцікавіший результат отриманий на радіотелескопі РАТАН-600 для Іо: на $\lambda = 2$ і 3,9 см виміряні *яскравісні температури* набагато вищі за рівноважні, 600 і 190 К відповідно. Отже, супутник сильно нагрітий, а його спектр відрізняється від релей-джинсівського. Титан спостерігався на VLA ($\lambda = 6$ і 3,8 см), отримані значення яскравісної температури 87 ± 13 і 99 ± 35 К близькі до рівноважних. Проте, виміри на $\lambda = 3,3$ мм дали яскравісну температуру 220 ± 40 К; можливо, ця величина характеризує більш глибокі та нагріті шари атмосфери Титана.

Радіовипромінювання Урана (радиоизлучение Урана, radio radiation of Uranus). Радіовипромінювання виявлене в 1971 році, *яскравісна температура* була 190 К. В 1978 році виміряні величини яскравісних температур склали на хвилі 2,8 см – 228 К, 4,8 см – 243 К, 6 см – 245 К. Більш високі значення можуть бути пов'язані з тим, що вісь обертання Урана нахилена до площини орбіти на 98° , і в цей період яскравіший полюс був спрямований до Землі. В цілому радіояскравісна температура за 20 років (з 1965 до 1985) зростає від 140 до 290 кельвінів. Виявлено інтенсивне «електросвітіння»

атмосфери на денній стороні планети і радіовипромінювання з нічного боку. Розрахункова температура планети 65 К; ця величина співпадає з даними вимірів на інфрачервоних хвилях. На хвилі 11 см температура Урана виявилася рівною 130 ± 40 К. Можливо, що більш висока температура пов'язана або з парниковим ефектом, або з нетепловою природою радіовипромінювання планети.

Уран генерує принаймні дев'ять типів нетеплового радіовипромінювання магнітосфери (НРМ): електростатичні розряди; різні складові гектометрового та кілометрового випромінювання (широкосмугове гладке випромінювання, широкосмугові сплески, вузькосмугове гладке випромінювання, вузькосмугові сплески, денне випромінювання на О-моді); та низькочастотні випромінювання (дифузне, радіосплески на частоті 5 кГц, континуум). Майже усі вони, за винятком континууму, можуть спостерігатися назовні магнітосфери Урана. Головним механізмом генерації гектометрових та кілометрових хвиль вважається мазерний ефект, спричинений нерівноважними розподілами електронів. Невеликий вклад в НРМ забезпечує трансформація плазмових хвиль в електромагнітне випромінювання, що пояснює нетепловий континуум та вузькосмугові міріаметрові сплески. Вважається, що головні складові НРМ Урана (широкосмугові випромінювання) мають *діаграму спрямованості* у вигляді порожнистого конуса з віссю уздовж вектора магнітного поля у радіоджерелі. Більшість кілометрового випромінювання Урана поширюється у вигляді швидкої незвичайної хвилі. Звичайна мода домінує лише у випадку денного випромінювання. З точки зору теорії циклотронної мазерної нестійкості це відображає неоднорідність магнітосфери Урана. Незвичайне випромінювання (Х-мода) дозволяє вивчати радіоджерела з низькою концентрацією електронів. Радіоджерела Урана асоціюються з різними областями його магнітосфери: каспами (вузькосмугові радіосплески); магнітними полюсами (широкосмугове випромінювання, денне випромінювання на О-моді), магнітним екватором (вузькосмугове гладке випромінювання, дифузне випромінювання), магнітними лініями, що перетинають орбіту супутника Міранда (радіосплески на частоті

5 кГц). Отже, радіоастрономія надає змогу дистанційно вивчати деталі магнітосфери Урана. Низькочастотна границя радіовипромінювання блискавок в атмосфері Урана дозволяє дистанційно виміряти електронну концентрацію в іоносфері планети.

Радіовипромінювання Юпітера (радиоизлучение Юпитера, radio radiation of Jupiter). Уперше спостерігалось в 1955 році Берком і Франкліном на частоті 22 МГц. Радіовипромінювання Юпітера спостерігається на метрових і декаметрових хвилях (5–30 м) у вигляді сплесків, а в сантиметровому і дециметровому діапазонах (3–70 см) – у вигляді безперервного випромінювання. Спорадичне радіовипромінювання Юпітера – це сплески дуже великої інтенсивності – до 10^6 – 10^9 Ян. Джерело, що випромінює ці сплески, обертається разом з планетою. Юпітер виділяється своїм сильним магнітним полем і потужними радіаційними поясами, що і обумовлює наявність сильного радіовипромінювання на низьких частотах. Тривалість спорадичних сплесків Юпітера – 0,1–1 с (іноді до 15 с). Сплески відбуваються в діапазоні частот від 5 до 43 МГц, найчастіше – близько 18–20 МГц. *Яскравісна температура* під час сплесків досягає 10^{15} К. Сплески сильно поляризовані, особливо по колу, міра поляризації досягає 100%. Кількість інтенсивно випромінюючих джерел на Юпітері – не менше трьох. Спостерігається модуляція випромінювання близьким супутником Юпітера Іо, що обертається усередині магнітосфери: вірогідність появи сплеску більша, коли Іо знаходиться поблизу елонгації по відношенню до Юпітера. На міліметрових і коротких сантиметрових хвилях випромінювання Юпітера – чисто теплове, хоча яскравісна температура дещо вища за рівноважну, що припускає потік тепла з надр. Починаючи з хвиль ~ 9 см яскравісна температура зростає – з'являється нетеплова складова, пов'язана з *синхротронним випромінюванням* релятивістських частинок із середньою енергією ~ 30 МеВ в магнітному полі Юпітера. На хвилі 70 см яскравісна температура $\sim 5 \times 10^4$ К. Джерело випромінювання не пов'язане з диском планети, а має вигляд двох протяжних лопатей по обидва боки від планети. Радіозображення на цих хвилях

пов'язані з радіаційними поясами. Зареєстровано також потужне радіовипромінювання з областей полярних сьйв і від розрядів блискавок в атмосфері Юпітера.

Радіовікно (радиоокно, radio window) – діапазон довжин хвиль від декількох міліметрів до приблизно 20 метрів, всередині якого земна атмосфера прозора для радіовипромінювання.

Радіогалактики (радиогалактики, radio galaxies) – галактики з потужним випромінюванням у радіодіапазоні. Радіовипромінювальні зони радіогалактик мають велику протяжність і дуже відрізняються за морфологією. Як звичайно, радіовипромінювання виникає у великих радіопорожнинах, які розташовані або з протилежних боків від центра галактики і віддалені від неї на кілька мегапарсеків, або в компактному ядрі з розмірами близько кількох парсеків, яке збігається з оптичним центром галактики, або ж у струменях, які з'єднують ядро і радіопорожнини. У частини радіогалактик радіопорожнини містяться не на прямій, а зігнуті у вигляді підкови. Деякі радіогалактики мають одну радіопорожнину. Радіогалактиками найчастіше є галактики з активними ядрами та *N-галактики*. В оптичних спектрах багатьох радіогалактик є сильні емісійні лінії. Їхня ширина – критерій поділу радіогалактик на типи.

Радіогеліограф (радиогелиограф, radioheliograph) – радіотелескоп, призначений для картографування *радіовипромінювання Сонця*.

Радіографія (радиография, radiography) – карта, що представляє розподіл радіовипромінювання, оброблена так, що отримане зображення схоже на звичайну фотографію.

Радіоджерело (радиоисточник, radio source) – будь-яке природне джерело космічного радіовипромінювання. У космології це поняття має більш обмежений смисл, стосуючись тільки *радіогалактик* і *квazarів*.

Радіозоря (радиозвезда, radio star) – вираз, що використовувався в початковий період розвитку радіоастрономії, коли розрізнення спостережуваних об'єктів було занадто поганим і не дозволяло астрономам ототожнювати радіоджерела з видимими об'єктами. Цей термін виявився дуже не-

вдалим, оскільки більшість радіоджерел, що тоді вважалися зорями, згодом виявилися радіогалактиками. Істинні радіозорі, тобто зорі з сильним радіовипромінюванням (за винятком пульсарів), дуже рідкісні.

Радіоінтерферометр (радиоинтерферометр, radio interferometer) – прилад для радіоастрономічних спостережень з високою кутовою *роздільною здатністю*, складовою частиною якого є обов'язково дві або декілька антен, що рознесені на великі відстані та сполучені кабельною або ретрансляційною лінією зв'язку. Кутова роздільність найпростішого радіоінтерферометра, складеного з двох антен, що рознесені на відстань B , визначається не розмірами антен, а довжиною бази B : $\Delta\varphi \approx \lambda/B$. Сигнали від досліджуваного радіоджерела приймають антени і передають по високочастотному кабелю. Радіоінтерферометр, на відміну від *радіотелескопа*, отримує не радіозображення об'єкта, а одну з його гармонік. Для одержання радіозображень потрібно підсумувати усі гармоніки від декількох радіоінтерферометрів з базами різних довжин і орієнтацій. Подальшим ступенем розвитку є метод *радіоінтерферометрії з наддовгою базою*. В цьому випадку отримані антенами сигнали перетворюють за допомогою високостабільних атомних стандартів частоти і реєструють у блоках пам'яті комп'ютера. Сьогодні здійснюють проекти створення космічних радіоінтерферометрів, що поєднують наземну мережу радіотелескопів з розташованими на штучних супутниках Землі (див. «*Радіоастрон*»), а також на Місяці.

Радіоінтерферометрія з наддовгою базою, РНДБ-метод (радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой, Very Long Baseline radio Interferometry (VLBI)) – метод вимірювання координат радіоджерел за допомогою *радіоінтерферометрів*, рознесених на великі відстані (понад 1000 км). Об'єкти спостережень – позагалактичні радіоджерела (квазари і ядра галактик) із дуже малими власними рухами. Застосовують для створення каталогів радіоджерел, синхронізації годинників, високоточних визначень параметрів обертання Землі. Спостереження штучних радіоджерел у найближчому космосі використовують для розв'язування низки задач

геодинаміки, динаміки системи Земля–Місяць і динаміки тіл Сонячної системи.

Радіолокаційна астрономія (радиолокационная астрономия, radiolocation astronomy) – розділ астрономії, у якому досліджують тіла Сонячної системи за допомогою відбитих ними радіохвиль, що їх надсилають на об'єкт передавачем. Об'єктами досліджень радіолокаційної астрономії є планети, їхні супутники, комети, сонячна корона. Радіолокацію Місяця вперше проведено в 1946 р. У 1961 р. були отримані сигнали, відбиті від поверхні Венери. Радіолокаційні дослідження сонячної корони розпочалися у 1959 р. У радіолокаційній астрономії для досліджень небесних тіл використовують ті ж самі фізичні пристрої, які є в основі звичайної наземної радіолокації. Відмінність полягає у великих міжпланетних відстанях, що в багато тисяч разів перевищують земні. Тому радіолокатори для таких завдань мають антени великих розмірів і потужні передавачі. Наприклад, радіолокатор Центру далекого космічного зв'язку у Криму має антену діаметром 70 м і передавач потужністю у декілька сотень кіловат на хвилі 39 см. Енергію, що напрямлена до цілі, концентрують у промені з кутом розкриву 25'. Неабияку роль відіграла радіолокація під час визначення абсолютних розмірів Сонячної системи, оскільки дала змогу уточнити значення астрономічної одиниці. Виявилося, що 1 а. о. дорівнює не 149,5 мільйонів кілометрів (результат найточніших оптичних вимірювань), а майже на 100 тисяч кілометрів більша.

Радіолокація астероїдів (радиолокация астероидов, radiolocation of asteroids). Радіолокація астероїда Таутатіс при його проходженні поблизу Землі в листопаді – грудні 1992 року показала, що він складається з двох брил розмірами 2,5 і 1,5 км з періодом обертання навколо осі в 7 діб. Радіолокація проведена за участю 70-метрової антени в Євпаторії і 100-метрової антени в Еффельсберзі на хвилях 3,5 і 6 см. Астероїд Географос за даними радіолокації є найбільш витягнутим об'єктом із співвідношенням осей в 2,76. Астероїд 216 Клеопатра досліджувався радіолокатором в Аресібо, визначені розміри – 217×94 км, астероїд складається із залізно-нікелевого сплаву.

Радіолокація Венери (радиолокация Венеры, radiolocation of Venus). Методами наземної (Крим, Хайстек) і космічної радіолокації («Венера-9», «Венера-10», «Піонер-Венера», «Магеллан», «Венера експрес») отримана повна карта поверхні Венери з розрізненням до 120 метрів. Визначений період обертання, рівний 243,04 діб, нахил осі обертання менше 5 градусів. Найбільш велике утворення – Земля Іштар розміром з Австралію, гори Максвелла заввишки 11 км, розмір гірського масиву в два рази більше Тибету.

Радіолокація комет (радиолокация комет, radiolocation of comets). Уперше відбиті сигнали отримані в 1980 році від комети Енке в Аресібо на хвилі 12,6 см. Переріз відбиття склав 1 км². Серія спостережень по радіолокації ряду комет показує грубу неправильну форму кометних ядер з періодом їх обертання від декількох годин до декількох діб. Навколо ядер виявлені хмари крижаних частинок.

Радіолокація Марса (радиолокация Марса, radiolocation of Mars). Обробка радіолокаційних сигналів вказує на те, що в середньому для Марса не спостерігається помітної зміни коефіцієнта відбиття із зростанням довжини хвилі в діапазоні 3,8–70 см. Імовірно, що ґрунт цієї планети приблизно однорідний з глибиною і має середню густину $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$. Самий верхній, перероблений метеоритами шар ґрунту, в середньому має товщину в декілька сантиметрів. Проте, локальні варіації густини ґрунту, за даними наземних радіолокаційних спостережень, дуже великі і складають величину $\rho_{\min} \sim 0,5 \text{ г/см}^3$ і $\rho_{\max} = 3,0\text{—}3,2 \text{ г/см}^3$, тобто ґрунт Марса в різних районах змінюється по своїй структурі від дуже рихлого до щільного, такого, як скельні породи.

Радіолокація Меркурія (радиолокация Меркурия, radiolocation of Mercury). Радіолокаційні дослідження Меркурія були виконані в 1962 році за допомогою планетного радіолокатора СРСР на хвилі $\lambda = 43 \text{ см}$ і за допомогою голдстоунського радіолокатора Центру космічної телекомунікації США на хвилі $\lambda = 12,5 \text{ см}$. Згодом радіолокація Меркурія була також проведена в іоносферній обсерваторії Аресібо на хвилі $\lambda = 70 \text{ см}$. Ці радіолокаційні виміри показали, що коефіцієнт відбиття Меркурія майже не залежить від довжини

хвилі, а варіації цього параметра слабо корелюють з довгою «підрадарної» точки; це свідчить, що ґрунт за теплофізичними і електричними характеристиками близький до ґрунту гірських районів Місяця.

Радіолокація Місяця (радіолокація Луны, radiolocation of the Moon). Методами радіолокації на Місяці виявлена наявність водяного льоду. Всього вода була виявлена у більш ніж 40 кратерах, діаметр яких варіює від 2 до 15 км. В регіоні північного полюса виявлено не менше 600 млн. тон води, велика частина якої знаходиться у вигляді крижаних брил, що лежать на дні місячних кратерів. Великі запаси води в об'ємі $1,8 \text{ км}^3$ знаходяться і на південному полюсі.

Радіометр (радиометр, radiometer) – у радіоастрономії радіотехнічний прилад для вимірювання радіовипромінювання малої потужності (довжини хвиль від 0,1 мм до 1000 м). Використовують, зокрема, як головну частину радіотелескопа. Підсилює прийняте антеною радіовипромінювання і перетворює його в зручну для реєстрування і подальшого опрацювання форму. Чутливість радіометра, тобто мінімальна зміна вхідної температури ΔT , яку може зафіксувати інструмент, визначають формулою $\Delta T = \alpha T_m / (\Delta f \tau)^{1/2}$, де T_m – еквівалентна температура вхідних шумів; α – коефіцієнт, що визначений схемою радіометра; Δf – ширина смуги приймача; τ – час накопичення сигналу. Чутливість сучасних радіометрів підвищена в багато разів завдяки застосуванню малOSHумливих підсилювачів високої частоти. Радіометри найліпших сучасних радіотелескопів можуть реєструвати потоки $F_n \sim 10^{29} - 10^{30} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{Гц})$.

Радіополяриметр (радіополяриметр, radiopolarimeter) – в радіоастрономії прилад для дослідження поляризації випромінювання, прийнятого радіотелескопом. Під час спостережень за допомогою радіополяриметра вимірюють інтенсивність випромінювання, ступінь і тип його поляризації. Радіотелескоп перетворюється в радіополяриметр, якщо опромінювач (аналізатор поляризації) обертається навколо осі, що збігається з напрямом електричної осі антени.

Радіоприймач (радиоприемник, radio receiver) – пристрій для прийому електромагнітних хвиль радіодіапазону з

подальшим перетворенням інформації, що міститься в них, до виду, в якому вона могла б бути використана.

Радіопульсари (радиопульсары, radio pulsars) – об’єкти, які мають чітко періодичне імпульсне випромінювання в радіодіапазоні. Періоди пульсацій – у проміжку від $1,568 \times 10^{-3}$ до 3,75 с. Вони повільно зростають у часі. Монотонне збільшення періоду іноді переривається невеликим стрибкоподібним його зменшенням. Тривалість радіоімпульсів не перевищує 1/10 періоду. Форма й амплітуда імпульсів безперервно змінюються, іноді імпульси взагалі зникають – на час від кількох секунд до кількох діб. У деяких радіопульсарів між головними імпульсами простежують проміжні. Випромінювання радіопульсарів нетеплове. У трьох радіопульсарів виявлено випромінювання не тільки в радіо, а також в оптичному, рентгенівському і гамма-діапазонах. Концентрація радіопульсарів збільшується до площини нашої Галактики. Відомо понад 600 радіопульсарів, з них чотири належать до подвійних систем. Найліпше досліджений радіопульсар у *Крабоподібній туманності* (Краб). Перший радіопульсар відкритий 1967 р. аспіранткою Джоселін Белл з групи Е. Х’юїша на меридіанному радіотелескопі Маллардської радіоастрономічної обсерваторії Кембриджського університету на довжині хвилі 3,5 м (86,7 МГц) під час спостережень по дослідженню мерехтінь «точкових» радіоджерел. Радіопульсари – це ежектуючі нейтронні зорі, які швидко обертаються. Їхнє випромінювання зосереджене у вузькому конусі, розкрив якого не перевищує 10° . Вісь конуса тісно пов’язана з нейтронною зорею. Проміжок між радіоімпульсами дорівнює періоду обертання нейтронної зорі, а тривалість імпульсу відповідає часу, протягом якого конус спрямований на спостерігача. Джерело випромінюваної радіопульсаром енергії – енергія обертання нейтронної зорі. Однак механізм, за допомогою якого радіопульсар перетворює цю енергію у спостережувані радіоімпульси, дотепер не з’ясований. Енергія, яку реєструють від радіопульсарів у радіодіапазоні, становить лише малу частину від зменшення енергії обертання нейтронної зорі, визначеної за сповільненням цього обертання.

Радіосліди (радиоследы, radio tracks), джерела типу «голова – хвіст» – позагалактичні радіоджерела з двома сильно викривленими викидами низької яскравості, які утворюють «хвіст» джерела. На картах радіослідів чітко видно, як викиди виходять з ядра і, відхиляючись від початкового напрямку на великі кути, з'єднуються хвостом, який простягається на відстані до 1 Мпк від галактики. Вважають, що відмінність радіослідів від звичайних подвійних радіоджерел зумовлена спотвореннями їхньої структури дією динамічного тиску, що виникає внаслідок руху батьківської галактики через порівняно густе міжгалактичне середовище. Про це свідчить той факт, що більшість радіослідів пов'язана зі скупченнями галактик (тобто з газом скупчень галактик, рентгенівське випромінювання якого реєструють).

Радіотелескоп (радиотелескоп, radio telescope, від лат. radius – промінь і телескоп) – астрономічний інструмент для дослідження радіовипромінювання космічних об'єктів у діапазоні від дека- до міліметрових хвиль (у межах вікон прозорості земної атмосфери для радіохвиль). Радіотелескоп складається з антенної системи і радіоприймального пристрою – *радіометра*, який підсилює прийняте антеною радіовипромінювання і перетворює його у вигляд, зручний для реєстрування й подальшого опрацювання. Радіотелескоп – це спектроаналізатор космічного випромінювання на робочій довжині хвилі. Головне призначення антенного пристрою – зібрати максимальну кількість енергії, що її приносять радіохвилі від космічного об'єкта. Ця енергія характеризується спектральною густиною потоку радіовипромінювання F/λ . Антени радіотелескопа бувають поворотні, з обмеженим поворотом і нерухомі. Радіотелескопи поділяють на два великі класи – рефлектори і багатоелементні системи. *Роздільна здатність* рефлектора з параболічною антеною $\varphi_D \approx 57,3^\circ \lambda/D$, де D – діаметр антени. Найбільшими рефлекторами є FAST з діаметром дзеркала 500 м, радіотелескоп в *радіоастрономічній обсерваторії Аресібо* (305 м) – обидва нерухомі, з рухомих найбільший в обсерваторіях у Грін-Бенку та Еффельсбергу. До поширених систем належать багатоелементні типу «Хрест Міллса», наприклад, радіо-

телескоп у *Радіоастрономічному інституті НАН України, РАС ФІАН у Пущіно*. Високої роздільної здатності (близько 0,5") досягнуто в радіотелескопах, що створені за принципом синтезованих антенних ґраток. Найбільше розділення отримане в *радіоінтерферометрах*; воно прямо залежить від бази *B*.

Радіотелескоп Радіоастрономічного інституту міліметрового діапазону (радиотелескоп Радиоастрономического института миллиметрового диапазона, radio telescope of the Institute for Radio Astronomy in the Millimeter Range – IRAM) розташований на півдні Іспанії, поблизу Гренади, на висоті 2850 м над рівнем моря. Являє собою класичний параболоїд діаметром 30 метрів, він є одним із найбільших у світі в міліметровому діапазоні. Робочі частоти – від 80 до 300 ГГц (λ від 3,75 до 1 мм). Поверхня регулюється з точністю до 55 мкм. Спостерігає близькі галактики та міжзоряний газ.

Радіофарба (радиокраска, radio paint) – фарба, що не поглинає електромагнітну енергію. Цією фарбою, наприклад, фарбують антени локаторів на аеродромах і кораблях.

Радіохвилі (радиоволны, radio waves) – електромагнітні хвилі з довжиною $\lambda > 500$ мкм (частотою $< 6 \times 10^{12}$ Гц). У перших дослідах Г. Герц використовував хвилі дециметрового діапазону, О. С. Попов – від 1 до 200 метрів. Подальший розвиток радіотехніки привів до опанування величезного діапазону – довжина хвиль від десятих міліметра до багатьох кілометрів. За частотою нижня межа спектра радіохвиль, що випромінюються радіопередавальними пристроями, близько 10^3 – 10^4 Гц. У природі існує багато природних джерел радіохвиль: зорі, у тому числі Сонце, галактики, планети. Деякі процеси, що відбуваються в земній атмосфері, також супроводжуються генерацією радіохвиль. Хвилі різних частот по-різному поширюються в межах Землі і в космічному просторі і у зв'язку з цим знаходять різне застосування в радіозв'язку і в наукових дослідженнях. З урахуванням особливостей поширення, генерації і (частково) випромінювання увесь діапазон радіохвиль прийнято ділити на піддіапазони: *наддовгі, довгі, середні, короткі, метрові, дециметрові, сантиметрові, міліметрові та субміліметрові хвилі*.

РАТАН-600 (РАТАН-600, RATAN-600, РАдіоТелескоп Академії Наук) Спеціальної астрофізичної обсерваторії АН Росії розташований на Північному Кавказі біля станиці Зеленчукської (140 км на південь від Ставрополя). Головне дзеркало являє собою смугу бокової поверхні зрізаного конуса. Діаметр – 576 м, ширина – 11,4 м. Плоский відбивач всередині має розміри 400 м на 8,5 м. Регулярні спостереження розпочато у 1975 році. У 1985 році встановлено додатковий конічний відбивач-опромінювач, що дозволяє приймати випромінювання з усього кільця головного дзеркала. Максимальне кутове розрізнення – $1,7''$, чутливість за густиною потоку – до 0,5 мЯн, діапазон частот – від 0,6 до 35 ГГц (дециметрові та сантиметрові хвилі). Програма досліджень – ототожнення радіоджерел із оптичними об'єктами, вивчення радіозір, дослідження Сонячної системи, пошук штучних сигналів позаземного походження. На 4,5 км південніше розташований повнообертальний телескоп РТФ-32 радіоастрономічної обсерваторії «Зеленчукська» АН Росії. Антена має діаметр 32 м.

Рекомбінаційні лінії (рекомбинационные линии, recombination lines) – лінії, що виникають при переходах між високоекспонуваними атомними рівнями з великим значенням квантового числа. Виявлені в зонах НІІ і слабо іонізованих хмарах міжзоряного газу.

Реліктове випромінювання або мікрохвильовий фон (реликтовое излучение, микроволновой фон, relict radiation, microwave background) (лат. relictum – залишок) – космічне мікрохвильове фонове випромінювання – теплове випромінювання, що рівномірно заповнює Всесвіт. Виникло в епоху первинної рекомбінації водню. У 1948 році реліктове випромінювання було передбачене Георгієм Гамовим, Ральфом Альфером і Робертом Германом на основі створеної ними першої теорії гарячого Великого вибуху. Більше того, Альфер і Герман змогли встановити, що температура реліктового випромінювання повинна складати 5 К, а Гамов передбачив 3 К. У 1965 році Арно Пензіас і Роберт Вудроу Вільсон з Bell Telephone Laboratories в Холмдейлі (США) на рупорній антені в експериментах по налазці супутникових комуніка-

цій виявили випромінювання, що приходить з усіх боків, з температурою в 3,5 К. В 1978 році Пензіас і Вільсон за своє відкриття отримали Нобелівську премію. Термін реліктове випромінювання ввів у вживання радянський астрофізик Й. С. Шкловський. Реліктове випромінювання з'явилося у момент рекомбінації при температурі плазми близько 3000 К і приблизному віці Всесвіту 400 тисяч років. Спостережувана сфера, що відповідає цьому моменту, називається поверхнею останнього розсіяння. Реліктове випромінювання – це самий віддалений об'єкт, який можна спостерігати в електромагнітному спектрі. Має високу міру ізотропності і спектр, характерний для абсолютно чорного тіла з температурою $2,72548 \pm 0,00057$ К.

Характеристики реліктового випромінювання

У 1992 році з'явилися перші дані про анізотропію мікрохвильового фону. Російські вчені (група І. А. Струкова) після тривалої обробки вимірювань радянського супутникового експерименту РЕЛІКТ-1 оголосили про наявність великої ділянки зниженої температури. Хоча спеціалісти NASA, обробляючи результати Супутникового Дослідника космічного фону (COsmic Background Explorer – COBE) не підтвердили цього відкриття, у наступні роки саме COBE виявив-таки флуктуації завдяки високій точності вимірювань. За це керівники групи COBE Джордж Смут і Джон Мазер у 2006 році отримали Нобелівську премію. COBE підтвердив відповідність спектра реліктового випромінювання спектру чорного тіла з температурою 2,725 К. Максимум – на частоті 160,4 ГГц (довжина хвилі 1,9 мм). Воно ізотропне з точністю до 0,01% – середньоквадратичне відхилення температури складає приблизно 18 мК. Найбільш детальну карту реліктового випромінювання вдалося побудувати в результаті роботи американського космічного апарата WMAP і точнішу – космічним апаратом Planck.

Дипольна анізотропія. У 1969 році було виявлено, що в реліктовому випромінюванні помітно виділена дипольна складова: у напрямі сузір'я Лева температура цього випромінювання на 0,1% вища, ніж у середньому, а в протилежному напрямі – настільки ж нижче. Цей факт інтерпретується як

наслідок ефекту Допплера, що виникає при русі Сонця відносно реліктового фону зі швидкістю приблизно 370 км/с у бік сузір'я Лева. З урахуванням руху Сонця навколо центра Галактики із швидкістю $\sim 220\text{--}230$ км/с у бік сузір'я Лебеда, а також руху відносно центра Місцевої групи галактик виходить, що Місцева група, включаючи галактику Чумацький Шлях, як ціле, рухається відносно реліктового випромінювання зі швидкістю приблизно (за сучасними даними) 627 ± 22 км/с у напрямі точки з галактичними координатами $l = 276 \pm 3^\circ$, $b = 30 \pm 3^\circ$ (сузір'я Гідри).

Ефект Сюняєва – Зельдовича спостерігається в радіовипромінюванні у напрямі скупчень галактик. Полягає в прояві комптон-ефекту, який проявляє себе там, де багато фотонів і є вільні гарячі електрони. Багато фотонів міститься в реліктовому фоні – їх кількість домінує над усіма іншими джерелами світла в одиниці об'єму (400 шт./см³), в результаті відбувається ефект зворотного розсіяння фотонів реліктового фону на гарячих електронах скупчення галактик. При цьому хмара електронів високої енергії розсіює реліктові фотони і передає їм частину своєї енергії. Ефект Сюняєва–Зельдовича відповідає рентгенівське випромінювання багатих скупчень галактик. При спостереженнях скупчень галактик VLBI в радіодіапазоні в області прояву ефекту спостерігаються області зниженої яскравості. Потужне джерело радіовипромінювання в скупченнях також розсіює радіофотони на вільних електронах, і по цьому розсіянню можна відновити його криву блиску. Розглядається також прояв комптонізації реліктового випромінювання на релятивістських електронах в радіогало скупчень галактик.

Ефект Сакса – Вольфа є одним з основних космологічних ефектів, що зв'язують розподіл речовини і анізотропію реліктового випромінювання. Спричиняє зміщення спектра фотонів від космічного мікрохвильового фону в червону або фіолетову область спектра внаслідок зміни гравітаційного поля. Цей ефект разом з ефектом Сюняєва–Зельдовича пов'язаний з впливом структур у пізньому Всесвіті (червоне зміщення менше або близько 1). З одного боку, вони призводять до розмивання спектра реліктового випромінювання,

оскільки накладаються на первинну анізотропію; з іншого боку – дозволяють отримати інформацію про поширеність структур у пізньому Всесвіті, а також простежити за їх розвитком.

Рефлекторний радіотелескоп (рефлекторный радиотелескоп, reflex radio telescope) – телескоп, в якому головним елементом, що збирає радіохвилі, є *антена* у вигляді параболічного дзеркала.

Рефракторний радіотелескоп (рефракторный радиотелескоп, refractor radio telescope) – телескоп, в якому головним елементом, що збирає радіохвилі, є різні типи інтерферометричних систем, синфазні антени і хрестоподібні антени.

Рівняння (формула) Дрейка (уравнение (формула) Дрейка, Drake equation) – формула, призначена для визначення числа позаземних цивілізацій в Галактиці, з якими у людства є шанс вступити в контакт. Сформульована доктором Френком Дональдом Дрейком (професором астрономії і астрофізики Каліфорнійського університету Santa Cruz) в 1960 році. Послужила основою для фінансування програми *SETI*. Інші назви: рівняння Green Bank – обсерваторії, де вона була оголошена і на якій встановлена меморіальна дошка, «рівняння Сагана» – відомий планетолог і популяризатор науки, застосовував і модифікував її на лекціях і в книгах.

Виглядає формула таким чином: $N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$, де:

N – кількість розумних цивілізацій, готових вступити в контакт;

R – кількість зір, що утворюються за рік у нашій Галактиці;

f_p – частка зір, що мають планети;

n_e – середня кількість планет (і супутників) з відповідними умовами для зародження цивілізації;

f_l – вірогідність зародження життя на планеті з відповідними умовами;

f_i – вірогідність виникнення розумних форм життя на планеті, на якій є життя;

f_c – відношення кількості планет, розумні жителі яких здатні до контакту і шукають його, до кількості планет, на яких є розумне життя;

L – час життя такої цивілізації (тобто час, впродовж якого цивілізація існує, здатна вступити в контакт і хоче вступити в контакт).

Існує безліч думок щодо більшості параметрів. Приведемо числа, використані Дрейком в 1961 році: $R = 10/\text{рік}$ (10 зір утворюється за рік, $f_p = 0,5$ (половина зір має планети), $n_e = 2$ (в середньому дві планети в системі придатні для життя), $f_l = 1$ (якщо життя можливе, воно обов'язково виникне), $f_i = 0,01$ (1% вірогідності, що життя розвинеться до розумного), $f_c = 0,01$ (1% цивілізацій може і хоче встановити контакт), $L = 10\,000$ років (технічно розвинена цивілізація існує 10 000 років). Рівняння Дрейка за його оцінками дає $N = 10 \times 0,5 \times 2 \times 1 \times 0,01 \times 0,01 \times 10\,000 = 10$.

Роздільна здатність (разрешающая способность, resolving power) – характеристика телескопа, зокрема радіотелескопа, яка визначається мінімальною кутовою відстанню між точковими об'єктами, наприклад, зорями, які інструмент може розрізнити окремо.

Розподіл радіояскравості (распределение радиояркості, radio brightness distribution) – розподіл по небу радіовипромінювання від великомасштабних радіоджерел, виражений як *густина потоку* радіовипромінювання в одиниці тілесного кута залежно від напрямку. Такі розподіли будуються як у вигляді контурних карт, так і з використанням комп'ютерної обробки, при якій отримують зображення, подібні до оптичних фотографій.

Розрізнення (разрешение, resolution) – те ж саме, що й *роздільна здатність*.

РТ-22 КрАО, радіотелескоп (РТ-22 КрАО, радиотелескоп, RT-22 КрАО, radio telescope) – 22-метровий радіотелескоп Кримської астрофізичної обсерваторії – розташований на півдні Криму (сел. Кацівелі поблизу Симеїзу). Працює з 1966 року на міліметрових та сантиметрових хвилях. Основні дослідження стосуються радіоінтерферометрії з наддовгими базами (РНДБ, VLBI), моніторингу активних галактичних ядер, спостережень Сонця, зір і молекулярних ліній міжзоряного середовища. Шляхом точного визначення координат радіоджерел проводить моніторинг тектонічних процесів на

нашій планеті. РТ-22 входить до складу міжнародної мережі станцій VLBI.

РТ-70, радіотелескоп (РТ-70, радиотелескоп, RT-70, radio telescope) розташований поблизу Євпаторії, він розпочав роботу у 1978 році. Діаметр головного дзеркала 70 м. Радіотелескоп здійснює космічний зв'язок як передавальна та приймальна антена. Робочі довжини хвиль 39 см (у режимі передачі) та 6 см (у режимі прийому). Телескоп приймав участь у космічних програмах досліджень Венери, комети Галлея та інших, а також у проєкті «*Радіоастрон*». Такий самий радіотелескоп з 1986 року працює у Приморському краї (Росія), і ще один має бути в Узбекистані на плато Суффа.

Рупор (рупор, megaphone) – антена у формі рупора, що використовується в радіотелескопах для перетворення енергії радіовипромінювання в електричні сигнали, які потім спрямовуються в приймач. Розмір рупора повинен відповідати довжині хвилі радіосигналу, на якій працює антена. Тому для радіотелескопа, працюючого з декількома довжинами хвиль, потрібний набір рупорів.

Рупорний опромінювач (рупорный облучатель, megaphone-type irradiator) – пристрій, що використовується в радіотелескопах. Він розташовується у фокусі і діє як приймач радіохвиль, котрі збирає і фокусує на нього антена. Зібрана енергія спрямовується на підсилювач.

С

Сантиметрові хвилі (сантиметровые волны, centimeter waves) – радіохвилі з довжиною хвилі від 10 до 1 см (частоти від 3 до 30 ГГц). Проходять через атмосферу Землі, зазнаючи мале спотворення. Поглинання в тропосфері водяними парами і краплями дощу істотно тільки для хвиль з довжиною менше 3 см, а іоносфера практично прозора для сантиметрових хвиль, які можуть використовуватися для роботи супутників зв'язку і ліній зв'язку Земля – космос.

Свистячі атмосферіки (свистящие атмосферіки, whistling atmospherics). Низькочастотне радіовипромінювання в

діапазоні 0,3–30 кГц, генероване в атмосфері Землі, дістало назву свистячих атмосфериків. Результати спостережень представляються на частотно-часових діаграмах (сонограмах). Під час розрядів блискавок з'являються групами на різних частотах. Відбиваються від сполучених точок протилежних півкуль магнітного поля Землі. Час поширення використовується для обчислення електронної густини магнітосфери, що дозволяє зондувати плазмосферу і магнітосферу до відстаней в 7–9 радіусів Землі. Існують різні типи свистячих атмосфериків.

Середні хвилі (средние волны, middle waves) – радіохвилі довжиною від 1 км до 100 м (частоти від 300 кГц до 3 МГц). Як і короткі, вони відбиваються від іоносфери, що зручно для земного радіозв'язку.

Сибірський сонячний радіотелескоп (ССРТ) (Сибирский солнечный радиотелескоп, Sybir solar radio telescope) розташований у Радіоастрофізичній обсерваторії Бадари за 120 км на південний захід від Іркутська. Працює з 1984 року. Являє собою хрестоподібний радіоінтерферометр, утворений 2,5-метровими параболічними антенами в кількості 128 антен вздовж напрямку схід – захід та стільки ж у перпендикулярному напрямку. Відстань між антенами – 4,9 м. Працює у сантиметровому діапазоні (5,7 ГГц), кутове розрізнення – до 15". Радіотелескоп проводить моніторинг сонячної активності, причому визначаються інтенсивність та поляризація сигналу.

Сигнал (сигнал, signal) – сигналами називають різні фізичні процеси, що несуть в собі повідомлення (інформацію). У радіотехніці і техніці зв'язку поняття «електричний сигнал» і «радіосигнал» мають дуже широке застосування, набуваючи в різних випадках тих або інших конкретних значень. У загальному вигляді «електричний сигнал» і «радіосигнал» – це передана відповідно по дротах або без дротів (по радіо) електромагнітна енергія, що несе в собі яке-небудь повідомлення. Слово «повідомлення» при цьому потрібно розуміти в широкому значенні слова.

Синтез апертур (синтез апертур, aperture synthesis) – розроблений в радіоастрономії метод, який пізніше став вико-

ристовуватися і для спостережень в інфрачервоному і оптичному діапазонах. Метод дає можливість шляхом об'єднання спостережень, зроблених за допомогою декількох невеликих антен або дзеркал, отримувати карти або зображення з *розрізненням*, досяжним тільки при дуже великій *апертурі*.

Синтез апертур на основі земного обертання (синтез апертур на основі вращення Землі, Earth's rotation aperture synthesis) – метод в радіоастрономії, в якому використовується обертання Землі для того, щоб за допомогою невеликих *радіоінтерферометрів* отримати *роздільну здатність*, яку мала б антена величезного діаметру. У простому випадку, коли вимірюється фаза і амплітуда радіосигналу, дві антени можна використати як *радіоінтерферометр*. Оскільки Земля впродовж доби обертається, одна антена автоматично описує навколо іншої коло. В наступні дні відстань між антенами можна змінювати так, що поступово покривається велика еліптична область. Якщо потім усі отримані записи об'єднати за допомогою комп'ютерних методів, то можна отримати радіокарту спостережуваної ділянки неба з таким розрізненням, яке було б при апертурі, рівній за розміром усій охопленій області. На практиці зазвичай використовують не дві антени, а більше, що дозволяє прискорити процес зйомки і мати ширший набір можливостей. Крім того, можна об'єднувати спостереження, зроблені в різних місцях, розділених відстанями в тисячі кілометрів, що дає ще кращу *роздільну здатність*. Цей різновид методу синтезу апертур був розроблений в Кембріджському університеті.

Синхротронне випромінювання (синхротронное излучение, synchrotron radiation) – випромінювання електромагнітних хвиль (йдеться переважно про радіовипромінювання) під час руху заряджених частинок (у космічних умовах переважно електронів) з релятивістськими швидкостями ($v \sim c$) у магнітному полі. Назва пов'язана з тим, що таке випромінювання вперше спостерігалось у синхротронних ядерних прискорювачах. Сильно поляризоване. У космічному просторі кількість релятивістських електронів, які мають енергію E , пропорційна до $E^{-\gamma}$, де $\gamma = 0,5-5,0$ – показник спектра. Тому залежність інтенсивності синхротронного випромі-

нювання від частоти відображає співвідношення $I_\nu \propto \nu^{-\alpha}$, де $\alpha = 0,25-2,0$. Отже, якщо середнє значення $\alpha \approx 1$, то $I_\nu \propto \nu^{-1}$, тоді як у випадку *теплого випромінювання* в радіодіапазоні $I_\nu \propto \nu^2$. Отже, спостереження космічного джерела в двох частотах дає змогу з'ясувати механізм випромінювання. Синхротронне випромінювання типове для багатьох космічних об'єктів – *квазарів, пульсарів, залишків наднових, активного Сонця, планет Юпітера і Сатурна*.

Сканування (сканирование, scanning, від англ. scan – розглядати):

1. Послідовний огляд протяжного об'єкта малими ділянками або спектра за довжинами хвиль. Можливе лінійне і растрове сканування.

2. «Хитання» *діаграми спрямованості антени радіотелескопа* у вертикальній і горизонтальній площинах або в обох площинах одночасно в певних межах із заданою швидкістю. Застосовують у радіоастрономії під час вивчення структури протяжних космічних радіоджерел та ін.

3. Зміна одного з параметрів приймальної системи за певним законом.

Складна антенна система (сложная антенная система, complex antenna system) – система елементарних антен для отримання *діаграми спрямованості* спеціального виду.

Служба радіоастрономічних спостережень Сонця (служба радиоастрономических наблюдений Солнца, monitoring of the solar radio radiation). Для отримання оперативних даних стану сонячної активності існує мережа радіообсерваторій, що здійснює моніторинг радіовипромінювання Сонця. При цьому проводяться спостереження потоків радіовипромінювання від усього сонячного диска на сантиметрових і до метрових хвиль. За допомогою радіоспектрографів отримують динамічні спектри спорадичного радіовипромінювання в діапазоні метрових і декаметрових хвиль. Ряд обсерваторій (ССРТ, РАТАН 600, Нобаяма, Гельсінки) отримує щоденні радіозображення Сонця на міліметрових і сантиметрових хвилях.

Смуговий фільтр (полосовой фильтр, band-pass filter) – пристрій, що використовується в радіоастрономії для при-

гнічення небажаних частот без помітного впливу на потрібні частоти.

Сонячна одиниця потоку (солнечная единица потока, solar flux unit). Сонце – одне з найпотужніших джерел радіовипромінювання. Як кількісна характеристика сонячного радіовипромінювання приймається сонячна одиниця густини потоку, що дорівнює 10^{-22} Вт/(м²×Гц). Величини потоків змінюються від десятків і сотень для S-component і до 1000 для сплесків.

Спалах сонячного радіовипромінювання (вспышка солнечного радиоизлучения, solar radio burst) – раптове зростання нетеплового радіовипромінювання від верхньої сонячної корони безпосередньо після сонячного спалаху, зумовлене захопленням енергійних електронів магнітним полем корони. Як звичайно, спалах сонячного радіовипромінювання пов'язаний з раптовим прискоренням близько 10^{35} – 10^{36} електронів до енергій понад 100 кеВ менше ніж за 1 с.

Спектральний індекс (спектральный индекс, spectral index) – показник степеня у виразі, що описує залежність інтенсивності випромінювання від частоти. Спектральний індекс додатний для теплового і від'ємний для нетеплового випромінювання.

Спектри радіоджерел (спектры радиоисточников, spectra of radio sources). За формою спектри бувають наступних типів:

S (straight) – прямі спектри. Спектральна залежність виражається степеневою функцією залежності потоку S від частоти ν (у логарифмічному масштабі $\lg S - \lg \nu$). Для джерел класу S показник степеня цієї залежності $\alpha = 0.8$;

C (curved) – викривлені спектри таких видів:

C⁻ – спектри з негативною кривиною,

C_{max} – спектри з максимумом; на високих частотах спектр виду S або C^- , на низьких частотах – завал внаслідок синхротронного самопоглинання;

C⁺ – спектри з позитивною кривиною: C_l^+ – підйом потоку на довгих хвилях (long waves), C_s^+ – підйом потоку на коротких хвилях (short waves);

C_{px} – складні спектри (complex): накладення спектрів різних типів.

Існують взаємозв'язки типу:

$\alpha - \theta$ (спектральний індекс – кутовий розмір). У джерел з плоским спектром є компоненти малих кутових розмірів;

α -змінність. На тих частотах, де є змінність, спектр або плоский, або $S_{\text{рх}}$. Найсильніша змінність відзначається на міліметрових і сантиметрових хвилях.

Спіральні рукави Галактики (спиральные рукава Галактики, spiral arms of Galaxy). Наша Галактика належить до класу спіральних галактик, це означає, що у Галактики є спіральні рукави, розташовані в площині диска. Диск занурений в гало сферичної форми, а навколо нього розташовується сферична корона. Сонячна система знаходиться на відстані 8,2 тисяч парсек від галактичного центра, поблизу площини Галактики, на внутрішньому краю рукава, що носить назву рукав Оріона. Останні дані за спостереженнями молекулярного газу (СО) говорять про те, що у нашої Галактики є два рукави, що починаються від бара у внутрішній частині Галактики – рукави Лебеда і Центавра. Далі від центра до них додаються ще два рукави – Стрільця та Персея. Усі вони спостерігаються в лінії нейтрального водню в зовнішніх частинах Галактики.

Спрямовані антени (направленные антенны, directional antennas) – це такі антени (чи антенні системи), які випромінюють при передачі і приймають при прийомі переважно в якому-небудь напрямі. Потужність, що підводиться до спрямованої антени, використовується раціональніше, і при заданій потужності передавача можна досягти більшої дальності зв'язку в потрібних напрямках. При прийомі спрямована антена забезпечує зменшення перешкод, оскільки прийом відбувається лише з одного напрямку.

Стала Больцмана (постоянная Больцмана, Boltzmann's constant) – коефіцієнт пропорційності між середньою кінетичною енергією атома, іона, молекули і т. п. та абсолютною температурою середовища: $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ ерг/К = $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Стрілець А (Стрелец А, Sagittarius A) – радіоджерело поблизу центра Галактики. Спостерігаються два джерела: SgrA (W) та SgrA (E) – Стрілець А (західний) та Стрілець А (східний). Західне надкомпактне джерело співпадає з ди-

намічним центром Галактики, східне – протяжне, знаходиться, певне, за центром. Джерело SgrA (E) є залишком спалаху наднової, оскільки має оболонкову структуру, і спектр його випромінювання синхротронний. Західне джерело оточене газопиловим кільцем радіусом 2 пк, температура пилу 120 К, швидкість обертання ≈ 80 км/с. Всередині об'єму з $R \approx 1,5$ пк пилу немає, і весь газ іонізований. В цій області спостерігаються плазмові хмари, що утворюють спіральну структуру або кільце, плазмова перемичка (бар) і компактне джерело нетеплового випромінювання SgrA*, яке зміщене відносно центра бара на 0,15 пк. Радіус SgrA* $\sim 10^{-4}$ пк, *яскравісна температура* $\sim 10^{10}$ К. Спектр його випромінювання майже плоский, інтенсивність випромінювання злегка зростає до коротких хвиль, випромінювання має, мабуть, синхротронну природу. Часом спостерігається швидка змінність потоку випромінювання. Інших подібних джерел в Галактиці не існує, але воно схоже за характером спектра на ядра інших галактик.

Структура позагалактичних радіоджерел (структура внегалактических радиоисточников, structure of extragalactic radio sources). Позагалактичні радіоджерела підрозділяються на протяжні (прозорі) і компактні (непрозорі). Компактні джерела або їх компоненти характеризуються синхротронним самопоглинанням. Присутні структури типу «ядро – гало» і подвійні радіоджерела у вигляді протилежно спрямованих викидів (зустрічаються серед N-галактик і квазарів). У радіогалактик спостерігається просторова структура у вигляді ядра, джетів, що виходять із нього, і на кінцях джетів – протяжних структур – *лоубів*. На міліметрових і сантиметрових хвилях переважає випромінювання ядра і джетів, на дециметрових і метрових хвилях – випромінювання лоубів і яскравих плям на їх периферії.

Ступінь поляризації (ступень поляризации, degree of polarization) – відношення максимальної різниці інтенсивності двох складових світлового потоку, поляризованого в двох взаємно перпендикулярних площинах, до суми цих інтенсивностей. Ступінь поляризації позначають p та визначають як $p = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$.

Субміліметрова астрономія (субмиллиметровая астрономия, submillimeter astronomy) – дослідження електромагнітного випромінювання джерел в діапазоні довжин хвиль від 0,3 до 3 мм. В цій «проміжній» області електромагнітного спектра застосовують методи як радіоастрономії, так і інфрачервоної астрономії. Спостереження в цьому діапазоні спектра мають велике значення для цілого ряду розділів астрономії, включаючи вивчення космічного фонового випромінювання, областей зореутворення і молекулярних спектральних ліній міжзоряних хмар.

Субміліметрові хвилі (субмиллиметровые волны, submillimeter waves) – радіохвилі довжиною менше міліметра (частоти перевищують 300 ГГц), котрі межують із інфрачервоним діапазоном електромагнітних хвиль.

Субрефлектор (субрефлектор, subreflector) – вторинний відбивач в радіотелескопі касегренівської конструкції. Він отримує сигнал, відбитий від головної антени, і спрямовує його до фокусу позаду головної антени, в якій є центральний отвір. Субрефлектор виконує ту ж функцію, що і вторинне дзеркало у відбивному оптичному телескопі.

Супероболонки, каверни (супероболочки, каверны, superbubbles). Існують в Галактиці та інших галактиках. Утворюються в ОВ-асоціаціях і молодих зоряних скупченнях в результаті взаємодії іонізуючого випромінювання зір, зоряного вітру, кратних спалахів нових. У літературі існує велика кількість термінів: «bubble», «cavity», «hole», «shell», «supershell», «ring nebula», що відображає різноманітність проявів. Сюди належать оболонки нейтрального водню, області НІІ з посиленням яскравості на периферії, тонковолокнисті туманності, оболонкові джерела *теплого* і *синхротронного випромінювання* і т. д. з розмірами від декількох десятків пк до декількох кпк.

Сцинтиляції (сцинтилляции, scintillations) – швидкі неправильні варіації потоку радіовипромінювання від дискретних космічних об'єктів, що виникають під час проходження цього випромінювання через неоднорідності плазми зовнішньої сонячної корони і прилеглої до неї зони міжпланетного простору. Причина появи сцинтиляцій – нерегулярна дифракція радіохвиль на неоднорідностях. Спостерігають їх, якщо

кутові розміри джерел випромінювання менші від 0,5". Під час спостережень сцинтиляцій у 1967 р. відкрито *пульсари*.

S-смуга (S-полоса, S-band) – смуга радіочастот поблизу довжини хвилі 14 см.

SS 433 – один із самих екзотичних об'єктів. Це – затемнювана рентгенівська подвійна система, один з компонентів якої є чорною дірою або нейтронною зорею. Другий компонент – зоря спектрального класу А. SS 433 є першим відкритим мікроквазаром. SS 433 лежить усередині залишку наднової W50, що вибухнула приблизно 10 тисяч років тому. Приблизна відстань до SS 433 – 18000 світлових років. На небі розташовується в сузір'ї Орла. Об'єкт також випромінює в рентгенівському і радіодіапазоні. Речовина нормальної зорі-компаньйона перетікає на компактний об'єкт і утворює навколо нього акреційний диск. Частина речовини залишає систему у вигляді двох струменів (джетів), що б'ють уздовж осі обертання компактного об'єкта із швидкістю ~26% від швидкості світла (79000 км/с). Компоненти системи обертаються навколо загального центра мас за 13,1 доби. Те, що джети в об'єкті SS 433 відстежують прецесію акреційного диска, дозволяє зробити висновок, що їх формування пов'язане не з активністю центрального об'єкта, а з магнітогідродинамічними процесами в плазмі внутрішніх частин акреційного диска. Таким чином, такі коліміровані джети – явище загальне і для ядер галактик, і для релятивістських об'єктів зоряної маси в подвійних системах, так само як і для нерелятивістських об'єктів, оточених дископодібними оболонками. Серед усіх цих об'єктів SS 433 унікальний тим, що в ньому, окрім релятивістських джетів, спостерігається ефект регулярної прецесії джетів з надзвичайно стабільним періодом.

Т

Темна енергія (темная энергия, dark energy) – гіпотетична причина прискореного розширення Всесвіту. Термін з'явився після терміну *темна матерія*, як щось невідоме.

Синоніми – Λ -член, антигравітація, «п'ята сутність» (лат. quinta essentia, тобто, за давніми уявленнями, стихія, додаткова до землі, води, повітря та вогню). Враховуючи величезні маси, котрі розбігаються у Всесвіті, темна енергія повинна становити приблизно 70% загальної маси-енергії Всесвіту.

Темна матерія (темная материя, dark matter) – вкрай невдалий термін, що з'явився наприкінці ХХ століття для пояснення аномально великих швидкостей обертання галактик та галактик у скупченнях. Такі швидкості у гравітаційно зв'язаних системах свідчать, що маси цих систем майже на порядок більші, ніж маси зір, що входять до їх складу. Проблемою «прихованої маси» ще у 30-і роки займався Ф. Цвіккі. Більшість сучасних вчених вважають, що є матерія, котра не приймає участі в електромагнітній взаємодії і, як наслідок цього, невидима. Але вона має масу, що загалом складає більше 20% усієї маси-енергії Всесвіту і пояснює великі швидкості обертання галактик як навколо власної осі, так і у скупченнях. Переносне значення слова «темний», як і англійського «dark» – таємничий, незрозумілий – може, й доречно, але по суті неправильне, бо ця матерія, за визначенням, невидима. Так і слід її називати – невидимою (invisible).

Температура антени (температура антенны, antenna temperature) – параметр, що використовується в радіоастрономії для опису потужності p , що припадає на одиницю ширини смуги сигналу, який отримується антеною після втрат у системі детектування. За визначенням, температура антени оцінюється величиною p/k , де k – стала Больцмана.

Температурний коефіцієнт частоти (ТКЧ) (температурный коэффициент частоты, temperature coefficient of frequency (TCF)) – використовується для кварцових генераторів або для характеристики готових виробів, що забезпечують необхідні частоти. ТКЧ показує величину відносної зміни частоти кварцу або пристрою при зміні температури на 1 градус Цельсія.

Теплове випромінювання (тепловое излучение, thermal radiation) – випромінювання, що виникає під час руху в полі атомних ядер (або в магнітному полі) електронів, розподіл яких за швидкостями описує формула Максвелла. У випадку

ж нетеплового випромінювання розподіл електронів (релятивістських та субрелятивістських) за енергіями описує степеневий закон. Звичайно теплове випромінювання описують формулами, що отримані для чорного тіла, хоча конкретно у разі висвічування нагрітого газу в розподілі енергії можуть бути більш або менш чітко виражені «обвали» (як ось на межі лайманівського, бальмерівського та інших континуумів у разі висвічування водневої плазми).

Точкове джерело (точечный источник, point source) – джерело, кутові розміри якого не піддаються вимірюванню.

Тремтіння (дрожание, jitter) – неправильні випадкові зміни радіосигналу.

у

Ударна хвиля (ударная волна, shock wave) – стрибко-подібна зміна тиску, температури та густини неперервного середовища, яка відбувається у випадку, коли швидкість розповсюдження збурень в середовищі перевищує швидкість звуку в ньому.

Український радіоінтерферометр Академії наук (УРАН) (Украинский радиоинтерферометр Академии наук (УРАН), Ukrainian radio interferometer of Academy of sciences (URAN)) – українська система радіотелескопів декаметрового діапазону. Базовий телескоп (УТР) і центр обробки інформації розташовані у Граковому Харківської області. З іншими він утворює такі бази: 42,3 км (Зміїв Харківської області), 613,1 км (Маяки Одеської області), 152,3 км (Полтавська гравіметрична обсерваторія), 946,2 км (Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка (Волинська область). Кутові розрізнення на 25 МГц при використанні цих баз становлять відповідно 15", 1", 4" та 0,66". Уведено в експлуатацію в жовтні 1993 р. Програма досліджень передбачає детальне вивчення структури *радіогалактик* і *квazarів*, складання систематичного каталогу дискретних джерел Північного неба на п'яти частотах декаметрового діапазону довжин хвиль.

Ультракороткі хвилі (ультракороткие волны, ultra-short waves) – об'єднана назва радіохвиль довжиною від 10 метрів до 1 міліметра. Раніше цей термін у радіотехніці був синонімом *метрових хвиль*.

Ф

Фазовий фільтр (фазовый фильтр, all-pass filter) – електричний фільтр, що створює затримку сигналу в часі без спотворення його форми.

Фазовий фронт (фазовый фронт, phase front) – геометричне місце точок, в якому коливання мають однакову фазу. Для плоскої хвилі фазовий фронт – площина, перпендикулярна напрямку поширення. Для хвилі, що збуджується точковим джерелом, фазовий фронт – сфера. У ближньому полі антени є присутніми сферичні хвилі, в далекій зоні антени існують плоскі хвилі.

Фідер (фидер, feeder): в радіотехніці – лінія передачі, передавальна лінія, електричний пристрій, по якому здійснюється спрямоване поширення електромагнітних коливань (хвиль) від джерела до споживача в системах їх передачі і розподілу. Фідери підрозділяють на відкриті і закриті. До відкритих фідерів відносяться: одно-, двох- і багатопровідні лінії; діелектричні радіохвилеводи; лінзові і дзеркальні квазіоптичні лінії. Закриті фідери – одно- і багатопровідні екрановані лінії (наприклад, радіочастотний кабель, симетрична лінія) і радіохвилеводи. Вибір конструкції фідера визначається робочою частотою джерела.

Фільтр верхніх частот (ФВЧ) (фильтр верхних частот (ФВЧ), high-pass filter (HPF)) – це фільтр, область прозорості якого простягається на частоти, що менше деякої граничної частоти.

Фонове радіовипромінювання Галактики (фоновое радиоизлучение Галактики, Galactic background radio radiation). Уперше радіовипромінювання Галактики у неперервному спектрі спостерігалось К. Янським в 1932 р. на хвилі

14,6 м. У 1940-х роках Г. Ребер побудував першу карту галактичного радіовипромінювання на 160 МГц. Випромінювання в континуумі сконцентроване до галактичної площини. Існують локальні максимуми в центрі Галактики, сузір'ях Лебідь, Телець. У напрямі на центр Галактики на частоті 18 МГц *яскравісна температура* складає 2×10^5 К. Нетепловий фон має чотири компоненти: галактичний диск, симетричний відносно центра; локальні особливості, що визначаються спіральними рукавами; галактичне гало, симетричне відносно галактичного центра; ізотропний фон нерозділених позагалактичних радіоджерел. Максимум випромінювання на низьких частотах – 3 МГц. На хвилях коротше 20 см основна частина фону має теплову природу.

Фоновий шум (фоновый шум, background noise) – всі ефекти перешкод в системі, що генерує, виміряє або реєструє сигнал. Природний фоновий шум складається із галактичного шуму (від *синхротронного випромінювання*), теплового шуму (шум приймача та ізотропний фоновий шум), квантового шуму (спонтанна емісія або флуктуаційний шум) та фоновому шуму від зір.

FAST – див. П'ятсотметровий сферичний телескоп.

X

Хартебеестхукська радіоастрономічна обсерваторія (Хартебеестхукская радиоастрономическая обсерватория, Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory – Hart RAO) розташована в 50 км на захід від Йоганнесбурга (Південно-Африканська республіка). Радіотелескоп з антеною діаметром 26 м працює на хвилях $\lambda = 18; 13; 6; 4,5; 3,5; 2,5$ та 1,3 см (частоти відповідно 1,7; 2,3; 5; 6,7; 8,6; 12 та 23 ГГц).

Хвилевод (волновод, waveguide) – порожниста або заповнена діелектриком металева труба, в якій здійснюється спрямований рух електромагнітного поля. У хвилеводі практично відсутні втрати випромінювання.

Хвильовий канал (волновой канал, wave channel) – див. *антена Уда – Ягі*.

Хвильовий опір (волновое сопротивление, impedance) – це відношення амплітуди напруги хвилі, що поширюється, до амплітуди сили струму хвилі. Залежить від таких параметрів лінії, як ємність, діелектрична проникність матеріалу провідника, індуктивність і опір на одиницю довжини.

Хрест Міллса (крест Миллса, Mills's Cross) – антенна система, що складається із багатoeлементних антен, орієнтованих під прямим кутом одна до одної. Має *оливцеву діаграму спрямованості*, що складається з однієї вузької пелюстки.

Ц

Центавр А (Центавр А, Centaurus A) – NGC 5128; $\alpha_{2000,0} = 13^h25,5^m$; $\delta_{2000,0} = -43^\circ01'$ – потужне радіоджерело в сузір'ї Центавра, найближча до нас *радіогалактика* (відстань до неї близько 4 Мпк). Галактика має сфероїдальну форму, розділену газопиловим диском, що поглинає світло зір, спостережуваним практично з ребра. Радіозображення галактики показує, що Центавр А містить протяжне радіоджерело, яке є старою структурою, що сильно розширилася. Загальна протяжність джерела уздовж великої осі – близько 500 кпк. Окрім протяжного джерела в центральній області (в межах оптичного зображення галактики) виявлена порівняно компактна подвійна радіоструктура з відстанню між компонентами близько 12 кпк. У самому центрі галактики (в її ядрі) знаходиться дуже компактне радіоджерело, інтенсивність випромінювання якого різко зростає зі зменшенням довжини хвилі в сантиметровому і міліметровому діапазонах. Радіосвітність протяжного радіоджерела – близько 10^{42} ерг/с. Орбітальний телескоп «Чандра» отримав знімок велетенських плазмових струменів, що викидаються з центра галактики Центавр А. Такі струмені утворені з речовини акреційного диска навколо надмасивної чорної діри і орієнтовані уздовж осі її обертання. Джерелом енергії для цього космічного при-

скорювача частинок служить чорна діра, маса якої майже в десять мільйонів разів більше маси Сонця. На рентгенівському зображенні вона видна як яскрава пляма в центрі галактики. Потужний джет, що викидається з активного ядра галактики, має протяжність в 13 тисяч світлових років.

Циклотронне випромінювання (циклотронное излучение, cyclotron radiation) – випромінювання електромагнітних хвиль зарядженими частинками (у космосі, головним чином, електронами), що рухаються з нерелятивістськими (набагато меншими від швидкості світла) швидкостями.

Ч

Часова затримка інтерференції (временная задержка интерференции, time delay of interference) – величина τ_g , яку визначають різницею часу місцевих годинників T_1 та T_2 на момент надходження хвильового фронту $\tau_g = T_1 - T_2 = (b/c) \cos \theta$, де b – довжина бази *інтерферометра*; θ – кут між орієнтацією бази інтерферометра та напрямом на джерело; c – швидкість світла.

Частота (частота, frequency) – кількість повних коливань або циклів періодичного сигналу за секунду. Одиниця частоти – герц (Гц). Частота пов'язана з довжиною хвилі і швидкістю поширення сигналу (v) співвідношенням: $v = \nu \times \lambda$.

Ш

Ширина променя (ширина луча, beam width) – кутова протяжність променя *радіотелескопа*. Ширина променя на половині потужності – кутова протяжність, при якій потужність, що приймається, складає не менше половини максимуму (коли радіотелескоп спрямований безпосередньо на *точкове джерело*). Ширина променя характеризує *роздільну здатність* антени.

Ширина смуги (ширина полосы, band width) – ширина ділянки електромагнітного спектра (діапазон частот), що пропускається через електронний пристрій (вимірюється у Гц).

Шпур (шпур – шпора, spur) – тонке протяжне кільце на небесній сфері, що є потужним джерелом *синхротронного випромінювання*. Один із відомих сьогодні шпурів – «Великий Шпур» – Північний полярний шпур, має кутовий діаметр до 110° і проходить через Геркулес, Змію, Волопас, Діву, Чашу. Вважають, що шпур – *залишок оболонки наднової*. Середня відстань до шпура – 100 пк.

Шум (шум, noise) – у радіоприймачі – характерний звук, що виникає через випадковий рух електронів в схемі приймача. Космічні радіохвилі також виникають в результаті випадкового руху електронів, так що сигнал, виявлений радіотелескопом, за своїм характером не відрізняється від шумів, що виникають від довколишніх джерел. З цієї причини для радіоастрономії потрібні приймачі з дуже малим рівнем шуму.

Шуми атмосфери (шумы атмосферы, atmospheric noises) – шуми, зумовлені *тепловим випромінюванням* земної атмосфери у радіодіапазоні або електричними флуктуаціями у приймальній антені. Кількісною характеристикою шумів атмосфери є їхня *шумова температура*.

Шуми електричні (шумы электрические, electrical noises) – флуктуаційні (безладні) зміни електричного струму в електричних ланцюгах. Електричні шуми викликають погіршення якості прийому, появу неправдивих сигналів в каналах зв'язку. Розрізняють внутрішні шуми, що виникають через безладний рух зарядів у провідниках і електронних компонентах пристрою, і зовнішні, котрі надходять від промислових і побутових пристроїв.

Шуми космосу (шумы космоса, space noises) – шуми, зумовлені радіовипромінюванням Сонця, зір, планет, міжзоряного середовища та інших космічних систем, які спричиняють електричні флуктуації у приймальній антені. Незалежно від природи шуми космосу виявляються під час радіоприймання так само, як і *шуми атмосфери*. Їхню інтенсивність

оцінюють *яскравісною температурою* неба, яка еквівалентна температурі гіпотетичної небесної сфери, що оточує антену та має властивості чорного тіла.

Шумова температура (шумовая температура, noise temperature) – величина, якою описують рівень шумів систем, що безпосередньо можуть і не бути предметом досліджень, проте унаслідок яких знижуються можливості цільового приймання корисних електромагнітних імпульсів, на які вони накладаються. Такими системами можуть бути космос, атмосфера, приймачі випромінювання, радіотелескопи, системи космічного та супутникового зв'язку, антени, а також усі системи в цілому. Шумову температуру вимірюють у кельвінах, вона дорівнює температурі чорного тіла або узгодженого з вимірювальним пристроєм опору, при якій електромагнітне випромінювання чорного тіла або шумові імпульси від опору за значенням та спектром дорівнюють шуму, що його реєструє приймальний пристрій.

Шумоподібний сигнал (шумоподобный сигнал, noise-like signal) – сигнал, що містить багато гармонійних (синусоїдальних) складових у вибраній смузі частот. Шумом називають неврегульовані випадкові складні коливання з суцільним, відносно широким частотним спектром.

Я

Янський (Ян, Ју) (янский, jansky) – позасистемна одиниця виміру спектральної *густини потоку* випромінювання, вживана в радіоастрономії. Один янський дорівнює 10^{-26} Вт/(м²×Гц). Названа на честь Карла Янського, американського радіоінженера, піонера радіоастрономії, що відкрив в січні 1932 року *радіовипромінювання Галактики*.

Яскравісна температура T_b (яркостная температура, brightness temperature) – температура абсолютно чорного тіла, яке випромінює на даній частоті з одиничної площі в одиничному інтервалі частот таку саму потужність, як і джерело.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аллен К. У. Астрофизические величины. – М.: Мир, 1977. – 446 с.
2. Астрономия век XXI. – М.: Век, 2007. – 608 с.
3. Астрономия: традиции, настоящее, будущее. – Санкт-Петербург, 2007. – 300 с.
4. Астрономічний енциклопедичний словник / За загальною редакцією І. А. Климишина та А. О. Корсунь. – Львів, 2003. – 548 с.
5. Бисноватый-Коган Г. С.. Релятивистская астрофизика и физическая космология. – М.: УРСС, 2011. – 376 с.
6. Блиох П. В., Минаков А. А. Гравитационные линзы. – К.: Наукова думка, 1989. – 237 с.
7. Брауде С. Я., Конторович В. М. Радиоволны рассказывают о Вселенной. – М.: Физматлит, 2011. – 249 с.
8. Верходанов О. В., Парийский Ю. Н. Радиогалактики и космология. – М.: Физматлит, 2009. – 394 с.
9. Галактическая и внегалактическая радиоастрономия / Под ред. Г. Л. Верскера и К. И. Келлермана. – М.: Мир, 1976. – 624 с.
10. Гершман В. Н., Ерухимов Л. М., Яшин Ю. Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. – М.: Наука, 1984. – 392 с.
11. Горбацкий В. Г. Введение в физику галактик и скоплений галактик. – М.: Наука, 1986. – 253 с.
12. Губанов В. С. Финкельштейн А. М., Фридман Р. А. Введение в радиоастрометрию. – М.: Наука, 1983. – 280 с.
13. Есепкина Н. А., Корольков Д. В., Парийский Ю. Н. Радиотелескопы и радиометры. – М.: Наука, 1973. – 416 с.
14. Железняков В. В. Излучение в астрофизической плазме. – М.: Янус-К., 1997. – 528 с.
15. Железняков В. В. Электромагнитные волны в космической плазме. – М.: Наука, 1977. – 432 с.
16. Захаров А. Ф. Гравитационные линзы и микролинзы. – М.: Янус-К., 1997. – 328 с.

17. Каплан С. А., Цытович В. Н. Плазменная астрофизика. – М.: Наука, 1972. – 440 с.
18. Кисляков А. Г., Разин В. А., Цейтлин Н. М. Введение в радиоастрономию. – М.: Физматлит, 1995. – 212 с.
19. Конникова В. К., Лехт Е. Е., Силантьев Н. А. Практическая радиоастрономия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. – 304 с.
20. Космическая магнитная гидродинамика / Под ред. Э. Приста, А. Худа. – М.: Мир, 1995. – 440 с.
21. Краус Джон Д. Радиоастрономия. – М.: Сов. Радио, 1973. – 456 с.
22. Крюгер А. Солнечная радиоастрономия и радиофизика. – М.: Мир, 1984. – 469 с.
23. Ленг К. Астрофизические формулы (Руководство для физиков и астрофизиков). – М.: Мир, 1978. – Ч. 1. – 448 с.; Ч. 2. – 374 с.
24. Лозинская Т. А. Сверхновые звезды и звездный ветер: взаимодействие с газом Галактики. – М.: Наука, 1986. – 304 с.
25. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. – М.: Мир, 1984. – 400 с.
26. Малов И. Ф., Мачабели Г. З. Аномальные пульсары. – М.: Наука, 2009. – 396 с.
27. Малов И. Ф. Радиопульсары. – М.: Наука, 2004. – 191 с.
28. Москаленко Е. И. Методы внеатмосферной астрономии. – М.: Наука, 1984. – 224 с.
29. Одесский астрономический календарь. – Одесса: Астропринт, 2000 – 2017 гг.
30. Очерки истории радиоастрономии в СССР / Под ред. А. Е. Соломоновича. – Киев: Наукова думка, 1985. – С. 109-140.
31. Пахольчик А. Радиоастрофизика. – М.: Мир, 1973. – 252 с.
32. Пахольчик А. Радиогалактики. – М.: Мир, 1980 – 239 с.
33. Плазменная гелиофизика / Под ред. Л. М. Зеленого, И. О. Веселовского. – М.: Физматлит, 2008. – Т. 1. – 668 с.; Т. 2. – 560 с.
34. Проблема поиска жизни во Вселенной. Циклопедия. – М.: Наука, 1986. – 256 с.

35. Рудницкий Г. М. Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия». – Нижний Архыз, 2001. – 208 с.
36. Смит Ф. Г. Пульсары. – М.: Мир, 1979. – 267 с.
37. Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. – М.: Мир, 1980. – 254 с.
38. Сороченко Р. Л., Гордон М. А. Рекомбинационные радиолнии. – М.: Физматлит, 2003. – 392 с.
39. Товмасян Г. М. Внегалактические источники радиоизлучения. – М.: Наука, 1986. – 240 с.
40. Томпсон А. Р., Моран Дж. М., Свенсон Дж. У. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии. – М.: Физматлит, 2003. – 621 с.
41. Уилсон Т. Л., Рольфс К., Хюттемейстер. Инструменты и методы радиоастрономии.- М.: Физматлит, 2012. – 567 с.
42. Физика внегалактических источников радиоизлучения. Сб. статей. – М.: Мир, 1987. – 363 с.
43. Физика космоса. Маленькая энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1986. – 656 с.
44. Физическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. – Т. 1., 1988 – 794 с.; Т. 2., 1990 – 704 с.
45. Хопкинс Дж. Толковый словарь английских терминов по астрономии и астрофизике. – М.: Мир, 1980. – 300 с.
46. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. – М., 2006. – 312 с.
47. Яковлев О. И. Распространение радиоволн в космосе. – М.: Наука, 1985. – 214 с.

Додаток 1. Інтернет ресурси

Радіоастрономічні обсерваторії та інститути

Астрокосмічний центр Фізичного інституту ім. П. М. Лебедева Російської Академії наук, Москва. <http://www.asc.rssi.ru/default.asp>

ГАИШ, відділ радіоастрономії. <http://comet.sai.msu.ru/>

Інститут прикладної астрономії Російської Академії наук, Санкт-Петербург. <http://www.ipa.nw.ru/>

Інститут прикладної фізики (ІПФ) Російської Академії наук, Нижній Новгород. <http://www.appl.sci-nnov.ru/>

Інститут сонячно-земної фізики Сибірського відділення Російської Академії наук, Іркутськ. <http://www.iszf.irk.ru:8101>

Науково-дослідний радіофізичний інститут (НДРФІ), Нижній Новгород. <http://www.nirfi.sci-nnov.ru/>

Пушинська радіоастрономічна обсерваторія (ПРАО) АКЦ ФІАН, Пушино, Московська область. <http://www.prao.ru/>

Радіоастрономічний Інститут Національної Академії наук України, Харків. <http://www.ira.kharkov.ua/>

Спеціальна астрофізична обсерваторія (CAO) Російської Академії наук, Нижній Архиз. <http://www.sao.ru/>

Algonquin Radio observatory, Canada. <http://arocanada.com/>

Arecibo Observatory, Puerto Rico <http://aosun.naic.edu/>

Australia Telescope National Facility, Epping, Australia <http://www.atnf.atnf.csiro.au>

Dominion Radio Astrophysical Observatory, Canada

<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/facilities/drao.html>

Hartebeesthoek Radio Observatory, South Africa <http://hartebeesthoek.ac.za/>

Hat Creek Radio Astronomy Observatory (BIMA) <http://bima.astro.umd.edu/>

Haystack Observatory, USA <http://web.haystack.mit.edu/>

Instituto Argentino de Radioastronomia <http://www.iar.unlp.edu.ar/>

- Institut de radioastronomiemillimtrique (IRAM)**, Grenoble, France <http://iram.fr/>
- IRAM, Granada**, Spain <http://www.oan.es/sedes/iram.html>
- Istituto di radioastronomia, Bologna**, Italy <http://www.ira.bo.cnr.it/HomePage.html>
- Itapetinga Radio Observatory**, Brazil <http://www.craae.mackenzie.br/ingles/roi.html>
- Jodrell Bank Observatory**, Macclesfield, UK <http://www.jb.man.ac.uk/>
- Joint Institute for VLBI in Europe**, European VLBI Network, Netherlands <http://www.nfra.nl/jive/>
- Kashima Space Research Center**, Japan <http://www.crl.go.jp/ka/radioastro/index.html>
- Kitt Peak National Observatory**, USA <http://www.noao.edu/kpno/>
- Max-Planck-Institut für Radioastronomie**, Bonn, Germany http://www.mpifr-bonn.mpg.de/index_e.html
- Metsahovi Observatory, Finland** <http://bigear/hut.fi/>
- Mount Pleasant Radio Observatory**, Tasmania <http://ra-wiki.phys.utas.edu.au/index.php?n=Main.MtPleasant26m>
- Mullard Radio Astronomy Laboratory**, Cambridge, UK <http://www.mrao.cam.ac.uk/>
- National Astronomy Observatory**, Yebes, Spain <http://www.oan.es/sedes/Yebes.html>
- National Centre for Radio Astrophysics**, Pune, India <http://www.ncra.tifr.res.in/>
- National Radio Astronomy Observatory**, Green Bank, USA <http://www.nrao.edu/>
- Nobeyama Radio Observatory**, Japan http://www.nro.nao.ac.jp/index_e.html
- Non-U.S. Radio Astronomy Observatories** <http://www.nationalacademies.org/bpa/corfi/forgn97a.html>
- NRAO Very Long Baseline Array (VLBA)** <http://www.aoc.nrao.edu/vlba/html/VLBA.html>
- Observatoire de Nanzay**, France http://www.obs-nancay.fr/html_an/a_menu.htm
- Ohio State University Radio Astronomy Observatory**, USA <http://everest.eng.ohio-state.edu/~klein/ro/>

Onsala Space Observatory, Sweden <http://www.oso.chalmers.se/>

Owens Valley Radio Observatory, CA, USA <http://www.ovro.caltech.edu/>

Shanghai Astronomical Observatory, China <http://www.shao.ac.cn/>

Swedish–ESO Submillimeter Telescope (SEST), La Silla, Chile
<http://www.ls.eso.org/lasilla/Telescopes/SEST/SEST.html>

Taeduk Radio Astronomy Observatory, South Korea http://www.trao.re.kr/trao/index_en.html

Toruń Centre for Astronomy, Poland <http://www.astr.uni.to-run.pl/>

Ventspils International Radio Astronomy Centre, Latvia
<http://virac.venta.lv/>

Xinjiang Astronomical Observatory, China <http://english.xao.cas.cn/au/bi/>

Додаток 2. Основні формули

Тілесний кут діаграми спрямованості антени, стер.	$\Omega_a = \iint_{4\pi} A(\theta, \varphi) d\Omega$
Тілесний кут головної пелюстки діаграми спрямованості, стер. для олівцевої діаграми: для ножової діаграми:	$\Omega_m = \iint_{\Omega_m} A(\theta, \varphi) d\Omega$ $\Omega_m = 1.13\theta_{0.5}^2$ $\Omega_m = \frac{4}{3}\theta_{0.5} \cdot \varphi_{0.5}$
Тілесний кут бокових пелюсток, стер.	$\Omega_s = \iint_{\Omega_s} A(\theta, \varphi) d\Omega$
Ефективна площа антени, м ²	$A_{eff} = \lambda^2 / \Omega_a$
Коефіцієнт посилення антени	$G = 4\pi / \Omega_a$
Коефіцієнт використання апертури	$\varepsilon_a = A_{eff} / A_{geom}$
Коефіцієнт використання діаграми	$\varepsilon_M = \Omega_m / \Omega_a$
Коефіцієнт розсіяння	$\varepsilon_p = \Omega_s / \Omega_a$
Яскравість джерела – яскравісна температура (формула Релея-Джинса), Вт/м ² Гц×стер.	$B(\theta, \varphi) = \frac{2kT_b(\theta, \varphi)}{\lambda^2}$
Потік, що випромінюється джерелом, Вт/(м ² Гц) повний потік від джерела при $B = C$	$S_{rad} = \iint_{\Omega_{sour}} B(\theta, \varphi) d\Omega$ $S_{rad} = B \cdot \Omega_{sour} = \frac{2kT_b}{\lambda^2} \Omega_{sour}$

Потік, що приймається телескопом а) антена наведена на джерело Якщо тілесний кут джерела $\Omega_{sour} \ll \Omega_a$ і $B = C$, то б) антена рухається відносно джерела; потік дорівнює згортці яскравості з діаграмою	$S_{rec} = \iint_{\Omega_{sour}} B(\theta, \varphi) \cdot A(\theta, \varphi) d\Omega$ $S_{rec} = S_{rad}$ $S_{rec} = B * A$ $S_{rec} = \iint_{\Omega_{sour}} B(\theta, \varphi) \cdot A(x - \theta, y - \varphi) d\Omega$
Антенна температура від джерела (за формулою Найквіста, $P = kT\Delta f$) а) антена наведена на джерело якщо $\Omega_{sour} = 4\pi$, то якщо $\Omega_{sour} \ll \Omega_a$, то б) антена рухається відносно джерела; згортка яскравісної температури з діаграмою	$T_a = \frac{1}{\Omega_a} \iint_{\Omega_{sour}} T_b(\theta, \varphi) A(\theta, \varphi) d\Omega$ $T_a = T_b$ $T_a = \frac{\Omega_{sour}}{\Omega_a} \cdot T_b$ $T_a = \frac{1}{\Omega_a} \cdot T_b * A$

Додаток 3. Деякі фізичні сталі

Гравітаційна стала:

$$G = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2} = 6,672 \cdot 10^{-8} \text{ г}^{-1} \text{ см}^3 \text{ с}^{-2}.$$

Швидкість світла у вакуумі: $c = 2,997925 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}.$

Стала Планка: $h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 6,626 \cdot 10^{-27} \text{ ерг} \cdot \text{с}.$

Маса спокою електрона: $m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 9,110 \cdot 10^{-28} \text{ г}.$

Заряд електрона:

$$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ одиниць СГСЕ}.$$

Маса спокою протона: $m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,673 \cdot 10^{-24} \text{ г}.$

Маса спокою нейтрона: $m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$

Відношення маси протона до маси електрона:

$$m_p/m_e = 1836,15152.$$

Число Авогадро (число молекул на моль):

$$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Молярна газова стала:

$$R = 8,31441 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} = 1,986 \text{ кал/К} \cdot \text{моль}.$$

Стала Больцмана: $k = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} = 1,38 \cdot 10^{15} \text{ ерг/К}.$

Стала густини випромінювання:

$$a_R = 7,56566 \cdot 10^{-16} \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{К}^{-4} = 7,566 \cdot 10^{-15} \text{ ерг}/(\text{см}^3 \cdot \text{К}^4).$$

Стала Стефана-Больцмана:

$$\sigma = 5,67032 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4} = 5,67 \cdot 10^{-5} \text{ ерг}/(\text{см}^2 \cdot \text{К}^4 \cdot \text{с}).$$

1 мала калорія = $4,1855 \text{ Дж} \approx 4 \cdot 10^7 \text{ ерг}.$

Електрична стала: $\epsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}.$

Додаток 4. Деякі астрономічні величини

Кількість секунд у тропічному році $31\,556\,925,9747 \approx 3,16 \cdot 10^7$.

1 астрономічна одиниця (а. о.) = 149597870 км.

1 світловий рік $9,460530 \cdot 10^{17}$ см.

1 парсек (пк) = 206 264,806 а. о. = 3,261 633 св. року = $3,085678 \cdot 10^{18}$ см.

Поперечник Галактики 100 000 св. років $\approx 10^{23}$ см.

Відстань до галактики М31 у сузір'ї Андромеди 2 300 000 св. років $\approx 2,18 \cdot 10^{24}$ см.

Стала Хаббла H , що входить у формулу $v = Hr$, де v – “швидкість руху галактики”, r – відстань до неї, $H = 68$ км/(с·Мпк).

Алфавітний покажчик російських термінів

- Австралийский первопроходец
антенной решетки
квадратного километра 6
Адаптивная антенна 6
Алгонкинский радиотелескоп 6
Амплитудная характеристика 6
Амплитудно-частотная характеристика 7
Анализатор спектра частот 7
Аналогово-цифровой преобразователь 7
Антенна радиотелескопа 7
– с обработкой сигналов 7
– синфазная 8
– Уда – Яги 8
Антенная решетка 9
– квадратного километра 9
– сверхдлинных баз 10
Антенная температура 9
Антропный принцип 10
Апертура 10
Апертурная функция 10
Апертурный синтез 11
Аресибо, радиоастрономическая обсерватория 11
Атакамская большая миллиметровая решетка 11
Белый шум 12
Блазары 12
Ближняя зона антенны 13
Блицар 13
Боковой лепесток 14
Большой миллиметровый телескоп 15
– Пулковский радиотелескоп 15
Великий фильтр 15
Вентспилский Международный радиоастрономический центр 16
Вертикально поляризованная волна 16
Вестерборкская радиоастрономическая обсерватория 16
Вибратор 17
Волновод 115
Волновое сопротивление 116
Волновой канал 116
Временная задержка интерференции 117
Вспышка солнечного радиолучения 107
Гало Галактики 17
Гальваническая развязка 17
Гектометровые волны 18
Геркулес А 18
Герц 18
Гетеродинный спектрометр 19
Гигантские молекулярные облака 15

Гигантский радиотелескоп метрового диапазона 19	Зеркальные антенны 22
Гидра А 19	Избирательность 16
Главный лепесток 20	Индекс мерцаний 30
Горизонтально поляризован- ная волна 20	Интерференция 30
Гравитационное микролин- зирование 20	Интерферометр 30 – градусного масштаба 30
	Ионизированный водород 30
	Ионосфера Земли 31
	Источник шума 21
Далекая зона антенны 21	Канберрский коммуникаци- онный комплекс глубокого космоса 32
Двингелоо радиотелескоп 21	Карандашная диаграмма направленности 63
Двойной радиоисточник 68	Каскад усиления 33
Дева А 23	Кассегреновский радиотеле- скоп 33
Декаметровые волны 21	Кассиопея А 33
Дециметровые волны 21	КВАЗАР 34
Джодрелл-Бенк, радиоастро- номическая обсерватория 21	Квазар 3С 273 34
Диаграмма направленности 22	Квазары 35
Дипольная антенна 22	Кембриджская радиоастро- номическая обсервато- рия 35
Дисперсия радиоволн 22	Кембриджские каталоги 36
Длинные волны 24	Километровые волны 36
Доминион, радиоастрофизи- ческая обсерватория 24	Классификация радиогалак- тик 37
Дрожание 113	Коаксиальный кабель 37
Емкостная нагрузка антенны 27	Когерентные колебания 38
Еффельсберг 27	Кольцевая антенна 37
Живописец А 28	Комбинированная решетка миллиметрового диапазона 38
Заграждающий фильтр 28	Компактный радиоисточник 38
Заземление 28	
Замирание 28	

- Корональные выбросы массы 39
 Короткие волны 39
 Коррелятор 38
 Корреляционный телескоп 38
 Космическая погода 39
 Космическое радиоизлучение 40
 Коэффициент усиления антенны 38
 Крабовидная туманность 41
 Крест Миллса 116
 Критическая частота 41
- Лацертиды 42
 Лебедь А 42
 Лебедь X-1 42
 Линзовая антенна 43
 Логопериодическая антенна 43
 Лоуб 43
- Магнетар 43
 Магнитная буря 44
 Магнитосфера Земли 44
 Магнитосфера и ионосфера Венеры 47
 – Марса 47
 Магнитосфера Меркурия 45
 – Нептуна 46
 – Сатурна 46
 – Урана 48
 – Юпитера 49
 Мазеры космические 50
 Макса Планка радиоастрономический институт 51
 Максвелла радиотелескоп 51
- Меер-КАТ, радиотелескоп 57
 Мера дисперсии 55
 Мерцания 51
 Местная межзвездная среда 55
 Метанольные мазеры 52
 Метеорный радиолокатор 52
 Метод мерцаний 52
 Метровые волны 53
 Микроволновая астрономия 54
 Микроквазары 53
 Миллиметровая астрономия 54
 Миллиметровые волны 54
 Миллисекундные пульсары 54
 Миссия «Планк» 55
 Многоэлементная интерферометрическая радиосвязанная сеть 12
 Модель тонкого экрана 56
 Молекулярные мазеры 56
- Нансе, радиотелескоп 59
 Направление распространения радиоволны 59
 Направленные антенны 108
 Напряженность электрического поля 59
 Национальная радиоастрономическая обсерватория США 20
 Нейтральный водород 59
 Непрозрачность 61
 Низкочастотная антенная решетка 61

- hr/>
- Нобаяма радиоастрономическая обсерватория 61
- Ното радиоастрономическая обсерватория 61
- Области** звездообразования 63
- Обнуление пульсаций 63
- Объединенный Европейский интерферометр сверхдлинных баз 62
- Объемный резонатор 62
- Онсала, космическая обсерватория 63
- Остаток сверхновой 28
- Оуэнс-Велли радиоастрономическая обсерватория 64
- Очень большая антенная решетка Национальной радиоастрономической обсерватории США им. К. Янского 24
- Парадокс Ферми** 64
- Паркская радиоастрономическая обсерватория 64
- Переключение фазы 65
- Переменность радиоизлучения внегалактических объектов 29
- Перитоны 65
- Персей А 65
- Перспективные проблемы исследований радиогалактик и квазаров 65
- Печь А 67
- Планка закон излучения 67
- Плерионы 68
- Плотность потока 21
- Поглощающая поверхность антенны 68
- Подсчет радиоисточников 66
- Полосовой фильтр 106
- Поляризация электромагнитных волн 68
- Постоянная Больцмана 108
- Программа SETI 69
- Протяженный радиоисточник 70
- Пульсары 70
- Путаница 68
- Пушинская радиоастрономическая обсерватория 72
- Пятисотметровый сферический телескоп 73
- Радиационные пояса Земли** 73
- «Радиоастрон» 74
- Радиоастрономическая обсерватория АН Латвии 75
- Радиоастрономический институт Национальной академии наук Украины 75
- Радиоастрономия 76
- Радиоволны 97
- Радиогалактики 90
- Радиогелиограф 90
- Радиография 90
- Радиозвезда 90
- Радиоизлучение астероидов – 76
- Венеры 76
- галактик в спектральных линиях 77

– Галактики 78	Разрешающая способность 102
– гамма-всплесков 78	Разрешение 102
– Земли 79	Распределение радиояркости 102
– комет 79	РАТАН-600 98
– Луны 81	Рекомбинационные линии 98
– Марса 80	Реликтовое излучение 98
– Меркурия 80	Рефлекторный радиотелескоп 101
– Нептуна 82	Рефракторный радиотелескоп 101
– Сатурна 82	РТ-22 КрАО, радиотелескоп 102
– Солнца 83	РТ-70, радиотелескоп 103
– спутников планет 87	Рупор 103
– Урана 87	Рупорный облучатель 103
– Юпитера 89	Сантиметровые волны 103
Радиоинтерферометр 91	Сверхвысокие частоты 58
Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой 91	Сверхдлинные волны 58
Радиоисточник 90	Сверхмассивные черные дыры 58
Радиокраска 97	Сверхчувствительная антенная решетка 59
Радиолокационная астрономия 92	Свистящие атмосферники 103
Радиолокация астероидов 92	Северный крест, радиотелескоп 66
– Венеры 93	Сибирский солнечный радиотелескоп 104
– комет 93	Сигнал 104
– Луны 94	Синтез апертур 104
– Марса 93	– на основе вращения Земли 105
– Меркурия 93	Синхротронное излучение 105
Радиометр 94	Сканирование 106
Радиоокно 90	
Радиополяриметр 94	
Радиоприемник 94	
Радиопульсары 95	
Радиоследы 96	
Радиотелескоп 96	
– Радиоастрономического института миллиметрового диапазона 97	

- Сложная антенная система 106
 Служба радиоастрономических наблюдений Солнца 106
 Солнечная единица потока 107
 Спектральный индекс 107
 Спектры радиоисточников 107
 Спиральные рукава Галактики 108
 Средние волны 104
 Степень поляризации 109
 Стрелец А 108
 Структура внегалактических радиоисточников 109
 Субмиллиметровая астрономия 110
 Субмиллиметровые волны 110
 Субрефлектор 110
 Супероболочки, каверны 110
 Сцинтилляции 110
 Темная материя 112
 Темная энергия 111
 Температура антенны 112
 Температурный коэффициент частоты 112
 Тепловое излучение 112
 Тормозное излучение 17
 Точечный источник 113
 Угол раскрытия диаграммы направленности 42
 Ударная волна 113
 Украинский радиointерферометр Академии наук (УРАН) 113
 Ультракороткие волны 114
 Уравнение (формула) Дрейка 101
 Фазовый фильтр 114
 – фронт 114
 Фидер 114
 Фильтр верхних частот 114
 Фоновое радиоизлучение Галактики 114
 Фоновый шум 115
 Хартебестхукская радиоастрономическая обсерватория 115
 Цветовая температура 38
 Центавр А 116
 Циклотронное излучение 117
 Частота 117
 Ширина луча 117
 – полосы 118
 Шпур 118
 Шум 118
 Шумовая температура 119
 Шумоподобный сигнал 119
 Шумы атмосферы 118
 – космоса 118
 Шумы электрические 118
 Электромагнитная волна 25

Эффект Разина – Цытовича 25	Эффекты гравитационного линзирования 25
Эффективная температура светила 27	Южного полюса, радиотеле- скоп 66
Эффективность апертуры 27	Янский 119
Эффективность диаграммы направленности 27	Яркостная температура 119

D-галактика 24
db-галактика 25
FAST 115
 Λ CDM 43
N-галактики 62
S-полоса 111
SS 433 111

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
СЛОВНИК	6
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	120
Додаток 1. Інтернет ресурси	123
Додаток 2. Основні формули	126
Додаток 3. Деякі фізичні сталі	128
Додаток 4. Деякі астрономічні величини	129
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК РОСІЙСЬКИХ ТЕРМІНІВ	130

Наукове видання

РЯБОВ Михайло Іванович
МУРНІКОВ Борис Олександрович
КАБАНОВА Тамара Іванівна

**СЛОВНИК ТЕРМІНІВ
З РАДІОАСТРОНОМІЇ**

На обкладинці:
радіотелескоп УТР-2 Радіоастрономічного інституту НАН України

Підписано до друку 24.07.2017. р. Формат 60х84/16.
Ум.-друк. арк. 8,02. Зам. № 1576. Тираж 100 прим.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
(свідoctво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4215 від 22.11.2011 р.)
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39