

## 3

**ЗАБОРОНЕНІ ЛІНІЇ** — спектр. лінії, для яких імовірності відповідних спонтанних переходів дуже малі.

Імовірності переходів електронів з вищого рівня на нижні описують ейнштейнівськими коефіцієнтами імовірності спонтанних переходів. Для дозволених переходів ці коефіцієнти сягають  $10^8 \text{ с}^{-1}$ , для заборонених — на 5—10 порядків менші. Якщо з деякого рівня можуть відбуватися і дозволени, і заборонені переходи вниз, то практично всі електрони, які потрапляють на цей рівень, будуть виконувати дозволени переходи. Інтенсивність З. л. буде на багато порядків меншою від інтенсивності дозволених. Заборонені переходи відбуваються часто лише з метастабільних рівнів, тобто рівнів, з яких немає дозволених переходів униз. У цьому випадку З. л. можуть мати значну інтенсивність.

Тривалість перебування («життя») атома в метастабільному стані велика. Напр., для метастабільного стану двічі іонізованого кисню, переходи з якого дають відомі *небулярні лінії*  $\lambda = 495.9$  і  $500.7$  нм, тривалість життя дорівнює 38 с, тоді як для рівнів з дозволеними переходами вона досягає  $10^{-8}$  с. Для того, щоб міг відбутися спонтанний перехід із метастабільного стану, потрібно, щоб атом протягом тривалого часу не зазнав впливу *випромінювання* і не зіткнувся з ін. атомами, тобто для появи З. л. потрібні малі густини випромінювання і речовини. Іони деяких поширених елементів мають поблизу від осн. метастабільні рівні. Заселення цих рівнів відбувається під час зіткнень іонів із вільними електронами. Тому для появи З. л. потрібні також електрони, енергії яких перевищують енергію збудження метастабільних рівнів. Такі умови

є в емісійних газових *туманностях*, напр., *планетарних туманностях*. Сильні З. л. спостерігають також у *спектрах ядер галактик сейфертівських і квазарів*. З. л. позначають за допомогою квадратних дужок, напр., [O III]  $\lambda=495.9$  і  $500.7$  нм.

**ЗАГАЛЬНА ПРЕЦЕСІЯ** — сума місячно-сонячної *прецесії* і *прецесії від планет*. Прийнята як гол. стала в системі *астрономічних сталих*. У довготі за юліанське сторіччя в *стандартну епоху J2000.0* становить  $5029.0966''$ . Внаслідок З. п. *довгота екліптична* зростає зі швидкістю  $50.29''$  за рік, однак *екліптична широта* у цьому випадку не змінюється.

**ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ** — сучасна фіз. теорія простору, часу, тяжіння, завершена А. *Ейнштейном* у 1916.

Вихідний постулат З. т. в. — рівність *маси інертної* (що фігурує в законах динаміки *І. Ньютона*) і *гравітаційної*, або важкої (що є в законі *всесвітнього тяжіння*). У З. т. в. тяжіння трактують як викривлення просторово-часового континууму. Властивості викривленого простору описує неевклідова геометрія, у цьому просторі всі матеріальні об'єкти рухаються найкоротшими шляхами — *геод. лініями*. *Астрономія* — наука, де З. т. в. використовують якнайширше, вона є гол. її експерим. базою.

З рівнянь З. т. в. випливають три розв'язки, підтверджені астр. спостереженнями: повільний рух *перигелію* планети в напрямі її обертання навколо Сонця (найбільшим —  $43''$  за 100 років — цей ефект є для *Меркурія*); відхилення світлового променя, що проходить поблизу гравітуючої маси ( $1.75''$ , коли нею є Сонце); *червоне зміщення в спектрі* небесного світила, зумовлене його гра-

вітаційною дією на квант світла (для Сонця цей ефект дорівнює 0.0008 нм, однак для білих карликів він у 100 разів більший). З рівнянь З. т. в. випливає також можливість існування у навколишньому Всесвіті чорних дір. З. т. в. є основою сучасної релятивістської космології.

**ЗАГРАВА ВЕЧІРНЯ (РАНКОВА)** — послідовна зміна кольорів неба під час заходу (сходу) Сонця, що є сукупністю різнобарвних світлових явищ в атмосфері Землі, які залежать від положення Сонця відносно горизонту.

**ЗАДАЧА ДВОХ ТІЛ** — задача про рух двох матеріальних точок під дією сил притягання, вивчають у небесній механіці. Має точний розв'язок і описує рух точок відносно спільного центра мас конічними перерізами (кривими другого порядку: еліпсом, гіперболою, параболою), зокрема, за Кеплера законами. Рівняння траєкторії має вигляд:  $r = \frac{p}{1 + e \cos u}$ , де  $r$  — радіус-вектор точки;  $p$  — параметр орбіти;  $e$  — ексцентриситет;  $u$  — кут аномалії істинної. Під час руху зв'язок між швидкістю  $v$  і відстанню  $r$  до центра мас заданий інтегралом енергії  $v^2 = 2Gm/r + h$ , де  $m$  — сумарна маса обох матеріальних точок;  $h$  — стала енергії. Якщо  $h$  менше, дорівнює або більше нуля, то рух відбувається, відповідно, по гіперболі, параболі, еліпсу з фокусом у центрі мас. Під час руху виконується закон площ. З. д. т. має велике значення в астрономії, оскільки в першому наближенні описує рух планет навколо Сонця, супутників навколо планет. Рух реальних неточкових небесних тіл відхиляється від розв'язку З. д. т.

**ЗАДАЧА ТРЬОХ ТІЛ** — задача небесної механіки про рух трьох тіл у спільному гравітаційному полі. В загальному випадку точного розв'язку не має. Необмежена З. т. т. полягає у вивченні всіх можливих рухів трьох матеріальних точок. Окремим випадком є точний розв'язок Лагранжа, що описує рух за наявності особливих точок лібрації. Обмежена колова З. т. т. відрізняється від задачі двох тіл тим, що масу однієї з точок вважають значно меншою від ін. Задача нерухомих центрів вивчає рух точки малої маси відносно двох нерухомих точок великої маси. Є й ін. окремі випадки З. т. т., які, як звичайно, да-

ють розв'язок у вигляді наближених рядів, що описують рух незамкненими орбітами.

**ЗАДАЧА  $n$  ТІЛ** — задача про рух чотирьох і більше матеріальних точок, що притягуються за законом всесвітнього тяжіння. Точного розв'язку не має. Для визначення положень матеріальних точок використовують наближені розв'язки диференціальних рівнянь руху точок на певний інтервал часу наперед або назад. У системі  $n$  точок немає замкнених періодичних орбіт, точки можуть покидати систему назавжди.

На відміну від загальної З. п. т. Сонячна система внаслідок зосередженості гол. маси в центр. тілі — Сонці — і в зв'язку з великими відстанями між орбітами є стійкою, існує близько 5 млрд років і не дає підстав хвилюватися щодо її майбутнього. Проблему стійкості Сонячної системи розробляли І. Ньютон, П. Лаплас, Ж. Лагранж, А. Пуанкаре та ін. Доведено, що зміни нахилів, ексцентриситетів і великих півосей орбіт незначні і не мають систематичного (вікового) ходу, вони коливаються в певних межах, що й зумовлює стійкість Сонячної системи.

**ЗАЄЦЬ** — сузір'я Південної півкулі неба. Найяскравіші зорі:  $\alpha$  — Арнеб,  $2.57^m$ ;  $\beta$  — Ніхал,  $2.84^m$ .

Найліпші умови видимості ввечері — у січні—лютому.

**ЗАКОН ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ** — рівноправність у фотографічному процесі освітленості і часу експозиції.

Під час фотографування небесних об'єктів щільність проявленого зображення на фотоплівці повинна залежати від кількості енергії, що впала на фотоемульсію, тобто від добутку тривалості експозиції та освітленості. Як засвідчили проведені понад сто років тому лабораторні експерименти, обидва співмножники абсолютно рівноправні — зменшення одного з них у  $n$  разів компенсується збільшенням ін. у стільки ж разів, тобто  $D = f(Et)$ , де  $D$  — щільність фотографічного зображення;  $E$  — освітленість фотоплівки;  $t$  — тривалість експозиції. Так Р. Бунзен і Г. Роско сформулювали З. в.

Проте в астр. практиці у випадку використання малих освітленостей і тривалих експозицій (на відміну від лабораторних експериментів), З. в. порушу-

ється (див. *Шварцшильда закон*) — тривалість експозиції є менш ефективною в процесі створення фотографічного зображення. Дослідженнями Е. Крона 1913 було доведено, що й у випадку високих освітленостей З. в. порушується, проте вже в ін. бік — ефективнішою виявляється тривалість експозиції. Подальшими дослідженнями виявлено, що для кожної фотографічної емульсії є так звана оптимальна освітленість, якій відповідає оптимальна експозиція.

**ЗАКОН КОСИНУСА** — те ж саме, що й *Ламберта закон*.

**ЗАЛИШКОВА ІНТЕНСИВНІСТЬ** — відношення потоку в центрі спектр. лінії до відповідного потоку в *неперервному спектрі*.

**ЗАЛИШОК НАДНОВОЇ** — викинута під час спалаху *наднової* оболонка, яка розширюється в *міжзоряне середовище* і «згрібає» *міжзоряний газ*.

Оболонки заповнені гарячим ( $T \sim 10^6 \text{K}$ ) розрідженим газом. З. н. існують близько  $10^5$  років, їхні радіуси досягають 50 пк, вони займають близько 50% об'єму галактичного диска. Крім оболонки, унаслідок спалахів наднових II типу (і, можливо, типу Ib) утворюється зоряний залишок — *нейтронна зоря*, яку спостерігають як *пульсар*. Однак під терміном «З. н.» розуміють саме оболонку.

Молоді З. н. зберігають відбитки таких індивідуальних особливостей наднової, як хім. склад скинутої оболонки та її геометрія. Умови в старих З. н. залежать головню від параметрів міжзоряного газу, який оболонка «нагрібла» під час розширення. Методами радіоастрономії у нашій *Галактиці* виявлено понад 100 З. н., з яких близько 40 подібних залишків спостерігають і в оптичному діапазоні.

Молоді З. н. поділяють на два типи: оболонкові і *плеріони*. В оболонкових радіояскравість зростає від центра до периферії, а радіозображення має вигляд повної або неповної оболонки. В ін. радіояскравість зростає до центра й оболонкової структури нема. Трапляються і комбіновані З. н., які поєднують особливості оболонкових залишків і плеріонів. Фіз. основою відмінностей молодих З. н. є наявність або відсутність пульсара. Якщо є пульсар — джерело релятивістських частинок і магнітного поля, то та-

кий молодий З. н. стає плеріоном. У процесі послаблення пульсара З. н. переходить з плеріонів в оболонковий. Отже, всі старі З. н. є оболонковими.

**ЗАЛІЗНИЙ ПІК** — один із максимумів на кривій поширення хім. елементів, що припадає на хром, марганець, залізо, кобальт та нікель. Вершина З. п. відповідає залізу.

**ЗАЛІЗНІ МЕТЕОРИТИ** — залізні тіла, що падають на поверхню *Землі* з *міжпланетного простору*. За кількістю є на другому місці (6%) серед метеоритів. Густина близько  $7.7 \text{ г/см}^3$ . Складаються з твердого розчину заліза та нікелю, а головню, — з мінералів у формі камаситу і теніту. В невеликих кількостях мають домішки фосфору, сірки, вуглецю у вигляді шрейберзиту, добрееліту, когеніту і графіту. Інколи З. м. містять екстатит і олівін. Залежно від структури, визначеної вмістом нікелю, З. м. поділяють на гексаендрити, октаендрити та атаксити. Гексаендрити складаються з величезних кубічних кристалів камаситу. Вміст нікелю в них коливається від 4 до 6%. Якщо вміст нікелю становить понад 6%, то гексаендрити перетворюються в оксаендрити. Унаслідок обробки полірованої поверхні гексаендритів кислотою з'являються нейманові фігури, а на поверхні октаендритів — *відманштеттенові фігури*. Атаксити містять понад 12% нікелю.

Походження З. м. точно не з'ясовано. Вважають, що вони є уламками *астероїдів* і могли нагрітися внаслідок радіоактивного виділення енергії, а потім повільно охолонути.

**ЗАЛІЗОКАМ'ЯНІ МЕТЕОРИТИ** — залізокам'яні метеорні тіла, які падають на поверхню *Землі* з *міжпланетного простору*.

Густина  $4.7\text{--}5.6 \text{ г/см}^3$ . Складені наполовину силікатами, наполовину металами. Мають унікальну структуру: або шпарувата металева губка, заповнена силікатами, або шпарувата силікатна губка, заповнена металом — нікелестим залізом з октаедричною структурою. Силікати головню представлені *олівіном*, ортопіроксеном, *плагіоклазом*. З. м. поділяють на групи: мезосидерити (піроксен, нікелесте залізо, багатий на кальцій плагіоклаз); паласити (олівін, нікелесте залізо); сидерофір (бронзит, тридиміта); лондраніт (піроксен,

нікелісте залізо, олівін). Структура та мінеральний склад З. м. свідчать про те, що вони пройшли стадію диференціації речовини.

**ЗАМКНУТИЙ ВСЕСВІТ** — модель Всесвіту, у якій швидкість розширення Всесвіту після *Великого Вибуху* поступово зменшується до нуля, а згодом Всесвіт починає стискатися. Сповільнення темпів розширення зумовлене гравітаційною взаємодією всіх *галактик*, а напруженість гравітаційного поля залежить від середньої густини речовини у Всесвіті.

Критична густина  $\rho_{кр}$ , потрібна для того, щоби Всесвіт був замкнутий, дорівнює  $5 \cdot 10^{-30}$  г/см<sup>3</sup> при *Хаббла сталій*  $H=55$  км/(с·Мпк). Якщо густина речовини у Всесвіті  $\rho > \rho_{кр}$ , то Всесвіт врешті-решт стиснеться в точку, якщо  $\rho \leq \rho_{кр}$ , то Всесвіт буде розширюватися нескінченно. Оцінки густини речовини Всесвіту сьогодні свідчать про таке: щоби Всесвіт був замкнутий, видимої речовини повинно бути принаймні в 100 разів більше. Врахування *прихованої маси*, на перший погляд, суттєво поліпшити ситуацію не допоможе. Однак виконані останніми роками розрахунки дають оцінки середньої густини речовини у Всесвіті, дуже близькі до критичної.

**ЗАНСТРА** Герман, Zanstra H. (1894—1972) — голл. астроном. Професор Амстердамського ун-ту, директор Астр. ін-ту цього ун-ту (1946—1959).

Наук. праці присвячені теорії світіння газових туманностей. Розробив теорію смугастого емісійного спектра, що виникає в газовій туманності навколо гарячої зорі, створив метод визначення т-ри такої зорі (занстрівської т-ри).

**ЗАНСТРА МЕТОД** — метод визначення *температури гарячої зорі*, оточеної світною газовою оболонкою, світіння якої збуджене короткохвильовим випромінюванням зорі.

Цей метод запропонував і впровадив Г. Занстр 1931 для визначення температур ядер *планетарних туманностей*. Залежність розподілу енергії в *неперервному спектрі* зорі від її т-ри вважають відомою: використовують або модель *атмосфер*, або наближення *чорного тіла*. В такому випадку для визначення температури зорі досить знати потоки енергії в двох ділянках спектра. Потік

випромінювання зорі у візуальній частині спектра можна виміряти. Суть З. м. полягає в тому, що за вимірним потоком випромінювання туманності в *бальмерівських лініях* можна визначити потік випромінювання зорі в УФ ділянці спектра. Вважають, що газова оболонка повністю поглинає випромінювання зорі в *лайманівському континуумі* ( $\lambda \leq 91.2$  нм), причому кожний квант *лайманівського континууму* зорі, що його поглинає туманність, породжує один квант *серії Бальмера* у випромінюванні туманності. Отже, кількість цих *бальмерівських квантів* дорівнює кількості квантів *лайманівського континууму* у випромінюванні зорі.

З. м. легко поширюється на *нейтральний та іонізований гелій*. Напр., у випадку іонізованого гелію припускають, що все випромінювання зорі, здатне спричинити другу іонізацію гелію ( $\lambda \leq 22.8$  нм), поглинається одноразово іонізованим гелієм у туманності, причому кожний поглинутий квант у випромінюванні зорі з  $\lambda \leq 22.8$  нм дає один квант у випромінюванні іонізованого гелію під час переходів на другий рівень.

Розрізняють три модифікації класичного З. м.: для водню, нейтрального та іонізованого гелію. Т-ри зір, обчислені за їхньою допомогою, називають *занстрівськими* і позначають  $T_z(H)$ ,  $T_z(He I)$ ,  $T_z(He II)$ .

З. м. для водню та іонізованого гелію широко застосовують з метою визначення температур ядер *планетарних туманностей*. Однак т-ри  $T_z(H)$ ,  $T_z(He II)$  одних і тих же ядер *планетарних туманностей*, зазвичай, не збігаються — гелієві т-ри виявляються в середньому вдвічі вищими. За допомогою З. м. визначають т-ри не тільки ядер *планетарних туманностей*, а й *Вольфа—Райє зір*, зір *Ve*, *нових зір*.

**ЗАТЕМНЕННЯ** —

1. Явище, пов'язане з проходженням одного небесного тіла через тінь іншого (напр., З. Місяця, З. супутників планет).

2. Явище екранування світла косм. тіла ін. тілом у разі проходження останнього між спостерігачем і екранованим тілом (напр., З. Сонця, З. у системі подвійної зорі).

Якщо різниці у видимих кутових розмірах затемнюючого і затемнюваного

тіл великі, то кажуть не про З., а про *покриття* (напр., покриття зір Місяцем, покриття Місяцем косм. радіоджерел, покриття зір планетами, кільцями планет) або проходження по диску (напр., проходження Меркурія, Венери по диску Сонця). З. повне, коли затемнюваний об'єкт повністю закритий ін. або перебуває у повній тіні, часткове — в інших випадках. Якщо кутовий розмір затемнюючого тіла менший від кутового розміру тіла затемнюваного, то спостерігають кільцеподібне З. У подвійних зорях З. головне, коли макс. змінюється блиск системи внаслідок того, що затемнюється зоря, яка має більшу світність, і вторинне — у протилежному випадку.

Спостереження за З. дали дуже багато інформації для вивчення сонячної корони, земної атмосфери, умов на Місяці, рухів тіл Сонячної системи, природи тісних подвійних систем, визначення ефемеридного часу, астр. системи координат. Вони також дали підстави античним ученим висловити думку про кулястість Землі, за розмірами тіні Землі й положенням Сонця та Місяця під час З. визначити (хоч і з великою похибкою) відносні відстані до Місяця і Сонця в радіусах Землі. Останніми роками на підставі аналізу результатів спостережень за покриттям зір планетами відкрито кільця Урана, Нептуна, супутники малих планет тощо. Умови З. вивчають методами теорії затемнень.

**ЗАТЕМНЮВАНІ ЗМІННІ** — те ж саме, що й *фотометричні подвійні*.

**ЗАТЕМНЮВАНІ ПОДВІЙНІ** — те ж саме, що й *фотометричні подвійні*.

**ЗАХІД**, точка заходу — одна з чотирьох гол. точок *горизонту* (сторін світу); розміщена ліворуч від спостерігача, який стоїть обличчям до півночі. Позначають З. або *W*. На *небесній сфері* З. — одна з двох точок перетину справжнього горизонту й *екватора небесного*.

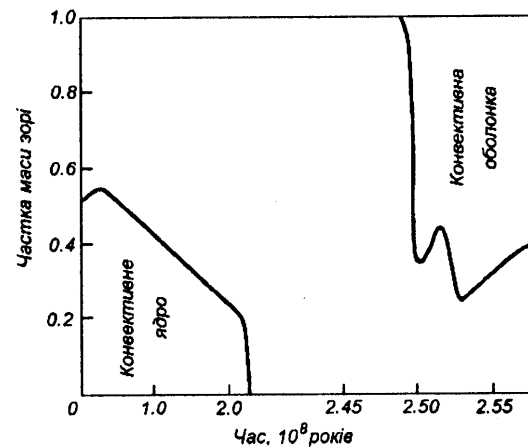
**ЗАХІД НЕБЕСНОГО СВІТИЛА** — астр. явище зумовлене добовим обертанням Землі навколо осі, зникнення світила під *горизонтом*.

Момент З. н. с. та *азимут* точки заходу обчислюють за тією ж формулою, що й для сходу (оскільки висота світила під час заходу, як і під час сходу, дорівнює  $0^\circ$ ), однак значення годинного кута беруть з протилежним знаком.

**ЗАЧЕРПУВАННЯ** — винесення на поверхню зорі речовини, що зазнала змін ізотопного складу внаслідок *термоядерних реакцій*.

З. зумовлене проникненням внутр. межі зовн. *конвективної зони* (конвективної оболонки) в шари, хім. склад речовини яких зазнав змін на попередніх етапах *еволюції зір* унаслідок ядерних реакцій. На рис. показано З. в зорі з масою  $3M_\odot$ . На *головній послідовності* зоря має внутр. конвективну зону (конвективне ядро), яка займає близько 55% маси всередині зорі. Речовина цієї зони збагачена продуктами ядерних реакцій, які там відбуваються. Через деякий час після того, як зоря покине гол. послідовність, у ній формується зовн. конвективна зона, яка проникає в шари, що на попередніх етапах були частиною внутр. конвективної зони і тому збагачені продуктами ядерних реакцій.

З. призводить до зміни хім. складу *атмосфери зорі*, причому це триває



Перше зачерпування в зорі з масою  $3M_\odot$ .

протягом трьох актів З. Перше З. відбувається в зорі на шляху до вершини *відгалуження червоних гігантів*, друге — під час сходження на *асимптотичне відгалуження* гігантів, третє — під час спалахів гелієвого шарового джерела на *асимптотичному відгалуженні* гігантів.

**ЗБУРЕННЯ** —

1. Відхилення (зазвичай, невеликі) руху *планети* або ін. тіла від руху за *Кеплера законами* під дією сил з боку ін (не враховуючи центр.) тіл.

Причиною З. можуть бути: гравітаційні впливи ін. планет; незначні порівняно з сонячними негравітаційні сили опору середовища; електромагнітні

сили, ефекти релятивістської природи. Гол. З. у русі планет спричинює *Юпітер*. За особливостями і кінцевим результатом дії З. поділяють на вікові, довгоперіодичні, короткоперіодичні, змішані.

2. Раптові зміни в стані *магнітосфери Землі*, спричинені активними процесами на *Сонці*. Це магнітосферні, іоносферні та магнітні З. Вони призводять до *магнітних бур*, посилення авроральної активності, порушення радіозв'язку. З., що повторюються з періодом обертання Сонця, називають рекурентними.

3. З. *фотосфери Сонця* — це зміна *температури*, посилення рухів, підвищення активності в сонячній фотосфері, що пов'язані з виходом нових магнітних полів з підфотосферних шарів. Супроводжуються утворенням *активних ділянок, факелів, флюкулів, сонячних плям*.

**ЗБУРЕННЯ ОРБІТ НЕБЕСНИХ ТІЛ** — відхилення руху тіла від траєкторії, уздовж якої воно рухалося б у випадку взаємодії лише з одним тілом (випадок кеплерівського руху) (див. *Задача двох тіл*).

Взаємні збурення орбіт *планет у Сонячній системі* під час руху навколо Сонця невеликі, їх можна обчислити шляхом розвинення у ряди за степенями малих параметрів (*аналітичні методи небесної механіки*) або числовим інтегруванням рівнянь руху (числові методи).

Причинами З. о. н. т. можуть бути притягання їх ін. небесними тілами, несферичність фігур цих тіл, опір середовища, зміна *маси* тіла з часом, світловий тиск та ін.

Розрізняють такі збурення.

**Вікові збурення** — З. о. н. т., пропорційні до часу  $t$  (або  $t^k$ , де  $k$  — додатне ціле число). Вони необмежено посилюються з часом; відіграють важливу роль в еволюції орбіт небесних тіл. Методи визначення таких збурень розробили *К. Гаусс* і *Ж. Лагранж*.

**Довгоперіодичні збурення** — З. о. н. т. з періодом приблизно 100 (або більше) *періодів обертання* небесного тіла, на яке діє збурювальна сила. Амплітуди таких збурень у багато разів перевищують амплітуди ін. періодичних збурень.

**Змішані збурення** — З. о. н. т., які описує добуток часу  $t$  (або  $t^k$ , де  $k$  —

додатне ціле число) та періодичної функції часу. Їх можна вважати періодичними збуреннями, амплітуда яких збільшується безмежно з часом.

**Короткоперіодичні збурення** — З. о. н. т. з періодом, який приблизно дорівнює періоду обертання небесного тіла, на яке діє збурювальна сила.

**Збурення першого порядку** — З. о. н. т., пропорційні до перших степенів: *маси* збурювального небесного тіла, стиснення *Землі*, густини повітря, загалом — до першого степеня будь-якої величини, що характеризує збурювальну силу.

Визначення З. о. н. т. — одна з гол. задач *небесної механіки*. Є багато методів обчислення З. о. н. т. як у координатах небесних тіл, так і в *елементах орбіти*.

**ЗВЕРЕВ** Митрофан Степанович (1903—1991) — рос. астроном, чл.-кор. АН СРСР. З 1951 працював у Пулковській обсерваторії.

Наук. праці присвячені фундаментальній астрометрії, службі часу, а також дослідженню змінних зір. Очолював міжнародні роботи зі створення Каталогу слабких зір (КСЗ), створив низку зоряних каталогів.

**ЗВОРОТНЕ РОЗСІЯННЯ** — розсіяння *випромінювання* (або частинок) під кутами, понад  $90^\circ$  стосовно початкового напрямку поширення.

**ЗВОРОТНИЙ РУХ ВУЗЛІВ** (місячної орбіти) — повільний рух *вузлів орбіти Місяця* ( $19.35^\circ$  за рік,  $360^\circ$  за 18.6 року), у бік заходу внаслідок *збурень* від *Землі* та *Сонця*.

**ЗВОРОТНИЙ РУХ ПЛАНЕТ**, *назадний рух планет* — видиме переміщення *планет* на тлі зір у напрямі обертання *небесної сфери*. З. р. п. — це видимий наслідок накладання руху досліджуваної планети та *Землі* по їхніх орбітах. Спостерігають у верхніх планет (*Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон*) поблизу протистояння і в нижніх (*Меркурій, Венера*) поблизу нижнього сполучення (див. *Прямий рух планет*).

**ЗВОРОТНІ РУХИ** — рухи косм. тіл по *орбітах*, коли *нахили орбіт* цих тіл мають значення від  $90$  до  $180^\circ$ . З. р. трапляються в *Сонячній системі* у деяких *комет*. Також поняття З. р. застосовують у процесі вивчення взаємного обертання компонент у *подвійних сис-*

темах та в кратних зорях і під час дослідження обертання галактик.

**ЗЕЛЕНИЙ ПРОМІНЬ** — останній під час заходу Сонця його промінь, смарагово-зелений, що спостерігають у момент зникнення сонячного диска за горизонтом (звичайно морським) або перший промінь Сонця під час його сходу.

З. п. пояснюють *рефракцією* і *дисперсією* атмосферою сонячного світла, особливо сильними поблизу горизонту. Значна частина кольорових зображень взаємно перекриваються, і чисті кольори є тільки у верхній і нижній точках сонячного диска. Тому в момент зникнення або появи Сонця повинне бути фіолетове світло. Однак промені короткохвильової частини видимого спектра настільки сильно розсіюються в атмосфері, коли Сонце перебуває поблизу горизонту, що звичайно залишається тільки червоний колір, і зрідка, якщо прозорість повітря висока, в умовах рівного морського горизонту з'являється З. п.

**ЗЕЛІГЕР** Гуго, Seeliger H. (1849—1924) — нім. астроном. З 1882 — професор астрономії та директор обсерваторії Мюнхенського ун-ту.

Наук. праці стосуються зоряної астрономії. В 1884—1909 виконав перші статистичні дослідження просторового розподілу зір на основі «Боннського огляду». Перший розвинув відповідний матем. апарат, побудував у 1920 свою модель Молочного Шляху. Сформулював один із космологічних парадоксів — гравітаційний.

**ЗЕЛЬДОВИЧ** Яків Борисович (1914—1987) — рос. фізик і астрофізик, академік АН СРСР. Працював у Ін-ті прикл. математики (1964—1984) та Ін-ті фіз. проблем (з 1984) АН СРСР. З 1966 — професор Московського ун-ту.

Один із творців релятивістської астрофізики. Розробив теорію будови надмасивних зір і теорію компактних зоряних систем. Найповніше вивчив останні етапи еволюції звичайних зір різної

маси. Дослідив початкові стадії космологічного розширення Всесвіту, розробив теорію взаємодії гарячої плазми з випромінюванням у розширюваному Всесвіті, а також теорію зростання збурень у «гарячому» Всесвіті, отримав низку основоположних результатів у теорії утворення великомасштабної структури Всесвіту.

**ЗЕМЛЯ** — третя за порядком від Сонця планета Сонячної системи (рис. 1). Обертається навколо Сонця по еліптичній орбіті, ексцентриситет якої 0.0167; відстань у *перигелії* становить 147.117 млн. км, в *афелії* — 152.083 млн. км. Велика піввісь (149.6 млн. км) прийнята за одиницю відстані в Сонячній системі (*астрономічну одиницю*). Швидкість руху З. по орбіті в середньому дорівнює 29.765 км/с, у перигелії — 30.27, в афелії — 29.27 км/с. Сидеричний період обертання З. навколо Сонця дорівнює 365.25636 доби, він на 20 хв 24 с довший, ніж тропічний рік ( $T_{\gamma}=365.24220$  доби), що є в основі календарів. Період обертання навколо осі відносно зір

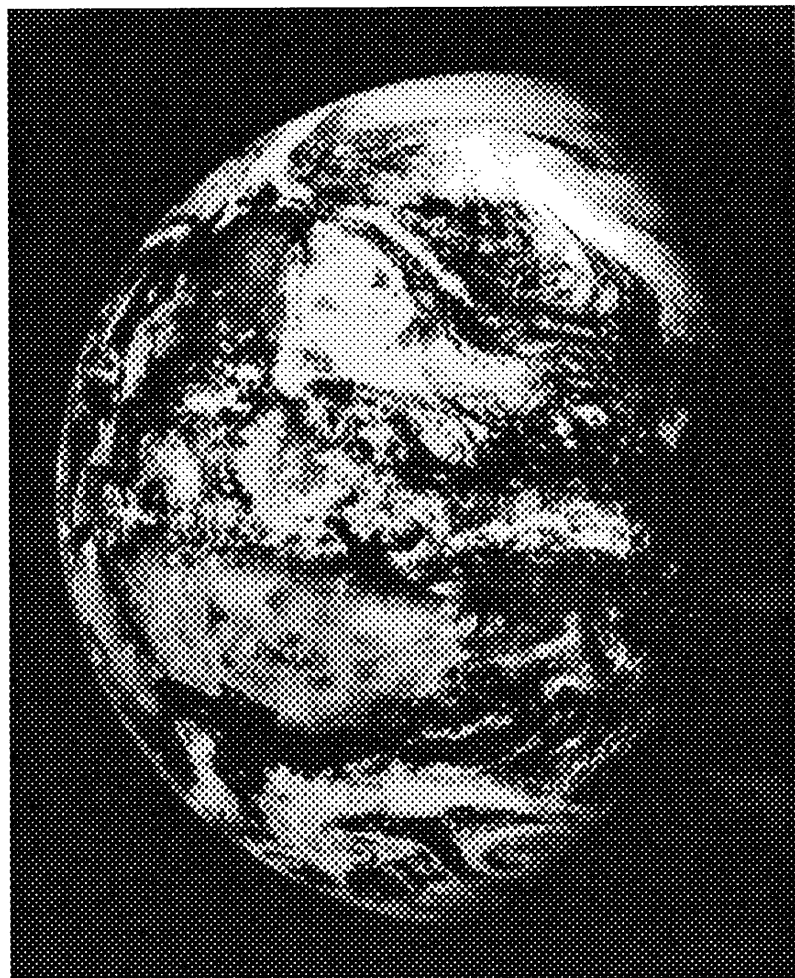


Рис. 1. Знімок Землі з КА «Зонд-5» на відстані 90 тис. км (1968)

дорівнює 23 год 56 хв 4.1 с сонячного часу. Нахил екватора до площини орбіти —  $23^{\circ}27'$ , що визначає зміну *літ року*.

Якщо дивитися на З., піднявшись над Північним полюсом, то орбітальний рух її спрямований проти годинникової стрілки, тобто в тому ж напрямі, що й її обертання навколо осі, а також обертання Місяця навколо З. Гравітаційний вплив Місяця, Сонця та планет спричиняє довготермінові періодичні зміни ексцентриситету орбіти (у наш час зменшується на  $4 \cdot 10^{-7}$  за рік) і нахилу земної осі, що зумовлює зміни клімату упродовж багатьох століть. Період обертання З. систематично збільшується (у середньому на декілька мілісекунд за століття) під впливом місячних і меншою мірою сонячних *припливів*; зокрема 500 млн. років тому тривалість доби становила 20.8 год. Припливи в земній корі мають амплітуду до 43 см, у відкритому океані — не більше 2 м, в атмосфері вони зумовлюють зміну тиску в декілька сотень паскалів.

З. має складну фігуру — так званий *геоїд*, — і такі геом. і фіз. властивості: екваторіальний радіус — 6378.140 км; полярний радіус 6356.777 км; сплюснутість земного еліпсоїда 1:298.25; середній радіус 6371.032 км; довжина екватора 40075.696 км; площа поверхні  $510.2 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>; об'єм  $1.083 \cdot 10^{12}$  км<sup>3</sup>; маса  $5.9742 \cdot 10^{24}$  кг, що становить 1/448 частку маси великих планет і  $1/330000 M_{\odot}$ ; середня густина 5512 кг/м<sup>3</sup>; *прискорення вільного падіння* на рівні моря: на екваторі 9.78049 м/с<sup>2</sup>, на полюсі 9.83235 м/с<sup>2</sup>; стандартне його значення 9.80665 м/с<sup>2</sup>. Момент інерції відносно осі обертання  $8.104 \cdot 10^{37}$  кг·м<sup>2</sup>.

За сучасними космогонічними уявленнями З. утворилася близько 4.7 млрд. років тому. Внаслідок диференціації речовини під дією гравітаційного поля З. в умовах розігрівання земних надр виникли і розвинулись різні за хім. складом, агрегатним станом та фіз. властивостями оболонки (геосфери). Центр. частина З., розміщена на глибині 2885—6371 км, утворює ядро. На глибинах 33—2885 км є силікатна оболонка, або мантія. Товщина земної кори неоднакова — від 10 км під океанами до кількох десятків кілометрів у гірських районах конти-

нентів. Внесок земної кори в загальну масу З. та її момент інерції незначний, тому звичайно, розглядаючи З. як єдине ціле, земну кору уявляють у вигляді однорідного шару з ефективною товщиною близько 33 км. Найпоширеніші хім. елементи в складі речовини З., %: залізо — 34.6; кисень — 29.5; кремній — 15.2; магній — 12.7. Земна кора, мантія і внутр. частина ядра — тверді. Від поверхні до центра зростають тиск, густина і *температура*: тиск у центрі  $3.6 \cdot 10^{11}$  Па, густина близько  $12.3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, т-ра 4000—5000 К. Гол. типи земної кори — материковий та океанічний, у перехідній зоні від материка до океану розвинута кора проміжної будови. В розподілі густини і пружних модулів у мантії З. (за даними сейсмології) виявлено розриви: один на глибині 400 км, інший — 600 км.

Більша частина поверхні З. зайнята Світовим океаном — 361.61 млн. км<sup>2</sup> (70.8%). Суша становить 149.1 млн. км<sup>2</sup> (29.2%) і утворює шість материків та острови. Вона піднята над рівнем Світового океану в середньому на 875 м, найбільшу висоту — 8848 м — має гора Джомолунгма. Гори займають понад третину поверхні суші. Середня глибина океану 3800 м, найбільша — 11 022 м, об'єм води становить 1370 млн. км<sup>3</sup>. *Атмосферою*, або повітряною оболонкою З., називають газове середовище, яке оточує «тверду» З. й обертається разом з нею. Маса атмосфери —  $5.15 \cdot 10^{18}$  кг. Середній тиск атмосфери на поверхню З. на рівні моря становить 101 325 Па, що відповідає 1 атм, або ж 760 мм рт. ст. Густина і тиск швидко зменшуються з висотою: біля поверхні З. середня густина повітря  $\rho = 1.22$  кг/м<sup>3</sup> (кількість молекул в 1 м<sup>3</sup>  $n = 2.55 \cdot 10^{25}$ ); на висоті 10 км  $\rho = 0.41$  кг/м<sup>3</sup> ( $n = 8.6 \cdot 10^{24}$ ); на висоті 100 км  $\rho = 8.8 \cdot 10^{-7}$  кг/м<sup>3</sup> ( $n = 1.8 \cdot 10^{18}$ ). Атмосфера не є однорідною, особливо з висотою. За хім. складом, т-рним режимом, електричними характеристиками атмосферу поділяють на окремі шари (див. *Тропосфера, Стратосфера, Мезосфера, Термосфера, Екзосфера, Мезопауза, Термопауза, Іоносфера*). Схематично будову земної атмосфери показано на рис. 2.

Хім. склад земної атмосфери також неоднорідний. Сухе атмосферне повітря



біля поверхні З. складається (за об'ємом) з 78.08%  $N_2$ ; 20.95%  $O_2$  ( $10^{-6}\%$   $O_3$ ); 0.93%  $Ar$  та близько 0.03%  $CO_2$ . Не більше 0.01% становлять разом водень, неон, гелій, метан, криптон та ін. гази. Крім того, в атмосфері міститься  $(1.3-1.5) \cdot 10^{16}$  кг води, гол. маса якої зосереджена у тропосфері. Важливу роль у радіаційному балансі атмосфери відіграють аерозольні компоненти повітря, що містять пил органічного та косм. походження, частинки сажі, попелу та мінеральних солей.

Сонячна стала становить  $1360 \text{ Вт/м}^2$ ; освітленість 135 000 лк. Альbedo інтегральне

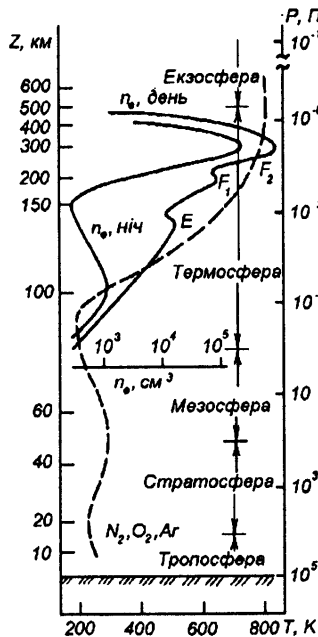


Рис. 2. Схематична будова земної атмосфери

поверхні 288 К, середня ефективна т-ра 249 К (див. Парниковий ефект). Між атмосферою та поверхнею відбувається безперервний обмін енергією і речовиною.

Неоднакове нагрівання атмосфери на різних широтах, над суходолом та океанами призводить до нерівномірного розподілу атмосферного тиску, що спричинює загальну циркуляцію атмосфери. Тепло- і вологообіг, а також циркуляція атмосфери — гол. процеси, що формують клімат і погоду.

Зовн. і досить значною оболонкою З. є магнітосфера.

У З. є один супутник — Місяць. Обидва тіла обертаються навколо центра мас системи. Систему З.—Місяць іноді трактують як подвійну планету.

**ЗЕМНА СИСТЕМА КООРДИНАТ** — система геоцентричних координат, напрям осей якої задано або відносно сукупності прямовисних ліній у різних точках земної поверхні, або ж відносно опорних напрямів на Землі, а початок суміщено з центром мас Землі.

Міжнародною службою обертання Землі (МСОЗ) введено поняття «міжнародна земна система координат», початок якої з точністю  $\pm 5$  см збігається з центром мас Землі. Орієнтація осей: напрям осі  $OX$  з точністю  $\pm 0.005''$  збігається з напрямом Гринвіцького меридіана, вісь  $OY$  спрямовано на  $90^\circ$  на захід від осі  $OX$ .

**ЗЕМНИЙ ДИНАМІЧНИЙ ЧАС**, шкала земного динамічного часу — час у системі координат, пов'язаний із Землею.

З. д. ч. — аргумент видимих геоцентричних ефемерид. Це одна з форм динамічного часу.

Позначають TDT (Terrestrial Dynamical Time). З. д. ч. є еквівалентом ефемеридного часу, однак його вимірюють фіз. еталоном — атомною секундою (див. Атомний час), а не процесами, що відбуваються в Сонячній системі. З. д. ч. продовжує ефемеридний час з 1984. Нуль-пунктом нової шкали часу для видимих геоцентричних ефемерид є 1977, січень 1.0003725 у момент 1977, січень 1 у 00 год 00 хв 00 с міжнародного атомного часу TAI.

З. д. ч. пов'язаний з TAI співвідношенням

$$TDT = TAI + 32.184 \text{ с.}$$

У 1991 TDT замінено на TT — земний час:  $TT = TDT$ .

**ЗЕНІТ** — (франц. zenith, від спотвореного араб. *земт ар arras* — вершина шляху) — верхня точка перетину лінії виска з небесною сферою.

Висота З. над горизонтом дорівнює  $90^\circ$ . Точку, діаметрально протилежну до З., називають надиром.

**ЗЕНІТНА ВІДСТАНЬ** — координата в горизонт. системі небесних координат, кутова відстань небесного світила від зеніту. Позначають  $z$ , відлічують уздовж дуги вертикала (кола висоти) від 0 до  $180^\circ$ . З. в. доповнює висоту  $h$  світила до  $90^\circ$ , так що  $z = 90^\circ - h$ .

**ЗЕНІТ-ТЕЛЕСКОП** — астр. інструмент для вимірювання малих різниць зенітних відстаней зір.

З.-т. складається з укріпленого на азимутальному монтуванні рефрактора, у фокальній площині якого розміщено окулярний мікромметр. З.-т. має горизонт. вісь, навколо якої він обертається доти, доки не стане на потрібній зенітній відстані.

**ЗЕНОГРАФІЧНІ КООРДИНАТИ** — координати, що визначають положення точок і деталей поверхні *Юпітера*. Гол. площиною З. к. є площина екватора *Юпітера* (див. *Небесні координати*).

**ЗІДЖ** — астр. таблиці, які складали в середні віки в країнах Сходу. Вони містили *каталоги зір* а також ін. астр. дані.

Найвідоміші — «Зідж Ельхані», складений у *Марагинській обсерваторії* під керівництвом *ат-Тусі* в XIII ст., і «Зідж Улугбек», один із найповніших і найдетальніших З., складених у Самарканді в *Улугбека обсерваторії*. «З. Улугбек» містить каталог положень 1018 зір в екліптичній системі координат. Він є вершинною астрономії на Близькому Сході до початку оптичних спостережень.

**ЗКЗЗ** (Общий каталог переменных звезд, ОКПЗ) — Загальний каталог змінних зір.

Четверте видання, опубліковане у 1985—1987 (Москва), містить відомості про 28 277 змінних.

**ЗМІНОСЕЦЬ** — екваторіальне сузір'я. Найяскравіші зорі:  $\alpha$  — Рас Альхаг,  $2.02^m$ ;  $\beta$  — Кельб Альраї (Цельбальрай),  $2.77^m$ ;  $\eta$  — Сабік,  $2.42^m$ ;  $\delta$  — Йед Пріор,  $2.75^m$ .

Найліпші умови видимості ввечері — у червні—липні. Не належить до зодіакальних (бо 13-те?), хоча Сонце перебуває в ньому з 30 листопада по 18 грудня.

**ЗМІНА КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ**, нерівномірність обертання Землі — відхилення миттєвої кутової швидкості обертання Землі  $\omega_M$  від середнього значення  $\omega$ :

$$\Delta\omega = \omega_M - \omega.$$

Є такі складові  $\Delta\omega$ : вікові, періодичні (або сезонні) та нерегулярні зміни. Нерівномірність обертання Землі зумовлює зміну тривалості доби  $\Delta P$  і нерівномірність шкали *всесвітнього часу*. Між  $\Delta\omega$  та  $\Delta P$  є таке співвідношення:

$$\Delta\omega/\omega = -\Delta P/P,$$

де  $\omega=7.292115 \cdot 10^{-5}$  рад/с,  $P=86\,400$  с (у *Міжнародній системі одиниць*).

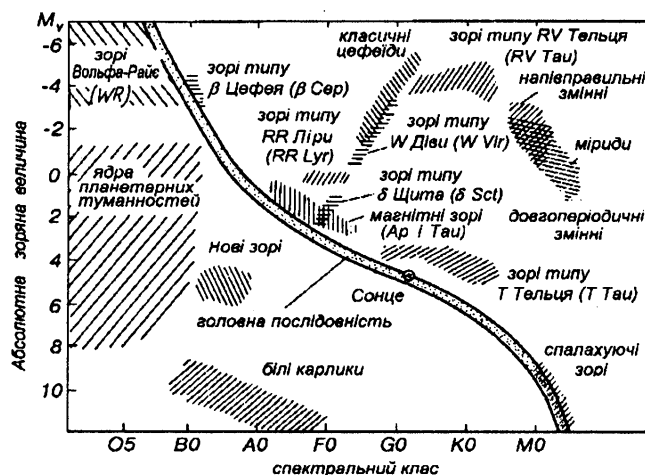
Унаслідок вікових змін тривалість одного оберту Землі збільшувалася за останні 2000 років у середньому на 0.0023 с за століття. Вікові зміни є наслідком гальмівної дії місячних та сонячних *припливів*. Тривалість доби внаслідок сезонних змін швидкості обертання Землі може відхилитися від середньої тривалості за рік на 0.002 с. У цьому випадку найкоротша доба буває у липні—серпні, а найдовша — у березні—квітні. Найвірогіднішою причиною періодичних змін швидкості є сезонні переміщення повітряних і водних мас на поверхні Землі. Нерегулярні (стрибкоподібні) зміни швидкості обертання Землі можуть збільшити або зменшити тривалість доби до 0.004 с. Причина цих змін достовірно не з'ясована.

**ЗМІННІ ЗОРІ** — зорі, у яких спостерігають зміни блиску хоча б в одному спектр. діапазоні.

З. з. називають фіз. змінними, якщо зміни блиску зумовлені процесами, що відбуваються в самій зорі або на її поверхні, і оптичними у випадку, якщо блиск зорі змінюється внаслідок дії зовн. щодо неї причин, напр., під час періодичних *затемнень* ін. зорею.

Змінність блиску деяких зір відома здавна: у давніх китайських літописах зареєстровано спалахи *наднових* («зорігості»), середньовічним арабам була відома змінність *Алголя*. Відомо понад 30 тисяч З. з.

Історично склалась така система їхнього позначення. Перші дев'ять З. з. у кожному із *сузір'їв* позначають літерами лат. абетки від R до Z і додають назву сузір'я, напр., T Тельця. Зорі, відкриті пізніше, позначають двома буквами тієї ж лат. абетки, починаючи з RR і закінчуючи QZ (ланцюжок RR, ..., RZ, SS, ..., ZZ, ..., AA, ..., AZ, ..., QQ, ..., QZ). За такою схемою можна позначити 334 зорі в кожному сузір'ї. Наступні відкриті З. з. у конкретному сузір'ї позначають просто літерою V (від англ. слова *variable* — змінний) і додають номер, починаючи з 335, та назву сузір'я — V335 *Суг*, V336 *Суг*. Якщо в минулому зоря була позначена літерою грец. алфавіту, то це позначення зберігають. Наднові позначають SN (*Supernova*) із зазначенням року спалаху та порядковості відкриття в черзі букв лат. абетки.



Положення на діаграмі Герцшпрунга-Ресселя змінних зір різних типів

Напр., SN1980A — перша наднова, відкрита в 1980.

За особливостями змін блиску і причинами, що зумовлюють їх, З. з. поділяють на класи. Згідно із системою класифікації, яку запропонувала Комісія № 27 Міжнародного астрономічного союзу, З. з. розділені на шість гол. класів: еруптивні змінні зорі; пульсуючі змінні зорі; змінні зорі, які обертаються; спалахуючі і новоподібні зорі; тісні подвійні затемнювані системи; джерела сильного змінного рентген. випромінювання (Х-джерела).

У кожному із цих класів є об'єкти різної природи, що належать до різних типів змінності блиску. Водночас одні й ті ж об'єкти можуть змінювати блиск майже з усіх можливих причин або з будь-яких їхніх комбінацій, що дає підстави для віднесення їх відразу до кількох класів (рис.). Крім того, є унікальні об'єкти, що не вкладаються у вказані тут рамки класифікації.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ S ЗОЛОТОЇ РИБИ (S Dor), Хаббла—Сендиджа** змінні — гарячі надгіганти спектральних класів O і B, які хаотично змінюють свій блиск з амплітудою від кількох десятих до кількох зоряних величин у смузі V.

Характерний час помітних змін становить звичайно роки і десятиріччя. З. з. т. S З. Р. — дуже яскраві блакитні зорі, тому їх можна спостерігати не тільки в нашій Галактиці, а й у найближчих галактиках. Сама зоря S Золотої Риби, іменем якої і названо цей тип змінних зір, розміщена у Магеллановій Хмарі (Малій). З. з. т. S З. Р. інтенсивно втрачають речовину. Темп втрати маси

в максимумі блиску досягає  $10^{-4} M_{\odot}$  за рік, у мінімумі він може зменшуватися на два порядки. Змінні цього типу — найбільш масивні зорі, їхні маси можуть перевищувати  $50 M_{\odot}$ .

Для опису змінності об'єктів цього типу запропоновано таку модель: дуже гаряча зоря, оточена у фазі макс. блиску протяжною (до  $200 R_{\odot}$ ) холодною ( $T \sim 10^4$  K) густою ( $n \sim 10^{11}$  см $^{-3}$ ) оболонкою. Ця оболонка оптично товста, її спостерігають як зоряну «псевдофотосферу». В мінімумі блиску оболонки нема — спостерігається реальна фотосфера зорі. Змінність у візуальній ділянці

спектра зумовлена спектр. перерозподілом потоку, водночас болометрична світність, напевне, є сталою. Можливо, що стадія З. з. т. S З. Р. — це короткочасна фаза, яка безпосередньо передуює стадії Вольфа—Райє зір.

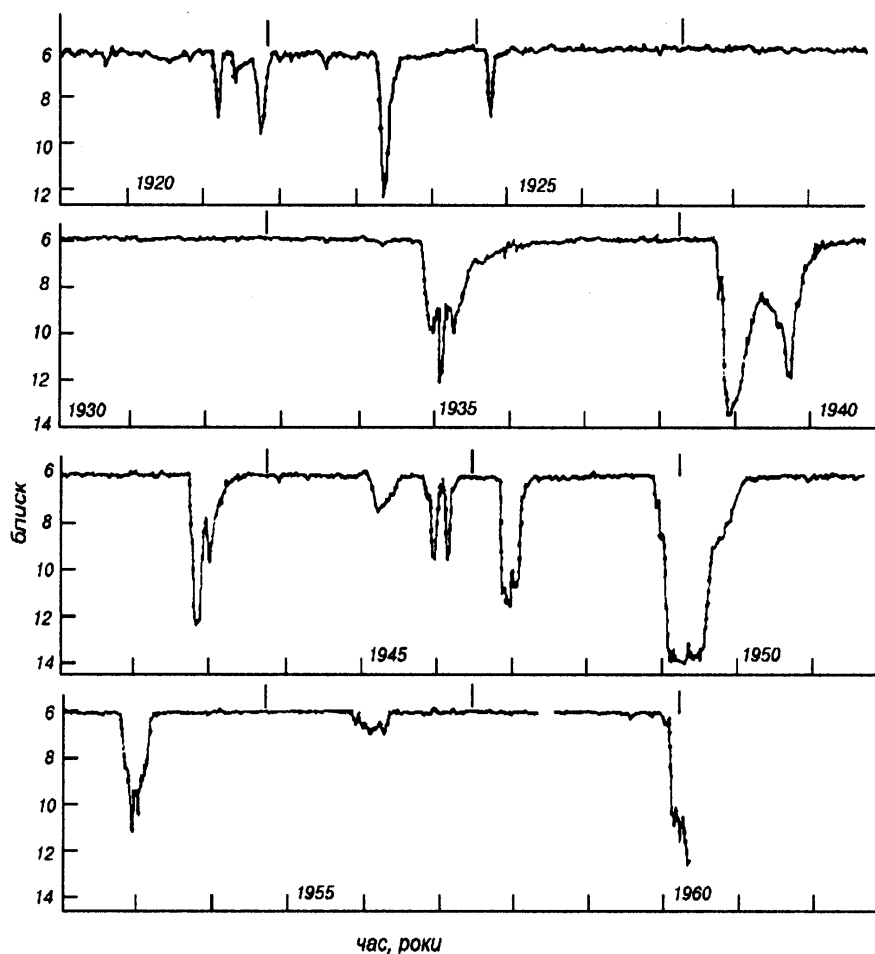
**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ ZZ КИТА** — те ж саме, що й зорі типу ZZ Кита.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ RR ЛІРИ** — те ж саме, що й зорі типу RR Ліри.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ МІРИ КИТА** — те ж саме, що й зорі типу Міри Кита.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ YU ОРІОНА** — те ж саме, що й зорі типу YU Орiona.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ R ПІВНІЧНОЇ КОРОНИ (RCV), зорі типу R Північної Корони** — зорі високої світності з екстремальним дефіцитом водню в оболонці, у яких епізодично спостерігаються значні зменшення візуального блиску. Болометричні світності цих зір є в діапазоні  $(5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^4) \times L_{\odot}$ . Найважливіша ознака З. з. т. RCV та, що в їхніх оболонках майже нема водню: за оцінками вміст водню за масою не перевищує  $10^{-4} - 10^{-5}$ . З. з. т. RCV належать до гелієвих зір. Вміст вуглецю, азоту і кисню, порівняно із залізом, більший від сонячного в 10—30 разів, причому вуглецю більше, ніж кисню, що дає підстави зачислити ці об'єкти також і до вуглецевих зір. У нормальному стані, в якому З. з. т. RCV перебувають більшу частину часу, варіації блиску незначні і складаються з повільних циклічних (30—100 дб) змін і швидких неправильних флюктуацій з характерним часом близько 10 хв. Амплітуди повільних і швидких змін блиску по-



Багаторічна крива блиску зорі типу R Північної Корони

рівнянні і сягають декількох десятків зоряної величини. Крім малоамплітудних змін блиску, для З. з. т. RCB типові неперіодичні спадання візуального блиску з амплітудою  $1-9^m$ , що можуть тривати від десятків днів до кількох років, після чого зоря повертається до нормального стану (рис.). Вважають, що причиною послаблення блиску є формування хмари графітового пилу, яка закриває від спостерігача частину фотосфери зорі. На початок 1996 було відомо декілька десятків З. з. т. RCB.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ СКУПЧЕНЬ** — те ж саме, що й зорі типу RR Ліри.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ RV ТЕЛЬЦЯ** (RV Tau), зорі типу RV Тельця — пульсуючі змінні зорі, на кривих блиску яких чергуються гол. (глибокі) та вторинні (мілкі) мінімуми.

Діапазон періодів чергування 30—150 днів, амплітуди змін блиску у візуальній області сягають  $3^m$ . На Герцшпрунга—Рессела діаграмі (див. рис. до ст. Змінні зорі) З. з. т. RV T. перебувають у зоні, що прилягає до смуги нестабільності цефеїд. Це зорі спектральних класів F,

G і K, причому в мінімумі блиску спектр. клас більш пізній. З. з. т. RV T. належать до I і II світності класів, їхні зоряні величини абсолютні є в діапазоні від  $-3^m$  до  $-5^m$  (візуальні).

Відомо близько 100 З. з. т. RV T. Для них є типовими зміни форми кривої блиску. Напр., гол. і вторинний мінімуми можуть мінятися місцями. Іноді регулярні коливання блиску змінюються хаотичними, після чого знову відновлюються регулярні з тим же або дещо ін. періодом.

Серед З. з. т. RV T. трапляються як зорі зі сталим середнім блиском — їх позначають RVa, так і зорі, середній

блиск яких циклічно змінюється з часом — RVb.

На відміну від цефеїд, періоди З. з. т. RV T. зменшуються зі збільшенням світності. Променеві швидкості змінюються з періодом, що збігається з фотометричним. Поява емісійних ліній, а також неоднаковість променевих швидкостей, визначених за інтенсивністю ліній з різними потенціалами збудження, свідчать про наявність ударних хвиль і стратифікації ефектів у протяжній атмосфері. Інформації про маси З. з. т. RV T. дуже мало. Єдина надійна оцінка верхньої межі маси цих зір (близько  $1M_{\odot}$ ) ґрунтується на тому факті, що вони трапляються в кулястих скупченнях. Концентрація З. з. т. RV T. галактичного поля зростає до центра і площини нашої Галактики, що може свідчити про належність їх до старого населення гало. Нез'ясований поки що й еволюційний статус цих зір.

**ЗМІННІ ЗОРІ ТИПУ T ТЕЛЬЦЯ** (T Tau), зорі типу T Тельця — нестаціонарні зорі спектральних класів G, K,

М, що перебувають на еволюційній стадії, яка передуює *головній послідовності*.

Вони віднесені до окремого класу на підставі спектр. ознак. Їхні *спектри* поглинання головно не відрізняються від спектрів звичайних зір тих же спектр. класів. Однак тут на спектр поглинання накладається емісійний лінійчастий спектр. У різних зір він має неоднакову інтенсивність: у зір з найслабкішим емісійним спектром в емісії спостерігають тільки лінії  $H_{\alpha}$  і  $Ca II H$  і  $K$ ; у зір з емісією середньої інтенсивності у *випромінюванні* з'являються ін. водневі лінії та лінії заліза; у зір з найсильнішим емісійним спектром у випромінюванні виявлено лінії гелію та багато ліній *металів*. Специфічною ознакою З. з. т. Т Т. є наявність у їхніх спектрах інтенсивних емісійних ліній заліза. Часто є *заборонені лінії*, причому їхня поява не залежить від інтенсивності ін. емісійних ліній. Спостерігають надлишки випромінювання в УФ і ІЧ ділянках спектра.

*Блиск* більшості З. з. т. Т Т. змінний. На перших етапах вивчення їх було виділено в окремий клас — зорі типу RW Візничого (RW Aur) — саме через специфічні змінності блиску. Клас З. з. т. Т Т. було введено незалежно. Згодом з'ясували, що цей клас об'єктів, виділених за спектр. ознаками, та клас зір типу RW Aur, виділений за фотометр. змінами блиску, об'єднує одні й ті ж об'єкти. Зміни блиску більшості З. з. т. Т Т. нерегулярні. Амплітуда коливань блиску досягає  $3^m$ , а тривалість зміни є в діапазоні від кількох годин до кількох діб.

У деяких З. з. т. Т Т. виявлено періодичну складову змінності блиску, яку пов'язують з обертанням зорі, що має заплямлену поверхню. Для пояснення спостережуваних особливостей потрібно допустити існування як холодних, так і гарячих плям. Виявлення періодичної складової змінності блиску утруднене тим, що її «замивають» сильніші неперіодичні зміни блиску.

З. з. т. Т Т. утворюють фіз. угруповання, *T-асоціації*, що мають розміри до кількох десятків *парсеків* і містять до кількох сот З. з. т. Т Т. T-асоціації генетично пов'язані з хмарами дифузної речовини: газу і пилу. Цей факт явно свідчить на користь гіпотези про моло-

дість З. з. т. Т Т. У багатьох з них відкрито сильний *зоряний вітер*. Водночас є підвид зір цього класу — *зорі типу YY Орiona*, у яких відбувається *акреція* речовини. З. з. т. Т Т. часто пов'язані з *Хербіга-Аро об'єктами*. У більш ніж двох десятків З. з. т. Т Т. відкрито вузькоспрямовані струменеві викиди — джети. В деяких З. з. т. Т Т. імовірна наявність *дисків* або, принаймні, сплющеного розподілу навколозоряної речовини. Хоча детально розробленої моделі З. з. т. Т Т. нема, однак сьогодні зрозуміло, що в гол. спостережуваних характеристики цих зір суттєвий внесок роблять ефекти взаємодії зорі (більшою чи меншою мірою) з навколозоряною речовиною.

**ЗМІЯ** — екваторіальне *сузір'я*. Найяскравіша зоря:  $\alpha$  — Серце Змії (Унук Ельхайя),  $2.64^m$ . Складається з двох частин — голови і хвоста, розділених *Змієносцем*. У З. є також яскраве *кулясте скупчення* (M 5 за *Мессьє каталогом*, *зоряна величина* візуальна  $5.8^m$ ).

Найліпші умови видимості ввечері — у червні—липні.

**ЗНАКИ АСТРОНОМІЧНІ** — умовні позначення *Сонця*, *Місяця*, *планет* та ін. небесних тіл, *зодіакальних сузір'їв*, фаз Місяця, планетних конфігурацій тощо, які використовують в астр. літературі і *календарях* (див. с. 7). Деякими знаками позначають дні тижня, години. Запроваджені ще в Давній Греції.

**ЗОДІАК** (від грец. *ζωδιακος* (*κύκλος*) — коло з зображень тварин), *зодіакальне коло* — пояс *небесної сфери*, середньою лінією якого є *екліптика*.

З. містить 12 *зодіакальних сузір'їв*, через які пролягає видимий річний шлях *Сонця*, а також рухаються *планети Сонячної системи* і *Місяць*.

**ЗОДІАКАЛЬНА ХМАРА** — скупчення міжпланетних пилових частинок, які сконцентровані поблизу площини *екліптики* і наявність яких спричинює *зодіакальне світло*.

Розміри частинок приблизно  $10^{-3}$  см; густина поблизу орбіти *Землі*  $3 \cdot 10^{-20}$  кг/м<sup>3</sup>, загальна маса до  $10^{19}$  кг ( $10^{-9} M_{\odot}$ ). З. х. — динамічний утвір. Малі частинки вимітає із Сонячної системи тиск сонячного *випромінювання*; більші, проте ще невеликі за розмірами,

— гальмують і падають на Сонце внаслідок *Пойнтінга—Робертсона ефекту*. Частинка розміром 10 мкм на відстані 3 а. о. впаде на Сонце за 10 тис. років. З. х. поповнюється матерією завдяки руйнуванню *комет, астероїдів*.

**ЗОДІАКАЛЬНЕ КОЛО** — див. *Зодіак*.

**ЗОДІАКАЛЬНЕ СВІТЛО** — слабе світіння у вигляді нахиленого над *горизонтом* конуса, що зумовлене розсіюванням сонячного *випромінювання* на пилових частинках *міжпланетного середовища*, сконцентрованих біля площини *екліптики*.

Вісь конуса лежить на *екліптиці*. *Яскравість* З. с. швидко послаблюється по обидва боки від осі конуса, а також з віддаленням від *Сонця*. *Освітленість* З. с. —  $10^{-7}$  від освітленості, яку створює денне розсіяне світло. З. с. спостерігають також у вигляді *протисайва* в протилежній від Сонця точці неба. *Спектр* З. с. повторює сонячний, поляризація досягає 30%.

З. с. у помірних широтах добре видно навесні увечері над західним горизонтом та восени в передранкові години на сході. В тропіках З. с. видно в безмісячні ночі цілий рік.

**ЗОДІАКАЛЬНІ СУЗІР'Я** — дванадцять *сузір'їв*, що утворюють *Зодіак*.

У різних народів кількість *сузір'їв*, що належать до *Зодіаку*, як і їхні назви, були неоднаковими. В Давній Греції 12 З. с. було виділено в окрему групу і кожне з них позначено окремим знаком (див. *Знаки астрономічні*). Було прийнято також ділити *екліптику* на 12 однакових частин по  $30^\circ$  і кожну таку дугу позначати (і називати) певним «знаком *Зодіаку*». Назви знаків і *сузір'їв* у ті часи збігалися. Знаками *Зодіаку* позначали також місяці. У зв'язку з безперервним зміщенням — унаслідок *прецесії* — *точки весняного рівнодення* (приблизно  $1^\circ$  за 70 років) у наш час *знаки Зодіаку* не збігаються з однойменними *сузір'ями*. Ці дуги змістилися із *сузір'їв* приблизно на  $30^\circ$ , однак присвоєні їм близько 2000 років тому по-

значення збереглися, їх використовують в *астрономічних щорічниках, календарях*. Отже, конкретні «знаки *зодіаку*» накладаються на З. с., які розміщені на одну позицію «праворуч»: «знак *Овна*» — на З. с. *Риби*, «знак *Тельця*» на З. с. *Овна* і т. д.

Знаки *Зодіаку* і положення Сонця в З. с.

Назва З.с.	Сонце в знаках <i>Зодіаку</i>	Сонце в З.с. у наші дні
Овен	21 березня — 21 квітня	18 квітня — 14 травня
Телець	22 квітня — 21 травня	14 травня — 21 червня
Близнята	22 травня — 21 червня	21 червня — 20 липня
Рак	22 червня — 22 липня	20 липня — 11 серпня
Лев	23 липня — 23 серпня	11 серпня — 17 вересня
Діва	24 серпня — 23 вересня	17 вересня — 31 жовтня
Терези	24 вересня — 23 жовтня	31 жовтня — 22 листопада
Скорпіон	24 жовтня — 22 листопада	22 листопада — 18 грудня
Стрілець	23 листопада — 21 грудня	18 грудня — 19 січня
Козоріг	22 грудня — 20 січня	19 січня — 16 лютого
Водолій	21 січня — 18 лютого	16 лютого — 12 березня
Риби	19 лютого — 20 березня	12 березня — 18 квітня

Примітка. Насправді з 30 листопада по 18 грудня Сонце перебуває в сузір'ї *Змієносця*, яке до З. с. не зачислено

У табл. наведено дати перебування Сонця у «знаках *зодіаку*» і в З. с. у наші дні.

**ЗОЛОТА РИБА** — *сузір'я* Південної півкулі неба. Найяскравіші *зорі*:  $\alpha$  —  $3.26^m$ ;  $\beta$  —  $3.40^m$ . В З. р. перебуває *Південний полюс екліптики*.

З території України не видно.

**ЗОНА ВИДИМОСТІ** (від грец. *ζωνη* — пояс) — частина земної поверхні, де з будь-якої точки у конкретний момент часу видно *штучний супутник Землі* або *космічний апарат* (виконується умова «оптичної видимості»).

Радіус  $R_1$  кола, яке обмежує З. в., визначають зі співвідношення

$$R_1 = R(H^2 - R^2)^{1/2} / H,$$

де  $R$  — середній радіус Землі;  $H = R + h$  — відстань ШСЗ або КА від центра Землі,  $h$  — їхня відстань від поверхні Землі.

Зокрема, при  $h = 250$  км,  $R = 6371$  км, маємо  $R_1 = 1734$  км.

**ЗОНА УНИКАННЯ** (Галактики) — зона *Молочного Шляху*, в якій унаслідок *поглинання випромінювання* газопиловими хмарами позагалактичні туманності (*галактики*) екранують, що створює враження, ніби вони уникають цієї зони.

З. у. тим чіткіше виражена, чим ближче до *галактичного екватора* розміщена досліджувана ділянка неба.

«ЗОНД» — *космічні апарати* (СРСР) для вивчення *космічного простору* і відпрацювання техніки далеких косм. польотів.

Перший запуск КА серії «З.» було зроблено 1964 до *Місяця*. Усього запущено вісім «З.».

«З.-4»—«З.-8» суттєво відрізнялися за конструкцією від попередніх КА серії «З.», вони мали значно більшу масу, були призначені для відпрацювання техніки польотів до Місяця з поверненням на Землю.

За допомогою «З.-3», «З.-6»—«З.-8» одержано високоякісні зображення місячної поверхні (зокрема, на «З.-4» 1965 сфотографовано зворотний бік Місяця). Спостереження косм. плазми, виконані КА цього типу, дали змогу отримати експерим. підтвердження існування *сонячного вітру*, сприяли розвиткові уявлень про те, що потоки плазми, які витікають із *Сонця*, постійно заповнюють *міжпланетний простір*, а їхня концентрація залежить від стану *сонячної активності*.

**ЗОНИ Н II** — порівняно близькі околиці *гарячих зір*, де водень практично іонізований *УФ випромінюванням* цих зір.

Класичним зразком цього типу об'єктів є *З. Н II*, що утворилася навколо зорі *спектрального класу O*, яка оточена досить густою хмарою. В цьому випадку можливе існування двох різновидів *З. Н II*: *оконтурених речовиною* або ж *випромінюванням*. *З. Н II*, *оконтурена речовиною*, утворюється за умови, що іонізована вся хмара і частина *УФ випромінювання зорі* виходить за її межі. Розміри і форма такої *З. Н II* відповідають розмірам і формі хмари, у якій розташована зоря. Якщо потужності *УФ випромінювання зорі* не вистачає для іонізації всієї хмари, тоді утворюється *З. Н II*, *оконтурена випромінюванням*. Форма такої зони залежить від розподілу густини в хмарі. Напр., у хмарі зі сталою густиною утворюється *сферично-симетрична З. Н II* (такі зони називають ще *зонами Стремгрена*). Якщо зоря перебуває в середовищі з *неоднорідним розподілом густини* в просторі, розміри якого порівнянні з

розмірами *З. Н II*, то форма зони суттєво відрізняється від сферичної (див. *Блістери*, «*Шампанського модель*»). У *З. Н II* є дрібномасштабні неоднорідності густини: кілька відсотків об'єму заповнено згустками речовини, густина яких у багато разів менша від середньої. Лінійні розміри *З. Н II*, *оконтуреної випромінюванням*, залежать від потужності *УФ випромінювання зорі* та густини *навоколишнього середовища*.

Радіус *З. Н II* навколо зорі *спектр. класу O* в середовищі з концентрацією частинок  $10-10^3 \text{ см}^{-3}$  становить 1—10 пк. Якщо *міжзоряний газ* іонізує велика група *гарячих масивних зір асоціації зоряної*, то утворюється *веле-тенська З. Н II*, розміри якої становлять *сотні парсеків*.

*Температура* газу в *З. Н II* мало залежить як від її геом. структури, так і від параметрів іонізуючої зорі, і для більшості *З. Н II* вона дорівнює  $(7-12) \cdot 10^3 \text{ K}$ .

*З. Н II*, які утворилися внаслідок іонізації зорею *міжзоряного газу*, належать до *S-типу*. Якщо зоря іонізує газ, викинутий нею (у вигляді *інтенсивного зоряного вітру* або шляхом *одноразового скидання оболонки*), формується *З. Н II E-типу*. Є і *гібридні оболонки*, у яких тільки частина іонізованої речовини викинута зорею. У разі *інтенсивного зоряного вітру* і (або) *скидання оболонки зорею* *З. Н II* можуть набувати форми *оболонок* (див. *Кільцеві туманності*).

*З. Н II* мають типовий оптичний *спектр*: *сильні лінії водню*, *заборонені лінії кисню*, *сірки*, *азоту* і деяких ін. елементів на тлі *слабкого неперервного спектра*. В лініях зосереджена гол. частка *випромінювання З. Н II*, їхнє світіння виникає унаслідок *переробки УФ випромінювання* ( $\lambda < 91.2 \text{ нм}$ ) у *кванти оптичної ділянки спектра*. *З. Н II* в нашій *Галактиці* розподілені так само, як і *молекулярний водень*.

Найбільша концентрація *З. Н II* простежується до центра *Галактики* і в *кільцеподібній частині диска*, обмеженій радіусами 4 та 8 тис. пк. *З. Н II* у *диску* концентруються до *спіральных рукавів*. Окрему групу *З. Н II* утворюють *планетарні туманності*.

**ЗОННЕБЕРЗЬКА ОБСЕРВАТОРІЯ** (Sternwarte Sonneberg) — *астрономічна обсерваторія*, заснована 1925. Розташо-

вана в м. Зоннеберзі ( $\lambda=+11^{\circ}11.5'$ ;  $\varphi=+50^{\circ}22.7'$ ;  $h=640$  м).

Гол. дослідження: фізика змінних зір, зір і міжзоряного середовища.

Гол. інструменти: 60- і 46-см рефлектори, 50/70-см Шмідта телескоп, два 40-см астрографи.

**ЗОРЕТРУС** — розтріскування твердої зовн. кори нейтронної зорі.

З теорії випливає, що кожній швидкості обертання відповідає своя рівноважна конфігурація. Через взаємодію з навколишнім середовищем швидкість обертання нейтронних зір змінюється. Напр., швидкість обертання радіопульсарів монотонно зменшується. Однак тверда зовн. кора нейтронної зорі перешкоджає безперервній зміні її конфігурації, в корі накопичується напруга, яка врешті-решт призводить до розтріскування кори. Внаслідок З. відбувається стрибкоподібна перебудова нейтронної зорі, зокрема, змінюється її період обертання. Такі збої періодів обертання спостерігають у радіопульсарів.

**ЗОРЕУТВОРЕННЯ** — формування зір у газопилових хмарах.

Наявність у нашій Галактиці гарячих масивних зір, вік яких не перевищує мільйонів—десять мільйонів років, переконливо свідчить про те, що процес З. триває і в сучасну епоху. Зі спостережень відомо, що зорі формуються групами. Є два типи молодих зоряних угруповань — розсіяні скупчення й асоціації зоряні. Близько 10% зір формуються в розсіяних скупченнях, решта 90% — у зоряних асоціаціях.

На відміну від розсіяних скупчень, які є гравітаційно пов'язаними угрупованнями зір, зорі асоціацій порівняно швидко розсіюються в просторі, тобто зоряні асоціації є постачальниками зір поля. Як розсіяні скупчення, так і зоряні асоціації утворюються в масивних, гравітаційно пов'язаних молекулярних хмарах. Буде новостворене зоряне угруповання розсіяним скупченням чи зоряною асоціацією — це залежить, головн., від ефективності З. у конкретній хмарі.

Ефективність З. характеризує параметр  $\eta$ , що є відношенням маси хмари, з якої вже сформувалися зорі,  $M_z$ , до повної маси хмари  $M_z+M_g$ :  $\eta=M_z/(M_z+M_g)$  ( $M_g$  — маса газу в хмарі). Звичайно ефективність З. низька —

тільки 0.2—5.0% газу хмари переходить у зорі. У цьому випадку виникають зоряні асоціації, зорі яких швидко розсіюються в просторі. Для утворення розсіяних скупчень потрібно, щоб ефективність З. перевищувала 20—50%.

Процес З. у масштабі всієї Галактики характеризується швидкістю зореутворення. Швидкість З. в нашу епоху становить 3—5 $M_{\odot}$  за рік. Найважливішою особливістю початкової функції мас зір є локальний мінімум при значеннях мас 1—2 $M_{\odot}$ , що, найімовірніше, зумовлене існуванням двох шляхів формування зір у Галактиці. Доведено, що зони З. розташовані в молекулярних хмарах. Є два різновиди молекулярних хмар: теплі, що мають ділянки з температурою понад 20 К, і холодні, у будь-якій точці яких т-ра не перевищує 20 К.

Уважають, що в холодних хмарах утворюються «маломасивні» зорі в діапазоні мас приблизно від 0.1 до 60.0 $M_{\odot}$ , тоді як у теплих — зорі в діапазоні мас від 2—3 до 120 $M_{\odot}$ . Теплі хмари зосереджені переважно в спіральних рукавах, холодні — і в спіральних рукавах, і в міжрукавному просторі. Формування «маломасивних» зір можна, напевне, пов'язати зі спонтанним (самочинним) З., формування масивних зір зумовлене індукованим (вимушеним) З. Початок індукованого З. може бути спричинений зіткненням хмар — зорі формуються в зоні зіткнення. Це припущення дає змогу пояснити появу O-зір і B-зір як на краю хмари, так і всередині неї: у випадку зіткнення хмар порівнянних мас (і розмірів) зона зіткнення розташована всередині новоствореної хмари, а у випадку зіткнення хмар, які суттєво відрізняються і масами, і розмірами, зона перетину розташована поблизу зовн. межі.

Зіткнення хмар у міжрукавному просторі відбуваються значно рідше, ніж у спіральних рукавах. Зоряний вітер, спалахи наднових також можуть ініціювати (правильніше, підтримати) З. Деяка частина зір (близько 10%) формується в центр. зоні Галактики.

Теорія З. — нова галузь астрофізики. Цілісна картина утворення зір ще не з'ясована. З багатьох питань є протилежні погляди.



**ЗОРІ З ОБОЛОНКАМИ** (shell stars) — зорі, в околі яких у газі порівняно високої густини утворюються вузькі й надзвичайно глибокі лінії поглинання водню і металів (див. рис. до ст. *Зорі Ве*), які називають оболонковими. Іноді оболонкові лінії зникають на деякий час, а згодом знову з'являються.

**ЗОРІ МАЛОЇ МАСИ** — зорі на головній послідовності, маси яких менші від  $(2.0 - 2.3)M_{\odot}$ .

Верхню межу З. м. м., яка відділяє їх від зір помірної маси, визначає особливість «загоряння» гелію в ядрі зорі на вершині відгалуження червоних гігантів. У З. м. м. «загоряння» гелію відбувається у виродженому ядрі і виявляється як тепловий вибух, тоді як у масивніших зір — у невиродженому ядрі і є спокійним. У теорії еволюції зір прийнято визначати і нижню межу З. м. м., яка, взагалі кажучи, не збігається з межею, що розділяє зорі та карлики.

Нижню межу мас визначають за умови, що час перебування зорі на гол. послідовності не перевищує віку нашої Галактики. Цю умову задовольняють зорі, маси яких перевищують  $0.8M_{\odot}$ . Іноді З. м. м. розглядають як складову частину зір помірної маси.

**ЗОРІ ПОЛЯ** — зорі, які не належать до асоціацій зоряних і зоряних скупчень.

**ЗОРІ ПОМІРНОЇ МАСИ**, зорі проміжної маси — зорі, маси яких на головній послідовності є в діапазоні  $(2.0 - 2.3)M_{\odot} \leq M \leq (8 - 10)M_{\odot}$ .

Нижню межу мас, яка розділяє зорі малої маси і З. п. м., визначає особливість «загоряння» гелію в ядрі на вершині відгалуження червоних гігантів: у З. п. м. гелієве ядро невироджене, і його «загоряння» відбувається спокійно, тоді як «загоряння» гелію у виродженому ядрі зір малої маси є тепловим вибухом. Аналогічно, за особливостями «загоряння» вуглецю в ядрі зорі визначають межу, що розділяє З. п. м. і масивні зорі: у З. п. м. вуглецеве ядро вироджене, і його загоряння знову ж таки відбувається як тепловий вибух. Однак втрата маси З. п. м. приводить до того, що в зорі припиняються ядерні реакції ще до «загоряння» вуглецю в ядрі й вона еволюціонує в білого карлика. І тільки у зір, маси яких близькі до верх-

ньої межі, можливо, «загоряється» вуглець (див. *Еволюція зір*).

**ЗОРІ ПРОМІЖНОЇ МАСИ** — те ж саме, що й зорі помірної маси.

**ЗОРІ ТИПУ АЛГОЛЯ** (EA) — фотометричні подвійні, в яких у проміжках між затемненнями блиск є сталим або ж змінюється в малих межах.

З. т. А. — розділені і напіврозділені подвійні системи. Останнім часом З. т. А. часто називають тільки напіврозділені подвійні системи, в яких зоря з більшою масою перебуває на головній послідовності, а зоря з меншою масою є субгігантом. Той факт, що зоря з меншою масою перебуває на пізнішій стадії еволюції зір, відображає суть Алголя парадокса. Передбачають, що спостережуване співвідношення мас виникло внаслідок обміну речовиною між зорями, причому обмін у системах цього типу ще не закінчився. Газ, що покидає зорю на її пізній стадії еволюції, формується в кільцеподібну (або дискову) структуру в екваторіальній площині зорі гол. послідовності, яка виявляється під час ретельних спектр. досліджень. Газове кільце має малу густину, і його вплив на зорю незначний: зоря має всі характеристики звичайної зорі гол. послідовності. Однак є група З. т. А. (зорі типу W Змії), у яких речовина, що перетікає, відіграє важливу роль і може повністю закривати зорю.

**ЗОРІ ТИПУ Z АНДРОМЕДИ** (Z And)

1. Те ж саме, що й симбіотичні зорі;

2. Підклас симбіотичних зір.

**ЗОРІ ТИПУ U БЛИЗНЯТ** (U Gem)

1. Те ж саме, що й карликові нові.

2. Підклас карликових нових.

**ЗОРІ ТИПУ  $\beta$  ВЕЛИКОГО ПСА** ( $\beta$  CMa) — те ж саме, що й зорі типу  $\beta$  Цефея.

**ЗОРІ ТИПУ SU ВЕЛИКОЇ ВЕДМЕДИЦІ** (SU UMa) — підклас карликових нових.

**ЗОРІ ТИПУ UX ВЕЛИКОЇ ВЕДМЕДИЦІ** (UX UMa) — підклас новоподібних зір.

**ЗОРІ ТИПУ W ВЕЛИКОЇ ВЕДМЕДИЦІ** (W UMa) — маломасивні короткоперіодичні фотометричні подвійні, в яких обидві зорі заповнили Роша порожнину.

Орбітальні періоди систем менші від 1 доби. Співвідношення мас компонент, якими є зорі спектральних класів F і пізніших, перебувають у діапазоні 0.1—

0.9. *Крива блиску* має два мінімуми майже однакової глибини, амплітуди змін блиску не перевищують  $0.8^m$ . За виглядом кривої блиску З. т. W В. В. поділяють на дві групи: А- і W-типу. До перших належать об'єкти, у яких мінімум, спричинений проходженням меншої зорі по диску більшої, дещо глибший, ніж мінімум у випадку покриття меншої зорі гол. компонентою. Це — зорі спектр. класу F. До систем W-типу належать об'єкти з протилежним (порівняно з об'єктами А-типу) співвідношенням глибин мінімумів на кривій блиску. В системах цього типу зорі мають спектр. клас G—K.

У З. т. W В. В. виявлено всі форми активності зір: потужні *хромосфери*, *корони*, *спалахи* і *плями*. Зорі в системах цього типу занурені в спільну оболонку, яка обертається синхронно з орбітальним рухом зір. Уважають, що кінцевий етап еволюції З. т. W В. В. — злиття компонент і утворення поодинокі зорі зі швидким обертанням. Можливо, що зорі типу FK Волосся Вероніки, для яких є типовим швидке обертання, і стають кінцевим продуктом еволюції З. т. W В. В.

**ЗОРІ ТИПУ Т ВОДОЛІЯ (T Aqr)** — підклас *симбіотичних зір*.

**ЗОРІ ТИПУ VL ВОЛОПАСА (VL Boo)** — те ж саме, що й *цефеїди аномальні*.

**ЗОРІ ТИПУ  $\lambda$  ВОЛОПАСА ( $\lambda$  Boo)** — група зір *спектрального класу А*, у спектрах яких у край слабка або майже не простежується лінія Mg II  $\lambda$  448.1 нм, що є найсильнішою металічною лінією у спектрах нормальних зір класу А.

З. т.  $\lambda$  В. розташовані на *головній послідовності* нульового віку або ж поряд з нею. Дотепер не відомо жодної зорі цього типу, яка перебуває на пізній стадії своєї еволюції. З. т.  $\lambda$  В. належать до *населення зоряного I типу*. Відмінність між З. т.  $\lambda$  В. і зорями II типу населення полягає в тому, що в зір II типу слабкі всі лінії металів, у тому числі й Mg II  $\lambda$  448.1 нм, причому вони ослаблені однаково. У З. т.  $\lambda$  В. також ослаблені всі лінії металів, а лінія  $\lambda$  448.1 нм слабка навіть порівняно з цими ослабленими лініями. Вважають, що З. т.  $\lambda$  В. формуються у процесі сепарації хім. елементів унаслідок втрати маси з темпом близько  $10^{-13} M_{\odot}$  за рік.

**ЗОРІ ТИПУ FK ВОЛОССЯ ВЕРОНІКИ (FK Com)** — гіганти *спектральних класів G і K*, які швидко обертаються і в спектрах яких є широкі емісійні лінії H і K Ca II.

Серед звичайних гігантів цих спектр. класів спостережувані швидкості обертання зрідка перевищують 10 км/с, тоді як у З. т. FK В. В. вони є в діапазоні 75—100 км/с. З. т. FK В. В. — *змінні зорі*. *Крива блиску* має форму квазисинусоїди з амплітудою 0.1—0.4<sup>m</sup>. Періоди зміни блиску збігаються з періодами обертання зір і дорівнюють кільком добам.

Особливості змін блиску дають підстави зробити висновок, що в З. т. FK В. В. спостерігають звичайний *синдром BY Dra*, тобто зміни блиску зумовлені наявністю темних плям на поверхні зорі. Плями вкривають близько 10—15% її поверхні. Крім заплямленої поверхні, у З. т. FK В. В. *активність* виявляється і в ін. формах, а саме: вони мають потужні *хромосфери* і *корони*. За потужністю хромосфер (потужність характеризується відношенням *світності* зорі в емісійних хромосферних лініях до болометричної світності) З. т. FK В. В. перевищують ін. типи активних зір, зокрема, і найактивніші зорі типу RS Гончих Псів.

Відомо, що одна із З. т. FK В. В. (UZ Терезів) є компонентою *спектрально-подвійної* зі співвідношенням мас компонентів 4:1. Орбітальний період системи майже збігається з *періодом обертання* (4.75 доби) гол. компоненти, другу зорю не простежують. Нез'ясовано, чи є ця зоря, маса якої майже  $0.5 M_{\odot}$ , зорею спектр. класу M *головної послідовності*, чи це об'єкт, який завершив свою еволюцію. В ін. З. т. FK В. В. подвійності поки що не зауважено. Швидкості, визначені з похибкою 3—5 км/с, не виявляють змін, тоді як півамплітуда кривої *променевої швидкості* UZ Терезів становить 40 км/с. Значні швидкості обертання З. т. FK В. В. є серйозною перешкодою в пошуку розумних варіантів пояснення еволюційного статусу цих об'єктів.

**ЗОРІ ТИПУ AM ГЕРКУЛЕСА (AM Her)** — те ж саме, що й *полярні*.

**ЗОРІ ТИПУ VL ГЕРКУЛЕСА (VL Her)** — підклас *цефеїд II типу населення*.

**ЗОРІ ТИПУ DQ ГЕРКУЛЕСА (DQ Her)** — те ж, що й *проміжні полярні*.

**ЗОРІ ТИПУ RS ГОНЧИХ ПСІВ (RS CVn)** — розділені *подвійні системи*, компонентами яких є *зорі спектральних класів F, G і K*, причому одна або обидві зорі системи виявляють високу активність.

Діапазон орбітальних періодів систем від кількох годин до кількох тижнів. З. т. RS Г. П. поділяють на короткоперіодичні ( $P \leq 1$  доби), проміжні та довгоперіодичні ( $P \geq 15$  діб). Обидві компоненти короткоперіодичних систем є зорями *головної послідовності*, спектр. клас гол. компоненти близько G0, вторинної — від G5 до M2. У проміжних і довгоперіодичних системах гол. компонента — зоря, що вже зійшла з гол. послідовності, субгігант, який ще не заповнив своєї *Роша порожнини*. Частина З. т. RS Г. П. — *фотометричні подвійні*.

Обертання З. т. RS Г. П. синхронізоване з орбітальним рухом, розбіжність між *періодами обертання* і руху певного центра мас не перевищує 1%. Крім змін *блиску*, зумовлених *затемненнями*, у З. т. RS Г. П. простежують *синдром BY Dra*. Плями вкривають до 20% площі поверхні та є причиною змін блиску на декілька десятих *зоряної величини*. В короткоперіодичних системах заплямленою зорею є слабкіший компонент системи, у проміжних і довгоперіодичних плями розташовані на яскравішому компоненті.

З. т. RS Г. П. мають потужні *хромосфери*. За рентген. *світністю корон* ці об'єкти значно переважають всі ін. типи активних зір спектр. класів F—M. Їхні рентген. світності є в діапазоні  $10^{-3}$ — $10^{-2} L_{\odot}$ , що на 3—5 порядків більше від рентген. світності *Сонця*. Співвідношення рентген. і болометричної світностей деяких З. т. RS Г. П. перевищує  $10^{-3}$ , тоді як для *Сонця* це значення менше  $10^{-6}$ .

Серед зір гол. послідовності спектр. класу M також трапляються подвійні системи, які за особливостями спостережуваних проявів активності нагадують З. т. RS. Їх віднесено до *зір типу BY Dra*.

**ЗОРІ ТИПУ W ДІВИ (W Vir)**, віргініди—

1. Те ж саме, що й *цефеїди II типу населення*.

2. Підклас *цефеїд II типу населення*.

**ЗОРІ ТИПУ ВУ ДРАКОНА (BY Dra)** — карликові *зорі спектральних класів K і M* з квазіперіодичною змінністю блиску, у *спектрах* яких є емісійні лінії  $H_{\alpha}$  і Ca II *хромосферного походження*.

З. т. ВУ Д. є підгрупою *спалахуючих змінних зір (зір типу UV Кита)*, тому їхні *криві блиску*, поряд із квазіперіодичною, містять неперіодичну спалахову складову. Циклічність квазіперіодичних змін блиску (фотометр. період) звичайно становить 1—5 діб, амплітуди зміни візуального блиску є в діапазоні від кількох тисячних часток до кількох десятих *зоряної величини*. Форма кривої блиску не є сталою, крім того, змінюються і амплітуда, і фотометр. період. Іноді квазіперіодична складова змінності взагалі зникає, і блиск зорі протягом деякого проміжку часу в перервах між спалахами є сталим.

Близько 70% З. т. ВУ Д. належать до складу *спектрально-подвійних*. Їх орбітальний період системи і період зміни блиску збігаються, однак у багатьох випадках вони значно відрізняються.

Квазіперіодичні зміни блиску З. т. ВУ Д. зумовлені наявністю темних холодних плям, які нерівномірно вкривають поверхню зорі, що обертається. Іноді цей феномен називають *синдромом ВУ Дракона*. Фотометр. період збігається з *періодом обертання* зорі.

Обертання зорі має диференціальний характер, тому залежно від розташування плям на її поверхні фотометр. період може змінюватися. Амплітуда зміни блиску визначена часткою поверхні зорі, що вкрита плямами, і залежить від розподілу плям на її поверхні. Блиск зорі зберігається сталим, якщо плями або рівномірно вкривають зорю, або їх зовсім нема, або ж зосереджені в навколополярних широтах.

Різкої межі між З. т. ВУ Д і неактивними карликами спектр. класів K і M не існує. Трапляються зорі, які за рівнем активності посідають проміжне місце між ними.

**ЗОРІ ТИПУ Z ЖИРАФА (Z Cam)** — підклас *карликових нових*.

**ЗОРІ ТИПУ W ЗМІЇ (W Ser)**, серпентиди — напіврозділені *подвійні системи* типу *Алголя*, у яких, однак, обмін *масою* є потужнішим.

У спектрах З. т. W З. простежуються лінії поглинання тільки однієї зорі, про явив ін. зорі не знаходять. Крім ліній поглинання, у спектрі є емісійні лінії водню й ін. елементів.

У З. т. W З. одна із зір заповнила *Роща порожнину* й інтенсивно втрачає речовину. Частину її захоплює ін. зоря, навколо якої формується *акреційний диск*, що повністю або частково її закриває (на відміну від нормальних систем типу Алголя, у яких наявність диска навколо зорі виявляють лише внаслідок скрупкульозних досліджень). Ін. частина речовини утворює оболонку, в яку занурена система. Саме наявністю газу в системі пояснюють появу в спектрі емісійних ліній.

**ЗОРІ ТИПУ  $\gamma$  КАССИОПЕЇ ( $\gamma$  Cas)** — те ж саме, що й зорі *Ве*.

**ЗОРІ ТИПУ UV КИТА (UV Cet)** — те ж саме, що й *спалахуючі зорі*.

**ЗОРІ ТИПУ ZZ КИТА (ZZ Cet)**, змінні зорі типу ZZ Кита — пульсуючі білі карлики. З. т. ZZ К. поділяють на два підтипи: ZZa і ZZb. Підтип ZZa утворюють пульсуючі білі карлики з водневою оболонкою (білі карлики типу DA), періоди *пульсацій* яких є в діапазоні від 30 с до 25 хв, амплітуди змін візуального блиску — від 0.001 до 0.3<sup>m</sup>. Найгарячіша зоря типу DA має ефективну *температуру* 13 000 К, найхолодніша — 10 000 К, т-ри переважної більшості змінних цього типу становлять 11 000—12 000 К. Деякі з цих зір мають дуже стійкі періоди пульсацій —  $|\Delta P/P| < 10^{-12}$ , в ін. ці періоди помітно змінюються протягом кількох годин. Зорі ZZa виявлено як серед поодиноких зір, так і серед білих карликів — членів *подвійних систем*.

До підтипу ZZb належать пульсуючі білі карлики з гелієвими оболонками (білі карлики типу DB). Змінні типу ZZb — перший клас *змінних зір*, для яких теор. дослідження нестабільності передувало їхньому виявленню. Вже відомо декілька зір типу ZZb. Вони гарячіші, ніж зорі типу ZZa, їхні т-ри становлять близько 24 000 К.

**ЗОРІ ТИПУ Р ЛЕБЕДЯ (Р Cyg)** — *надгіганти* високої *світності* ( $M_V \leq -7^m$ ) *спектральних класів* O, B і A, у спектрах яких на найсильніші бальмерівські і He I лінії накладаються емісійні компоненти разом зі зміщеними в ко-

роткохвильовий бік абсорбційними компонентами. Такі своєрідні *профілі ліній* називають профілями типу Р Лебедя.

Ефективні *температури* З. т. Р Л. є в діапазоні 8 000—27 000 К, *зоряні величини болометричні* досягають значень  $M_{bol} = -11^m$ . У З. т. Р Л. спостерігають витікання речовини з типовими швидкостями 100—250 км/с, темп втрати речовини —  $(10^{-5}—10^{-4})M_{\odot}$  за рік. Навколо деяких З. т. Р Л. виявлено *туманності*, які вважають залишками скинутої зорею оболонки.

Станом на 1996 до З. т. Р Л. віднесено 13 об'єктів, з яких три розміщені в нашій *Галактиці*, а решта — в *Магеллановій Хмарі* Малій та *галактиках* M 31 і M 33. З. т. Р Л., напевне, належать до *масивних зір*, які вже пройшли стадію *червоних надгігантів* і зміщуються по *Герцшпрунга—Рессела діаграмі* ліворуч, поступово перетворюючись у *Вольфа—Райє зорі*.

**ЗОРІ ТИПУ SS ЛЕБЕДЯ (SS Cyg)** — підклас *карликових нових*.

**ЗОРІ ТИПУ RR ЛІРИ (RR Lyr)**, ліриди, цефеїди короткоперіодичні, змінні зорі типу скупчень, змінні зорі типу RR Ліри — пульсуючі гіганти *спектральних класів* A—F, що мають порівняно стабільні *криві блиску* з періодами 0.2—1.2 доби.

Амплітуди зміни візуального блиску є в діапазоні 0.2—2.0<sup>m</sup>. За формами кривих блиску З. т. RR Л. розділено на такі три типи: RRa, RRb, RRc. Класифікаційним критерієм є величина *e* — тривалість висхідної гілки кривої блиску, вираженої в частках періоду. Між значенням *e* і типом є така відповідність: від 0.1 до 0.2 — тип RRa, від 0.2 до 0.3 — тип RRb, від 0.4 до 0.5 — тип RRc. Часто зорі типів RRa і RRb об'єднують в один тип — RRab.

Змінні типу RRab мають асиметричні криві блиску (малі значення *e*) з періодами 0.3—0.8 доби, амплітуди зміни візуального блиску перевищують 0.5<sup>m</sup>. Змінні типу RRc мають майже синусоїдальні симетричні криві блиску (великі значення *e*), короткі періоди (0.2—0.4 доби) й амплітуди близько 0.4<sup>m</sup>.

Ефективні *температури* З. т. RR Л. є в діапазоні 6400—7600 К, причому змінні типу RRc мають вищі т-ри, ніж змінні типу RRab. У деяких З. т. RR Л. спостерігають *Блажка ефект*.

З. т. RR Л. належать до II типу населення. Вони трапляються як серед зір поля, так і в кулястих скупченнях (де їх було вперше виявлено). Зараз налічується декілька тисяч З. т. RR Л. Це зорі з масою близько  $0.6M_{\odot}$ , що на Герцшпрунга—Рессела діаграмі перебувають на горизонтальному відгалуженні в місці перетину його зі смугою нестабільності (див. рис. до ст. Змінні зорі).

**ЗОРИ ТИПУ  $\beta$  ЛІРИ (ЕВ)** — фотометричні подвійні, на кривих блиску яких немає ділянок сталого блиску: в проміжках між двома мінімумами різної глибини (причина яких — затемнення) зміни блиску системи зумовлені еліпсоїдною формою компонент. Амплітуда зміни візуального блиску, як звичайно, не перевищує  $2^m$ . З. т.  $\beta$  Л. — розділені та напіврозділені подвійні системи.

**ЗОРИ ТИПУ МІРИ КИТА (М)**, міриди, змінні зорі типу Міри Кита — змінні червоні гіганти спектральних класів М, С і S з чітко виявленою періодичністю зміни блиску, у спектрах яких в епоху макс. блиску є яскраві емісійні лінії водню.

Амплітуди змін блиску в фільтрі V є в діапазоні 2.5—11.0 зоряних величин (з боку менших амплітуд змін блиску до З. т. М. К. тісно примикають *напівправильні змінні зорі*), періоди змін блиску — у межах 80—100 діб. З. т. М. К. належать до класу пульсуючих змінних зір. Високі світності й великі амплітуди змін блиску дають змогу порівняно легко виявляти їх навіть на значних відстанях. Тому З. т. М. К. становлять більше ніж 20% відомих змінних зір.

Понад 90% З. т. М. К. — зорі спектр. класу М, решта — спектр. класів С і S. Криві блиску З. т. М. К. дуже різноманітні. Тривалість періоду зберігається, проте амплітуда і форма кривої блиску можуть змінюватися від циклу до циклу, причому іноді спостерігають значні зміни навіть у двох послідовних циклах. З. т. М. К. з великими періодами мають нижчі температури і вищі болометричні світності. Цим зорям властивий досить високий темп втрати маси, що досягає значень  $10^{-7}$ — $10^{-6}M_{\odot}$  за рік.

Скинута речовина формує навколо зорі оболонку з газу і пилу, яка поглинає випромінювання зорі й перевипромінює його в ІЧ ділянці спектра.

Проте оболонка є порівняно тонкою в оптичній ділянці спектра, тому саму зорю добре видно (якщо оптична товщина велика, то оболонку зорі, найімовірніше, класифікують як *ОН/ІR зорю*). У деяких З. т. М. К. виявлено мазерне випромінювання молекул ОН, в ін., крім того, ще молекул  $H_2O$  і  $SiO$ . Мазерне випромінювання останніх формується в оболонці на відстані близько  $10^{11}$  км, амплітуда його змінюється, що інтерпретують як наслідок змінності зорі. Відповідно, змінність самої зорі пояснюють періодичним проходженням ударної хвилі в протяжній атмосфері зорі. За еволюційним статусом З. т. М. К. — зорі асимптотичного відгалуження гігантів.

**ЗОРИ ТИПУ  $\Upsilon\Upsilon$  ОРІОНА ( $\Upsilon\Upsilon$  Ori)**, змінні зорі типу  $\Upsilon\Upsilon$  Орiona — група змінних зір типу Т Тельця, у спектрах яких є лінії з оберненим профілем типу Р Лебеда, тобто емісійні лінії мають абсорбційний компонент, зміщений у довгохвильову ділянку спектра.

Для цього компонента типовою є значна нестійкість: однієї ночі лінії водню можуть мати обернені профілі типу Р Лебеда, а ін. — абсорбційна деталь емісійних ліній може зовсім зникнути. Лінії з оберненим профілем типу Р Лебеда свідчать про рух газу до зорі. Вважають, що З. т.  $\Upsilon\Upsilon$  О. — це наймолодші зорі типу Т Тельця, у яких триває акреція.

**ЗОРИ ТИПУ АG ПЕГАСА (AG Peg)** — підклас симбіотичних зір.

**ЗОРИ ТИПУ  $\Upsilon\Upsilon$  СКУЛЬПТОРА ( $\Upsilon\Upsilon$  Scl)** — підклас новоподібних зір.

**ЗОРИ ТИПУ RV ТЕЛЬЦЯ (RV Tau)** — те ж саме, що й змінні зорі типу RV Тельця.

**ЗОРИ ТИПУ Т ТЕЛЬЦЯ ОГОЛЕНІ** — зорі спектральних класів G, K і M, що, як і звичайні змінні зорі типу Т Тельця, перебувають на еволюційній стадії, яка передуює головній послідовності, однак не мають екстремальних емісійних особливостей.

З. т. Т Т. о. виявлено в зонах зореутворення серед зір з рентген. випромінюванням. Критерії належності до З. т. Т Т. о. — лінії поглинання Li I 670.7 нм і сильна емісія H і K Ca II. Дотепер виявлено близько 70% З. т. Т Т. о. На еволюційних треках Герцшпрунга—Рессела діаграми більшість із них розташо-

вані ближче до гол. послідовності, ніж класичні зорі типу T Тельця. Частина З. т. T T. o. розміщена на треках поряд із зорями типу T Тельця.

Загалом класичні й оголені зорі типу T Тельця — це зорі однієї популяції. Вважають, що різницю між ними можна пояснити відмінностями в їхньому оточенні. На інтенсивність емісійного спектра зір цього типу значно впливає міжзоряна речовина, тобто оточення зорі. Занурена в міжзоряну речовину зоря виглядатиме як класична зоря типу T Тельця. Якщо в околі зорі немає міжзоряної речовини (напр., її «вимів» інтенсивний зоряний вітер), то її спостерігатимуть як З. т. T T. o.

Є альтернативна гіпотеза, за якою відмінність між класичними і З. т. T T. o. зумовлена не наявністю чи відсутністю міжзоряної (правильніше, навколорозоряної) речовини, а деякою відмінністю в стані зір. Інтенсивність емісійного спектра залежить від кількості нерадіативної (непроменистої) енергії, що надходить у зовн. шари зорі. Вважають, що ця кількість енергії може змінюватися з часом. Отже, в наш час деякі зорі типу T Тельця перебувають на активній стадії (класичні зорі цього типу), а ін. — на менш активній (оголені зорі).

**ЗОРІ ТИПУ SX ФЕНІКСА (SX Phe)** — пульсуючі змінні зорі сферичної складової або старої складової диска Галактики спектральних класів A2—F5.

На Герцшпрунга—Рессела діаграмі вони розташовані дещо нижче від головної послідовності I типу населення в зоні її перетину зі смугою нестійкості. За багатьма параметрами З. т. SX Ф. близькі до зір типу  $\delta$  Щита. Вони трапляються як серед зір поля, так і в кулястих скупченнях, причому в кулястому скупченні  $\omega$  Центавра блакитні бродяги є З. т. SX Ф.

**ЗОРІ ТИПУ  $\beta$  ЦЕФЕЯ ( $\beta$  Cep)**, зорі типу  $\beta$  Великого Пса — група пульсуючих змінних зір спектрального класу B, блиск яких змінюється з амплітудою до  $0.3^m$  у фільтрі V і з періодом у декілька годин.

Зоря  $\beta$  Цефея була першою з виявлених, а зоря  $\beta$  Великого Пса — першою добре дослідженою змінною зорею цього типу. Зміни блиску цих зір супроводжуються змінами променивих швидкостей з амплітудами до 50 км/с. На відміну

від цефеїд і зір типу RR Ліри, крива блиску у З. т.  $\beta$  Ц. відстає майже на  $90^\circ$  (чверть періоду) від кривої променевої швидкості. Зоря має найбільшу яскравість і макс. температуру при мін. значенні радіуса. У багатьох З. т.  $\beta$  Ц. чітко виявляються декілька періодів.

На Герцшпрунга—Рессела діаграмі З. т.  $\beta$  Ц. розташовані біля і над головною послідовністю, їхні маси становлять  $(10-15) \times M_\odot$ . Очевидно, З. т.  $\beta$  Ц. перебувають у тому місці еволюційного треку, де три еволюційні стадії (кінець горіння водню в ядрі, повторне гравітаційне стискування і початок горіння водню в шарі) швидко змінюють одна одну. У кількох зір спектр. класу B2—B3 IV—VI світності класів виявлено зміни блиску з амплітудою  $0.015-0.025^m$  у фільтрі V і періодами, меншими від 1 год. Ці зорі названо короткоперіодичною групою З. т.  $\beta$  Ц.

**ЗОРІ ТИПУ  $\delta$  ЦЕФЕЯ ( $\delta$  Cep)** — те ж саме, що й цефеїди класичні.

**ЗОРІ ТИПУ  $\delta$  ЩИТА ( $\delta$  Sct)** — численна група пульсуючих змінних зір спектральних класів A0—F5 III—V світності класів, періоди пульсацій яких є в діапазоні 0.01—0.20 доби.

З. т.  $\delta$  Щ. розташовані на Герцшпрунга—Рессела діаграмі в зоні перетину головної послідовності зі смугою нестійкості (див. рис. до ст. Змінні зорі). Крім З. т.  $\delta$  Щ., тут розташовані й ін. пульсуючі зорі, причому їхні пульсаційні періоди мають таке ж значення.

За одним із варіантів класифікації пульсуючих зір цієї частини діаграми Герцшпрунга—Рессела об'єкти, амплітуди зміни візуального блиску яких не перевищують  $0.3^m$ , належать до З. т.  $\delta$  Щ., об'єкти з більшою амплітудою пульсацій утворюють ін. клас змінних зір — цефеїди карликові. (Взагалі кажучи, найбільша амплітуда взята цілком довільно).

Згідно з ін. схемою класифікації, до З. т.  $\delta$  Щ. віднесено пульсуючі зорі плоскої складової Галактики; пульсуючі субкарлики сферичної складової і старої складової диска Галактики виділено в клас зір типу SX Фенікса. У разі такого визначення амплітуди зміни візуального блиску З. т.  $\delta$  Щ. є в діапазоні  $0.003-0.900^m$ , хоча для більшості зір цього типу вони становлять декілька сотих зоряної величини.

Визначальна риса З. т. δ Щ. — нестійкість амплітуди і форми *кривої блиску*, причому в деяких зір змінність епізодично взагалі зникає.

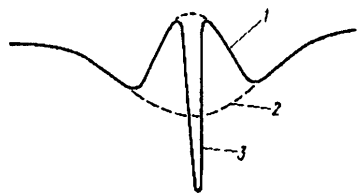
З. т. δ Щ. трапляються як у *розсіяних скупченнях*, так і серед *зір поля*. Вони утворюють другу за кількістю групу пульсуючих змінних зір (після пульсуючих *білих карликів*).

**ЗОРІ ІІІ ТИПУ НАСЕЛЕННЯ** — те ж саме, що й *перші зорі*.

**ЗОРІ Ве**, зорі типу  $\gamma$  Кассіопеї — *зорі спектрального класу В*, у *спектрах* яких хоча б одна *бальмерівська лінія* простежується в емісії.

За гол. параметрами — *масами, світністю*, хім. складом, розподілом енергії у *неперервному спектрі* — між З. Ве і звичайними зорями спектр. класу В суттєвих відмінностей не виявлено. Серед З. Ве немає *надгігантів*, вони належать до V—III *світності класів*.

Важливою особливістю З. Ве є



Профіль лінії в спектрі зорі Ве:

- 1 — емісійна лінія кільця; 2 — фотосферна лінія поглинання; 3 — оболонкова лінія поглинання

спектр. і фотометр. змінність. Очевидно, вони виявляють найбільшу змінність серед усіх зір верхньої частини *головної послідовності*. Спектр. змінність З. Ве виявляється

у зміні профілів та інтенсивностей емісійних бальмерівських ліній аж до їх повного зникнення на деякий час. Змінність *візуального блиску* досягає  $1.5^m$ . Діапазон циклів часів змінності дуже широкий — від часток доби до десятків років. У деяких З. Ве вдалося виділити квазіперіодичну складову змінності блиску з амплітудою до  $0.1^m$  і періодами 0.3—2.0 доби. Якщо в спектр. змінності також вдається виділити періодичні компоненти, то періоди спектр. і фотометр. змінності збігаються.

Усі З. Ве швидко обертаються, спостережувані швидкості обертання більшої частини їх є в діапазоні 200—300 км/с.

Найпоширеніша модель цих об'єктів — зоря, в екваторіальній площині якої розташований шар газу, що має форму

кільця (або диска), в ньому якраз могли б утворюватися емісійні лінії. Проте на найважливіше питання, пов'язане з походженням газового диска, поки що задовільної відповіді немає.

Серед безлічі гіпотез найпопулярніші такі. За однією, утворення газового кільця є наслідком обертання зорі. Однак спостережувані швидкості обертання З. Ве, хоч і близькі до швидкостей відривання, розрахованих для зір гол. послідовності цього спектр. класу, в середньому замалі. Розбіжність можна усунути, якщо припустити, що типова З. Ве перебуває не на гол. послідовності, а вже певною мірою проеволюювала до стадії гіганта. Згідно з ін. гіпотезою, утворення газового диска зумовлене подвійністю З. Ве. У цьому випадку газовий диск уявляють як *акреційний диск*, утворений з речовини, постачальником якої є друга компонента. Така модель потенційно здатна пояснити і підтверджену спостереженнями змінність З. Ве. Подвійність деяких З. Ве справді виявлена. Однак невдалі спроби виявити подвійність деяких добре досліджених З. Ве ставлять під сумнів гіпотезу, що подвійність є універсальним механізмом утворення газових дисків навколо З. Ве.

У деяких З. Ве спостерігають вузькі глибокі лінії поглинання водню і металів, які накладаються на широкі мілкі фотосферні лінії поглинання й емісійні лінії кільця або диска (рис.). Ці лінії називають оболонковими, а зорі, у спектрах яких є такі лінії, — *зорі з оболонками*. Оболонкові лінії, як і лінії кільця, можуть епізодично зникати, причому в деяких зір поява ліній є циклічною, а тривалість циклів досягає десятків і сотень діб. Оболонкові лінії поглинання формуються у порівняно щільному шарі газу, розташованому між диском зорі і спостерігачем. Уважають, що такі оболонкові лінії можуть з'являтися тоді, коли промінь зору близький до площини кільця, де густина газу макс. Гіпотеза про подвійність З. Ве ґрунтується на тому, що оболонкові лінії спостерігають тоді, коли потік газу між компонентами проектується на диск З. Ве. Взагалі кажучи, З. Ве не дуже рідкісні об'єкти. Приблизно у 20% усіх зір спектр. класу В хоча б один раз спостерігали емісійні бальмерівські лінії.

**ЗОРІ Of** — гарячі масивні зорі спектрального класу O, у спектрах яких поряд з лініями поглинання є яскраві широкі емісійні лінії He II ( $\lambda=468.6$  нм) і N III ( $\lambda=463.4, 464.0, 464.2$  нм).

З. Of мають найбільшу яскравість серед усіх зір, їхня світність досягає  $3 \cdot 10^6 L_{\odot}$ , температури — близько 50 000 К. На Герципрунга—Рессела діаграмі З. Of розташовані на верхньому кінці головної послідовності, маси їхні — у діапазоні (60—80) $M_{\odot}$ .

З. Of поділяють на три групи: зорі O((f)), у яких лінії N III в емісії, а лінії He II у поглинанні; зорі O(f), у яких лінії N III в емісії, а ліній He II нема або вони в слабкому поглинанні; З. Of, у яких лінії N III та He II у сильній емісії. Емісійні лінії часто мають профіль типу P Cyg.

Багато З. Of інтенсивно втрачають речовину, темп втрати маси становить близько  $10^{-5}$ — $10^{-6} M_{\odot}$  за рік. Деякі З. Of пов'язані з емісійними туманностями, частина з яких — кільцеві. Окремі З. Of належать до подвійних систем. Відомо близько 100 З. Of.

**ЗОРЯ** — самосвітний косм. об'єкт, у надрах якого ефективно відбуваються (або відбувалися) термоядерні реакції з виділенням енергії.

У З. сконцентрована гол. спостережувана маса речовини галактик (див. Віріальний парадокс). Форма З., за винятком тісних подвійних систем, близька до сферичної. Є як поодинокі, так і кратні зорі (серед них подвійні, потрійні і т.д.). З. об'єднуються в скупчення, галактики. Яскравість З. на небі характеризують зоряною величиною видимою, за якою З. поділяють на яскраві (до  $6^m$ ) і телескопічні. Залежно від температури поверхні З. має той чи ін. колір (блакитна, біла, жовта, червона) і спектр.

Дуже важливим параметром, від якого залежить тривалість існування («життя» З.), світність і кінцева доля З., є її маса (див. Еволюція зір). Маси З. змінюються від 0.05 до  $80 M_{\odot}$ . Значно більше З. відрізняються розмірами (від 10 км для нейтронної зорі до  $10^3 R_{\odot}$  для червоних надгігантів). Ще різочіші відмінності З. у світностях  $L$ : від  $10^{-4} L_{\odot}$  для слабких карликів до  $10^{10} L_{\odot}$

для наднових (протягом короткого часу вибуху). Відстані між З. вимірюють у парсеках або світлових роках.

Залежно від фіз. стану З. поділяють на стаціонарні і нестаціонарні, або змінні зорі. Перші перебувають у стані механічної рівноваги (див. Гравітаційна рівновага), стан ін. може змінюватися протягом короткого часу (див. Змінні зорі). На підставі відомих фіз. законів і за допомогою потужних ЕОМ виконано розрахунки моделей З. — розподілу параметрів (тиску, густини, т-ри) від центра З. до її поверхні. Зокрема, виявлено, що за будовою З. є неоднорідними. У З. головної послідовності, якщо  $M > 1.2 M_{\odot}$ , є конвективне ядро, оточене променистою оболонкою; якщо маса З.  $M < 1.2 M_{\odot}$ , то, навпаки, гол. частина її речовини перебуває у стані променистої рівноваги, однак З. має потужну конвективну оболонку (для Сонця її товщина дорівнює  $1/7 R_{\odot}$ ), відносна товщина якої тим більша, чим меншою є ефективна т-ра З.

Значно складнішою є будова З.-гігантів і надгігантів. За фіз. станом, у якому перебуває гол. маса зоряної речовини, З. поділяють на звичайні, білі карлики, нейтронні З. Перші складаються з речовини в звичному для нас стані, для якої тиск прямо пропорційний до т-ри (відповідно або близько до законів ідеального газу). У білих карликах гравітаційне притягання до центра З. зрівноважується тиском виродженого газу електронів, значення якого не залежить від т-ри. На певних етапах еволюції формуються нейтронні З., рівновагу яких підтримує вироджений нейтронний газ.

За світністю З. поділяються на класи світності, за тривалістю еволюції — на старі й молоді. Тривалість еволюції З. суттєво залежить від її маси. Напр., час перебування З. на гол. послідовності

$$t_{\text{гп}} \approx \frac{10^{10}}{M^3} \text{ років.}$$

З. спектральних класів O, B, A називають ранніми, гарячими; класів F і G — сонячними; K, M — холодними, або пізніми. Спектри, швидкості руху та ін. параметри деяких З. відхиляються від норми — такі З. називають пекулярними зорями. До них належать так звані швидкі З., магнітні зорі (з потужними магнітними полями), металічні зорі



Фіз. параметри типових зір

Зорі	Спектральний клас	Середня густина <sup>3</sup> г/см <sup>3</sup>	Світність	Маса	Радіус
			(в частках світності, маси і радіуса Сонця)		
Надгіганти					
VV Кассіопеї B1		0.001	$2.7 \cdot 10^5$	57	34
А					
ε Візничого F2		0.000002	$9.1 \cdot 10^4$	32	251
Гіганти					
Альдебаран K5		0.00002	90	4	60
Арктур K0		0.0003	100	8	30
Капелла G0		0.002	150	4.2	12
Субгіганти					
WW Дракона G2		0.15	6.3	4.0	2.9
А					
ξ Геркулеса A G0		0.11	4.8	1.4	2.3
Зорі головної послідовності					
β Центавра B1		0.02	3100	25	11
Вега A0		0.1	50	3	2.4
Сіріус A A0		0.4	26	24	1.8
Альтаір A5		0.6	9.2	2	1.4
Проціон F5		1.2	5.4	1.1	1.9
α Центавра A G3		1.1	1.12	1.1	1.0
Сонце G3		1.4	1	1	1
70 Змієносця K0		0.9	0.42	0.9	1.0
А					
61 Лебедя A K7		1.3	0.21	0.5	0.7
Крюгер 60 A M3		9	0.002	0.3	0.3
Субкарлики					
85 Пегаса G3		3.0	0.41	0.65	0.60
ER Оріона A G1		1.9	0.58	0.49	0.63
Білі карлики					
Сіріус B F		27000	0.003	0.96	0.0034
O <sub>2</sub> Еридана B A0		64000	0.003	0.44	0.019

(з сильними лініями металів у спектрах) тощо. Радіозорі мають підвищену порівняно з ін. світність у радіо-, а рентгенівські — у рентген. діапазонах.

Для потреб астрометрії виділяють зенітні З., що проходять через зеніт конкретної обсерваторії, і їх спостерігають спеціальними точними інструментами для вивчення змін широти; екваторіальні; фундаментальні зорі. Останні З. зведено в спеціальні високоточні фундаментальні каталоги. В табл. наведені гол. фіз. параметри типових зір.

**ЗОРЯ-КОКОН** — об'єкт на завершальній стадії еволюції масивних протозір (або на початковій стадії еволюції масивних зір).

**ЗОРЯНА АСТРОНОМІЯ** — розділ астрономії, у якому вивчають будову, походження і розвиток зоряної системи — нашої Галактики.

З'ясовуючи закономірності просторового розподілу і руху об'єктів у Галактиці, взаємозалежність різних їхніх характеристик, а також порівнюючи зоряні населення галактик, З. а. прагне до побудови єдиної теорії походження і розвитку зоряних систем. Вивчення Галактики ускладнене тим, що ми перебуваємо всередині неї, в газопиловому середовищі досить складної будови, яке поглинає світло, рухається разом із Сонцем і, зрештою, можемо досліджувати тільки незначну частину системи. Досліджуючи рух об'єктів у Галактиці, потрібно передусім визначити рух Сонця.

Об'єкти З. а. — це всі об'єкти, що є в Галактиці: зорі, розсіяні скупчення та кулясті скупчення, асоціації зоряні, зоряні комплекси; різноманітні форми дифузної речовини, яка утворює світлі й темні туманності; газові та молекулярні хмари, розсіяний газ, а також випромінювання всіх частот і енергетичні поля.

З. а. поділяють на зоряну статистику, зоряну кінематику і зоряну динаміку. В 20-х рр. ХХ ст. із З. а. виділився особливий розділ астрономії — позагалактична астрономія.

З. а. тісно пов'язана з астрометрією та астрофізикою.

**ЗОРЯНА ВЕЛИЧИНА АБСОЛЮТНА** — міра справжньої світності, тобто енергії, яку небесне тіло випромінює у певному діапазоні хвиль.

За визначенням, З. в. а. — це зоряна величина, що її мало б небесне тіло, віднесене на стандартну відстань 10 пк. На противагу зоряній величині видимій, З. в. а. характеризує власне фіз. особливості небесного тіла. Вона пов'язана із видимою зоряною величиною  $m$  залежністю

$$M = m + 5 - 5 \lg r,$$

де  $r$  — відстань до небесного об'єкта в парсеках (з урахуванням впливу на  $m$  міжзоряного поглинання і червоного зміщення).

Величину  $m - M$  називають модулем відстані й використовують для опису відстані до об'єктів у тих випадках, коли З. в. а. можна визначити незалежним способом, а прямі методи оцінки

відстані неможливі. Залежно від того, в якій системі виражена зоряна величина, розрізняють візуальну, фотографічну, болометричну  $Z$ . в. а. тощо, виділяючи їх нижнім індексом —  $M_V, M_P, M_{bol}$ .

$Z$ . в. а. змінюється від  $-9^m$  для найяскравіших зір до  $+15^m$  для найтемніших об'єктів Всесвіту — коричневих карликів. У  $Z$ . в. а. виражають також блиск нових зір і наднових, загальний блиск галактик і квазарів. Зокрема,  $Z$ . в. а. нових у максимумі блиску досягає  $-7^m$ , наднових  $-21^m$ , галактик  $-22^m$ , квазарів  $-25^m$ .  $Z$ . в. а. Сонця  $+4.8^m$ .

**ЗОРЯНА ВЕЛИЧИНА БОЛОМЕТРИЧНА** — зоряна величина, яка відповідає інтегральній освітленості, зумовленій випромінюванням в усіх довжинах хвиль.

Абсолютна  $Z$ . в. б.  $M_{bol}$  зорі (Галактики) пов'язана з її світністю  $L$  співвідношенням

$$M_{bol} = 4.75^m - 2.5 \lg L / L_{\odot}$$

де  $L_{\odot}$  — світність Сонця.

**ЗОРЯНА ВЕЛИЧИНА ВИДИМА**,  $m$  — виражений у логарифмічній шкалі блиск небесного світила. Поняття  $Z$ . в. в. увів Гіннарх у II ст. до н. е., який найяскравіші зорі назвав зорями 1-ї, найслабкіші — зорями 6-ї величини. Для уточнення, що деяке число є  $Z$ . в. в., біля нього праворуч зверху, як показник степеня, ставлять літеру  $m$  (напр.,  $2^m$ ).

$Z$ . в. в. світила  $m$  пов'язана зі створеною ним освітленістю  $E$  співвідношенням

$$m = C - 2.5 \lg E,$$

де  $C = -13.89^m$  — стала, яка визначає вибір нуля-пункту шкали  $Z$ . в. в. Коefіцієнт перед логарифмом освітленості називають коефіцієнтом Погсона; він визначає крок шкали  $Z$ . в. в. Історично склалося так, що зі збільшенням блиску світил (яскравості) приписували їм  $Z$ . в. в. зменшуються, тому коефіцієнт має від'ємний знак.

**ЗОРЯНА ВЕЛИЧИНА ВІЗУАЛЬНА**

— зоряна величина, визначена в смузі  $V$  фотометр. системи  $UBV$ .

**ЗОРЯНА ВЕЛИЧИНА ОПОЗИЦІЙНА** (для тіл Сонячної системи) — зоряна величина, яку мало б тіло Сонячної системи у протистоянні, коли фазовий кут дорівнює нулю, відстань до Сонця —  $a$  (середня відстань в астрономічних одиницях), відстань до спостерігача  $a-1$ .

**ЗОРЯНА ВЕЛИЧИНА СТАНДАРТНА** (для тіл Сонячної системи) — зоряна величина, яку мало б тіло Сонячної системи (планета, комета, супутник планети, астероїд) у протистоянні з Сонцем, якщо значення фазового кута  $0^\circ$ , а відстань до Сонця і до спостерігача — одна астрономічна одиниця. Позначають  $V(1,0)$ .

**ЗОРЯНА ДИНАМІКА**, динаміка зоряних систем (грец. *δυναμικός* — сильний, від *δύναμις* — сила) — розділ зоряної астрономії, у якому вивчають закономірності руху зір у гравітаційному полі зоряної системи і, як наслідок, еволюцію зоряних систем.

Метод дослідження — поєднання аналітичних методів небесної механіки і статистичної фізики. Об'єкт дослідження — галактики й особливо наша Галактика, кулясті скупчення, розсіяні скупчення, кратні зорі, скупчення галактик. Важливою проблемою  $Z$ . д. з середини ХХ ст. стала релаксація, тісно пов'язана з дослідженням можливих шляхів еволюції зоряних систем від деякого первісного стану до сучасного стану розподілу швидкостей зір.

**ЗОРЯНА КІНЕМАТИКА** (від грец. *κίνημα* (*κίνηματος*) — рух, зміна) — розділ зоряної астрономії, у якому статистичними методами вивчають закономірності руху різних об'єктів нашої Галактики.  $Z$ . к. досліджує рухи зір з урахуванням ефектів, зумовлених обертанням Землі, її рухом навколо Сонця, нутацією, прецесією тощо.

**ЗОРЯНА РЕЧОВИНА** — речовина, з якої складаються зорі.

Зорі першого покоління (див. *Еволюція зір*), що утворювалися через 1 млрд. років після Великого Вибуху, містили за масою 70—75% водню, 30—25% гелію. Такий розподіл елементів сформувався в перші 2 хв після початку розширення Всесвіту. Наявні тепер у Всесвіті, в тому числі й у зорях, важкі елементи є продуктами нуклеосинтезу в надрах зір попередніх поколінь. І хоча вміст важких елементів незначний (1—2% у наш час), вони відіграють важливу роль в еволюції зір, у процесах виникнення й розвитку життя. Зокрема, планети земної групи складаються головню з важких від водню і гелію елементів.

У процесі еволюції Всесвіту співвідношення між Н, He і важкими

елементами безперервно змінюється на користь останніх.

**ЗОРЯНЕ НЕБО** — сукупність зір та ін. небесних об'єктів, які видно вночі на небесній сфері.

Неозброєним оком у безмісячну ніч на небі можна побачити близько 2500 зір до 6-ї зоряної величини видимої, більша частина яких розташована поблизу Молочного Шляху.

За допомогою телескопа зір спостерігають набагато більше (табл. 1).

Таблиця 1

Зоряна величина візуальна	Кількість зір на небі до заданої зоряної величини	Зоряна величина візуальна	Кількість зір на небі до заданої зоряної величини
1	$1.3 \cdot 10^1$	12	$2.3 \cdot 10^6$
2	$4.0 \cdot 10^1$	15	$3.2 \cdot 10^7$
4	$5.0 \cdot 10^2$	17	$1.5 \cdot 10^8$
5	$1.6 \cdot 10^3$	19	$5.5 \cdot 10^8$
6	$4.8 \cdot 10^3$	20	$1.0 \cdot 10^9$
10	$3.5 \cdot 10^5$	21	$2.0 \cdot 10^9$
11	$9.0 \cdot 10^5$		

З. н. розділено на 88 ділянок — сузір'їв, у кожному з яких найяскравіші зорі утворюють ті чи ін. фігури (табл. 2).

Таблиця 2. Назви та позначення сузір'їв

Українська назва	Латинська назва	Позначення	Положення на небі	Площа, кв. гра	Число зір до 6 <sup>m</sup>
Андромеда	Andromeda	And	Пн	722	100
Близнята	Gemini	Gem	Пн	514	70
Велика Ведмедиця	Ursa Major	UMa	Пн	1280	125
Великий Пес	Canis Major	CMa	Пд	380	80
Візничий	Auriga	Aur	Пн	657	90
Вітрила	Vela	Vel	Пд	500	110
Вовк	Lupus	Lup	Пд	334	70
Водолій	Aquarius	Aqr	Пд	980	90
Волопас	Bootes	Boo	Пн	907	90
Волосся Вероніки	Coma Berenices	Com	Пн	386	50
Ворон	Corvus	Crv	Пд	184	15
Геркулес	Hercules	Her	Пн	1225	140
Гідра	Hydra	Hya	Пд	1300	130
Годинник	Horologium	Hor	Пд	249	20
Голуб	Columba	Col	Пд	270	40
Гончі Пси	Canes Venatici	CVn	Пн	465	30

Продовження табл. 2

Дельфін	Delphinus	Del	Пн	189	30
Діва	Virgo	Vir	Ек	1290	95
Дракон	Draco	Dra	Пн	1083	80
Ерідан	Eridanus	Eri	Пд	1138	100
Жертвник	Ara	Ara	Пд	237	30
Живописець	Pictor	Pic	Пд	247	30
Жирав	Camelopardalis	Cam	Пн	757	50
Журавель	Grus	Gru	Пд	366	30
Заєць	Lepus	Lep	Пд	290	40
Змієносець	Ophiuchus	Oph	Ек	948	100
Змія	Serpens	Ser	Ек	637	60
Золота Риба	Dorado	Dor	Пд	179	20
Індіанець	Indus	Ind	Пд	294	20
Кассіопея	Cassiopeia	Cas	Пн	598	90
Кит	Cetus	Cet	Ек	1230	100
Кіль	Carina	Car	Пд	494	110
Козоріг	Capricornus	Cap	Пд	414	50
Компас	Pyxis	Pyx	Пд	221	25
Корма	Puppis	Pup	Пд	673	140
Косинець	Norma	Nor	Пд	165	20
Лебідь	Cygnus	Cyg	Пн	804	150
Лев	Leo	Leo	Пн	947	70
Летюча Риба	Volans	Vol	Пд	141	20
Лисичка	Vulpecula	Vul	Пн	268	45
Ліра	Lyra	Lyr	Пн	286	45
Мала Ведмедиця	Ursa Minor	UMi	Пн	256	20
Малий Кінь	Equuleus	Equ	Пн	72	10
Малий Лев	Leo Minor	LMi	Пн	232	20
Малий Пес	Canis Minor	CMi	Пн	183	20
Мікроскоп	Microscopium	Mic	Пд	210	20
Муха	Musca	Mus	Пд	138	30
Насос	Antlia	Ant	Пд	239	20
Овен	Aries	Ari	Пн	441	50
Одноріг	Monoceros	Mon	Ек	482	50
Октант	Octans	Oct	Пд	291	35
Орел	Aquila	Aql	Ек	652	70
Оріон	Orion	Ori	Ек	594	120
Павич	Pavo	Pav	Пд	378	45
Пегас	Pegasus	Peg	Пн	1121	100
Персей	Perseus	Per	Пн	615	90
Південна Гідра	Hydrus	Hya	Пд	243	20
Південна Корона	Corona Australis	CrA	Пд	128	25
Південна Риба	Piscis Austrinus	PsA	Пд	245	25
Південний Трикутник	Triangulum Australe	TrA	Пд	110	20
Південний Хрест	Cruce	Cru	Пд	68	30
Північна Корона	Corona Borealis	CrB	Пн	179	20
Піч	Fornax	For	Пд	398	35

Закінчення табл. 2

Райський	Apus	Aps	Пд	206	20
Птах					
Рак	Cancer	Cnc	Пн	506	60
Риби	Pisces	Psc	Ек	889	75
Рись	Lynx	Lyn	Пн	545	60
Різець	Caelum	Caе	Пд	125	10
Секстант	Sextans	Sex	Ек	314	25
Сітка	Reticulum	Ret	Пд	114	15
Скорпіон	Scorpius	Sco	Пд	497	100
Скульптор	Sculptor	Scl	Пд	475	30
Столова	Mensa	Men	Пд	153	15
Гора					
Стріла	Sagitta	Sge	Пн	80	20
Стрілець	Sagittarius	Sgr	Пд	877	115
Телескоп	Telescopium	Tel	Пд	252	30
Телець	Taurus	Tau	Пн	797	115
Терези	Libra	Lib	Пд	538	50
Трикутник	Triangulum	Tri	Пн	132	15
Тукан	Tucana	Tuc	Пд	295	25
Фенікс	Phoenix	Phe	Пд	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	Cha	Пд	132	20
Центавр	Centaurus	Cen	Пд	1060	150
Цефей	Cepheus	Cep	Пн	588	60
Циркуль	Circinus	Cir	Пд	93	20
Чаша	Crater	Crt	Пд	282	20
Щит	Scutum	Sct	Ек	109	20
Ящірка	Lacerta	Lac	Пн	201	35

Примітка: Пн — Північна півкуля; Пд — Південна півкуля; Ек — екваторіальний пояс.

Вигляд З. н. безперервно змінюється внаслідок добового обертання небесної сфери, зумовленого *обертанням Землі*, повільна ж зміна його вигляду зумовлена річним переміщенням Сонця по *екліптиці*.

**ЗОРЯНИЙ ВІТЕР** — витікання речовини з поверхні зорі.

Найважливіші характеристики З. в. — його швидкість  $V$  і темп втрати маси зорею  $\dot{M}$  (кількість речовини, втраченої зорею за одиницю часу). Оскільки швидкість руху речовини, що витікає, залежить від відстані до зорі, то для характеристики швидкості вітру використовують розрахункову швидкість на нескінченності  $U_\infty$ . Темпи втрати маси і швидкості вітру різні для зір різних *спектральних класів* і *світності класів*. Найсильнішим З. в. є у *Вольфа—Райє зір* і *зір Of*:  $\dot{M}=(10^5-10^4)M_\odot$  за рік зі швидкістю вітру  $U_\infty=(10^3-4\cdot 10^3)$  км/с.

Є емпіричні залежності темпу втрати речовини і швидкості З. в. від параметрів зір. Зокрема, для вибірки зір в околі Сонця, у яких темп втрати речо-

вини перевищує  $\dot{M}=10^{-8} M_\odot$  за рік, запропоновано емпіричну залежність (С. ван Барен, 1985):

$$\dot{M}=2\cdot 10^{-13}(L/L_\odot)^{1.25}M_\odot \text{ за рік};$$

$$\lg U_\infty=-25.2+16.23\lg T_{\text{еф}}-1.7(\lg T_{\text{еф}})^2,$$

де  $L$  — *світність* зорі;  $T_{\text{еф}}$  — її *ефективна температура*. Однак подібні співвідношення можна використовувати тільки для *наближених оцінок*, оскільки розкид значень  $\dot{M}$  для зір однакової світності досягає двох порядків. Наявність З. в. суттєво впливає на еволюцію *масивних зір*. Дуже помітним є його вплив на *навколишній міжзоряний газ* (див. *Кільцеві туманності*). Детально розробленої теорії З. в. сьогодні нема.

**ЗОРЯНИЙ ГОДИННИК** — годинник, відрегульований за *зоряним часом*.

Порівняно з годинниками, що ними користуються в побуті і які йдуть за *середнім сонячним часом*, З. г. «спішить» на 3 хв 56 с за добу. Використовують під час астр. спостережень.

**ЗОРЯНИЙ МІСЯЦЬ** — те ж саме, що й *сидеричний місяць*.

**ЗОРЯНИЙ РІК** — те ж саме, що й *сидеричний рік*.

**ЗОРЯНИЙ ЧАС** — система лічби часу, в основу якої — *обертання Землі* навколо осі відносно зір.

З. ч. вимірюють за спостереженнями положень зір, що дає змогу визначити годинний кут *точки весняного рівнодення*, який дорівнює *місцевому зоряному часові*.

Одиниця вимірювання З. ч. — *зоряна доба*, яка дорівнює 24 годинам З. ч., або 23 год 56 хв 4.091 с *середнього сонячного часу*.

**ЗОРЯНІ КАРТИ** — карти *зоряного неба* або його частини. Набір З. к. називають *зоряним атласом*. З. к. використовують для ототожнення зір на небі або їхніх зображень на *астрофотографіях* із зорями, описаними в *зоряних каталогах*, для пошуку на небі *планет, комет, змінних зір* тощо. Найчастіше З. к. мають координатну сітку в екваторіальній системі *небесних координат*. Загальні оглядові З. к. виконують у стереографічній проекції окремо для Північної і Південної півкуль. Екваторіальний пояс звичайно зображають у *циліндричних проекціях* (див. рис.).

З відомих З. к. найдавніші належать до XIII ст., до цього користувалися зоряними глобусами.

У зоряному атласі «Уранометрія», створеному 1603 І. Байером, яскраві зорі кожного сузір'я позначені літерами грец. алфавіту; (таке найменування започаткував італієць Пікколоміні 1559). Ці позначення збереглися і до наших днів. Широко відомі зоряні атласи, укладені Я. Гевелієм (1690), Дж. Флемстідом (1729), І. Е. Бодє (1782), Ф. Аргеландером (1843), Е. Хейсом (1872). (Треба мати на увазі, що карти неба деяких із цих атласів складено так, як це небо зображали на глобусах, тобто зображення ділянок неба тут є дзеркальним щодо того, як їх бачить спостерігач з поверхні Землі).

Для астрономії велике значення мали «Атлас північного зоряного неба», виконаний на основі «Боннського огляду»,

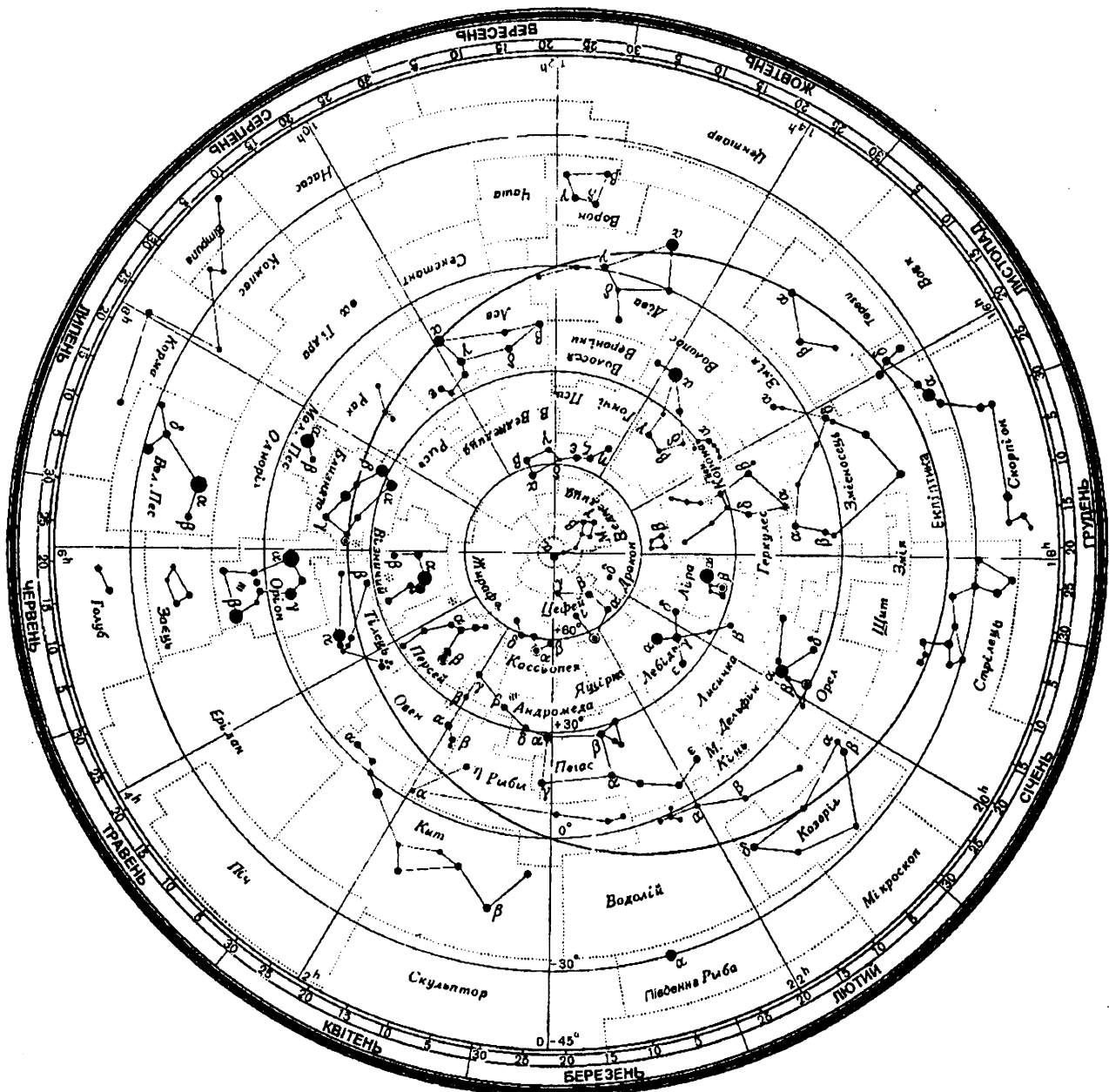
і «Атлас південного неба», зроблений на основі «Кордовського огляду неба».

У 1887 Міжнародний астр. конгрес прийняв рішення про створення фотографічної карти неба. В цій роботі взяли участь астрономи 21 країни, однак вона незавершена.

В 1954—1967 видано Паломарський зоряний атлас. Він містить фотографії зоряного неба в синіх і червоних променях.

У ХХ ст. видані 3. к., що є репродукціями фотографій: карти Лондонського Королівського т-ва, атлас Г. Ференберга та ін.

**ЗОРЯНІ КОМПЛЕКСИ** — великі групи зір високої світності, скупчень і асоціацій зоряних, які утворились з однієї велетенської газопилової хмари.



Карта зоряного неба від Північного полюса до схилення  $-45^\circ$

Уперше З. к. зі спільним походженням виявлено під час вивчення розподілу *цефеїд класичних* у нашій *Галактиці*. Було виявлено ділянки розмірами в декілька сотень *парсеків*, «заселені» класичними *цефеїдами* з близькими періодами, а отже, й однаковим віком.

З. к. — це сплюснуті утвори розмірами від кількисот до тисячі *парсеків*. За періодами класичних *цефеїд* було з'ясовано, що вік деяких відомих З. к. досягає  $10^8$  років, різниця віку їхніх членів становить  $2 \cdot 10^7 - 5 \cdot 10^7$  років. Близько 75% усіх *масивних зір* формуються в З. к.

З. к., у яких багато *О-зір*, *Вольфа—Райє зір* і яскравих *емісійних туманностей*, виділено в окремий клас об'єктів — *надасоціації*. Значна частка світності *надасоціацій* зумовлена світінням *іонізованого водню*, тому їх часто називають *велетенськими зонами Н II*. Це З. к., у яких *зореутворення* відбувається одночасно у всьому об'ємі, в них нема об'єктів, що мають вік понад  $10^7$  років. Велику кількість З. к. виявлено в найближчих *галактиках*. Надгігантські *хмари з масами* ( $10^6 - 10^7$ )  $M_{\odot}$  та сформовані в них З. к. визначають *фундаментальний масштаб зон зореутворення*.

**ЗОРЯНІ СТРУМЕНІ**, джети — витягнуті структури, які складаються з газу, що рухається від центр. джерела.

З. с. — окремий випадок більш загального поняття — *потоків*, до З. с. зачисляють утвори з розхилом до  $10^\circ$ , тоді як *потокам* властиві розхили до  $50^\circ$ . Діапазон масштабів і динамічних характеристик *потоків* надзвичайно великий. На одному його кінці — *позагалактичні струмені* протяжністю до кількисот *парсеків*, *світністю* до  $10^{12} L_{\odot}$  і *релятивістськими швидкостями*, на ін. — *власне З. с.* з відповідними параметрами в 1 *пк*,  $0.1 L_{\odot}$  і  $10^2$  *км/с*.

З. с. поділяють на *струмені* від *нормальних зір* на різних етапах *еволюції зір* (головно від *молодих зір* і *протозір*) та *струмені* від *релятивістських об'єктів*. Детальніша класифікація передбачає

поділ З. с. від *нормальних зір* на *молекулярні потоки* (з меншою мірою *колімованості* й *повільніші*) та *оптичні З. с.* (видимі в *оптичному діапазоні*) (див. табл.).

Джерела *молекулярних потоків*, зазвичай, *занурені* в *щільні газопилові хмари*, за *завісою* яких відбуваються процеси *зореутворення* і *формування З. с.* Унаслідок *великого поглинання* ці джерела *видимі тільки* в *ІЧ діапазоні спектра*. Через *низьку температуру* *хмар* у них можливе *утворення молекул CO, SO, SiO, H<sub>2</sub>CO*, у *лініях* яких спостерігають З. с. Вік *молекулярних потоків* досягає  $10^4$  років, що *набагато менше* від часу *перебування зорі* на *головній послідовності*. Отже, *фаза вузькоспрямованого витікання речовини із зорі*, через яку, за *сучасними теоріями зоряної еволюції*, *проходять усі зорі*, — *майже миттєвість* у її житті. Оскільки *молекулярні потоки* *здатні переносити значну кількість маси й енергії*, вони можуть суттєво впливати на *батьківські хмари* шляхом *регуляції* в них *турбулентності*. Суттєву роль у *формуванні та еволюції молекулярних потоків* повинні *відігравати магнітні поля*: результати *спостережень* свідчать про те, що *багато молекулярних потоків* *спрямовано вздовж силових ліній магнітних полів*.

Деякі джерела *молекулярних потоків* є *водночас і джерелами оптичних З. с.* *Оптичні З. с.* *більш колімовані й гарячіші*. *Детальна фотометрія оптичних З. с.* *виявляє в них велике розмаїття форм і структур*.

Типові значення головних параметрів З. с.

Тип струменя	Розкрив, град	Довжина, <i>пк</i>	Швидкість, <i>км/с</i>	Потік кінетичної енергії, $L_{\odot}$
З. с. Від <i>молодих зір</i> :				
Молекулярні потоки	10–60	0.1–1	10–100	$10^{-3} - 10^3$
Оптичні струмені	2–10	0.01–0.1	100–400	$10^{-3} - 10^{-1}$

Спостерігають *моно- і біполярні З. с.* *Прояви монополярних З. с.* — це *свідчення* або *несприятливих умов спостереження* (*другий струмінь* *спрямований прямо уздовж променя зору* від *спостерігача* і *невидимий унаслідок великого поглинання* в *оболонці джерела*)

або ж нерівномірного розподілу поглинальної речовини в оболонці джерела.

Релятивістські З. с. простежують від симбіотичних зір, де одна з компонент - білий карлик, або ж безпосередньо від вироджених зір — білих карликів, нейтронних зір, чорних дір. Механізм утворення З. с. у цьому випадку очевидний — акреція на компактний об'єкт, проте не кожний з названих вище об'єктів є джерелом З. с. Пояснюють також імпульсний характер «роботи» джерел релятивістських З. с. — зміна відстані між компонентами в подвійній системі зі значним ексцентриситетом суттєво змінює режим акреції на компактний об'єкт. Унікальність спектра об'єкта SS 433 зумовлена наявністю в системі біполярних З. с., швидкість руху речовини в яких досягає 80 000 км/с при  $T$  до  $10^4$  К.

За сучасними уявленнями, гол. механізм утворення З. с. — акреція речовини на невироджений (молекулярні потоки, оптичні З. с.) або ж на вироджений об'єкт (релятивістські З. с.). За-

гальноприйнятної теорії утворення З. с. ще немає, оскільки не існує прямих методів дослідження джерел З. с., захищених у товщі поглинальної речовини.

**ЗОРЯНИ ЧЕРПКИ ГЕРШЕЛЯ** — метод вивчення концентрації зір у нашій Галактиці за допомогою підрахунку кількості зір до певної зоряної величини видимої  $m$  на окремих ділянках небесної сфери.

Започаткований В. Гершелем наприкінці XVIII ст. під час дослідження розподілу зір у різних ділянках неба. Учений виявив фундаментальний факт — збільшення кількості зір з наближенням до Молочного Шляху. Це явище Гершель інтерпретував як наслідок сплюсненості нашої зоряної системи.

**ЗТШ** — див. *Шайна телескоп*.

**Z-ЧЛЕН**, член Кімури — доданок, яким враховують зміни в широті місця спостереження, не пов'язані зі зміною положення полюса на поверхні Землі. Вперше введений япон. астрономом Х. Кімурою (1870—1943). Природа згаданих змін не з'ясована.