

В

ВАКАРЧУК Іван Олександрович (нар. 1947) — укр. фізик-теоретик, професор Львівського ун-ту. З 1984 завідувач кафедри теор. фізики, з 1990 — ректор цього ун-ту. Ініціатор створення кафедри астрофізики в цьому навчальному закладі.

Наук. праці стосуються теорії бозе-систем, квантових рідин та теорії перенесення випромінювання у зоряних атмосферах.

ВАН АЛЛЕН Джеймс Альфред, Van Allen J. A. (нар. 1914) — амер. фізик і астрофізик, член Нац. АН США. З 1951 — професор фізики, завідувач кафедри фізики та астрономії ун-ту штату Айова.

Гол. наук. праці присвячені дослідженню косм. променів, верхньої атмосфери і магнітосфери Землі та ін. планет Сонячної системи. Один із піонерів започаткування досліджень на висотних ракетах, ШСЗ та косм. кораблях. У 1958 виявив заряджені частинки високих енергій, що утворюють пояси радіації навколо Землі. Наук. консультант з питань вивчення Сонячної системи в НАСА.

ВАН АЛЛЕНА і ВЕРНОВА ПОЯСИ — радіаційні пояси Землі, відкриті 1958 першими штучними супутниками Землі (див. *Радіаційні пояси*).

ВАН ДЕН БЕРГА КЛАСИФІКАЦІЯ, DDO-класифікація (від перших літер назви астр. обсерваторії — David Dunlap Observatory [див. *Дейвід Данлап обсерваторія*]) — морфологічна класифікація галактик.

Поділ галактик на типи за морфологічними ознаками не відрізняється від *Хаббла класифікації*. Відмінна риса В. д. б. к. — поділ галактик *спіральних* на п'ять *світності класів*. За аналогією із *зорями*, галактики найбільшої світності віднесено до I класу, слабкі

спіральні — до V класу. В. д. б. к. поки що не набула широкого вжитку.

ВАРІАЦІЯ СТАЛИХ — метод у *небесній механіці*, запропонований Ж. Лагранжем 1772 для вирішення складніших проблем шляхом варіювання сталих в аналогічних, однак простіших проблемах.

ВАРІАЦІЇ ШИРОТИ, коливання широти — невеликі зміни *широти* місця спостереження, які спричинює коливання *лінії виска* внаслідок руху полюсів Землі та ін. геодинамічних явищ глобального й місцевого характеру.

Уперше В. ш. виявив швед. астроном М. О. Нюрен 1873, теор. їх передбачив Л. Ейлер на початку XVIII ст.

ВЕГА — зоря α Ліри (0.04^m), білого кольору зоря *головної послідовності*. За хім. складом *атмосфери* подібна до Сонця. В. часто використовують як стандарт для порівняння гол. характеристик зір. Зі спостережень в ІЧ діапазоні навколо В. виявлено кільце твердих тіл.

«ВЕГА» — багатоцільова міжнародна косм. програма — «Венера—комета Галлея», у якій поєднано дві наук. експедиції, послані з метою дослідження *Венери і Галлея комети*.

Дослідження проводили за допомогою двох автоматичних міжпланетних станцій (АМС) з однойменною назвою «В.», які стартували з космодрому «Байконур» 15 і 21 грудня 1984. Поблизу Венери АМС «В.-1» і «В.-2» пройшли в червні 1985, висадивши на її поверхню спускні апарати і вперше викинувши в *атмосферу* ін. планети аеростати.

У березні 1986 АМС пройшли поблизу комети Галлея. Було одержано зображення ядра комети за допомогою телевізійної системи, уточнено хім. склад газу та пилу в *комі* і поблизу ядра, вивчено взаємодію *сонячного вітру* з ко-

метною плазмою тощо. У створенні наук. приладів і систем, що забезпечували їхню роботу, брали участь учені дев'яти країн: СРСР, Австрії, Болгарії, НДР, Польщі, Угорщини, Франції, ФРН, Чехословаччини.

ВЕДЕНА ПІВКУЛЯ — півкуля, протилежна до напрямку руху супутника.

ВЕДУЧА ПІВКУЛЯ — півкуля, яка є передньою щодо напрямку руху супутника.

ВЕКТОРНА АСТРОМЕТРІЯ — викладення питань *астрометрії* за допомогою понятійного апарату векторної і матричної алгебри, на відміну від традиційного використання апарату сферичної тригонометрії.

В. а. збільшує точність обчислень. Термін «В. а.» почали широко використовувати після видання 1983 у Великобританії книги К. Е. Маррея «Векторна астрометрія» (рос. переклад: К., Наук. думка, 1986).

«ВЕЛА» («Vela») — серія штучних супутників Землі, запущених у США для контролю за ядерними вибухами. Всього було запущено чотири ШСЗ, які оберталися на коловій орбіті радіусом 120 000 км. Побічним (і головним) результатом роботи супутників було відкриття сплесків гамма-випромінювання (результати опубліковані у 1973).

ВЕЛЕТЕНСЬКІ ГРАТКИ — великомасштабні структури, які відображають явище *конвекції* на Сонці в значно більшому масштабі, ніж *супергрануляція*. Розміри близько 300 тис. км, час існування досягає 14 місяців, швидкість руху речовини становить $0.03\text{—}0.10\text{ км}\cdot\text{с}^{-1}$. Уважають, що розподіл активних зон та слабких магнітних полів на сонячній поверхні визначає система В. г. (див. *Грануляція фотосферна*).

ВЕЛЕТЕНСЬКІ МОЛЕКУЛЯРНІ ХМАРИ — масивні холодні хмари міжзоряного газу, у яких водень перебуває в молекулярному стані. Звичайно до В. м. х. належать *молекулярні хмари* з масами понад $10^5 M_{\odot}$. Розміри типових В. м. х. становлять декілька десятків парсеків. Вони мають досить складну, ієрархічну внутр. структуру. Гол. об'єм В. м. х. заповнений молекулярним газом з концентрацією близько 300 см^{-3} . У цей газ занурені щільніші фрагменти з концентрацією молекул

близько $5\cdot 10\text{ см}^{-3}$ і поперечниками до кількох парсеків. Відповідно, у цих фрагментах є ще густіші конденсації з розмірами близько 1 пк, а всередині них іноді виділяються окремі згустки з поперечниками в частки парсека і концентрацією молекул до $10^4\text{—}10^5\text{ см}^{-3}$.

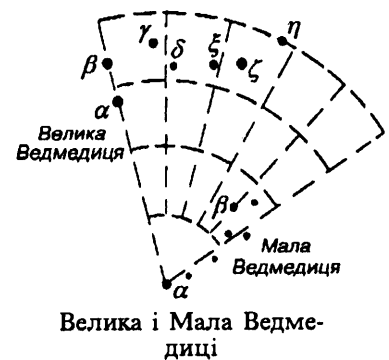
В. м. х. — гравітаційно пов'язані об'єкти: від *гравітаційного колапсу* їх утримує турбулентний тиск. Зовні В. м. х. оточені оболонками атомарного водню.

У нашій *Галактиці* відомо близько 5 тис. В. м. х., у них міститься 80—90% молекулярного газу Галактики. В. м. х. мають досить своєрідний просторовий розподіл. Гол. частина їх зосереджена в двох місцях: у кільцеподібній зоні галактичного диска, внутр. радіус якої становить 4 кпк, а зовн. — 8 кпк, і в центр. зоні Галактики з радіусом до 1 кпк (див. рисунок до *Міжзоряний газ*).

Особливу увагу В. м. х. привертають до себе тому, що вони є осередками *зореутворення*.

ВЕЛИКА ВЕДМЕДИЦЯ — сузір'я Північної півкулі неба. Сім яскравих зір В. В. утворюють фігуру, яка нагадує ківш (народна назва — Великий Віз): α — Дубхе, 1.79^m ; β — Мерак, 2.35^m ; γ — Фекда, 2.41^m ; δ — Мегрез, 3.27^m ; ϵ — Аліот, 1.77^m ; η — Алькайд (Бенетнаш), 1.83^m ; ζ — Мізар, 2.07^m .

Поряд з Мізаром видно слабкішу зорю g — Алькор, 3.95^m , цю пару часто використовують для перевірки гостроти зору (кутова відстань між цими зорями становить $14.8''$). З території України сузір'я видно ціло річно.



Велика і Мала Ведмедіці

ВЕЛИКА ВЕРЕСНЕВА 1882 П КОМЕТА — довгоперіодична комета, що належить до *Крейца сім'ї комет*.

Помічена на південному небі моряками італ. корабля 1 вересня 1882, 3 вересня комету бачили в Окленді, а вранці 12 вересня — у Ріо-де-Жанейро. В Австралії комету зауважили моряки 7 вересня, а з 8 вересня її спостерігали всюди. Під час проходження через *перу-*

гелій 17 вересня 1882 вона досягла високої яскравості, була в 60 разів яскравіша, ніж Місяць у повню, і її спостерігали вдень. Неозброєним оком її було видно до початку березня 1883.

Елементи орбіти: $q=0.008$ а.о., $Q=163$ а.о., $i=142^\circ$, період обертання 736 років. Довжина хвоста комети сягала 6 а.о. Комета пролетіла через сонячну корону на відстані $0.65R_\odot$ (450 000 км) від видимого краю Сонця. Розпалась на п'ять окремих комет.

ВЕЛИКА ПІВВІСЬ (еліптичної орбіти) — величина, яка дорівнює половині великої осі еліпса та визначає геом. розміри орбіти небесного тіла.

ВЕЛИКА ПІВДЕННА 1887 І КОМЕТА — комета, що мала найменшу перигелійну відстань $q=0.0048$ а.о. Випарувалась після пролітання через сонячну фотосферу.

ВЕЛИКА ЧЕРВОНА ПЛЯМА — тривала морфологічна структура у вигляді овалу в Південній тропічній зоні (помірні широти) атмосфери Юпітера.

Сьогодні довжина і ширина В. ч. п. становлять відповідно 26 200 та 13 800 км. Зовн. край В. ч. п. має насичений червоно-коричневий колір, у середині є яскрава пляма. Колір та інтенсивність з часом змінюються. Температура В. ч. п. нижча від трьох навколишнього середовища. Переміщення В. ч. п. по довготі повільне: за 100 років спостережень вона тільки тричі обійшла планету. Вважають, що це метеорологічне явище — вільний стійкий вихор в атмосфері антициклонічного типу. В. ч. п. спостерігають уже протягом 300 років. Підраховано, що час існування В. ч. п. близько 10^5 років.

ВЕЛИКЕ КОЛО (небесної сфери) — коло, яке утворюється внаслідок перерізу небесної сфери з площиною, що проходить через центр сфери.

ВЕЛИКЕ ОБ'ЄДНАННЯ ВЗАЄМОДІЙ — фіз. теорії, у яких учені намагаються пов'язати, об'єднати в одній три взаємодії — сильну, слабку та електромагнітну. Гол. ідея полягає в уявленні про те, що ці три взаємодії є проявами однієї й тієї самої фундаментальної взаємодії. Першим кроком на цьому шляху було об'єднання електромагнітної і слабкої взаємодій в електрослабку. Підтвердженням теорії електрослабкої взаємодії було відкриття 1983 передба-

чених теорією W- і Z-бозонів. У межах сучасних уявлень усі взаємодії відбуваються через обмін частинками, які переносять взаємодію. У разі електромагнітних сил це фотони, слабких — проміжні W- і Z-бозони, сильних — глюони (ще один вид проміжних бозонів). При енергіях частинок 10^{14} GeV відмінність між трьома взаємодіями зникає, за цих умов їх описують одні й ті ж сталі. Це і є теорії В. о. в. Тепер обговорюють моделі супергравітації — об'єднання чотирьох взаємодій (включаючи гравітаційну).

ВЕЛИКИЙ АНІГІЛЯТОР — джерело гамма- і рентген. випромінювання з енергією фотонів 511 кеВ, що розташоване на відстані 120 пк від центра нашої Галактики.

Гамма-фотони такої енергії утворюються внаслідок анігіляції електронів і позитронів. Уважають, що В. а. — чорна діра з масою $3M_\odot$, занурена в густу молекулярну хмару з масою $\sim 10^5 M_\odot$ і густиною 10^3 — 10^4 атомів/см³. Попередні обчислення свідчать, що дія чорної діри на молекулярну хмару може призвести до генерації позитронів у кількості, достатній для спостережуваного потоку гамма-випромінювання.

ВЕЛИКИЙ ВИБУХ (англ. Big Bang) — термін, за допомогою якого об'єднано сучасні уявлення про початкові стадії розвитку Всесвіту, що пояснюють його еволюцію і властивості.

Гол. аргументи на користь концепції В. В., або *Гарячого Всесвіту*: розширення Всесвіту у наш час, наявність реліктового радіовипромінювання, співвідношення вмісту водню і гелію у Всесвіті, порівняно велика кількість дейтерію тощо. Деякий час вважали, що Всесвіт почав розширюватися від стану сингулярності, коли температура була дуже високою, а густина і тиск мали нескінченно великі значення. Такий стан повинні описувати ще невідомі нам закони фізики, де всі взаємодії об'єднані (див. *Велике об'єднання взаємодій*). Відомі нам фіз. закони почали діяти, коли внаслідок вибухоподібного розширення густина зменшилася до 10^{93} г·см⁻³, що мало статися через 10^{-43} с після початку вибуху. Цей етап розвитку від початку до планківського часу (див. *Планківські одиниці*) 10^{-43} с названо допланківською ерою.

Далі, за класичною схемою В. В., до 10^{-4} с тривала адронна ера, протягом якої гол. роль відігравало *випромінювання*, важкі частинки розпадалися і взаємно перетворювалися. З розширенням Всесвіту т-ра, тиск і густина в ньому зменшувалися, і наприкінці адронної ери відбулася анігіляція нуклонів (протонів і нейтронів) з антинуклонами. Тоді саме й сформувалася певна асиметрія між частинками й античастинками: порівняно незначна кількість частинок (відносне число 10^{-9}) залишилася, оскільки як частинки, так і античастинки, які відповідають їм (а це були важкі бозони), розпадалися двома різними каналами (різними схемами) внаслідок подальшої анігіляції, і залишилася певна кількість того, що зветься речовиною.

Починаючи з 10^{-4} с (лептонна ера), важливу роль відігравали легкі частинки — мюони, електрони і позитрони, а закінчилася ця ера взаємною їх анігіляцією зі збереженням деякої кількості електронів. У момент 0.2 с від початку розширення ефективна взаємодія *нейтрино* з речовиною припинилася, Всесвіт став прозорим для нейтрино, які вже не залежали від речовини, «відривалися» від неї. Ці реліктові нейтрино, можливо, згодом вдасться зареєструвати.

З моменту $t=10$ с почалася ера випромінювання, яке активно взаємодіяло з речовиною і кількість квантів якого набагато (у 10^9 разів) перевищувала кількість частинок. Це співвідношення зберігається дотепер. Відбувся також

синтез гол. частини наявного у Всесвіті гелію. Наприкінці ери випромінювання плазма перейшла від іонізованого до нейтрального стану: електрони рекомбінували з ядрами водню (протонами) і гелію (альфа-частинками). Це — епоха рекомбінації. Завдяки розширенню Всесвіту енергія квантів стала недостатньою для іонізації атомів, поглинання квантів вже не відбувалося, і Всесвіт став прозорим для *електромагнітного випромінювання*. Існування цього реліктового випромінювання доведено 1965, коли його зареєстрували.

З моменту 1 млн років розпочалася ера речовини, яка триває й тепер; протягом цієї ери сформувалися *галактики* і *зорі*. Параметри в гол. моменти цієї стандартної моделі гарячого Всесвіту, яку запропонував Дж. Гамов 1947, наведено в табл.

Орієнтовно з 1980 замість уявлення про вихід Всесвіту із сингулярного стану розглядають інфляційну стадію розвитку Всесвіту (див. *Інфляційного Всесвіту модель*). У цьому випадку вважають, що «спочатку» виник замкнений Всесвіт радіусом близько планківської довжини (10^{-33} см), заповнений речовиною і полями, густина яких мала планківське значення 10^{93} г·см⁻³ (або в одиницях енергії 10^{107} Дж·см⁻³). Тут же до моменту близько 10^{-32} с Всесвіт «роздувався», і його розміри зростали (за однією з моделей) у $10^{100\,000\,000}$ разів. Найважливіша ознака цієї стадії — тиск мав від'ємне значення, завдяки чому концентрація енергії підтримувалася на зга-

Стандартна модель гарячого Всесвіту

Ери	Процеси, епохи	Температура, К	Густина, г/см ³	Час від початку, с
Допланківська	?	10^{32}	10^{94}	до 10^{-43}
Адронна	Початок ери	10^{28}	10^{78}	10^{-43}
	Виникнення асиметрії	10^{12}	10^{16}	10^{-35}
	Анігіляція нуклонів	10^{12}	10^{14}	10^{-5}
Лептонна	Початок ери	10^{11}	10^{12}	10^{-4}
	Анігіляція мезонів	$3 \cdot 10^{11}$	10^{12}	10^{-3}
	Відокремлення нейтрино	$2 \cdot 10^{10}$	10^7	0.2
Ера випромінювання	Анігіляція електронів і протонів	10^{10}	10^4	10
	Синтез первинного гелію	10^9	10^2	10^2
Ера речовини	Реліктове випромінювання	$4 \cdot 10^3$	10^{-21}	10^6 років
	Утворення зір і галактик	30	10^{-27}	10^9 років
	Сучасна епоха	2.7	10^{-30}	$1.5 \cdot 10^{10}$ років

даному рівні, незважаючи на те, що відстані між двома взятими точками Всесвіту збільшувалися за експоненціальним законом (таке розширення й названо інфляцією). Далі відбувся перехід на модель розширеного Всесвіту, в якому перебіг фіз. процесів такий, як описано вище.

Останніми роками ХХІ ст. стало очевидним, що картина В.В. є значно складнішою. Передусім, завдяки спостереженням наднових, виявлених у декількох десятках найдетальніших галактик, зроблено висновок, що Всесвіт розширюється, прискорюючись. Тому поряд з уявленням про «темну матерію» (екзотичні частинки, що не взаємодіють зі світлом), без наявності якої неможливо пояснити вже досліджену структуру Всесвіту, введено поняття «темної енергії», що виявляється у створенні антигравітаційних, відштовхувальних тенденцій. Зокрема, з'ясовують можливу роль відмінної від нуля космологічної сталої Λ , розробляється ідея квінтесенції (сучасний варіант аристотелівської «п'ятої сутності») — своєрідного динамічного квантового поля, здатного створювати згадане вище відштовхування. Однак «стандартна модель» В.В., яка описує фазу розширення, і надалі прийнятна.

ВЕЛИКИЙ ПЕС — сузір'я Південної півкулі неба. Найяскравіші зорі: α — Сіріус (Канікула), -1.46^m ; δ — Везен, 1.80^m ; ϵ — Адара, 1.48^m ; β — Мірзам, 1.97^m ; η — Алудра, 2.44^m . У В. П. є також яскраве розсіяне зоряне скупчення М 41, 5.1^m .

Найліпші умови видимості ввечері — у грудні—січні.

ВЕЛИКИЙ ПРОВАЛ — темна смуга в Молочному Шляху між Лебедем і Стрільцем, що зумовлена наявністю у цьому напрямі великих темних хмар, які концентруються до площини Галактики та екранують світло дальших зір.

Відстань до цього комплексу газопилових хмар близько 100 пк.

ВЕЛИКИЙ ТЕЛЕСКОП АЛЬТАЗИМУТАЛЬНИЙ — те ж саме, що й БТА.

ВЕЛИКОМАСШТАБНА СТРУКТУРА ВСЕСВІТУ — термін, який використовують під час обговорення розподілу галактик та їхніх скупчень у просторі.

Якщо в досяжному для спостережень Всесвіті виділити сфери з радіусом 100 Мпк, то кількість речовини в них буде приблизно однаковою. У цьому розумінні можна говорити про *однорідність Всесвіту*. Однак у разі переходу до менших масштабів виявляють, що речовина розподілена нерівномірно. Галактики утворюють скупчення, розміри яких у середньому становлять 3 Мпк. Скупчення входять до складу *надскупчень* — утворів розмірами 50—150 Мпк. Ці плоскі надскупчення утворюють грані та ребра так званої *комірчастої структури Всесвіту*, що її можна певною мірою порівняти з порожніми бджолиними стільниками. Простір між гранями такої структури, де матерії значно менше, називають *порожнинами, або воїдами*. Їх зафіксовано спостереженнями. Ці особливості розподілу мас зумовлені ще не з'ясованими до кінця процесами, що відбуваються на початкових стадіях еволюції Всесвіту (див. *Великий Вибух*).

Утворення неоднорідностей описують вихрова, ентропійна та адіабатична теорії. В адіабатичній теорії вважають, що таких малих збурень густини на початкових стадіях зазнавало і *випромінювання* (у процесі еволюції неоднорідності підсилювалися), в ентропійній — тільки плазма. Відмінності в теоріях стають помітними лише для післярекомбінаційної ери. В ентропійній теорії неоднорідності зростають від малих мас ($10^5 M_{\odot}$) до галактик та їхніх скупчень, в адіабатичній — навпаки: від велетенських масштабів неоднорідностей ($10^{13}—10^{15} M_{\odot}$), що потім розділилися (фрагментувалися) на менші за масами і розмірами. Справедливість тієї чи ін. теорії можна з'ясувати, вивчаючи скупчення і надскупчення галактик, усі ланки еволюції від початку Великого Вибуху. Адіабатична теорія (Я. Б. Зельдович) веде до утворень типу «млинців» (див. *Космічних млинців теорія*), що в гол. рисах підтверджують відкриття комірчастої структури Всесвіту, якщо її грані ототожнити з «млинцями». Ця теорія передбачає, що в проміжках між «млинцями» не повинні бути ані галактики, ані зорі, ані важкі елементи, бо в цих ділянках простору ніколи не виникали щільні об'єкти (фіз. умови не сприяли утворенню галактик за помірно

низької щільності речовини). На противагу адіабатичній, з ентропійної теорії випливає, що хім. чистого простору, тобто ділянок, де нема елементів, важчих від гелію, у Всесвіті не існує, як і простору, вільного від зір та галактик. Проте спостереження велетенських «чорних» ділянок простору, вільних від будь-яких ознак наявності косм. речовини, свідчить на користь адіабатичної теорії (теорії фрагментації) утворення великомасштабної структури Всесвіту.

ВЕНЕРА — друга від Сонця планета Сонячної системи. В. називають вечірньою та ранковою зорею, стародавні греки називали її Гесперос і Фосфорос. Це найяскравіший об'єкт на небі після Сонця і Місяця. Близькість до Сонця заважає тривалим спостереженням В. Її можна бачити тільки ввечері на південному заході або вранці на південному сході. Як і Місяць, В. змінює свою форму від тонкого серпа до майже повністю освітленого диска.

Середня відстань від Сонця 0.7233 астрономічної одиниці (108.2 млн. км), ексцентриситет орбіти $e=0.0068$, нахил орбіти до площини екліптики $3^{\circ}23.65'$, нахил площини екватора до площини орбіти 2.6° . Середня швидкість руху по орбіті $34.99 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Сидеричний період обертання 224.7 доби, синодичний період обертання 583.92 доби. Найменша відстань до Землі 38 млн. км, найбільша — 261 млн. км. Середній екваторіальний радіус поверхні становить 6051.5 км, маса $4.87 \cdot 10^{24}$ кг, середня густина $5240 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, прискорення вільного падіння на екваторі $8.76 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$. Перша космічна швидкість $6.2 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, друга — $10.2 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Фігура В. майже не відрізняється від кулі, центр маси зміщений щодо геом. центра на 1.5 км.

Період обертання В. навколо своєї осі визначено за допомогою радіолокаційних вимірювань у 1964—1970. Планета має зворотний (ретроградний) напрям обертання з сидеричним періодом 243.01 доби. Вісь обертання майже перпендикулярна до площини орбіти. Тривалість сонячної доби на В. 116.8 земних діб, тобто за один венеріанський рік схід та захід Сонця на планеті відбувається тільки двічі. Напруженість власного магнітного поля В. не перевищує $5 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot \text{м}^{-1}$ ($6 \cdot 10^{-5} \text{ Е}$). Планета оточена густою атмосферою та хмарами.

Атмосферу В. відкрив М. В. Ломоносов під час проходження В. по диску Сонця 26 травня (6 червня) 1761. Радіус зовн. межі шару хмар (видимий радіус планети) 6120 км. Зоряна величина візуальна в опозицію $V_0=3.81^m$, зоряна величина стандартна $V(1,0)=4.34^m$. Показники кольору: $U-V=0.5^m$, $B-V=0.79^m$. Альbedo геом. 0.6, інтегральне 0.8. Ефективна температура планети 228 К. Яскравісна температура близька до ефективної і стосується верхньої межі хмар. Сонячна стала $260 \text{ кВт} / \text{м}^2$. Освітленість на поверхні планети 10 клк.

З огляду на наявність у В. дуже густої атмосфери її поверхня недосяжна для оптичних спостережень з Землі. Найбільший внесок у вивчення В. зробили польоти космічних апаратів «Венера-1», «Вега», «Марінер-2, -5, -10», «Піонер-Венера», радіоастр. та радіолокаційні дослідження, що дало змогу побудувати детальну карту 1/4 частини її поверхні з роздільною здатністю 1—2 км та скласти певні уявлення про її морфологію і тектоніку. Поверхня В. головно рівнинна (близько 90%), відносні перепади висот не перевищують 1—2 км, окремі підвищення сягають висоти 12 км (Земля Іштар з горою Максвелла в північній півкулі і Земля Афродити біля екватора — найбільші висоти). Центр. кратери і цирки з великими розмірами не глибші 2.5 км.

У північній півкулі В. виділяють чотири гол. види структур: вулканічні утвори — широкі базальтові рівнини; вулканотектонічні утвори — куполоподібні підвищення та кільцеві структури; тектонічні дислокації — витягнуті хребти та широкі долини з діагональним й ортогональним рисунком, петельними і дугоподібними структурами; ударні кратери. Тектонічні процеси на В., на відміну від глобальної тектоніки літосферних плит на Землі, ймовірно, мають локальніший характер. У цілому поверхню В. можна назвати гарячою сухою пустелею. Відносна діелектрична проникність ґрунту близько 4.8. За вмістом природних радіоактивних елементів (U, Th, ^{40}K) визначено, що поверхня В. складається з вивержених порід, подібних до земних базальтів, а це свідчить про поділ речовини В. на оболонки — кору, мантію, ядро.

Гол. складові атмосфери В.: CO_2 (близько 97%), N_2 (близько 3%). Невелика кількість H_2O , SO_2 , H_2S , CO , HCl , HF , кисню менше $3 \cdot 10^{-3}\%$; вміст води змінюється від 0.01% на поверхні до 0.1% на висоті хмар. Сполуки сірки з водою сприяють утворенню хмар, які головню і складаються з краплинок 80% сірчаної кислоти. Відношення ізотопів аргону $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ у 300 разів більше, ніж у земній атмосфері.

Т-ра атмосфери біля поверхні В. становить 740 К, тиск 9.5 МПа, густина в 70 разів більша від земної. Біля полюсів В. т-ра на 5—10 К вища, ніж на екваторі. Добові коливання т-ри біля поверхні — 1° , а на висоті 50—80 км сягають 20° . Висока т-ра біля поверхні В. зумовлена парниковим ефектом. Важливу роль у тепловому режимі тут відіграє також великомасштабна аеродинаміка. Швидкість вітру біля поверхні планети дуже мала — $0.5\text{—}1.0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а на висоті >50 км — до $70\text{—}120 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, що збігається зі швидкістю пересування хмар, які спостерігають в УФ частині спектра. Хмари на В. не дуже густі —

видимість у них близько 1 км. Вони мають складну багатоконцентну структуру: верхній (65—58 км), середній (58—52 км) та нижній (52—48 км) шари, які відрізняються складом та розміром частинок до кінця не з'ясована. Найімовірніше, це краплі концентрованої сірчаної кислоти розмірами 2—3 мкм, а більші — кристалічні. Вертикальна структура атмосфери В. показана на



Вертикальна структура атмосфери Венери (висота z над поверхнею планети пов'язана зі шкалою тиску P , що наведена в логарифмічному масштабі)

рис. Т-рний градієнт у стратомезосфері становить 3.5 град/км і близько нуля в мезопаузі (90—100 км). Вище цього рівня на денному боці є термосфера, де за рахунок прямого поглинання УФ та рентген. радіації т-ра підвищується до 300 К (екзосферна т-ра), а на нічному боці — кріосфера з т-рою 100 К. Іоносфера В. менш густа, ніж земна. Денна іоносфера переважно утворена іонами O_2^+ , CO_2^+ , O^+ (концентрація $5 \times 10^5 \text{ см}^{-3}$ на висоті 140 км) і під дією сонячного вітру «притиснута» до планети. З нічного боку іоносфера простягається до висоти ~ 3000 км з середньою концентрацією електронів $500\text{—}1000 \text{ см}^{-3}$, гол. іон — O^+ . Косм. апарати «Піонер-Венера» та «Венера-11-14» зареєстрували спалахи інтенсивності низькочастотного електричного поля, що може свідчити про сильну грозову діяльність. Концентрація цих сигналів над гористою місцевістю дає змогу припустити наявність діючих вулканів. Хоча є й альтернативна думка, що ці коливання виникають в іоносфері і не пов'язані з явищами в атмосфері та на поверхні планети.

«ВЕНЕРА» — назва космічних апаратів (КА), які запускали до Венери з 1961 (СРСР).

Перші прямі вимірювання в атмосфері планети проведені КА «В.-4» (1967). «В.-5» і «В.-6» (1969) глибше прозондували венеріанську атмосферу, що дало змогу уточнити її фіз.-хім. характеристики і створити модель атмосфери. КА «В.-7» (1970) зробив першу м'яку посадку на нічному боці планети і передав інформацію з її поверхні. В експерименті на «В.-8» (1972), яка опустилася на освітлений Сонцем бік, уперше було вирішено проблему дослідження венеріанського ґрунту в зоні посадки. За допомогою «В.-9» і «В.-10» (1975) одержано перші телевізійні зображення поверхні, на орбіти виведені перші штучні супутники Венери, проведено широкомасштабні комплексні дослідження планети. Завдяки запуску КА «В.-11», «В.-12» (1978), «В.-13», «В.-14» (1981) детально вивчено хім. склад атмосфери планети. В 1983 було виведено на орбіти навколо Венери КА «В.-15» і «В.-16». ВЕРТЕКС (лат. vertex — центр обертання неба, від *verto* — обертаю) — точка небесної сфери, до якої переважно

спрямовані *пекулярні рухи зір*. Спостерігають два протилежні В. з *галактичними координатами* $l=344^\circ$, $b=10^\circ$ і $l=164^\circ$, $b=1^\circ$.

ВЕРТИКАЛ (від лат. *verticalis* — *прямовисний*) — *велике коло на небесній сфері*, що проходить через *зеніт, надир* і задану точку небесної сфери. В., що проходить через *точку півдня та точку півночі*, називають *меридіаном небесним*. В., що проходить через *точку сходу та точку заходу*, називають першим В. Уздовж В. відлічують *висоту світила над горизонтом або зенітну відстань світила* (див. *Астрономічні координати, Небесні координати*).

ВЕРТИКАЛЬНА СТРУКТУРА АТМОСФЕРИ — умовний поділ *атмосфери* на шари, у яких тиск, *температура*, *густина* і хім. склад залежать від відстані до центра *планети* або від висоти над її поверхнею (див. *Венера, Земля, Сатурн, Юпітер*).

ВЕРТИКАЛЬНЕ КОЛО — астр. інструмент для визначення *зенітних відстаней*, потрібних для обчислення *схилень небесних тіл*, а також *астрономічних координат* місця спостереження. Гол. частини В. к. — *труба* (яка може обертатися навколо горизонт. осі) та прикріплене до неї точно поділене коло, призначене для вимірювання кутів у вертикальній площині.

Звичайно В. к. використовують для спостережень у *меридіані земному*, хоча його можна встановити в будь-якому *вертикалі*. Ідея В. к. належить В. Я. Струве (XIX ст.).

ВЕРХНЬОГО ПРОВАНСУ ОБСЕРВАТОРІЯ (Observatoire de Haute Provence) — астр. установа Нац. центру наук. досліджень Франції, заснована 1936. Розташована в Сен-Мішель (Верхній Прованс) ($\lambda=+5^\circ 42.8'$; $\varphi=+43^\circ 55.9'$; $h=665$ м).

Гол. дослідження: вивчення *зір, зоряних скупчень, міжзоряного середовища, туманностей і планет*.

Гол. інструменти: 193-, 152-, 120-, 81- та 60-см *рефлектори*, 32-см *Шмідта телескоп*, 40- і 15-см *рефрактори*.

ВЕССЕЛІНКА МЕТОД, Бааде—Весселінка метод — метод визначення середнього радіуса *пульсуючої змінної зорі*.

В основі В. м. є такі припущення. Якщо *пульсуюча змінна зоря* має однако-

вий *показник кольору* (або *спектр*) у деякі моменти часу t_1 і t_2 , то різниця *блиску зорі* в ці моменти зумовлена тільки *неоднаковістю її розмірів*. З цього випливає співвідношення

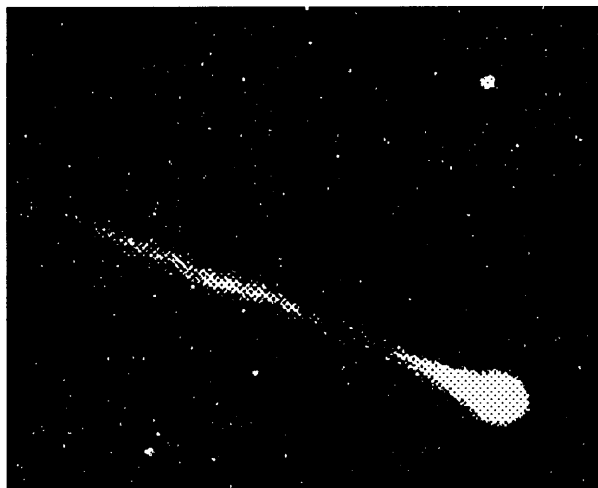
$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \left(\frac{R + \Delta R_1}{R + \Delta R_2} \right)^2,$$

де m_1 і m_2 — *зоряна величина видима зорі* в моменти t_1 і t_2 ; R — *середнє значення радіуса зорі*; ΔR_1 і ΔR_2 — *відхилення радіуса зорі від середнього значення* в моменти t_1 і t_2 . Для того, щоб скористатися В. м., треба знати три криві: *блиску, показника кольору і променевої швидкості* пульсуючої змінної зорі. З кривої показника кольору визначають моменти часу t_1 і t_2 , з кривої блиску — значення m_1 і m_2 та шляхом її інтегрування — *відхилення радіуса зорі* у вказані моменти часу. Середнє значення радіуса зорі визначають розв'язуванням наведеного рівняння. Запропоновано низку модифікацій В. м.

ВЕСТА — *астероїд* №4. Відкритий 29 березня 1807 В. Ольберсом. Названий на честь римської богині домашнього вогнища та сімейного життя. В. — єдиний астероїд, який іноді можна бачити *неозброєним оком*. *Зоряна величина стандартна* $V(1,0)=3.16^m$, *зоряна величина в опозиції* $V_0=5.9^m$. *Елементи орбіти*: $a=2.361$ а.о.; $q=2.153$ а.о.; $e=0.09$; $i=7.14^\circ$; *сидеричний період обертання* 3.63 року; *період обертання навколо осі* 5 год 20.5 хв. *Показники кольору*: $U-V=-0.49^m$; $B-V=0.78^m$. Середній діаметр 538 км, густина $3620 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Фігура В. є *тривісним еліпсоїдом* з розмірами осей $584 \times 531 \times 467$ км. Екліптичні координати полюса обертання: *довгота* 336° , *широта* 55° . *Крива блиску* має два екстремуми і визначена головно *неоднорідністю альbedo її поверхні*. Геом. альbedo 0.276. За допомогою *спекл-інтерферометрії* на диску В. виявлені темні та світлі плями, аналогічні до місячних утворів. Залежність ступеня поляризації від фази така ж, як і в *Місяця*. Ступінь поляризації в мінімумі дорівнює -0.55% , кут інверсії — -21.3° , нахил позитивної гілки поляризації 0.067. В. *непрокваліфікована* і тому зачислена до *U-типу*. Аналіз спектрів В. дає змогу провести аналогію між речовиною її поверхні та групою базальтоїдних *ахондритів-евкритів*. Склад речовини В., а також її густина свідчать

про те, що на початковій стадії існування вона мала внутр. енергію, достатню для плавлення та диференціації речовини. Джерелом нагрівання міг бути радіоактивний ізотоп ^{26}Al .

ВЕСТА КОМЕТА — довгоперіодична комета 1976 VI. Відкрита Р. Вестом у листопаді 1975 на астронегативах, одержаних у серпні того ж року. *Елементи орбіти:* $q=0.197$ а.о.; $Q=1270$ а.о.; $i=43.1^\circ$; *період обертання* навколо Сонця 16 100 років. Найефектніша комета з виявлених останніми десятиріччями (рис.). В. к. мала два хвости: величезний пиловий і плазмовий. У березні 1976 ядро комети розпалося на чотири вторинні ядра.



Комета Веста

ВЕСТЕРБОРКСЬКА РАДІОАСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ (Radio-sterrenwacht Westerbork) — радіоастр. обсерваторія, заснована 1970. Розташована у селищі Вестерборк біля м. Гронінгена (Нідерланди) ($\lambda=+6^\circ 36.3'$; $\varphi=+52^\circ 55.0'$; $h=16$ м).

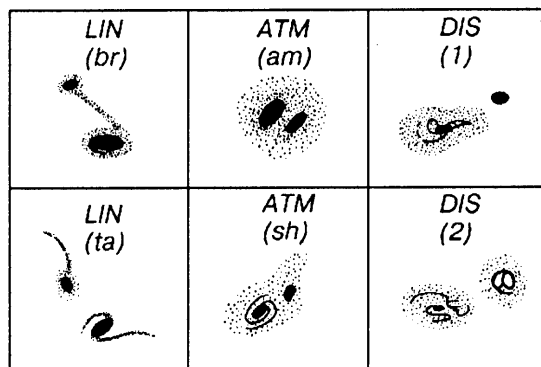
Гол. дослідження: у галузі позагалактичної астрономії.

Гол. інструменти: багатоелементний радіоінтерферометр (база 3 км), який складається з чотирнадцяти 25-м антен і працює на хвилях 49, 21 та 6 см.

ВЗАЄМОДІЮЧІ ГАЛАКТИКИ — системи, що складаються з двох або більше галактик, у яких помітні сліди їхньої взаємодії.

За морфологічними ознаками взаємодії І. Д. Караченцев розділив В. г. на три типи — *LIN*, *ATM*, *DIS* (див.рис.). До типу *LIN* належать пари, в яких одна або обидві галактики мають лінійні припливні структури у вигляді хвостів

— *LIN*(ta), або ж вони з'єднані перемичкою — *LIN*(br), або ж наявні обидві деталі. До типу *ATM* належать пари, занурені в спільну аморфну — *ATM*(am) або неправильну розкуйовджену оболонку — *ATM*(sh). Тип *DIS* свідчить про спотворення спіральної структури в одній (*DIS*(1)) або в обох (*DIS*(2)) компонент. Символ *DIS* використовують також у разі викривлення загальної форми галактики. В. г. становлять 5—7% як серед галактик поля, так і серед скупчень галактик. Розподіл В. г. за типами такий: *LIN* ~30%, *ATM* ~28%, *DIS* ~42%. Викривлення екваторіального шару газу і пилу в галактиках також вважають наслідком взаємодії. Приймають, що викривлення газопилового шару нашої Галактики зумовлене її взаємодією з Магеллановими Хмарами.



Класифікація В. г.

ВИБУХОВІ ЗМІННІ, катаклізмичні змінні — тісні подвійні системи з перенесенням маси від вторинної компоненти, якою є звичайно зоря головної послідовності пізнього спектрального класу (або зоря, яка дещо проеволюювала), до гол. компоненти — білого карлика.

Звичайно акреція має дисковий характер, хоча за наявності сильного магнітного поля білого карлика речовина випадає на малу площу біля його магнітного полюса.

В. з. поділяють на нові, повторні нові, карликові нові та новоподібні системи, а відповідно два останні типи — на підтипи. Причиною змін блиску В. з. є або вибухоподібне термоядерне згоряння накопиченої на поверхні білого карлика речовини (нові зорі), або ж зміна темпів акреції (карликові нові і новоподібні зорі). Тісні подвійні системи, в

яких акреціюючий білий карлик має сильне магнітне поле, утворюють підклас *магнітних вибухових змінних зір*, до якого належать *поляри* і *проміжні поляри*.

Іноді В. з. відносять до класу *еруптивних зір*.

ВИДИМА ВІДСТАНЬ — *кутова відстань* між двома світилами на *небесній сфері*.

ВИДИМИЙ ДІАМЕТР — кут, під яким із точки спостережень видно діаметр косм. об'єкта (розміри косм. тіл в *астрономії* описують діаметрами, бо переважна більшість небесних світил, які спостерігають, мають форми тіл обертання, близькі до кулі). В. д. залежить від лінійного діаметра світила та відстані до нього. Напр., середній В. д. Місяця дорівнює $31'05''$, найменший — $29'24''$, найбільший — $33'40''$ (відстань Місяця від Землі під час його руху по еліптичній орбіті змінюється); В. д. Сонця теж змінюється внаслідок еліптичності земної орбіти від $31'27''$ до $32'31''$ (середнє значення $31'40''$). В. д. зір надто малі, оскільки відстані до них дуже великі, і лише у небагатьох досягають значення $0.001—0.01''$.

ВИДИМИЙ ПОЛУДЕНЬ — момент часу, коли центр диска Сонця проходить через *меридіан небесний* у верхній *кульмінації*.

ВИЗНАЧЕННЯ ОРБИТИ — обчислення *елементів орбіти* небесного тіла на підставі результатів кількох (не менше трьох) спостережень. В. о. було однією з першочергових задач *астрономії*. Розв'язав її К.Ф.Гаусс 1800.

Елементи орбіт *планет, комет* і *супутників* визначають на підставі астр. спостережень протягом трьох етапів: 1) визначають елементи наближеної орбіти без урахування збурень (див. *Збурення орбіт небесних тіл*); для цього достатньо трьох спостережень, 2) уточнюють наближену орбіту за більшою кількістю спостережень; 3) визначають остаточну орбіту, яка найліпше відповідає всім наявним спостереженням.

Задачу уточнення наближеної орбіти за допомогою спостережень розв'язують шляхом послідовних наближень. Чим більший проміжок часу охоплюють спостереження, тим надійніше визначають елементи орбіти.

ВИМУШЕНІ РУХИ ПОЛЮСІВ ЗЕМЛІ — складові руху *полюсів Землі* з річним і піврічним періодами, спричинені сезонним перерозподілом повітряних мас над поверхнею Землі та ін. метеорологічними і геофіз. чинниками.

Амплітуда річного коливання ($A \leq 0.1''$) значно перевищує амплітуду піврічного. Виявлено також ін. короткоперіодичні сезонні коливання полюсів Землі (напр., тримісячні).

Значення амплітуд та фаз складових В. р. п. З. змінюються з часом.

ВИПЕРЕДЖЕННЯ РІВНОДЕНЬ — те ж саме, що й *прецесія*.

ВИПРОМІНЮВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ — фіз. величина, що чисельно характеризує теплове і нетеплове *випромінювання* косм. об'єктів. Розрізняють поверхневу В. з. джерела випромінювання та об'ємну В. з.

Поверхнева випромінювальна здатність — *потік випромінювання* з одиниці поверхні джерела в одиниці *тілесного кута* за одиницю часу в заданому напрямі, тобто те ж саме, що і *яскравість*. Часто використовують поняття монохроматичної В. з., тобто В. з. за заданою частотою випромінювання (довжиною хвилі) в одиничному інтервалі частот (довжин хвиль).

Об'ємна випромінювальна здатність — *потік випромінювання* з одиниці об'єму джерела випромінювання в одиниці *тілесного кута* за одиницю часу в заданому напрямі. У випадку монохроматичного випромінювання об'ємну В. з. визначають за заданою частотою (довжиною хвилі) в одиничному інтервалі частот (довжин хвиль). Часто об'ємну В. з. називають також *коефіцієнтом випромінювання* (в теор. астрофізиці терміни коефіцієнт випромінювання та В. з. вживають як синоніми).

У випадку *теплого випромінювання* косм. тіла в стані термодинамічної рівноваги його В. з. визначають, якщо відома поглинальна здатність (*коефіцієнт поглинання*), за *Кірхгофа законом випромінювання*.

ВИПРОМІНЮВАННЯ — 1) хвилі довільної природи або потоки якихось частинок, що поширюються в просторі; 2) процес випускання хвиль довільної природи або потоків якихось частинок.

Випромінювання атома — електромагнітне В., що виникає під час переходу атома зі збудженого стану в стан з меншою енергією.

Бетатронне випромінювання — електромагнітне В., що виникає внаслідок руху заряджених частинок у цикліч. прискорювачах.

Вавилова—Черенкова випромінювання — електромагнітне В., що виникає внаслідок руху заряджених частинок зі швидкістю, яка перевищує фазову швидкість світла в певному середовищі.

Вимушене випромінювання — електромагнітне В., що виникає під дією зовн. В. у квантовій системі, яка перебуває у збудженому стані.

Гальмівне випромінювання — електромагнітне В., що виникає внаслідок гальмування заряджених частинок в електрич. полі.

Гравітаційне випромінювання — вільне гравітаційне поле, що виникає під час нерівномірного руху масивних тіл, відірвавшись від своїх джерел і поширюючись в просторі у вигляді хвиль зі швидкістю світла.

Гамма-випромінювання — короткохвильове електромагнітне В. з довжиною хвилі до 10^{-10} м.

Дипольне випромінювання — те ж саме, що й електричне дипольне В.

Електричне дипольне випромінювання — електромагнітне В., джерелом якого є електричний диполь зі змінним електричним моментом.

Електромагнітне випромінювання — 1) електромагнітні хвилі, що їх випускають заряджені частинки, які рухаються прискорено; 2) кванти електромагнітного поля (фотони, гамма-кванти), що їх випускають системи, які містять заряджені частинки; 3) гамма-кванти, що виникають унаслідок розпаду елементарних частинок.

Інфрачервоне випромінювання — електромагнітне В. з довжинами хвиль у діапазоні 10^{-4} — $7.6 \cdot 10^{-7}$ м.

Іонізуюче випромінювання — В., взаємодія якого з середовищем призводить до іонізації атомів і молекул середовища.

Когерентне випромінювання — електромагнітне В., коливання в якому мають сталу різницю фаз, що не залежить від часу.

Корпускулярне випромінювання — потоки заряджених частинок і нейтронів, що їх випускають атомні ядра і косм. тіла.

Космічне випромінювання — В., джерелом якого є косм. об'єкти.

Магнітне дипольне випромінювання — електромагнітне В., джерелом якого є магнітний диполь зі змінним магнітним моментом.

Магнітогальмівне випромінювання — те ж саме, що й синхротронне В.

Магнітодрейфове випромінювання — електромагнітне В., що виникає під час руху заряджених частинок уздовж викривлених силових ліній магнітного поля.

Мезорентгенівське випромінювання — жорстке електронне В., що супроводжує квантові переходи мюона або піона в мезоатомах.

Монохроматичне випромінювання — В., хвилі якого є гармонійними і мають однакову частоту.

Мультипольне випромінювання — електромагнітне В. системи рухомих електричних зарядів, що визначається зміною її електричних або магнітних мультипольних моментів.

Ондуляторне випромінювання — електромагнітне В. осцилятора, що рухається рівномірно і прямолінійно.

Оптичне випромінювання — електромагнітне В., довжини хвиль якого є в межах ІЧ, видимого та УФ спектра.

Перехідне випромінювання — електромагнітне В. зарядженої частинки, що рухається рівномірно і прямолінійно у разі перетину нею межі двох середовищ з різними показниками заломлення.

Рівноважне випромінювання — В., що перебуває в термодинамічній рівновазі з речовиною.

Радіовипромінювання (космічне) — електромагнітне В. косм. об'єктів у радіодіапазоні (0.1 — 10^4 м).

Радіоактивне випромінювання — В., джерелом якого є радіоактивні речовини.

Резонансне випромінювання — електромагнітне В., частота якого збігається з частотою флюоресценції.

Рекомбінаційне випромінювання — електромагнітне В., що виникає у випадку з'єднання заряджених частинок, які були роз'єднані внаслідок поглинання енергії від зовн. джерела.

Рентгенівське випромінювання — електромагнітне В., розташоване в спектр. діапазоні між УФ та гамма-В. (10^{-11} — 10^{-9} м).

Синхротронне випромінювання — В. електронів, які рухаються з релятивістськими швидкостями в магнітному полі. Назва зумовлена тим, що синхротронне випромінювання виявленено в синхротронних — циклічних резонансних прискорювачах електронів.

Спонтанне випромінювання — електромагнітне В., яке спонтанно випускають квантові системи, що перебувають у збудженому стані.

Теплове випромінювання — електромагнітне В., що виникає внаслідок перетворення теплового руху частинок тіла в енергію В.

Ультрафіолетове випромінювання — електромагнітне В. з довжинами хвиль у діапазоні $4 \cdot 10^{-7}$ — $5 \cdot 10^{-8}$ м.

Чорне випромінювання — теплове В. чорного тіла.

Ядерне випромінювання — потоки частинок і гамма-квантів, що утворюються під час ядерних реакцій та радіоактивного розпаду.

ВИПРОМІНЮВАННЯ ПЛАНЕТИ — промениста енергія, яку планета випромінює з усієї поверхні у навколишній простір.

Випромінювальну здатність планети характеризують *ефективною температурою* $T_{\text{еф}}$, яку визначають з умови рівності сонячної енергії, що падає на планету, та власного випромінювання: $T_{\text{еф}} = [S_0(1-A)/(4\sigma)]^{-1/4}$ де S_0 — сонячна стала для планети; A — інтегральне альbedo сферичне планети; σ — стала Стефана—Больцмана. Різниця між обчисленою та виміряною $T_{\text{еф}}$ дає змогу робити висновок, чи планета має власні джерела тепла. Крім того, т-ра планети може відрізнитись від обчисленої за наведеною формулою завдяки *парниковому ефекту*, що притаманне планетам з густою атмосферою (напр., *Венера*).

Просторовий розподіл В. п. залежить від густини атмосфери. На Венері та *Jupiteri* т-рний режим залежить від загальної циркуляції атмосфери, тому т-ри полярних і приекваторіальних зон там мало відрізняються. У планет з «тонкою» атмосферою настає локальна термодинамічна рівновага, тому т-ра В. п. на нічній стороні й на полюсах ни-

жча, ніж у приекваторіальних зонах опівдні (на *Марсі* приблизно на 100—150 К). Розподіл В. п. за довжинами хвиль у першому наближенні описує *Планка закон випромінювання*.

ВИРОДЖЕНИЙ ГАЗ — стан речовини, в якому суттєву роль відіграють квантово-механічні ефекти.

В *астрономії* привертає увагу електронний і нейтронний В. г., бо саме тиск В. г. (відповідно електронів і нейтронів) підтримує *рівновагу зір* — *білих карликів* і *нейтронних зір*. Як для електронів, так і для нейтронів справджується принцип Паулі, за яким у кожному квантовому стані в певний момент часу може перебувати не більше однієї частинки. Тому при великих тисках і густинах у надрах білих карликів розподіл електронів (відповідно, у надрах нейтронних зір — нейтронів) за швидкостями не описує відома формула Максвелла, тут кількість частинок, що мають, напр., найменшу або найбільшу швидкість руху, однакова. Внаслідок цього тиск В. г. залежить від густини речовини і не залежить від *температури*. Властивості В. г. визначають розміри білих карликів і нейтронних зір (відповідно, 10 тис. км і 20 км), а також верхню межу *маси*, рівновагу якої забезпечує тиск В. г. ($1.2M_{\odot}$ і близько $3M_{\odot}$). Якщо маса ядра зорі на певному етапі зоряної еволюції перевищує $1.2M_{\odot}$ (це т. зв. *Чандрасекара межа*), то замість білого карлика формується нейтронна зоря.

ВИСОКОГІРНА ОБСЕРВАТОРІЯ США (High Altitude Observatory, Climax) — *астрономічна обсерваторія*, заснована 1940. Розташована в Клаймаксі (США) ($\lambda=106^{\circ}12.0'$; $\varphi=+39^{\circ}23'$; $h=3410$ м). Є сонячна обсерваторія в м. Боулдер, штат Колорадо ($\lambda=105^{\circ}15.8'$; $\varphi=+40^{\circ}02'$; $h=1647$ м).

Гол. дослідження: у галузі фізики *Сонця*. Гол. інструменти: три *коронаграфи позазатемнювані*.

ВИСОКОС (лат. *bissexus* — двічі шостий) — додатковий *день*, що його вставляли давні римляни після 24 лютого, тобто «другий шостий день до березневих календ» (до 1 березня включно).

ВИСОКОСНИЙ РІК — *календарний рік*, який має 366 діб. Термін «В. р.» походить від *високосу*.

За Юліанським календарем В. р. вважали усі ті, числа яких без остачі ділилися на 4. У Григоріанському календарі роки, числа яких хоча й закінчуються двома нулями, однак не діляться без остачі на 400, не вважають В. р. (зокрема, 1700, 1800, 1900, 2100 не є В. р.).

ВИСОКОШИРОТНІ ТА ВИСОКОШВИДКІСНІ ХМАРИ — хмари нейтрального водню, що розташовані високо над галактичною площиною і мають великі променеві швидкості.

В. і В. х. виявляють за їхнім випромінюванням у радіолінії водню $\lambda=21$ см. Частина їх згрупована у витягнуті структури, більшість наближається до галактичної площини, однак відома невелика кількість В. і В. х., які віддаляються від неї. Звичайно променеві швидкості В. і В. х. $V < 100$ км·с⁻¹, хоча в окремих об'єктів вони перевищують 400 км·с⁻¹.

Деякі В. і В. х. є фрагментами Магелланового потоку, походження ін. нез'ясоване. Гіпотези про походження В. і В. х. (напр., галактичного фонтана модель) не можна переконливо аргументувати, оскільки точні відстані цих об'єктів невідомі.

ВИСОТА — одна з координат у горизонт. системі небесних координат, яку вимірюють дугою кола В. — *вертикала* — між площиною горизонту і світилом (від 0 до 90° — до *зеніту* і від 0 до -90° — до *надиру*) та позначають *h*.

ВИСОТА АПОГЕЮ — відстань від апогею орбіти небесного об'єкта (Місяця, штучного супутника Землі) до земної поверхні, яку відлічують вздовж прямої лінії, що з'єднує апогей і центр Землі.

ВИСОТА ОДНОРІДНОЇ АТМОСФЕРИ, шкала висот — висота, на якій певний параметр (тиск, густина) зменшується в $e=2.718$ раза. Її можна обчислити за формулою $H=a^2/g$, де a — ізотермічна швидкість звуку в атмосфері; g — прискорення вільного падіння. Чим більше H , тим повільніше зменшуються з висотою густина й тиск і тим протяжніша атмосфера. В. о. а. для Землі становить 8.4 км, для Венери — 15, для Марса — 10, для Юпітера — 24, для фотосфери Сонця — 180 км.

ВИСОТА ПЕРИГЕЮ — відстань від перигею орбіти небесного об'єкта (Міся-

ця, штучного супутника Землі) до земної поверхні, яку відлічують уздовж прямої лінії, що з'єднує перигей і центр Землі.

ВИТІКАННЯ РЕЧОВИНИ ІЗ ЗІР — процеси втрати зорями речовини на всіх стадіях еволюції.

Спостереження молодих змінних зір типу *T Тельця*, які ще не досягли головної послідовності, свідчать про інтенсивну втрату ними речовини. Спостереженнями виявлено витікання речовини із Сонця (сонячний вітер), із гарячих зір спектральних класів О і В, червоних гігантів і надгігантів, які перебувають на пізніх стадіях еволюції.

Оскільки маси зір на завершальних стадіях еволюції не перевищують 1.4—2.0 M_{\odot} (див. *Еволюція зір*), а найбільша кількість зір має маси в діапазоні 0.3—2.0 M_{\odot} (див. *Маси небесних тіл*), то, очевидно, більшість зір повинні втратити значну частку маси вже під час перебування на гол. послідовності. Порівняння кількості спалахів наднових (одного з можливих механізмів різкої втрати маси) з очікуваною їх кількістю свідчить про те, що в процесі еволюції зоря втрачає масу дуже ефективно і більшість зір з масами понад 2 M_{\odot} закінчують свій життєвий шлях без катаклізмів.

Гол. індикатори В. р. із з. — асиметрія або незначне зміщення спектр. ліній; «прогресія швидкостей бальмерівських ліній», тобто зменшення швидкості розширення для вищих членів *Бальмера серії*; сильно зміщені резонансні лінії в УФ ділянці спектра з профілями типу *P Лебедя* (найліпшими індикаторами найбільших швидкостей зоряного вітру); деякі емісійні лінії, що свідчать про наявність протяжних оболонок (найчутливіший індикатор — лінія H_{α}); радіовипромінювання та ІЧ надлишки, зумовлені вільно-вільними переходами в щільному зоряному вітрі на значних відстанях від зорі.

Уперше явище В. р. із з. виявили і дослідили У. Адамс і Е. Мак-Кормік 1935 за зміщеннями на 5 км/с у короткохвильову ділянку спектра ядер сильних резонансних ліній у кількох зорях спектр. класу М. Причини В. р. із з. — процеси в їхніх зовн. оболонках. Тоді як гол. частина маси зорі (до 97—99%) перебуває в стані гідростатичної

рівноваги, зовн. оболонка, навпаки, є в стані стаціонарного витікання. У Сонця така оболонка — це *корона* (маса її настільки незначна, що під час розрахунків його еволюції втрати речовини внаслідок сонячного вітру до уваги не беруть). У червоних гігантів оболонки значно масивніші, і вплив їх на еволюцію набагато вагоміший.

Гол. механізмами В. р. із з. вважають: нагрівання основи корони магнітогідродинамічними хвилями (див. *Сонце*) (корони, подібні до сонячної, виявлені у зір різних спектр. класів); витікання речовини під дією сильного тиску *випромінювання* в потужних спектр. лініях (особливо важливий цей механізм для гарячих зір); для червоних гігантів зі *світністю* оболонок L , більшою від критичної світності, суттєве значення має гідродинамічне витікання; випаровування газу з гарячих корон. Наявність пилу в оболонках червоних гігантів сприяє В. р. із з., бо пил збільшує взаємодію речовини з випромінюванням. У *подвійних системах* втрати речовини й обмін речовиною між компонентами дуже тісно і складно пов'язані.

Зі спостережень одержано оцінки швидкості втрати маси \dot{M} . Для Сонця $\dot{M}=10^{11}-10^{12}$ г/с ($10^{-15}-10^{-14}M_{\odot}$ за рік). Оскільки вік Сонця $\sim 5 \cdot 10^9$ років, то такі втрати маси несуттєві для еволюції Сонця. Для гарячих зір спектр. класів O і B, а також *Вольфа—Райє* зір та зір типу R *Лебедя* втрати маси можуть досягати $10^{-8}-10^{-5}M_{\odot}$ за рік. Зважаючи, що вік цих зір близько 10^6-10^7 років, то загальні втрати маси стають досить-таки суттєвими, про що можуть свідчити виявлені навколо деяких поодиноких зір *Вольфа—Райє* протяжні розріджені газові оболонки. Найсуттєвіші втрати маси — на завершальних стадіях еволюції. Для червоних гігантів і надгігантів втрати маси можуть досягати $10^{-6}-10^{-3}M_{\odot}$ за рік (наслідком таких втрат можуть бути *планетарні туманності*). Для однієї з наймасивніших і найяскравіших зір у *Галактиці* — η *Кіля* ($M=115M_{\odot}$ і $L=5 \cdot 10^6L_{\odot}$) — $\dot{M}=2 \cdot 10^{-2}-8 \cdot 10^{-2}M_{\odot}$ за рік.

З аналізу втрати речовини зорями різних спектр. класів одержано такі емпіричні співвідношення:

для зір класу O

$$-\dot{M}=6.8 \cdot 10^{-13}L^{1.10 \pm 0.06} M_{\odot} \text{ за рік,}$$

для надгігантів класів B і A

$$-\dot{M}=5 \cdot 10^{-13}L^{1.20 \pm 0.08} M_{\odot} \text{ за рік,}$$

для холодних зір класів F, G і K

$$-\dot{M}=[(5.5 \pm 1) \cdot 10^{-13}LR/M] M_{\odot}$$

за рік

(параметри L , M і R виражені в одиницях L_{\odot} , M_{\odot} , R_{\odot}).

Зоря класу O масою $60M_{\odot}$ з темпом втрати речовини $\sim 10^{-5}M_{\odot}$ за рік під час еволюції на стадії Of ($10^6-3 \cdot 10^6$ років) може втратити від 1/6 до 1/2 маси.

ВИШНЕВСЬКИЙ Вікентій Карлович (1781—1855) — рос. астроном, академік Петербурзької АН. З 1803 — заст. директора Астр. обсерваторії Петербурзької АН, з 1825 — директор, з 1819 — перший професор астрономії Петербурзького ун-ту.

Відомий спостереженнями яскравих комет 1807 і 1811. У 1806—1815 провів декілька геогр. експедицій і визначив геогр. координати 223 населених пунктів.

ВІДБИВАННЯ — повернення *електромагнітного випромінювання* від поверхні середовища без зміни частоти монохроматичних хвиль.

Відрізняють спрямоване, або дзеркальне, В. і дифузне, або розсіяне. Спрямоване В. — це В. без розсіювання, напр., В. світла від дзеркала, яке можна описати законами лінійної оптики. Дифузне В. — В. з однаковою інтенсивністю потоку у всіх напрямках, напр., В. від матового скла.

ВІДБИВНІ ТУМАННОСТІ — світлі газопилові хмари, що світяться внаслідок розсіювання пилом *випромінювання* близьких зір.

Оскільки спостережувані прояви В. т. пов'язані з пилом, то їх часто називають пиловими, хоча вміст пилу в них типовий для *міжзоряного середовища*, тобто маса пилу становить близько 1% маси газу. В. т. підсвічує порівняно холодна зоря (або група зір), випромінювання якої не зумовлює помітної іонізації навколишнього газу — у протилежному випадку утворюється *зона H II*. Розподіл енергії в *спектрах* В. т. і підсвічуючої зорі однаковий.

Лінійні розміри В. т. не перевищують одного *парсека*. Відомо понад 350 В. т.

Значна їхня частина має тонковолокнисту структуру, товщина волокон становить декілька сотих або тисячних часток парсека.

Серед В. т. є компактні *туманності*, які мають форму двох пелюсток, розташованих симетрично щодо підсвічуючого джерела, причому саме джерело заховане за оптично товстим шаром речовини. На його місці часто спостерігають ІЧ джерело. Такі В. т. називають біполярними. Іншу, морфологічно виділену групу В. т., утворюють *кометарні туманності*.

ВІДГАЛУЖЕННЯ ЧЕРВОНИХ ГІГАНТІВ — послідовність на *Герцшпрунга—Рессела діаграмі*, утворена *зорями малої маси і проміжної маси*, які перебувають на еволюційній стадії горіння водню в шарі (див. *Еволюція зір*). Іноді В. ч. г. називають також першим відгалуженням гігантів, на відміну від *асимптотичного відгалуження гігантів* (АВГ), утвореного зорями з подвійним шаровим джерелом. На діаграмах Герцшпрунга—Рессела, складених для різних вибірок зір В. ч. г., як звичайно, збігається з АВГ, за винятком деяких *кулястих скупчень*. Як виявилось, практично неможливо за параметрами поодинокі зорі визначити її належність до В. ч. г. або АВГ, тому зорі В. ч. г. й АВГ звичайно називають просто *червоними гігантами* або *надгігантами*, залежно від *світності*.

ВІДКРИТІ СКУПЧЕННЯ — те ж саме, що й *розсіяні скупчення*.

ВІДМАНШТЕТТЕНОВІ ФІГУРИ (від прізвища австр. промисловця і вченого початку ХІХ ст. А. Відманштеттена) — численні «блоки» паралельних ліній, що з'являються на відшліфованій поверхні залізонікелевих *метеоритів* після їхньої обробки слабкою кислотою.

В. ф. утворюються внаслідок кристалізації різних модифікацій залізонікелевих сплавів.

ВІДНОСНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЗІР — метод, який полягає у тому, що положення *зір* визначають стосовно зір з уже відомими, прийнятими координатами.

Зводиться до визначення різниць координат програмних і опорних зір (пор. *Абсолютний метод визначення координат зір*).

ВІДНОСНИЙ ОТВІР — параметр A оптичної системи (чи елемента), який дорівнює відношенню діаметра D вхідного отвору системи (елемента) до її *фокусної відстані* f ($A=D/f$). *Освітленість* E у *фокальній площині* (площині зображень) пропорційна до A^2 — геом. світлосилі об'єктива.

ВІДСТАНИ ДО КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ (методи визначення).

Єдиного універсального методу визначення В. до к. о. в *астрономії* немає. З переходом від найближчих об'єктів до більш віддалених одні методи поступово витісняють інші, які є основою для наступних. Точність оцінки залежить від точності вимірювання *астрономічної одиниці* (а.о.), значення якої дорівнює $1.495\,978\,708 \cdot 10^{11}$ м.

1. Відстані від *Сонця* до *планет* визначають за формулою

$$r = [T^2(1 + M/M_{\odot})]^{1/3} \approx (T^2)^{1/3},$$

де r — середня відстань планети від *Сонця*, а.о.; T — її *період обертання*, земні роки (див. *Кеплера закони*). *Масою* планети M порівняно з масою *Сонця* можна знехтувати. Незалежно відстані від *Землі* до *Місяця* і планет з високою точністю визначено радіолокац. методом (див. *Радіолокаційна астрономія*).

2. Відстані до найближчих *зір* обчислюють за формулою

$$r = 206265/\pi, \quad (1)$$

де r — відстань до зорі, а.о.; π — значення *паралаксу тригонометричного*, кутові секунди. Для зручності визначення відстаней за допомогою паралаксів в астрономії застосовують спеціальні одиниці довжини — *парсек*, дорівнює 206265 а.о. (або $3.086 \cdot 10^{13}$ км = $3.086 \cdot 10^{16}$ м) і *світловий рік* (св.р.), дорівнює 0.307 пк ($9.46 \cdot 10^{15}$ м). Найближча до *Сонця* зоря — *Проксима Центавра* — віддалена від *Сонця* на 1.32 пк (4.3 св.р.).

Нижня межа вимірювання тригонометричного паралаксу становить 0.01", тобто за допомогою цього способу можна визначити відстані ≤ 100 пк (з похибкою в 50%).

3. Фотометр. спосіб визначення відстаней. Відстань r до косм. об'єкта обчислюють за формулою

$$\lg r = 0.2(m - M) + 1, \quad (2)$$

де m і M , відповідно, зоряна величина видима і зоряна величина абсолютна об'єкта. Похибка визначення відстані цим способом становить близько 30%. Шляхом порівняння відстаней, визначених цим і попереднім способами, вдалося з'ясувати, що абсолютні зоряні величини багатьох об'єктів можна оцінювати за деякими їхніми фіз. особливостями. Передусім, за спектральним класом і класом світності можна оцінити абсолютну зоряну величину з похибкою до 0.5^m . Із порівняння діаграм видима зоряна величина — показник кольору й абсолютна зоряна величина — показник кольору двох зоряних скупчень — далекого і близького (відстань до якого відома) — визначають величину $m-M$ (модуль відстані), а з формули (2) — і M . Похибка такого обчислення досягає $\sim 20\%$. За допомогою період—світність залежності визначають відстані до окремих цефеїд і зоряних скупчень, спіральних рукавів і зоряних систем, де є цефеїди. Точність визначення відстані — у межах 40%.

4. Відстані до найближчих галактик визначено за оцінками видимих зоряних величин цефеїд та найяскравіших зір у цих зоряних системах. У тих системах, де немає цефеїд, шукають надгіганти і гіганти високих класів світності (абсолютні величини від -9^m до -10^m) (вони виявлені в кількохстах галактиках спіральних і галактиках неправильних). Хоча в галактиках еліптичних цих об'єктів немає, зате тут виявлено багато червоних гігантів (абсолютні величини до -2^m). За їхньою допомогою вдається оцінити відстані до еліптичних галактик усередині Місцевої групи галактик з похибкою $\sim 20\%$.

Те, що лінійні розміри газових туманностей у галактиках майже однакові, стало основою ще одного способу визначення відстані до систем, у яких вони розміщені. Зіставляючи кутовий розмір газової туманності d'' в галактиці з її лінійним розміром D , можна визначити відстань до галактики, в якій вона є:

$$r = D / \sin d'' = -D \cdot 206\,265'' / d'' \text{ (пк)} = 47 / d'' \text{ (Мпк)}. \quad (3)$$

Цей спосіб придатний для спіральних і неправильних галактик, які розташовані на відстанях до ~ 15 Мпк, його похибка $\sim 10\%$. Для деяких галактик за морфологічними особливостями (товщина, до-

вжина спіральних рукавів, поверхнева яскравість тощо) можна з'ясувати, що вони не належать до карликових галактик; тоді можна прийняти їхні абсолютні болометричні величини такими, що дорівнюють -20^m , і за видимою зоряною величиною визначити відстань. Найбільша відстань, визначена таким способом, дорівнює 1 400 Мпк (похибка $\sim 25\%$).

5. Визначення відстаней за червоним зміщенням. Порівняння фотометр. відстаней до галактик зі зміщенням з їхніх спектр. ліній до червоного кінця спектра засвідчило, що

$$z = (\lambda_{\text{пр}} - \lambda_{\text{вип}}) / \lambda_{\text{вип}},$$

де $\lambda_{\text{пр}}$ і $\lambda_{\text{вип}}$ — відповідно, довжини хвиль випромінювання, зареєстрованого приймачем, і випромінювання, що покидає об'єкт, пропорційна до відстані r (див. Хаббла закон): $z = Hr/c$ (тут H — Хаббла стала, c — швидкість світла). Остаточний вигляд формули для визначення відстаней до далеких галактик, скупчень галактик і квазарів

$$r = cz / H.$$

Перевірка пропорційності червоного зміщення до фотометр. відстаней, виконана за найвіддаленішими об'єктами, доступними для спостережень у телескопи, підтвердила правильність закону Хаббла.

ВІДХИЛЕННЯ ВІСКА — кут, який лінія виска в заданій точці простору утворює з нормаллю до поверхні, що апроксимує фігуру Землі. За таку поверхню в геодезії прийнято еліпсоїд обертання (т. зв. референц-еліпсоїд, див. Геодезичні координати). Якщо V вимірюють у площині, в якій лежать лінія виска та нормаль до поверхні референц-еліпсоїда, то V в називають повним.

ВІЗИРНА ВІСЬ — те ж саме, що й візирна лінія.

ВІЗИРНА ЛІНІЯ, візирна вісь — лінія, що з'єднує другу гол. точку об'єктива астр. оптичного інструмента з точкою перетину середніх ниток сітки у фокальній площині інструмента.

V л. збігається з оптичною віссю інструмента, якщо точка перетину середніх ниток сітки лежить точно на оптичній осі.

ВІЗНИЧИЙ — сузір'я Північної півкулі неба. Найяскравіші зорі: α — Капелла (Альхайя), 0.03^m ; β — Менкалінан, 1.90^m ; ι — Хассалех, 2.69^m ; η — Хедус II, 3.16^m ; ζ — Хедус I, 3.73^m .



Візничий (атлас Я. Гевелія)

Найліпші умови видимості ввечері — у грудні—січні.

ВІЗУАЛЬНО-ПОДВІЙНІ ЗОРІ — *подвійні системи*, компоненти яких розділені візуально і в яких виявлено непрямолинійні *власні рухи*, зумовлені орбітальним зміщенням зір.

До В.-п. з. належать також *астрометричні подвійні* (тобто зорі з невидимими супутниками). Відомо близько 70 000 В.-п. з.

ВІК ВСЕСВІТУ — те ж саме, що й *Хаббла час*.

«ВІКІНГ» («Viking») — амер. орбітально-посадочні *автоматичні міжпланетні станції* (АМС) для дослідження *Марса*.

АМС «В.-1» і «В.-2» були запуснені 20 серпня і 9 вересня 1975 відповідно. Вони вийшли на ареоцентричні орбіти відповідно 19 червня і 7 серпня 1976. Згодом обидві АМС були переведені на синхронну орбіту з *періцентром* 1500 км над розрахунковим районом посадки посадочного блока.

Посадка відбулася відповідно 20 липня і 3 вересня 1976, обидва блоки провели дослідження під час спуску і на поверхні *Марса*. Одержано важливі дані про склад *атмосфери* (зокрема, виявлено азот), властивості марсіанського ґрунту, ландшафт та ін. Ознак життя, а також органічних речовин у ґрунті не виявлено, проте досліджено специфічні його властивості. В зимові (для *Марса*) періоди зареєстровано білі плями, які вважають інеєм, що складається з водяного льоду.

На Землю було передано декілька тисяч знімків *Марса* і *супутників Марса*. За допомогою приладів орбітального

блока складені теплова карта *Марса* і карта вмісту водяної пари. Виявлено, що полярні шапки *планети* складаються головню з водяної пари, на якій у зимові періоди конденсується діоксид вуглецю. Низка ознак свідчить про існування вічної мерзлоти.

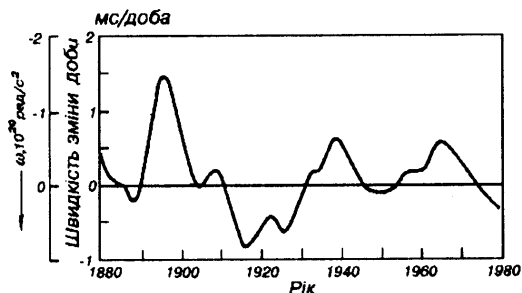
Посадочні блоки перестали функціонувати відповідно в березні 1980 і листопаді 1982 внаслідок неполадок у системі енергозабезпечення.

ВІКОВИЙ РУХ ПОЛЮСА ЗЕМЛІ — зміщення середнього полюса епохи спостереження щодо *Умовного міжнародного початку* (СІО).

За результатами астр. спостережень В. р. п. З. становить $0.003''$ за рік. Північний полюс рухається в напрямі приблизно 75° на захід. Єдиної думки про причини В. р. п. З. сьогодні немає. **ВІКОВИЙ ЦИКЛ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ** — інтервал часу тривалістю 80—90 років, протягом якого кількість *сонячних плям* (спалахів, протуберанців тощо) змінюється. В. ц. с. а. виявляється в квазіперіодичній зміні максимумів (мінімумів) 11-річного *циклу сонячної активності*.

ВІКОВІ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ — зміни швидкості добового *обертання Землі* на великих проміжках часу.

Сумніви щодо сталості швидкості обертання *Землі* з'явилися після відкриття *Е. Галлеєм* 1695 вікового прискорення руху *Місяця*. Гіпотезу про вікове спо-



Швидкість зміни тривалості доби за останні сто років

вільнення обертання *Землі* під дією припливного тертя вперше висловив *Е. Кант* 1755. Це сповільнення приводить до збільшення тривалості *доби*.

За спостереженнями останніх 250 років доба збільшувалася на 0.0014 с за сторіччя (рис.). Це значення складається з вікового сповільнення швидкості обер-

тання Землі, зумовленого гальмівною дією місячних і сонячних припливів, та власного прискорення обертання Землі, зумовленого гальмівною дією місячних і сонячних припливів, та власного прискорення обертання Землі, зумовленого зміною моменту її інерції внаслідок повільного зміщення речовини в надрах Землі й на її поверхні. Власне прискорення обертання Землі зменшує тривалість доби на 0.001 с за сторіччя. Отже, якби його не було, то доба збільшилася б на 0.0024 с за сторіччя.

ВІКТОРІЯ АСТРОФІЗИЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ (Dominion Astrophysical Observatory Victoria) — те ж саме, що й *Астрофізична обсерваторія у Вікторії*. **ВІЛЬСОНА—БАЛПУ СПІВВІДНОШЕННЯ** — залежність ширини емісійних хромосферних ліній від *світності зорі*, за якою ширина ліній збільшується з переходом від зір меншої до зір більшої світності.

Уперше В.—Б. с. виявлено (1957) для лінії К Са II. Емпірична залежність має такий вигляд: $M_v = 27.59 - 14.941g_w$, де M_v — візуальна зоряна величина абсолютна; w — ширина емісійної лінії, км/с. Згодом закономірність такого типу було зафіксовано і для лінії k Mg II. Нетривіальність В.—Б. с. у тому, що холодні гіганти високої світності мають *хромосфери*, у яких або *температура*, або турбулентні швидкості вищі, ніж у хромосферах гарячіших *карликів*, тому що ширина хромосферної лінії збільшується з підвищенням або збільшенням дисперсії швидкостей турбулентних рухів у хромосфері. В.—Б. с. не задовольняють нестационарні зорі: *змінні зорі типу Т Тельця, спалахуючі змінні зорі, цефеїди* тощо.

ВІЛЬСОНА ЕФЕКТ — явище в *сонячних плямах*, розташованих на краю диска Сонця.

Полягає в тому, що видима ширина півтіні сонячної плями на віддаленому від *лімба* боці менша, ніж на боці, зверненому до нього, причому відношення цих розмірів зменшується з наближенням до *лімба*. Таке явище пояснюють або геом. уподібненням сонячної плями до велетенського заглиблення (500—700 км нижче від рівня *фотосфери* зі стінками, що конічно звужуються), або більшою прозорістю плями порівняно з *фотосферою*, внаслідок чого

світло, що досягає спостерігача, виходить із більшої глибини. В багатьох плямах В. е. не виявлено.

ВІНА ЗАКОН ВИПРОМІНЮВАННЯ — закон розподілу енергії в *спектрі чорного тіла* залежно від *температури Т* для випадку, коли $h\nu \gg kT$:

$$B_\nu = (2h/c^2)\nu^3 \exp(-h\nu/kT).$$

Виведений 1893 В. Віном.

ВІНА ЗАКОН ЗМІЩЕННЯ — добуток довжини хвилі, на яку припадає максимум енергії в *спектрі* рівноважного *випромінювання*, на значення *абсолютної температури* випромінюваного тіла є сталим: $\lambda T = 0.29$ см·К. Виведений 1893 В. Віном.

ВІРГІНІДИ — 1) те ж саме, що й *цефеїди II типу населення*; 2) підклас *цефеїд II типу населення*.

ВІРІАЛЬНА МАСА — *маса скупчень галактик*, визначена на підставі *теорему про віріал* у припущенні про *стаціонарність скупчення*. Включає й *приховану масу*.

ВІРІАЛЬНИЙ ПАРАДОКС — парадокс, який виник після порівняння *потенціальної U* і *кінетичної E* енергій *галактик* у *скупченнях* та застосування до *скупчень галактик теорему про віріал*. Практично для всіх вивчених *скупчень E ≥ 3U*. Тому таке *скупчення*, якщо воно й сформувалося як *ціле*, повинно було розсіятися за час, менший ніж 1 млрд. років. Оскільки вік *скупчень* досягає 10 млрд. років, то для утримування їх як *одного цілого* в них повинна бути *невидима, прихована маса*.

ВІСЬ ОБЕРТАННЯ (миттева) — *пряма лінія*, *нерухома щодо тіла*, яке обертається навколо неї.

ВІСЬ СВІТУ — *пряма, паралельна до осі добового обертання Землі*, проведена через *центр видимої небесної сфери*, навколо якої відбувається *видиме обертання небесної сфери*. Точки перетину В. с. з *небесною сферою* називають *полюсами світу*.

ВІТКЕВИЧ Віктор Вітольдович (1917—1972) — рос. радіоастроном, один з *піонерів радіоастрономії*. З 1948 працював у Фіз. ін-ті АН СРСР.

У 1951 запропонував *метод дослідження сонячної корони шляхом вивчення радіовипромінювання дискретних джерел*, що проходить крізь *корону*. Відкрив *надкорону Сонця* та *радіальні магнітні поля* у *навколосонячному про-*

сторі. Розвинув інтерференційний метод, що давав змогу визначати кутові координати косм. апаратів, які запускали до Місяця.

ВІТРИЛА — сузір'я Південної півкулі неба. Найяскравіші зорі: γ — Регор, 1.83^m ; λ — Альсухайль, 2.21^m ; δ — 1.96^m .

Найліпші умови видимості ввечері — у березні—квітні (низько над південним горизонтом).

ВЛАСНИЙ РУХ — кутове зміщення зорі на небесній сфері, пов'язане з реальним переміщенням світила в просторі, а також з рухом Сонячної системи відносно найближчих зір і центра Галактики.

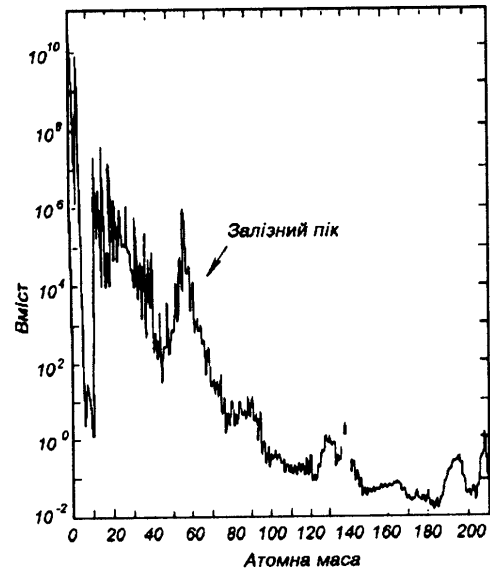
Частина В. р., зумовлену рухом світила відносно найближчих зір, називають *пекулярним рухом*. Ін. частину, пов'язану з рухом Сонячної системи, — *паралактичним*. В. р. зір μ вимірюють у секундах дуги за рік чи сторіччя (сторічні В. р.). Уперше В. р. виявив *Е. Галлей* 1718. Найбільший В. р. зареєстровано в *Барнарда зорі* ($10.3''$ /рік). Для більшості зір В. р. вимірюють частками секунди за рік. В. р. визначають, порівнюючи координати зір у різні епохи. В. р. приблизно 1 млн. зір визначено засобами фотографічної *астрометрії*. Для оцінки лінійної швидкості в площині, перпендикулярній до променя зору, треба знати *паралакс* π і скористатися виразом $v_{\tau} = 4.74 \mu \pi^{-1}$ км/с. Для визначення просторової швидкості зорі треба знати ще швидкість уздовж променя зору (променеву, або радіальну швидкість v_r). Тоді просторову швидкість v можна обчислити за формулою $v = \sqrt{v_r^2 + v_{\tau}^2}$.

ВЛАСНИЙ ЧАС, шкала власного часу — шкала часу у точці простору, де перебуває спостерігач. Відповідає *земному динамічному часу* в термінах загальної теорії відносності (див. *Координатний час*).

ВМІСТ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ, поширеність хім. елементів — відносний вміст хім. елементів або їхніх ізотопів у космосі.

Для визначення В. х. е. використовують дві системи. В першій В. х. е. задають у вигляді $A_X = \lg(N_X/N_H) + 12$, де N_X/N_H — відношення кількості атомів певного хім. елемента X до кількості атомів водню H . За цією шкалою

В. х. е. на *Сонці* має такі числа: $A_H = 12.0$; $A_{He} = 10.9$; $A_C = 8.7$; $A_N = 7.9$; $A_O = 8.8$; $A_{Fe} = 7.6$ і т. д. В ін. системі В. х. е. за кількістю атомів виражають стосовно кремнію, вміст якого $N_{Si} = 10^6$. За цією шкалою В. х. е. у *Сонячній системі* в епоху її формування мало такі значення: $N_H = 2.66 \cdot 10^{10}$; $N_{He} = 1.8 \cdot 10^9$; $N_C = 1.11 \cdot 10^7$; $N_{Fe} = 9.0 \cdot 10^5$ і т. д. (рис.).



Поширення нуклідів (відносно кремнію: $N_{Si} = 10^6$) у Сонячній системі в епоху її формування

Визначення В. х. е. в косм. тілах — досить складне завдання: головню визначають вміст тільки найпоширеніших елементів, і лише для Сонячної системи отримано повнішу інформацію. Напр., *А. Камерон* (1982) навів дані про поширеність 83 елементів у Сонячній системі в епоху її формування, отримані за В. х. е. у *метеоритах*, в *атмосфері Сонця* і в *сонячних космічних променях* з урахуванням змін у вмісті батьківських і дочірніх елементів, зумовлених радіоактивними розпадами.

Для обчислення тиску, швидкості звуку тощо в атмосферах зір, хім. склад небесних тіл досить описувати трьома величинами: X , Y , Z , де X — вміст водню за масою; Y — вміст гелію; Z — вміст металів. Значення X , Y , Z нормує умова $X + Y + Z = 1$. За цією шкалою хім. склад тіл Сонячної системи характеризують такі значення: $X = 0.77$, $Y = 0.21$ і $Z = 0.02$. Іноді серед важких елементів в окрему групу виділяють вуглець, азот і кисень, вміст яких задає параметр Z_{CNO} . У цьому випадку умова нормування набуває вигляду $X + Y + Z + Z^* = 1$, де $Z^* = Z - Z_{CNO}$.

Для опису відмінностей у вмісті важких елементів (металів) у зорях і на Сонці використовують також параметр металічності (див. *Металічність зорі*).

«ВМОРОЖЕНІСТЬ» СИЛОВИХ ЛІНІЙ — термін, який використовують під час вивчення косм. плазми та її взаємодії з магнітними полями.

У косм. об'єктах магнітний потік, що проходить через довільний провідний контур, майже не змінюється з часом:

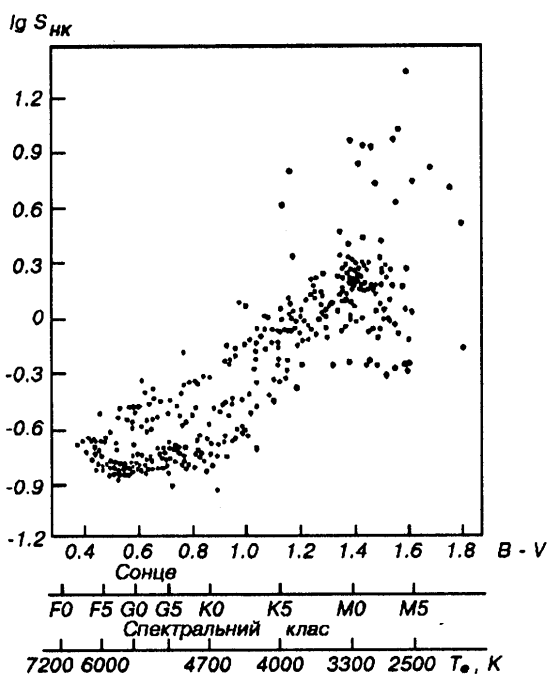
$$\frac{d}{dt} \int H_n dS = 0,$$

де H_n — складова магнітного вектора за нормаллю; dS — елемент будь-якої поверхні, яка спирається на контур. Якщо уявити магнітне поле у вигляді силових трубок, то положення про В. с. л. можна висловити так: силова трубка «навіки» зв'язана з тими масами плазмового газу, через які вона проходила в початковий момент — рух мас газу захоплює із собою магнітні силові лінії (і навпаки).

ВОВК — сузір'я Південної півкулі неба. Найяскравіші зорі: α — 2.30^m ; β — 2.68^m ; γ — 2.78^m .

Найліпші умови видимості ввечері — у травні—червні.

ВОГЕНА—ПРЕСТОНА ПРОГАЛИНА — прогалина на діаграмі потужність хромосфери—спектральний клас, яка



Зв'язок між емісійним потоком у лініях H і K Ca II і показником кольору $B-V$ для карликів в околі Сонця

розділяє зорі в околі Сонця з потужними і слабкими хромосферами. Прогалину виявили 1980 Р. Воген і Д. Престон.

Потужність хромосфери зорі описує потік випромінювання в емісійних хромосферних лініях, напр., у лініях H і K Ca II (рис.). Часто як характеристику хромосферної активності зорі використовують також відношення потоку випромінювання в хромосферних лініях до болометричної світності зорі. Характеристикою спектр. класу зорі є показник кольору $B-V$. Наявність В.—П. п. свідчить про відсутність неперервного переходу між зорями з високим і низьким рівнями хромосферної активності. Запропоновано декілька пояснень цього факту.

1. Припускають, що для всієї сукупності зір поля В.—П. п. нема, зорі порівняно рівномірно розподілені за рівнями хромосферної активності. Поява В.—П. п. для зір в околі Сонця зумовлена флюктуаціями розподілу за рівнями хромосферної активності статистично малої вибірки об'єктів. Аргументом на користь цього твердження може бути та обставина, що декілька зір розташовані в зоні В.—П. п.

2. Припускають, що В.—П. п. зумовлена бімодальним розподілом віку зір в околі Сонця. Швидкість обертання зір, якою визначається рівень хромосферної активності, зменшується з віком. Тому відсутність або відносна нечисленність зір певного віку призводить до різкого зменшення кількості зір, рівень хромосферної активності яких є у відповідному діапазоні.

3. Припускають, що швидкість обертання зорі зменшується нерівномірно (наявна зона різкішого зменшення в деякому діапазоні швидкостей). Це зумовлює дефіцит зір зі швидкостями обертання з цього діапазону, що й призводить до появи В.—П. п. у розподілі зір за рівнями хромосферної активності.

Віддавати перевагу тій чи ін. гіпотезі підстав поки що немає.

ВОДНЕВИЙ ЦИКЛ, протон-протонний ланцюжок, $p-p$ ланцюжок — послідовність термоядерних реакцій (див. табл.), унаслідок яких водень перетворюється в гелій без участі каталізатора.

Послідовність реакцій В. ц.

Гілка	Реакція	Енерго-виділення, MeV	Тривалість, років
I	${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{D} + e^+ + \nu$	1.44	$8.2 \cdot 10^9$
	${}^2_1\text{D} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma$	5.49	$4.4 \cdot 10^{-3}$
	${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^1_1\text{H}$	12.86	$2.4 \cdot 10^5$
II	${}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + \gamma$	1.59	$9.5 \cdot 10^5$
	${}^7_4\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \gamma$	0.862	0.30
	${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$	17.35	$3.8 \cdot 10^{-5}$
III	${}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + \gamma$	1.59	$9.5 \cdot 10^6$
	${}^7_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^8_5\text{B} + \gamma$	0.137	100
	${}^8_5\text{B} \rightarrow {}^8_4\text{Be}^* + \text{He}^+ + \nu$	15.08	$3 \cdot 10^{-8}$
	${}^8_4\text{Be}^* \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$	2.99	-
Загалом	$4{}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2\nu$	26.73 (нейтрино виносять 0.6 MeV)	

В.ц. розгалужується на три гілки, ймовірність реалізації тієї чи ін. гілки залежить від фіз. умов у надрах зорі. Перші дві реакції відбуваються у повному циклі двічі. За умов, типових для надр Сонця (температура $T \approx 13$ млрд. К, концентрація водню 100 г/см^3), реалізується гілка I. При t -рах близько $10\text{--}15$ млрд. К після перших двох реакцій В. ц. продовжує гілка II.

При t -рах $15\text{--}17$ млрд. К В. ц. описує гілка III.

Оскільки швидкості проміжних реакцій дуже великі порівняно зі швидкістю першої реакції, то значної кількості ${}^2\text{D}$, ${}^3\text{He}$, ${}^7\text{Be}$, ${}^7\text{Li}$ і ${}^8\text{B}$ не накопичується. Приблизно в 70% всіх випадків В. ц. завершується гілкою I, у 30% — гілкою II, а на частку гілки III припадає всього 0.1%.

Зазначимо, що перші дві реакції гілки I повинні відбуватися вдвічі частіше. Першу реакцію гілки I у земних умовах спостерігати не вдається.

При $T > 17$ млрд. К синтез гелію з водню відбувається шляхом *вуглецево-азотного циклу*.

ВОДОЛІЙ — зодіакальне сузір'я. Найяскравіші зорі: α — Садалмелек, 2.93^m ; β — Садалсууд, 2.87^m ; δ — Скат, 3.28^m ; ϵ — Альбалі, 3.77^m ; γ — Садаллахбія, 3.84^m .

Найліпші умови видимості ввечері — у серпні—вересні. Сонце проходить через сузір'я В. 16 лютого — 12 березня.

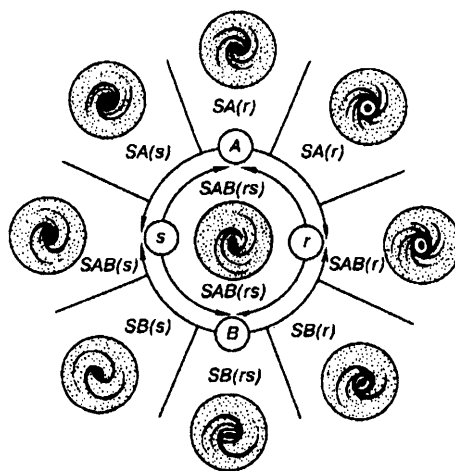
ВОЙДИ — ділянки простору, у яких концентрація галактик у десятки разів менша від середньої. Типові розміри В.

становлять $30\text{--}100$ Мпк. В. облямовані ланцюжками *скупчень галактик* і *надскупченнями*.

ВОКУЛЕР Жерар Анрі де, Vaucouleurs G. H. de (нар. 1918) — амер. астроном, член Нац. АН США (1986). Закінчив Паризький ун-т (1936). Працював в Астрофіз. ін-ті в Парижі, Гарвардській обсерваторії, Техаському ун-ті.

Гол. наук. праці присвячені зоряній фотометрії, фізиці планет і позагалактичній астрономії. Розробив метод класифікації типів галактик за зображеннями на фотографіях. У своїй системі класифікації склав три каталоги галактик. Особливу увагу приділив вивченню Магелланових Хмар. Визначив їхні кутові розміри, відстань, зоряний склад, масу, а також виявив факт обертання Великої Магелланової Хмари.

ВОКУЛЕРА КЛАСИФІКАЦІЯ — морфологічна класифікація галактик, запропонована Ж. А. де Вокулером.



Класифікація галактик

В. к. зберігає гол. морфологічні типи *Хаббла класифікації*, однак відрізняється від неї поділом галактик на групи всередині типів. *Галактики спіральні* (рис.) розділені на три типи: SA — звичайні, SB — з баром, SAB — проміжні. Збережено поділ на підтипи *a*, *b* і *c* залежно від розвитку спіралей і додано ще один підтип *d* — для галактик з найбільш розвиненими спіралями. Види *r*, *s* і проміжний *rs* характеризують з'єднання спіралей з ядром. *Спіральні рукави* у виду *s* відходять безпосередньо від балджа або від кінців бара, у виду *r* — від подоби внутр. кільця, яке оточує балдж або бар. Наявність слабого зовн. кільця позначають буквою перед символом ти-

пу галактики. Напр., галактику NGC 2523 згідно із В. к. класифікують як $SB(r)bc$. Це спіральна галактика з перемичкою, в якій добре розвинені спіральні рукави відходять від внутр. кільця, перетятого перемичкою.

Галактики неправильні у В. к. позначені Im або Ibm . Між спіральними і неправильними галактиками введено перехідний тип — Sm або $SB(s)m$. *Галактики лінзоподібні* розділено на три групи: S^- , S^0 , S^+ . В групі S^- лінза плавно переходить в оболонку, в S^0 є кільце помірної *яскравості*, яке відокремлює периферійну частину від ядерної, в S^+ периферійна і ядерна частини розділені темним кільцем.

В. к. *галактик еліптичних* не відрізняється від класифікації Хаббла. Загалом В. к. використовують рідше, ніж класифікацію Хаббла.

ВОЛОКНА — проекція *протуберанців* на диск Сонця. В. мають вигляд темних зігнутих утворів, розміщених уздовж лінії поділу полярностей фотосферного магнітного поля. Фіз. властивості В. такі самі, як і протуберанців.

На початку 70-х рр. ХХ ст. під час спостережень Сонця в лінії H_α виявлено, що деякі волокна мають емісійну смужку, яка розташована вздовж волокна з боку, повернутого до центра диска Сонця. *Яскравість* смужки змінюється в межах 1.03—1.25 *яскравості* незбуреної *хромосфери*.

Учені Р. І. Костик і Т. В. Орлова зробили припущення щодо механізму утворення цього явища: фотосферне *випромінювання* дифузно відбивається від волокна до Сонця і додатково нагріває під волокном *хромосферу*. *Яскравість* смужки значно залежить від оптичної товщини волокна та його висоти над *хромосферою*. Контраст смужки збільшується у разі переміщення волокна від центра до краю диска Сонця, як і свідчать спостереження.

ВОЛОКНИСТА МОДЕЛЬ — те ж саме, що й *модель спагетті*.

ВОЛОКОНЦЯ — те ж саме, що й *фібрили*.

ВОЛОПАС — *сузір'я* Північної півкулі неба. Найяскравіші *зорі*: α — *Арктур*, -0.06^m ; ϵ — *Мірак* (Ізар, Пульхерріма), 2.37^m ; η — *Муфрід*, 2.69^m ; γ — *Харіс*, 3.02^m ; β — *Мерез* (Неккар), 3.47^m .

Найліпші умови видимості ввечері — наприкінці зими, навесні і влітку.

ВОЛОСОЖАРИ — народна назва *розсіяного скупчення Плеяди*.

ВОЛОССЯ ВЕРОНІКИ — *сузір'я* Північної півкулі неба. Найяскравіші *зорі*: α — *Діадема*, 5.2^m ; β — 4.26^m ; γ — 4.37^m .

Найліпші умови видимості ввечері — у квітні—червні.

ВОЛЬФ Макс, Wolf M. (1863—1932) — нім. астроном. З 1893 — професор Гейдельберзького ун-ту, з 1909 — директор Гейдельберзької обсерваторії.

Один із піонерів застосування фотографічних методів спостереження в астрономії. Розробив метод визначення просторової структури темних пилових хмар у Галактиці і відстаней до них шляхом підрахунків кількості зір на окремих близьких ділянках неба. Розвинув фотографічні методи спостереження астероїдів і відкрив 577 нових малих планет. Відкрив декілька сотень змінних зір і комету з періодом 7.7 року (1883).

ВОЛЬФ Рудольф, Wolf R. (1816—1893) — швейцар. астроном. З 1855 — професор астрономії Цюрихського ун-ту, з 1864 — також директор Цюрихської обсерваторії.

Протягом півстоліття систематично спостерігав Сонце з метою вивчення статистики сонячних плям. З'ясував середню періодичність їхньої найбільшої кількості на Сонці в 11.11 року та наявність зв'язку між цією періодичністю і коливаннями магнітного поля Землі. Ввів в астр. практику числа, що характеризують активність плямоутворення на Сонці (числа Вольфа).

ВОЛЬФА—РАЙЄ ЗОРІ — *зорі* високої *світності*, у *спектрах* яких наявні дуже яскраві й широкі емісійні лінії нейтрального та іонізованого гелію, а також іонів N III—N V, C III—C IV, O III—O V.

В.—Р. з. (WR) поділяють на дві послідовності: вуглецеву (WC), у якій переважають лінії вуглецю, та азотну (WN), у якій домінують лінії азоту. Кожна послідовність поділена на підкласи: WN2—WN9 і WC4—WC10. У спектрах зір WN3 переважають лінії N V, а ліній N III нема; у спектрах зір WN9 домінують лінії N III. У спектрах зір WC5 відношення інтенсивностей ліній C III $\lambda=569.6$ /C IV $\lambda=580.9$ (λ , нм)

дорівнює $1/3$, у спектрах зір WC9 — 5. Вуглецева й азотна послідовності містять приблизно однакову кількість зір. Чотири зорі WN у нашій Галактиці відрізняються від ін. В.—Р. з. азотної послідовності наявністю в спектрах досить сильних ліній іонів вуглецю. Ці зорі позначають WN (C). Ще чотири зорі виділяють у кисневій В.—Р. з. — WO. У шостому каталозі галактичних зір типу В.—Р. з. (1989) налічується 159 об'єктів. Велику кількість В.—Р. з. виявлено в ін. галактиках. Гелію у В.—Р. з. більше, ніж водню, причому для деяких зір (переважно з вуглецевої послідовності) відношення $N_{\text{He}}/N_{\text{H}} > 10$.

В.—Р. з. інтенсивно втрачають речовину, темп втрати маси досягає 10^{-5} — $10^{-4} M_{\odot}$ за рік, а швидкість витікання речовини — $10 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Навколо деяких WN знайдені туманності, розміри яких близькі до 50 пк, а маси є в інтервалі від однієї до кількох сотень мас Сонця. Швидкості розширення туманностей у діапазоні 10 — $100 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Туманності дуже відрізняються за формою: від аморфних до сферичних оболонки. Оболонки формуються, очевидно, завдяки взаємодії потоків речовини від зорі з міжзоряною речовиною.

Достовірно відомо, що 20 В.—Р. з. входять до складу подвійних систем. Однак це лише нижня межа кількості таких подвійних систем: згідно з оцінками різних авторів подвійними є від 50 до 100 В.—Р. з. Ці зорі трапляються в тісних подвійних системах із супутниками двох типів. Супутники деяких В.—Р. з. — масивні зорі спектральних класів O і B. Більшість В.—Р. з. у системах WR+OB мають маси близько $10 M_{\odot}$. Відношення мас компонентів $q = M_{\text{WR}}/M_{\text{OB}}$ є в межах 0.25—1.00. Частина В.—Р. з. — члени подвійних систем типу WR+релятивістський супутник. Можливо, що В.—Р. з. утворюються двома шляхами. Попередники частини WR зір — поодинокі зорі спектр. класу O з масами, понад $40 M_{\odot}$ (див. *Еволюція зір*), тоді як ін. частина WR зір формується в тісних подвійних системах з масами компонент понад $20 M_{\odot}$.

У тісній подвійній системі стадія В.—Р. з. може відбуватися двічі. Спершу утворюється система типу WR+OB. Зго-

дом, як тільки В.—Р. з. стає супутник OB, а зоря WR уже проеволюювала в релятивістський об'єкт, утворюється система типу WR+релятивістський супутник. Можливо, що зорі типу В.—Р. з. є попередниками наднових типу SN Ib.

ВОЛЬФА ЧИСЛО — один з індиксів сонячної активності (уведений 1852 Р. Вольфом), який описує потужність процесу плямоутворення на Сонці. Обчислюють за формулою $W = k(10g + f)$, де g — кількість груп плям на сонячному диску; f — загальна кількість плям в усіх групах; k — близький до одиниці коефіцієнт, який залежить від умов спостереження. В. ч. змінюється з циклом сонячної активності.

ВОРОН — сузір'я Південної півкулі неба. Найяскравіші зорі: γ — Джанах, 2.56^m ; β — Краз, 2.60^m ; δ — Альгораб, 2.93^m ; ϵ — Мінкар, 2.98^m .

Найліпші умови для спостережень увечері — квітень—травень.

ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМІНОВ Борис Олександрович (1904—1994) — рос. астроном, чл.-кор. Академії пед. наук СРСР. З 1924 працював у Державному астр. ін-ті ім. П. К. Штернберга.

Наук. праці стосуються фізики нестационарних зір, туманностей, галактик, комет, історії астрономії. У 1933 запропонував метод визначення відстаней до планетарних туманностей, метод визначення температур їхніх ядер, розробив класифікацію форм планетарних туманностей. Відкрив 1200 систем галактик, що виявляють спотворення форми, перемички та хвости; назвав їх взаємодіючими галактиками. Опублікував два атласи таких галактик. Автор підручників з астрономії для середньої школи, педвузів та ун-тів.

«ВОСТОК» —

1. В СРСР назва серії одномісних космічних кораблів для польотів на навколоземній орбіті. На «В.» 12 квітня 1961 здійснений перший у світі політ людини в космос — космонавтом Ю. О. Гагаріним.

2. В СРСР назва серії триступневих ракет-носіїв.

«ВОСХОД» — в СРСР назва серії багатомісних космічних кораблів для польотів на навколоземній орбіті.

«ВОЯДЖЕР» (англ. voyager — мандрівник) — автоматичні міжпланетні

станції (АМС) (США) для дослідження Юпітера, Сатурна, супутників Сатурна, Урана, Нептуна з пролітної траєкторії з використанням гравітац. поля Юпітера і Сатурна.

Запущено дві АМС за допомогою ракети-носія «Титан-3Е»: «В.-2» 20 серпня 1977 по «повільній» траєкторії до Юпітера і «В.-1» 5 вересня 1977 по «швидкій» траєкторії. 10 грудня 1977 «В.-1» увійшов у пояс астероїдів, 15 грудня обігнав на траєкторії «В.-2», а 8 вересня 1987 вийшов із поясу астероїдів. 5 березня 1979 «В.-1» пролетів біля Юпітера на відстані 280 000 км, а 12 листопада 1980 пройшов біля Сатурна на відстані 124 000 км від вершин його хмарного покриву і супутника Титана (мін. відстань від Титана — 4500 км). «В.-2» пролетів біля Юпітера 9 липня 1979 на відстані 648 000 км, 28 серпня 1981 — біля Сатурна на відстані 10 100 км і перейшов на траєкторію польоту до Урана. В січні 1986 він пролетів біля Урана і під впливом тяжіння цієї планети перейшов на трасу польоту до Нептуна, біля якого пролетів у серпні 1989.

За допомогою «В.» одержано унікальні знімки планет, відкрито їхні нові супутники.

У 2012 «В.» перетнуть геліопаузу — межу між міжпланетною і міжзоряною плазмою. В 8571 році «В.» будуть на відстані 0.42 світлового року від Сонця і на відстані 4 св. роки від Барнарда зорі. В 20319 році «В.» пройдуть на мін. відстані (4.5 св. роки) від Проксими Центавра.

ВСЕСВІТ —

1. Усе суще.

2. Частина світу галактик, доступна для спостережень нашими приладами. У цьому значенні термін В. еквівалентний терміну *Метагалактика*; який, однак, сьогодні майже не застосовують, замість нього кажуть «доступна для спостережень частина В.».

ВСЕСВІТНЕ ТЯЖІННЯ — фундаментальна властивість матерії, одна з чотирьох взаємодій матерії (поряд з сильною, слабкою та електромагнітною). В. т. виявляється в наявності сил притягання між матеріальними об'єктами. Вперше закон В. т. на підставі аналізу законів руху планет (*Кеплера закони*) сформулював І. Ньютон у книзі «Мате-

матичні основи натуральної філософії» (1687). За законом В. т. маси M_1 і m_2 , що перебувають на відстані r одна від одної, притягуються з силою $F=GM_1m_2/r^2$.

В. т. пронизує весь Всесвіт. Завдяки дії В. т. розсіяна матерія збирається в зорі, їхні скупчення, галактики, скупчення галактик. Природа сил В. т. не з'ясована. Ньютон намагався пояснити їх наявністю ефіру. У загальній теорії відносності (ЗТВ) гравітаційна взаємодія набула нового трактування. Гравітаційне поле тут описують рівняннями поля А. Ейнштейна, які пов'язують розподіл матерії, її рух з геом. властивостями простору. Основою цих рівнянь є принцип еквівалентності гравітаційної та інертної мас. У межах ЗТВ усі тіла, на які не діють сили, рухаються геод. лініями, що повністю визначені геом. простору. У цьому розумінні можна говорити, що на планети не діє гравітація Сонця, однак вони рухаються геод. лініями, що збігаються з їхніми орбітами. Властивості ж навколишнього простору зумовлені наявністю в ньому великої маси (Сонця). У випадку слабких гравітаційних полів і швидкостей ЗТВ дає такий самий результат, як і закон В. т. Ньютона. В ін. випадку виявляється низка додаткових ефектів (напр., у рухах планет), яких немає в ньютонівській механіці, проте які пояснюються якраз у рамках ЗТВ.

Є намагання створити єдину теорію всіх взаємодій, у якій всі чотири взаємодії — це прояви однієї фундаментальної взаємодії (див. *Велике об'єднання взаємодій*).

ВСЕСВІТНІЙ КООРДИНОВАНИЙ ЧАС (Universal Coordinated Time) — шкала часу, введена у 1961 для координації *всесвітнього часу* й *атомного часу*. В. к. ч. використовують для передавання радіосигналів часу. Позначають UTC. В основі UTC є атомна секунда (див. *Атомний час*). Зв'язок між UTC, міжнародним атомним часом (TAI) і всесвітнім часом (UT1) задають такими співвідношеннями: $UTC(t) - TAI(t) = N \text{ с.}$; $|UTC(t) - UT1(t)| < 0.9 \text{ с.}$ Якщо всесвітній час випереджає (або відстає від) UTC більше ніж на 0.9 с, то у відліку UTC пропускають (або додають) одну секунду. Ця процедура відбувається переважно 31 грудня або

30 червня. Різниця TAI–UTC становить, напр., 30 с станом на 1996, 1 січня. Значення TAI–UTC обчислює і публікує *Міжнародна служба обертання Землі (IERS)*.

ВСЕСВІТНІЙ РЕГУЛЯРИЗОВАНИЙ ЧАС, шкала всесвітнього регуляризованого часу, — шкала часу, яку запровадило *Міжнародне бюро часу* у 1979. Позначають UT1R, визначають на основі *всесвітнього часу UT1* шляхом урахування ефектів в *обертанні Землі*, породжених земними *припливами* з періодами, що менші 35 діб.

ВСЕСВІТНІЙ ЧАС, шкала всесвітнього часу, *гринвіцький середній сонячний час* — шкала часу, що ґрунтується на вимірюванні *годинного кута* середнього Сонця відносно *Гринвіцького меридіана*, який збільшено на 12 год.

Позначають UT (Universal Time). В. ч. застосовують для фіксування моментів астр. спостережень. До 1960 В. ч. був основою для всіх астр. *ефемерид*, доки його не замінили системою *ефемеридного часу*. До 1925 В. ч. відлічували (тоді позначали GMT, Greenwich Mean Time) від середнього *гринвіцького полудня*.

З 01.01.1925 введено систему лічби В. ч. від середньої півночі. Внаслідок нерівномірного обертання *Землі* (див. *Служба часу*) В. ч. плине нерівномірно, тому є декілька його форм, запроваджених *Міжнародним бюро часу* у 1956: нерівномірний В. ч. (UT0) і квазірівномірний (UT1, UT2). Зміщення полюса *Землі* змінює довготу місця на $\Delta\lambda$, а сезонні варіації швидкості *обертання Землі* дають поправку у часі ΔT . Врахування $\Delta\lambda$ в UT0 дає UT1, а врахування ще й ΔT дає квазірівномірний час UT2. Отже, $UT2 = UT0 + \Delta\lambda + \Delta T = UT1 + \Delta T$.

У 1961 введено шкалу *всесвітнього координованого часу*, з 1979 — *всесвітнього регуляризованого часу*.

ВСЕСОЮЗНЕ АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО, ВАГТ — наук.-громадська організація при АН СРСР, заснована 1932, до 1991.

ВАГТ об'єднало низку товариств і гуртків, найстарішими з яких були *Нижньогородський гурток аматорів фізики та астрономії* (1888) і *Російське астр. товариство* (1890). Проводило роботу в галузі *астрономії, геодезії та картографії*. Кожні п'ять років відбувалися з'їзди ВАГТ, у періоди між яки-

ми роботою керувала *Центральна рада Друковані органи ВАГТ: «Астрономічний календарь»* (з 1895), *«Земля и Вселенная»* (з 1965), *«Астрономический вестник»* (з 1967).

ВСЕХСВЯТСЬКИЙ Сергій Костянтинович (1905—1984) — укр. астроном. У 1939—1981 — професор *Київського ун-ту*.

Наук. праці стосуються фізики комет, Сонця і сонячної активності, проблем космогонії. Довів швидко дезінтеграцію періодичних комет. У 1932 на новій основі розвинув гіпотезу *Ж.Л.Лагранжа* про викиди комет з поверхонь планет та їхніх супутників. Виявив протяжні корональні потоки (надалі названі сонячним вітром), що спричиняють магнітні бурі та збурення в іоносфері *Землі*. В 1955 разом із своїми учнями розробив динамічну теорію корони Сонця. Іменем В. названо малу планету № 2721.

ВТОРИННІ КОСМІЧНІ ПРОМЕНІ

— «осколки атомів» (переважно мюони), які утворюються під час зіткнень частинок *первинних космічних променів* з молекулами *атмосфери Землі*.

ВУГІЛЬНИЙ МІШОК —

1. Велика *темна туманність* у *Південному Хресті*, добре видима неозброєним оком, лежить у *галактичній площині*. Відстань близько 170 пк. Куттовий розмір 2°.

2. Загальна назва темних ділянок у *Молочному Шляху*, які утворюються внаслідок поглинання світла зір розташованими перед ними газопиловими хмарами.

ВУГЛЕЦЕВІ ЗОРІ — зорі пізніх *спектральних класів*, у *спектрах* яких є сильні лінії *нейтральних металів* і смуги поглинання *вуглецевмісних молекул* CN, CN і C₂.

Для ідентифікації В. з. у *Йєркській класифікації* введено спеціальний спектр. клас С, а в *Гарвардській класифікації* — навіть два — R і N. Якщо в *атмосфері зорі* кисню більше, ніж вуглецю (що правильне для більшості зір), то весь вуглець зв'язується в молекули CO, а рештки кисню витрачаються на формування ін. молекул, напр., TiO. У В. з. вміст вуглецю вищий, ніж кисню, тому після утворення молекул CO залишається деяка кількість вуглецю, який утворює *вуглецевмісні молекули*, що зумовлює появу типових особливостей у *спектрах* В. з. Ці зорі трапляються серед

населення зоряного як I, так і II типу. У В. з. плоскої складової (N-зорі за Гарвардською класифікацією) виявлено короткоживучий елемент технецій, а у В. з. сферичної складової (R-зорі) його немає. Кольорові *температури* В. з. є в діапазоні температур від 5 000 до 20 000 К. До низькотр-ної (близько 4000 — 5000 К) групи В. з., які мають такий же, як і в Сонця, вміст як легких, так і важких металів, примикають *барієві зорі* з підвищеним вмістом елементів *s-процесу*, однак з нормальним або дещо зниженим вмістом металів групи заліза, а також CN-зорі зі збільшеним відносним вмістом елементів *s-процесу* і дефіцитом металів групи заліза. Деякі з В. з. є довгоперіодичними *міридами*.

Розглядають два можливі механізми формування В. з.: перемішування під час *спалаху гелієвого ядра* і періодичне перемішування на стадії подвійного шарового джерела (див. *Еволюція зір*).

ВУГЛЕЦЕВО-АЗОТНИЙ ЦИКЛ, Бете—Вейцзекера цикл, CNO-цикл — одна з послідовностей ядерних реакцій, у яких водень перетворюється в гелій.

На відміну від *водневого циклу*, у реакціях В.-а. ц. каталізаторами є вуглець, азот, кисень і фтор. В.-а. ц. є розгалуженим процесом, який складається з чотирьох гілок. Гол. роль в енерговиділенні відіграє, однак, найвідоміша схема (вона реалізується в тисячу-мільйон разів частіше від ін.). Порівняно з водневим циклом темп енерговиділення у В.-а. ц. більше залежить від *температури*, тому при високих *t-рах* ($T_c > 15 \cdot 10^6$ К) водень перетворюється в гелій переважно внаслідок реакцій В.-а. ц. Цей цикл є гол. джерелом енергії для тих *зір головної послідовності*, маси яких перевищують $1.2M_{\odot}$.

Ланцюжок ядерних реакцій кожної гілки В.-а. ц. містить дві реакції *бета-розпаду*, швидкість яких не залежить від зовн. умов, тоді як для ін. реакцій *t-ра* є дуже суттєвою. В.-а. ц. у надрах зір гол. послідовності відбувається за таких умов, що реакції бета-розпаду є тут найшвидшими. При *t-рах* 8×10^7 К, за яких В.-а. ц. забезпечує втрати енергії спалахів нових зір, реакції бетарозпаду, навпаки, стають найповільнішими. Нестійкі щодо бета-розпаду ядра, не встигнувши розпастися, беруть участь у ядерних реакціях. У цьому випадку

кількість гілок у В.-а. ц. збільшується і такий В.-а. ц. називають *гарячим*.

ВУГЛИСТІ ХОНДРИТИ — нечисленна група *метеоритів*, які містять велику кількість заліза, що майже повністю є в силікатах. Серед усіх хондритів В. х. виділяються найвищим ступенем окиснення заліза. Їхня особливість — великий вміст легких елементів та сполук, зокрема, води (до 20% за масою), вуглецю (до 5% за масою), сірки. У всіх В. х. є дуже складні органічні сполуки (гетероциклічні), а також амінокислоти, зокрема, не білкові, які не трапляються в живих організмах на Землі. В. х. за вмістом вуглецю, води, сірки, а також за ступенем окиснення розподілені на чотири групи. Їх позначають літерою С і поряд ставлять першу літеру назви типового представника. В групі *СI* таким представником став метеорит Івуна, в групі *СМ* — Міреї, *СО* — Орнанс, *СV* — Вігарано. Деякі дослідники після букв додають арабські цифри, які відображають особливості структури. В. х. дуже нетривкі і швидко руйнуються на поверхні Землі, тому їх знайдено лише декілька десятків. Падіння двох великих В. х. — Моррей та *Альєнде метеорита* дало змогу з'ясувати їхній хім. склад не тільки на стадії *акреції*, а також до та після неї. В. х. дуже темні завдяки дрібнодисперсному магнетиту, розсіяному в матриці. Вміст вуглецю в ній невеликий, однак завдяки йому матриця В. х. пронизана органічними молекулами.

Різні групи В. х. мають різні властивості: *СI* складаються з тонкозернистої матриці, *СМ*, *СО*, *СV* містять як правильні *хондри*, так і різноманітної форми об'єкти з розмірами хондр. Структура та мінерал. склад останніх свідчить, що вони є непереплавленими агломератами твердих частинок. Високотемпературні компоненти, головн., визначають різницю в хім. складі різних груп. У В. х. виявлено аномалії ізотопного складу кисню, магнію та багатьох ін. елементів, які свідчать про різницю між ними і земними породами, а також породами з поверхні *Місяця*. Ізотопні аномалії є ознакою наявності домішок сонячної речовини, що можливо, утворені ближньою *надновою зорею* безпосередньо перед початком конденсації сонячної туманності.

ВУЗЛИКИ — те ж саме, що й *фібрили*.

ВУЛЛІ Річард, Woolley R. (1906—1986) — англ. астроном, член Лондонського королівського т-ва (1953). Закінчив Кейптаунський ун-т (Південна Африка), продовжив освіту в Кембриджському ун-ті. Був директором обсерваторій Маунт-Стромло (1939—1955), Гринвіцької (1956—1971), Південно-Африканської (1972—1976).

Гол. наук. праці стосуються астрофізики, зокрема фізики Сонця, зоряної динаміки.

ВУЛЬФА СІТКА — графічне зображення сітки *меридіанів* і *паралелей* (поперечна стереографічна проекція півсфери на площину). Названа за іменем Г. В. Вульфа. За допомогою В. с.

графічно розв'язують багато задач *сферичної астрономії*, зокрема, переходять від горизонт. системи *небесних координат* до екваторіальної і навпаки. Для цього одну, прозору В. с. накладають на іншу так, щоб кут між лініями, які з'єднують їхні полюси, дорівнював $90^\circ - \varphi$, де φ — геогр. *широта* спостерігача.

ВЯЙСЯЛЯ Ірьо, Väisälä Y. (1891—1971) — фін. астроном і геодезист, член Фінської АН та Академії Фінляндії. Професор ун-ту в Турку, 1951 заснував Астр.-оптичний ін-т при ун-ті в Турку і був його директором.

Наук. праці присвячені удосконаленню класичних методів геод. астрономії та розробці нових методів, створенню і дослідженню високоточних вимірювальних приладів і нових астр. інструментів.