

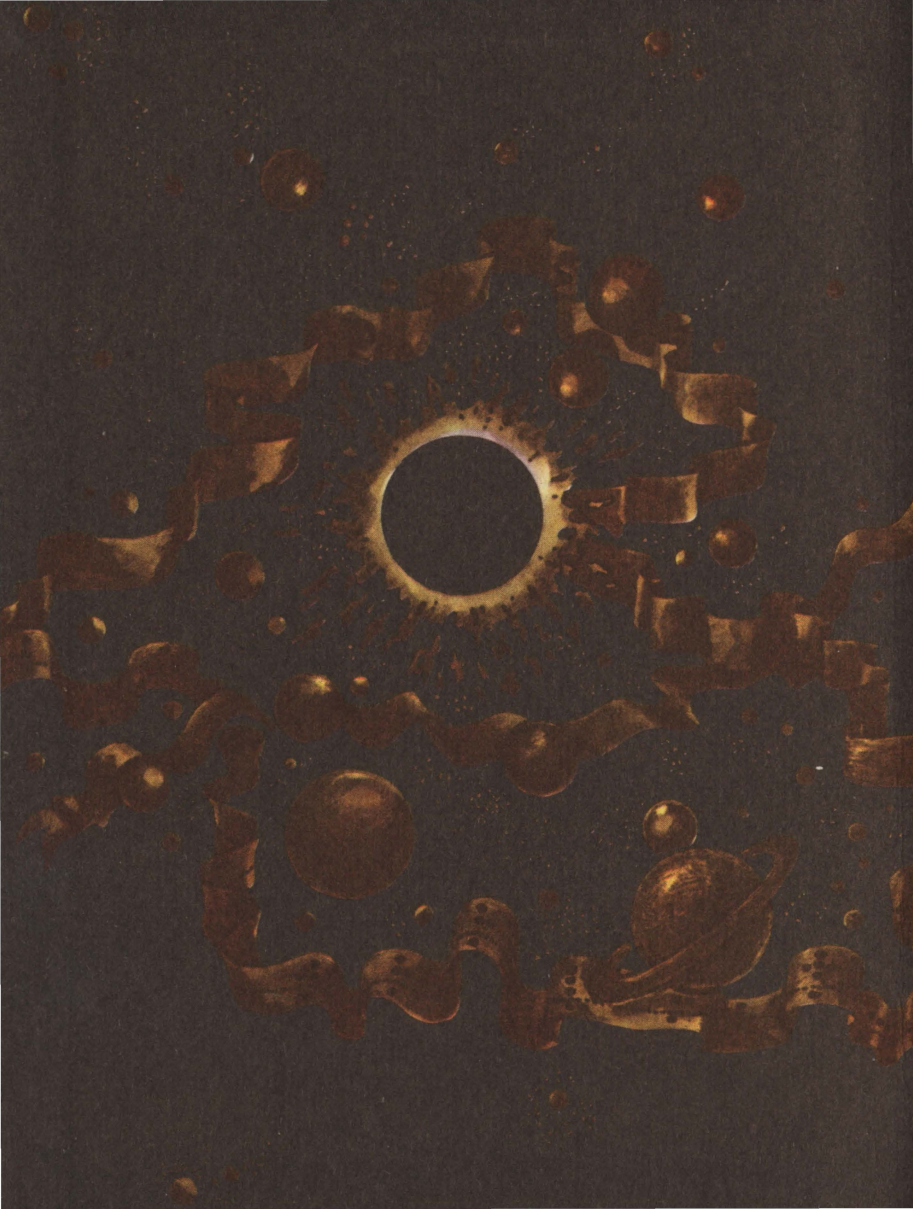
І.А.Климишин  
В.В.Тельнюк-Адамчук

# ШКІЛЬНИЙ АСТРОНОМІЧНИЙ ДОВІДНИК



Книжка для  
вчителя

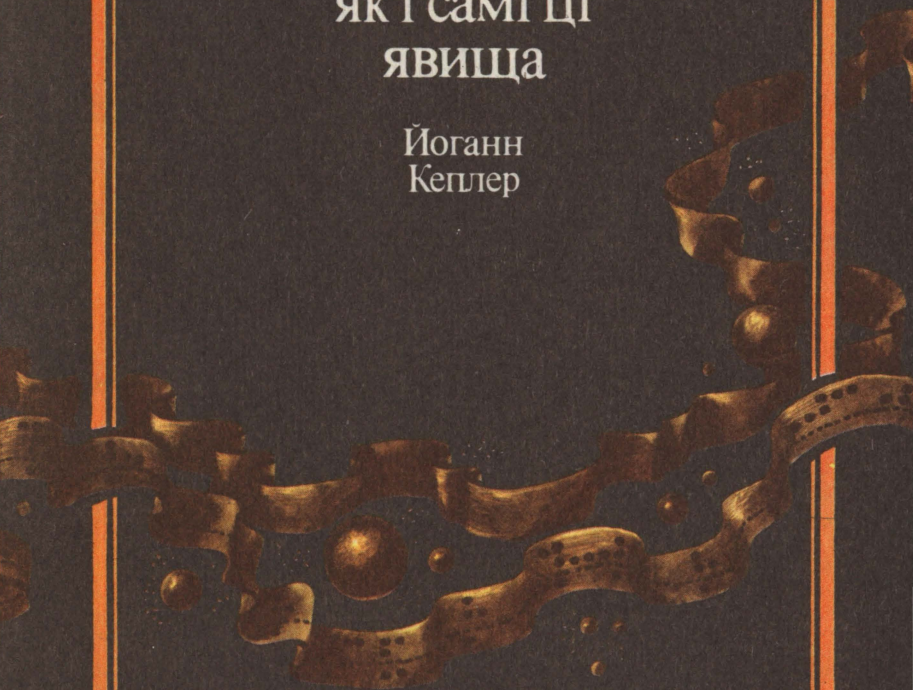






Шляхи,  
якими люди проникають  
у суть небесних явищ,  
уявляються мені  
майже такими ж  
гідними подиву,  
як і самі ці  
явища

Йоганн  
Кеплер







І.А.Климишин  
В.В.Тельнюк-Адамчук

# ШКІЛЬНИЙ АСТРОНОМІЧНИЙ ДОВІДНИК

А  
Я

А

Незбагненна краса і таємничість зоряного неба вабила людей з давніх-давен. Ще в стародавні віки допитливі люди навчилися відрізнити «нерухомі» зорі від планет, що швидко змінювали своє розміщення серед зір. Намагаючись досягнути таємниці зоряного неба, люди помітили, що з допомогою зірок можна орієнтуватися у далекій дорозі, що спостерігаючи перше з'явлення тієї чи іншої яскравої зорі на вечірньому небосхилі (так званий акронічний схід), можна визначати початок господарських сезонів, час.

Стародавні вчені, підсумовуючи досвід багатьох поколінь, помітили певні закономірності в настанні сонячних та місячних затемнень, а потім навчилися досить точно передобчислювати затемнення. Непізнанність небесних явищ і загадковість законів суспільного розвитку зародили ілюзію про можливий зв'язок між ними, наївну впевненість, що за законами життя зоряного неба допитлива людина може передрікти долю держав, володарів, окремої людини. Це дало початок астрології. І хоч основа цієї віри є сумнівною, сама ідея спонукала людей уважно стежити за небом, що відіграло


роль у накопиченні фактичного матеріалу про розміщення світил, рух планет.

Астрономія вивчає походження і закони розвитку об'єктів Всесвіту, виникнення і початкові стадії його розвитку, найзагальніші властивості та подальшу долю. У сучасній астрономії вчений зустрічається з екстремальними ситуаціями, недосяжними в земних лабораторіях. Це і вкрай високий вакуум, і надщільний стан речовини у надрах ней-

тронних зір, це незбагненні масштаби часу та відстаней, температури, близькі до абсолютного нуля, і температури у десятки, сотні мільйонів градусів. Саме в астрономії зроблено фундаментальні відкриття останніх десятиріч: кварзи, нейтронні зорі, чорні діри, реліктове випромінювання, що виникло на початкових стадіях розвитку Всесвіту, збереглося до наших часів і порівняно недавно (1967 р.)








вперше було зареєстроване радіометадами. Збагатилися наші уявлення про Всесвіт відкриттям несподіваних його властивостей — розбігання далеких галактик, активні процеси в ядрах галактик, величезна розмаїтість світу зір, скупчень газу та пилу, галактик, відкриття комірчастої структури Метагалактики. Виявилось, що галактики та їх скупчення розміщуються у просторі далеко не рівномірно. Поряд з велетенськими порожнявинами, або як їх ще називають — воїдами, існують області простору, значно густіше заповнені галактиками.

До астрономії відноситься також питання, яке супроводжувало людину протягом її багатотисячолітнього свідомого існування. Це питання про наявність інших світів, живих істот, розумних цивілізацій. Астрономи розробили програми, за якими ведуться пошуки позаземних цивілізацій.

З часу запуску перших супутників Землі (1957 р.), польотів людини у космос (1961 р.), висадки людини на поверхню Місяця (1969 р.) астрономія привернула до себе увагу найширших кіл населення. Широко використовуються космічні методи досліджень Землі і Всесвіту. Завдяки цьому вчені дістали унікальні дані про фізичні умови на планетах Со-

АСТРОНОМІЯ



нячої системи, відкрито і вивчено кільця навколо планет, так що кільця перестали бути унікальним явищем, властивим лише Сатурнові. У 1968 р. успішно завершилася космічна місія до знаменитої комети Галлея (проекти ВЕГА та ДЖОТТО, СРСР, Європейське космічне агентство). У 1989 р. космічний апарат Вояджер-2 (запуск 1977 р., США) пройшов в околі віддаленої зараз планети Нептун (Плутон якийсь час буває ближчим до Сонця, ніж Нептун) і передав перші унікальні знімки планети та її супутників, відкрив кільця і навколо цієї планети. 12 років мандрував невтомний земний апарат безоднями космосу, пройшовши по черзі біля Юпітера (1979 р.), Сатурна (1981 р.), Урана (1986 р.) і, нарешті, Нептуна. А вчені вже планують підготовану експедицію до Марса.

Найближчим часом плануються чергові експерименти з виведенням телескопів у космос, що з одного боку розширить область дослідження для спостережень у наш час Всесвіту (космічний телескоп ім. Хаббла, HST, США, запуск — 1990 р.), а з другого — на один-два порядки підвищить точність наших знань про розмі-



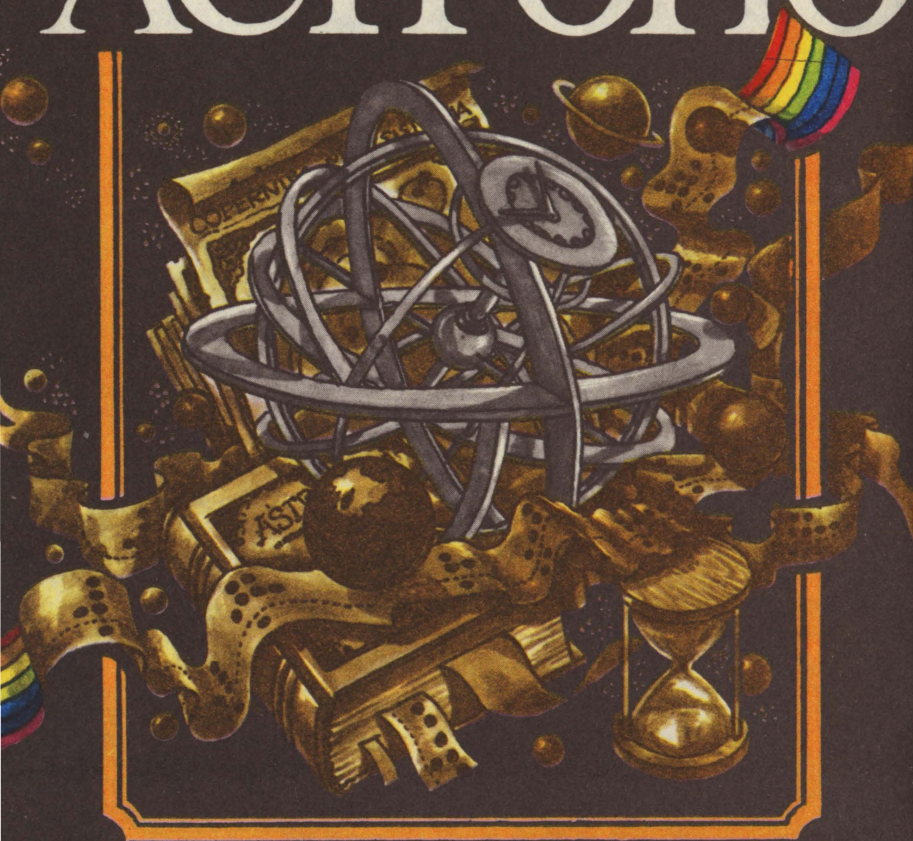


щення, рухи і відстані до сотень тисяч зір (проект HIPPARCOS, Європейське космічне агентство, 1989 р.).

Астрономія відіграє велику роль у формуванні світогляду в процесі становлення людської особистості. Саме тому зростає потреба у навчальній та науково-популярній літературі, яка, на жаль, задовольняється на Україні далеко не повністю. Пропонуючи читачеві цей Довідник, автори намагалися заповнити певну прогалину у навчально-методичній літературі з астрономії.

І.А.Климишин, В.В.Тельнюк-Адамчук

# АСТРОНО





# ШКОЛЬНИЙ МІСЯЧНИЙ ДОВІДНИК

Книжка для  
вчителя



Київ  
„Радянська  
школа“  
1990



ББК 74.265.5я2

К49

КЛИМИШИН І. А., ТЕЛЬНЮК-АДАМЧУК В. В. Шкільний астрономічний довідник: Кн. для вчителя.— К. : Рад. шк., 1990.— 287 с.— Мова укр.

Довідник містить стисле пояснення суті найважливіших термінів і понять, які стосуються астрономії, її галузей, які найчастіше використовуються в шкільних курсах астрономії та природознавства.

Слова, які набрано курсивом всередині статті, мають окремі пояснення.

Для вчителів астрономії, учнів старших класів, студентів педвузів.

КЛИМИШИН И. А., ТЕЛЬНЮК-АДАМЧУК В. В. Школьный астрономический справочник: Кн. для учителя.— К. : Рад. шк., 1990.— 287 с.— На укр. яз.

Справочник содержит сжатое объяснение сути важнейших терминов и понятий, относящихся к астрономии и ее отраслям, которые часто используются в школьных курсах астрономии и естествознания.

Слова, которые набраны курсивом в статье, имеют отдельные объяснения.

Для учителей астрономии, учащихся старших классов, студентов педвузов.

Рецензенти: *В. М. Гладкий*, вчений секретар Запорізького відділення Всесоюзного астрономо-геодезичного товариства АН СРСР; *С. П. Величко*, доцент, завідуючий кафедрою методики фізики і ТЗН Кіровоградського педагогічного інституту; *Б. Д. Починок*, старший викладач кафедри методики фізики і ТЗН Кіровоградського педагогічного інституту.

Редактори: *С. І. Карнаух, Е. О. Крагель.*

К  $\frac{4602030000-177}{M210(04)-90}$  309—90

ISBN 5-330-01188-4

© І. А. Климишин,  
В. В. Тельнюк-Адамчук, 1990



---

---

**А**строномія — наука про небесні світила, про закони їхнього руху, будови й розвитку. Сьогодні астрономія переживає період бурхливого розвитку. Чи не найважливіші спостереження проводяться тепер за межами земної атмосфери з борту штучних супутників Землі, а також космічних апаратів, які вже проклали шлях до найдальших планет Сонячної системи.

Інтерес до проблем астрономії з боку найширших кіл населення зріс після запуску людиною Землі першого штучного супутника (1957 р.) і особливо після польоту в космос першої людини (Ю. О. Гагарін, 1961 р.). Відповідно з кожним роком зростає і потреба в навчальній та науково-популярній літературі. Логіка розвитку сучасної науки і технології, усвідомлення складності екологічних проблем ставить перед загальноосвітньою школою завдання підвищити рівень викладання предметів фізико-математичного циклу, спрямувати його на формування в учнів сучасної природничо-наукової картини світу, наукового світогляду. А саме вивчення астрономії відіграє в цьому важливу роль.

Пропонуючи читачеві цей «Довідник», автори

---

---

намагаються заповнити певну прогалину в навчально-методичній літературі з астрономії, яка існувала багато років. Автори сподіваються, що «Довідник» буде корисний як учителям астрономії (викладачам вузів), учням і студентам, так і найширшому колу любителів астрономії.

**Позначення фізичних величин  
і спеціальні астрономічні знаки**

$D, d$  — діаметр  
 $E$  — енергія  
 $F$  — сила  
 $g$  — прискорення вільного падіння  
 $H$  — напруженість магнітного поля; стала Хаббла  
 $h$  — висота; година; стала Планка  
 $I$  — інтенсивність  
 $L$  — світність  
 $m$  — маса; зоряна величина  
 $M$  — маса зорі, космічного тіла  
 $R, r$  — радіус; радіус-вектор  
 $s$  — секунда часу; зоряний час  
 $t$  — час  
 $T$  — сонячний час; абсолютна температура  
 $U$  — потенціальна енергія  
 $v$  — швидкість  
 $Z$  — атомний номер  
 $z$  — червоне зміщення  
 $\lambda$  — довжина хвилі  
 $\mu$  — власний рух світила  
 $\nu$  — частота  
 $\pi$  — паралакс  
 $\rho$  — густина  
 $\Omega$  — тілесний кут



## Знаки Сонця, Місяця і планет Сонячної системи

- ☉ — Сонце
- ☾ — Місяць
- ☿ — Меркурій
- ♀ — Венера
- ♁, ♂ — Земля
- ♂ — Марс
- ♃ — Юпітер
- ♄ — Сатурн
- ♅ — Уран
- ♆ — Нептун
- ♇ — Плутон

### Інші знаки:

- ♌ — висхідний вузол
- ♍ — точка весняного рівнодення
- ♎ — точка осіннього рівнодення

### Позначення зодіакальних сузір'їв

їв — див. *Зодіак*

### Деякі фізичні та астрономічні сталі

- Гравітаційна стала  $G=6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
- Швидкість світла у вакуумі  $c=2,9979 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
- Стала Плánка  $h=6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
- Маса спокою електрона  $m_e=9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
- Елементарний заряд  $e=1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
- Атомна одиниця маси  $1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
- Число Авогадро  $N=6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
- Універсальна газова стала  $R_0=8,3144 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
- Стала Стéфана — Бóльцмана  $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$

### Земля

- Екваторіальний радіус Землі  $R_{e\oplus}=6378,140 \text{ км}$ , середній радіус  $R_{\oplus}=6371 \text{ км}$
- Маса Землі  $M_{\oplus}=5,973 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Середня густина Землі  $5,574 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , земної кори —  $2,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

Середня швидкість руху Землі по орбіті  $29,765 \text{ км/с} \approx 100\,000 \text{ км/год}$

### Сонце

Середня відстань Землі від Сонця (астрономічна одиниця)  $= 23\,481 R_{\oplus} = 149\,597\,870 \text{ км} = 215,2 \text{ радіуса Сонця}$

Радіус Сонця  $R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м} = 696\,000 \text{ км} = 109 R_{\oplus}$ ,

Маса Сонця  $M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг} = 332\,946 M_{\oplus}$ ,

Середня густина Сонця  $\rho_{\odot} = 1,408 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 = 0,255 \rho_{\oplus}$

Світність Сонця  $L_{\odot} = 3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Ефективна температура поверхні Сонця  $T_{\text{еф}} = 5807 \text{ К}$

Відстань Сонця від центра Галактики  $\sim 10\,000 \text{ пк} \approx 30\,000 \text{ св. років}$

Швидкість руху Сонця навколо центра Галактики  $250 \text{ км/с}$

Період обертання Сонця навколо центра Галактики  $220 \text{ млн. років}$

### Місяць

Середня відстань Місяця від Землі  $384\,401 \text{ км} = 60,268 R_{\oplus}$

Радіус Місяця  $R_{\zeta} = 1738 \text{ км} = 0,273 R_{\oplus} \approx 3/11 R_{\oplus}$

Маса Місяця  $M_{\zeta} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг} \approx 1/81,3 \text{ маси Землі}$

Середня швидкість руху Місяця по орбіті  $1,023 \text{ км/с}$





**Аберация оптичної системи** (лат. *aberratio* — відхилення) — відхилення зображення від ідеального в реальних оптичних системах. (Див. кольорову вклейку, мал. 1). 1) *Сферична А.* спричинена відмінністю фокусної відстані  $F$  крайових і центральних зон лінзи, пропорційна кубу відносного отвору  $A$ . ( $A = D/F$ , де  $D$  — діаметр об'єктива оптичної системи). 2) *Кі́ма* — несиметричність зображення симетричного предмета для променів, нахилених до осі оптичної системи, пропорційна  $A^2\omega$  ( $\omega$  — кут нахилу променя). 3) *Астигматизм* — незбігання фокусів у двох взаємно перпендикулярних площинах, якщо пучок променів нахилений до осі оптичної системи. Внаслідок цього фокальна площина спотворюється, спричинюючи кривизну поля — відхилення фокальної поверхні від площини. Вплив  $A$  пропорційний  $A\omega^2$ . 4) *Дисторсія* — явище відхилення положення зображення у фокальній площині від закону тангенса (закону пропорційності лінійної відстані у фокальній площині тангенсу кутової відстані між світилами на небі). Д. пропорційна  $\omega^3$ . 5) *Хроматична А.*, пов'язана з неоднаковістю фокусної відстані лінзи для променів різного кольору. Дзеркальна оптика не має цього виду А. Х. а. розміщення пропорційна  $A$ , і проявляється в неможливості сфокусувати промені різного кольору в усіх точках фокальної площини одночасно. Х. а. збільшення пропорційна  $\omega$  і проявляється в різному збільшенні для променів різного кольору. 6) При неточному монтуванні лінз об'єктива може виникнути так звана призматичність, яка також спотворює зображення.

**Аберация світла** — позірна зміна положення світила на небесній сфері внаслідок скінченності швидкості світла і руху спостерігача відносно світила. Д о б о в а А. с. пов'язана з рухом спостерігача разом із Землею навколо її осі (залежить від розміщення світила на небі та широти спостерігача; досягає  $0,3''$ ). Р і ч н а А. с. пов'язана з рухом Землі навколо

Сонця (залежить від координат світила, його *годинного кута* та швидкості Землі; досягає 20,496"). В і к о в а А. с. зумовлена рухом Сонячної системи відносно центра Галактики. А. с. відкрив Дж. Брэдлей у 1725 р. Внаслідок добової та річної А. с. світило описує на небесній сфері добовий і річний еліпси, форма і розміри яких залежать від координат світила, часу та місця спостереження.

**Абляція** (лат. *ablatio* — відбирання, віднесення) — здування розплавленої речовини з поверхні метеорного тіла під час його руху в атмосфері.

**Абсолютизування** (лат. *absolutus* — довершений) — процес перетворення астрономічних даних, здобутих з відносних спостережень, в об'єктивніші, що не залежать від спостерігача, інструментів і методу спостережень.

**Автоматична міжпланетна станція** (АМС) — одна з назв непілотованих *космічних апаратів*, що виводяться на навколосонячні замкнені чи незамкнені орбіти. АМС рухається під дією притягання Сонця, планет або двигунів корекції та інших сил (див. *Негравітаційні ефекти*).

**Адаптація** (лат. *adapto* — пристосовую) — пристосування організмів до умов навколишнього середовища. У спостережній астрономії велике значення має А. зору під час переходу до низьких рівнів освітленості.

**Адаптивна оптика** (лат. *adapto* — пристосовую, грец. *optós* — видимий, зримий) — пристосувальна оптика. Принципова основа полягає в регулюванні поверхні дзеркала для компенсації спотворень фронту світлової хвилі, які виникають під час проходження світла крізь неоднорідності атмосфери. Основні елементи телескопа з А. о.: система визначення відхилень форми фронту від площини; ЕОМ — система аналізу цих відхилень і подання керуючих сигналів; система відпрацювання сигналів, які повертають елементи основного дзеркала (якщо воно складається з окремих регульованих дзеркал) або деформують його (якщо воно суцільне). Суцільні дзеркала мають невелику товщину (щоб вони могли деформуватись), внаслідок чого, залежно від стану шарів атмосфери, дзеркало телескопа набирає тієї чи іншої форми, ніби «дихає» узгоджено зі спотвореннями фронту, компенсуючи їх і забезпечуючи якісне зображення. Тому іноді А. о. називають активною, живою оптикою. Принцип А. о. зараз використовується у сучасному телескопобудуванні.



**Адіабатична теорія** — див. *Великомасштабна структура Всесвіту*.

**Акомодация** (лат. *accomodatio* — пристосування) — пристосування ока до чіткого бачення предметів, розміщених на різних відстанях від нього. Досягається зміною кривизни кришталика ока. В астрономії має значення під час спостережень за допомогою оптичних приладів.

**Азимут** (араб. *ас сумут* — шляхи, напрямки) — кут, який відлічують від точки півдня до *вертикала* світла уздовж горизонту в напрямі на захід. Якщо замість небесного *меридіана*, що проходить через точку півдня, взято магнітний меридіан, то це — **магнітний А**.

**Аккреційний диск** (лат. *accretio* — приріст, збільшення) — диск, який утворюється навколо деяких астрономічних об'єктів під час *акреції*. У тісних *подвійних зір*, коли один з їх компонентів заповнить сферу Роша (див. *Поверхня Рóша*), відбувається перетікання речовини спіральними траєкторіями і утворення А. д. навколо компонента, до якого перетікає речовина. А. д. утворюються навколо масивних *чорних дір у ядрах галактик* під час акреції міжзоряної матерії, що має значний момент кількості руху. Цим можна пояснити окремі прояви активності ядер галактик.

**Акреція** — явище зростання маси космічного об'єкта за рахунок навколишнього середовища. Так, за рахунок А. збільшується маса *протопланет* або *протозір*.

**Акронічний** (грец. *ákrós* — крайній) схід або захід світила — час, коли воно починає сходити у вечірніх призмках або заходити перед світанком (пор. *Геліакічний*). А. схід або захід світила визначає період видимості світила на небосхилі. А. та геліакічний схід або захід деяких яскравих зір і сузір'їв відігравали в давнину велику роль у визначенні господарських сезонів.

**Активна область** — просторово обмежена частина атмосфери *Сонця*, яка характеризується залежно від стадії її розвитку широким колом явищ у *фотосфері*, *хромосфері*, короні *Сонця*. Найпомітнішими з ознак А. о. є *сонячні плями*, *сонячні спалахи*, підвищена густина і температура, потужні потоки плазми, сильні магнітні поля. А. о. існують від кількох годин до кількох місяців. Їх розміри досягають 200 тис. км. В А. о. може бути кілька груп *сонячних плям*. Інтенсивне випромінювання в ультрафіолетовому і рентгенівському діапазонах, а також потоки заряджених частинок речовини з А. о. вплива-

ють на міжпланетне середовище, *магнітосферу* та верхню атмосферу Землі, спричинюючи явища, які називаються сонячно-земними, сонячно-атмосферними, сонячно-магнітосферними, та іншими зв'язками.

**Актинометрія** (грец. *aktis* — промінь, *metreo* — вимірюю) — розділ астрономії, метеорології, що займається вимірюванням випромінювання (в першу чергу сонячного) в умовах земної атмосфери. Одне з основних завдань А. — визначення *сонячної сталої*. Основним приладом є актинометр, принцип дії якого ґрунтується на поглинанні енергії випромінювання чутливим елементом, перетворенні цієї енергії в теплову і вимірюванні різниці температур.

**Алголь** — загальна назва затемнених змінних зір, яку вони дістали від назви зорі  $\beta$  Персея (Алголь), блиск якої змінюється від 2,2 до 3,5<sup>m</sup> за 68 год. 48 хв. А. — подвійні зорі, їх орбіти ми бачимо майже з ребра. З цієї причини за час одного оберту системи відбувається два повних або часткових затемнення, що й веде до зміни сумарного блиску системи. Чим більший період обертання, тим менше відомо зір такого типу. Досліджено кілька тисяч зір цього типу.

**Алідáда** (араб. *аль ідад* — лінійка) — деталь деяких астрометричних і геодезичних інструментів у вигляді круга з поділками і *верньєрами*, що обертається на осі концентрично з лімбом. Призначена для відліку кутів, які визначають напрям на світило.

**Альбéдо** (лат. *albedo* — білизна) — характеристика відбивних властивостей поверхні. А. — відношення променистої енергії, відбитої поверхнею, до всієї енергії, що падає на цю поверхню. Залежить від мінералогічного складу і структури поверхні, довжини хвилі випромінювання. А. планети характеризує частку енергії, яка відбивається від її поверхні та атмосфери (геометричне А.). Сферичне А. обчислюють з урахуванням фази планети.

**Альвénівська швидкість** ( $u_A$ ) — швидкість поперечних магнітогідродинамічних (альвénівських) хвиль, які поширюються уздовж силових ліній магнітного поля.  $u_A = V / \sqrt{4\pi\rho} \cdot 10^{-7}$ , де  $V$  — магнітна індукція,  $\rho$  — густина середовища. При  $V = 10^{-4}$  Тл і  $\rho = 10^{-11}$  кг/м<sup>3</sup> у *хромосфері* Сонця  $u_A = 3 \cdot 10^4$  м/с. Тому тут альвénівські хвилі є ефективним механізмом перенесення енергії від *конвективної зони* до верхніх шарів *хромосфери* і *сонячної корони*. Ефекти цих зв'язків найпомітніші в період проходження сонячних плям через центр диску Сонця.

**Альвєнівський радіус** ( $r_A$ ) — відстань від поверхні *нейтронної зорі* (див. *Пульсар*) — компонента подвійної системи, на якій кінетичний тиск потоку речовини зрівнюється з тиском магнітного поля зорі, внаслідок чого *акреція* газу на нейтронну зорю гальмується. При певних параметрах потоків і напруженості магнітного поля  $H=10^{10}$  А/м,  $r_A=100 R$ , де  $R$  — радіус нейтронної зорі.

**Альмагєст** — спотворена арабськими вченими назва твору Клавдія Птолемея «Велика побудова» (грец. *Megale Syntaxis*). А. містить 13 книг, в яких викладено тригонометрію тих часів, астрономію, теорію руху Сонця, Місяця, планет. Птолемей подає екліптичні координати близько 1 тисячі зір, частину з яких спостерігав його попередник Гіппарх. В А. побудовано геоцентричну модель світу (з Землею в центрі Сонячної системи), що була загальноживаною аж до часів М. Коперника, який замінив її геліоцентричною *системою світу*.

**Альманáх** (араб. *альманах* — час, міра) — у старовину — календарі, довідники, у наш час — одна з назв астрономічних *щорічників*, а також збірників літературних творів різних авторів.

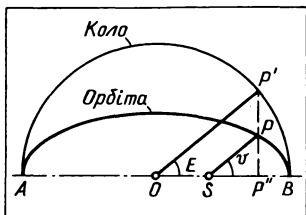
**Альмукантарáт** (араб. множина від *мукантара*, *кантара* — дуга) — коло рівних висот, геометричне місце точок, висоти яких над математичним горизонтом однакові (див. *Висота світила*).

**Анастигмáт** (грец. *an* і *a* — заперечувальні частки, *stigmé* — точка) — об'єктив, в якому добором лінз з різних сортів скла зменшено *астигматизм* та деякі інші *аберації оптичної системи*.

**Анізотропія Всесвіту** (грец. *ánisos* — нерівний, *trópos* — напрям) — відмінність властивостей Всесвіту в різних напрямках. Поняття про А. В. відіграє важливу роль при побудові *космологічних моделей*. Дослідження *великомасштабної структури Всесвіту, червоного зміщення, реліктового радіовипромінювання*, орієнтації галактик та їх скупчень у просторі свідчать швидше на користь уявлень про *ізотропію Всесвіту*, хоча є вказівки і на користь А. В. Ступінь анізотропії реліктового випромінювання не перевищує 0,01 %, червоного зміщення — 10 %. Помітні ознаки А. В. виявляють з аналізу орієнтацій галактик та їх скупчень.

**Аномалістичний період** (грец. *anómalia* — ненормальність) — проміжок часу між двома проходженнями *перигентра*. В русі Місяця навколо Землі — це *аномалістичний місяць*,





Мал. 1. Справжня  $\nu$  та ексцентрична  $E$  аномалії

тіла  $S$  (див. *Задача двох тіл*). Справжня  $A. \nu$  — кут між великою віссю орбіти і радіусом-вектором небесного тіла (мал. 1). Середня  $A. M$  — кут, на який змістилося б тіло за час  $t$ , коли б воно рухалося по коловій орбіті:  $M = t\mu$ ,  $\mu = 2\pi/T$ , де  $\mu$  — середній рух в орбіті,  $T$  — період обертання. Ексцентрична  $A. E$  — кут з вершиною в центрі еліпса між його великою віссю і проекцією точки  $P$  положення тіла на описане навколо еліпса коло,  $AB \perp P'P''$ .

**Анталгіль** — змінна зоря типу  $RR$  Ліри з періодом зміни блиску до 1 доби (пор. *Алголь*).

**Антина** (лат. *antenna* — рея) — пристрій для приймання та випромінювання електромагнітного (головним чином) випромінювання. У *радіотелескопах* використовують для приймання радіовипромінювання космічних радіоджерел — *квазарів, зір, планет, хмар* космічної речовини.

**Антиапекс, антáпекс** (грец. *anti* — проти і *апекс*) — протилежна *апексу* точка на небесній сфері.

**Антицентр Галактики** — точка на небесній сфері, протилежна напрямку на центр Галактики, який лежить у напрямку *сузір'я* Стрільця в точці з координатами  $\alpha_{1950} = 17^h42^m$ ,  $\delta_{1950} = -28^\circ55'$ .

**Антропний принцип** (грец. *ánthropós* — людина) — природничо-науковий принцип, який стверджує високий рівень залежності факту існування життя від найзагальніших властивостей Всесвіту (принцип Зельманова — Картера). У парадоксальній формі його можна сформулювати так: наявність життя, представниками якого ми є, накладає на властивості

у русі Землі навколо Сонця — аномалістичний рік, які відповідно дорівнюють 27,5546 і 365,2596 ефемеридної доби.

**Аномалія** (грец. *ánōmalia* — ненормальність) — 1) Відхилення від норми в ізотопному складі космічного тіла (ізотопна  $A.$ ), у характері заломлення світлового променя в атмосфері (рефракційна  $A.$ ) тощо. 2) Кут, що визначається положенням тіла на орбіті в його русі навколо центрального

Всесвіту ряд дуже сильних обмежень. Або: Всесвіт не може бути іншим, ніж він є, оскільки ми існуємо. Ці твердження слід розуміти не як можливість впливу людського інтелекту на Всесвіт, а як неможливість виникнення та існування інтелекту у Всесвіті, властивості якого були б трохи іншими. Наприклад, коли б не було розширення Всесвіту (див. *Червоне зміщення*), то яскравість неба перевищила б яскравість Сонця і життя стало б неможливим. Якби маса електрона була в 2,5 раза більша, не могли б існувати атоми водню — основного елемента Всесвіту. Якби електромагнітна взаємодія була в 1,3 раза слабша, то не могли б утворитися важчі від гелію елементи і т. д. Можна навести багато прикладів, які свідчать про дуже малу ймовірність утворення Всесвіту з властивостями, подібними до властивостей нашого світу. Не виключено, що існували, існують чи існують одночасно з нашим безліч інших всесвітів з незвичними для нас властивостями, в яких не могло і не зможе виникнути життя. А оскільки життя існує, значить Всесвіт «пристосований» для нього. Це і є А. п.

**Апекс** (лат. *apex* — верхівка) — точка перетину напрямку руху космічного об'єкта в певний момент з уявною небесною сферою. А. Сонця — точка неба, до якої спрямована швидкість руху Сонця відносно найближчих зір. А. Сонця визначають з аналізу *власних рухів* зір, оскільки рух Сонячної системи зміщує ці зорі в зворотному напрямі. Багаторазові визначення координат А. дають різні значення, що залежать від блиску, відстані, природи зір, відносно яких вивчають рух Сонця і визначають А. Координати А. Сонця за даними про власні рухи яскравих зір  $5-6^m$ :  $\alpha_{1950} = 270^\circ$ ,  $\sigma_{1950} = +30^\circ$ , швидкість Сонця — близько 20 км/с. А. орбітального руху Землі лежить у площині екліптики. Координати А. руху Галактики, знайдені з аналізу анізотропії *реліктового радіовипромінювання*, близькі до  $10,5^h$  за  $\alpha$  та  $-10^\circ$  за  $\delta$ . Швидкість Галактики в цьому напрямі (сузір'я Секстанта) становить  $6 \cdot 10^2$  км/с.

**Апертура** (лат. *apertura* — отвір) — діючий отвір оптичної системи, який визначається розмірами лінз, діафрагм. Від А. залежить *роздільна здатність* та *проникна сила* оптичної системи телескопа. Чим більша А., тим потужніший телескоп.

**Апертурний синтез (синтез апертури)** — метод оптичної та *радіоастрономії*, який дає можливість синтезувати зображення від багатьох дзеркал (антен). *Роздільна здатність* при цьому визначається не розмірами окремих дзеркал, а відстанню між найдальшими дзеркалами.

**Апланат** (грец. *aplánētos* — безпомилковий, той що не відхиляється) — об'єктив, що дає зображення, вільне від *сферичної аберациї* та *коми* (див. *Аберация оптичної системи*). Досягають цього комбінацією двох або трьох лінз, виготовлених з різних сортів скла. Такі оптичні системи називають апланатичними. У дзеркальних системах апланатизму досягають, вводючи допоміжні афокальні лінзи або додаткове еліптичне дзеркало (система Річі — Кретьєна).

**Апоа́стр (апоа́стрій)** (грец. *apo* — тут: з, від, *astēr* — зоря) — див. *Апоцентр*.

**Апоге́й** (грец. *apo* — тут: з, від, *gē* — Земля) — див. *Апоцентр*.

**Апохромат** (грец. *apo* — тут: зменшення, *chrōma* — колір) — трилінзовий об'єктив, в якому комбінацією сортів скла з різним коефіцієнтом заломлення досягають істотного зменшення *хроматичної аберациї* (див. *Ахромат*, *Аберация оптичної системи*). В А. зводяться в одну точку фокуси для трьох довжин хвиль (кольорів). Розроблено різні конструкції лінзових та дзеркально-лінзових А.

**Апоце́нтр** (грец. *apo* — тут: з, від і *центр*) — точка на орбіті в еліптичному русі двох тіл навколо спільного центра мас, в якій радіус-вектор одного з тіл, проведений з центра мас, набуває найбільшого значення. Якщо центральним тілом є зоря, Сонце, Земля, Місяць, то це відповідно *апоастр*, *афелій*, *апогей*, *апоселеній*. Швидкість руху в А. дорівнює  $v_c \sqrt{(1-e)/(1+e)}$ , де  $v_c$  — середня орбітальна швидкість тіла,  $e$  — ексцентриситет орбіти. (Див. *Елементи орбіти*).

**Апси́д лінія** (грец. *habsidos* — виступ склепіння) — лінія *періцентр-апоцентр*. (Див. *Лінія*).

**Аргумент перигелію** (і, взагалі, аргумент *періце́нтра*) — один з *елементів орбіти*.

**Аріе́ль** (дух повітря в п'єсі В. Шекспіра «Буря») — I супутник Ура́на. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Арма́лкіт** (від прізвиськ учасників першої експедиції на Місяць Н. Армстронга, Е. Олдріна і М. Коллінза (США). Місячна кабіна «Аполлона-11» здійснила посадку в районі Моря Спокою 20 липня 1969 р.) — один з мінералів, знайдених на Місяці.

**Армі́ла, арміля́рна сфера** (лат. *armilla* — браслет, каблучка) — стародавній астрономічний інструмент для визначення екваторіальних та екліптичних координат небесних світил (див. *кольорову вклейку*, мал. 2). Складається з кількох

металевих кілець, що можуть обертатися навколо осі, яка лежить у їх площині і проходить через центри кілець. На світило А. наводили за допомогою *діоптрів*.

**Аскафі́льм** — результати патрульних фотографічних спостережень полярних сьйв. Велике поле зору спеціальної фотографічної камери (майже 180°) дає можливість на одному знімку реєструвати авроральну ситуацію на всьому небі.

**Астеносфе́ра** (грец. *astenês* — слабкий і *сфера*) — шар мантії Землі, де речовина перебуває в стані, близькому до плавлення. Згідно з концепцією мобілізму (чи *глобальної тектоніки*) на пластичній речовині А. плавають літосферні плити. А. лежить на глибині 60—400 км під океанами і 120—250 км — під материками.

**Астерої́д** (грец. *astêr* — зоря, *éidos* — вигляд) — див. *Малі планети*.

**Астигматизм** (грец. «α» — заперечувальна частка, *stigmê* — точка) — див. *Аберация оптичної системи*.

**Астрáріум** (грец. *astêr* — зоря) — годинник, що відтворює видимий на небі рух Сонця, Місяця, планет. Були поширені в Середньовіччя. Один з перших А. побудував, мабуть, ще Архімед у III ст. до н. е., про що згадує Цицерон у своїх «Діалогох» та «Тускуланських бесідах».

**Астра́ція** — явище руйнування ізотопів хімічних елементів у надрах зір у процесі їх еволюції (обернене до *нуклеосинтезу*).

**Астробіоло́гія** — галузь науки, що вивчає космічні прояви біологічного життя і можливість їх спостереження. (Див. також *Астроботаніка*).

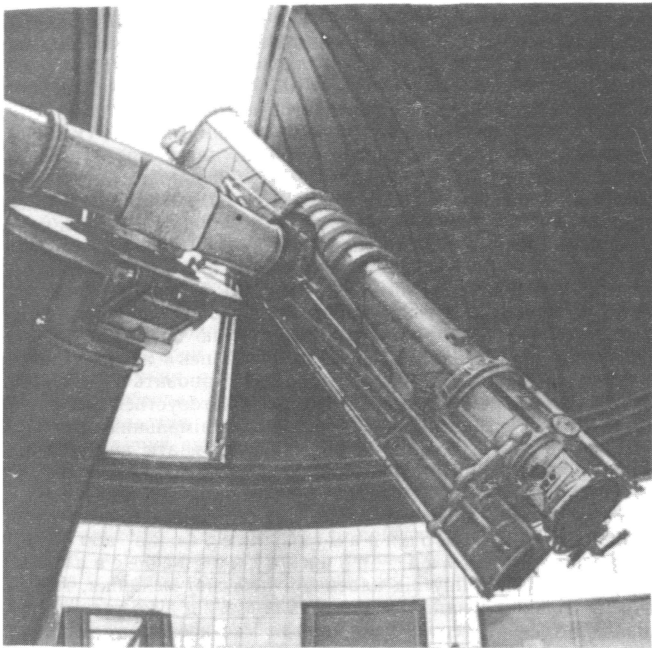
**Астробле́ма** (грец. *astêr* — зоря, *blêma* — рана) — залишок від космічної катастрофи під час зіткнень метеоритних, кометних і астероїдних тіл з поверхнями планет, супутників (див. кольорову вклейку, мал. 3). Таке зіткнення, залежно від маси космічного тіла та його швидкості, призводить до утворення ударного чи вибухового кратера. У процесі еволюції характерний рельєф (заглибини, вали, центральне підвищення) може зруйнуватися і про минулу катастрофу свідчать залишки валів, характер розміщення шарів породи, наявність слідів високих тисків (високобаричні структури, конуси руйнування тощо). Сліди таких космічних катастроф у вигляді *кратерів* та їх залишків є на планетах і супутниках земної групи та, мабуть, на *астероїдах*. Останніми роками багато таких слідів знайдено на Землі. Це, наприклад, Попігайська А. між нижні-



ми течіями р. Хатанги та р. Анабар на схід від Таймиру (діаметр 100 км, вік 20 млн. років), озеро Ельгигитгін на Чукотці (діаметр 20 км, вік 3,5 млн. років). Особливо сприятливі умови для збереження А. протягом тривалого часу створюються на кристалічних шитах, таких як Канадський та Український. На останньому вивчено ряд А., таких як Іллінецька біля с. Іллінци на Вінниччині (діаметр 5 км), біля с. Оболонь на Полтавщині (діаметр 20 км), біля с. Зелений Гай на Кіровоградщині (діаметр 1,5 км). Усі вони мають вік понад 100 млн. років, зовні помітити їх сліди може лише спеціаліст. Одна з найхарактерніших ознак А.— наявність *брекчій*. Великі перспективи для пошуків А. виникли завдяки методам космічної геології. Під час спостережень з космосу легко помітити мінімальні відмінності в забарвленні верхніх шарів поверхні Землі та характері рослинного покриву. В А. ці відмінності мають тенденцію до формування кільцевих структур. Діаметр  $D$  (в км) кратера чи А. зв'язаний з масою  $m$  (в т) метеоритного тіла (при швидкості близько 20 км/с) співвідношенням  $lg D = 0,3 lg m$ . Відношення глибини великого кратера до його діаметра становить  $1/3—1/5$ . Є дані про наявність на Землі дуже великих А. З А. пов'язана, очевидно, Гудзонова затока, область облямована Антарктичним півостровом, та ін.

**Астроботаніка** (грец. *ástron* — зоря і *ботаніка*) — розділ астрономії, в якому з аналізу оптичних властивостей земних рослин і порівняння їх з оптичними властивостями поверхонь планет вивчається питання про наявність життя на них. Дослідження в цьому напрямі розвивалися в минулому радянським астрономом Г. А. Тиховим (1875—1960) та його співробітниками в Секторі А. АН КазРСР. У зв'язку з можливостями прямого вивчення планет за допомогою космічних апаратів астроботанічні дослідження втратили своє значення.

**Астрóграф** (грец. *ástron* — зоря, *grápho* — пишу, малюю) — астрономічний прилад (мал. 2), телескоп для фотографування неба, головним чином, з астрометричною метою (див. *Астрометрія*). Визначальні параметри А.— діаметр об'єкта, від якого залежить *роздільна здатність* та *проникна сила* інструмента, а також фокусна відстань (і пов'язаний з нею масштаб зображення на пластинці). Масштаб у "/>



Мал. 2. Подвійний довгофокусний астрограф Головної астрономічної обсерваторії АН УРСР у Києві. Діаметр об'єктива 40 см, фокус — 5,5 м

снюється коригування положення телескопа — гідрування. Основні вузли А.: об'єктив, круги зі шкалами для наведення інструмента, система зрівноважування, система керування, *годинниковий механізм*, касетна частина. Нормальний А.— інструмент з фокусною відстанню 3,4 м, світлосила 1 : 10, об'єктив діаметром 35 см, масштаб на пластинці 60"/мм. Ним були обладнані деякі обсерваторії для виконання робіт

за програмою *Карта Неба (Carte du Ciel)*. Зонний А. використовували для фотографічних переспостережень за програмами *АГК2, АГК3* (світлосила 1 : 8, об'єктив діаметром 15—20 см, фокус 2 м, масштаб 100"/мм. Ширококутні А. (поле зору понад 5°) використовують для спостереження світил, які швидко змінюють своє положення на небі (комети, метеори, малі планети тощо), а також для астрометричних каталожних робіт. Ширококутні А., як правило, мають об'єктиви з невеликою фокусною відстанню, їх складна оптика розрахована на забезпечення якісного зображення на широкому полі пластинки. Для визначення високоточних координат небесних світил, паралаксів користуються довгофокусними А. з фокусною відстанню 10—15 м і більше, що забезпечує вигідний для таких робіт масштаб зображення. Для астрометричних робіт використовують, як правило, лінзові телескопи, хоч останніми роками поширились і астрометричні рефлектори. Поле зору А., як правило, становить 1—5°. При цьому для астрометричних цілей використовується невелика центральна частина поля, де внаслідок мінімальних *аберацій оптичної системи* можна найпростіше пов'язати виміряні на пластинці координати з небесними.

**Астродинаміка** (грец. *ástron* — зоря і *динаміка*) — розділ *небесної механіки*, який вивчає рух штучних небесних тіл. Інші назви — космодинаміка, небесна або космічна балістика, прикладна небесна механіка. На відміну від класичної небесної механіки, А. вивчає не тільки пасивний, а й активний рух під дією тяги двигунів. Ділиться на теорію руху центра мас космічного апарата і теорію руху відносно центра мас. Завдання А. — визначення найзручнішої орбіти з точки зору витрат енергії, часу, доставки корисного вантажу, зручності керування тощо. Важливе значення для організації раціонального польоту апарата має використання гравітаційного поля планет, Сонця, супутників (*пертурбаційний маневр*). Такий маневр дав можливість, зокрема, апарату «Луна-3» облетіти Місяць і повернутися в район Землі, космічним апаратам «Вега» пройти біля Венери і ядра комети Галлея. Методи А. використовують для стабілізуванню супутника в просторі. При гравітаційному стабілізуванні в пригоді стає гравітаційне поле Землі чи іншого тіла, аеродинамічному — опір атмосфери, активному — спеціальний двигун орієнтування.

**Астроклімат** — сукупність факторів, що визначають придат-

ність місця спостережень для якісних астрономічних досліджень. Оцінка астрокліматичних умов залежить від характеру спостережень (денні, нічні, радіоастрономічні, інфрачервоні, спектральні, позиційні тощо). До факторів А. належать прозорість атмосфери, характер систематичних рухів атмосферних шарів, стійкість зображення, кількість ясних ночей (днів), кількість ночей з максимальною якістю зображення, забрудненість атмосфери, яскравість фону неба та ін. Перед спорудженням обсерваторії астрономи завжди вивчають А. в місці її будівництва. Такі дослідження дуже важливі, оскільки поганим А. можуть бути зведені нанівець переваги великого телескопа. Сучасні інструменти з огляду на А. встановлюють, як правило, в горах. (Див. *Якість зображення*).

**Астролабн** (грец. *ástron* — зоря, *labē* — захоплення) — стародавній астрономічний кутомірний прилад.

**Астрологія** (грец. *ástron* — зоря, *lógos* — вчення) — уявлення, основу яких складає віра в зв'язок між розміщенням та рухом небесних світил з одного боку і явищами життя людини, суспільства — з другого. Виникла в давнину на ґрунті низького рівня знань про навколишній світ. Оскільки для складання гороскопів треба було знати положення світил, їх рухи, астрологи спостерігали за зорями і планетами, що відіграло важливу роль у нагромадженні астрономічних знань, їх узагальненні. А. підтримували при дворах стародавніх правителів, які сподівалися за її допомогою передбачити важливі на їх погляд події. На першому місці серед небесних світил у плані А. були Сонце, Місяць і планети.

**Астролябія** (грец. *ástron* — зоря, *labē* — захоплення) — кутомірний прилад, яким користувалися в минулому для визначення широт та довгот за спостереженнями світил поза меридіаном. У сучасній астрометрії використовують призмову А. Данжона (інакше — безособову А.) для визначення широти і часу із спостережень зір поза меридіаном на висоті близько 60° над горизонтом.

**Астрометричний інструмент** — астрономічний інструмент, який використовують для визначення точних координат світил на небі. Основна вимога до А. і. — точність механічних частин і висока якість оптики. А. і. ділять на візуальні, фотографічні, фотоелектричні. Прикладом візуального А. і. може бути *меридіанне коло, вертикальне коло, пасажний інструмент, універсальний інструмент, астролябія*. Фотографічний А. і. — *астрограф*. На відміну від астрофізичного телескопа, він



повинен давати на фотопластинці досить велике поле з мінімальними *абераціями оптичної системи*. Точність оптичних А. і лежить у межах  $0,1''$ . Останніми роками як А. і використовують *радіотелескопи* і їх системи, які залежно від відстані між ними та довжини хвилі можуть забезпечувати точність визначення координат до  $0,001''$  і навіть вищу.

**Астрометрія** (грец. *ástron* — зоря, *métron* — міра) — розділ астрономії, завданням якого є побудова *системи небесних координат*, визначення координат світил, вивчення обертання Землі, узгодження між собою *астрономічних сталих* і створення несуперечливої їх системи, визначення і зберігання *часу*. До А. входить сферична і практична астрономії, а також *фундаментальна А.* Остання займається створенням найточнішої, близької до інерціальної, системи координат на небі. Цю систему фіксують на небі кілька тисяч спеціально відібраних зір із старанно визначеними координатами та *власними рухами*. Дані про такі зорі зведені в спеціальні *каталоги* (фундаментальні каталоги). Оскільки за світилами спостерігають в основному з поверхні Землі, яка рухається навколо своєї осі і навколо Сонця, то координати світил можна визначити на основі знань про особливості руху Землі на орбіті (ці питання вивчає *небесна механіка*) і навколо осі. Останній рух дуже складний (див. *Прецесія, Нутація, Служба часу*), і його вивчення є важливим завданням А. Обертання Землі є мірилом часу, ритмом усього живого на Землі. Тому питання вивчення, зберігання і поширення *часу* мають велике практичне значення. Для астрометричних спостережень використовують спеціальні точні *астрометричні інструменти*. Засобами меридіанної астрометрії, основою якої є спостереження на *меридіанних колах, вертикальних колах, пасажних інструментах*, визначають високоточні координати невеликої частини (до кількох тисяч) найяскравіших зір. Далі, використовуючи ці координати як основу, засобами фотографічної астрометрії дістають точні координати сотень тисяч зір. Відносно останніх у разі потреби й визначають положення комет, планет і космічних апаратів. Проте наземна оптична А. не може дати точності, вищої від  $0,1''$ . Розвиток космічної техніки та *радіоастрономії* сприяли виникненню і розвитку космічної та радіоастрометрії. Винесення приладів за межі земної атмосфери, широке використання досягнень сучасної техніки дасть можливість протягом кількох років визначити положення сотень тисяч зір з принципово вищою точністю (до  $0,001''$ ), їх *власні рухи* і *паралакси*.

Таку саму, а в ряді випадків і вищу, точність сподіваються дістати методами радіоастрометрії з використанням наддовгобазових *радіоінтерферометрів*.

**Астронавігація** — методи визначення положення і орієнтування космічного апарата в просторі. Як правило, для цього використовують стеження за яскравими світилами (Сонце, планети, зорі), вимірювання кутів між напрямками на тіла Сонячної системи, радіолокаційні вимірювання дальності.

**Астронавтика** — див. *Космонавтика*.

**Астронімія** (грец. *ástron* — зоря, *onúma* — ім'я) — те саме, що й *космонімія*.

**Астрономічна обсерваторія** (грец. *ástron* — зоря, лат. *observare* — спостерігаю) — науково-дослідницька установа, в якій проводять спостереження за небесними світилами, вивчають їх. А. о. зародилися в часи виникнення астрономії. Залишки А. о. знайдено в Європі на Близькому Сході, в Індії, Китаї, Америці. Таким залишком, зокрема, є *Стоунхендж* в Англії, з середніх віків широко відомою є обсерваторія Улугбека під Самаркандом (XV ст.). Створені з розвитком астрономії в нові часи А. о. відіграли значну роль в історії науки. Це Ураніборг — обсерваторія Тихо Браге в Данії (XVI ст.), Паризька А. о. (XVII ст.), Грінвіцька (XVII ст.) та ін. Найстарішою діючою А. о. в СРСР є Тартуська, створена на початку XIX ст. На Україні є чотири університетські А. о. (Київ, Харків, Львів, Одеса), Головна А. о. АН УРСР (Київ), Полтавська гравіметрична обсерваторія, Миколаївська А. о. (філіал Пулковської), Кримська астрофізична обсерваторія АН СРСР. Є ряд заміських спостережних станцій, в тому числі високогірна база українських астрономів на піку Терскол (Приельбрусся, висота 3100 м). Під Ужгородом працює Лабораторія космічних досліджень Ужгородського університету, де ведуться спостереження ШСЗ. Серед А. о. є астрометричні, астрофізичні і радіоастрономічні обсерваторії. Близькі до А. о. — геофізичні, гравіметричні, геодинамічні обсерваторії, основним напрямом досліджень яких є фізика, будова і рух Землі навколо своєї осі. З початком космічної ери почали розрізняти наземні і орбітальні обсерваторії. У найближчі роки планується вивести на орбіту дві дуже важливі обсерваторії: астрометричну за програмою ГППАРКОС (для визначення високоточних координат і паралаксів 300 тис. зір) і астрофізичну, обладнану Космічним телескопом ім. Хаббла (діаметр дзеркала 2,4 м). Розглядаються проекти створення позаземних А. о. на інших тілах Со-

нячної системи. З урахуванням особливостей *астроклімату* останніми десятиріччями великі інструменти встановлюють на значних висотах (до 4200 м). Це — високігорні А. о.

**Астрономічна одиниця** — 1) А. о. відстані (а. о.) дорівнює великій півосі земної орбіти,  $1,49597870 \cdot 10^{11}$  м. В *астрометрії* та *небесній механіці*, де потрібна особливо висока точність і узгодження з іншими астрономічними сталими, користуються таким означенням: А. о. дорівнює великій півосі орбіти частинки Сонця і має середній кутовий рух  $0,01720209895$  радіана за ефемеридну секунду. Це чисельне значення називають гауссовою *гравітаційною сталою*, різниця з наведеною вище величиною становить 35 км. Для вимірювання більших відстаней використовують *парсек*, *світловий рік*:  $1\text{пк} = 206265,8062471$  а. о.  $= 3,26$  світлового року  $= 3,08 \cdot 10^{13}$  км. 2) А. о. маси дорівнює масі Сонця  $1,9891 \cdot 10^{33}$  г. 3) А. о. *часу* дорівнює одній *ефемеридній добі* (86 400 ефемеридних секунд). Використовують також юліанське сторіччя, яке дорівнює 36 525 діб.

**Астрономічна північ** — момент нижньої *кульмінації* центра Сонця.

**Астрономічна фотографія** — сукупність методів спостережень небесних об'єктів, які базуються на використанні фотографії. Розрізняють фотографічні методи вивчення фізичної природи космічних об'єктів і методи фотографічної *астрометрії*. А. ф. ставить особливі вимоги до якості фотоматеріалів: висока чутливість і роздільна здатність фотоемulsії. Фотографують за допомогою *астрографів*, астрокамер і ряду інших інструментів спеціального призначення.

**Астрономічні сталі** — сталі, які використовують в астрономії, утворюють так звану *систему астрономічних сталей*. Основна вимога до неї: взаємна узгодженість усіх числових значень у межах точності їх визначення і сумісність у розумінні точної відповідності основним теоретичним співвідношенням між ними. Бесселеві сталі — величини, за допомогою яких враховують *аберацію світла* та *прецесію* земної осі в положеннях зір на небесній сфері. Величина абераційного зміщення визначається сталою аберації (20,496"), нутаційного — сталою нутації (9,210"), прецесійного — сталою прецесії (5029,0966" за сторіччя), рефракційного заломлення в атмосфері — сталою рефракції (60,27"). Особливості обертання близьких до Сонця зір навколо галактичного центра описуються сталими Орбта. До

А. с. входить також гауссова *гравітаційна стала* (0,01720209895), що визначає *астрономічну одиницю* довжини, і ряд інших величин. Слід ще назвати *сталу Хаббла*, яка характеризує темп розбігання галактик, розширення Всесвіту. Вона дорівнює 50—100 км/(с • Мпк). *Сонячна стала* характеризує кількість енергії, яку приносять сонячні промені на 1 см<sup>2</sup> поверхні за межами атмосфери за одиницю часу (0,136 Дж/(см<sup>2</sup>•с)). На світанку розвитку релятивістської космології для забезпечення стаціонарності розв'язання рівнянь гравітаційного поля для Всесвіту А. Ейнштейн ввів до А. с. так звану космологічну сталу  $\Lambda$ , якою враховуються гіпотетичні сили всесвітнього відштовхування. Тепер таку модель Всесвіту розглядають для пояснення початкових етапів його розширення (інфляційна модель).

**Астрономічні таблиці** — таблиці, потрібні для опрацювання астрономічних спостережень з метою визначення координат на поверхні Землі для потреб *геодезії*, навігації. Містять дані про координати яскравих зір, планет, Сонця, Місяця, про умови освітленості, поправки на рефракцію тощо.

**Астрономічний павільйон** — спеціальна споруда з відкритим (як правило обертовим) куполом, в якій встановлюють астрономічні інструменти (див. кольорову вклейку, мал. 4).

**Астрономія** (грец. *ástron* — зоря, *nómos* — закон) — наука про закони руху, будову й розвиток небесних світил та їх систем. Сферична А.— розділ, в якому вивчаються методи астрономічних вимірювань на небесній сфері, методи опрацювання позиційних спостережень. Основним математичним апаратом є сферична тригонометрія. Авіаційна А., мореплавська А.— прикладні науки про астрономічні прийоми визначення положення корабля в повітрі або на морі. Практична А. вивчає практичні прийоми спостережень для визначення головним чином географічних координат. Практична астрофізика вивчає методи астрофізичних спостережень. Розрізняють наземну та позаатмосферну А. Вивчення природи різних об'єктів Всесвіту накладає характерні особливості на той чи інший розділ А., зумовлює формування характерних для кожного з них методів. Об'єктами вивчення позагалактичної А. є далекі галактики та інші космологічні об'єкти (для яких помітну роль відіграють ефекти розширення Всесвіту), їх рухи, розподіл у просторі, фізична природа. Галактична А. вивчає нашу *Галактику*, зоряна А.— фізичну природу зір і



рухи в Галактиці. Розділи А., які вивчають Сонце, планети, метеорні явища тощо, називають відповідно фізикою Сонця (сонячною фізикою), фізикою зір, фізикою метеорних явищ, фізикою міжзоряного середовища тощо. Поряд з фізикою метеорних явищ є метеорна А., що охоплює питання *небесної механіки, космогонії* малих тіл Сонячної системи, визначення положень і орбіт метеорних часток та інші питання. Близькою до неї є кометна А. За діапазоном електромагнітного спектра розрізняють гамма-А., інфрачервону А., рентгенівську А., оптичну А. тощо. Спостережна А. вивчає практичні прийоми ведення спостережень, а описова — результати прямих спостережень без розгляду питань про походження, фізичні умови та процеси, які відбуваються в небесних тілах. Характерна для ранніх етапів розвитку астрономічної науки. У курсах загальної А. даються основні відомості з А., що є основою для дальшого поглибленого вивчення її. *Небесна механіка* (або *динамічна А.*) вивчає закони руху небесних тіл. Частиною її є теоретична А., яка розробляє методи визначення положень небесних тіл *Сонячної системи* в минулому і майбутньому, тобто обчислення *ефемерид* (звідси — *ефемеридна А.*).

**Астропункт** — пункт земної поверхні, для якого методами практичної астрономії визначено точні астрономічні координати і азимутальні зв'язки пунктів Державної геодезичної служби.

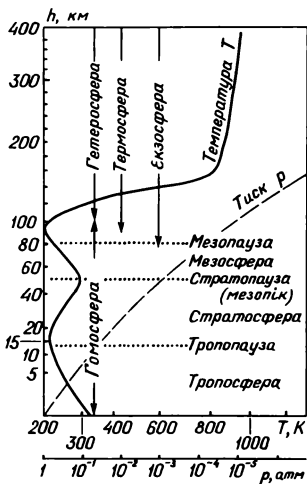
**Астроспектроскопія** — частина астрономії, в якій за допомогою *спектрів зір, туманностей, комет* і, взагалі, астрономічних об'єктів вивчається їх випромінювання, фізичні умови в них. Для цього використовують ряд приладів та пристроїв: об'єктивну призму, об'єктивну ґратку, *спектроскоп, спектрограф, монохроматор* і ін. Поряд з об'єктивними призмами та ґратками використовують відбивні *дифракційні ґратки* — відбивні поверхні з нанесеними на них штрихами (до сотень на 1 мм), а також *ешеле*, ешелет — відбивні ґратки із спеціальним профілем штрихів, що забезпечує мінімальні втрати світла у вторинних спектрах. Зоряні спектрографи відрізняються від небулярних, призначених для вивчення спектрів туманностей. В А. використовують абсорбційні (поглинаючі), *інтерференційно-поляризаційні фільтри* та інші, що дають зображення об'єкта в більш чи менш вузькій ділянці спектра. Основна характеристика спектраль-

ного приладу — спектральна *роздільна здатність*  $R$ :  $R = \lambda / \Delta\lambda$ , де  $\lambda$  — довжина хвилі,  $\Delta\lambda$  — мінімальна різниця довжин хвиль двох спектральних ліній, які ще сприймає прилад як окремі лінії. Лінійна дисперсія спектрального приладу дає масштаб спектра у фокальній площині в міліметрах на ангстрем або навпаки. Для великих сонячних спектрографів лінійна дисперсія досягає 100 мм/нм.

**Астрофізика** — розділ астрономії, який вивчає фізичну природу, хімічний склад, походження і еволюцію небесних об'єктів, усього Всесвіту в цілому. Почала розвиватись із середини XIX ст., у зв'язку з розвитком фізики, спектроскопії, фотографії. Серед розділів А. — фізика Сонця (сонячна фізика, геліофізика), фізика зоряних атмосфер, фізика міжзоряного середовища, фізика планет, метеорних явищ, космічних променів, комет, газових туманностей тощо. Релятивістська А. вивчає процеси в космосі, для яких істотними є ефекти теорії відносності. Ці ефекти стають помітними за великих швидкостей і сильних гравітаційних полів, коли  $\varphi/c^2 \approx 1$ , де  $\varphi$  — *гравітаційний потенціал*. Типовими об'єктами релятивістської А. є *нейтронні зорі, чорні діри, Всесвіт* в цілому, *гравітаційні лінзи* і ін.

**Астрофотографія** — див. *Астрономічна фотографія*.

**Атмосфера** (грец. *atmós* — пара, *spháira* — куля) — 1) Повітряна оболонка Землі, що є сумішшю газів, водяної пари, інших домішок. Склад за об'ємом (у %):  $N_2$  — 78,  $O_2$  — 21,  $Ar$  — 1,  $CO_2$  — 0,03, незначна кількість водню, неону, гелію, криптону, озону і ін. Загальна маса А.  $5 \cdot 10^{18}$  кг, густина на рівні моря —  $1,3 \text{ кг/м}^3$ . З висотою густина А. спадає за степеневим законом, зменшуючись на висоті 200 км у  $10^7$  раз. За фізичними процесами, характером рухів, параметрами температури, тиску та іонізації А. поділяють на окремі зони, шари (мал. 3). **Тропосфера** простягається від поверхні Землі до висот 10—12 км (на екваторі — до 16—18 км), вона містить 4/5 всієї маси А. Температура спадає тут на  $5\text{—}6^\circ/\text{км}$ . У тропосфері розгортаються процеси, пов'язані з формуванням погоди. Від границі тропосфери (*тропопаузи*) до висот 50 км простягається **стратосфера**. Тут температура починає повільно зростати з висотою. У стратосфері міститься основна кількість озону, що виникає від дії короткохвильового сонячного випромінювання на молекули кисню. У стратосфері іноді спостерігаються перламутрові хмари, хоч води тут дуже мало. Від



Мал. 3. Будова атмосфери Землі

ють для кожної складової атмосфери свою шкалу висот. У гомосфері цьому перешкоджають явища інтенсивного перемішування складових А. Межа між гомо- і гетеросферою називається *гомопаузою* або *турбопаузою*. У *магнітосфері*, що простягається до десятка радіусів Землі на її денному боці, вирішальну роль відіграє взаємодія заряджених частинок з геомагнітним полем. Від висот близько 100 км температура А. підвищується у зв'язку з поглинанням короткохвильового сонячного випромінювання розрідженою А. Цю область називають *термосферою*. 2) Газова оболонка планет і супутників. Існування А. можливе за умови достатньої маси планети. Внаслідок теплового руху частинок А. якась їх частина (в *екзосфері*) може набути другої *космічної швидкості* і назавжди втратити зв'язок з планетою (див. *Дисипація атмосфери*). З цієї причини не може існувати розвинена А. на Місяці, Меркурії, багатьох супутниках планет. Проте залишки А. спостерігаються й тут,

верхньої межі стратосфери (стратопауза або мезопік) до висот 80 км — область *мезосфери*. Температура тут спадає з висотою, а на верхній межі мезосфери спостерігаються сріблясті хмари. Від висот 70 км і вище простягається *іоносфера*, де визначальну роль відіграють процеси іонізації частинок атмосфери сонячним випромінюванням і стан якої великою мірою залежить від сонячної активності. В *екзосфері* (від висоти близько 1 тис. км) молекулярні зіткнення відбуваються рідко і тому можлива дисипація частинок у космічний простір (див. *Дисипація атмосфери*). До висот 100 км (*гомосфера*) всі складові А. добре перемішані між собою, а вище (у *гетеросфері*) основну роль починають відігравати явища дифузії, які встановлю-

але це динамічна А., яка безперервно утворюється від газовиділення порід, набігаючого сонячного вітру, і так само безперервно втрачається.

### Атмосфера деяких планет і супутників

Небесне тіло	Густина, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Тиск $p$ , атм	Температура $t^\circ$ , С	Хімічний склад, %
Меркурій	$10^{-14}$	$10^{-14}$	-140— +230	Ne, He, H <sub>2</sub>
Венера	60	90	460	CO <sub>2</sub> —95 N <sub>2</sub> —3—5, H <sub>2</sub> O—0,2
Земля	1,3	1	-30— +40	N <sub>2</sub> —78, O <sub>2</sub> —21, H <sub>2</sub> O—0,1 ÷ 1, інертні— 1
Марс	$1,2 \cdot 10^{-2}$	0,01	0—-70	CO <sub>2</sub> —95, O <sub>2</sub> —0,1—0,4 N <sub>2</sub> —2—3, H <sub>2</sub> O—0,1
Юпітер	—	—	—	H <sub>2</sub> —87, H <sub>2</sub> O— $10^{-4}$ , інертні—13
Уран	—	—	—	інертні—10—15
Титан	—	1,5	-180	N <sub>2</sub> —98, метан—1
Іо	—	$10^{-8}$	—	SO <sub>2</sub>

3) Верхні шари зір, у тому числі й Сонця. Сонячна А. складається з *фотосфери* (простягається на глибину до 500 км від видимої «поверхні» Сонця), *хромосфери* (нижньої, середньої і верхньої) і *сонячної корони* (внутрішньої і зовнішньої).

**Атмосферна дисперсія** — розтягування світла в спектр, спричинене залежністю коефіцієнта заломлення світла в атмосфері від довжини хвилі променя. Збільшується із зростанням зенітної відстані світила і створює перешкоди при астрометричному фотографуванні неба. Під час візуальних спостережень А. д. спричинює почервоніння верхнього і посиніння нижнього країв зображення світила.

**Афелій** (грец. *aró* — вдалині від, *hélíos* — Сонце) — див. *Апоцентр*.

**Афокальна система** (грец. *a* — означає відсутність ознаки, лат. *focus* — вогнище) — оптична система з нескінченно великою фокусною відстанню. Використовується для усунення

сферичної аберації та коми (див. *Аберація оптичної системи*). Звичайно А. с. складається з двох лінз, виготовлених з однакового сорту скла, одна з яких опукла, а друга — вгнута.

**Ахромат** (грец. *achromatos* — безбарвний) — об'єктив, у якому усунуто сферичну і зменшено хроматичну аберації (див. *Аберація оптичної системи*). Лінзи такого об'єктива виготовляють з різних сортів скла так, щоб червоні промені з одного боку і сині з другого фокусувалися на одній відстані від об'єктива. Це істотно зменшує хроматизм зображення. Залежно від того, промені яких довжин хвилі зводяться в один фокус, розрізняють фотографічні А. і візуальні А. Як правило, А. складається з двох лінз (ахроматичний дублет). В А. розкладання світла вздовж оптичної осі істотно зменшене, залишковий ахроматизм називають вторинним спектром.

**Ахроматизація** (від *ахромат*) — зменшення хроматизму зображення (див. *Ахромат*).

## Б

**Ба́зисні спостереження** — астрономічні спостереження з кількох пунктів, що дають можливість визначити відстань до об'єкта, явища. Так, фотографуючи метеорне явище з двох віддалених пунктів і реєструючи в них величину зміщення зображення на фоні зоряного неба, можна визначити висоту і швидкість метеорної частинки, місце падіння *боліда* тощо.

**Ба́йсинг** (англ. *bias* — нахил) — процес формування галактик у тих зонах розширюваного Всесвіту, де густина речовини найбільша.

**Бари́центр** (грец. *barýs* — важкий і *центр*) — центр мас системи тіл. Б. Сонячної системи, залежно від розміщення планет на їх орбітах, може віддалятися від центра Сонця на кілька сонячних радіусів. Навколо цієї точки рухаються планети Сонячної системи і саме Сонце.

**Ба́рстер** (англ. *burst* — вибух, спалах) — джерело рентгєнівського *випромінювання*, що характеризується періодичним короткочасним підсиленням сигналу з характерним часом між спалахами — години, доба. Б. часто спостерігаються в центральних частинах кулястих *скупчень зоряних*. Б. нале-



жать до сферичної підсистеми Галактики, відкриті в 70-х роках ХХ ст. Період їх спалахів витримується до 50 %. Імовірна природа: гелієвий термоядерний спалах тонкого шару речовини на поверхні *нейтронної зорі*. Речовина надходить на нейтронну зорю внаслідок її нерівномірної *акреції* від сусідньої звичайної зорі, яка утворює з нейтронною подвійною системою і вже заповнила свою порожнину *Рóша* (див. *Межа Рóша*). Інший механізм — випромінювання нестійкої плазми *акреційного диска*, яка рухається поблизу від *горизонту подій чорної діри*.

**Біла діра** — антипод *чорної діри*. Внаслідок симетрії рівнянь загальної теорії відносності щодо часу є розв'язки, що описують процес, зворотний до гравітаційного *коллапсу* речовини в *чорну діру*. Це явище утворення надпотужної зорі, що раптом почала розгортатися, викидаючи речовину. У природі ще не відкрито.

**Біла ніч** — явище, яке спостерігається у високих широтах (за  $59,5^\circ$ ), коли поблизу літнього *сонцестояння* не закінчуються громадянські *присмерки*, бо Сонце не опускається за *горизонт* далі ніж на  $7^\circ$ .

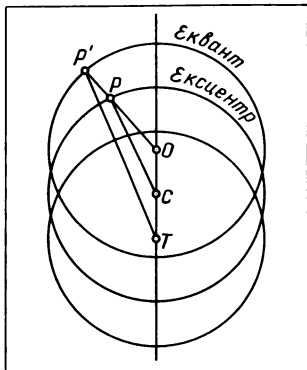
**Білий карлик** — див. *Карлик*.

**Біосфера** (грец. *bios* — життя і *сфера*) — зона на Землі, взагалі — на будь-якій планеті, яка пов'язана з життям і знає його впливу. До Б. входить гідросфера, верхня частина земної кори (*літосфера*), нижня частина *атмосфери*. Б. є фактором космічним, вона накладає відбиток на геологічні і геофізичні процеси. Прикладом такого впливу є склад атмосфери Землі, оскільки збагачення її киснем могло статися саме внаслідок процесів фотосинтезу, що характерні для земних рослин.

**Бісектування (бісекціювання)** (лат. *bis* — двічі, *secto* — розтинаю) — процес наведення візирної нитки мікрометра *телескопа* (або вимірювального інструмента) на світило (або його зображення) від час визначення точних координат в *астрономії*.

**Бісекція ексцентриситету** — геометричний прийом, який давав можливість астрономам минулого (починаючи від Птолемея) за рівномірним рухом точки  $P'$  по колу (*екванту*) з центром у точці  $O$  описати нерівномірний рух планети  $P$  по *ексцентру* — колу з центром у точці  $C$  (мал. 4). Спостерігач перебуває в точці  $T$ . Б. е.— це вибір положення точки  $C$  на середині відрізка  $TO$ .

**Близькодія** — концепція сучасної фізики, згідно з якою вза-



Мал. 4. До статті Бісекція ексцентриситету

ся, то зникатиме (наприклад, *нова зоря*), або «стрибатиме» з одного місця на друге (наприклад, *мала планета*). Зображення інших світил будуть сталі (нерухомі).

**Болід** (франц. *bolide* від грец. *bolis* (*boldos*) — метална зброя) — яскравий *метеор*, що має помітний кутовий поперечник. Виникає при вторгненні в атмосферу метеоритної частинки значної маси (понад 0,1 кг). Б. має яскравий хвіст з іонізованих газів і пилових частинок. Можна спостерігати і вдень, тоді хвіст буде темний. Політ Б. часто супроводиться гуркотом, свистом, сюрчанням і закінчується падінням *метеорита*.

**Болометр** (грец. *bolē* — кидок, промінь) — прилад для визначення кількості енергії, яка надходить від джерела випромінювання. Б. — тепловий приймач, дія якого ґрунтується на реєстрації підвищення температури тіла при поглинанні ним випромінювання.

**Болометрична поправка** — різниця між болометричною  $m_{bol}$  та фотовізуальною  $m_{pv}$  зоряними величинами світила. Має мінімальне значення для зір, максимум випромінювання яких лежить у видимому діапазоні *спектра*. Збільшена на Б. п. візуальна або фотовізуальна зоряна величина характеризує

емодія між матеріальними об'єктами передається із скінченною швидкістю з участю фізичних полів і частинок.

**Блиск** — умовна міра *освітленості*, що її створює світло на площині, перпендикулярній до його променів. Б. вимірюють у *зоряних величинах*.

**Блінк-компаратр** (англ. *blink* — миготіти, *compare* — порівнювати) — прилад для порівняння двох астрознімків. У фокальну площину по черзі подають зображення то одного, то другого знімка. Якщо на одному із знімків буде новий (або рухомий) об'єкт, дослідник зможе його легко помітити, бо об'єкт то з'являтиметься

повне (а не видиме оком) випромінювання зорі. Б. п. залежить від температури поверхні зорі.

$T_{\text{эф}}$ , тис. К	3	4	6	10	20	50
Б. п.	-2,5	-1,0	0,0	-0,4	-2,6	-4,6

**Боннський Огляд** (нім. *Bonner Durchmusterung, BD*) — відомий каталог наближених координат (точність до  $0,1'$ ) і зоряних величин (точність до  $0,3^m$ ) усіх зір до  $9^m$  від північного полюса світу до схилення  $-2^\circ$ . Містить 324 тис. зір. Б. О. складений у Німеччині у 1852—1859 рр. під керівництвом Ф. В. А. Аргеландера (1799—1875), не втратив свого значення й тепер. Використану в ньому нумерацію використовують для ідентифікації зір північного неба.

**Бре́кція** (італ. *breccia* — зцементована гірська порода) — зцементована під дією тиску, часу порода, що складається з уламків. За походженням розрізняють вулканогенні, осадові, тектонічні Б., а також пов'язані *астроблемами*.

## В

**Вага** — сила, з якою тіло масою  $m$  в полі притягання космічного тіла діє на опору або підвіс. В. дорівнює  $mg$ , де  $g$  — прискорення вільного падіння.

**Велика Магелланова Хмара (ВМХ)** — див. *Магелланові Хмари*.

**Велика Червона Пляма (ВЧП)** — стійке утворення в атмосфері Юпітера, яке спостерігається протягом трьох століть. ВЧП має овальну форму розмірами  $10 \times 30$  тисяч км. Колір червонуватий, змінюється. На знімках з близької відстані (космічні апарати «Вояджер-1» і «Вояджер-2») помітно спіральну структуру (див. кольорову вклейку, мал. 5). ВЧП нерівномірно дрейфує уздовж паралелі, тричі за сторіччя обходячи планету. Це велетенський вихор типу антициклону з періодом обертання всередині 6 діб. Час існування — кілька тисяч років.

**Велике об'єднання взаємодій** — фізичні теорії, в яких робляться спроби пов'язати, об'єднати три взаємодії — сильну, слабку та електромагнітну в межах однієї. Основна 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 електричної і магнітної взаємодій в електромагнітну, електромагнітної і слабкої взаємодій в електрослабку. Блискучим підтвердженням теорії електрослабкої взаємодії було експериментальне відкриття передбачених теорією  $W$  і  $Z$  бозонів. У межах сучасних уявлень всі взаємодії відбуваються через обмін частинками, які переносять взаємодію. У разі електромагнітних сил це фотони, слабких — проміжні бозони  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z$ , сильних — глюони (ще один вид проміжних бозонів). При енергіях частинок  $10^{14}$  GeV відмінність між трьома взаємодіями зникає, за цих умов вони описуються одними й тими самими константами. Це і є теорії В. о. в. Тепер обговорюються моделі об'єднання чотирьох взаємодій (включаючи гравітаційну) — моделі супергравітації.

**Великий Вибух** — термін, за допомогою якого об'єднано сучасні уявлення про початкові стадії розвитку Всесвіту, що пояснюють його еволюцію і властивості. Основні аргументи на користь концепції В. В. або гарячого Всесвіту: розширення Всесвіту у наш час, спостереження *реліктового радіовипромінювання*, співвідношення між воднем і гелієм у Всесвіті, порівняно велика кількість дейтерію тощо. Певний час вважали, що Всесвіт почав розширюватися від стану сингулярності, коли температура була дуже висока, а густина і тиск мали нескінченно великі значення. Такий стан повинен описуватися ще невідомими нам законами фізики, де всі взаємодії об'єднані (див. *Велике об'єднання взаємодій*). Відомі нам фізичні закони за тих умов почали діяти, коли внаслідок вибухоподібного розширення густина зменшилась до  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup>, що мало статися через  $10^{-43}$  с після початку вибуху. Цей етап розвитку від початку до планківського часу  $10^{-43}$  с назвали допланківською ерою. Далі, за класичною схемою В. В., до  $10^{-4}$  с тривала адронна ера, протягом якої головну роль відіграло випромінювання, важкі частинки розпадалися і взаємно перетворювалися. З розширенням Всесвіту температура, тиск і густина в ньому зменшувалися і в кінці адронної ери відбулася анігіляція нуклонів (протонів і нейтронів) з антинуклонами. Тоді саме й сформувалася певна асиметрія між частинками і античастинками: порівняно незначна кіль-

кість частинок (їх відносне число  $10^{-9}$ ) залишилася, оскільки античастинки, які відповідають їм, розпалися іншими каналами (за іншими схемами). Цьому ми завдячуємо існуванням речовини в нашому Всесвіті. Починаючи з  $10^{-4}$  с (лептонна ера), головну роль відіграють легкі частинки — мюони, електрони і позитрони, а закінчується ця ера їх взаємною анігіляцією із збереженням певної кількості електронів. У момент 0,2 с після початку розширення ефективна взаємодія нейтрино з речовиною припиняється, Всесвіт стає прозорим для нейтрино, які вже не залежать від речовини, «відриваються» від неї. Ці реліктові нейтрино, можливо, згодом вдасться зареєструвати. З моменту  $t = 10$  с починається ера випромінювання, яке активно взаємодіє з речовиною і число квантів якого набагато (у  $10^9$  раз) перевищує число частинок. Це співвідношення зберігається дотепер. Відбувся також синтез основної частини наявного у Всесвіті гелію. В кінці ери випромінювання плазма переходить від іонізованого до нейтрального стану: електрони рекомбінують з ядрами водню (протонами) і гелію (альфа-частинками). Це — епоха рекомбінації. Завдяки розширенню Всесвіту енергії квантів тепер не досить для іонізації атомів, кванти вже не поглинаються, Всесвіт стає прозорим для електромагнітного випромінювання. Існування цього випромінювання, яке не залежить від речовини, було доведено в 1965 р., коли зареєстрували *реліктове радіовипромінювання*. З моменту 1 млн. років розпочалася ера речовини, яка триває й тепер; протягом цієї ери сформувалися галактики і зорі. Параметри в основні моменти цієї стандартної моделі гарячого Всесвіту, яку запропонував Дж. Гамов у 1947 р., подано в такій табл.

Однак зазначимо, що останніми роками замість уявлення про

Ери	Процеси, епохи	Температура, К	Густина, г/см <sup>3</sup>	Час від початку, с
Допланківська Адронна	?	?	?	до $10^{-43}$
	Початок ери Виникнення асиметрії	$10^{32}$	$10^{94}$	$10^{-43}$
	Анігіляція нуклонів	$10^{28}$ $10^{12}$	$10^{78}$ $10^{16}$	$10^{-35}$ $10^{-5}$

Продовження таблиці

Ери	Процеси, епохи	Тем- пера- тура, К	Гу- стина, г/см <sup>3</sup>	час від початку, с
Лептонна	Початок ери	$10^{12}$	$10^{14}$	$10^{-4}$
	Анігіляція мезонів	$3 \cdot 10^{11}$	$10^{12}$	$10^{-3}$
Ера випро- мінювання	Відокремлення ней- трино	$2 \cdot 10^{10}$	$10^7$	0,2
	Анігіляція електро- нів і позитронів	$10^{10}$	$10^4$	10
	Синтез первинного гелію	$10^9$	$10^2$	$10^2$
Ера речо- вини	Реліктове випромі- нювання	$4 \cdot 10^3$	$10^{-21}$	$10^6$ р.
	Утворення зір і га- лактик	30	$10^{-27}$	$10^9$ р.
	Сучасна епоха	2,7	$10^{-30}$	$1,5 \cdot 10^{10}$ р.

вихід Всесвіту з сингулярного стану розглядають інфляційну стадію розвитку Всесвіту (див. *Початкова стадія розширення Всесвіту*). Тут вважають, що «спочатку» народжується замкнений Всесвіт радіусом близько планківської довжини ( $10^{-33}$  см), заповнений речовиною або полями, густина яких має планківське значення  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup> (або в одиницях енергії  $10^{107}$  Дж/см<sup>3</sup>). Тут же до моменту близько  $10^{-32}$  с Всесвіт «роздувається» і його розміри зростають у  $10^{1\,000\,000}$  разів. Найважливіша ознака цієї стадії — тиск має від'ємне значення, що підтримує концентрацію енергії на згаданому рівні, хоч відстані між двома взятими точками Всесвіту з часом зростають за експоненціальним законом (таке розширення й названо і н ф л я ц і є ю). Далі настає перехід на модель розширюваного Всесвіту, в якому перебіг фізичних процесів такий, як описано. (Див. *Гаряча модель Всесвіту*).

**Великий Провал** — темна смуга в Молочному Шляху від сузір'я Лебедя до сузір'я Скорпіона. Збігається з середньою площиною Галактики. Газопилові хмари, які концентруються до площини Галактики, екранують світло розміщених за ними зір і туманностей, що й проявляється як В. П.

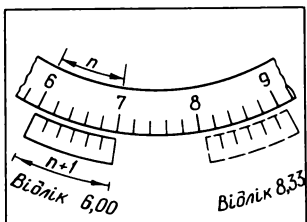
**Великомасштабна структура Всесвіту** — термін, який вживають відносно розподілу галактик та їх скупчень у просторі.



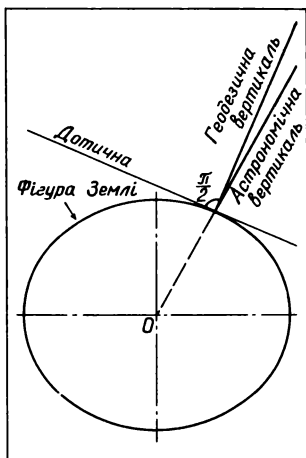
Якщо у *Метагалактиці* виділити сфери радіусом 100 Мпк, то кількість речовини в них мало змінюватиметься від сфери до сфери. У цьому розумінні можна говорити про *однорідність Всесвіту*. Але при переході до менших масштабів ми помітимо, що речовина розподілена нерівномірно. Галактики утворюють скупчення, розміри яких в середньому становлять 3 Мпк. Скупчення входять до складу надскупчень — утворень розмірами 50—150 Мпк. Ці плоскі надскупчення утворюють грані і ребра гігантської так званої *комірчастоструктури* *Всесвіту*, що її можна до певної міри порівняти з мильною піною чи порожніми бджолиними стільниками. Простір між гранями такої структури, де матерії значно менше, називають порожнечами або *водами*. Їх зафіксовано спостереженнями. Коріння неоднорідності в розподілі матерії сягають часів виникнення Всесвіту, його початкових етапів (див. *Великий Вибух*). Утворення неоднорідностей описується в межах вихрової, ентропійної та адиабатичної теорій. В *адиабатичній теорії* вважають, що тих малих збурень густини на початкових стадіях зазнавало й випромінювання (у процесі еволюції неоднорідності підсилювалися), в *ентропійній* — тільки плазма. Відмінності в теоріях стають помітними лише при описі післярекомбінаційної ери. В *ентропійній теорії* неоднорідності зростають від малих мас ( $10^5 M_{\odot}$ ) до галактик і їх скупчень, в *адиабатичній* — навпаки: від велетенських масштабів неоднорідностей ( $10^{13}$ — $10^{16} M_{\odot}$ ), що потім поділилися (фрагментувалися) на менші за масами і розмірами. Справедливість тієї чи іншої теорії можна встановити, вивчаючи скупчення і надскупчення галактик, усі ланки еволюції від початку Великого Вибуху. Адиабатична теорія (Я. Б. Зельдович) веде до утворень типу «млинців» (інакше — теорія «млинців»), що в основних рисах підтверджується відкриттям *комірчастої структури Всесвіту*, якщо її грані ототожнити з «млинцями».

**Венера** (римська паралель Афродіти, грецької богині плодучості, краси, кохання) — див. *Планети Сонячної системи* і додаток 2.

**Верньєр** (від прізвища автора винаходу француза П. Верньє (1580—1637) — *P. Vernier*) — пристрій до колової шкали для відлічування результатів вимірювання на ній з точністю, яка перевищує інтервал між штрихами (аналог *ноніуса*). Складається з рухомої (вздовж основної) ділянки шкали з  $n+1$  поділками, які за довжиною вкладаються в  $n$  поді-



Мал. 5. Принцип роботи з верньєром



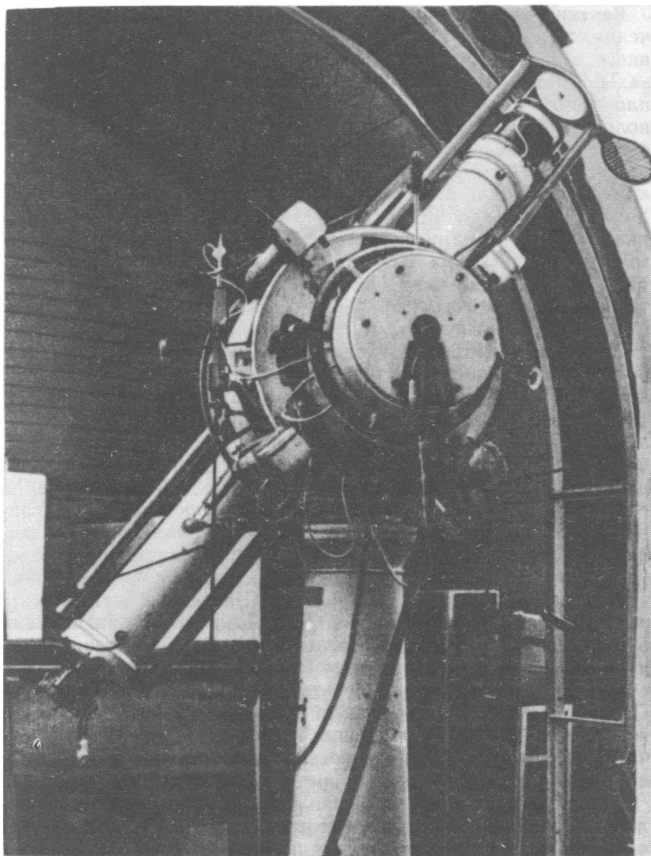
Мал. 6. Астрономічна та геодезична вертикалі

лок основної шкали (мал. 5). В. дає змогу відлічувати з точністю до  $1/n$  частки поділки основної шкали. Використовується в кутомірних астрономо-геодезичних інструментах. Цілою частиною відліку є останній штрих, за яким починається додаткова шкала, дробовою —  $k/n$ , де  $k$  — порядковий номер штриха на основній шкалі, що збігається із штрихом на додатковій. Винайдений у 30-х роках XVII ст.

**Верте́кс** (лат. *vertex* — центр обертання неба; від *verto* — обертаю) — точка небесної сфери, до якої спрямовані *некулярні* рухи зір.

**Вертика́л** (лат. *verticalis* — прямовисний, вертикальний) — велике коло, яке проходить через *зеніт* і світило. Перший В. проходить через точки сходу і заходу.

**Вертика́ль** (лат. *verticalis* — прямовисний, вертикальний) — 1) Лінія виска в точці спостереження (інакше — гравітаційна, астрономічна В.). 2) Перпендикуляр у точці спостережень до поверхні фігури, яка наближено передає форму Землі (геодезична В., мал. 6). Першу визначають внаслідок спостережень, другу обчислюють для певної моделі фігури Землі (сфера, еліпсоїд, сфероїд, складніші поверхні).



Мал. 7. Вертикальне коло Головної астрономічної обсерваторії  
АН УРСР у Києві

**Вертикальне коло** — астрометричний інструмент для визначення схилення світил. Складається з *телескопа*, вісь обертання якого лежить у горизонтальній площині в напрямі лінії схід — захід і може бути в свою чергу повернута в горизонтальній площині на  $180^\circ$  (мал. 7). Висоту світила спостерігають у двох положеннях осі, тоді сума відліків круга дасть зенітну відстань світила. При цьому враховують поправки на рефракцію, нахил осі В.к., помилки поділок шкали тощо. В.к. (як і *меридіанне коло* та деякі інші *астрометричні інструменти*) використовують для створення точних астрометричних *каталогів*, на основі яких конструюють високоточну систему координат в астрономії. Крім візуальних В.к., запропонованих у минулому сторіччі вітчизняним астрономом В. Я. Струве (1793—1864), тепер створено фотографічні В.к., які дають вищу точність і більшу продуктивність.

**Визначення орбіт** — знаходження елементів *орбіт* тіл Сонячної системи (планет, супутників, штучних космічних тіл, комет, астероїдів, метеорних частин тощо) та інших космічних тіл (компонентів подвійних зір, зір у Галактиці та ін.) на підставі аналізу результатів спостережень за їх розміщенням і рухом на небесній сфері в різні моменти часу, за даними про відстані до них (радіолокаційні, лазерні спостереження). Визначення орбіт планет Сонячної системи через наявність взаємної гравітаційної дії між планетами (*збурення*), наявність релятивістських ефектів у їх рухах, викликаних недостатністю ньютонівної механіки, — дуже складне завдання. Орбіти метеорних частинок визначають на основі даних *базисних спостережень*, радіолокаційних спостережень. Для наближеного визначення орбіти, наприклад, комети, досить мати три її спостереження, проведені в різні моменти часу. Проте внаслідок помилок спостережень цього буває не досить для точного В.о. Тому тіла Сонячної системи спостерігають завжди, а здобуті результати використовують для поліпшення наших знань про орбіти. Сучасні теорії руху планет дають можливість обчислювати їх положення на майбутнє з точністю до  $1''$ .

**Вимірювальна машина** — прилад для вимірювання положень зображень світил на фотографічній пластинці з метою визначення їх точних *координат* на небі. Сучасні В.м.— координатно-вимірювальна машина «Аскорекорд» (мал. 8) і ін. Точність вимірювання визначається головним чином якістю зображення на пластинці і досягає  $0,001$  мм, що забезпечує точність знаходження координат до  $0,1''$  і вище. Останніми



Мал. 8. Вимірювальна машина «Аскорекорд» для визначення координат світил на фотопластинці (Головна астрономічна обсерваторія АН УРСР у Києві)

роками створюються автоматичні В.м., зв'язані з ЕОМ, які дають можливість без участі людини вимірювати і опрацювати велику кількість зображень на пластинці.

**Вимірювання часу** — комплекс питань, пов'язаних з визначенням точного часу, тобто з віднесенням інтервалів часу до однорідної величини, обраної за еталон. Таким еталоном був період обертання Землі навколо її осі. З часом, коли переконалися в нерівномірності добового обертання Землі, за еталон було взято період орбітального руху Землі (ефемеридний час)

та періоди деяких атомних процесів (атомний час). До питань В.ч. входить також *календар*, практичні прийоми астрономічних спостережень, пов'язаних зі *службою часу*.

**Випромінювання** — 1) Процес утворення і вільного поширення електромагнітної хвилі. Аналіз В.— основне джерело даних в астрономії. За довжиною хвилі розрізняють: гамма-В., рентгенівське, ультрафіолетове В., видиме В. (світло), інфрачервоне В., радіовипромінювання (див. *Вікно прозорості*). У межах цих класів В. поділено на підкласи: жорстке і м'яке гамма- і рентгенівське В., крайній і звичайний ультрафіолет, мікрохвильове, сантиметрове, дециметрове, метрове, декаметрове, довгохвильове *радіовипромінювання*. Кожне нагріте тіло випромінює тим більше, чим вища його температура  $T$ . Із зростанням  $T$  кількість високоенергійних квантів зростає (збільшується інтенсивність В. у короткохвильовому діапазоні). Найпростішого вигляду закони В. набувають у випадку *чорного тіла*. Моделлю такого тіла може бути обмежена непроникними стінками порожнина, заповнена В., в якому встановилася термодинамічна рівновага між В. і стінками. У цьому разі випромінювальна здатність  $\epsilon_\lambda$  в інтервалі довжин хвиль  $\Delta\lambda$  описується формулою Планка:

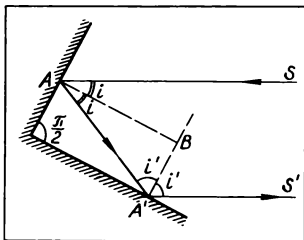
$$\epsilon_\lambda \Delta\lambda = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} (e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1)^{-1} \Delta\lambda.$$

Максимум випромінювання припадає на довжину хвилі (у см)  $0,290/T$  (закон Віна), кожний  $1 \text{ см}^2$  поверхні за  $1 \text{ с}$  випромінює енергію  $\sigma T^4$  (закон Стефана — Больцмана). В. зір і оптично товстих газових туманностей часто можна вважати близьким до В. чорного тіла. Є три основні механізми В. плазми. а) Лінійне В. зумовлене зв'язано-зв'язаними переходами електрона в атомі з вищого на нижчий енергетичний рівень. Спектр В. у цьому разі має вузькі яскраві лінії. Енергія квантів, які створюють ці лінії, дорівнює різниці енергій відповідних рівнів. б) Рекомбінаційне В. пов'язане з вільно-зв'язаними переходами, коли іон захоплює електрон, що рухається поблизу, на один із своїх енергетичних рівнів. Надлишок енергії електрона випромінюється у вигляді кванта. Оскільки вільний електрон може мати довільну швидкість (енергію), то кванти також матимуть різні енергії і в спектрі буде ділянка неперервного світіння. в) Гальмівне В. пов'язане з вільно-зв'язаними переходами електрона, коли він, пролітаючи біля атома, змінює свою енергію, випромінивши квант світла. У цьо-



му разі спектр буде неперервний, залежно від  $T$  випромінюються кванти широкого діапазону від радіовипромінювання до рентгенівського  $V$ . До нетеплового  $V$  належать *синхротронне* (магнітогальмівне)  $V$  релятивістських електронів у космічних магнітних полях і *циклотронне  $V$*  нерелятивістських електронів у цих самих полях. 2) Космічне  $V$ .— див. *Космічні промені*. 3) Гравітаційне  $V$ . (або гравітаційні хвилі), існування якого впливає із загальної теорії відносності, виникає під час руху джерел гравітації (мас) зі змінним прискоренням, має тим більшу інтенсивність, чим масивніші тіла, що рухаються (пропорційне квадратові маси). Імовірні джерела гравітаційного  $V$ .— масивні подвійні зорі, колапсуючі зорі та ін. Спроби зареєструвати таке  $V$ . за допомогою спеціальних детекторів, приймальними елементами яких є масивні циліндри (досліди Дж. Вебера), поки що не дали певних результатів. Випромінюючи гравітаційні хвилі, подвійна система має втрачати енергію, внаслідок чого період орбітального руху зменшуватиметься. Таке зменшення знайдено у пульсара *PSR 1913+16*, який є компонентом подвійної системи (період обертання дорівнює 8 годин). Це можна вважати підтвердженням реальності гравітаційного випромінювання. 4) У 1965 р. А. А. Пензіас і Р. Уїлсон відкрили мікрохвильове радіовипромінювання (фонове, *реліктове радіовипромінювання*). Його теоретично передбачив Дж. Гамов (1904—1968) у 1948 р. Це випромінювання, яке дійшло до нашого часу від моменту «1 млн. років після початку розширення» Всесвіту (див. *Великий Вибух*). Саме тоді воно відірвалося від речовини і поступово охолоджувалося внаслідок розширення Всесвіту. Тепер його температура дорівнює 2,7 К. У межах теорії гарячого Всесвіту з моменту «0,2 с» повинно існувати також реліктове нейтринне  $V$ ., температура якого дорівнює близько 2 К.

**Вироджений газ** — стан речовини, в якому істотну роль відіграють квантовомеханічні ефекти. В астрономії привертає увагу електронний і нейтронний  $V$ . г., бо саме тиск  $V$ . 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 в надрах нейтронних зір — нейтронів) за швидкостями не описується відо-



Мал. 9. Хід падаючого  $S$  і відбитого  $S'$  променя у кутниковому відбивачеві

так звана межа Чандрасекара), то замість білого карлика формується нейтронна зоря).

**Високос** (лат. *bissectus* — двічі шостий) — у стародавніх римлян додатковий день року, що вставлявся перед 24 лютим, тобто шостим днем до березневих календ.

**Висота світила** — кут у вертикальній площині між напрямом на світило і *горизонт*. Одна з координат у горизонтальній системі астрономічних координат.

**Відбивач** — пристрій для відбивання падаючого променя в напрямі випромінювача. Досягають цього, використовуючи конструкції, грані відбиваючих поверхонь яких утворюють між собою прямих кут (кутникові В.) З прямокутного трикутника  $ABA'$  (мал. 9):  $i' + i = \pi/2$ . Тоді  $2i' + 2i = \pi$ , отже, падаючий промінь  $SA$  і відбитий  $S'A'$  паралельні. В. використовують у космічній техніці для визначення відстаней за допомогою оптичної локації. Кутникові відбивачі встановлені, зокрема, на поверхні Місяця.

**Відбивна здатність** — див. *Альbedo*.

**Відманштёттенові фігури (Відманштёттенова структура)** — від прізвища одного з відкривачів, австрійського вченого XIX ст. А. Відманштёттена (*A. Widmanstetten*) — певна кристалічна структура, яку спостерігають у деяких залізо-нікелевих *метеоритах* при дослідженні їх шліфів (відполірованих і протравлених кислотою зрізів) під мікроскопом. Структура, для якої характерна наявність систем паралельних ліній, що

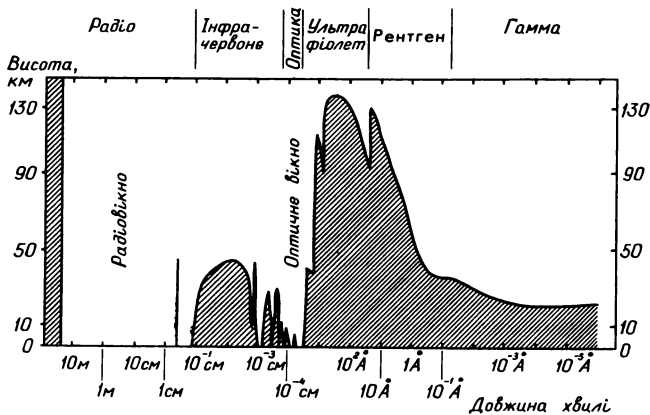
мою формулою Максвелла, тут кількість частинок, що мають, наприклад, найменшу або найбільшу швидкість руху, однакова. Внаслідок цього тиск В. г. визначається густиною речовини і не залежить від температури. Властивості В. г. визначають розміри білих карликів і нейтронних зір (відповідно 10 тис. км і 20 км), а також верхню межу маси, рівновага якої забезпечується тиском В. г. (1,2  $M_{\odot}$  і близько 3  $M_{\odot}$ ). Якщо маса ядра зорі на певному етапі *зоряної еволюції* перевищує 1,2  $M_{\odot}$  (це

перетинаються під різними кутами, відображує особливості термічної історії метеорита.

**Відносні спостереження** (диференціальні спостереження) — астрономічні спостереження з метою визначення координат, власних рухів світл, відстаней, блиску та ін. відносно зір, координати яких (блиск тощо) визначено заздалегідь. В.с. відіграють важливу роль при створенні фундаментальної системи координат в астрономії. У цьому разі, зокрема, координати великої кількості зір визначають не відносно точки *весняного рівнодення* і *полюса*, а відносно положень на небі порівняно невеликої кількості зір (опорних зір), координати яких визначено абсолютними методами. У цьому розумінні координати, визначені методами астрофотографії, відносні. Якщо блиск зорі знаходять порівнянням з відомим блиском іншої зорі, то це — відносне визначення блиску. Якщо світловий потік визначають незалежними методами фізичної фотометрії, то це — абсолютне визначення.

**Вікно прозорості** — діапазон довжин хвиль електромагнітного випромінювання, який пропускає земна атмосфера. Основних В.п. два — в оптичному (що дає можливість нам спостерігати зоряне небо) і радіодіапазоні (від 1 мм до 15—30 м). На мал. 10 подано рівень висоти, на якому поглинається 50 % випромінювання.

**Віковий рух полюса.** Під рухом полюса розуміють зміщення на земній поверхні точки перетину осі обертання Землі з її поверхнею (за рахунок зміщення тіла Землі відносно осі). Ця точка завжди лежить поблизу від полюса інерції Землі: точки поверхні, де найменша вісь еліпсоїда інерції перетинає поверхню. Оскільки полюс інерції не збігається з полюсом обертання, то перший «бвтається» відносно другого, що сприймається нами також як рух полюса обертання відносно полюса інерції. Певна річ, це позначається і на географічних координатах точок земної поверхні. Ці рухи в цілому близькі до періодичних і відбуваються в межах кількох десятків метрів. Період такого руху (305 діб) вперше визначив Л. Ейлер теоретично, а С. Чандлер — з аналізу астрономічних спостережень. Період Чандлера становить близько 14 місяців. Під В.р.п. розуміють систематичне зміщення полюса обертання в певному напрямі на земній поверхні. Положення полюса визначають за допомогою спеціальних астрономічних спостережень. Спроби виділити з них В.р.п. дають непевні результати.



Мал. 10. Поглинання випромінювання у земній атмосфері. Крива відповідає висоті, на якій поглинається 50 % випромінювання

У середині нашого сторіччя знайдено вказівки на В.р.п. в напрямі  $76^\circ$  західної довготи із швидкістю 10 см/рік.

**Віслери (свисти)** — поперечні хвилі, які поширюються в плазмі вздовж магнітних силових ліній; їх частота менша від гірочастоти (частоти обертання електрона навколо магнітних силових ліній). В. спостерігаються, зокрема, в земній *іоносфері* та *магнітосфері* і реєструються як звукові хвилі — свисти.

**Вісь** — 1) В. оптичної системи — спільна вісь симетрії лінз і дзеркал, що входять до оптичної системи. 2) В. світу — пряма, що проходить через центр уявної небесної сфери паралельно осі обертання Землі. Точки її перетину з небесною сферою є полюсами світу. 3) В. телескопа — залежно від системи монтування телескопа розрізняють полярну В. (спрямовану на полюс світу) і В. схилень, перпендикулярну до першої (екваторіальне монтування телескопа). При горизонтальному монтуванні В. висот лежить

у горизонтальній площині, азимутальна — спрямована до *зеніту*. Під час спостережень за штучними небесними тілами, які швидко рухаються, використовують тривісні (камера АФУ-75) та чотиривісні (камера *SBG*) інструменти.

**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. Другу частину, пов'язану з рухом Сонячної системи, — *паралактич-ним*. В.р. зір вимірюють у секундах дуги за рік чи сторіччя (сторічні В.р.). Вперше В.р. зір помітив Е. Галлей у 1718 р. Найбільший В.р. зареєстровано в зорі Барнарда (10,3"/рік). Для більшості зір В.р. вимірюється частками секунди за рік. В.р. визначають, порівнюючи координати зір у різні епохи. В.р. приблизно 1 млн. зір визначено засобами фотографічної астрометрії. Для визначення лінійної швидкості в площині, перпендикулярній до променя зору, треба знати *паралакс*  $\mu$  і скористатися виразом:  $v_{\tau} = 4,74 \mu \text{л}^{-1} \text{км/с}$ . Для визначення просторової швидкості зорі треба знати ще швидкість уздовж променя зору (променеву або радіальну швидкість)  $v_r$ . Тоді просторову швидкість  $v$  можна знайти за формулою  $v = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_r^2}$ .

**Вмороженість магнітного поля в плазму** — явище, характерне для взаємодії плазми (зокрема космічної) із зовнішнім магнітним полем. Якщо плазма рухатиметься перпендикулярно до магнітних силових ліній, то відповідно до закону електромагнітної індукції в ній виникне електричне поле. Таке поле породить струм, магнітне поле якого намагатиметься нейтралізувати зміну зовнішнього поля. Якщо в плазмі виділити певний замкнений контур, пов'язаний з частинками речовини (матеріалізований контур), то при його деформації внаслідок руху в плазмі магнітний потік через обмежену поверхню поверхню матиме тенденцію до збереження. В результаті сумарне магнітне поле (зовнішнє плюс поле утвореного струму) буде таким самим, як і раніше. Частинки плазми ніби наклеєні на силові лінії зовнішнього магнітного поля і, рухаючись, спричиняють таке викривлення силових ліній, що вони ніби тягнуть їх за собою, залишаючись весь час на тій самій силовій лінії. Таке явище дістало назву «вмороженості» магнітного поля в плазму. Явище реалізується, якщо магнітне число Рейнольдса  $R_m \gg 1$ .  $R_m = vLv_m^{-1}$ , де  $v$  — швидкість руху,

$L$  — лінійний розмір рухомої плазми,  $v_m$  — магнітна в'язкість.  $v_m = c^2/4\pi\sigma$  в системі СГС (гауссовій); тут  $\sigma$  — електропровідність плазми. У космосі за рахунок великих масштабів і швидкостей умова вмороженості виконується часто. Поняття В.м.п. дає можливість іноді, не розв'язуючи рівнянь магнітної гідродинаміки, якісно оцінити картину взаємодії плазми і магнітного поля.

**Внутрішня будова зір** — фізичні умови в надрах зір визначаються рівновагою сил газового і променистого тиску, які перешкоджають стисканню зорі, і сил гравітаційного притягання до центра, що протидіють першим. Умова рівноваги має вигляд:

$$\frac{dp}{dr} = - \frac{G\mathcal{M}(r)\varrho}{r^2}, \text{ де } r \text{ — відстань точки від центра зорі, } \varrho \text{ —}$$

густина в цій точці,  $p$  — тиск зоряної речовини,  $\mathcal{M}(r)$  — маса частини зорі від її центра до радіуса  $r$ . Щоб визначити розподіл густини  $\varrho$  і температури  $T$  залежно від радіуса, треба знати закон зв'язку  $\varrho$  і  $p$  з температурою (рівняння стану речовини). Якщо зоряну речовину вважати ідеальним газом, то рівняння стану матиме вигляд:  $p = \rho RT/\mu$ , де  $R$  — універсальна газова стала, а  $\mu$  — відносна молекулярна маса. За цих умов можна визначити температуру, тиск і густину всередині зорі. Як приклад, у табл. подані такі дані для Сонця.

$\frac{r}{R_{\odot}}$	$T, 10^6 \text{ К}$	$p, \text{ атм}$	$\rho, \text{ г/см}^3$
0	15	$2,2 \cdot 10^{11}$	150
0,2	10	$4,6 \cdot 10^{10}$	35
0,5	3,4	$6,1 \cdot 10^8$	1,3
0,8	1,3	$6,2 \cdot 10^6$	0,035
0,98	0,1	$10^4$	0,001

*Джерелами зоряної енергії є ядерні реакції, перебіг яких залежить від температури, густини, хімічного складу зір. Швидкість передавання енергії випромінювання пропорційна  $T^4$  (закон Стефана — Больцмана), швидкість виділення енергії в реакціях водневого циклу пропорційна  $T^4$ , а вуглецевого — значно вища (показникова залежність). В останньому випадку,*



який реалізується в масивніших зорях ( $M > 2M_{\odot}$ ) *головної послідовності*, виділення енергії в ядрі не забезпечене таким самим інтенсивним відведенням тепла назовні, тому енергія передається ефективнішим механізмом — конвекцією. Конвективне теплопередавання здійснюється внаслідок піднімання перегрітих мас речовини і опускання на їх місце охолоджених (подібно до того, як це відбувається під час кипіння рідини). Десь між центром зорі і її поверхнею, де ядерні реакції припиняються (не досить висока температура), а поверхня випромінювання збільшується (як  $r^2$ ), механізм випромінювання знову може забезпечити теплопередавання і конвекція припиняється. У менш масивних зір температура в центрі не досягає 15 млрд. К і там відбуваються реакції водневого циклу. Механізм променистого теплопередавання забезпечує відведення енергії і конвективне ядро не виникає. Але у верхніх шарах, де температура спадає більше, підвищується непрозорість речовини. Це веде до виникнення конвективної оболонки (зони) зорі. Саме таку будову має Сонце, яке складається з ядра (до половини радіуса), зони променистого теплопередавання і зовнішньої конвективної оболонки (остання третина чи навіть 1/6 радіуса). Розв'язання поданих вище рівнянь показує, що температура в центрі зорі  $T_0$  пропорційна відношенню маси  $M$  до радіуса  $r$  зорі (в сонячних одиницях):  $T_0 = 1,5 \cdot 10^7 M/r$ . Для зір головної послідовності  $M/r = r^{1/3}$ , отже,  $T = 1,5 \cdot 10^7 r^{1/3}$ . Зорі, які зійшли з головної послідовності, можуть мати дуже різну внутрішню будову. Залежно від фази зоряної еволюції між її поверхнею і ядром може утворитися шарувате джерело енергії, внутрішнє гелієве ядро, протяжна оболонка. У цей період зоря швидко еволюціонує до стадії білого карлика, нейтронної зорі або чорної діри.

**Водневе горіння** — період у розвитку зір, коли джерелом енергії їх є реакції термоядерного синтезу гелію з водню — основний етап еволюції зір. У цей час вони перебувають на *головній послідовності*. (Див. *Еволюція зір, Джерела зоряної енергії*).

**Вбіди** (англ. *void* — порожнеча, вакуум) — зони у навколишньому Всесвіті, в яких галактики відсутні.

**Волокно** — вигляд *протуберанців* під час розгляду їх через певні світлофільтри на фоні диска Сонця. Мають вигляд довгих зігнутих утворень, розміщених уздовж лінії поділу полярностей фотосферного магнітного поля — нейтральної лінії (див. кольорову вклейку, мал. 6).

**Всесвіт** — весь навколишній світ з усіма видами речовини та випромінювання, який розвивається в просторі і часі. Загальні особливості В. в цілому описуються *космологічними моделями*. У великих масштабах В. однорідний (див. *Однорідність Всесвіту*) і ізотропний (див. *Ізотропія Всесвіту*). Повна маса В. приблизно  $10^{56}$  г, радіус (див. *Космологія*) —  $2 \cdot 10^{28}$  см, вік —  $1,5 \cdot 10^{10}$  р. За сучасними уявленнями В. бере початок від часу *Великого Вибуху*, що почався приблизно 15 млрд. років тому. Одна з фундаментальних особливостей В.— його розширення, що описується *сталю Хаббла*  $H_0$ , яка дорівнює 50—100 км/(с·Мпк) і є коефіцієнтом пропорційності між відстанню  $r$  та швидкістю  $v$  розбігання далеких об'єктів В.:  $v = H_0 \cdot r$ . Подальша доля В. залежить від середньої густини матерії в ньому. Якщо тепер вона перевищує  $10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>, то розширення сповільнюватиметься і врешті зміниться стисканням, якщо густина буде менша від цієї величини, то розширення безмежне в часі і в просторі. Середня густина матерії, що входить до складу галактик, за сучасними оцінками, становить  $10^{-31}$ — $10^{-30}$  г/см<sup>3</sup>, що значно менше від критичного значення. Але є серйозні підстави підозрювати, що існує *прихована маса* у вигляді нейтрино, невідомих ще нам форм матерії. За сучасними теоретичними схемами походження Всесвіту ця густина близька до критичної.

**Всесвітнє тяжіння** — фундаментальна властивість матерії, одна з чотирьох взаємодій матерії (поряд з сильною, слабкою та електромагнітною). В. т. проявляється в існуванні сил притягання між матеріальними об'єктами. Вперше закон В. т. на основі аналізу законів руху планет (закони Кеплера) сформулював Ісаак Ньютон у своїй книзі «Математичні початки натуральної філософії» (1687 р.). За законом В. т. маси  $m_1$  і  $m_2$  рознесені на відстань  $r$  одна від одної, притягуються з силою

$$F = G \frac{M_1 m_2}{r^2}$$

В. т. пронизує весь Всесвіт. Завдяки дії В. т. розсіяна матерія збирається в зорі, їх скупчення, галактики, скупчення галактик. Природа сил В. т., ще не з'ясована. Ньютон намагався пояснити їх наявністю ефіру. У загальній теорії відносності (ЗТВ) гравітаційна взаємодія набула нового трактування. Гравітаційне поле тут описується рівняннями поля А. Ейнштейна, які пов'язують розподіл матерії, її рух з геометричними властивостями простору. Основою цих рівнянь є *принцип ек-*

*івалентності* гравітаційної та інертної мас. У межах ЗТВ всі тіла, на які не діють сили, рухаються *геодезичними* лініями, що повністю визначаються геометрією простору. У цьому розумінні можна говорити, що на планети не діє гравітація Сонця, але вони рухаються геодезичними лініями, які збігаються з їх орбітами. Простір, який характеризується такими геодезичними лініями, набув цих властивостей завдяки наявності поблизу великої маси (Сонця). ЗТВ за слабких гравітаційних полів і швидкостей дає такий самий результат, як і закон В. т. Ньютона. В іншому випадку проявляється ряд додаткових ефектів (наприклад, у рухах планет), яких немає в ньютонівській механіці, але які пояснюються в межах ЗТВ. Робляться спроби створити єдину теорію всіх взаємодій, у межах якої всі чотири взаємодії є проявами однієї фундаментальної взаємодії (див. *Велике об'єднання взаємодій*).

**Всесвітній час** (*UT, Universal Time*) — середній сонячний час на меридіані Грінвіча. Систему В. ч. використовують для фіксування моментів астрономічних спостережень. До 1960 р. вона була основною для всіх астрономічних ефемерид, доки її не було замінено системою ефемеридного часу. До 1925 р. В. ч. відлічували (тоді позначали як *GMT, Greenwich Mean Time*) від середнього грінвіцького полудня. Після 01.01.1925 р. було введено систему громадянської лічби часу від середньої півночі. Оскільки В. ч. внаслідок нерівномірності обертання Землі (див. *Служба часу*) плине нерівномірно, існує система квазірівномірного В. ч., яким користуються астрономи в деяких дослідженнях. Цей час певною мірою замінює ефемеридний і використовується в зв'язку з тим, що ефемеридний час астрономи дістають з опрацювання спостережень Місяця із значним запізненням. Квазірівномірний час встановлюють із спостережень обсерваторій *служби часу, руху полюса*. Цей час позначають *UTO*. Зміщення полюса змінює довготу місяця на величину  $\Delta\lambda$ , а сезонні варіації швидкості обертання Землі дають поправку на час  $\Delta T_s$ . Врахування  $\Delta\lambda$  в *UTO* дає нам *UT1*, а врахування ще й  $\Delta T_s$  дасть квазірівномірний час *UT2*. Так що  $UT2 = UTO + \Delta\lambda + \Delta T_s = UT1 + \Delta T_s$ .

**Всесоюзне астрономо-геодезичне товариство (ВАГТ)** — всеокупа науково-громадська організація астрономів та геодезистів, як любителів, так і професіоналів. Юнацька секція ВАГТ приймає в члени з 14 років. ВАГТ має близько 70 республіканських, обласних та міських секцій, видає науковий журнал «Астрономический Вестник», науково-популярний журнал

«Земля и Вселенная», ряд всесоюзних і республіканських астрономічних календарів, посібників, надає допомогу любителям, організовує і координує масові роботи з спостереження змінних зір, метеорних явищ тощо. На Україні найбільше Київське відділення ВАГТ; його адреса: 252053, Київ-53, вул. Обсерваторна, 3.

**Вузлі орбіти** — точки перетину лінії вузлів з *небесною сферою*. Лінія вузлів є лінією перетину площини *орбіти* певного тіла з основною площиною, відносно якої визначено *елементи орбіти* цього тіла. Точка, в якій тіло переходить з південної до північної півкулі, є висхідним В. о., а з північної до південної — нисхідним В. о.



**Гала́ктика** (грец. *galacticós* — молочний, *gala* — молоко) — велетенська космічна система, що включає зорі, їх скупчення, міжзоряну речовину, хмари газу та пилу, космічні промені тощо. Маси Г. вимірюються мільярдами мас Сонця. У свою чергу Г. входять в скупчення і надскупчення Г., що формують так звану *великомасштабну структуру Всесвіту*. Світ Г. дуже різноманітний. Основні форми Г. описуються *хабблівською класифікацією*: спіральні Г. (S), галактики з перетинкою або перетяті Г. (SB), еліптичні Г. (E), до яких входять також сферичні Г. та лінзоподібні Г. Г. SiSB мають *спіральні рукави*, вони істотно сплющені, мають яскраво виражене обертання. Еліптичні — складаються із старих зір, обертання встановлено в найбільш сплюснених з цих Г. Вони не містять у собі хмар космічного газу та пилу. Значну частину Г., особливо невеликих за масою, становлять не п р а в и л ь н і чи і р р е г у л я р н і Г. (їх позначають I). N-Г. — компактні далекі Г. з потужним *нетепловим випромінюванням*. Р а д і о - г а л а к т и к и — Г. з помітними кутовими розмірами, що добре випромінюють у радіодіапазоні. С е й ф е р т і в с ь к і Г. — спіральні Г. з дуже яскравим ядром, широкі лінії у спектрі якого свідчать про викиди збуджених атомів газу із швидкостями в кілька тис. км/с. Радіогалактики, N-Г., сейфертівські Г. належать до активних Г. До них відносять також п л а з м о н и (так звані рентгенівські Г.). Є підстави запідоз-

рити спільність механізму випромінювання активних Г. (наприклад *акреційний диск* навколо масивної *чорної діри* в їх ядрах). Г. в просторі розподілені нерівномірно, утворюють подвійні Г., групи Г., скупчення і надскупчення Г. До складу кратних Г. часто у великій кількості входять карликові Г. (у т. ч. і карликові спіральні Г.), непраильні Г. (наприклад *Магелланові Хмари*). За ступенем концентрації зір в Г. та наявності видимої структури розрізняють компактні і аморфні Г., структурні Г. До аномальних чи пекулярних Г. відносять ті, що не вкладаються в ту чи іншу класифікацію типів як за видимою структурою, так і характером випромінювання. Такими є Г. у зіткненні, взаємопроникні Г., взагалі, основна частина взаємодіючих галактик. Г. Аро, Маркаряна, Цвіккі — блакитні Г., колір яких пов'язаний з наявністю значної кількості молодих зір, активного ядра Г. Лише три Г. видно неозброєним оком. Це *Туманність Андромеди* та Велика і Мала *Магелланові Хмари* (ці дві Г. видно лише в південних широтах Землі). Перший каталог, до якого увійшли і далекі Г., склав у 1784 р. спостерігач комет Ш. Мессьє. Довго Г. вважали членами нашої зоряної системи (нашої Галактики) і лише в 1924—1926 рр., коли Е. Хаббл за допомогою 2,5-метрового телескопа знайшов у Туманності Андромеди змінні зорі, стала очевидно їх позагалактична природа. Тепер є багато каталогів Г., їх зоряних величин, кольорів, морфологічних типів, орієнтацій на небі. Велике значення для вивчення світу Г. має Паломарський атлас неба — знімки неба, добути на 48-дюймовому телескопі Шмідта в синіх та жовтих променях. На небі можна нарахувати 20 Г. до  $9^m$  і кілька млрд. Г. до  $21^m$ . (Див. кольорову вклейку, мал. 7—11, 13).

**Галактика** (з великої літери) — спіральна зоряна система, до якої входить наше *Сонце*. Її маса —  $3 \cdot 10^{11}$  мас Сонця, діаметр — 25 кпк, товщина — 2 кпк. Сонце розміщене на відстані 10 кпк від центра Г., трохи вище від середньої її площини (див. кольорову вклейку, мал. 12). За особливостями руху зір у просторі, їх концентрації до площини Г. і хімічного складу в Г. виділено два типи *населення* зір: населення I типу (молоді зорі, які концентруються до *галактичної площини*) і населення II типу. Прийнято також виділяти кілька (три і навіть п'ять) *підсистем* Г. або *складових* Г. Зокрема, населення сферичної складової займає в просторі об'єм, близький за формою до дещо стисненої з полюсів сфери, плоска складова концентру-

ється до площини Г. (на кольоровій вклейці — мал. 10). Близько 5 % речовини Г. перебуває у вигляді газу і пилу, який концентрується в спіральних рукавах, де з нього формуються молоді зорі. Кутова швидкість  $\omega$  обертання зір навколо центра Г. з відстанню від центра Г. зменшується. Проте в центральних зонах Г., очевидно, вся сукупність зір Г. обертається як тверде тіло (як грамофонна платівка), тут  $\omega = \text{const}$ . Центр Г. лежить у напрямі на сузір'я Стрільця в точці неба з небесними координатами  $\alpha = 17,7^h$ ,  $\delta = -29^\circ$  і закритий від нас скупченням хмар газу та пилу. Наша Г. має два супутники — Велику і Малу *Магелланові Хмари*, її спіральні рукави виявлено на основі спостережень в лінії 21 см водню. Основну частину зір Г. ми бачимо у вигляді *Молочного Шляху*, що є наслідком галактичної концентрації зір до площини симетрії Г. На Україні цю смугу підвищеної щільності зір на небі називають *Чумацьким Шляхом*. Вік Г. близько 10 млрд. років. (Див. *Ядра галактик*).

**Галактична динаміка** — розділ астрономії, який вивчає сили і рухи в *галактиці* як в єдиному цілому. Одним з основних завдань Г. д. є вивчення обертання галактик, формування їх *спіральної структури*, утворення *підсистем*.

**Галактична концентрація** — явище збільшення числа зір в одиниці площі небесної сфери з наближенням до смуги *Молочного (Чумацького) Шляху*, що є результатом сплюсненості нашої зоряної системи — *Галактики*.

**Галактична корона** — 1) Хмара гарячого (кілька мільйонів градусів) розрідженого газу, яка оточує нашу Галактику. Причиною розігрівання є галактичні *космічні промені*. Належить до сферичної *підсистеми*. Виявляє себе радіовипромінюванням. 2) Галактичне *гало* — гіпотетичне утворення з охолоджених старих зір, яке оточує нашу та інші *галактики* і містить основну масу галактики. Введена для пояснення *віріального парадокса*.

**Галактична площа (площина Галактики)** — площа, яка проходить через середину *Молочного Шляху* і є основою для встановлення галактичної *системи небесних координат*, вивчення і опису особливостей розподілу зір у *Галактиці* (див. *Зоряна астрономія*).

**Галактичне обертання** — явище руху об'єктів у галактиці (зір, хмар газу та пилу, зоряних скупчень та ін.) навколо центральної частини (ядра) *галактики*. Періоди обертання зовнішніх частин галактики — десятки і сотні мільйонів років. На основі вивчення швидкостей обертання можна оцінити

масу зоряної системи. Центральні частини Галактики обертаються як тверде тіло (кутова швидкість  $\omega$  не залежить від відстані до центра обертання); з переходом до зовнішніх частин системи кутова швидкість зменшується і ці області відстають у своєму обертанні від центральних. Обертання нашої Галактики описується сталими Оорта  $P$  і  $Q$ :  $P=0,32''$ ,  $Q=-0,21''$  за сторіччя. В околі Сонця  $\omega=P-Q=0,53''$  за сторіччя. Враховуючи, що Сонце лежить на відстані 10 кпк від галактичного центра, для швидкості зір в околі Сонця дістанемо 250 км/с, а для періоду обертання навколо ядра Галактики — 220 млн. років.

**Галактичний вітер** — гіпотетичне витікання речовини (головним чином водню) з галактик, аналогічний *сонячному вітру*, або *зоряному вітру*. Формується як з речовини, яку втрачають зорі, так і з джерел ще нез'ясованої природи в ядрах галактик.

**Галілейові супутники** — чотири найяскравіші супутники планети Юпітер, відкриті Галілеєм за допомогою виготовленого ним телескопа (1610 р.): *Іо*, *Європа*, *Ганімед*, *Каллісто* (див. *Супутники планет*). Галілей присвятив своє відкриття герцогові Тосканському Медічі. Звідси інша назва супутників — медіційські зорі.

**Гало** (грец. *hálōs* — світле кільце навколо Сонця або Місяця). 1) Світлі кільця, що іноді з'являються навколо Сонця або Місяця внаслідок розсіяння світла на кристаликах льоду в атмосфері. Радіус кільця  $22^\circ$ , рідше —  $46^\circ$ . До явищ, пов'язаних з Г., належать також несправжні Сонця та Місяці, хрести, смуги, паралельні горизонту. 2) Галактичне гало — сферична хмара розрідженої речовини, зір, кулястих скупчень навколо галактик (див. *Галактична корона*).

**Галоси** (грец. *hálōs* — світле кільце навколо Сонця або Місяця) — світні газо-пилові утворення у вигляді дуг навколо ядра *комети*, в її голові.

**Гальмівний двигун** — двигун у космічному апараті призначений для зменшення швидкості апарата з метою маневру, забезпечення входження в атмосферу, переходу на планетоцентричну орбіту тощо.

**Ганімед** — III супутник планети Юпітер. Назва походить від героя античних міфів Ганімеда, улюбленця і виночерпця Зевса — Юпітера (див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Гармонічний закон** — третій закон Кеплера. Див. *Закони Кеплера*.



**Гаряча модель Всесвіту** — теорія виникнення і подальшої еволюції Всесвіту з надщільного високотемпературного стану (див. *Великий Вибух*). Г. м. В. запропонував у 1946 р. Дж. Гамов для пояснення розширення Всесвіту і поширення хімічних елементів у ньому.

**Геліакічний** (грец. *hēliakós* — сонячний) схід чи захід світила — явище, коли певне світило (як правило, яскраві зорі) вперше стає видимим на східному небосхилі перед самим сходом Сонця, або заходить на заході незабаром після заходу Сонця. Інтервал часу між Г. сходом і Г. заходом світила визначає період його видимості на нічному небі. **Акронічний** і Г. схід або захід зір і сузір'їв відігравали в давнину велику роль у визначенні початку (кінця) господарських сезонів.

**Геліографічна карта** — спеціальна карта, на якій у системі геліографічних *координат* нанесено прояви сонячної активності (*групи плям*, магнітні поля, *флокули*, *корональні діри* тощо).

**Геліографічний** — віднесений до системи координат, пов'язаної з видимою «поверхнею» Сонця. Наприклад, *геліодовгота*, *геліоширота*, геліокоординати положення.

**Геліодовгота (геліографічна довгота)** — довгота в *геліографічній системі координат*. Відлічують від початкового керрінгтонівського *меридіана* (введеного англійським ученим Р. К. Керрінгтоном у минулому сторіччі). Це такий меридіан, що пройшов через висхідний *вузол* екватора Сонця на *екліптиці* в середній гринвіцький південь 1 січня 1854 р. (*Юліанський день* 2398222,0). Меридіан Керрінгтона закріплює довготу відносно тіла Сонця і обертається разом з Сонцем з періодом 25,38 доби відносно зір. Довготу відлічують від меридіана в напрямі обертання Сонця від 0 до 360°. Положення будь-якої точки на «поверхні» Сонця можна також визначити довготою від центрального меридіана (в площині якого лежить лінія Сонце — Земля).

**Геліометр** — *астрометричний* прилад для вимірювання кутів між зорями на небі, якщо кутова відстань між ними не перевищує 1°. Основним елементом Г. є розрізаний уздовж діаметра об'єктив, одна половина якого може зміщуватись паралельно розрізу. Величину зміщення визначають за спеціальною шкалою. Вся труба може повертатись навколо її оптичної осі, а кут повороту фіксується на шкалі *позиційних кутів*. Об'єктив дає звичайне зображення, якщо його половинки не зміщені. Зміщення ж роздвоює світило. Комбінуючи обертання навколо оптичної осі і зміщення половинки об'єктива, можна знахо-

дити точні кутові відстані між зорями, діаметри Місяця, Сонця (звідси й термін Г.) тощо.

**Геліопауза** — умовна поверхня, яка обмежує *геліосферу*.

**Геліоскоп** (від *gelio* і гр. *skoréo* — дивлюсь) — прилад для візуальних спостережень за Сонцем як в інтегральному світлі, так і в спектральних лініях.

**Геліостат** (грец. *hēlios* — бог Сонця, *statós* — нерухомий) — див. *Целостат*.

**Геліосфера** — зона навколосонячного космічного простору, в якій домінує *сонячний вітер*. Межа її — геліопауза — міститься на відстані 50—100 а. о., де динамічний тиск сонячного вітру зрівноважується тиском речовини і магнітних полів міжзоряного простору.

**Геліофізика** — див. *Фізика Сонця*.

**Геліоширотá** — широта в *геліографічній* системі координат. Змінюється від  $-90^\circ$  на південному полюсі Сонця до  $+90^\circ$  — на північному. Відлічують від сонячного екватора, нахиленого до площини екліптики під кутом  $7^\circ 15'$ .

**Геодезична (геодезична лінія)** — (грец. *gē* — Земля, *dáiō* — розділюю) — найкоротша лінія між двома точками. На площині — це звичайна пряма, на сфері — дуга великого кола, що проходить через ці дві точки, на циліндрі — гвинтова лінія. Світова лінія вільної матеріальної точки в загальній теорії відносності (ЗТВ) є геодезичною в рімановому просторі, характеристики якого визначаються розподілом і рухом матерії. Г. в неевклідових геометріях є аналогом звичайної прямої в евклідовому просторі.

**Геодезія** — наука про визначення форми, розмірів, гравітаційного поля Землі, про вимірювання на її поверхні. Виникла в давнину в зв'язку з потребами господарської діяльності. Вперше розміри Землі (як кулі) визначив, очевидно, давньогрецький математик і філософ Піфагор (бл. 580—500 до н. е.). Одна з перешкод до проведення точних вимірювань на поверхні Землі пов'язана з наявністю лісів, річок, гір. У XVIII ст. В. Снелліус для геодезичних вимірювань запропонував метод *триангуляції*. Тоді ж завдяки таким (градусним) вимірюванням було показано, що Земля сплюснена з полюсів. Це явище, пов'язане з обертанням Землі, передбачив І. Ньютон. Якби вся поверхня Землі була вкрита водою, то форма її повністю передавала б форму рівневої поверхні (поверхні однакового гравітаційного потенціалу). Ця фігура для реальної Землі має назву *геоїда*, що в свою чергу може бути набли-

жений еліпсоїдом, який називають з е м н и м е л і п с о і д о м. Одне з важливих завдань Г.— визначення взаємного положення геоїда і земного еліпсоїда, відхилень реальної земної поверхні від поверхонь цих фігур. Середнє відхилення геоїда від еліпсоїда становить 50 м. Тепер в Г. широко використовують космічні методи картографування поверхні, вивчення гравітаційного поля Землі, будови і взаємних переміщень окремих її ділянок. Для картографування поверхні використовують опорні геодезичні сітки, за якими визначають відстані, висоти, розв'язують наукові завдання. Г. має розділи: астрономо-геодезичний, картографо-геодезичний, аерогеодезичний, інженерної Г., геодезичного приладобудування. До астрономо-геодезичного розділу належить вища Г., геодезична астрономія, фізична Г., *гравіметрія*. Останні дві науки тісно пов'язані з *геофізикою*.

**Геофективність** — явище зв'язку ряду геофізичних процесів з тими чи іншими процесами на Сонці. Так, кажуть про Г. *сонячного спалаху*, магнітного поля *сонячного вітру* тощо.

**Геоїд** — поверхня однакового потенціалу сил тяжіння, що на морях і океанах збігається з поверхнею води (якщо немає хвиль, течій, припливів, збурень поверхні за рахунок змін атмосферного тиску тощо). Рівняння Г. визначають з умови сталості суми потенціалу  $U$  гравітаційного поля і потенціалу  $V$  відцентрової сили:  $U + V = \text{const}$ . Г. використовують у *геодезії* для моделювання фігури Землі. Форму Г. вивчають на основі астрономічних і гравіметричних спостережень.

**Геокорона** — те саме, що й *екзосфера*, тобто верхня частина атмосфери від висоти 100 до 100 тис. км.

**Геомагнетизм** — прояви земного магнітного поля. Це поле в кожній точці описується трьома елементами: горизонтальною складовою  $H$ , магнітним схиленням  $D$  (вимірюється кутом між горизонтальною складовою і географічним *меридіаном*) і магнітним *нахиленням*  $J$  (кут між напрямом поля і горизонтальною площиною). У першому наближенні геомагнітне поле можна подати полем диполя, вісь якого відхилена від осі земного обертання на  $11,5^\circ$ . Отже, геомагнітні і географічні *полюси* не збігаються. Напруженість геомагнітного поля коливається від 33 А/м на екваторі до 56 А/м на полюсах. Геомагнітний полюс північної півкулі має південну полярність і розміщений у точці з географічними координатами  $79^\circ$  півн. широти і  $70^\circ$  зах. довготи (між Гренландією і Канадським арктичним архіпелагом). Дані про геомагнітне поле в

минулі часи знайдені на базі вивчення залишкового магнетизму гірських порід (палеомагнетизму), показують, що геомагнітне поле не було сталим. Не раз змінювалася полярність геомагнітного диполя. Геомагнітні полюси рухаються по поверхні Землі із швидкістю близько  $1^\circ$  за сторіччя. Походження Г. пов'язують з наявністю рідкого ядра нашої планети, початкового магнітного поля, яке в разі гідродинамічних рухів у ядрі підсилюється за рахунок перетворення енергії цих рухів у рідкому провідному ядрі в енергію магнітного поля (так званий динамомеханізм). Існування геомагнітного поля, взаємодія його з сонячним вітром призводить до формування земної *магнітосфери*. З існуванням геомагнітного поля, магнітосфери, *сонячного вітру* пов'язані *полярні сйва*, *геомагнітні бурі* та інші явища.

**Геомагнітна буря** — явище, коли елементи геомагнітного поля (див. *Геомагнетизм*) різко змінюються за величиною протягом годин, діб, а потім відновлюються до попередніх незбурених значень. Під час Г. б. часто спостерігаються *полярні сйва*, порушується радіозв'язок на коротких хвилях, особливо в полярних районах. Усе це трапляється, коли поблизу від центра видимого сонячного диска проходить потужна *активна область*, в якій виникають *сонячні спалахи*. Короткохвильова радіація спалахів підвищує іонізацію верхніх шарів земної атмосфери, а підсилення *сонячного вітру* в зв'язку зі спалахом порушує рівновагу *магнітосфери*, в якій розвиваються потужні електричні струми. Магнітне поле струмів, додаючись до геомагнітного, і змінює елементи геомагнітного поля.

**Геомагнітна спряженість** — положення пунктів земної поверхні на одній геомагнітній довготі і однакових, але протилежних за знаком, геомагнітних широтах, тобто на одній силовій лінії геомагнітного поля. Оскільки ряд процесів у *магнітосфері* тісно пов'язаний з геомагнітним полем, то під час їх перебігу в цих точках спостерігається певна подібність, синхронність (*полярні яйва*, *геомагнітні бурі* тощо).

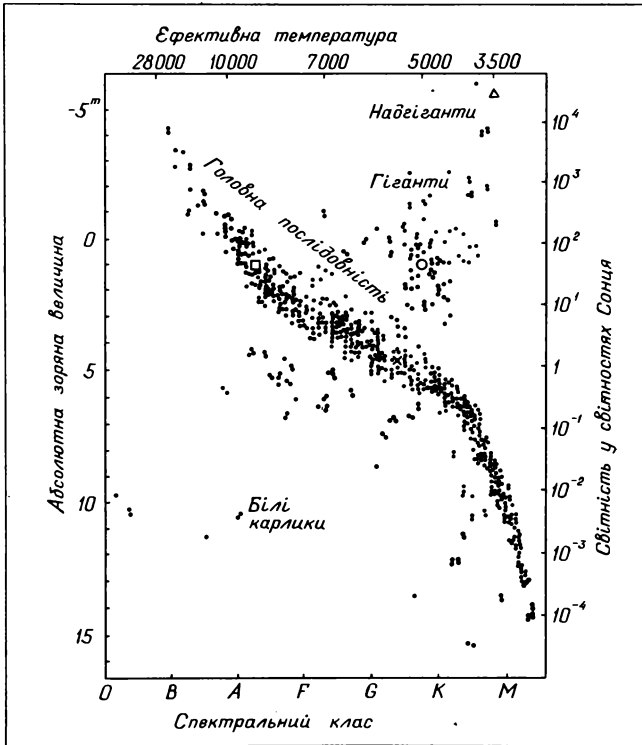
**Геостационарність** — ситуація, коли період обертання штучного супутника навколо Землі збігається з періодом добового її обертання. Якщо орбіта ШСЗ лежить в екваторіальній площині, то такий супутник весь час буде над тією самою точкою *екватора*. Якщо *орбіта* нахилена до екватора, то супутник робитиме коливальні рухи вздовж *меридіана*. Якщо орбіта матиме помітний *ексцентриситет*, то ШСЗ описуватиме невеликий еліпс. Такі ШСЗ використовують для ретрансляції телепередач,

для систем зв'язку, навігації. Висота геостационарної орбіти над поверхнею Землі 36 тис. км.

**Геофізика** — наука про фізичні властивості тіла Землі, фізичні процеси, які відбуваються в *атмосфері*, гідросфері, літосфері під дією внутрішніх земних і зовнішніх космічних сил. Включає в себе кілька основних розділів. *Геомагнетизм* — наука про земне магнітне поле, його властивості, походження, еволюцію. *Аерономія* — наука про процеси у верхніх шарах атмосфери. *Метеорологія* — наука про процеси в атмосфері, яка в свою чергу ділиться на фізичну метеорологію (фізику атмосфери), динамічну метеорологію (вивчення динамічних процесів в атмосфері методами гідро- і газодинаміки), синоптичну метеорологію (науку про великомасштабні процеси, пов'язані з формуванням погоди, про їх спостереження, прогнозування), кліматологію (науку про клімат, його формування, поширення, типи, зміни з часом). *Океанологія* — наука про фізичні властивості та процеси в Світовому океані. *Гідрологія* — наука про ріки, озера, прибережні ділянки морів. *Гляціологія* — наука про лід у природі, поширеність і властивості льодовиків, зміни їх з часом. *Фізика земних надр* вивчає внутрішню будову Землі. *Сейсмологія* — наука про коливання земної кори, землетруси. *Гравіметрія* вивчає гравітаційне поле Землі. *Г.* вивчає також питання про припливи у водній та твердій оболонці Землі, про рухи великих ділянок земної кори (див. *Глобальна тектоніка*). У багатьох питаннях *Г.* тісно межує з географією, астрономією, іншими науками.

**Гермесо** — (у давньогрецькій міфології Гермес (*Hermes*) — покровитель купців, мандрівників, відкривачів нових земель, назва планети Меркурій, що є латинським аналогом грецького Гермеса) — префікс, який використовують для утворення деяких понять, пов'язаних з Меркурієм. Наприклад, гермесологія, гермесографічний (порівняй геологія, геологічний).

**Герцшпрунга — Ресселла діаграма (Г — Р діаграма)** — залежність між спектральним класом та світністю зір (діаграма спектр-світність). Вперше побудована на початку ХХ ст. датським астрономом Е. Герцшпрунгом (1873—1967), а трохи пізніше — американцем Г. Ресселлом (1877—1957). *Г — Р д.* будують, наносячи в системі координат *спектральний клас зорі* (або *показник кольору*, ефективна температура) — *світність* (абсолютна зоряна величина) дані про достатню кількість



Мал. 11. Діаграма Герцшпрунга — Ресселла

зір. Зорі на такій діаграмі (мал. 11) розміщені не рівномірно, а в певних місцях, залежно від їх віку, маси, хімічного складу, температури. На діаграмі виділяють послідовності або класи світності: I — надгіганти; II — яскраві гіганти; III — гіганти; IV — субгіганти; V — звичайні зорі або зорі головної послі-

довності, VI — яскраві *субкарлики*; VII — білі *карлики*. Г — Р д. має велике значення в астрономії, оскільки вона відображає закономірності *зоряної еволюції*.

**Гетеросфера** (грец. *getero* — різний і сфера) — див. *Атмосфера*.

**Гіади** (грец. *hyades* — дощові) — молоде розсіяне (відкриті) скупчення зір нашої Галактики в сузір'ї Тельця. Назва походить від того, що з появою Г. на нічному небі в Греції починався сезон дощів. У давньогрецькій міфології сім німф Гіад, дочок Атланта і сестер Плеяд, дуже плакали за своїм братом мисливцем, який потрапив до пазурів Лева, через що Зевс забрав їх на небо. Укр. назва — Чепіга. Містить близько 200 зір, відстань — 40 пк, променева швидкість 36 км/с. Найяскравіша зоря — Альдебаран.

**Гігант** (в е л е т е н ь) — 1) Б л а к и т н і Г.— молоді гарячі масивні зорі *спектральних класів O, B*, що на *Герцшпрунга — Ресселла діаграмі* лежать на *головній послідовності*. Їх маси досягають 10—20 мас Сонця, а світності в тисячі і десятки тисяч раз перевищують сонячну. 2) Ч е р в о н і Г.— старі зорі, які після «вигорання» водню в ядрі зійшли з *головної послідовності* і змістилися в зону Г. Водень продовжує горіти в тонкому шарі навколо ядра зорі, в якому водень ще не «вигорів». При цьому оболонка зорі розбухає і світність зростає (бо зростає випромінююча поверхня). Коли маса ядра перевищує  $1,2 M_{\odot}$ , в ньому починаються реакції синтезу гелію за схемою  $3^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C}$ . Тоді оболонка зорі спадає, зоря на *діаграмі Герцшпрунга — Ресселла* переміщується вліво у бік *головної послідовності*.

**Гід телескопа** — візуальний *телескоп*, змонтований на колоні основного телескопа, їх оптичні осі паралельні. Як правило, Г. т. менш потужний. Використовують для наведення основного телескопа на світило, для точного коригування положення інструмента під час фотографування світил, особливо з помітними *власними рухами* (наприклад, *комети, астероїди*).

**Гіджра** (араб. х і д ж р а — переселення) — початок мусульманського літочислення, за яким роки відлічують від переселення (втечі засновника ісламу Мухаммеда з міста Мекки до Медіни, що відбулася в 622 р.). Г. оголосив початком літочислення (з 16 липня 622 р.) Халіф Омар у 637 р.

**Гідування** — утримування зображення об'єкта в певній точці фокальної площини за допомогою безперервного візуального або автоматичного контролю за положенням теле-

скопа і зміщенням світила та компенсування випадкових і систематичних зміщень зображення зміною положення телескопа або пластинки. Найчастіше використовують при фотографуванні небесних об'єктів, коли потрібні тривалі експозиції. При фотографуванні об'єктів, яких не видно в *зід*, телескоп за наперед розрахованою програмою відповідно до *ефемериди* руху об'єкта безперервно або дискретно переводиться в точку неба, де має бути об'єкт (гідування за Меткофом). У сучасних інструментах Г. здійснюється автоматично.

**Гімалія** — VI супутник Юпітера. Названий за ім'ям німфи з малопоширеного древньогрецького міфа. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Гіперіон** — VII супутник Сатурна. Названий за ім'ям титана Гіперіона, божества неба в давньогрецькій міфології, сина Урана (божества неба) і Геї (божества Землі). Див. *Супутники планет* і додаток 3.

**Глобальна тектоніка** — сучасні уявлення про рухи верхніх шарів Землі як про рух окремих плит або блоків літосфери на більш текучій *астеносфері*. Товщина блоків, розміри яких мають порядок континентів або їх частин, вимірюється десятками км. Межі плит є зонами максимальної тектонічної, вулканічної, сейсмічної активності. На одних межах речовина астеносфери піднімається, плити розсуваються, утворюється молода океанічна кора (зони *спредингу*, як у середній зоні Атлантичного океану), на інших, уздовж околиць материків, острівних дуг, плити насуваються одна на одну (зони *субдукції*). Ці процеси пов'язані з повільними конвективними рухами в надрах Землі. Г. т. є сучасним варіантом гіпотези руху материків — *мобільізму*. Виникла останніми роками на базі ідей, висловлених на початку нашого століття А. Вегенером.

**Глобула** — компактна ущільнення міжзоряного газу і пилу загальною масою в десятки й сотні мас Сонця, тим щільніше, чим менший розмір Г. Внаслідок малої прозорості Г. її видно на фоні світлих туманностей. У процесі еволюції глобули можуть розсіюватися в міжзоряному просторі, але не виключена можливість, що деякі з них, стискаючись під дією власної гравітації і тиску гарячішого навколишнього газу, можуть дати початок зорям і їх скупченням.

**Гномон** — 1) Старовинний астрономічний інструмент, основною частиною якого є вертикальний стержень. За довжиною і напрямом тіні від нього визначали *висоту* й *азимут* Сонця. 2) Тіньовий стержень *сонячного годинника*.



**Годінний кут** — одна з координат першої екваторіальної системи небесних координат — кут між площиною небесного меридіана і площиною кола *схилень* світила. Г. к.  $t$  визначають за місцевим зоряним часом спостерігача  $s$  і прямими піднесенням  $\alpha$ :  $t = s - \alpha$ , відлічують у бік заходу від небесного меридіана. Інакше, Г. к. світила — час, що минув від його верхньої кульмінації.

**Годинник** — прилад для вимірювання часу. В основі вимірювання часу годинником лежить періодичний процес: коливання маятника, вібрування кварцової пластинки, періодичні процеси в атомах і молекулах, добове або орбітальне обертання Землі. Г. широко використовують в астрономії для визначення координат світил та розв'язання інших завдань. Першим таким приладом був *сонячний годинник*. Питаннями збереження і визначення точного часу займається *служба часу*. Традиційні астрономічні Г. створювалися на базі маятникового механізму. Як правило, використовували маятник з періодом коливання 2 с. Для підвищення точності ходу первинний маятник годинника розміщували в підвальному приміщенні, де підтримувалась стала температура, а сам маятник коливається в спеціальному балоні, в якому тиск не перевищує кількох мм рт. ст. Для підтримання коливань такого маятника періодично, з інтервалом у кілька хвилин, йому надається завжди однаковий механічний імпульс. Вторинний маятник, пов'язаний з циферблатом, коливається синхронно з першим. Залежно від призначення розрізняють середній Г. і зоряний Г. Перший іде за сонячним, другий — за зоряним часом. Точність Г. визначається варіацією добового ходу, яка для маятникового Г. становить 0,001 с. Це не задовольняє потреб сучасної науки. Кварцовий Г., в якому коливним елементом є кварцова пластинка, дає варіацію  $10^{-6}$  с. Пластинка міститься в колбі з відкачаним повітрям, яка термостатується з точністю до 0,01 °С. Ще вищу точність дають молекулярні та атомні Г., де еталоном є частота коливних процесів на атомному та молекулярному рівнях. Варіація добового ходу таких систем досягає  $10^{-9}$  с (відносна похибка часу —  $10^{-14}$ ).

**Годинниковий механізм** — вузол *телескопа*, який компенсує видимий рух небесної сфери і довгий час утримує зорю в полі зору телескопа. Г. М. повертає інструмент навколо полярної осі зі швидкістю 15° за годину (здійснюючи оберт за 24 зоряні години). Необхідною умовою якісної роботи Г. м. є сталість його ходу і точне встановлення полярної осі телескопа. Г. м.

складається з електричного або гирьового привода і регулятора швидкості (наприклад, відцентрового). В азимутальних системах телескопів стеження за зорею здійснюють поворотом телескопа навколо двох осей (див. *Монтування телескопа*) за допомогою електроприводів, зв'язаних з ЕОМ.

**Головна послідовність** — послідовність на *Герцшпрунга — Ресселла діаграмі*, до якої належить основна частина зір. На Г. п. зоря виходить після того, як в її надрах починається ефективний перебіг термоядерних реакцій перетворення водню в гелій. Маса зір Г. п. ( $10^{-1} \dots 10^2$ )  $M_{\odot}$ . Після вигорання водню в надрах зорі вона сходить з Г. п. в зону *гігантів*. Час перебування зорі на Г. п. значною мірою залежить від її маси: він обернено пропорційний масі зорі в степені 2,5...3. Тому зоря з масою Сонця перебуває на Г. п. 10 млрд. років, з масою в 15 раз більшою (блакитні *гіганти*) — лише 10 млн. років (див. *Зоряна еволюція*).

**Гомопáуза** — див. *Атмосфера*.

**Гомосфэра** (грец. *hómos* — рівний, спільний і *сфера*) — див. *Атмосфера*.

**Горизóнт** (грец. *horizó* — обмежую) — 1) Астрономічним Г. або математичним Г. називають велике коло, яке є лінією перетину *небесної сфери* з площиною, що проходить через центр небесної сфери перпендикулярно до прямої лінії (астрономічної *вертикалі*) в заданій точці. У випадку геодезичної вертикалі маємо геодезичний Г. 2) Штучний Г. — пристрій, який забезпечує визначення напрямку астрономічної вертикалі. Використовується для знаходження нуль-пункту висот світил при абсолютних спостереженнях на деяких астрономічних інструментах. 3) Г. п о д і й — замкнена поверхня навколо *чорної діри*, що є межею частини простору, яку не може залишити жодне випромінювання і жоден сигнал. Для чорної діри з масою  $M$ , моментом кількості руху  $J$  і електричним зарядом  $q$  (так звана чорна діра Керра — Ньюмена) радіус Г. подій  $r_+$  дорівнює

$$r_+ = G M c^{-2} + (G^2 M^2 c^{-4} - G q^2 c^{-4} - 2 M^2 c^{-2})^{1/2}.$$

Для необертової електрично нейтральної діри  $r_+ = 2 G M c^{-2}$  є радіусом Шварцшільда або *гравітаційним радіусом*. 4) Г. Всесвіту — межа, що відокремлює частину *Всесвіту*, яку можна спостерігати, від тієї його частини, яку в принципі спостерігати не можна, бо час поширення світла від будь-якої

її точки перевищує вік Всесвіту  $t_0$ . Отже, Г. Всесвіту можна характеризувати радіусом Всесвіту  $R_0 = ct_0$ .

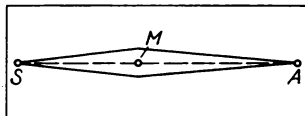
**Гофрований струмовий шар** — поверхня, що розміщена приблизно в екваторіальній площині Сонця і відокремлює зони з протилежними напрямками міжпланетного магнітного поля сонячного вітру. Спотворення (гофрування) струмового шару пов'язане з наявністю активних областей на Сонці з їх потужними магнітними полями. Внаслідок радіального поширення сонячного вітру й обертання Сонця ці спотворення описують у просторі архімедову спіраль у зв'язаній з Сонцем системі координат.

**Гравіметр** (лат. *gravis* — важкий і грец. *metreo* — вимірюю) — прилад для вимірювання ваги за зміною деформації пружини або кута закручування пружної нитки. Для зменшення зовнішніх впливів Г. часто встановлюють у герметичних термостатованих посудинах. Розрізняють Г. для роботи на суші, на морі, під водою, в повітрі.

**Гравіметрія** (лат. *gravis* — важкий і грец. *metreo* — вимірюю) — наука, яка вивчає поле сили тяжіння. Є частиною геофізики. Сила тяжіння на поверхні Землі є рівнодійною гравітаційної сили притягання і відцентрової сили. Відношення другої до першої на екваторі — 1 : 288. Вага тіла залежить від особливостей фігури Землі, розміщення мас всередині неї. Тому гравіметричні дослідження мають велике значення для вивчення внутрішніх шарів, форми Землі, її надр. Гравітаційне поле Землі вивчають за допомогою *гравіметрів* і *маятників*. В останніх використовується залежність періоду коливання маятника від сил, які діють на нього. Внаслідок складності форми і будови Землі її гравітаційне поле описується сумою двох полів: нормального, простішого, що залежить лише від широти, і аномального — невеликого, але складнішого додатка до першого. Для вивчення гравітаційного поля використовують також ШСЗ. Вивчення *збурень* в їхніх рухах дає можливість з високою точністю визначати особливості земного гравітаційного поля, внутрішню будову і пружні властивості Землі.

**Гравітаційна лінза** — явище, пов'язане з фокусуванням електромагнітного випромінювання гравітаційним полем об'єкта, що лежить між спостерігачем і джерелом випромінювання (мал. 12). Вперше на принципову можливість такого явища звернув увагу вітчизняний фізик О. Д. Хвольсон (1852—1934) у 1926 р. За певних обставин взаємного розміщення випро-

мінювача  $S$ , спостерігача  $A$  і гравітуючої маси  $M$  може відбуватися фокусування випромінювання, подібне до того, що ми спостерігаємо в оптичних системах. За симетрії  $S$  і  $M$  та коли  $S$ ,  $M$  і  $A$  будуть розміщені на одній лінії, навколо  $M$ , якої може бути й не видно, спостерігатиметься світне кільце — спотворене зображення випромінювача. Внаслідок наявності безлічі далеких *галактик* і *квазарів* явище Г. л. цілком



Мал. 12. Ефект гравітаційної лінзи: заломлення променів у гравітаційному полі маси  $M$  на шляху від випромінювача  $S$  до спостерігача  $A$ .

ймовірне для спостережень. У разі нецентрального розміщення  $S$  відносно лінії  $AM$  і несиметричного гравітаційного поля  $M$  можна спостерігати кілька зображень джерела  $S$ . Основні властивості зображень такі: 1) число зображень непарне; 2) серед зображень є як прями, так і інверсовані, так що коли об'єкт  $S$  мав вигляд букви  $P$ , деякі його зображення матимуть вигляд  $d$ ; 3) яскравість зображень різна, серед них є як яскравіші від  $S$ , так і слабкіші; 4) червоні зміщення зображень мають бути рівними; 5) спектри повинні бути однаковими; 6) якщо джерело  $S$  змінне, то коливання блиску зображень мають бути подібними, але зміщеними в часі; зміщення визначається конкретними параметрами Г. л. Є кілька об'єктів, що можуть трактуватися як явище Г. л. Це насамперед об'єкт  $Q\ 0957+561$  (див. кольорову вклейку, мал. 14). Підозрюють, що він містить кілька зображень далекого *квазара*, світло від якого проходить через гравітаційне поле еліптичної галактики, що й стала причиною явища Г. л. Вивчення Г. л. дає можливість незалежно визначити масу гравітуючої системи, що особливо важливо для встановлення середньої густини матерії у Всесвіті, розгадки проблеми прихованої маси, розв'язання питання про геометрію нашого світу, його вік.

**Гравітаційна рівновага** — умови, які існують у зорях, коли внутрішній тиск газу і випромінювання зрівноважується вагою речовини, розміщеної вище. В умовах Г. р. температура  $T$  всередині зорі радіусом  $R$  з масою  $\mathcal{M}$  пропорційна  $\mathcal{M}/R$ . В одиницях маси і радіуса Сонця:  $T=1,5 \cdot 10^7 \mathcal{M}/R \cdot K$ . Саме за такої температури всередині зорі тиск може протистояти гравітаційним силам притягання до центра. Існує кілька пара-

доксів, пов'язаних з умовами Г. р. Так, для нагрівання зорі від неї треба відводити енергію, а не підводити. При відведенні енергії  $T$  спадає, а тиск зменшується і зоря починає стискатися. Таке стискання призводить до вивільнення *потенціальної енергії* гравітаційного поля. За *теоремою про віріал* вивільнена енергія вдвічі перевищує відведену. Практично половину вивільненої енергії зоря висвічує, друга половина витрачається на нагрівання надр зорі і тому температура не тільки не спаде, а навпаки, зростає. Отже, випромінюючи енергію, зоря нагрівається, тому кажуть про від'ємну теплоємність зорі у стані Г. р. В умовах Г. р. світність мало залежить від інтенсивності ядерних реакцій, оскільки їх перебіг саморегулюється. Так, якби внаслідок якихось причин ядерні реакції почали відбуватися інтенсивніше, то це було б причиною роздування зорі і зменшення температури в її центрі. Як наслідок цього реакції сповільнилися б, і навпаки. *Світність* зорі  $L$  в умовах Г. р., залежно від процесів тепловідведення від центральних частин до зовнішніх, пропорційна масі зорі  $M$  в степені 3...5,5, саме тому зорі більших мас еволюціонують швидше.

**Гравітаційна стала** — коефіцієнт пропорційності в математичному виразі закону всесвітнього тяжіння Ньютона:  $F = G m_1 m_2 r^{-2}$ , де  $m_1, m_2$  — маси двох гравітуючих тіл, відстань між якими дорівнює  $r$ , а  $F$  — сила їх взаємодії. Розмірність сили у фізиці визначають з другого закону Ньютона ( $F = m \cdot a$ ) і має вигляд  $[M] \cdot [L] \cdot [T]^{-2}$ . У цьому разі розмірність Г. с.  $[M]^{-1} \cdot [L]^3 \cdot [T]^{-2}$ . Це — *кавендішова Г. с.* (від прізвища англійського фізика Г. Кавендіша). У принципі можна було б зробити й інакше: визначивши розмірність сили із закону тяжіння, припустити, що  $G = 1$  і ввести коефіцієнт до другого закону Ньютона:  $F = k \cdot m \cdot a$ . Однак історично склалося так, що із спостережень визначають саме  $G$ , вважаючи, що  $k = 1$ . Знання точного значення  $G$  відіграє велику роль у фізиці й астрономії. В астрономії визначають Г. с., виходячи з третього закону Кеплера:  $a^3/T^2(M+m) = G/4\pi^2$ , де  $a$  — велика піввісь орбіти,  $M$  і  $m$  — маси тіл,  $T$  — період обертання. Із спостережень за рухом планети масою  $m$  навколо Сонця з масою  $M$  можна визначити  $a$  і  $T$ , а також (з меншою точністю) відношення мас  $m/M$  яке, як правило, значно менше від 1. Тоді величину  $GM$  можна знайти із спостережень. Таку величину в астрономії називають *планетоцентричною Г. с.* і залежно від того, що взято за центральне тіло і супутник, розрізняють *геліоцентричну Г. с.*  $GM_{\odot}$ , *геоцент-*

ричну Г. с.  $GM_{\oplus}$ , селеноцентричну Г. с.  $GM_{\zeta}$  і ряд інших планетоцентричних Г. с. для планет і супутників *Сонячної системи*. Якщо за центральне тіло взято Сонце, а за супутник — баріцентр системи Земля — Місяць, то це дасть нам  $G$  а у с о в у Г. с., яка відіграє в астрономії принципово важливу роль як одна з головних одиниць *системи астрономічних сталих*. Значення такої Г. с. можна було б уточнити, але виходячи з міркувань зручності, її залишають незмінною, а змінюють середню відстань Земля — Сонце, яка дорівнює не астрономічній одиниці, а 1,000000236 а. о. Слід зважити на те, що, по суті, всі Г. с. — це та сама кавендішова Г. с., в якій за одиницю маси взято масу того чи іншого небесного тіла або системи тіл.

Назва Г. с.	Одиниці вимірювання			Значення Г. с.
	дов-жини	маси	часу	
Кавендішова	м	кг	с	$6,6745 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Гауссова	а. о.	$M_{\odot}$	доба	0,01720209895
Геоцентрична	м	$M_{\oplus}$	с	$3,98700 \cdot 10^{14} \text{ м}^3 \text{ с}^{-2}$
Геліоцентрична	м	$M_{\odot}$	с	$1,3271244 \cdot 10^{20} \text{ м}^3 \text{ с}^{-2}$
Селеноцентрична	м	$M_{\zeta}$	с	$4,9027 \cdot 10^{12} \text{ м}^3 \text{ с}^{-2}$

**Гравітаційна сфера планети** — 1) Сфера притягання планети радіусом  $R_p$  — частина простору навколо планети, в якій притягання планети перевищує сонячне  $R_p = r_0 \cdot (m/M_{\odot})^{1/2}$ , де  $r_0$  — відстань планети масою  $m$  від Сонця масою  $M_{\odot}$ . 2) Сфера дії планети радіусом  $R_d$ , яка визначається співвідношенням між збурюючими прискореннями в русі тіла з боку планети й Сонця:  $R_d = r_0 \cdot (m/M_{\odot})^{2/5}$ . 3) Сфера впливу планети радіусом  $R_v$ , яку використовують у розрахунках траєкторій космічних польотів поряд із сферою дії:  $R_v = 1,15 \cdot r_0 (m/M_{\odot})^{1/3}$ . 4) Гравітаційна сфера Гілла, яка визначається відстанню до точки лібрації (див. *Лібраційні точки*)  $L_1$ , розміщеної між

планетою і Сонцем (супутником і планетою):  $R_r = r_0 \cdot (S^{1/3} - \frac{1}{3} S^{2/3} - \frac{1}{9} S)$ , де  $S = m/3m_{\odot}$ . 5) Поняття Г. с. п. можна ввести і для системи Сонце — Галактика, а також для інших космічних систем.

Планети	Радіуси, млн. км			
	$R_n$	$R_d$	$R_b$	$R_r$
Меркурій	0,024	0,11	0,26	0,22
Венера	0,17	0,62	1,7	1,0
Земля	0,26	0,93	2,5	1,5
Марс	0,13	0,58	1,8	1,1
Юпітер	24	48	88	64
Сатурн	24	55	108	52
Уран	19	52	116	70
Нептун	32	87	195	116
Плутон	10	35	93	58

**Гравітаційне зміщення** — зміна довжини хвилі випромінювання в гравітаційному полі. Визначається виразом  $\delta\lambda/\lambda = (\varphi_2 - \varphi_1)/c^2$ , де  $\delta\lambda$  — зміна довжини хвилі випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda$ ,  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  — гравітаційні потенціали відповідно в точці випромінювання і точці спостереження. Якщо  $\varphi_2 > \varphi_1$ , то маємо  $\sigma\lambda > 0$  — червоне зміщення, у протилежному разі — блакитне зміщення. Г. з. сонячного випромінювання для земного спостерігача становить 0,0004 нм, супутника Сіріуса — 0,034 нм.

**Гравітаційне стискання** — 1) Процес стискання газопилової хмари або її частини під дією власного гравітаційного поля. 2) Етап розвитку зір від початкових стадій стискання *протозорі* до початку ефективного перебігу термоядерних реакцій в їх надрах. Етапи Г. с. характерні й для прикінцевих стадій, еволюції зорі, коли вичерпуються її джерела ядерної енергії. Енергія під час етапу Г. с. виділяється за рахунок вивільнення *потенціальної енергії* речовини зорі у власному гравітаційному полі. При теперішньому рівні енерговиділення Сонця запасів його гравітаційною енергією вистачило б на 23 млн. років.

**Гравітаційний потенціал** — скалярна величина, яка характеризує напруженість гравітаційного поля в певній точці. Система точкових мас  $m_i$  створює в точці  $A$  поле з потенціалом  $\Phi = \sum_i Gm_i/r_i$ , де  $r_i$  — відстань точки  $A$  до маси  $m_i$ . Сила, що діє на одиницю маси у точці  $A$ , визначається градієнтом потенціалу.

**Гравітаційний радіус** — радіус сфери, до якого треба стиснути зорю (чи будь-яке тіло), щоб далі стискання не могло спинитися ніякими силами; це привело б до утворення *чорної діри*. Називається ще радіусом Шварцшільда. Г. р. визначають з виразу:  $R_g = 2Gm/c^2$ , де  $m$  — маса тіла. Жодних сигналів з середини сфери радіусом  $R_g$  зовнішній спостерігач одержати не може, оскільки для проходження сигналу з точки зору цього спостерігача потрібен нескінченно великий час. Г. р. для атома водню дорівнює  $2,4 \cdot 10^{-52}$  см, для Землі — 0,9 см, для Сонця — 3 км, для Галактики — 3 тис. а. о.

**Гравітація** (лат. *gravitas* — вага) — те саме, що й тяжіння (див. *Всесвітнє тяжіння*).

**Грануляція** — явище неоднорідної яскравості сонячної *фотосфери*, зумовлене підніманням сонячної плазми в центрі гранули і опусканням на її краях внаслідок конвективних рухів у верхніх шарах Сонця. Грануляційна картина зберігається кілька хвилин. Гранули розмежовані трохи темнішою речовиною, температура якої приблизно на 300 К нижча, ніж у центрі гранул. Розміри гранул  $\sim 10^3$  км (див. *Фотосфера*).

**Грінвіч, Грінвіцька обсерваторія** (англ. *Greenwich*) — найстаріша британська обсерваторія, заснована в 1675 р. у передмісті Лондона. Відіграла значну роль у розвитку астрономії. Через неї уводно «проведено» нульовий (Грінвіцький) *меридіан*. Місцевий час Г. прийнято за стандартний для всієї Землі — *всесвітній час*. Грінвіцьку обсерваторію перенесено в замок Херстмонсо.

**Група сонячних плям** — характерний прояв сонячної активності. Г. с. п. починає своє існування з групи пор без помітної внутрішньої структури, яка за кілька діб може перетворитися в поодинокую пляму або Г. с. п. більшої чи меншої площі. Як правило, формуються дві основні плями (ведуча і хвостова), оточені певною кількістю значно менших плям. Характерною особливістю Г. с. п. є сильне магнітне поле порівняно з полем незбуреної *фотосфери*, де воно в тисячі раз слабкіше. Магнітне поле в плямах досягає 0,45 Тл. Магнітна полярність ведучої і хвостової плям протилежні. Співвідношення



між полярностями зберігається в тій самій півкулі Сонця протягом усього 11-річного циклу активності. В іншій півкулі полярність протилежна. Якщо в певному циклі в північній півкулі Сонця ведуча пляма має полярність  $S$ , то в південній — полярність  $N$ . Під час наступного циклу ситуація змінюється на протилежну. Залежно від складності  $G. c. p.$  їх поділяють на уніполярні (пляма одного знака магнітного поля), біполярні (дві великі плями різної полярності) і мультіполярні (більш як дві рівноправні плями з різними полярностями). Це так звана *магнітна класифікація  $G. c. p.$* , якою користуються поряд з еволюційною цюрихською класифікацією. На відміну від періоду зростання площі  $G. c. p.$ , який дорівнює кільку діб, наступна її еволюція може тривати тижні й місяці. Площу  $G. c. p.$  вимірюють у *мільйонних частках півсфери Сонця* (м. ч. п.); вона досягає іноді кількох тис. м. ч. п. Такі групи можна бачити неозброєним оком крізь зачорнене скло. Величина магнітного поля у плямах прямо пропорційна їх площі. Саме наявність сильного магнітного поля забезпечує збереження плями протягом тривалого часу, перешкоджаючи переміщенню холоднішої речовини плями з навколишнім оточенням (різниця температур досягає 1...1,5 тис. К).  $G. c. p.$  утворюються не однаково часто для різних періодів часу. Іноді на диску можна спостерігати десятки груп, в інші часи — жодної. Саме інтенсивність процесу народження нових  $G. c. p.$  визначається перебіг 11-річного *циклу сонячної активності*. На початку циклу  $G. c. p.$  виникають у високих широтах. Потім кількість їх зростає і через кілька років після початку циклу досягає максимуму. Одночасно зони плямоутворення зміщуються до екватора. Як правило, ведуча і хвостова плями розміщуються на одній широті, хоч бувають і винятки. Центральна частина (тінь плями) темніша. Вона оточена півтінню — трохи світлішою мережкою.  $G. c. p.$  є активними утвореннями в сонячній атмосфері, в них і над ними відбуваються бурхливі процеси, найпомітнішими з яких є *сонячні спалахи*.

**Густина астрономічна** — густина астрономічних об'єктів. Деякі з них мають таку  $G. a.$  (у  $г/см^3$ ): Всесвіт у час  $10^{-43}$  с після початку розширення —  $10^{93}$ , *чорна діра* зоряної маси (в об'ємі гравітаційної сфери) —  $10^{17}$ , *нейтронна зоря* —  $10^{14}$ , *білий карлик* —  $10^4 \dots 10^6$ , ядро Сонця —  $10^2$ , планети Сонячної системи 0,7...6,0, міжзоряне середовище —  $10^{-24}$ , лабораторний вакуум —  $10^{-19}$ , *Всесвіт* у цілому в наш час —  $10^{-29} \dots 10^{-31}$ .

# Д

**Далекодія** — концепція ньютонівської механіки, що полягає в постулюванні можливості передавання гравітаційної взаємодії на великі відстані без будь-якого матеріального посередника з нескінченною швидкістю. Ще Ньютон відчував неприродність такого припущення. Суперечність була розв'язана введенням принципу *близькодії* в сучасній фізиці.

**Деймос** — другий супутник планети Марс. Д. за грецькою міфологією — демон жаху, син бога війни Марса (Ареса, Арея). Див. *Супутники планет* і додаток 3.

**Дефект маси** — різниця  $\Delta m$  між масою зв'язаної системи взаємодіючих тіл і сумою їх мас у вільному стані. Д. м. визначається енергією зв'язку  $E$  системи:  $\Delta m = E/c^2$ . Завдяки Д. м., яким зумовлюються реакції термоядерного синтезу, світяться Сонце і зорі.

**Деферент** (лат. *defero* — несу, зміщую) — див. *Епіцикл*.

**Джерела зоряної енергії** — 1) На початковій і деяких проміжних стадіях еволюції Д. з. е. є енергія *гравітаційного стиснення*. 2) На основному етапі активного життя зорі (стадії перебування на *головній послідовності*) Д. з. е. є реакції термоядерного синтезу: перетворення водню в гелій. При температурах  $T > 1,5 \cdot 10^7$  К відбуваються реакції  $p - p$  (протон-протонного) циклу, при вищих — вуглецево-азотного (або CNO) циклу (див. кольорову вклейку, мал. 16). У першому випадку, який характерний для зір сонячної маси, швидкість енерговиділення описується степеневим законом  $T^n$  при  $n = 3 \dots 5$ , у другому — таким самим законом при  $n \approx 20$ . Тому масивні зорі, які мають вищу температуру в надрах, значно швидше еволюціонують, швидше виробляють енергію, витрачаючи її на випромінювання. Швидкість реакцій  $p - p$  циклу визначається в умовах Сонця швидкістю найповільнішої першої реакції об'єднання двох протонів з утворенням ядра дейтерію  ${}^2\text{H}$  (або  ${}^2\text{D}$ ). На схемах біля стрілок показано: до коми — частинка, що поглинається ядром, з якого виходить стрілка, після коми — частинки і кванти, які народилися внаслідок реакції разом з ядром, до якого напрямлена стрілка. Позначення на схемі такі:  $\alpha$  — альфа-частинка, ядро  ${}^4\text{He}$ ;  $\nu$  — нейтрино;  $e^-$ ,  $e^+$  — електрон і позитрон;  $\gamma$  — гамма-квант;  $p$  —

протон, ядро водню  ${}^1\text{H}$ . Зірочкою позначено нестабільне ядро, яке розпадається. У надрах Сонця ймовірність перебігу реакції першого вертикального ланцюжка дорівнює 70 %, другого — 30 %, третього — 0,1 %. Результуюча реакція:  $4{}^1\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + 2\nu + 26,7 \text{ MeV}$ . Близько 0,6 MeV енергії вносить нейтрино. Третій ланцюжок важливий тим, що тут продукуються енергійні нейтрино, які реєструються земними детекторами. Вуглецево-азотний цикл відбувається з участю вуглецю, азоту, кисню як каталізаторів, тому результуюча реакція має такий самий вигляд і практично такий самий енергетичний вихід. Складається вона з трьох переплетених циклів (на мал. 15 їж позначено різними лініями), внаслідок перебігу яких утворюється ядро гелію  ${}^4\text{He}$ . На кожну реакцію циклу 4 припадає  $10^3$  реакцій циклів 3 і 2 та  $10^6$  реакцій циклу 1. Початок кожного з чотирьох циклів позначено відповідними цифрами. Інтенсивність енерговиділення визначається найповільнішою реакцією перетворення  ${}^{14}\text{N}$  в  ${}^{15}\text{O}$ . Нейтрино в CNO-циклі вносить утричі більше енергії порівняно з  $p-p$  циклом. 3) На заключних стадіях еволюції зір після вигорання водню при достатній масі зорі можуть відбуватися реакції синтезу вуглецю з гелію, потім кисню і т. д. аж до заліза і нікелю. Подальший синтез потребує витрат енергії і не може бути джерелом енергії. Час життя зорі на стадії горіння He становить 10 % стадії водневого горіння. (Див. *Утворення хімічних елементів; Цикли реакцій синтезу гелію*).

**Дигресія світила** — віддалення від меридіана. Вимірюють кутовими мірами.

**Дилуція випромінювання** (лат. *diluo* — розріджую) — зменшення густини випромінювання в одиниці об'єму з віддаленням від його джерела. Оцінюється коефіцієнтом Д. в.  $W = \frac{1}{4} \times (R/r)^2$ , де  $R$  — радіус зорі,  $r$  — відстань до неї. Від величини  $W$  залежить число іонізованих атомів у туманностях (зокрема планетарних) у розрахунку на одиницю об'єму.

**Динасфера** (грец. *dýnatis* — сила і *сфера*) — зона *атмосфери*, де дмуть сильні вітри.

**Дисипація атмосфери** (лат. *dissipatio* — розсіяння) — розсіювання атмосфери планетою внаслідок втрати її складових. Д. а. пов'язана з тим, що серед частинок атмосфери, які безперервно рухаються з різними швидкостями (відповідно до розподілу Максвелла), є такі, швидкість яких може перевищувати другу *космічну швидкість*. У цьому разі, якщо частинка

не зіткнеться з іншими, вона безперешкодно вийде з гравітаційного поля планети і буде назавжди нею втрачена. Цей процес відбувається тим швидше, чим менше гравітаційне поле планети (менша її маса), чим вища температура атмосфери (ближча відстань до Сонця і деякі інші фактори), чим меншу молекулярну масу мають частинки атмосфери. У масштабах астрономічного часу стійкою буде та атмосфера, середня швидкість частинок якої не перевищує 20 % другої космічної, або критичної, швидкості. З цієї причини Місяць, Меркурій, більшість супутників не можуть мати стійкої атмосфери, а Марс може утримати лише важкі гази. Якщо середня теплова швидкість становить 25 % другої космічної швидкості, то атмосферу буде втрачено за 50 тис. років. Зону атмосфери, в якій внаслідок її малої густини довжина вільного пробігу частинок сумарно з протяжністю атмосфери і де з цієї причини можлива дисипація частинок у міжпланетний простір, називають *екзосферою*.

**Диск тремтіння** — зображення зорі у вигляді неправильного швидко-змінного диска, що формується у фокальній площині об'єктива *телескопа* внаслідок спотворень фронту світлової хвилі неоднорідностями атмосфери на шляху променя. Розмір Д. т. в оптичних телескопах значно перевищує розмір *дифракційного диска*, зменшуючи тим самим *роздільну здатність* і *проникну силу телескопа*. Залежить від атмосферних умов, особливо в близьких до поверхні шарах, від астрокліматичних особливостей місця встановлення телескопа, сезону, часу спостережень. Так, удень Д. т. більший, ніж уночі, внаслідок більшої нестабільності атмосфери вдень, спричиненої припливом сонячної енергії. Тремтіння зображення характеризується набором частот від короткоперіодичних (частки секунди) до довгоперіодичних (хвилин). Останні називають *рефракційними аномаліями*.

**Дисторсія** (лат. *distortio* — викривлення) — див. *Аберация оптичної системи*.

**Диференційне обертання** — 1) Обертання *галактики*, при якому кутові швидкості різних частин її змінюються залежно від відстані  $r$  точки до центра галактики (у площині її диска). Ця залежність визначається розподілом мас у галактиці. Якби густина матерії в зоряній системі була скрізь однаковою, то обертання всіх її частин навколо центра було б близьке до обертання твердого тіла. У цьому разі кутова швидкість усіх частин системи була б однаковою, а лінійні швидкості зростали б з віддаленням від центра пропорційно  $r$ . Насправді обертання

галактик значно складніше. 2) Обертання небесного тіла, при якому кутова швидкість його поверхневих шарів залежить від широти, а глибоких — від відстані до осі обертання. Так, Д. о. характерне для *фотосфери* Сонця, в якій екваторіальні області рухаються з періодом 25 діб, а приполярні — 31 доба. Д. о. фотосфери в градусах за добу описується залежність кутової швидкості  $\omega$  від геліографічної широти  $\varphi$ :  $\omega = 14,4^\circ - 2,7^\circ \sin \varphi$ . Характер Д. о. Сонця з глибиною ще не з'ясовано.

**Диференціація гравітаційна** — процес перерозподілу речовини в надрах планет і супутників, що призводить до опускання важких елементів і піднімання легких. Д. г. відбувається головним чином через розплавлення внутрішніх шарів. Джерелом енергії для цього є радіоактивний розпад. Д. г. швидше і повніше відбувається в масивніших планетах.

**Дифракційна ґратка** — пристрій для розкладання світла в *спектр*. В астрофізиці (зокрема в дифракційних спектрографах), як правило, використовують в і д б и в н і Д. г. У таких Д. г. штрихи, нанесені на поверхню скла або металу, відіграють роль темних проміжків, а ділянки між ними — роль щілин. Внаслідок відбивання світла від них формується відбивний дифракційний спектр. Довжина ділянки спектра визначається числом штрихів на 1 мм довжини Д. г. і тим більша, чим більше штрихів. Тепер використовуються Д. г. з профільованими штрихами, в яких дзеркально відбиває бічна поверхня штриха. Це дає можливість діставати достатню кількість світла в потрібному порядку спектра, діставати спектр у великому інтервалі довжин хвиль (див. *Ешеле*).

**Дифракційний диск** — зображення точкового джерела світла (далекої зорі) у вигляді світного диска, утворення якого пов'язане з явищем дифракції. Розміри Д. д. визначаються діаметром  $D$  об'єктива оптичної системи і довжиною хвилі випромінювання  $\lambda$ . Наявність Д. д. є межею *роздільної здатності* телескопа. Діаметр Д. д. становить  $\frac{\lambda}{D} \cdot 206265$  секунд дуги.

Для світла зеленого кольору ( $\lambda = 0,55$  мкм) і телескопа з діаметром об'єктива  $D = 1$  м діаметр Д. д. дорівнює  $0,11''$ . Це теоретична кутова роздільна здатність такого інструмента.

**Дихотомія** (грец. *dicha* — на дві частини, *tomé* — розріз) — перша або остання чверть Місяця, планет, супутника.

**Діаграма спектр — світність** — див. *Герцшпрунга — Ресселла діаграма*.

**Діона** (грец.— дочка Океана і Тетії (або Урана та Геї), титанида, дружина Зевса і мати Афродіти) — IV супутник Сатурна (див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Діоптр** (грец. *diá* — через, наскрізь, *optéuo* — бачу, оглядаю) — візир, який був складовою частиною інструментів астрономів минулого, коли ще не було оптичних приладів. Д. використовували для наведення візирної лінійки на світило з метою визначення координат. Точність наведення не перевищувала 1'.

**Доба́** — одна з одиниць вимірювання *часу* в астрономії. Д. дорівнює інтервалу часу, протягом якого Земля здійснює один оберт навколо своєї осі. Інтервал часу між двома послідовними *кульмінаціями* точки весняного рівнодення  $\Upsilon$  називають зоряною Д. (якщо в положенні точки  $\Upsilon$  враховано *прецесію* і *нутацію*), квазісправжню зоряну Д. (якщо враховано короткоперіодичних членів у нутації) і середню зоряну Д. (якщо положення точки  $\Upsilon$  визначають лише з урахуванням прецесії земної осі). Інтервал часу між двома послідовними *кульмінаціями* центра диска Сонця називають справжньою Д., а інтервал часу між *кульмінаціями середнього екваторіального сонця* — середньою Д. Оскільки Земля обертається навколо осі нерівномірно, послідовні кульмінації точки весняного рівнодення  $\Upsilon$  настають через неоднаковий інтервал часу. Отже, зоряна доба не є сталою, що було причиною введення рівномірного ефемеридного *часу*. Зоряна Д. коротша від середньої на  $3^m56, 555^s$ , якщо вимірювати час в одиницях середнього часу. За початок календарної доби беруть момент нижньої кульмінації середнього екваторіального сонця. Різниця в годинному куті середнього екваторіального і справжнього сонця описується *рівнянням часу*.

**Добова паралель** — мале коло на небесній сфері, яке описує світило внаслідок добового обертання Землі. Площина Д. п. перпендикулярна до осі світу і паралельна площині небесного *екватора*. На полюсах Землі Д. п. паралельні *горизонту*, а на екваторі перпендикулярні до нього.

**Довгота́** — одна з координат в астрономії, геодезії, географії. 1) Довготи на поверхнях планет, супутників, на Сонці вимірюють двограним кутом між площинами, що проходять через початковий меридіан і меридіан точки, координату якої визначають. Їх назви, основні площини і початкові *меридіани* подано в табл.

Небесне тіло	Основна площа — екватор	Початковий меридіан	Довгота
Земля	Землі	Грінвіцький	географічна, геодезична, астрономічна геомагнітна
Земля	геомагнітний	проходить через Грінвіцьку обсерваторію	
Земля	Землі	ефемеридний	ефемеридна
Сонце	Сонця	нульовий Керрінгтона	на геліографічна
Сонце	Сонця	центрального	від центрального меридіана
Місяць	Місяця	проходить через певну точку екватора Місяця	селенографічна

За початковий меридіан планетографічних довгот беруть меридіан, який проходить через точку перетину екватора планети з площиною її орбіти. 2) Для визначення координат на небесній сфері залежно від положення центра уявлюваної небесної сфери використовують топографічну  $D$  (з центром у місці спостереження), геоцентричну (у центрі Землі), геліоцентричну (у центрі Сонця), баріцентричну (у центрі мас). 3) Для визначення положення на небесній сфері залежно від прийнятої основної площини використовують такі довготи.

Основна площа	Точка відлічування довгот	Довгота
Екліптики	точка весняного рівнодення	екліптична
Небесного екватора	—»—	пряме піднесення
—»—	меридіан місяця	годинний кут
Площина горизонту	—»—	азимут

## Продовження таблиці

Основна площина	Точка відлічування довгот	Довгота
Площина Галактики	напря́м на центр Галактики	галактична
→— Надгалактики	точка перетину площини Надгалактики з екватором Землі	надгалактична

4) Параметр, який визначає положення небесного тіла на його орбіті і положення орбіти. Так, середня  $D$  в орбіті  $\epsilon$ :  $\epsilon = \Omega + \omega + M_0$ , де  $\Omega$  —  $D$ . висхідного вузла (один з елементів орбіти),  $\omega$  — кутова відстань періцентра від вузла,  $M_0$  — середня аномалія в епоху;  $\Omega + \omega$  називають  $D$ . періцентра.

5) Активна  $D$ . — явище підвищеної активності в певній довготі на Сонці. Активні  $D$ . змінюють з часом своє положення на Сонці і пов'язані з розподілом магнітних полів, їх еволюцією в підфотосферних шарах Сонця.

**Дозбрійний стан** — за концепцією деяких дослідників (насамперед радянського астронома В. А. Амбарцумяна) гіпотетичний стан речовини, з якої внаслідок вибуху гіпотетичних надщільних дозоряних тіл утворюються галактики, а потім зорі. Вважають, що ці тіла не обов'язково повинні задовольняти відомо законі фізики (зокрема, закон збереження енергії або моменту кількості руху), що є слабким місцем концепції. Деякі підтвердження цього вчені вбачають в активності ядер галактик, викиданні з них значної маси речовини. Аналогічної точки зору про особливу роль ядер галактик дотримувався в 20-ті роки ХХ ст. англійський астрофізик Дж. Джінс (1877—1946). Він вважав, що ядра галактик є особливими точками, крізь які в наш Всесвіт з якихось інших світів може проникати речовина.

**Доплив космічної речовини на Землю** — пов'язаний в основному з вичерпуванням метеорних частинок міжпланетного простору. Зустріч їх із Землею може супроводжуватися явищем *метеора* в атмосфері Землі і випаданням залишків частинки на поверхню, а в разі масивніших тіл — кратероутворенням (див. *Астролема*). Оцінки сумарного  $D$ . к. р. н. З. дають величину  $10^5$  т/рік.



**Доплерівське зміщення** — зміна довжини хвилі електромагнітного випромінювання, пов'язана з відносним рухом випромінювача і спостерігача. В астрономії за допомогою Д. з. радіовипромінювання визначено період обертання Венери навколо її осі. Визначення Д. з. в оптичному діапазоні дає можливість вивчати рухи складових подвійних зір, знаходити радіальні швидкості зір, галактик тощо. Дуже важливими даними, які визначено з аналізу Д. з., є швидкості віддалення від нас далеких галактик (*червоне зміщення*), а за швидкостями — відстані до них (див. *Закон Хаббла*), що дало можливість вивчати розподіл галактик у просторі, загальні особливості нашого Всесвіту. Якщо відносні швидкості  $v$  малі, то зміна довжини хвилі  $\Delta\lambda$  визначається виразом:  $z = \Delta\lambda/\lambda = v/c$ , якщо великі (як, наприклад, у *квazarів*) — користуються релятивістською формулою:  $z = \Delta\lambda/\lambda = 2 \frac{v}{c} / (\sqrt{1 - v^2/c^2} + 1 - v/c)$ , яка при  $v/c \ll 1$  перетворюється в перший вираз. За цією формулою зміщення може набувати значень, більших від 1. Д. з. далеких *квazarів* досягають 4. З наведеної вище формули можна обчислити швидкість віддалення цього *квazара*  $v$ , а далі, за законом Хаббла — відстань до нього.

**Драконічний** — термін стосується інтервалів часу між двома послідовними проходженнями Місяця через висхідний вузол його орбіти на екліптиці. Походження терміна Д. пов'язане з давніми уявленнями, за якими нібито дракон під час затемнень пожирає Сонце й Місяць.

**Драпрі** (фр. *drap* — сукно) — одна з форм *полярних снів*, характеризується системою вертикальних світних променів приблизно однакової довжини, яка своїми легкими, ажурними формами і повільними коливальними рухами нагадує завіси, що звисають з неба.

**Дрейф материків** — повільне переміщення материків у горизонтальному напрямі. Гіпотезу Д. м. вперше висунув на початку нашого сторіччя А. Вегенер (1880—1930). Вона знайшла втілення в сучасній концепції *глобальної тектоніки* або тектоніки плит. Одним з основних міркувань при цьому була схожість східного узбережжя континентів Америки з одного боку і західного узбережжя Європи та Африки — з другого. Тепер відомо, що внаслідок рухів літосферних плит Атлантика розширюється, тобто згадані материки віддаляються. Ці рухи складають сантиметри на рік і реєструються сучасними методами *радіоінтерферометрії* з наддовгими базами.

**Духи Рбуланда** — вади в спектрографах з *дифракційними ґратками*; виникають внаслідок утворення навколо яскравої спектральної лінії симетрично з обох боків від неї додаткових ліній-супутників, значно слабших за інтенсивністю. Найпомітніші Д. Р. першого порядку. Виникають при наявності помилки у відстанях між штрихами ґратки.

## Е

**Евекція** (лат. *evectio* — підйом від *eveho* — підіймаю) — найістотніша *нерівність*, яку відкрив Птолемей (85—168) у русі Місяця, що виражається синусоїдою від комбінації середньої *аномалії* місяця  $l$  та *елонгації*  $D$  Місяця від Сонця у вигляді:  $4586'' \sin(l-2D)$ . Е. досягає майже  $1,3^\circ$ , тобто близько 2,5 діаметра Місяця. Відхилення від незбуреного руху у вигляді Е. та інших нерівностей виникають внаслідок збурюючої дії Сонця, планет, екваторіального здуття Землі.

**Еволюційний трек** — крива зміни параметрів зорі на *діаграмі Герцшпрунга — Ресселла* в процесі її еволюції.

**Еволюція зір** — див. *Зоряна еволюція*.

**Екв́ант** (лат. *aequans* — рівний) — вирівнювальна точка (і коло, яке їй відповідає) в картині планетних рухів К. Птолемея, (див. *Системи світу*), з якої кутова швидкість руху «середньої планети» (центра *епіциклу*) стала.

**Екватор** (лат. *aequator* — рівнодільний) — 1) Е. небесного тіла — лінія перетину поверхні тіла (або його умовного рівня) з площиною, яка проходить через центр мас і перпендикулярна до осі обертання. Для Землі — *географічний Е.* Геодезичний Е. пов'язаний з площиною, яка утворюється при обертанні великої осі твірного еліпса. Твірний еліпс, обертаючись, утворює математичну поверхню еліпсоїда обертання, який найкраще відтворює розміри і форму Землі (еліпсоїд віднесеності). *Астрономічний Е.* — геометричне місце точок з астрономічною *широтою*, яка дорівнює нулю. Відмінності в положеннях згаданих екваторів незначні. Оскільки вісь обертання Землі не зберігає в тілі Землі сталого положення (див. *Рух полюса*), кажуть про астрономічний, миттєвий і середній Е. Різниця їх положень не пере-

вищує десятків метрів. 2) *Небесний Е.* — велике коло небесної сфери, віддалене на  $90^\circ$  від полюсів світу. Уздовж небесного Е. небесну сферу перетинає площина, яка проходить перпендикулярно до осі обертання Землі. Оскільки вісь обертання Землі змінює своє положення в просторі внаслідок явищ *прецесії* і *нутації*, то розрізняють середній Е., Е. епохи та Е. справжній. У першому і другому випадках враховано лише прецесійний рух, а в третьому — ще й нутаційний. 3) *Геомагнітний Е.* — геометричне місце точок поверхні Землі, в яких вертикальна складова напруженості геомагнітного поля і магнітне нахилення дорівнюють нулю (див. *Елементи геомагнітного поля*). Геомагнітний Е., як і геомагнітний полюс, не зберігає свого положення сталим. Тепер він перетинає географічний Е. у точках  $23^\circ$  і  $169^\circ$  західної довготи, відхиляючись від географічного на  $15^\circ$  на південь у західній півкулі і  $10^\circ$  на північ — у східній. 4) *Е. каталога* — положення небесного екватора, яке задається координатами зір у тому чи іншому каталозі положень і *власних рухів* зір на небі. Динамічний Е. — положення небесного екватора, виведене з аналізу спостережень тіл Сонячної системи і законів динаміки. 5) *Галактичний Е.* — велике коло небесної сфери, відносно якого розподіл об'єктів нашої Галактики симетричний. Галактичний Е. перетинає середній Е. 1950.0 року в точці з координатами:  $\alpha = 18^h40^m$ , і має полюсом точку з координатами:  $\alpha = 12^h49^m$ ,  $\delta = 27,4^\circ$ . Надгалактичний Е. — велике коло небесної сфери, відносно якого розподіл об'єктів *Місцевого надскупчення галактик* симетричний.

**Екваторіал** (від *екватор*) — астрономічний інструмент для спостережень небесних світил у будь-якій точці небосхилу. Має екваторіальне *монтування*. Разом з візуальним окулярним мікрометром або засобами точної реєстрації положення світила у фокальній площині (фотопластинка, інші приймачі світла) можна використовувати як точний *астрометричний інструмент*. Принципові вузли: *вісь схилень*, *полярна вісь* (див. *Монтування телескопа*), механізм ведення за світилом, механізм *гідуння*, астрономічна труба, *мікрометр*, *круги схилень* і *годинного кута*. Для точних робіт з Е. треба знати сталі інструмента, які визначають лабораторно і з спостережень: координати полярної осі на небі, кут між полярною віссю і віссю схилень, кут між віссю схилень і оптичною віссю труби, нуль-пункти шкал схилень і годинного кута. Для астрофото-

графічних робіт треба знати ще й параметри розміщення пластинки відносно оптичної осі, астрометричні особливості об'єктива.

**Екваторіальне здуття Землі** — надлишок маси, що утворюється внаслідок несферичності Землі, причиною якої є відцентрова сила від добового обертання навколо осі. Еліпсоїд обертання, яким є фігура Землі, є фігурою рівноваги для небесного тіла, що обертається. Е. з. З. призводить до того, що внаслідок притягання Землі Місяцем земна вісь не зберігає сталого положення в просторі (див. *Прецесія, Нутація*). Вперше науково обгрунтовану думку про несферичність Землі висловив І. Ньютон у другій половині XVII ст. У першій половині XVIII ст. французька АН організувала так звані *г р а д у с н і в и м і р ю в а н н я*. Зміст роботи полягав у тому, щоб знайти різницю між лінійною довжиною градуса широти на поверхні Землі в різних широтах. За умови стисненості Землі з полюсів, довжина градуса у вищих широтах мала бути більшою. Вимірювання в Перу (район екватора) і Фінляндії (високі широти) підтвердили правильність думки Ньютона. Було встановлено різницю між радіусами Землі на екваторі  $R_e$  і полюсі  $R_n$ , що дорівнює 21 км, а стиск Землі —  $a = (R_e - R_n) / R_e = 1/300$ , що близьке до сучасних визначень (1/298,3). Внаслідок сплюснутості Землі змінюється й прискорення вільного падіння  $g$  (у  $m/c^2$ ) з широтою  $\varphi$ :  $g = 9,78049 (1 + 0,005288 \times \sin^2 \varphi - 0,000006 \sin^4 \varphi - 0,0003086 h)$ , де  $h$  — висота над рівнем моря в метрах.

**Екзосфера** (грец. *éxō* зовні і *сфера*) — шар *атмосфери* від висот 500—1000 км до 100 тис. км (для Землі), де можлива її ефективна дисипація (див. *Дисипація атмосфери*). Маса Е. Землі становить  $10^{-10}$  усієї атмосфери.

**Екліптика** (грец. *ékleipsis* — затемнення) — лінія перетину небесної сфери з площиною, яка проходить через її центр паралельно площині орбіти Землі (точніше — орбіти центра мас Земля — Місяць). Є опорною при встановленні координатних систем на небесній сфері. Саме вздовж неї (від прийнятої початкової точки) відлічують екліптичні *довготи*, а кутові відстані до неї є екліптичними *широтами*. За початкову точку відліку довгот беруть одну з точок перетину Е. з небесним *екватором* — точку весняного *рівнодення* — висхідний *вузол* Е. на небесному *екваторі*. Через цю точку  $\Upsilon$  Сонце в своєму річному русі переходить з південної півкулі до північної. Площина орбіти центра мас Земля — Місяць не зберігає сталого поло-

ження в просторі, а повільно повертається внаслідок збурюючої дії інших планет Сонячної системи (див. *Прецесія*). Тепер її поворот становить  $0,47''$  за рік. Тому розрізняють м и т т е в у Е. або р у х о м у Е. (положення Е. на поточний момент) і н е р у х о м у Е. для якогось загальнозвичайного моменту часу, яку використовують для побудови координатних систем.

**Екстинкція** (світла) (лат. *extinctio* — гасіння) — див. *Поглинання світла*.

**Ексцэнтр** (лат. *ex* — префікс, що означає відділення, і *центр*) — коло, яким за уявленням стародавніх астрономів навколо Землі рухалося Сонце (а також «середня планета» — центр *епіцикла* планети). Центр Е. не збігався з центром Землі, а був зміщений, що давало можливість пояснювати нерівномірність руху Сонця (і «середньої планети»).

**Ексцентриситет орбіти** — див. *Елемент орбіти*.

**Елара** (одна з німф у грецькій міфології) — VII супутник Юпітера (див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Елементи геомагнітного поля** — величини, які описують напруженість магнітного поля Землі:  $X$  — складова, напрямлена вздовж геомагнітного *меридіана*,  $Y$  — уздовж паралелі,  $Z$  — уздовж *вертикалі*. Додатним напрямом вважають відповідно напрями на північ, схід і вниз. Використовують і інші системи елементів. Це повний вектор  $\vec{B}$  індукції магнітного поля, кути  $D$  та  $I$  (див. на кольоровій вклейці мал. 17),  $H$  — горизонтальна складова. Величину  $D$  називають магнітним схиленням,  $I$  — магнітним нахиленням. На геомагнітних *полюсах*  $H=0$ ; а  $I=90^\circ$ , на геомагнітному *екваторі*  $Z=0$ . Оскільки  $D$ ,  $X$ ,  $Y$  визначають відносно геомагнітного *меридіана* і *паралелі*, то їх називають відносними Е. г. п. Величини  $H$ ,  $Z$ ,  $J$ , не пов'язані з географічними координатами, є абсолютні Е. г. п.

**Елементи орбіти** — величини, які характеризують розміщення орбіти небесного тіла в просторі, її розміри, форму, а також положення тіла на орбіті. Якщо дивитися з полюса орбіти, з якого рух тіла відбувається проти руху стрілки годинника, то точку лінії *вузлів* — точку перетину площини орбіти з основною площиною (*екватор*, *екліптика* тощо), в якій орбіта піднімається над основною площиною — називають висхідним вузлом  $N$  (див. кольорову вклейку, мал. 18), дугу  $\Upsilon N = \Omega$  від початку відлічування довгот на великому колі основної площини до вузла  $N$  — довготою висхідного вузла (довготою вузла). Кут  $i$  між площиною ор-

біти і основною площиною є нахилом орбіти. Дуга  $NP = \omega$  в площині орбіти від вузла до *перигелія* є аргументом перигелія або кутовою відстанню перигелія від вузла.  $\Omega, i, \omega$  — перша група Е. о., яка описує орієнтацію орбіти в просторі. За початок відлічування довгот звичайно беруть точку весняного *рівнодення* (див. *Точки рівнодень*). Якщо за основну площину взято екліптику, то це екліптичні Е. о., якщо екватор — екваторіальні Е. о. Розміри і форму орбіти визначають параметр  $p$  і ексцентриситет  $e$ , які входять у рівняння орбіти в полярних координатах:  $r = \frac{p}{1 + e \cos v}$ , де  $r$  —

відстань від центрального тіла (центра мас) до точки на орбіті,  $v$  — кут справжньої *аномалії* — кут у площині орбіти від перигелія до точки на орбіті. Замість  $v$  можна використати середню аномалію  $M$ , ексцентричну аномалію  $E$  або середній рух в орбіті  $\mu$  (середня швидкість тіла на його орбіті, виражена в кутовій мірі за одиницю часу), які пов'язані між собою *рівнянням Кеплера*:  $E = e \sin E = M$ ,  $M = \mu (t - t_0)$ , де  $t$  — поточний момент часу, а  $t_0$  — момент проходження *перигелія*. Останній Е. о. фіксує положення тіла на його орбіті.

**Еліпсоїд** (грец. *ellipse* — нестача) — просторова фігура, що має три взаємно перпендикулярні площини симетрії, в перетинах з якими утворює еліпси. Характеризується трьома півосями  $a, b, c$ . В Е. о б е р т а н н я дві осі рівні між собою. При  $a = b = c$  Е. перетворюється в сферу. В астрономії Е. зображають фігури небесних тіл. Близький до *геоїда* Е. називають а г а л ь н и м земним еліпсоїдом або сфероїдом. Для Землі використовують знайдені різними дослідниками такі параметри Е.

Еліпсоїд	$a, \text{ м}$	$\alpha^{-1} = \frac{a-c}{a}$
Красовського	6 378 245	298,3
Міжнародної астрономічної спілки	6 378 140	298,257
Міжнародний	6 378 160	298,25

**Елонга́ція** (лат. *elongo* — віддаляюся) — 1) Е. зір — положення зорі на небосхилі, при якому її азимут набуває найбільшого (східна Е.) або найменшого (західна Е.) значення. Е. відповідає моменту, коли *вертикалі* світила дотичні до добової паралелі, паралактичний кут (див. *Паралактичний трикутник*) дорівнює  $90^\circ$ . 2) Е. планети від Сонця — кутова відстань між планетою і Сонцем на небосхилі.

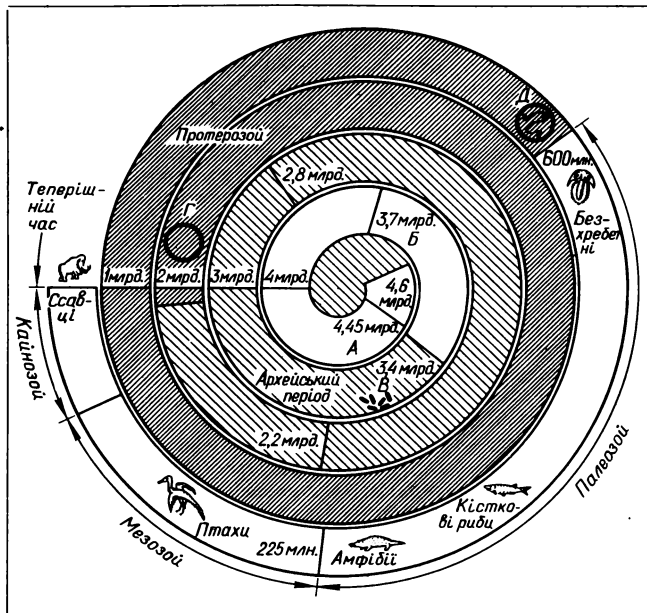
**Ене́ргія** (грец. *energía* — дія, діяльність) — загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Не виникає з нічого і не зникає, може переходити з однієї форми в іншу, при цьому виконується закон збереження Е. Нерозривно пов'язана з масою  $m_0$  спокою тіла співвідношенням  $E = m_0 c^2$ . Одиниці вимірювання Е.: ерг, джоуль, електрон-вольт і ін. Співвідношення між одиницями: 1 Дж =  $10^7$  ерг =  $0,62519 \cdot 10^{19}$  еВ. Поняття Е. широко використовують в астрономії. У небесній механіці — б а р и ц е н т р и ч н а Е.: сума кінетичної енергії руху тіла і потенціальної Е. гравітаційної взаємодії. Якщо в *задачі двох тіл* ця енергія додатна, або дорівнює нулю, то орбіти гіперболічні (параболічні) і тіла розійдуться на нескінченність, а якщо від'ємна, то тіла рухатимуться еліптичними орбітами. Г р а в і т а ц і й н а Е. — сумарна потенціальна енергія тіл у гравітаційному полі системи. За рахунок гравітаційної Е. на початкових стадіях еволюції зір, а також після вигорання водню речовина зорі може розігріватися (див. *Гравітаційне стискання*).

**Ентропійна теорія** — див. *Великомасштабна структура Всесвіту*.

**Енцелад** (у грецькій міфології ім'я одного з багатьох гігантів, сина Урана та Геї) — II супутник Сатурна (див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Еолосфе́ра** (*Eol* — бог вітрів, що, за Гомером, жив на плаваючому острові Еолії) — шар *атмосфери*, де ефективно переміщуються пилові частинки поверхні Землі, планет, супутників. Для Землі — до висот 10—20 км.

**Ео́н** (грец. *aión* — вік, епоха) — етап в історії розвитку Землі тривалістю близько 1 млрд. років. На діаграмі, яку називають с п і р а л ь н и м г о д и н н и к о м (мал. 13), виділяють кілька еонів. Один оберт стрілки такого «годинника» відповідає 1 млрд. років. На малюнку: А — 4,5 млрд. років тому — вік найстаріших місячних порід; Б — 3,7 млрд. років тому — вік знайдених найстаріших земних порід; В — 3,4 млрд. років тому — вік найстаріших викопних рослин; Г — 2 млрд. ро-



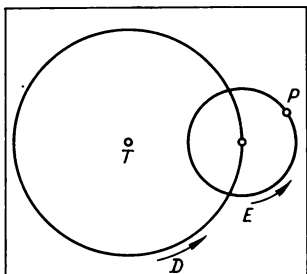
Мал. 13. Спиральний годинник еволюції Землі. Літерами позначено час виникнення найстаріших місячних (А) і земних (В) порід, найперших викопних клітин (В), решток фотосинтезуючих рослин (Г) і докембрійських безхребетних (Д).

ків тому — вік найстаріших фотосинтезуючих рослин; Д — 0,6 млрд. років тому — перші безхребетні.

**Епіцикл** (грец. від *epi* — на і *kuklos* — коло) — у геоцентричній системі світу допоміжне коло Е, по якому рівномірно рухалася планета Р (мал. 14), і центр якого, в свою чергу, рухався рівномірно по колу Д (*деференту*).

**Епо́ха** (грец. *epoché* — зупинка) — 1) момент часу в астрономії, для якого задають положення світил на небі, орієнтацію





Мал. 14. Епіцикл  $E$  — допоміжне коло, яким у системі Птолемея рухається планета  $P$  і центр якого в свою чергу рухається навколо Землі  $T$

координатної системи, значення будь-яких змінних з часом величин. Бесселе в у  $E$ . на юліанську дату (див. *Юліанський день*,  $JD$ ) вимірюють у роках з дробовою частиною, визначеною в частках тропічного року від початку року бесселевого за виразом:  $1900,0 + (JD - 2415020,31352) / 365,242198781$ , де число в знаменнику — тривалість тропічного року в 1900,0 році, а останнє в чисельнику —  $JD$  на початок бесселевого року 1900,0. Оскільки елементи, що фіксують координатну систему на небі (*вісь світу, екватор, екліптика*) не є сталими (див. *Прецесія, Нутація, Точки рівнодень*), то для координат світила на небі треба завжди зазначити, відносно яких елементів їх взято, тобто якому моменту часу відповідає система координат. Для переведення системи координат з початкової на поточну епоху використовують точні формули. Існують загальноживані  $E$ ., для яких задають положення систем координат і світил у цих системах (с т а н д а р т н і  $E$ .). Ними до 1984 р. були початки бесселевого року 1900,0; 1925,0; 1950,0; 1975,0; 2000,0 і т. д. Дробова частина (нуль) означала, що момент віднесено до початку бесселевого року. Цей початок не збігається з  $0^h$  1 січня, а змінюється за певним правилом. Після 1984 р. за стандартну  $E$ . беруть  $0^h$  1 січня; її позначають, наприклад,  $J$  2000,0 на відміну від бесселевого, для якої тепер прийнято позначення  $B2000,0$ . Юліанську  $E$ ., яку використовують після 1984 р., обчислюють за виразом:  $2000,0 + (JD - 2451545,0) / 365,25$ , де число в знаменнику — тривалість юліанського року, а в чисельнику —  $JD$  1 січня 2000 року. Серед стандартних  $E$ . виділено фундаментальну  $E$ .  $J$  2000,0 для якої задають числові значення коефіцієнтів у формулах для переведення систем координат з однієї  $E$ . на іншу.

**Ера** (лат. *aera* — вихідне число) — 1) Початок літочислення, пов'язаний з якоюсь легендарною або історичною подією. Так,

літочислення, прийняте від народження Ісуса Христа називають новою Е. (н. е.), в зворотному напрямі — до нової Е. (до н. е.). Мусульманська Е. *гіджра* бере початок від дати втечі Магомета з Мекки до Медіни. Існують й інші системи, наприклад від міфічного дня створення світу, якою користувалися у Візантії, а в Росії — до реформи Петра I (до 1700 р.). 2) Е. речовини, випромінювання — див. *Великий Вибух*. 3) Геологічні Е. подано в такій табл.

Еон		Ера	Вік межі, млрд. років
Фанерозой		Кайнозой, <i>KZ</i> Мезозой, <i>MZ</i> Палеозой, <i>PZ</i>	0,067 0,24 0,57
Протерозой, <i>PR</i>	<i>PR</i> <sub>3</sub>	Венд, <i>V</i>	0,68
	Рифей, <i>R</i>	Верхній, <i>R</i> <sub>3</sub>	1,00
		Середній, <i>R</i> <sub>2</sub> Нижній, <i>R</i> <sub>1</sub>	1,40 1,60
Афебій	Середній, <i>PR</i> <sub>2</sub> Нижній, <i>PR</i> <sub>1</sub>	1,9 2,6	
Архей, <i>A</i>		<i>AP</i> <sub>2</sub>	3,0
		<i>AP</i> <sub>1</sub>	3,5
Катархей, <i>KA</i>			4,5—4,6

**Ергосфера** (грец. *érgon* — робота) — зона, яка оточує *чорну діру* Керра — Ньюмена (обертова, з ненульовим електричним зарядом). Е. оточує горизонт подій (див. кольорову вклейку, мал. 19), дотикаючись до нього лише в точках перетину з віссю обертання (див. *Горизонт*). Тіло, яке потрапляє в Е., у принципі може її залишити, не поглинувшись чорною дірою, на відміну від горизонту подій, перетнувши який, тіло вже ніколи не може повернутися назад. Теоретично доведено, що з участю

Е. можна вивільняти частину енергії чорної діри (аж до 29 %  $Mc^2$ , доки не припиниться обертання чорної діри і Е. не зникне). Це можна здійснити в такий спосіб. Якщо якась частинка або тіло поділяться в Е. на дві складові так, що одна з моментом обертання, який протилежний моменту чорної діри, впаде на неї (тим самим зменшивши запас її обертання), а друга вийде з Е., то остання набуде додаткової енергії, яку можна використати. Ефективність такого джерела енергії в 40 раз перевищує ефективність термоядерної реакції.

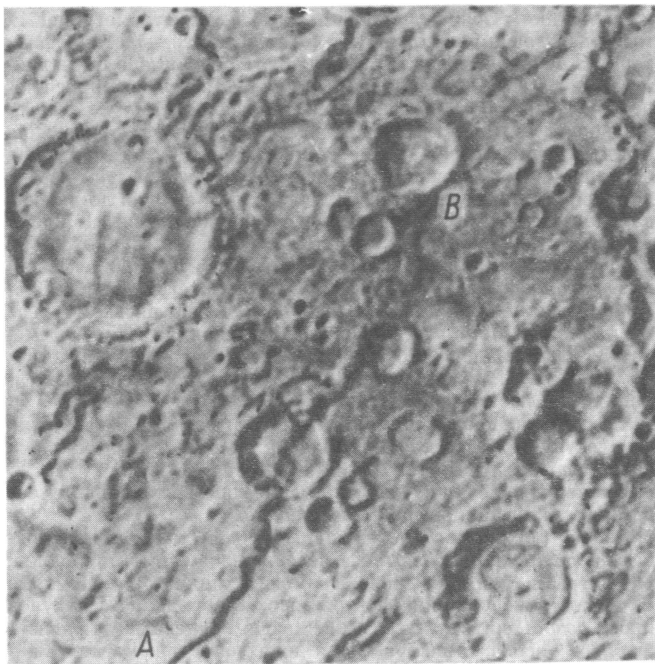
**Ескарп** (фр. *escarpe* від італ. *scarpa* — укіс) — крутий укіс, що має велику протяжність і є залишком проявів тектонічної активності на деяких планетах і супутниках. На Меркурії (мал. 15) протяжність Е. становить 20...500 км, а висота — від кількох сотень метрів до 1...2 км. Е. вчені пов'язують з процесами стискання планети внаслідок її охолодження. Інше пояснення — насунання одних ділянок кори на інші у зв'язку зі сповільненням обертання тіла через припливне гальмування.

**Еталон часу** (*étalon* — зразок, мірило) — 1) Періодичний процес, на основі якого визначають час: обертання Землі навколо осі (всесвітній час), навколо Сонця (ефемеридний час), коливання в атомних системах (атомний час). 2) Точний годинник обсерваторії (див. *Служба часу*). Як правило, сьогодні це атомний Е. ч. 3) Е. ч. або еталонний час — усереднений час, визначений за допомогою спеціального опрацювання спостережень служби часу або показів атомних годинників різних обсерваторій (служб часу).

**Ефект Евершєда** — рух речовини із швидкостями кілька км/с в радіальному напрямі від внутрішньої межі півтіні *сонячної плями* до зовнішньої.

**Ефект Костинського** (С. К. Костинський (1867—1936) — вітчизняний астроном) — ефект «відштовхування» близьких зображень на фотоемульсії. Відкритий у 1906 р. Е. К. пояснюється збідненням проявника в проміжку між двома зображеннями і, отже, погіршенням умов проявлення тут порівняно із зовнішніми частинами зображення.

**Ефект фази** — пов'язаний з наявністю фази (неповного диска) планети, супутника. Координати світила, визначені за допомогою *астрометричних інструментів*, особливо засобами фотографічної *астрометрії*, повинні бути виправлені на наявність фази, щоб врахувати відмінність між центром випромінювання і центром мас. Е. ф. — джерело систематичних помилок під час спостережень, оскільки прості геометричні розра-



Мал. 15. Ескарп *AB* на поверхні Меркурія. Його довжина (на фотознімку видно лише його частину) досягає 500 км (фотознімок з космічного апарата «Маріонер-10»)

хунки ефекту, врахування відбивної здатності, закону розсіювання світла часто не дають адекватного опису явища.

**Ефемеріда** (грец. *ephēmeris* — щоденник) — астрономічні дані про положення на небі та умови спостережень світил для окремих або послідовних моментів часу. Е. публікують у спеціальних виданнях. На відміну від Е. для фізичних спостере-

жень планет, Сонця, подвійних зір тощо, астрометричні Е. містять головним чином дані про координати, відстані, фази тощо. З великої кількості Е. вирізняють основні або фундаментальні (для координат Сонця, Місяця, великих планет). Е. визначають на основі співвідношень *небесної механіки* і використовують у спостережницькій роботі. На відміну від фундаментальних, Е. для космічної динаміки, де потрібна особливо висока точність на певний момент, базуються на найновіших спостереженнях; під час їх розрахунків до виразів для координат можуть вводитися емпіричні члени. Ці члени можуть не впливати із законів механіки, але на потрібний момент або інтервал часу забезпечують високу точність. Основні Е. публікуються в «Астрономическом ежегоднике СССР», французькому «*Connaissance des Temps*», англійському «*The Astronomical Almanac*», у спеціальних виданнях типу «Ефемериди малих планет», що їх видає Інститут теоретичної астрономії АН СРСР у Ленінграді, а також в астрономічних календарях для любителів астрономії.

**Ефемеридна доба** — проміжок часу, що має 86 400 ефемеридних секунд, тобто *секунд*, визначених через тривалість року на 12 год. 31 грудня 1899 р. (Див. *Доба*).

**Ефемеридна служба** — забезпечення спостережницьких, теоретичних навігаційних робіт *ефемеридами*.

**Еше́ле** (франц. *échelle* — сходи) — один з різновидів відбивної *дифракційної ґратки* з невеликим числом (наприклад, 50) штрихів і прямокутною формою штриха. За допомогою Е. дістають дифракційні спектри високих порядків. За рахунок цього *роздільна здатність*, незважаючи на невелику кількість штрихів, висока, а використання додаткової призми дає можливість діставати великий інтервал довжин хвиль на одній фотопластинці. Використовують, як і подібний до Е. ешелет, у сонячних спектрографах.

**Ешелон Майкельсона** — набір скляних або кварцових пластин, складених так, що їх бічні грані утворюють сходи. Дзеркальні поверхні сходців працюють як *ешеле*. Вперше реалізований у 1898 р. А. А. Майкельсоном. Е. М. використовують у спектральних приладах з високою роздільною здатністю в дуже невеликому діапазоні спектра (наприклад, 0,1 нм), головним чином ультрафіолетового або інфрачервоного випромінювання.

## Є

**Європа** (грец. *Europa* — у стародавній міфології фінікійська царівна, яку викрав Зевс) — II супутник Юпітера (див. *Супутники планет* і додаток 3).

## З

**Загальна теорія відносності, ЗТВ** — сучасна фізична теорія простору, часу, тяжіння, створена А. Ейнштейном у 1906—1916 рр. Вихідний її постулат — рівність *маси* інертної (що фігурує в законах динаміки Ньютона) і гравітаційної або важкої (що входить до закону *всесвітнього тяжіння*). У ЗТВ тяжіння трактується як викривлення просторово-часового *континуума*. Властивості викривленого простору описуються неевклідовою геометрією, в ньому всі матеріальні об'єкти рухаються найкоротшими шляхами — *геодезичними* лініями. Астрономія — одна з наук, де ЗТВ використовують якнайширше, і яка є основною її експериментальною базою. ЗТВ є основою сучасної релятивістської *космології*.

**Заграва** — сукупність мальовничих світлових явищ в атмосфері Землі перед сходом та після заходу Сонця, які виникають внаслідок неоднакового розсіяння світла різних довжин хвиль під час його проходження крізь атмосферу. Вранці та ввечері промені проходять особливо великий шлях в атмосфері, оскільки перетинають її похило. З. зовсім зникає, коли Сонце заїде під горизонт на 18°. Крім явища переважного розсіяння синіх і фіолетових променів, що породжує почервоніння променя, відіграє також роль поглинання світла різними шарами атмосфери (наприклад, поглинання жовтих променів шаром озону). Останнє характерне на сході після заходу Сонця. Яскраве світіння на заході після заходу, а також на сході (червонувата смуга над тінню Землі, яка пізніше набирає зеленуватих і синіх відтінків) називають с я й в о м з а г р а в и. (Див. кольорову вклейку, мал. 20).

**Задача двох тіл** — задача про рух двох матеріальних точок під дією сил притягання, вивчається в *небесній механіці*. Має точний розв'язок і описує рух точок відносно спільного центра мас конічними перерізами (кривими другого порядку — еліпсом, гіперболою, параболою), зокрема, за *законами Кеплера*. Рівняння траєкторії має вигляд:  $r = p(1 + e \cos v)^{-1}$  де  $r$  — радіус-вектор точки,  $p$  — параметр орбіти,  $e$  — *ексцентриситет*,  $v$  — кут справжньої *аномалії*. У процесі руху зв'язок між швидкістю  $V$  і відстанню  $r$  до центра мас задається інтегралом енергії:  $V^2 = 2Gm/r + h$ , де  $m$  — сумарна маса обох матеріальних точок, а  $h$  — стала енергії. Якщо  $h > 0$ ,  $h = 0$ ,  $h < 0$ , то рух відбувається відповідно по гіперболі, параболі, еліпсові з фокусом у центрі мас. Під час руху справджується *закон площ.* З. д. т. має велике значення в астрономії, оскільки в першому наближенні описує рух планет навколо Сонця, супутників — навколо планет. Рух реальних неточкових небесних тіл відхиляється від розв'язку З. д. т.

**Задача трьох тіл** — задача *небесної механіки* про рух трьох тіл у спільному гравітаційному полі. У загальному випадку точного розв'язку не має. Не обмежена З. т. т. полягає у вивченні всіх можливих рухів трьох матеріальних точок. Частинним випадком є точний розв'язок Лагранжа, що описує рух при наявності особливих точок *лібрації*. Обмежена коловою З. т. т. відрізняється від попередньої тим, що масу однієї з точок вважають значно меншою від інших. Задача нерухомих центрів вивчає рух точки малої маси відносно двох нерухомих точок великої маси. Є й інші частинні випадки З. т. т., які, як правило, дають розв'язок у вигляді наближених рядів, що описують рух незамкненими орбітами.

**Задача  $n$  тіл** — задача про рух чотирьох і більше матеріальних точок, що притягуються за законом *всесвітнього тяжіння*. Точного розв'язку не має. Для визначення положень матеріальних точок використовують наближені розв'язки диференціальних рівнянь руху точок на певний інтервал часу наперед або назад. У системі  $n$  точок немає замкнених періодичних орбіт, точки можуть залишати систему назавжди. На відміну від загальної З. т. т., Сонячна система внаслідок зосередженості основної маси в центральному тілі — Сонці — і в зв'язку з великими відстанями, між орбітами є стійкою, існує близько 5 млрд. років і не дає підстав до занепокоєння щодо її майбутнього. Проблему стійкості Сонячної системи розробляли І. Ньютон, П. С. Лаплас, Ж. Л. Лагранж, А. Пуан-

каре та ін. Доведено, що зміни нахилів, *ексцентриситетів* і великих півосей орбіт незначні і не мають систематичного (вікового) ходу, вони коливаються в певних межах, що й зумовлює стійкість Сонячної системи.

**Закон планетних відстаней (правило Тіціуса — Бóде, Бóде — Тіціуса)** — емпіричне правило, що дає за номером  $n$  планети (починаючи від Меркурія) її наближену відстань  $a$  до Сонця в а. о.:  $a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$ . При цьому для Меркурія  $n = -\infty$ , Венери  $n = 0$ , Землі  $n = 1$  і т. д. З. п. в. відкрив І. Д. Тіціус (1729—1796) у 1766 р., опублікував Й. Е. Бóде (1747—1826) в 1772 р. У ті часи ще не були відомі малі планети і номер 3 доводилося пропускати. Уран, відкритий у 1781 р., задовольнив З. п. в., Нептун — ні, а Плутон задовольнив би, якби не було Нептуна ( $n=7$ ).

Планета	$a_c$	$a$	Планета	$a_c$	$a$	Планета	$a_c$	$a$
Меркурій	0,39	0,4	Марс	1,52	1,6	Сатурн	9,55	10,0
Венера	0,72	0,7	Астероїдн	1,5... ...5,3	2,8	Уран	19,25	19,6
Земля	1,0	1,0	Юпітер	5,20	5,2	Нептун	30,11	—
						Плутон	39,6	38,8

**Закон площ** — полягає в тому, що секторна швидкість планети (площа, описана радіусом-вектором планети за одиницю часу) є величиною сталою для кожної планети. Встановлений Й. Кеплером (див. *Зако́ни Кеплера*). З. п. автоматично випливає з умови оберненої пропорційності діючої сили квадрату відстані і математично описується виразом:  $r^2 \frac{d\theta}{dt} = \text{const}$ , де  $\theta$  — кут між радіусом-вектором і будь-яким напрямом,  $t$  — час. Отже, якщо тіло, рухаючись по витягнутій орбіті, перебуває на великій відстані від центра, то лінійна швидкість тіла буде менша, ніж тоді, коли воно рухається поблизу від *періцентра*.

**Закон Хаббла** — встановлений у 1929 р. Е. П. Хабблом (1889—1953) на основі аналізу визначених В. М. Слайфером променевих швидкостей далеких галактик. Полягає в пропор-



ційності між швидкістю віддалення галактики  $v$  і відстанню до неї:  $r:v=Hr$ , де  $H$  — стала Хаббла, яка дорівнює за сучасними визначеннями, 50...100 км/с • Мпк. З. Х. описує фундаментальні властивості Всесвіту — його нестационарність (розширення в нашу епоху), що бере початок від часів *Великого Вибуху*. Закон має величезне значення для вивчення Всесвіту, оскільки дає можливість оцінювати відстані до космологічних об'єктів (розміщених на великих відстанях від нас).

**Закон Шпéрера** — закон зміщення до екватора зони плямоутворення під час сонячного циклу. Початок нового 11-річного циклу відзначається появою груп сонячних плям на геліоширотах, близьких до 35° (у вищих широтах плями виникають рідко), а потім, з розвитком циклу, зона плямоутворення спочатку швидко, а далі — повільніше опускається дедалі нижче до екватора, аж до широт 5...10°. Закон відкрив німецький астроном Г. Шперер (1822—1896). Чіткого пояснення закон не має. У межах найпоширенішої гіпотези закон пояснюється особливостями *диференційного обертання* Сонця і неоднаковою внаслідок цього мірою підсилення магнітного поля у внутрішніх (підфотосферних) шарах Сонця. Внаслідок цього першими втрачають стійкість під дією так званих сил магнітної плавучості зони з підсиленням магнітним полем у вищих широтах. Ці зони спостерігаються як сонячні плями. Далі починають втрачати стійкість зони, ближчі до екватора.

**Закони Кéплера** — закони, відкриті Й. Кеплером (1571—1630) у 1618—1621 рр., описують закономірності руху матеріальної точки в *задачі двох тіл*, коли повна енергія системи менша нуля. З. К. мали величезне значення для розвитку астрономії, природознавства. Вони стали основою для І. Ньютона при встановленні ним закону *всесвітнього тяжіння*. У сучасному формулюванні мають такий вигляд. Перший З. К.: внаслідок дії сили притягання планета рухається навколо Сонця по еліпсу, в одному з фокусів якого перебуває Сонце. Другий З. К. є *законом площі*: секторна швидкість планети — величина стала. Третій закон Кеплер сформулював у такому вигляді: сидеричні періоди обертання планет навколо Сонця відносяться як великі півосі їх орбіт у степені 3/2. Узагальнений Ньютоном третій З. К. можна записати так:

$$\frac{T_1^2(m_1 + m_2)}{T_2^2(m_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

де  $T$ ,  $m$ ,  $a$  — відповідно періоди обертання, маси і великі півосі орбіт першої та другої планети,  $M$  — маса центрального тіла. Якщо центральне тіло одне й те саме для обох планет, а маси планет порівняно невеликі, то дістанемо перше формулювання.

**Закони Ньютона** — сформульовані І. Ньютоном у 1687 р. Перший З. Н. є законом інерції: будь-яке тіло продовжує утримуватись у своєму стані спокою або рівномірного прямолінійного руху доти, доки воно не змушується прикладеними до нього силами змінити цей стан. Математичний вираз закону  $d^2\vec{r}/dt^2=0$ , або  $d\vec{r}/dt=\text{const}$ , де  $\vec{r}$  — радіус-вектор тіла,  $t$  — час. Другий З. Н.: зміна кількості руху пропорційна прикладеній до тіла силі і відбувається в напрямі, вздовж якого

діє сила  $\vec{F}$ . Математична форма закону:  $m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{F}$ , де  $m$  — маса тіла. Якщо сила не діє, дістаємо закон інерції. За великих швидкостей, порівнянних зі швидкістю світла, маса стає змінною

і другий З. Н. набирає вигляду:  $\frac{d}{dt} \left( m \frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \vec{F}$ , де  $m \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{mv}$  — кількість руху тіла. Третій З. Н.:

дії завжди є рівна і протилежно напрямлена протидія. Інакше: взаємна дія двох тіл одне на одне однакова і протилежно спрямована. Закони Н., особливо другий, разом із законом всесвітнього тяжіння є основою небесної механіки і його широко використовують в астрономії.

**Затемнення** — 1) Явище, пов'язане з проходженням одного небесного тіла через тінь другого (наприклад, З. Місяця, супутників планет). 2) Явище екранування світла космічного тіла іншим при проходженні останнього між спостерігачем і екранованим тілом (наприклад, З. Сонця, З. у системі подвійної зорі). При великій різниці у видимих кутових розмірах затемнюючого і затемнюваного тіл кажуть не про З., а про покриття (наприклад, покриття зір Місяцем, покриття Місяцем космічних радіоджерел, покриття зір планетами, кільцями планет), або про проходження по диску (наприклад, проходження Меркурія, Венери по диску Сонця). Під час сонячного З. розрізняють чотири контакти З.: 1-й контакт — момент першого, а 4-й — останнього дотику дисків Сонця і Місяця; 2-й — коли Сонце повністю зникає за диском Місяця, якщо З. повне, або коли весь диск Місяця проектується на

диск Сонця при кільцеподібному З.; 3-й контакт відповідає моменту появи першого променя Сонця після повного З. або коли диск Місяця починає сходити з диска Сонця при кільцеподібному З. Таку термінологію використовують здебільшого для сонячних і місячних З. З. повне, коли затемнюваний об'єкт повністю закритий іншим або перебуває у повній тіні, часткове — в інших випадках. Якщо кутовий розмір затемнюючого тіла менший від кутового розміру затемнюваного, то спостерігається кільцеподібне З. Головна фаза З.— інтервал часу між контактами 2 і 3. Під час центрального З. центри обох тіл на якусь мить потрапляють на одну пряму із спостерігачем. У подвійних зорях З. головне, коли максимально змінюється блиск системи внаслідок того, що затемнюється зоря з більшою світністю, і вторинне — коли навпаки (див. *Крива блиску*). Серед місячних З. відрізняють північне і південне З. Спостереження З. дали дуже багато для вивчення *сонячної корони*, земної атмосфери, умов на Місяці, рухів тіл Сонячної системи, природи тісних подвійних зір, для визначення ефемеридного часу, встановлення астрономічної системи координат. Спостереження З. дали підстави античним ученим висловити думку про кулястість Землі, за розмірами тіні Землі і положенням Сонця та Місяця під час затемнень визначити відносні відстані до Місяця і Сонця в радіусах Землі. Останніми роками на основі аналізу результатів спостережень за покриттям зір планетами відкрито кільця Урана, Нептуна, супутники малих планет і т. д. Умови З. вивчають методами *теорії затемнень*.

**Затемнення Місяця** — відбуваються тоді, коли Сонце, Земля і Місяць потрапляють на одну пряму або близько від неї і коли Місяць проходить через тінь Землі (див. *Затемнення*). З. М. може настати, коли Місяць буде на відстані від *вузла* своєї орбіти, яка не перевищує  $11,5^\circ$  — часткове З. М., на більших відстанях — північне. Під час З. М. Місяць повільно входить у розмити тінь Землі, проходячи через фази північного, часткового і повного затемнення. Під час останньої фази колір Місяця стає бурим або темно-червоним, яке є причиною освітлення Місяця трохи відхиленими в атмосфері Землі червоними променями, що йдуть від Сонця. Коротші хвилі інтенсивніше поглинаються і більше заломлюються атмосферою Землі, тому на Місяць потрапляють менше. З. М. настають рідше, ніж сонячні, але їх можна спостерігати з усієї оберненої до Місяця півкулі Землі. Тривалість З. М.— до 1,9 год, а разом з частко-

вим — до 3,8 год. З. М. — періодичне явище, з періодом 18,03 р. (див. *Сарос*). Астрономи визначають умови затемнення з високою точністю (див. *Теорія затемнень*). Спостереження З. М. дає можливість уточнювати орбіти Землі й Місяця, визначити поправку ефемеридного часу, досліджувати властивості ґрунту Місяця, процеси в земній атмосфері. Історичні згадки про З. М. дають можливість уточнювати дати тих чи інших історичних подій. (Див. кольорову вкладку, мал. 22).

**Затухання Ландáu** — взаємодія коливного процесу в плазмі — плазмової хвилі — з електроном, при якій хвиля наздоганяє електрон і передає йому частину енергії. Внаслідок З. Л. частина електронів плазми може набутися швидкості, сумірної із швидкістю світла.

**Захід світила** — 1) Момент перетину світилом математичного горизонту, коли воно переходить з видимої півкулі в невидиму. Годинний кут  $t$  сходу та З. с. з координатами  $\alpha$  і  $\delta$  на широті  $\varphi$  визначають з виразу:

$$\cos t = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} + \varrho + R - p\right) - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

де  $\varrho$  — рефракція на горизонті (наближено дорівнює  $35'$ ),  $R$  — кутовий радіус світила,  $p$  — його горизонтальний паралакс. Для зір  $R = p = 0$ . Азимут  $A$  світила при сході та заході можна знайти з виразу:  $\sin A = \cos \delta \sin t / \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varrho + R - p\right)$ .

2) Див. ще *Акронічний, Геліакічний*.

**Захоплювання** — процес переходу космічного тіла у сферу впливу іншої системи. У задачі двох тіл З. неможливе. Для З. потрібне третє тіло, яке сприйняло б на себе надлишок енергії захоплюваного. Інший шлях — гальмування, наприклад, в атмосфері. Так захоплюються метеорні частинки, які через відсутність атмосфери могли б знову залишити межі Землі, трохи змінивши свою орбіту. У системі багатьох тіл, якою є Сонячна система, явище З. можливе. Так, міг бути захоплений Землею Місяць, Марсом — Фобос і Деймос. Проблема можливості та імовірності З. докладно розглядалася під час аналізу можливості З. Сонцем протопланетної хмари. Така подія, як було встановлено, малоїмовірна.

**Зближення з Землею** — явище наближення до Землі деяких астероїдів, комет. Можливе тоді, коли Земля і небесне тіло

будуть розміщені на близьких у просторі відрізках орбіт. У моменти З. з З. орбіта меншого тіла може значно змінюватись. Деякі астероїди можуть близько підходити до Землі і навіть зіткнутися з нею. (Див. *Астролема*).

**Збурений рух** — рух космічного тіла в полі тяжіння центрального при наявності порівняно невеликих впливів з боку інших тіл. Характерний для руху планет Сонячної системи. Внаслідок притягання іншими планетами (а також у зв'язку з тим, що небесне тіло має певні розміри, не є точковим) положення і форма орбіти планет змінюються. Орбіту Землі, наприклад, можна в будь-який момент часу зобразити еліпсом, проте, в наступний момент це вже буде інший еліпс. Таку орбіту називають *оскулюючою*, а змінні *елементи орбіти* — *оскулюючими елементами*. За З. р. Урана було обчислено положення й відкрито планету Нептун.

**Збурення** — 1) Відхилення (як правило, невеликі) руху планети або іншого тіла від руху за *законами Кеплера*, під дією сил з боку інших (не враховуючи центрального) тіл. Причиною З. можуть бути гравітаційні впливи інших планет, незначні порівняно з сонячними негравітаційні сили опору середовища, електромагнітні сили, ефекти релятивістської природи. Основні З. в русі планет спричинені Юпітером. За характером і кінцевим результатом дії З. поділяються на *вікові*, *довгоперіодичні*, *короткоперіодичні*. Перші призводять до поступової, монотонної зміни в *елементах орбіти*. Якщо це стосується кутових елементів орбіти, то таке З. проявляється в зміщенні *перигелію*, зміні кута нахилу орбіти та довготи *вузлів*. Вікові зміни лінійних елементів та ексцентриситету істотно змінюють орбіту, аж до її трансформації в незамкнену та втрати зв'язку з системою. Вікові З. від припливних явищ у русі Місяця зумовлюють його поступове віддалення (в нашу епоху) від Землі (близько 3 см за рік). Довго- або короткоперіодичні З. пов'язані з періодичними коливаннями елементів орбіти то в один, то в другий бік. Такі З., найбільші в русі Землі, вносить в її орбітальний рух притягання Місяця. 2) Раптові зміни в стані *магнітосфери* Землі, спричинені активними процесами на Сонці. Це магнітосферні, іоносферні та магнітні З. Вони призводять до *магнітних бур*, підсилення авроральної активності, порушення радіозв'язку. Рекурентними називають такі З., що повторюються з періодом обертання Сонця. 3) З. *фотосфери* Сонця — зміна температури, підсилення рухів, підвищення активності в соняч-

ній фотосфері, пов'язані з виходом нових магнітних полів з підфотосферних шарів. Супроводяться утворенням *активної області, факелів, флокулів, сонячних плям*.

**Зеніт** (франц. *zénith* від араб. *земт араррас* — вершина шляху) — 1) Астрономічний З. (є точкою перетину небесної сфери з лінією виска в точці спостереження. 2) Геодезичний З.— точка перетину небесної сфери з геодезичною *вертикаллю*. 3) Магнітний З.— точка перетину небесної сфери з дотичною до силової лінії і геомагнітного поля в певній точці. Розрізняють З., визначений із спостережень, на положення якого впливають аномалії поля, магнітосферні процеси, і теоретичний, що базується на прийнятій моделі геомагнітного поля.

**Зенітна відстань  $z$**  — доповнення до  $90^\circ$  висоти світила  $h$  — кутова відстань світила від зеніту:  $z = 90^\circ - h$ .

**Зет-член ( $z$ -член)** — доданок, яким враховуються зміни в широті місця спостереження, не пов'язані зі зміною положення полюса на поверхні Землі. Вперше введений японським астрономом Х. Кімурою (1870—1943). Природи згаданих змін не з'ясовано.

**Зір** — властивість ока сприймати зображення предметів, зовнішнього світу. Біноклярний З., на відміну від монокулярного, реалізується під час розглядання предметів двома очима. Різницю кутів, під якими видно предмети одним і другим оком, нервова система сприймає як об'ємне зображення, що дає можливість визначити відносні відстані. Цей ефект використовують в астрономії (стереокомпаратор та ін.). За високих рівнів *освітленості* око здатне сприймати кольори (к о л ь о р о в и й З.), за низьких — кольори не сприймаються (присмерковий або нічний З.). Під час спостережень в умовах особливо малих освітленостей у візуальній астрономії іноді використовують бічний, периферійний З., особливо тоді, коли в полі зору розшукують дуже слабкий об'єкт. Г о с т р о т а з о р у — мінімальна кутова відстань між двома точковими зображеннями, які око сприймає ще як окремі (те саме, що й *роздільна здатність* оптичних приладів). Для людини межею є кутова відстань в  $1'$  (а іноді і до  $0,5'$ , такі люди можуть неозброєним оком бачити серп Венери).

**Змінні зорі** — широкий клас *зір*, інтенсивність випромінювання яких змінюється з часом. 1) Зорі, зміна *блиску* яких пов'язана з покриттям одного компонента подвійної системи іншим, називають *затемнювано-змінними*, або

фотометричними подвійними. Їх досліджують фотометричними та спектральними засобами. Внаслідок орбітального руху навколо спільного центра мас змінюються променеві швидкості компонентів, що призводить до періодичних роздвоєнь спектральних ліній, вивчаючи поведінку яких можна визначити взаємні орбіти, маси (коли відомі відстані) або відстані (коли відомі маси). Якщо кут нахилу площини орбіти до променя зору близький до  $0^\circ$ , то в системах таких подвійних зір можуть відбуватися затемнення (див. *Алголь*). Решта З. з. — фізичні З. з. Зміна їх блиску пов'язана з фізичними процесами в самій зорі або системі зір. Розрізняють пульсуючі та еруптивні фізичні З. з. 2) Пульсуючі З. з. змінюють свій блиск внаслідок *пульсацій зір* — періодичних змін їх температури і радіуса. До пульсуючих З. з. відносять *цефеїди* (типу  $\delta$  Цефея — класичні цефеїди), *ліриди* — зорі типу *RR* Ліри та *віргініди* — зорі типу *W* Діви. Зорі типу *RV* Тельця — проміжні між цефеїдами і напівправильними З. з., оскільки зміни їх блиску не відзначаються такою регулярністю, як у цефеїд. Зорі типу  $\mu$  Цефея — червоні напівправильні З. з., а зорі типу Міри Кита (міриди) — довгоперіодичні змінні. У таблиці подано деякі типи З. з.

	Тип З. з.	Амплітуда зміни блиску, $m$	Період $T$ , доби
Цефеїди	Класичні (довгоперіодичні) цефеїди типу $\delta$ Цефея Ліриди Віргініди (зорі типу <i>W</i> Діви)	0,5...1,0 0,6...1,3 0,6...1,0	1...100 0,2...1,2 1...50
Напівправильні З. з.	Типу $\mu$ Цефея, червоні, напівправильні Типу <i>RV</i> Тельця Типу Міри Кита	$\sim 1,6$ 0,8...3,5 $> 2,5$	100 30...150 100...1000
Еруптивні З. з.	Типу <i>T</i> Тельця Типу <i>UV</i> Кита Типу <i>Ve</i> Типу Вольфа — Райе <i>Нові</i> , повторні <i>Нові</i> <i>Наднові</i>	$\sim 3$ $\sim 2$ $\sim 0,2$ — $> 7...8$ $> 19$	хаотично » » — — —

3) До еруптивних або вибухових З. з. відносять зорі, які перебувають на початкових стадіях зоряної еволюції, зорі типу Вольфа — Райє, *Нові, Наднові*. Перші — це зорі типу *T* Тельця — наймолодші із зір і зміна їх блиску пов'язана з нерегулярністю процесу гравітаційного стискання — початкової стадії життя зорі. Це також З. з. типу *UV* Кита, гравітаційне стискання яких майже закінчилось, та зорі типу *Ve*. Змінність останніх зір пов'язують з витіканням речовини внаслідок ротаційної нестійкості (коли в екваторіальних шарах зорі відцентрова сила і гравітаційне притягання до центра зрівнюються за величиною). Зорі типу Вольфа — Райє — молоді, часто подвійні, температура їх поверхонь досягає  $10^5$  К. Оболонки, які їх оточують, розширюються в простір під дією потужного випромінювання зорі. 4) До З. з. слід віднести змінні радіо- і рентгенівські джерела випромінювання: *пульсари, барстери*, новоподібні джерела рентгенівського випромінювання. (Див. *Нові, Наднові*).

**Зодіак** (грец. *zodiakós* — коло зображень тварин, від грец. *zoon* — тварина) — сукупність 12-ти сузір'їв, розмішених уздовж *екліптики*, де рухаються планети й Сонце. У кожному такому сузір'ї Сонце перебуває близько 1 місяця. Походження З. пов'язане з традицією давніх халдеїв та єгиптян називати ці сузір'я назвами тварин. Моменти проходження Сонця через зодіакальні сузір'я та їх позначення (з н а к и З.) такі:

Весна	Літо	Осінь	Зима
Риби ♈	Близнята ♊	Діва ♍	Стрілець ♐
Овен ♈	Рак ♋	Терези ♎	Козоріг ♑
Телець ♉	Лев ♌	Скорпіон ♏	Водолій ♒

**Зодіакальна хмара** — скупчення міжпланетних пилових частинок, які сконцентровані поблизу від середньої площини орбіт Сонячної системи і наявність яких спричинює зодіакальне світло. Розміри частинок приблизно  $10^{-3}$  см; густина поблизу від орбіти Землі  $3 \cdot 10^{-20}$  кг/м<sup>3</sup>, загальна маса до  $10^{19}$  кг ( $10^{-9} M_{\odot}$ ). З. х. — динамічне утворення. Малі частинки вибиваються з Сонячної системи тиском сонячного проміння, більші, але ще невеликі за розмірами, — гальмуються і падають на Сонце внаслідок *Пойнтінга — Робертсона ефекту*. Частинка



розміром 10 мкм на відстані 3 а. о. впаде на Сонце за 10 тис. років. З. х. поповнюється матерією за рахунок руйнування комет, астероїдів.

**Зодіакальне світло** — слабе світіння, спричинене розсіюванням сонячного випромінювання на пилових частинках міжпланетного середовища, сконцентрованих поблизу від площини екліптики (див. *Зодіакальна хмара*). З. с. видно в середніх широтах увечері над західним горизонтом (вечірнє або веснянє З. с.) або в передранкові часи (вранішнє чи осіннє З. с.). Має вигляд похилого конуса, основа якого починається біля горизонту, а вісь лежить в екліптиці (зодіакальний конус). З. с. спостерігається також у вигляді *протисяйва* в протилежній від Сонця точі неба. Спектр З. с. повторює сонячний, *поляризація* досягає 30 %.

**Зона III** — див. *Стремгренів зона*.

**Зона уникання (Галактики)** — зона Молочного (*Чумацького*) *Шляху*, якою внаслідок поглинання світла газо-пиловими хмарами екрануються позагалактичні туманності (галактики), що створює враження уникання ними цієї зони. З. у. тим чіткіше виражена, чим ближче до галактичного *екватора* лежить досліджувана ділянка неба.

**Зореутворення** — процес утворення зір внаслідок їх гравітаційної конденсації з хмар міжзоряної речовини. Процесові З. сприяє сила *всесвітнього тяжіння*, протидіє — внутрішній тиск газу. Подальша доля згущення залежить від співвідношення цих сил. Критичний розмір, при якому згущення неминуче приведе до З. — *джінсова довжина*  $l_{дж} = a / \sqrt{\rho G}$ , де  $a$  швидкість звуку в середовищі,  $\rho$  — густина. Якщо  $\rho = 3 \cdot 10^{-12}$  г/см<sup>3</sup>,  $a = 6$  км/с, то  $l_{дж} \approx 10^{18}$  см, і в такому фрагменті міститиметься маса, яка дорівнює масі Сонця. Умови для З. існують там, де є багато дифузної речовини, тобто у великих хмарах молекулярного водню та пилу. Ініціатором З. є хвиля густини, яка поширюється в обертовій системі (якою є галактика) у формі спіральних фронтів (*спіральні рукави галактик*). Тут виникають умови для початку процесу гравітаційної конденсації речовини. Оскільки в процесі конденсування згустка  $l_{дж}$  зменшується швидше, ніж його розміри, то уламок газопилової хмари може фрагментуватися на менші згустки, які й дадуть початок зорям. Ці молоді зорі (*протозорі*), у свою чергу, діючи потужним випромінюванням на сусідні частини хмари, ущільнюють їх тиском свого випромінювання, ініціюючи там З., і т. д. Молоді зорі, які спочатку розігрівуються за

рахунок *гравітаційного стискання*, потім, із зростанням температури в центрі, починають виробляти термоядерну енергію (див. *зоряна еволюція*). Час проходження крізь міжзоряну хмару хвилі щільності порівнянний з часом виходу яскравої молоді зорі на *головну послідовність*. Спостереження підтверджують таку схему. Справді, в спіральних рукавах густина речовини трохи вища (на 10 %), ніж безпосередньо поза ними; рукави багаті на яскраві зорі, що народжуються тут.

**Зоря** — самосвітний космічний об'єкт, у надрах якого ефективно відбуваються (або відбувались) *термоядерні реакції* з виділенням енергії. У зорях сконцентрована основна маса речовини *галактик*. Форма зорі, за винятком тісних подвійних, близька до сферичної. Існують як поодинокі, так і кратні (серед них подвійні, потрійні і т. д.) зорі. З. об'єднуються в скупчення, *галактики*. *Яскравість зорі* на небі описується видимою *зоряною величиною*, за якою зорі поділяють на яскраві (до 6<sup>m</sup>) і телескопічні. Залежно від температури поверхні З. має той чи інший колір і спектр (блакитна, біла, жовта, червона). Дуже важливим параметром, від якого залежить час існування, світність, кінцева доля З., є її маса (див. *Зоряна еволюція*). Маса З. змінюються від 0,05 до 50  $M_{\odot}$ . Значно більше З. відрізняються своїми розмірами (від 10 км для *нейтронної зорі* до 10<sup>3</sup> радіусів Сонця для червоних *надгігантів*). Ще рідкіші відмінності З. у світностях  $L$ : від 10<sup>-4</sup>  $L_{\odot}$  для слабких карликів до 10<sup>10</sup>  $L_{\odot}$  для *наднових* (протягом короткого часу їх вибуху). Відстані між З. вимірюють у *парсеках*. Залежно від фізичного стану З. поділяють на *стаціонарні* і *нестабільні*, або *змінні*. Перші перебувають у стані теплової і механічної рівноваги (див. *Гравітаційна рівновага*), стан інших може змінюватись протягом короткого часу (див. *Змінні зорі*). За внутрішньою будовою З. поділяють на *нормальні* або *гомогенні* З. (фізичні параметри речовини яких змінюються плавно від ядра до поверхні) і *гетерогенні* (стан речовини яких різко змінюється). Прикладом останніх є червоні та жовті *гіганти*. Вони складаються з центрального ядра і оболонки різного хімічного складу, відокремлених шаром, в якому фізичні параметри стрибкоподібно змінюються. За фізичним станом, в якому перебуває основна маса зоряної речовини, З. діляться на *звичайні*, білі *карлики*, нейтронні. Перші складаються з речовини в звичному для нас стані, для якої тиск прямо пропорційний температурі (відповідно або близько до законів ідеального газу). У білих карликах гравітаційне

притягання до центра  $Z$ . зрівноважується тиском *виродженого газу* електронів (тиск його не залежить від температури). У  $Z$ . більшої, ніж у білих карликів, маси тиск вироджених електронів вже не може зрівноважити гравітаційні сили, електрони втискуються в протони, речовина нейтронізується, утворюється вироджений нейтронний газ, який спиняє подальше гравітаційне стискання або ні (див. *Чорна діра*). За *світністю*  $Z$ . діляться на *класи світності*, за станом еволюції — на старі й молоді. Оскільки зоряна еволюція в масивніших  $Z$ . триває значно швидше, то молода  $Z$ . малої маси за віком може бути старшою від старої зорі великої маси.  $Z$ . спектральних класів *O, B, A* називають *ранніми, гарячими*, класів *F, G* — *сонячними*, *K, M* — *холодними або пізніми*. Спектри, швидкості руху та інші параметри деяких зір відхиляються від норми. Їх називають *пекулярними Z*. До них відносять так звані *швидкі Z*, *магнітні Z*. (з потужними магнітними полями), *металеві Z*. (з сильними лініями металів у їх спектрах) тощо. *Радіозорі* мають підвищену порівняно з іншими світність у радіо-, а *рентгенівські* — в рентгенівському діапазонах. В *астрометрії Z*. поділяють за їх видимим блиском на *яскраві або геодезичні* (до $6^m$ ), *зенітні*, що проходять через *зеніт* конкретної обсерваторії, і їх спостерігають спеціальними точними інструментами для вивчення змін широти, *екваторіальні*, *фундаментальні* (з добре вивченими положеннями і рухами на небі). Останні  $Z$ . зведено в спеціальні високоточні *фундаментальні каталоги*.

**Зоряна асоціація** — наймолодше розсіяне зоряне *скупчення*, що містить у собі дуже молоді зорі, пов'язані спільністю утворення. В *O*-асоціаціях групуються молоді гарячі зорі спектральних класів *O* і *B*. У *T*-асоціаціях — молоді зорі типу *T*-Тельця (див. *Змінні зорі*). Вперше на важливість вивчення  $Z$ . а. звернув увагу в 1947 р. В. А. Амбарцумян.

**Зоряна астрономія** — розділ астрономії, що вивчає будову і розвиток нашої зоряної системи — *Галактики*. Складається із *зоряної статистики* та *зоряної динаміки*. Предметом вивчення  $Z$ . а. є власні рухи зір, променеві швидкості, *блиск, колір*, спектр, *паралакси*, просторовий розподіл зір і міжзоряної матерії, поглинання світла в Галактиці, поділ зір за *світністю* (див. *функція світності*), рух Сонця в Галактиці, *галактичне обертання*, теорія спіральної структури, питання динаміки зоряних систем, еволюції зір. Джерелом даних є фотометрія, *спектро-*

скопія, астрометрія з її методами вивчення положень, рухів, паралаксів, променевих швидкостей.

**Зоряна величина** — 1) Міра освітленості від космічних об'єктів. Це взятий зі знаком мінус логарифм від освітленості  $E$ , що створюється певним світилом на перпендикулярній до променів площині:  $m = -\log_{2,512} E + a$ , де  $a$  — нуль-пункт шкали З. в., який беруть так, щоб зоря  $0^m$  створювала на межі земної атмосфери освітленість  $2,54 \cdot 10^{-6}$  люкса. Освітленості від двох зір  $E_1$  і  $E_2$  пов'язані з їх величинами  $m_1$  і  $m_2$  формулою Погсона:  $\frac{E_2}{E_1} = 2,512^{m_1 - m_2}$ . Отже, якщо освітленості від зір відрізняються в 2,512 раза (коефіцієнт Погсона), то З. в. — на одиницю. У десяткових логарифмах:

$$m = -0,4 \lg E + a; \quad m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{E_1}{E_2};$$

$$\lg (E_1/E_2) = -0,4 (m_1 - m_2).$$

Поділ на З. в. історично походить від давньогрецької астрономії (Гіппарх) у вигляді поділу всіх зір на шість інтервалів *блиску*. Пізніше було введено точнішу шкалу зоряних величин з частками від цілого числа. А оскільки ряд світил (серед них і зорі) яскравіші, ніж перша З. в., то було введено нульову і від'ємні З. в. З. в. встановлюють за допомогою фотометричних спостережень, для яких за стандарт беруть *Північний Полярний Ряд (NPS)*. Чим менша зоряна величина, тим помітніше видно світило на небі. Залежно від спектральної ділянки, в якій спостерігається світило, відрізняють кілька *фотометричних систем* З. в. Встановлена при візуальних спостереженнях візуальна З. в.  $m_{vis}$  відповідає діапазону світлових хвиль від 0,38 до 0,70 мкм з максимумом чутливості близько 0,59 мкм; фотографічна З. в.  $m_{pg}$  — діапазону 0,34...0,54 з максимумом близько 0,42 мкм. З. в., які визначають фотографічними методами з жовтим світлофільтром (щоб наблизитися до чутливості людського ока), називають *фотовізуальними* З. в.  $m_{pv}$ . Фотоелектричний приймач дає *фотоелектричну* З. в. Реєструючи енергію в усьому діапазоні довжин хвиль, дістають *боллометричну* З. в.  $m_{bol}$ , а в окремих довжинах хвиль — *монохроматичну*  $m_\lambda$ . Основне завдання зоряної фотометрії — визначення характеристик зір і міжзоряного середовища за допомогою аналізу випромінювання в різ-

них ділянках спектра. Для характеристики радіовипромінювання зорі використовують радіометричну  $Z$ . в. 2) Для порівняння енергії випромінювання зорі незалежно від відстані до неї, на відміну від видимої  $Z$ . в.  $m$ , введено абсолютну  $Z$ . в.  $M$  Абсолютна  $Z$ . в. — це  $Z$ . в., яку мало б світило, коли б відстань від нього до спостерігача дорівнювала 10 пк. Абсолютну  $Z$ . в.  $M$  можна визначити, знаючи відстань від зорі в парсеках  $r$  і видимої  $Z$ . в.  $m$ , за виразом  $M = m + 5 - 5 \lg r$ . Величину  $m - M$  називають модулем відстані. 3) Границя  $Z$ . в. — характеристика системи телескоп-світлоприймач, яка характеризує проникну силу системи.

**Зоряна динаміка** — розділ зоряної астрономії, що вивчає закономірності рухів зір у полі тяжіння зоряної системи, а також динамічну еволюцію зоряних систем. Об'єктами вивчення  $Z$ . д. є кратні зорі, зоряні скупчення, галактики. За допомогою методів  $Z$ . д. можна встановити вік, час розпаду системи, час набуття нею рівноважного стану (час релаксації), зробити висновки про стабільність або нестабільність системи, знайти її масу та ін. У  $Z$ . д. часто буває ефективним підхід до зоряної системи, як до сукупності частинок газу, в якому «частинками» є зорі. Здебільшого густина такого газу екстремально низька (наприклад, у  $10^{20}$  раз менша від густини повітря), довжина шляху між зіткненнями «частинок» (довжина вільного пробігу) дуже велика. Для околиць Сонця вона в  $10^4$  раз перевищує розмір Галактики. У межах припущення про низьку ймовірність зоряних зближень (а тим більше зіткнень) розроблено так звану беззіткненьову  $Z$ . д. У  $Z$ . д. широко використовується теорема про віріал. У припущенні про стаціонарність зоряної системи теорема дає зв'язок між масою  $M$  системи, її ефективним розміром  $L$  і середнім квадратом лі-

нійної швидкості складових системи (зір):  $v^2 = \frac{GM}{L}$ . Знаючи

зі спостережень  $v$  та  $L$ , можна оцінити масу системи  $M$ .

**Зоряна еволюція** — повільні зміни характеристик зір. У процесі зореутворення з газопилової хмари формується протозоря. Спочатку джерелом її енергії є енергія гравітаційного поля: під час стискання потенціальна енергія речовини протозорі переходить в енергію руху частинок, тобто в тепло. Для підтримання сучасної світності Сонця такого джерела вистачило б лише приблизно на 30 млн. років. Термоядерні джерела енергії «вмикаються» при досягненні в центрі зорі температури

близько 10 млн. К. Великий тиск газу за цих температур зрівноважується вагою верхніх шарів, які притягуються гравітаційними силами до центра. В умовах *гравітаційної рівноваги* зоря набирає властивостей саморегульованої системи. Якщо тепловідведення зорі за рахунок випромінювання перевищить темпи виділення термоядерної енергії в ядрі, зоря почне стискатися. Стискання призведе до підвищення температури за рахунок вивільнення гравітаційної енергії і, як наслідок,— до прискорення термоядерних реакцій, які дуже чутливі до температури. *Перенесення енергії* від центра до поверхневих шарів здійснюється перевипромінюванням квантів або конвекцією. **Світність**  $L$  зорі здебільшого визначається її масою  $\mathcal{M}$ :  $L = \mathcal{M}^a$ ,  $a > 3$ . Оскільки запас енергії зорі характеризується її масою, то час витрачання цих запасів енергії на випромінювання пропорційний  $\mathcal{M}^{1-a}$ , отже, тривалість життя зорі тим коротша, чим більша її маса. Залежно від  $\mathcal{M}$ , гелій з водню може синтезуватися по-різному (див. *Енерговиділення зір*), що позначається на внутрішній будові зорі та її зовнішніх параметрах. У процесі вигорання водню зоря перебуває на *головній послідовності*. Температура в центрі зорі зв'язана з масою  $\mathcal{M}$  і радіусом  $R$  співвідношенням  $T = 1,5 \cdot 10^7 \mathcal{M}/R = 1,5 \cdot 10^7 R^{1/2}$ , а світність  $L$  пропорційна ефективній температурі поверхні  $T_{\text{эф}}$ :  $L \sim T_{\text{эф}}^4$ . Між радіусом, світністю і температурою існує співвідношення:  $\lg R = \frac{1}{2} \lg L - 2 \lg T_{\text{эф}}$ , де  $\mathcal{M}$ ,  $R$  і  $L$  виражені в одиницях  $\mathcal{M}_{\odot}$ ,  $R_{\odot}$ ,  $T_{\odot}$ ,  $L_{\odot}$ . Часові масштаби розвитку зорі такі. Тривалість формування зорі до виходу на головну послідовність дорівнює  $30 \mathcal{M}^2/L$  млн. років. Тривалість стадії горіння водню —  $t_{\text{rn}} = 10 \mathcal{M}/L$  млрд. років, горіння гелію —  $0,6 t'_{\text{rn}}$ . Після того як запас водню в ядрі витратиться, воно починає стискуватись, водень вигоряє на межі ядра і верхніх шарів. Ядро стає ізотермічним з приблизно однаковою високою температурою в усій його товщі. Оболонка (верхні шари), в якій тепло передається конвекцією, розширюється. Пропорційно до площі випромінюючої поверхні зростає й світність зорі. Стискання ядра призводить до вивільнення гравітаційної енергії, підвищення температури й густини речовини в ядрі. При температурах ядра, які перевищують  $2 \cdot 10^8$  К, тут починаються термоядерні реакції перетворення гелію у вуглець, при ще вищих (до 1 млрд. К) температурах (за великих мас ядра) послідовно згоряють вуглець, кисень та ін. Щоразу, як тільки запаси того чи іншого «пального» в надрах зорі вичер-

пуються, при дальшому стисканні ядра оболонка зорі розширюється і зоря перетворюється в червоного *гіганта*, пересуваючись на діаграмі спектр-світність вправо угору. Коли ж «вмикається» чергове джерело термоядерної енергії, то зоря на згаданій діаграмі пересувається зліво до головної послідовності, бо на цей час розміри її оболонки значно зменшуються. Якщо маса зорі близька до  $10 M_{\odot}$ , то вона на *діаграмі Герцшпрунга — Ресселла* описує кілька таких треків. Зоря з масою  $1 M_{\odot}$  зсувається вправо вгору лише один раз. За час близько 30—50 тис. років оболонка розширюється і відривається від зорі, утворюючи *планетарну туманність*, а ядро, якщо його маса менша від  $1,2 M_{\odot}$ , стискаючись майже в 100 раз, перетворюється на білого *карлика*. У масивніших зір процес опису петель на діаграмі Герцшпрунга — Ресселла закінчується спалахом *наднової*. Якщо маса ядра зорі буде менша від  $3 M_{\odot}$ , то утворюється *нейтронна зоря*, що може спостерігатися як *пульсар*. При більшій масі ядра ніякі сили не спроможні стримати *колапс* і в цьому разі, як гадають, утворюється *чорна діра*.

**Зоряна кінематика** — розділ *зоряної астрономії*, який вивчає закономірності в рухах зір та їх сукупностей головним чином на основі спостережних даних про положення, *власні рухи*, радіальні швидкості та *паралакси* зір. До таких закономірностей належать зв'язки параметрів руху з положенням у *Галактиці*, обертання Галактики, рух Сонця серед зір, вікові, групові, статистичні *паралакси*, асиметрія зоряних рухів тощо.

**Зоряна речовина** — речовина, з якої складаються зорі. Зорі першого покоління, що утворювалися через 1 млрд. років після початку *Великого Вибуху*, містили за масою 70—75 % водню, 30—25 % гелію. Такий розподіл елементів сформувався в перші 2 хв після початку розширення *Всесвіту*. Найвні тепер у Всесвіті, у т. ч. і в зорях, важкі елементи є продуктами *нуклеосинтезу* в надрах зір попередніх поколінь. І хоч вміст важких елементів незначний (1—2 % у наш час), вони відіграють важливу роль в еволюції зір, у процесах виникнення й розвитку життя. Справді, планети земної групи складаються в основному з важчих від Н і Не елементів. У процесі еволюції Всесвіту співвідношення між Н, Не і важчими елементами неперервно змінюється на користь останніх.

**Зоряний вітер** — явище витікання речовини з атмосфер зір під впливом високих температур, тиску випромінювання, активних процесів у надрах та атмосферах зір. Швидкість частинок З. в. вимірюється сотнями й тисячами км/с; їх склад —

в основному протони та електрони, в незначній кількості — ядра важких елементів. З. в. відіграє велику роль у процесі кругообігу речовини у Всесвіті, у *космогонії* планетних систем, у створенні неоднорідностей міжзоряного середовища, які можуть дати початок *зореутворенню*. Інтенсивність З. в. залежить від стадії розвитку та маси зорі. Втрати Сонця на сонячний вітер становлять  $10^{15}$ — $10^{16}$  кг/рік, або  $10^{-14}$ — $10^{-15}$  маси Сонця. У гарячих зір спектральних класів *O* та *B* і деяких інших втрати маси на З. в. можуть досягти  $10^{-8}$ — $10^{-5}$  маси Сонця за рік. Тому такий процес не може тривати довго. Доля зорі значною мірою залежить від інтенсивності З. в., оскільки прикінцеві стадії її еволюції залежать від того, з якою масою зоря підійшла до тієї межі, коли її термоядерні джерела енергії вичерпуються (див. *Зоряна еволюція*).

**Зоряна карта** — карта з системою астрономічних координат та нанесеними небесними світилами. Як правило, діаметр зображення світила на карті пропорційний його *яскравості*. З. к. широко використовують любителі для вивчення зоряного неба, за їх допомогою ототожнюють світила на астронегативах, при спостереженні ШСЗ тощо.

**Зоряна система** — об'єднання більшої або меншої кількості зір у відносно автономну систему, рухи в якій і еволюція якої визначаються в основному внутрішніми силами. Такими З. с. є кратні зорі, кулясті і розсіяні *скупчення*, *галактики*.

**Зоряна статистика** — розділ *зоряної астрономії*, який вивчає розподіл зір у просторі через підрахунки зір різного *блиску* в окремих ділянках неба. З. с. зародилася в стародавні часи, коли почали складати перші зоряні *каталоги*, карти. Початок сучасної З. с. пов'язаний з іменем В. Гершеля, який перший помітив явище *галактичної концентрації* і пояснив його сплюсненістю *Галактики*. До завдань З. с. входить: визначення загальної кількості зір у Галактиці, що за сучасними оцінками становить  $(2...3) \cdot 10^{11}$  зір, вивчення *функції світності* (процентного розподілу зір за їх світністю), зоряної щільності в різних частинах Галактики, *поглинання світла міжзоряною речовиною*, встановлення галактичної системи координат на небі.

**Зоряний дощ** — див. *Метеорний дощ*.

**Зоряних пар метод (метод Талькётта)** — один із способів вивчення змін географічної *широти* спостерігача. Спостереження проводять за допомогою зеніт-телескопа у вузькій зоні неба поблизу *зеніту*, а пари зір вибирають так, що одна проходить на північ, а друга — на південь від зеніту (або навпаки)



на близьких *зенітних відстанях*  $z$ . Якщо перша зоря мала зенітну відстань  $z_n$ , а друга —  $z_s$  (причому  $z_n \approx z_s$ ), то матимемо співвідношення  $z_s = \varphi - \delta_s$ ;  $z_n = \delta_n - \varphi$ , якщо між спостереженням першої і другої зорі вісь інструмента було повернуто в горизонтальній площині на  $180^\circ$ . Тут  $\varphi$  — широта,  $\delta$  — *схилення* зорі. Тоді  $\varphi = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n + \frac{1}{2}(z_s - z_n))$ . Якщо  $z_n \approx z_s$ , то після повороту інструмента другу зорю буде видно в полі зору, і змішувати трубу за схиленням немає потреби, а різницю  $z_n - z_s$  дуже точно можна виміряти за допомогою окулярного *мікрометра*. Такий спосіб при відомих схиленнях відразу дає широту місця спостереження, а регулярні спостереження протягом тривалого часу — зміну широти з часом, зумовлену рухом полюса та іншими явищами (див. *Зет-член*). Сучасна техніка опрацювання таких спостережень дає можливість уточнювати і схилення зір, які спостерігали.

**Зоряні асоціації** — див. *Скупчення зоряні*.



**Іди** (лат. *idus*) — у давньоримському календарі 15-те число березня, травня, липня, жовтня і 13-те — решти місяців.

**Ізо** (грец. *isos* — рівний) — префікс, який означає однаковість властивості, ознаки.

**Ізогіпса** (грец. *gýpsos* — висота) — лінія однакових висот над рівнем моря або іншим умовним рівнем.

**Ізогона** (грец. *gōnia* — кут) — лінія, яка сполучає точки з однаковим значенням *магнітного схилення*.

**Ізодинама** (грец. *dýnamis* — сила) — лінія однакових значень напруженості геомагнітного поля.

**Ізокліна** (грец. *klinō* — нахилю) — лінія однакових значень *нахилень* геомагнітного поля.

**Ізостазія** (грец. *isostasios* — однаковий за вагою) — стан рівноваги мас земної або планетної кори, при якому вона розміщується так, ніби плаває за законом Архімеда на щільніших нижніх шарах. За принципом ізостатичної рівноваги під горами слід очікувати недостатність маси, під морями — її надлишок,

що компенсує в першому випадку зайвину мас підвищення, а в другому — недостатність мас води. І. реалізується на великих ділянках поверхні, не менших 100—200 км. Її можуть порушувати тектонічні процеси. І. встановлюється досить швидко. Так, льодовики Скандинавії або Канади в свій час прогнули під собою земну кору. Після їх танення 10 тис. років тому ці ділянки поступово піднімаються зі швидкістю 1 см/рік.

**Ізотέρма** (грец. *thérme* — тепло) — лінія, яка на графіку вказує залежність між тиском  $p$  і об'ємом  $V$  газу при сталій температурі. Рівняння І. для ідеального газу має вигляд:  $pV = const$ .

**Ізотропія Всесвіту** (грец. *tropos* — поворот) — однаковість фізичних властивостей *Всесвіту* в різних напрямках. Поряд з *однорідністю Всесвіту* є однією з найважливіших характеристик нашого світу. Остаточної впевненості в І. В. немає, хоча багато даних свідчать на її користь. Це — однаковість темпу *розширення Всесвіту* в різних напрямках, однаковість космічних об'єктів. Найсильніший аргумент на користь І. В. дають дослідження *реліктового радіовипромінювання*. Відхилення його інтенсивності від середнього значення в різних напрямках не перевищує 0,01 %. (Див. ще *Анізотропія Всесвіту*).

**Ізофота** (грец. *phōtos* — світло) — лінія, яка сполучає точки однакової освітленості.

**Ізохазма** — лінія на земній поверхні, де *полярні сніги* відбуваються однаково часто.

**Інваріантність** (лат. *invariants* — незмінний) — незмінність величини або набору величин відносно певних перетворень координат простору. Закони Ньютона інваріантні відносно перетворень Галілея (переходу від однієї інерціальної системи до іншої). Важливе значення у фізиці й астрономії має І. відносно *перетворень Лоренца* (лоренц-І.). Інваріантним є чотиривимірний інтервал між двома подіями, повний електричний заряд т. ін. У *загальній теорії відносності* розглядаються величини, інваріантні відносно довільних перетворень координат.

**Інверсія магнітного поля** (Землі, Сонця) (лат. *inversio* — переставляю) — зміна полярності магнітного поля на протилежну. І. геліомагнітного поля відбувається через кожні 11 років поблизу максимуму *сонячної активності*. І. геомагнітного поля трапляється значно рідше, але протягом геологічної історії це відбувалося не раз. За останні 9 тис. років полярність геомагнітного поля зберігається, проте, за попередні 60 млн. ро-

ків як мінімум тричі на 1 млн. років такі зміни відбувалися, що зафіксовано на основі вивчення палеомагнетизму гірських порід. Найкоротші періоди між І. м. п. Землі становили 50 тис. років. І. м. п. Сонця й Землі, як гадають, зумовлена так званими динамо-процесами у внутрішніх шарах цих тіл. Необхідні умови роботи такого механізму — наявність первинного, вихідного, магнітного поля і *диференціального обертання*.

**Індекси сонячної активності** — 1) Індекси, які характеризують потужність процесу плямоутворення на Сонці. Це число Вольфа  $W$ ,  $W = k(10g + f)$ , де  $g$  — кількість груп плям на диску,  $f$  — загальна кількість плям у всіх групах,  $k$  — близький до 1 коефіцієнт. Як І. с. п. використовують також сумарну площу плям  $S$ . Площу, як правило, виражають у *мільйонних частках півсфери Сонця* (м. ч. п.). З кореляцією 85 % існує зв'язок між  $W$  і  $S$ :  $S = 16,7 W$ . 2) Індекси повільно змінної складової активності, які характеризують площу факельних площадок, *корональні конденсації*, *волокна*, спалахову активність. Використовують також різні індекси, що описують радіо-випромінювання, інтенсивність корональних ліній тощо.

**Індикт** — порядковий номер року в 15-річному циклі — і н д и к т и о н і. Для року  $x$  І. дорівнює остачі від ділення  $x+3$  на 15. Датування за І. широко використовували в середні віки укладачі хронік і літописці.

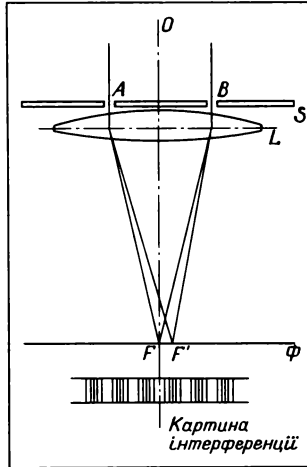
**Інтеграл площ** — математичний запис другого закону Кеплера, закону площ:  $r^2 \frac{d\theta}{dt}$ , яку описує радіус-вектор  $r$ ,

проведений з центра мас, є величиною сталою. Тут  $\frac{d\theta}{dt}$  — похідна полярного кута  $\theta$  планети на орбіті за часом  $t$ .

**Інтеркаляція** (лат. *intercalatio* — вставка) — вставлення в календар додаткового дня або місяця для узгодження календарного року з тропічним. У давні часи І. робили часто довільно, декретом того чи іншого правителя. Цей день або місяць називали і н т е р к а л я р і є м.

**Інтерференційно-поляризаційний фільтр** (ІПФ) — прилад, який діє на основі поєднання (до 10—12) пластинок кварцу різної товщини з поляроїдами. Дає можливість з усього сонячного випромінювання виділити вузький (до 0,5 Å) інтервал спектра для дослідження в ньому деталей сонячної *хромосфери*, зокрема спалахів, *протуберанців* тощо. ІПФ є складовою частиною сонячного хромосферного телескопа.

**Інтерферометр** — вимірвальний прилад, дія якого базується на використанні явища інтерференції хвиль. В астрономії і. використовуються переважно в оптичному та радіодіапазонах. Якщо перед об'єктивом  $L$  (мал. 16) помістити екран  $S$  з двома паралельними щілинами на відстані  $D$  одну від одної симетрично оптичній осі  $O$ , то в точку її перетину з фокальною площиною  $\Phi$  промені від нескінченно віддаленого об'єкта (наприклад, зорі) придуть одночасно, подолавши однакову відстань  $AF=BF$ . Електромагнітні коливання придуть в однаковій фазі і, додавшись у точці  $F$ , дадуть яскраву смугу. Внаслідок явища дифракції на краях щілин промені зможуть потрапити і в сусідні точки, наприклад, у точку  $F'$ . У цій точці  $AF'=BF'$ , фази будуть різні і може статися (при  $FF'=1/2 \lambda f/D$ , де  $f$  — фокусна відстань лінзи, а  $\lambda$  — довжина хвилі), що фази коливань будуть протилежні. У цьому разі в точці  $F'$  утвориться темна смуга; при  $FF'=\lambda \frac{f}{D}$  — знову світла і т. д. Якщо тепер спостерігати *подвійну зорю*, то при відстані між зображеннями у фокальній площині, яка дорівнює  $\frac{1}{2} \lambda \frac{f}{D}$ , смуги від кожної зорі йтимуть у протифазі: там, де перша дасть яскраву смугу, друга дасть темну, і навпаки. В результаті інтерференційна картина зникне. Змінюючи відстань між щілинами  $D$ , можна визначити, при якому значенні  $D$  зникає інтерференційна картина і, отже, знайти відстань між зображеннями зір у фокальній площині ( $\frac{1}{2} \lambda f/D$ ) або на небі ( $\alpha = \frac{1}{2} \lambda/D$ ). Для видимого світла  $\alpha \approx 5,7/D$  ( $ab''$ ,  $D$ ,  $f$  в см).



Мал. 16. Схема утворення інтерференційної картини

У цьому й полягає принцип дії зоряного І. для вимірювання кутової відстані між компонентами подвійних або діаметрів зір. Справді, кожну зорю можна уявити собі як подвійну, що складається з двох однакових половинок диска зорі, і таким способом виміряти за допомогою І. відстань між половинками, а потім знайти діаметр  $d$ . Для видимого світла (при  $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-5}$  см)  $d = 15,4/D$ . Чим меншу відстань або діаметр треба виміряти, тим більшою має бути відстань між щілинами. А оскільки виготовляти великі об'єктиви дуже важко, то в сучасній астрономії використовують рознесені на значну відстань відносно невеликі за розмірами об'єктиви. Для оптичних І.  $D$  дорівнює кільком метрам, для радіоінтерферометрів — до десятка тис. км. Зображення можуть додаватися (утворюється інтерференційна картина) як безпосередньо у фокальній площині, що часто пов'язане з великими труднощами, так і за допомогою опрацювання на ЕОМ результатів одночасних і незалежних спостережень на двох об'єктивах із записом на магнітну стрічку. *Роздільна здатність* І. визначається відношенням  $\lambda/D$ . Хоч радіохвилі й мають більшу довжину, проте радіоінтерферометри з наддовгими базами дають можливість вимірювати з високою точністю, що не поступається, а частіше — перевищує можливості оптичної астрономії.

**Інтерферометрія** — методи дослідження небесних тіл на основі аналізу інтерференційної картини електромагнітних хвиль на *інтерферометрах*. Внаслідок високої *роздільної здатності* інтерферометрів методами І. визначають кутові діаметри зір, вивчають розподіл яскравості на їх дисках, аж до реєстрації явищ, подібних до *сонячних плям, сонячних спалахів*. За допомогою І. вивчають тонку структуру *квazarів*, ядер активних галактик, відстані між тісними *подвійними*, недосяжні для вивчення звичайними методами. Останніми роками широкого розвитку набули методи визначення точних координат світиль методами радіоінтерферометрії з наддовгими базами (аж до десятка тис. км). Такі інтерферометри складаються з кількох *радіотелескопів*, що працюють одночасно на одній довжині хвилі. Радіосигнал записується на магнітну стрічку з паралельною реєстрацією дуже точних відліків часу від двох або більше синхронізованих високочотних стандартів часу. Потім записи опрацьовуються на ЕОМ, інтерференційна картина синтезується й аналізується. Існує спосіб забезпечення граничного для телескопа розділення на основі аналізу миттєвих зображень світил — *спекл-І*. Теоретична *роздільна здат-*

ність 6-метрового телескопа ВТА дорівнює  $0,02''$ . На практиці внаслідок атмосферних спотворень і неточності виготовлення дзеркала розділення не перевищує  $0,1''$ . Цей диск зображення діаметром  $0,1''$  утворюється від хаотичного накладання окремих плямок (англ. *speckle*), що є миттєвими зображеннями світила з близьким до теоретичного розділенням. Миттєва їх реєстрація за допомогою сучасних світлоприймальних засобів дає можливість робити висновки про справжні кутові розміри і структуру джерела випромінювання (якщо кутовий розмір джерела перевищує теоретичне розділення інструмента).

**Іо** (персонаж грецьких міфів) — І супутник Юпітера (див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Іоносфера** — верхня частина *атмосфери* Землі від висот 50—60 км і вище. Визначальною її характеристикою є іонізація, спричинена головним чином сонячною короткохвильовою радіацією. Є складовою частиною *магнітосфери*. Густина І. зменшується з висотою, а ступінь іонізації — збільшується, так що на висоті 200—300 км концентрація електронів та іонів в одиниці об'єму досягає максимуму (шар  $F_2$ ). І. ділиться на шари  $D$  (50—90 км),  $E$  і  $E_s$  (90—140 км),  $F_1$  (140—200 км),  $F_2$ . Стан І. значною мірою залежить від рівня *сонячної активності*, широти, пори доби. Так, на висоті 300 км густина змінюється від дня до ночі в 3—4 рази, а на висоті 500 км — у 10 разів. В І. відбуваються процеси, пов'язані з виникненням *полярних сьйв*. На стан іонізації атомів верхньої атмосфери впливають певною мірою метеорні частинки, які влітають сюди з міжпланетного простору. Вони створюють додатковий спорадичний шар іонізації. Це так звана *метеорна зона*. Наявність заряджених частинок в І. спричинює поглинання і відбивання радіохвиль, тому зі станом І. пов'язане поширення радіохвиль. Чим вища іонізація, тим коротші радіохвилі відбиває той чи інший шар. В І. проходять потужні електричні струми, що своїм магнітним полем можуть послабити або підсилити геомагнітне поле. Дослідження поширення радіохвиль, варіацій геомагнітного поля, *полярних сьйв*, пряме зондування І. ракетними і космічними апаратами дають можливість вивчати будову І. і процеси, які відбуваються в цій частині атмосфери.

# Й

**Йовіанський** (лат. *Jovis* — *Юнітеп*) — синонім слова юпітеріанський.

# К

**Календар** (лат. *caleo* — проголошую) — система числення тривалих інтервалів часу з поділом їх на окремі коротші періоди (роки, місяці, тижні), в основі якої лежить зміна дня і ночі (одиниця лічби — *доба*), фаз Місяця (синодичний *місяць*, що став астрономічним прообразом календарного) і пір року (тут тропічний *рік* — прообраз календарного року). Назва К. походить від того, що в Стародавньому Римі початок кожного місяця (і року) жерці проголошували окремо. Існують три типи К.: сонячний, місячний і місячно-сонячний. У сонячному К. основною одиницею є календарний рік, тривалість якого в середньому близька до тривалості тропічного року. У місячному К. дні відлічують за зміною фаз Місяця, причому календарний місяць триває то 29, то 30 днів, так що календарний рік місячного К. має 354 доби. У місячно-сонячному К. дні відлічують за зміною фаз Місяця, але тривалість року в середньому за певний проміжок часу близька до тривалості тропічного (найкраще співвідношення тоді, коли цей проміжок дорівнює 19-ти рокам (див. *Цикл Метона*). Досягали цього, вставляючи додатковий — е м б о л і с м і ч н и й — місяць 7 раз через кожні 19 років. Місячним К. і сьогодні користуються в багатьох країнах Близького Сходу. К., яким користуємось ми, дійшов до нас з Риму. Тут 45 р. до н. е. Юлієм Цезарем було запроваджено ю л і а н с ь к и й К., який згодом на Нікейському соборі (325 р.) був прийнятий християнською церквою за основу при обчисленні дат пасхи на десятки років наперед. Юліанський К. мав цикл з чотирьох років: кожні його три роки складалися з 365 днів, четвертий — з 366. У середньому юліанський календарний рік був на 11 хв 14 с довший від

тропічного року. Якщо на початок IV ст. весняне *рівнодення* припадало на 21 березня, то в XVII ст. — на 10 днів раніше — на 11 березня юліанського К. Щоб повернути це астрономічне явище на потрібну дату (на 21 березня), римський папа Григорій XIII у 1582 р. здійснив календарну реформу — наказав вилучити з лічби 10 днів і вважати день 5 жовтня 1682 р. днем 15 жовтня, а надалі з кожних 400 років вилучати три доби. Тому в григоріанському К. ті вікові роки, число століть яких не ділиться без остачі на 4 (1700, 1800, 1900, 2100), вважаються простими. Григоріанський К. було названо новим стилем (н. ст.), юліанський — старим стилем (с. ст.). У XX ст. різниця між старим і новим стилями досягла 13 діб. К. Київської Русі до прийняття християнства і довгий час після цього був місячно-сонячним, про що свідчать особливості записів у літописах про окремі історичні події. В українських назвах місяців в основному відображено сезонні зміни; назви місяців, що ввійшли в побут багатьох народів Європи, прийшли з Стародавнього Риму.

**Календи** (лат. *calendae*) — назва першого дня кожного місяця в Стародавньому Римі.

**Каллісто** (у давньогрецькій міфології — акадська німфа, якій Зевс дав безсмертя, перетворивши її на сузір'я Великої Ведмедиці (Великого Воza) — IV, галілеїв, супутник *Jupitera*. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Камера** — оптичний прилад для реєстрування світил візуально або за допомогою світлоприймачів (фотопластинка, прилади зарядового зв'язку тощо). Діаметри об'єктів — від метра і менше, фокусні відстані — від кількох сантиметрів до кількох метрів (короткофокусні і довгофокусні К.). *Світлосила* досягає 0,5 (світлосильні К.). Якщо К. використовується для позиційної астрофотографії, то це астрографічна або астрофотографічна К. Для спостережень ШСЗ і космічних апаратів використовують супутникові К., такі як АФУ-75, SBG, високоточна астрографічна установка (ВАУ) та ін. Ширококутна К. має поле зору понад 10°, аж до 180°. Прикладом останньої може бути К. всього неба С-180 для реєстрації *полярних сьйв*. (Див. кольорову вклейку, мал. 15).

**Карлик** — один з класів зір при розподілі їх за *класами світності*. Часто позначають буквою *d* біля *спектрального класу*. Наприклад *dF* — зоря-карлик спектрального класу *F*. Білий К. — одна з можливих кінцевих стадій життя зорі



після припинення в її надрах основних термоядерних реакцій (див. *Зоряна еволюція*), якщо маса зорі  $M \leq 1,2 M_{\odot}$ . У цей період формується червоний *гігант* з ядром — майбутнім білим К. і холодною протяжною оболонкою. Позбавлена джерел енергії зоря світиться за рахунок виділення енергії в процесі *гравітаційного стискання*. При зменшенні розмірів ядра до  $\approx 0,01 R_{\odot}$  подальшому його стисканню протидіє тиск електронного *виродженого газу*. Температура речовини білого К. мало змінюється з глибиною. У зв'язку з малими розмірами (розмір тим менший, чим більша маса К.) світність білого К. на  $10 \dots 12^m$  слабкіша від світності нормальних зір того самого спектрального класу. Спектральний клас білих К. — *F, G*, середня маса —  $0,6 M_{\odot}$ , густина  $\approx 4 \cdot 10^5$  г/см<sup>3</sup>, прискорення вільного падіння на поверхні —  $10^8$  см/с<sup>2</sup>, друга *космічна швидкість* біля поверхні зорі — кілька тис. км/с.

**Кірме** (у грец. міфології — мати критської богині Місяця) — XI супутник *Юпітера*. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Карта місячного краю** — карти і таблиці, які відображають рельєф, відхилення висот реальної поверхні Місяця від середнього рівня в зонах, близьких до краю місячного диска, який не є незмінним внаслідок явищ *лібрації*.

**Карта Неба** — міжнародна програма фотографічного огляду неба для визначення положень зір до  $11^m$  і складання карт до  $14^m$  засобами фотографічної *астрометрії*. Проект прийнято на Міжнародній астрофотографічній конференції в Парижі в 1887 р. Огляд, який дав багатий матеріал для вивчення неба, виконували на нормальних *астрографах* (пластинки  $2 \times 2^{\circ}$ ); його в основному здійснено до середини ХХ ст.

**Касп** — область у *магнітосфері*, де через взаємодію геомагнітного поля і поля сонячного вітру утворюються відкриті лікоподібні конфігурації геомагнітного поля, якими плазма сонячного вітру може надходити до внутрішніх шарів магнітосфери.

**Каталог** — зведення даних про ті чи інші характеристики астрономічних об'єктів. Велику роль в астрономії відіграють астрометричні К., що закріплюють на небі систему координат. Якщо К. містить дані про координати зір — це по з и ц і й н и й К. Особливу точність мають створені на основі багатьох каталогів так звані з в е д е н і, а особливо — ф у н д а м е н т а л ь н і К. положень і *власних рухів* зір. А б с о л ю т н і К. складають з використанням особливих методів для забезпечення незалежності від інших, а д и ф е р е н ц і а л ь н і

К., — використовуючи знання про координати певної кількості зір з відомими координатами або іншими даними (зоряними величинами тощо).

**Квадрант** — старовинний астрономічний кутомірний прилад для визначення положень світил на небі. Точність не перевищує 1'. Є багато різновидів К. Велетенський К. Улугбека мав радіус шкали 40 м.

**Квадратура** — *конфігурація* (взаємне розміщення) двох світил (наприклад, планети й Сонця), при якій їх *довготи*, якщо спостерігати з третього тіла (наприклад, із Землі), відрізнятимуться на  $90^\circ$ .

**Квазіги** (від англ. *Quasi Stellar Galactic* — квазізоряна галактика) — об'єкти, які на фотопластинках мають вигляд зір, але в спектрах яких реєструється *червоне зміщення*, що свідчить про їх космологічну природу. Виявляють К. завдяки надлишкам випромінювання в ультрафіолетовій частині *спектра*. Очевидно, К. є ядрами далеких спіральних галактик. Вважають, що *квazar* — це короточасна стадія розвитку К. В одиниці об'єму у Всесвіті К. в десятки разів більше, ніж квазарів, від яких вони відрізняються відсутністю радіовипромінювання.

**Квазіри** (від англ. *Quasi stellar radio source* — квазізоряне радіоджерело) — нові астрономічні об'єкти, відкриті 1963 р., коли вдалося інтерпретувати перші їх спектри (К. З С 273, ЗС 48), припустивши, що спектральні лінії К. зміщені в червоний бік спектра. Якщо ці *червоні зміщення* мають космологічну природу і пов'язані з великими швидкостями розбігання (тепер це загальноживана точка зору), то за *законом Хаббла* відстані до них дуже великі. А якщо це так, то їх *світності* в сотні й тисячі разів повинні перевищувати світність великих галактик типу нашої. Основні характерні особливості К.: 1) випромінюють у широкому діапазоні від радіо- до гамма-випромінювання; 2) мають компактний зореподібний вигляд; 3) їх яскравість змінюється з характерним часом  $\Delta t$  від років до годин, а для гамма-діапазону навіть менше, що дає можливість оцінити характерні розміри К. Зміна блиску пов'язана з процесами, що мають охоплювати весь К. Оскільки швидкість поширення будь-якого процесу не може бути більшою за швидкість світла, то розмір К. не може перевищити  $\Delta t \cdot c$ . Отже, центральні частини К. пов'язані з лінійними масштабами порядку світлової години, доби, навіть кількох *парсеків*, але не більше. Не в усіх діапазонах К. випромінюють однаково. Через

велику віддаленість (максимальне червоне зміщення відомих К. досягає 4) світло від них іде до нас мільярди років. Отже, спостерігаючи К., ми вивчаємо давно минулі часи нашого Всесвіту, часто через кілька млрд. років після початку *Великого Вибуху*. Останнім часом було з'ясовано, що К. мають складну структуру: центральний зореподібний об'єкт, оточений *гало*, що складається з зір. Гало нагадує сферичну складову галактик. Радіовипромінювання К. приходить до нас із значно більших за масштабами областей, яких, як правило, в оптичному діапазоні не видно. Часто поблизу оптичного об'єкта спостерігаються дві симетричні відносно нього протяжні зони радіовипромінювання. Проте іноді тут помітно оптичне світіння. Це викиди з центральних областей, д ж е т и (англ. *jet* — струмінь). Тепер відомо близько 4 тис. К. Їх природи остаточно ще не з'ясовано, але ряд особливостей К. ріднить їх з активними ядрами галактик (сейфертівські галактики, *лацертиди*, *радіо-галактики*), хоча енергетичні масштаби К. значно вищі. Джерелом енергії К. найімовірніше є масивні *чорні діри*. Випадання на них речовини з навколишнього середовища призводить до утворення *акреційних дисків*, вивільнення величезної гравітаційної енергії. Процеси в акреційних дисках і зумовлюють високу світність і змінність блиску К. Крім чорних дір, запропоновано також моделі центральних областей К. у вигляді надмасивних зір або дуже компактних скупчень звичайних зір. Маси ядер К. в усіх випадках оцінюються в мільйони і мільярди сонячних мас. У таких скупченнях стають ефективними часті зіткнення зір, ланцюгові вибухи *наднових*, що може спричинити високу світність і змінність джерела випромінювання. Дві останні моделі неминуче еволюціонують до першої, адже стискання під дією гравітації за таких мас неминуче призведе до утворення масивної *чорної діри*.

**Кільце астероїдів** (пояс астероїдів або малих планет) — зона міжпланетного простору між орбітами Марса і Юпітера, в якій розміщені орбіти більшості *астероїдів* (2,2...3,6 а. о.). Є ряд астероїдів, орбіти яких виходять за межі К. а. Так, Ерос рухається між орбітами Марса й Землі, а Торо наближається до орбіти Венери на відстань 20 млн. км, Адоніс у *перигелії* досягає орбіти Меркурія, а Ікар у *перигелії* наближається до Сонця на відстань 27 млн. км.

**Кільцева гора** — характерна для тіл Сонячної системи структура, утворена, як правило, внаслідок падіння на поверхню астероїдальних тіл. (Див. *Кратер*).

**Кільця планет** — вперше помітив Галілей у 1610 р. у вигляді двох «вушок» у Сатурна, але першовідкривачем (1656) К. п. вважається Х. Гюйгенс. Тепер у Сатурна відомо 7 основних кілець: *D, C, B, A, F, G, E* (в порядку віддалення від планети), причому кільця *D, F, G, E* — пилові (розміри частинок  $10^{-5}$  см), решта складається з брил розміром близько 10 м. Товщина кілець — кілька десятків метрів, відхилення поверхні кільця від площини близько 15 км. К. п. розміщені в площині екватора, матеріал кілець Сатурна — головним чином лід, маса —  $10^{-8}$  маси Сатурна, що становить половину маси Мі-маса — одного з найменших його класичних супутників. За даними розгляду з близької відстані (з борту космічного апарата) число кілець досягає 10 тис. Відстань зовнішнього краю кільця *E* від центра планети — 480 тис. км. Інші кільця розміщені всередині радіуса 180 тис. км. У кільцях Сатурна розрізняються утворення типу шпиць. Гадають, що в цих місцях багато пилових частинок, які, заряджаючись однойменними зарядами під дією сонячної радіації і відштовхуючись одна від одної, потовщують кільце (див. кольорову вклейку, мал. 21). У 50-х роках ХХ ст. до висновку про існування кільця Юпітера дійшов на основі наземних спостережень український астроном С. К. Всехсвятський (1905—1985). Вперше кільце Юпітера вдалося зафіксувати з борту космічного апарата «Вояджер-1» (1980). Ширина кільця — від 50 тис. км і, можливо, до межі атмосфери планети, товщина — 30 км. Склад — дрібні і великі частинки, матеріал — мабуть, силікати. Кільця Урана відкрито в 1977 р. під час спостереження *покриття* зорі цієї планетою. Зоря, що мала бути покрита диском Урана, кілька разів послаблювала свій блиск під час зближення з планетою і стільки ж разів — з віддаленням від неї після покриття. Ці послаблення було пояснено як наслідок екранування світла зорі кільцями планети. У порядку віддалення від планети їх позначили, як  $\delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ . Розміщуються ці кільця на відстані від 42 до 51 тис. км. від центра планети, типова ширина кожного з них 5—10 км, матеріал поки що не з'ясований. Космічний корабель «Вояджер-2», який досягнув планети на початку 1986 р., крім десяти нових її супутників (діаметром до 10 км), відкрив ще 2 додаткові кільця, а також кілька неповних кілець. 11-те кільце — найближче, його ширина 3 тис. км, розміщене воно на висоті 10 тис. км над хмарним покривом Урану. Можливо, існують кільця й у Нептуна. У 1984 р. із спостережень покриття ним зорі знайдено вказівки на їх існування.

Щоправда, кільце тут неповне, можливо, це супутник у стадії формування. Відстань кільця від центра Нептуна становить 75 тис. км. Усі К. п., крім кілець Нептуна, розміщені всередині *межі Роша* (2,44 радіуса планети), де супутники не можуть формуватися через руйнівні припливні сили, що діють з боку планети. З цієї причини матеріал газо-пилової хмари в часі формування планет і супутників не міг об'єднатися в планетні тіла і залишився у вигляді рою дрібних частинок, з яких і утворилися кільця. Пилові частинки не можуть довго існувати в кільці внаслідок *Пойнтінга — Робертсона ефекту* і врешті випадають на планету. Тому наявний у кільцях пил має недавнє походження: він утворився внаслідок зіткнень більших частинок і метеоритного бомбардування. Він повільно осідає на планету, розширюючи кільце аж до верхніх шарів атмосфери. Щілини в кільцях є зони, де періоди обертання частинок сумірні з періодом обертання того чи іншого супутника планети. Тут орбіти нестійкі і частинки переходять або на вищі, або на нижчі орбіти. Крім того, щілини утворюються й там, де рухається масивний супутник, який у процесі руху безперервно вичерпує частинки з цієї зони. Мала товщина кільця пояснюється тим, що частинки мають рухатися в площині, яка проходить через центр планети. Якби частинки мали орбіти різного нахилу, то обов'язковими були б часті зіштовхування, обмін енергією, що зрештою звело б їх в одну площину.

**Кларк** (від прізвища американського геохіміка Ф. Кларка) — вміст того чи іншого елемента в процентах у складі планети або її частини. Так К. кисню в земній корі дорівнює 49,13.

**Клас світності** — класифікація зір і галактик за їх *світністю* або абсолютними *зоряними величинами*. Кожному класові зір відповідає своя зона на *Герцшпрунга — Расселла діаграмі*.

### Класи світності зір та їх середні абсолютні зоряні величини $M_{абс}$

Клас	Зорі	$M_{абс}$
0	Найяскравіші <i>надгіганти</i>	-9
Ia	Яскраві »	-7
Ib	Нормальні »	-4
II	Яскраві <i>гіганти</i>	-2
III	Нормальні »	+1

## Продовження таблиці

Клас	Зорі	$M_{абс}$
IV	Субгіганти	+4
V	Карлики головної послідовності	+6
VI	Субкарлики	+7
VII	Білі карлики	+15... ...+20

Класи світності *галактик*, їх  $M_{абс}$   
і маси в  $M_{\odot}$ 

Галактики	$M_{абс}$	$M_{\odot}$
Яскраві надгіганти	-24	$10^{13}$
Нормальні »	-22	$10^{12}$
Яскраві гіганти	-20	$10^{11}$
Нормальні »	-18	$10^{10}$
Яскраві карлики	-16	$10^9$
Нормальні »	-14	$10^8$
Слабкі »	-12	$10^7$
Пігмеї	-8	$10^6$

**Клепсїдра** — стародавній примітивний прилад для вимірювання часу за тривалістю витікання води з резервуара.

**Коваріантність** (лат. *co* — спільно, *varians* — змінний) — незмінність вигляду рівнянь, які описують фізичний процес, при переході від однієї системи координат до іншої.

**Кóлапс** (лат. *collapsus* — занепад) — в астрономії: г р а в і т а ц і й н и й К. Катастрофічне стискання зорі з масою понад (2,5...3,0)  $M_{\odot}$  після вичерпання джерел термоядерної енергії. Під час К. вже ніякі сили не можуть протистояти гравітаційним силам притягання до центра, що є одним з процесів утворення *чорної діри*.

**Коливання Сонця** — коливання конвективної зони Сонця з різними періодами. Добре вивчені коливання з періодом 5 хв. У 1976 р. астрономи Кримської астрофізичної обсерваторії відкрили 160-хвилинні коливання, які тепер інтенсивно вивчаються. Цей період спостерігається в деяких геофізичних процесах і є наслідком впливу Сонця на ці процеси. Амплітуда

коливань на рівні фотосфери становить кілька км. Вивчення коливань є джерелом даних про внутрішні шари і будову Сонця, а, отже, і про джерела енергії. Останнім часом встановлено 160-хвилинні періоди в орбітальних і осьових рухах тіл Сонячної системи, і, що взагалі загадково,— в періодах *змінних і подвійних зір*.

**Коливання широти** — явище зміни широти точок земної поверхні, пов'язане зі зміщенням земної поверхні як цілого відносно осі обертання. Це сприймається нами як рух полюса Землі по поверхні, його «блукання». Зміни широти досягають 0,3" і містять у собі як періодичні, так і вікові складові (див. *Віковий рух полюса*). Найкраще вивчено К. ш. і рух полюса з періодом Чандлера (14 міс.).

**Колір** — суб'єктивне сприйняття видимого світла оком людини. Визначається довжиною хвилі випромінювання. В астрономії під К. розуміють *спектральний клас зорі* (див. *Спектральна класифікація*). Кількісно К. в астрономії визначається *показником кольору*. Невідповідність між спостережуваним показником К. і *спектральним класом* зорі зумовлена поглинанням світла в міжзоряному середовищі і описується *надлишком К.*

**Коло** — у *сферичній астрономії* перетин небесної сфери з площиною, яка проходить (в е л и к е К.) або не проходить (м а л е К.) через центр сфери. Велике К. є *геодезичною* на сфері. Залежно від того, через які точки проходить велике К., розрізняють такі кола:

**Колор-ексцес** — див. *Надлишок кольору*.

**Колор-індекс** — див. *Показник кольору*.

**Коліур** — див. *Коло*.

Назва кола	Через які точки проходить коло
К. <i>схилень</i>	<i>Полюси світу</i>
Небесний <i>меридіан</i>	Полюси світу, точки півдня, півночі
Коліур <i>рівнодень</i>	Полюси світу, <i>точки рівнодень</i>
Коліур <i>сонцестоянь</i>	Полюси світу, <i>точки сонцестоянь</i>
К. <i>висот, вертикал</i>	<i>Зеніт і надир</i>
Перший <i>вертикал</i>	Зеніт, надир, точки сходу і заходу
К. <i>широт</i>	Полюси <i>екліптики</i>
К. галактичних широт	Полюси <i>Галактики</i>

**Кóма** (грец. *kóme* — волосся, хвіст) — 1) А б е р а ц і й н а К.— див. *Аберация оптичної системи*. 2) К. комети — туманна оболонка газу та пилу навколо ядра *комети*.

**Комéта** (грец. *kométes* — довговолосий) — один з класів малих тіл Сонячної системи. Вперше рух комет пояснив Е. Галлей у 1705 р., він також відкрив на прикладі комети Галлея періодичне повернення деяких (п е р і о д и ч н и х) К. до околу Сонця, передбачив її наступну появу в 1758 р. Характерним для К. є великий ексцентриситет їх орбіт. Якщо ексцентриситет орбіти близький до одиниці, то період такої комети може досягати мільйонів років і таку комету вважають п а р а б о л і ч н о ю. Орбіти періодичних К. порівняно з параболічними більше тяжіють до площини *екліптики*. На рух К. дуже впливають планети-гіганти. Своїм сильним гравітаційним полем вони формують так звані с і м' і К., афелії яких розміщуються в районі орбіти відповідної планети. К. повертаються до центральних частин Сонячної системи з гіпотетичної так званої х м а р и Е п і к а — О о р т а, яка нібито оточує Сонячну систему на відстані близько сотні тисяч а. о. і в якій може бути до  $10^{11}$  К. Їх сумарна маса не перевищує маси Землі. Позаяк на цих відстанях гравітаційні сили взаємодії К. з Сонцем дуже малі (притягання Сонця в районі хмари незначне), то К. у хмарі Епіка — Оорта чутливі до гравітаційного впливу сусідніх зір, який може конкурувати з сонячним. Така дія сусідніх зір може призвести до виходу комети за межі Сонячної системи або, навпаки, до її зближення з Сонцем, що може тривати мільйони років. У цьому разі ми можемо стати свідками явища комети за умови, що *перигелійна* відстань її орбіти буде відносно невеликою, так що випромінювання Сонця зможе прогріти кригу К. Випаровування криги, а разом з тим твердих частинок призводить до утворення кометної атмосфери: *коми, галосів*, хвоста К., який може простягнутися в протилежний від Сонця бік на багато мільйонів км. Під дією сонячного електромагнітного і корпускулярного випромінювання ці утворення й дають ту гаму ефектних явищ, які називають К. Джерелом атмосфери К. є тверде ядро, розміри якого вимірюються небагатьма км, а саме воно нагадує забруднений тугоплавкими частинками злежалий сніг і несе в собі основну масу К. Після кількох або навіть одного близького проходження біля Сонця всі леткі речовини, з поверхні або з усього ядра випаровуються. Тому яскравість К. з часом зменшується. Газопилова атмосфера К. внаслідок незначного власного гравітаційного



поля К. є тимчасовим утворенням, вона існує доти, доки з ядра надходять газ і пил, її щільність незначна. Вважають, що хмара Епіка — Оорта є залишком протопланетної хмари, з матеріалу якої ближче до Сонця сформувалися планети. Тому вивчення К. дає нам відомості про первинну речовину, з якої близько 4,5 млрд. років формувалася Сонячна система. Такі уявлення про ядро К. були підтверджені польотами (1986 рр.) кількох космічних апаратів до К. Галлея (див. кольорову вклейку, мал. 23 і 24). Вважають, що К. протягом часу з'являються нерівномірно і ця нерівномірність може бути пов'язана з періодичними збуреннями хмари гіпотетичним супутником Сонця — Немезидою. Ця карликова зоря невеликої маси більшу частину часу перебуває на відстані в сотні а. о. від Сонця і тому ніби невидима. Період її орбітального руху навколо спільного центра має близький до 30 млн. р. З цим періодом мала б підсилюватись кометна активність, частина комет могла б бомбардувати Землю, а це, у свою чергу, могло б призводити до посилення непрозорості атмосфери, змін клімату, вимирання деяких видів тварин (так могли вимерти динозаври). У спектрах К. знайдено органічні речовини і деякі вчені пов'язують виникнення життя на Землі з К. Абсолютна зоряна величина К. є зоряна величина, яку мала б К., якби її відстань від Сонця і Землі становила 1 а. о. Частота появи К. у наш час — 10—20 на рік. Середня відстань від Сонця, на якій з'являється хвіст К., близько 1,7 а. о. Маса К.  $M$  в грамах пов'язана з її абсолютною величиною  $m_0$  співвідношенням:  $\lg M \approx 21 - 0,4 m_0$ . Залежність зоряної величини  $m$  від відстані  $r$  до Сонця і  $\Delta$  до Землі така:  $m = m_0 + 5 \lg \Delta + 2,5 \cdot n \cdot \lg r$ , причому параметр  $n = 2 \dots 6$ , для різних комет він неоднаковий.

**Кометошукáč** — астрономічний телескоп, призначений для пошуку комет. Як правило, він ширококутний, що дає можливість оглядати одночасно велику ділянку неба.

**Комірчаста структура Всесвіту** — див. *Великомасштабна структура Всесвіту*.

**Конвективна зона** — внутрішня зона зорі, де в зв'язку з *конвективною нестійкістю* тепло до зовнішніх шарів переноситься в основному за рахунок конвекції. Конвекцією порівняно з випромінюванням тепло переноситься значно ефективніше, тому перепад (градієнт) температури в К. з. менший. К. з. Сонця охоплює близько 1/7 його радіуса і починається під *фотосферою*. У масивних зір температура в центрі значно вища (вона пропорційна відношенню маси до радіуса зорі) і енергія виділяється за

рахунок вуглецево-азотного циклу (див. *Джерела зоряної енергії*), тому в надрах таких зір випромінювання не спроможне відводити виділену енергію й виникає центральна К. з. або конвективне ядро.

**Конвективна нестійкість** — явище, що лежить в основі виникнення конвективних зон у внутрішніх шарах зір. Настає тоді, коли зменшення температури з підніманням до верхніх шарів зорі перевищує критичну величину, яку називають а д і а б а т и ч н и м г р а д і є н т о м. Уявімо собі, що у внутрішніх шарах зорі елемент об'єму газу з якихось причин піднявся вище. Оскільки тут тиск менший, газ розширюється і займає більший об'єм. При значному об'ємі елемента газу можна вважати, що газ розширився за рахунок внутрішніх запасів енергії (адіабатично). Тому температура цього газу зменшиться. Якщо вона стане меншою від температури оточення, то густина цього елемента газу буде більшою, він почне тонути, опускатися. Якщо його температура буде більшою, то газ підніметься ще далі вище. Тому в таких шарах конвекція, раз виникнувши, на цьому етапі розвитку зорі вже не може припинитися. Це і є К. н. Вона може виникнути в ядрі, може охопити всю зорю або лише її зовнішні шари.

**Конверсія хвиль** (лат. *conversio* — перетворення, зміна) — взаємні перетворення різних хвиль, які виникають у плазмі. Внаслідок К. х., зокрема в неоднорідному середовищі, енергія механічних коливань плазми частково переходить в електромагнітне випромінювання. Конверсією частково пояснюється радіо-випромінювання Сонця.

**Конічні перетини** — плоскі криві другого порядку, які є лініями перетину конуса площиною. Доведено, що матеріальна точка в центральному полі сил, які змінюються як  $r^{-2}$  з відстанню  $r$  (а такими силами є гравітаційні), рухається в площині по траєкторії, що є К. п.

**Континуум** (лат. *continuum* — неперервне, суцільне) — 1) діапазон спектра, що лежить за межею *спектральної серії*. Так, у спектрі водню лайманівський К. охоплює довжини хвиль  $\lambda \leq 91$  нм, бальмерівський —  $\lambda \leq 365$  нм і т. д. Квант лайманівського, бальмерівського, пашенівського і т. д. випромінювання (відповідно  $L_c$ ,  $B_c$  і  $P_c$ -кванти) виникає при *рекомбінації* електрона на 1-й, 2-й, 3-й і т. д. енергетичні рівні атома водню. При цьому частота  $\nu$  кванта залежить від швидкості електрона і визначається відомим рівнянням Ейнштейна для фотоэффекту. 2) У фізиці К. — суцільне матеріальне

середовище, властивості якого змінюються в просторі неперервно.

**Конфігурація** — взаємне розміщення планет, супутників, зір. Див. *Квадратура, Елонгація*.

**Координати** — 1) Див. *Системи небесних координат*. 2) Середні К.— К. світила відносно *полюса* світу і небесного *екватора* на певний момент без урахування *нутації* і *аберації* світла. Видимі К.— з урахуванням останніх. Топоцентричні К.— К. світила, які визначають під час спостереження з певного пункту земної поверхні. Геоцентричні К.— К. світила, якими вони були б при спостереженні з центра Землі. Аналогічно — *баріцентричні* і *геліоцентричні* К.

**Корекція** — 1) К. поля зору — поліпшення якості поля зору астрономічного оптичного інструмента за допомогою введення до системи додаткових оптичних елементів (лінз, пластинок, менісків, *світлофільтрів*) для зменшення *аберацій оптичної системи*. 2) К. траєкторії — маневр для поліпшення траєкторії космічного апарата вмиканням бортових двигунів. Необхідність К. пов'язана з неточностями запуску, нагромадженням помилок з часом, неточним знанням координат цілі.

**Королівська зона** — екваторіальна зона Сонця, в якій в основному виникають *сонячні плями*.

**Корональна діра** — зона сонячної атмосфери з відкритою конфігурацією магнітного поля, в якій з цієї причини речовина корони може безперешкодно поширюватися в міжпланетний простір. Тут менша густина речовини, тому в рентгенівському діапазоні К. д. випромінюють менше і на рентгенівських знімках мають вигляд темних областей. К. д. можуть зберігати своє положення протягом кількох обертів Сонця; розміщені, як правило, над *активними областями*, поблизу полюсів.

**Корональна конденсація** — зона підвищеної густини плазми в короні Сонця з часом життя кілька діб і температурою понад 2 млн. К.

**Корональний дощ** — один з різновидів *протуберанців*.

**Корональний транзієнт** (лат. *transeo* — переступаю, порушую) — порушення в регулярній структурі сонячної корони у вигляді підсилення або послаблення яскравості деталей корони, руху від Сонця згустків речовини, піднімання арок та петель. Тривалість явища — години, дні. Швидкість руху —

300—1000 км/с, маса — до  $10^{13}$  кг, енергія — до  $10^{27}$  Дж. Частіше спостерігаються під час високої *сонячної активності*. К. т. пов'язаний з *сонячними спалахами* і проявляється у вигляді збурень *магнітосфери*.

**Коронóграф** — астрономічний прилад для спостереження *сонячної корони* під час *затемнень* Сонця. Складається з *целостата*, який повертає дзеркало за Сонцем і спрямовує промені на об'єктив К. У фокальній площині К. встановлюють касету з фотопластинкою або іншим світлоприймачем. Поза а з а т е м н е н и й К. дає можливість спостерігати яскравішу частину корони і без затемнення. При цьому світло Сонця екранується спеціальним диском — «ш т у ч н и м М і с я ц е м», встановленим всередині труби. Вживають спеціальних заходів для боротьби з розсіяним світлом Сонця, інтенсивність випромінювання якого набагато вища за інтенсивність корони. Тому в цих К. замість целостатного дзеркала використовують однолінзовий об'єктив. Такі К. встановлюють у місцях з добрим *астрокліматом*, як правило, в горах.

**Коротацийне коло** (лат. *co* — спільно, *roto* — обертаюся) — колова зона в спіральних галактиках, де швидкість обертання об'єктів галактики в русі навколо її центра дорівнює швидкості руху спіральної структури. Всередині К. к. швидкість обертання зір перевищує швидкість спіралі, зовні — менша, тому вони відстають від останньої.

**Космічна геодезія** — розділ *геодезії*, який вивчає методи визначення взаємного розміщення точок земної поверхні, розміри Землі, її фігуру, гравітаційне поле, зокрема спостерігаючи ШСЗ за допомогою лазерних дальномірів. Це дає можливість визначати відстані до них з точністю до кількох сантиметрів, а, отже, з цією самою точністю й положення спостерігача відносно супутника. В результаті можна будувати точну космічну триангуляційну систему, визначати положення і *рух полюсів*, *нерівномірність обертання Землі*, параметри гравітаційного поля тощо.

**Космічна геологія** — галузь геології, яка базується на спостереженнях поверхні Землі (чи іншого тіла) з космічних апаратів (див. кольорову вклейку, мал. 25). К. г. дає можливість вивчати великомасштабні поверхні, знаходити за характерними коловими структурами сліди космічних катастроф (*астроблеми*), вивчати розподіл корисних копалин тощо.

**Космічна медицина** — розділ медицини, яка вивчає методи добору космонавтів, специфіку медичного забезпечення екі-

пажив, підтримання їх нормальної роботи в умовах тривалого космічного польоту.

**Космічна техніка** — розділ інженерних наук і технології, пов'язаний з науково-дослідницькими роботами, конструюванням і виготовленням, випробуванням і експлуатацією ракетної техніки, що забезпечує вихід у космос, а також приладів, які використовують для досліджень космосу.

**Космічна триангуляція** — частина космічної геодезії, яка базується на спостереженнях спеціальних ШСЗ з багатьох точок земної поверхні і встановленні на цій основі точних відстаней між точками спостережень, їх геодезичних координат. При визначенні напрямів на ШСЗ в один і той самий момент часу за допомогою розв'язування трикутників з базами в сотні й тисячі кілометрів будується космічна триангуляційна система високої точності.

**Космічна швидкість** — швидкість, якої надають космічним апаратам: перша К. ш. — найменша початкова швидкість, що її треба надати космічному апарату, щоб він став ШСЗ

$$(v_1 = \sqrt{\frac{Gm}{R+h}}), \text{ де } m \text{ і } R \text{ — маса і радіус Землі, } h \text{ — висота}$$

пльоту над землею поверхнею); друга К. ш. або параболічна швидкість — мінімальна початкова швидкість, набувши якої, апарат стане супутником Сонця, штучною планетою ( $v_2 = v_1 \sqrt{2}$ ); третя К. ш. — найменша початкова швидкість, необхідна для того, щоб земний апарат назавжди залишив Сонячну систему. Для Землі перша, друга й третя К. ш. відповідно дорівнюють: 7,91; 11,19 і 16,7 км/с біля поверхні Землі.

**Космічне радіовипромінювання** — радіовипромінювання космічних об'єктів. Вивчення К. р. має велике значення для пізнання фізичних умов і процесів у космосі, структури космічних утворень (галактик, квазарів тощо), космічних магнітних полів, температур, швидкостей речовини та ін. Для радіохвиль у діапазоні 2 см...30 м земна атмосфера прозора (радіовікно), тому К. р. засобами радіоастрономії можна реєструвати незалежно від погоди і часу доби. Умови генерації К. р., його поширення і поглинання відрізняються від оптичного, тому «радіонебо» має зовсім інший вигляд. Для К. р. не є перешкодою міжзор'яні хмари, тому можна, наприклад, спостерігати центральні частини Галактики, спіральні рукави. Є кілька ме-

ханізмів генерування К. р. 1) Теплове К. р. випромінюється будь-яким тілом. Залежність потоку випромінювання від частоти  $\nu$  і температури  $T$  задається законом Планка (див. *Випромінювання*). 2) Магнітогальмівне К. р. (циклотронне) продукується не дуже швидкими електронами, що рухаються поперек силових ліній космічних магнітних полів. За цих умов сила Лоренца змушує електрони рухатися спіралями навколо силових ліній з так званою гіромагнітною частотою

$$\nu_2: \nu_2 = \frac{eB}{2\pi mc}, \text{ де } e \text{ — заряд електрона, } m \text{ — його маса,}$$

$B$  — магнітна індукція. На цій частоті й випромінює космічне радіоджерело. 3) Синхротронне К. р. утворюється тоді, коли електрони рухаються в магнітному полі з релятивістськими швидкостями (близькими до швидкості світла). 4) Випромінювати радіохвилі може водень (найбільш поширений у Всесвіті елемент) при переходах електронів між близькими високими рівнями в атомах (наприклад, з рівня  $n=100$  на рівень  $n=99$ ). До того ж нейтральний водень випромінює кванти радіодіапазону при переорієнтації спіна електрона (перехід між рівнями надтонкої структури), що дає широко відоме випромінювання на довжині хвилі 21 см. Усі ці механізми дають К. р., що відрізняється потужністю, розподілом енергії за частотою, поляризацією. Дослідження К. р. дало змогу виявити *спіральні рукави Галактики*, заглянути в дуже віддалені місця Всесвіту, куди оптичні телескопи не досягають. З аналізу К. р. відкрито *радіогалактики*, радіозорі, *квазари*, *пульсари*, *космічні мазери*, *реліктове радіовипромінювання*.

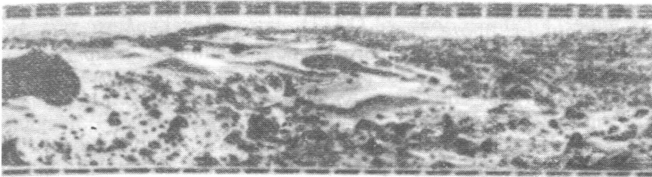
**Космічний апарат (КА)** — апарат, який виводиться на орбіту навколо Землі, іншого тіла, на орбіти польотів до тіл Сонячної системи або за її межі з метою дослідження космосу (Див. кольорову вклейку, мал. 27).

**Космічний корабель (КК)** — *космічний апарат*, призначений для польоту людей. Такими КК в СРСР були «Восток», «Восход», «Союз», в США — «Меркурій», «Джеміні», «Аполлон».

**Космічний мазер** (аббревіатура від англ. *microwave amplification by stimulated emission of radiation* — підсилення мікрохвиль за допомогою індукованого випромінювання) — явище підсилення випромінювання внаслідок проходження його через певні об'єкти в космосі. Необхідною умовою виникнення ефекту є наявність значної кількості збуджених молекул або атомів на таких енергетичних рівнях, переходи з яких дають випромінювання в радіодіапазоні. У цьому разі проходження через

середовище слабкого випромінювання такої самої частоти індукуватиме «висвічування» великої кількості збуджених частинок. Внаслідок цього випромінювання може значно підсилитись. При цьому напрям, поляризація і частота будуть такими самими, як і індукуючого випромінювання, а потужність визначатиметься лише потужністю процесу накачування (утворення збуджених атомів на відповідних рівнях). Випромінювання К. м. дає дуже вузьку лінію і відповідає ефективній температурі  $10^{13}$  і навіть  $10^{15}$  К. Водночас кінетична температура частинок вимірюється величиною всього  $10-10^3$  К. К. м. спостерігаються в лінії  $\lambda = 18$  см молекули гідроксилу,  $\lambda = 1,35$  см молекули води тощо. Густина частинок в зонах випромінювання становить  $10^8-10^9$  на  $\text{см}^3$ , а розміри цих зон сумірні з розмірами Сонячної системи. Температура, густина К. м., їх розміщення в хмарах у сусідстві з молодими зорями дає підстави пов'язати явище К. м. з процесами *зореутворення*.

**Космічний пил** — 1) Міжзоряний пил, що належить до плоскої *підсистеми* (концентрується до площини Галактики). Існує у вигляді більш чи менш щільних хмар і середнього рівномірного фону. Особливо помітний, зокрема, завдяки екрануванню зір *Молочного (Чумацького) Шляху* вздовж його середньої лінії (справді, у сузір'ях Лебеда, Стріли, Змія і Скорпіона ми бачимо ніби дві колії від коліс воза — звідси й назва). Типові приклади пилових хмар — Кінська Голова, Вугільний Мішок, густина речовини в яких у  $10^2$  раз перевищує густину в сусідніх ділянках. Розміри частинок пилу — приблизно  $10^{-4}$  см, одна частинка припадає в середньому на куб зі стороною 200 м. Розміри частинок визначено за характером поглинання — вони поглинають сині промені більш, ніж червоні (поглинання обернено пропорційне довжині хвилі світла), що призводить до почервоніння зір (див. *Надлишок кольору*). Міжзоряні порошинки утворюються внаслідок об'єднання, зливання молекул. Загальна маса К. п. становить близько 1 % маси Галактики. 2) У міжпланетному просторі пилова речовина утворюється від розпадання *комет*, взаємних зіткнень *малих планет*, метеорних частинок. Міжпланетний пил концентрується до середньої площини Сонячної системи і спостерігається як *зодіакальне світло*. Пилова речовина в Сонячній системі повинна безперервно поповнюватися, оскільки частинки, дрібніші від  $0,5 \cdot 10^{-4}$  см, вимітаються з системи тиском сонячного випромінювання, а більші (але відносно невели-



Мал. 17. Панорама Марса, передана 3.08.1976 р. з поверхні Марса «Вікінгом-1». Ліворуч — кам'яна брила Великий Джо (1×3 м), видно піщані дюни

кі) — гальмуються сонячною радіацією (див. *Пойнтінга — Робертсона ефект*) і випадають на Сонце.

**Космічний простір** — простір за межами земної атмосфери. Відносно Землі розглядають біляземний К. п., відносно Сонячної системи — міжпланетний К. п., Галактики — міжзоряний К. п., Метагалактики — міжгалактичний К. п. Межею між ближнім К. п. (ближнім космосом) і далеким К. п. (далеким космосом) умовно вважають сферу гравітаційної дії Землі (див. *Гравітаційна сфера планети*).

**Космічні польоти** — польоти в *космічний простір*. Пілотовані К. п. — польоти з екіпажем космонавтів (астронавтів) на борту космічного корабля. Розрізняють міжпланетний К. п., коли апарат не виходить із сфери дії Сонця (див. *Гравітаційна сфера планети*). Якщо швидкість перевищує третю космічну (див. *Космічна швидкість*), то космічний апарат переходить на траєкторію міжзоряного польоту. Людство освоїло пілотовані К. п. у близькому космічному просторі аж до Місяця, непілотовані — до планет Сонячної системи (мал. 17). Космічні апарати, які наблизилися до Юпітера, Сатурна, Урана, перебувають на орбітах міжзоряних К. п. і покинуть Сонячну систему назавжди.

**Космічні промені** — потоки високоенергійних заряджених частинок, у складі яких близько 85 % протонів, приблизно 14 % ядер гелію, до 1 % електронів і менше від 1 % ядер інших хімічних елементів (до  $Z = 30$ ), що влітають у земну атмосферу з релятивістськими швидкостями: зареєстровано частинки з



енергією до  $10^{21}$  еВ. Сумарний потік К. п. біля Землі — 1 частинка/см<sup>2</sup> · с, проте, густина їх енергії (приблизно 21 еВ/см<sup>3</sup>) сумірна з енергією загального випромінювання всіх зір Галактики, енергією теплового руху міжзоряного газу, магнітних полів Галактики. Тому К. п. відіграють важливу роль у процесах, що відбуваються в міжзоряному середовищі. Влітаючи в земну атмосферу, частинки первинних К. п. стикаються з атомами і молекулами, породжуючі значну кількість (до кількох млрд.) вторинних частинок (в т о р и н н і К. п.), які, досягаючи поверхні, можуть викривати площу, що вимірюється квадратними кілометрами (так звані широкі атмосферні зливи). К. п. вивчають за допомогою лічильників Гейгера — Мюллера, Черенкова, іскрових камер, ядерних емульсій. Внаслідок дослідження К. п. було відкрито позитрони (1932 р.), мюони (1937 р.), пі-мезони (1947 р.). К. п. ще довго цікавлять фізиків, оскільки про добування таких високих енергій на прискорювачах поки що не може бути й мови. К. п. порівняно низьких енергій утворюються під час сонячних спалахів. Сонячний вітер і магнітосфера Землі впливають на інтенсивність галактичних К. п., які досягають поверхні Землі, вимітаючи частинки низьких енергій з околу Сонця, змінюючи їх траєкторії. Так, під час максимуму сонячної активності рівень К. п. може знизитися вдвоє. Частинки прискорюються до високих енергій під час спалахів наднових, у магнітосферах пульсарів. Частинки К. п. рухаються в заплутаних магнітних полях Галактики. Саме магнітні поля перешкоджають виходові променів за межі Галактики. За час таких мандрів (до 30 млн. років) частинка  $10^3$  раз може перетнути відстань, яка дорівнює діаметру Галактики. Без цього частинки К. п. покидали б Галактику за  $10^3$  років, а їх інтенсивність була б у стільки ж разів меншою.

**Космогénний** (космос і грец. *génesis* — походження) — пов'язаний своїм походженням з космічними процесами. Наприклад, К. факторами впливу на земне життя є *космічні промені, метеоритне бомбардування* тощо.

**Космогеологія** (космічна геологія) — розділ геології, пов'язаний з вивченням геологічних процесів і пошуками корисних копалин на основі спостережень поверхні Землі за допомогою космічних апаратів.

**Космогónія** (космос і грец. *goné* — народжений) — розділ астрономії, що вивчає походження об'єктів космосу. Вживаються терміни К. Сонячної системи, К. комет, К. галактик тощо.

Сучасні уявлення про К. Сонячної системи пов'язують з існуванням газопилової хмари (ГПХ), з якої виникло Сонце та інші тіла системи. Можливо, під дією ударної хвилі від вибуху *Наднової* неподалік від ГПХ почалося *гравітаційне стискання* ділянки ГПХ. До початку стискання всі частини ГПХ були рівноправними і мали якесь обертання (момент кількості руху). Внаслідок дії закону збереження моменту в міру стискання кутова швидкість обертання зростала. У центрі фрагмента ГПХ утворилося *Протосонце*, яке внаслідок гравітаційного стискання розігрівалося. Навколо Протосонця із залишків фрагмента ППХ сформувалася дископодібна протопланетна туманність (ППТ). Протосонце сформувалось дуже швидко, за десятки й сотні років. Взаємодія магнітних полів молодого Сонця з плазмою дуже сильного в ті часи *сонячного вітру* (стадія *X* а *я* ш *і* в розвитку Сонця) і речовиною ППТ призвела до перерозподілу моменту кількості руху: обертання Сонця сповільнилось, а ППТ — підсилилось. Якби цього не сталося, Протосонце не змогло б далі стискатися внаслідок *ротаційної нестійкості* (коли відцентрові сили на екваторі зрівнялися з силами гравітаційного притягання до центра). Тривалість процесу стискання до початку термоядерних реакцій у його ядрі становила  $10^8$  років. Потужний сонячний вітер вивів газ із внутрішніх частин ППТ, а випромінювання загальмувало дрібні частинки і вони випали на Сонце (див. *Пойнтінга — Робертсона ефект*). А тим часом у ППТ частинки пилу й газу об'єднувались у *планетезималі*. Більші з них стали центрами *акреції* дрібніших планетезималей, пилу, газу, тим самим вичерпуючи матеріал ППТ в околі своєї орбіти. В зонах, ближчих до Сонця, більш розігрітих і вільних від газу, утворилися планети земної групи, далі — планетей-гігантів, що в основному складаються з легких елементів. Утворенню планетей між орбітами Марса і Юпітера перешкодило сильне гравітаційне поле останнього. Тут утворилися малі планетей. На околицях Сонячної системи, далеко за орбітою Плутона сформувалися невеликі кометні ядра. Ріст планет тривав  $10^8$  років. Цей період у житті планет був найбухливішим, на їх поверхню випадали великі й малі уламки планетезималей. Це призводило до розігрівання поверхонь, утворення *кратерів*, які ми спостерігаємо й тепер на Місяці, Меркурії та ін. планетах і супутниках (див. *Астроблема*). Ці процеси відбувалися 4,5 млрд. р. тому. Такий погляд на К. Сонячної системи зараз є пануючим.

**Космодрóm** (*космос* і грец. *drómos* — біг, місце для бігу) — комплекс споруд, устаткування, де відбувається складання, підготовка, запуск *космічних апаратів*, траєкторні вимірювання, приймання і часткове опрацювання телеметричної інформації. Основні об'єкти К.: технічна позиція, стартовий комплекс, командно-вимірювальний комплекс. Технічна позиція К. забезпечує приймання, зберігання, складання ракет-носіїв і космічних апаратів, їх випробування, заправлення і стикування. Стартовий комплекс — сукупність споруд та устаткування для доставлення космічних апаратів на стартовий майданчик, встановлення на пускову систему, випробування, заправлення, наведення, пуск. Командно-вимірювальний комплекс забезпечує траєкторні вимірювання, передавання команд на системи космічного апарата і ракети-носія, приймання телеметричної інформації, зв'язок з космонавтами, що перебувають на орбіті.

**Космологічна відстань** — відстань, на якій починають проявлятися ефекти *розширення Всесвіту*. Чіткої межі немає. На К. в. перебувають *скупчення* і *надскупчення* галактик, *квазари*, *квазари*.

**Космологічна модель** — у релятивістській космології це основні параметри еволюціонуючого Всесвіту, які визначають внаслідок розв'язання рівнянь поля Ейнштейна в межах тих чи інших уявлень про найзагальніші властивості Всесвіту: *ізотропію Всесвіту*, *однорідність Всесвіту*, його *стаціонарність* або *нестационарність* (змінність з часом). Вперше сучасну К. м. створив А. Ейнштейн, виходячи з уявлень про однорідність, ізотропність, *стаціонарність* Всесвіту. Виявилось, що *стаціонарний світ* може існувати лише в припущенні про наявність гіпотетичних сил відштовхування мас. Близьку до дійсності модель створив О. О. Фрідман (1888—1925), припустивши *нестационарність* Всесвіту, що незабаром блискуче підтвердилось відкриттям *космологічного розширення*. Якщо з рівнянь випливає нескінченне розширення Всесвіту, то це є відкриття К. м., якщо розширення має змінитися в майбутньому стисканням, то К. м. називають *замкненою* або *закритою*. У першій К. м. кривизна простору від'ємна, в другій — додатна. Розв'язуючи рівняння Ейнштейна *загальної теорії відносності* для Всесвіту, знаходять кривизну простору, її зміну з часом, вік Всесвіту та ін. К. м. можна побудувати і за інших припущень, у т. ч. й на основі, відмінній від загальної теорії відносності.

**Космологічне зміщення** — зміщення частоти  $\nu$  електромагнітного випромінювання далеких джерел, пов'язане з *розширенням Всесвіту*. Зв'язок  $K. з.$  з відстанню до джерела випромінювання визначається геометрією Всесвіту, характером *космологічної моделі*.  $K. з.$  характеризується величиною  $z =$

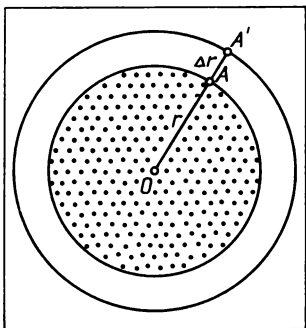
$$= \frac{\nu_0 - \nu}{\nu}, \text{ де } \nu_0 \text{ — початкова частота випромінювання, } \nu \text{ —}$$

спостережена,  $z$  набуває значень від 0 і більше (для деяких далеких *квazarів* до 4). Для малих  $z$   $K. з.$  лінійно залежить від відстані  $r$  (у Мпк):  $z = H \frac{r}{c}$ , де  $H$  — *стала Хаббла*, яка дорівнює 50...100 км/(с • Мпк). Для більших  $z$  залежність складніша (див. *Доплерівське зміщення*).

**Космологічне розширення** — взаємне віддалення далеких космічних об'єктів (*галактик, квazarів*), пов'язане із загальним *розширенням Всесвіту* (див. *Гаряча модель Всесвіту*). Теоретично розглядається в нестационарних *космологічних моделях Всесвіту*, проявляється у вигляді *червоного зміщення* ліній у спектрах далеких світил, яке описується *законом Хаббла*. Залежно від середньої густини  $\rho$  речовини у Всесвіті,  $K. р.$  може тривати необмежено довго або змінитися в майбутньому стикуванням. Сучасні визначення густини показують, що вона менша від критичної ( $\rho_c \approx 10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>). У визначенні співвідношення між  $\rho$  і  $\rho_c$  вирішальною є правильна оцінка мас і випромінювання у Всесвіті, які важко піддаються реєстрації (нейтрини, галактичне *гало*, міжгалактична речовина тощо).  $K. р.$  характерне для Всесвіту в цілому і не стосується гравітаційно зв'язаних систем невеликих масштабів: Сонячної системи, галактик, скупчень галактик. Складові цих утворень не розлітаються одна від одної, тоді як сусідні *надскупчення* вже підлягають дії  $K. р.$

**Космологічний принцип** — принцип, який полягає в постулюванні однакової властивостей Всесвіту для спостерігача, що перебуває в будь-якій точці Всесвіту. Ця однаковість, безперечно, проявляється в середньому, починаючи з масштабів, наприклад, у 100 пк.  $K. п.$  еквівалентний припущенням про *ізотропію Всесвіту* і *однорідність Всесвіту*.

**Космологічний член** ( $\Lambda$ -член) — введений А. Ейнштейном у рівняння гравітаційного поля для забезпечення стаціонарності (незмінності з часом) розв'язків рівнянь. Математичний параметр  $\Lambda$  входить до рівнянь Ейнштейна як стала інтегрування. Фізичний зміст  $K. ч.$  рівнозначний існуванню в природі



Мал. 18. До статті *Космологія*

тяжіння, теорії електромагнітного поля та інших взаємодій, а також дані спостережної астрономії, особливо позагалактичної. Характерною особливістю К. є поширення наших знань про обмежену частину Всесвіту (*Мегагалактику*) на весь *Всесвіт* у цілому. Дорелативістська К. пов'язана з існуванням гравітаційного та фотометричного парадоксів (див. *Парадокси в астрономії*), які вона неспроможна була розв'язати. У релативістській К., яка ґрунтується на *загальній теорії відносності*, ці парадокси не виникають. Основні параметри Всесвіту (час розширення, зміна густини речовини і випромінювання з часом, доля Всесвіту в майбутньому та ін.) визначають, розв'язуючи рівняння гравітаційного поля Ейнштейна за тих чи інших припущень про стаціонарність, однорідність, ізотропність (див. *Космологічний принцип*). Деякі характерні особливості Всесвіту можна визначити, базуючись лише на класичній механіці. Розглянемо однорідний ізотропний Всесвіт скінченних розмірів, заповнений речовиною з густиною  $\rho$ . Внаслідок взаємного гравітаційного притягання між масами окремих частин такого Всесвіту він перебувати у спокої не може — він стискатиметься гравітаційними силами до центра. Можливі варіанти: стискання, розбігання, тимчасова рівновага, після якої настане стискання. Якщо кінетична енергія рухів і потен-

гіпотетичних сил відштовхування ( $\Lambda < 0$ ) або притягання ( $\Lambda > 0$ ), пропорційних відстані між взаємодіючими масами. У нестационарних *космологічних моделях*, які підтверджуються астрономічними даними про *космологічне розширення*, потреба в К. ч. відпадає. Останніми роками в зв'язку з розглядом початкових стадій розвитку Всесвіту зацікавленість К. ч. відродилася. (Див. ще *Космологія*).

**Космологія** (*космос* і грец. *lógos* — слово, вчення) — фізичне вчення про Всесвіт як ціле, що базується на вивченні найзагальніших його властивостей. Основою К. є теорія

ціальної гравітаційної взаємодії додатна, то Всесвіт нескінченно розширюватиметься. Якщо  $E < 0$ , то фаза розширення колись неминуче зміниться на фазу стискання. При  $E > 0$  доля Всесвіту — нескінченне розширення із зменшенням швидкості з часом до 0. Для одиничної маси в точці  $A$  (мал. 18), що перебуває на поверхні сфери радіуса  $r$ , рівномірно заповненої речовиною з густиною  $\rho$ , кінетична енергія розширення дорівнює  $v^2/2$ , а потенціальна —  $G\mathcal{M}/r$ , де  $\mathcal{M}$  — маса речовини в сфері,  $v$  — швидкість розширення. У процесі розширення повна маса  $\mathcal{M} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$  — величина стала. Отже,

$$E = \frac{v^2}{2} - \frac{G\mathcal{M}}{r}. \quad (1)$$

Для такого Всесвіту справедливий закон Хаббла. Справді, точки  $A$  і  $O$  віддаляються одна від одної зі швидкістю  $\Delta r/\Delta t$ . Внаслідок *однорідності Всесвіту* одиниця довжини відстані  $AO$ , що дорівнює  $r$ , змінюватиметься однаково в усіх точках радіуса на величину  $\frac{1}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t}$ , яку внаслідок її однаковості в усіх точках Всесвіту на даний момент позначимо величиною  $H(t)$ . Таким чином,

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = r \frac{1}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t} = rH(t), \quad (2)$$

а це і є законом Хаббла. Отже, радіус  $r$  через якийсь невеликий інтервал часу  $t$  зміниться на величину  $Hrt$  і дорівнюватиме:

$$r(t) = r(1 + H(t)t) = rR(t), \quad (3)$$

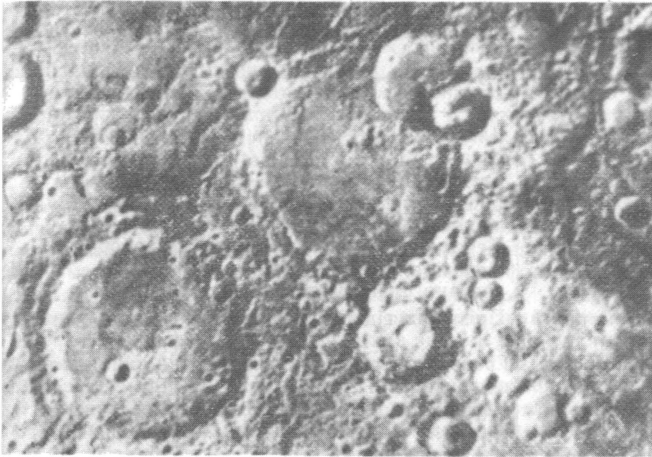
де  $R(t)$  — функція, яка залежить лише від часу і називається *масштабним фактором*. Якщо в (1) підставити вираз для маси речовин в сфері та вирази (2) і (3), а  $E$  замінити на  $-kr^2/2$ , то дістанемо:

$$\frac{3k}{8\pi GR^2} = \rho - \frac{3H^2}{8\pi G}.$$

Знак величини  $k$  збігається зі знаком  $E$ . Другий член праворуч має розмірність густини і називається критичною густиною  $\rho_c$ . Якщо  $\rho = \rho_c$ , то  $k = 0$ . Ця межа відокремлює Всесвіт, який нескінченно розширюється ( $k < 0$ ), від пульсуючого Всесвіту ( $k > 0$ ). Якщо в попередній вираз підставити значення *сталогої Хаббла*, яке дорівнює  $75 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ , то дістанемо  $\rho_c = 10^{-29} \text{ г}/\text{см}^3$ . Визначення густини матерії в реальному світі, яке базується на обчисленні мас галактик, дає величину, близьку до  $10^{-30} \text{ г}/\text{см}^3$ . Це означало б, що Всесвіт нескінченно розширюватиметься. Проте є підстави вважати оцінку  $\rho$  заниженою з огляду на існування *прихованих мас* у вигляді *гало* слабких зір навколо галактик, у вигляді нейтринного фону тощо. Врахування цих обставин може наблизити  $\rho$  до  $\rho_c$ , що неминуче спонукає зробити висновок, що наш Всесвіт пульсує.  $H^{-1}$  має розмірність часу і при  $E = 0$  є часом, що минув від моменту початку розширення, отже, є віком Всесвіту. Для наведеного вище значення  $H$  вік Всесвіту дорівнює 13 млрд. р. Розв'язування рівнянь поля Ейнштейна ненабагато змінює такі оцінки. При  $k < 0$  матимемо Всесвіт з додатною кривизною простору-часу, при  $k > 0$  — з від'ємною, при  $k = 0$  матимемо евклідів простір. (Див. *Великий Вибух*).

**Космонавтика** (*космос* і грец. *nautikē* — мистецтво мореплавства) — польоти людини в космічний простір.

**Космонімія** (*космос* і грец. *ὄνομα* — ім'я) — наука про власні назви астрономічних об'єктів та їх деталей, є частиною ономастики — галузі мовознавства, що займається власними назвами. Інший термін — а с т р о н і м і я. Нижче подано походження назв деяких класів об'єктів. На поверхнях планет і супутників розрізняють назви деталей *альbedo* (які видно в наземні телескопи) і деталей рельєфу (вивчених за допомогою космічних апаратів з близької відстані). Між цими двома системами назв часто немає відповідності. Знамениті «канали» на Марсі (деталі альbedo) на докладних картах часто не мають відповідників або відповідність дуже приблизна. Всього на Меркурії помічено 30 деталей альbedo, на Марсі — близько 600. Деталей рельєфу незрівнянно більше. За давніх-давен для зручності орієнтування люди почали розрізняти на небі характерні групи зір, що стало основою для поділу неба на *сузір'я*. Велика частина зір дістала назви, що дійшли до нас в основному з арабських, латинських, грецьких та інших джерел. Як правило, звичні нам назви зір — це спотворені середньовічними європейськими астрономами арабські слова та



Мал. 19. Кратер Шевченко діаметром 130 км на Меркурії (у центрі). Фотознімок зроблено з космічного апарата «Марінер-10»

словосполучення, якими астрономи описували розміщення тієї чи іншої зорі в певному сузір'ї. Так Денéb у сузір'ї Лебедя перекладається як «хвіст» (Лебедя), зоря Алькаїд (η Великої Ведмедиці, її інша назва Бенетна́ш) дістала свою назву від арабського «ал-каїд бенет наш», що означає «провідник плакальниць поховальної процесії». Назва Антарес (зоря α Скорпіона) походить від грец. *anti* (замість) і *Arés, Aréï* (Марс). Пов'язана ця назва з тим, що Марс часто плутали із зорею, яку пізніше було названо Антарес, що й позначилося на назві (буквально — «замість Марса»). У табл. подано орієнтовну кількість назв об'єктів і джерела, звідки вони походять. Багато к о с м о н і м і в пов'язано з Україною. Є малі планети Україна, Київ, Кобзар, Каменяр, Скворода, кратер Шевченко на Меркурії (мал. 19), кратери Фастів, Балта, Луцьк на Марсі тощо. Народні назви сузір'їв: Чумацький Шлях, Великий та Малий Вози чи Ковші, Криниця (Дельфін), Косарі (Оріон)



і багато інших. Астрономічні назви в наш час пропонують відкривачі, їх затверджує *Міжнародна астрономічна спілка* (МАС).

Об'єкти	Джерела назв	Приклади
Зорі	Здебільшого — арабські джерела	Ахернár, Алгóль
Сузір'я	Грецька міфологія	Ліра, Пегас
Планети	Грецька міфологія з римськими паралелями	Арес — Марс
Супутники	Персонажі грецьких міфів, пов'язані з героєм, ім'ям якого названо планету, та ін.	Фóбос
Комети	Прізвища відкривачів	комета Черніса
Астероїди	Грецька міфологія, побажання відкривача	Адоніс, Україна
Деталі альbedo планет	Грецька міфологія, пов'язане з героєм, ім'ям якого названо планету	Роздоріжжя Харóна на Марсі
Рельєф Меркурія	На честь видатних діячів світової культури	Кратер Шевченко
Рельєф Венери	В основному жіночі імена	Земля Іштáр
Рельєф супутників планет	Грецькі міфи, міфи й казки народів світу, персонажі «Енеїди», «Одіссеї», «Пісні про Роланда», легенд про короля Артура та ін.	Кратер Ярило на Гіперіоні, Стікні на Фобосі
Місяць	Людські відчуття, імена видатних учених, назви міст та ін.	Море Спокою, кратер Даламбер
Рельєф Марса	Імена видатних учених, грецькі міфи, міста й селища, назви Марса в народів світу	Кратер Фастів, Земля Ню́я

**Кóсмос** (грец. *kósmos* — світ, Всесвіт) — космічний простір з усіма його об'єктами; синонім *Всесвіту*.

**Космофізика** (космічна фізика) — галузь астрономії, яка вивчає фізичні процеси в космосі, головним чином, у космічній плазмі: *космічні промені, магнітосферу, міжзоряне середовище*

тощо. Вживається поряд з термінами *астрофізика*, *фізика космосу*.

**Космохімія** — наука про хімічний склад космічної речовини, її еволюцію, поширеність хімічних елементів. Дає важливий матеріал для вивчення походження небесних тіл, особливо для *космогонії* Сонячної системи, *космології*. К. використовує дані про спостереження хімічного складу *метеоритів*, *космічних променів*, планет, Сонця, зір тощо.

**Кратер** (грец. *crater* — чаша) — утворення на поверхнях планетних тіл, пов'язані в основному з падінням на них космічних тіл значної маси. Такі процеси особливо інтенсивно відбувалися на початкових стадіях розвитку Сонячної системи 4—5 млрд. років тому. К.— найбільш поширена форма рельєфу, характерна для тіл, які не мають атмосфери. Відсутність останньої сприяє збереженню К. протягом тривалого часу. Велика кількість К. є на Марсі, але в зв'язку з наявністю там атмосфери вони частково зруйновані. К. та їх залишки є на Венері, Землі (див. *Астроблема*). Процес утворення К. триває і тепер, але в значно меншому масштабі. Для великих К. характерним є центральне підвищення. Основна деталь — кільцевий вал навколо заглибини. Внаслідок падіння на поверхню метеоритного тіла з космічною швидкістю його речовина при раптовій зупинці набирає властивостей стисненого до об'єму тіла газу. Раптове розширення такого газу призводить до вибуху. Енергія вибуху, яка дорівнює кінетичній енергії космічного тіла, витрачається на утворення заглибини, випаровування і розплавлення тіла та поверхні мішені, переміщення й деформацію мас поверхні. Діаметр кратера визначається масою тіла, його швидкістю, прискоренням вільного падіння. Чим масивніша планета, тим менший за умови тієї самої швидкості падіння виникне кратер, оскільки викид менше розсіється. Під час падіння великих метеоритних тіл на поверхню Землі сила вибуху буває достатньою для того, щоб викинути продукти вибуху за межі земної атмосфери. З частини викинутої речовини, яка повертається назад, утворюються *тектити*. Тепер знайдено десятків *метеоритів* місячного походження. Вони були викинуті з поверхні нашого супутника під час таких катастроф. Кілька метеоритів, знайдених на антарктичних льодовиках, мають, можливо, марсіанське походження. Вивчення К. на небесних тілах дає додаткові дані про час їх утворення, інтенсивність *метеоритного бомбардування* в різні часи та в різних районах Сонячної системи. Деяка частина К. має

вулканічне походження. Розміри космічних К.— від кількох метрів до сотень кілометрів. Поряд з первинними вторинні кратери, утворені від падіння на поверхню продуктів викиду. Вони, навпаки, тим глибші, чим більша маса планети, а отже, і швидкість падіння уламків. (Див. *Астролема*).

**Кратерний ланцюжок** — сукупність кратерів, розміщених уздовж прямої або кривої лінії, інша назва — *к а т ё н а*. Характерні для Місяця, Меркурія, Марса. Можливо є вторинними *кратерами*.

**Крива блиску** — залежність блиску фізичної або затемнюваної *змінної зорі* від часу. К. б. останніх є джерелом даних про орбіту в подвійній системі, про розміри зір, температуру зовнішніх шарів, відхилення форми зір від сферичної, про процеси обміну масами в системі.

**Крива зростання** — графічна залежність площі, охопленої профілем спектральної лінії, від числа атомів, які поглинаються в атмосфері зорі. Порівняння теоретичних К. з. із знайденими з спостережень дає можливість робити конкретні висновки про концентрацію атомів, протяжність атмосфери.

**Кривизна паралелі** — відхилення справжнього руху світила в полі зору оптичного інструмента від прямої лінії при спостереженнях у меридіані. К. п. враховують під час точних астрометричних спостережень.

**Кривизна поля** — див. *Аберація оптичної системи*.

**Кривизна простору** — в *загальній теорії відносності* тяжіння можна трактувати як викривлення простору-часу. Кривизна такого простору описується тензорними величинами, складові яких зв'язані з характеристиками речовини, яка створює поле (маси, їх рухи). В околі Сонця викривлення простору-часу незначне. Відхилення суми кутів трикутника, якщо його розглядати в масштабі Сонячної системи, від  $180^\circ$  не перевищує  $2''$ .

**Кривотраєкторне випромінювання (згинне випромінювання)** — випромінювання, яке виникає під час руху заряджених частинок уздовж викривлених магнітних силових ліній. Відрізняється від синхротронного *випромінювання* тим, що радіус кривизни траєкторії частинки визначається геометрією магнітного поля і не залежить від енергії частинки. Тому потужність К. в. із збільшенням цієї енергії зростає швидше, ніж при синхротронному. К. в. є, очевидно, однією з основних складових випромінювання *квазарів, пульсарів*.

**Критерій Тиссерана** — засіб оцінки, на скільки змінюється орбіта *комети* внаслідок гравітаційної дії великої планети, до якої вона наближується. Небесномеханічний К. Т. дає можливість встановити, що попередня і змінена орбіти належать тій самій кометі. Критерій має вигляд:

$$K = \frac{1}{a} + \frac{2\mu}{k} \sqrt{a(1-e^2) \cos i},$$

де  $a$  — велика піввісь орбіти,  $i$  — нахил орбіти,  $e$  — її ексцентриситет,  $\mu$  — середній рух збурюючої планети (див. *Елементи орбіти*),  $k$  — стала тяжіння Гаусса. Якщо комета та сама, то К. Т. мало зміниться.

**Кульмінація** (лат. *culminis* — вершина) — проходження світила в добовому русі небесної сфери через *меридіан* північніше (нижній К.) чи південніше (верхній К.) від *полюса* світу.

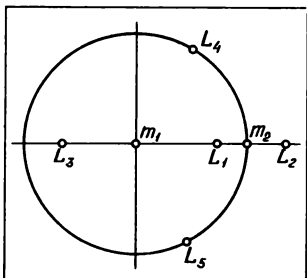
## Л

**Лазерний далекомір** — прилад для лазерної локації (визначення відстані) ШСЗ, Місяця, планет. Принцип роботи — визначення часу проходження сигналу від спостерігача до тіла, на якому встановлено відбивач, і назад. Для точної локації використовують кутникові *відбивачі* світла або радіохвиль, які спрямовують сигнал у зворотному до падаючого променя напрямі. Похибка лазерної локації ШСЗ і Місяця не перевищує кількох сантиметрів.

**Лацертйди** (від назви сузір'я — лат. *Lacerta* — Ящірка) — малочисленна група *галактик* (відомо близько 60 Л.) з активними ядрами, основною ознакою яких є змінність блиску на 4—5<sup>m</sup>. За багатьма ознаками подібні до *квазарів*, але вони значно ближчі.

**Лёда** (з грец. міфів: красуня, якою був зачарований Зевс — Юпітер) — XIII супутник *Юпітера* (див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Лжесонце** (парагелій, хибне Сонце) — світла кругла пляма на небі з одного або обох боків від Сонця, одна



Мал. 20. Лібраційні точки у задачі трьох тіл: двох великої маси  $m_1$  та  $m_2$  і тіла  $L$  малої маси.  $L_4$ ,  $L_5$  — трикутні лібраційні точки,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  — колінеарні

ронні трикутники. Якби в одну з точок  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  помістити тіло, надавши йому відповідної швидкості орбітального руху, то разом з  $m_1$  і  $m_2$  воно рухалося б так, що весь час перебувало б на одній з  $m_1$  і  $m_2$  прямій. Якщо тіло  $m_2$  здійснюватиме коловий рух відносно  $m_1$  (наприклад, Юпітер і Сонце), то  $L_4$  і  $L_5$  лежатимуть на орбіті тіла  $m_2$  на  $60^\circ$  спереду або позаду нього. Такими орбітами рухаються попереду Юпітера 10 астероїдів (Греки) і позаду — 5 (Троянці).

**Лібрація** (лат. *libratio* — коливання, погойдування) — явище погойдування деталей місячного диска з точки зору земного спостерігача. Є два види Л.: оптична і фізична. Перша є позірним ефектом, друга — справжнім погойдуванням, оскільки велика піввісь місячного еліпсоїда, яка весь час спрямована до Землі, коливається відносно середнього положення на  $2''$ . Більшим відхиленням протидіє гравітаційне притягання Землі. Оптична Л. за довготою пов'язана з тим, що орбіта Місяця еліптична, тому його рух нерівномірний, тоді як осьове обертання Місяця — рівномірне. Тому, наприклад, за чверть синодичного місяця до перигелію Місяць пройде шлях, більший за  $90^\circ$ , а навколо осі він обернеться лише на

з форм *гало*. Такі форми можна спостерігати поблизу Місяця (параселенахибний Місяць).

**Лібраційні точки** — точки, які розглядаються під час розв'язування задачі трьох тіл у випадку, коли маса третього тіла незначна порівняно з двома першими (мал. 20). Перебуваючи в Л. т., третє тіло матиме стійкий рух замкненою орбітою. Розрізняють еквідистантні  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  і трикутні, або тригональні,  $L_4$ ,  $L_5$  Л. т. Інша назва — точки Лагранжа. Відносне розміщення точок  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  визначається співвідношенням мас перших двох тіл; Л. т.  $L_4$ ,  $L_5$  разом з  $m_1$  і  $m_2$  утворюють рівносторонні

90°. Отже, земний спостерігач матиме можливість побачити західну частину поверхні Місяця, яку не видно в інші часи. Ця Л. досягає 7°54'. Далі, вісь обертання Місяця нахилена до площини його орбіти під кутом 83°20'. Тому під час руху Місяця в зв'язку з незмінністю положення осі його обертання в просторі із Землі добре видно район то північного, то південного *полюса*. Таку Л. (вона досягає 6°40') називають оптичною Л. за широтою. Оптична паралактична Л. (добра Л.) виникає внаслідок того, що з різних точок земної поверхні видно дещо різні ділянки Місяця. А оскільки Земля швидко обертається, несучи на собі спостерігача, то він сприйматиме цей ефект як Л. Така Л. досягає 1°. Внаслідок всіх видів Л. ми маємо можливість спостерігати до 60 % місячної поверхні.

**Лінія** — 1) Л. а п с и д сполучає *периастр* і *апоастр*. Л. *вузлів* — Л. перетину площини *орбіти* з основною площиною (наприклад, площиною *екліптики*). Л. *виска* збігається з напрямом сили тяжіння в даній точці. *Полуденна Л.* — перетин площини небесного *меридіана* і астрономічного *горизонту*. Л. *положення* (Л. *рівних висот*) — дотична, проведена на географічній карті до кола з центром у географічному *місці світила*. З точок цього кола світило буде видно на однаковій висоті над горизонтом. Точку дотику визначають із спостережень *азимута* світила. Л. *положення* використовують у навігаційних методах визначення координат корабля. Л. *сизигій* з'єднує точки *сполучень* і *протистоянь* Місяця з Сонцем. Л. *рівнодень* проходить через *точки рівнодень*. Л. *сонцестоянь* сполучає *точки сонцестоянь*. *Світова Л.* в теорії відносності є Л. в чотиривимірному просторі-часі. Реальні тіла рухаються вздовж *часоподібної світової Л.*, світло — вздовж *нульової Л.* (Див. ще *Лінія зміни дати*). 2) *Телурична Л.* — лінія (поглинання) у *спектрі* небесного тіла; виникнення якої зумовлене поглинанням випромінювання в земній *атмосфері*. *Авроральна Л.* — лінія випромінювання в спектрах *полярних сьйв*.

**Лінія зміни дати** — умовна лінія на поверхні земної кулі, що проходить приблизно вздовж меридіана 180°, і на якій за міжнародними домовленостями умовно починається нова доба. Перетинаючи Л. з д. з заходу на схід, дату зменшують на одиницю, у протилежному напрямі — збільшують на одиницю. Л. з д. проходить так, що ніде, крім Антарктиди, не проходить по суходолу.

**Літосфера** (грец. *lithos* — камінь і *сфера*) — земна кора, тверда оболонка Землі.

**Локальне надскупчення галактик (ЛНГ)** — велетенська система, до якої входять окремі галактики та їх скупчення, у т. ч. й *Локальне скупчення галактик* з нашою *Галактикою*. Форма — сплющений еліпсоїд товщиною 3—5 Мпк, діаметром близько 50 Мпк. Центр ЛНГ — велике скупчення галактик (кілька тисяч) у напрямі на сузір'я Діви. Галактика, до якої входить Сонце, міститься на периферії ЛНГ. ЛНГ утворює на небі «Молочний Шлях галактик», перпендикулярний до *Чумацького Шляху*. Координати полюса площини ЛНГ:  $\alpha = 294^\circ$ ,  $\delta = 10^\circ$ . Складається в основному зі спіральних галактик. Хаотичні швидкості членів ЛНГ — 50...100 км/с. Знайдено й інші надскупчення (Персея, Волосся Вероніки та ін.). Надскупчення є елементами *комірчастої структури Всесвіту*.

**Локальне скупчення галактик (ЛСГ, місцеве скупчення галактик)** — 3...4 десятки галактик в об'ємі з поперечником 2—3 Мпк. Це *Галактика з Магеллановими Хмарами, Туманність Андромеди М31* з супутниками. Решта — неправильні, сфероїдальні і карликові галактики. З них лише дві — *Галактика* і *М31* є великими спіральними системами. ЛСГ входить до *Локального надскупчення галактик*.

**Луня́ція** (лат. *Luna* — Місяць) — одна з одиниць вимірювання часу в астрономії, яка дорівнює періоду обертання Місяця навколо Землі; те саме, що й синодичний місяць.

**Люки Кірквуда** — образна назва явища, відкритого американським астрономом Д. Кірквудом (1814—1895), яке полягає в нерівномірності розподілу *астероїдів* за півосями їх орбіт. У поясі астероїдів спостерігаються «провали», де астероїдів немає або їх дуже мало. Причина явища в сумірності періодів обертання в люках з періодом орбітального руху Юпітера.



**Маа́р** — низький кратер.

**Магелланові Хмари** — дві найближчі до нас неправильні галактики, супутники нашої *Галактики*, члени *Локального скупчення галактик*. Видно неозброєним оком у південних широтах на кутових відстанях близько  $20^\circ$  від Південного по-

люса світу. Вперше Велику Магелланову Хмару (ВМХ) і Малу Магелланову Хмару (ММХ) спостерігали португальські мореплавці, які плавали навколо Африки у XV ст. Описав їх Пігафетта — астроном експедиції Магеллана (див. кольорову вклейку, мал. 28).

Назва	Розміри, кпк	Відстань, кпк	Зоряна величина, $m_v$	Маса, $M_{\odot}$
ВМХ	10	50	0,1	$10 \cdot 10^{10}$
ММХ	4	60	2,4	$9 \cdot 10^{10}$

**Магнітна буря** (геомагнітна буря) — явище сильної раптової зміни напруженості геомагнітного поля, що починається одночасно в усіх точках земної поверхні і найбільше проявляється у високих широтах. Пов'язане зі збуреннями земної *магнітосфери* потоками *сонячного вітру* від *активної області* на Сонці. М. б. супроводиться підсиленням *полярних сьйв*, порушенням радіозв'язку, що пов'язане з підвищенням ступеня іонізації верхніх шарів *атмосфери*. Коли струмів сонячного вітру досягає Землі, він стискає магнітосферу з денного боку, що й породжує ряд явищ, які називаються магнітною або геомагнітною бурєю. М. б. триває кілька днів і перебіг її характеризується спочатку підсиленням горизонтальної складової геомагнітного поля. Раптовий початок бурі ( $S_c$ ) триває хвилини, потім горизонтальна складова трохи зменшується, залишаючись все ще вищою від норми. Такий стан зберігається кілька годин (початкова фаза М. б.). Після цього магнітне поле протягом кількох годин різко зменшується (головна фаза). Головна фаза змінюється поступовим відновленням початкового значення геомагнітного поля (фаза відновлення). Фаза  $S_c$  відповідає моменту зустрічі фронту ударної хвилі сонячного вітру із земною магнітосферою, початкова фаза — зануренню магнітосфери в щільну плазму сонячного збуреного вітру, яка лежить за ударним фронтом. Під час головної фази магнітне поле кільцевого струму навколо Землі на висоті 3—5 радіусів Землі (сила струму досягає тисяч А) додається до геомагнітного і послаблює його. В останній фазі кільцевий струм зменшується, розпадається, магнітна стрілка заспокоюється, поле відновлюється до норми.



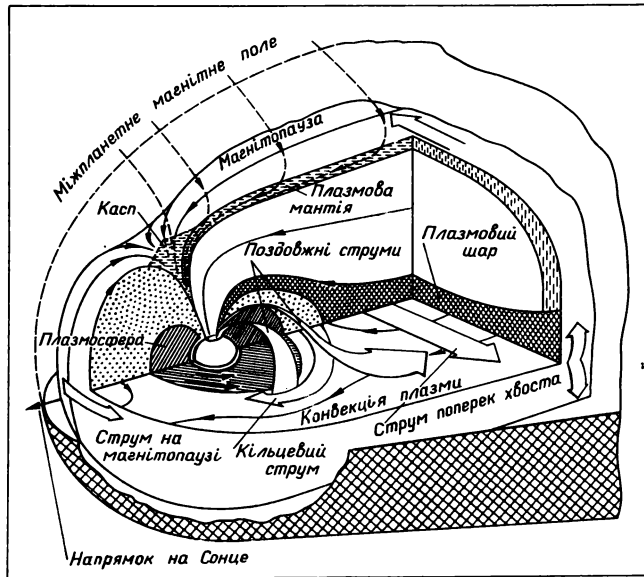
**Магнітна класифікація** (груп сонячних плям), інакше — Маунт-Вілсонівська класифікація (Маунт-Вілсон — гора, на якій розміщена астрономічна обсерваторія, США) — класифікація груп *сонячних плям* за структурою магнітного поля:  $\beta$  — біполярна група, коли є дві основні плями протилежної полярності,  $\alpha$  — уніполярна група (тут головна пляма одна) і  $\gamma$  — мультиполярна група, в якій є кілька значних за розмірами плям різної полярності. У цих трьох основних класів є підкласи, які докладніше відображають розмаїтість сонячних плям. Групи різних класів різняться складністю їх магнітного поля, рівнем спалахової активності. Таких груп небагато.

**Магнітне схилення** — див. *Елементи геомагнітного поля*.

**Магнітограф** (грец. *magnetis* від *Magnetis lithos* — камінь з м. Магнесії в Малій Азії) — прилад для вимірювання магнітного поля зір, Сонця. Принцип роботи полягає у вимірюванні розщеплення спектральних ліній, спричиненого магнітним полем. Роздвоєння спектральних ліній пропорційне напруженості магнітного поля вздовж складову зору (М. Б е б к о к а). Поперечну до променя зору складову поля можна визначити за допомогою М. Л і б, принцип роботи якого полягає у вимірюванні ступеня поляризації інтегрального світла, зумовленої поперечною складовою поля.

**Магнітопауза** (магніт і лат. *páusa* — зупинка) — межа *магнітосфери*, на якій тиск *сонячного вітру* зрівнюється з тиском геомагнітного поля.

**Магнітосфера** — частина простору навколо небесного тіла, в якій домінує його магнітне поле або поле, яке виникає навколо тіла в процесі взаємодії з навколишньою плазмою. М. Землі формується в процесі взаємодії *сонячного вітру* з геомагнітним полем (див. *Геомагнетизм*). Сонячний вітер обтікає Землю із швидкістю 300...500 км/с, деформує її магнітне поле, притискує силові лінії на відстань 10 земних радіусів від поверхні. Якби сонячний вітер складався з незаряджених частинок, цього б не було. Оскільки вітер несе заряджені частинки, через так звану «*вмороженість магнітного поля в плазму*» остання не може не взаємодіяти з геомагнітним полем, яке стає перешкодою на її шляху. Фронт ударної хвилі вітру перед магнітосферою вигинається дугою. Шар, по якому сонячний вітер обтікає перешкоду, заповнений гарячою стисненою плазмою, нагрітою до десятків млн. К. Поверхню обтікання називають *магнітопаузою* (мал. 21). Вона відокремлює власне магніто-



Мал. 21. Будова земної магнітосфери

сферу від поля сонячного вітру. Тут тиск набігаючого вітру з кінетичною енергією кожної частинки масою  $m$  і швидкістю  $v$  зрівноважується тиском геомагнітного поля:  $\frac{mv^2}{2} = \frac{B^2}{8\pi \cdot 10^{-7}}$ .

У протилежному напрямі  $M$ . сягає далеко за орбіту Місяця на відстань  $10^3$  земних радіусів, це — хвіст магнітосфери. Туди витягуються знесені вітром силкові лінії геомагнітного поля. У точках з денного боку Землі, де знесені і незнесені сонячним вітром силкові лінії відокремлюються, в геомагнітному полі утворюються вікна, які назвали полярними каспами. Тут особливо сприятливі умови для проникання частинок сонячного вітру всередину  $M$ ., адже заряджені ча-

стинки в районі каспів можуть рухатися до нижчих шарів атмосфери вздовж силових ліній поля, не зустрічаючи опору. Обминаючи М., частинки різних зарядів під дією сили Лоренца відокремлюються. Геомагнітне поле з індукцією  $\vec{B}$  має напрям від південного до північного полюса. При швидкості вітру  $v$  на частинку з зарядом  $e$  діє сила  $e[\vec{v} \times \vec{B}]$ , яка відхиляє частину електронів на схід, а протонів — на захід. Це відокремлення зарядів, по суті, є електричним струмом, що проходить на лобовій поверхні М. із заходу на схід. А між бічними поверхнями М. виникає електричне поле, рухаючись в якому плазма вітру може «просочуватися» у внутрішні шари хвоста М. Всередині хвоста формується п л а з м о в и й ш а р, в якому вище від його середньої лінії силові лінії геомагнітного поля спрямовані до Землі, а нижче — від неї. Тут у тоненькій області силові лінії змінюють свій напрям на протилежний. Це — н е й т р а л ь н и й ш а р, уздовж якого створюються сприятливі умови для виділення енергії магнітного поля, яка витрачається на нагрівання плазми, її прискорення в напрямі Землі. У внутрішніх шарах частина силових ліній не розірвана і вони формують дипольну структуру геомагнітного поля. Тут утворюється зона низькоенергійних частинок — п л а з м о с ф е р а. Її зовнішньою межею є п л а з м о п а у з а. Плазмовий шар є в хвості і в дипольних зонах М. над плазмосферою. Коли від Сонця приходить ударна хвиля, яка виникла внаслідок сонячного спалаху, тиск її перевищує тиск спокійного вітру. Магнітні силові лінії Землі ще більше притискаються до поверхні, геомагнітне поле тут помітно зростає, починається *магнітна буря*. У хвості магнітосфери створюються умови для прискорення частинок, які, потрапляючи вздовж силових ліній у приполярні шари атмосфери, спричинюють *полярні сяйва*. А ще до того короткохвильове випромінювання від сонячного спалаху, іонізуючи верхні шари атмосфери, призводить до аномалій і порушень радіозв'язу. У М. виникають сильні електричні поля до 50 тис. В, проходять потужні електричні струми в сотні тис. А. Магнітні поля струмів, додаючись до геомагнітного поля, можуть істотно зменшити його; ці ефекти рееструють магнітометри геомагнітних обсерваторій. Через кілька днів після серії субуров поступово відновлюється звичайний стан М. 2) М. Сонця сягає 100 а. о., де «віє» сонячний вітер з його магнітними полями. Межа сонячної М. лежить там, де енергія сонячного вітру зрівнюється з енергією міжзоряних магнітних полів. 3) Через відсутність

власного магнітного поля Місяця і низької електропровідності його поверхні в нього практично немає  $M$ ., хоч електромагнітна взаємодія сонячного вітру з цим супутником Землі й призводить до деяких ефектів намагнічування, виникнення електричних струмів на його поверхні. 4) У Меркурія власне магнітне поле приблизно в 100 раз слабкіше від земного. Тому  $M$ . слабо розвинена, магнітопауза лежить на відстані половини радіуса планети від поверхні. 5) Венера також не має власного магнітного поля і сонячний вітер безпосередньо взаємодіє з її *іоносферою*. Щодо цього планета унікальна. Внаслідок високої провідності іоносфери в ній виникають наведені струми, а отже, й магнітні поля. Останні формують на Венері  $M$ ., яка однак, безсила спинити сонячний вітер на підступах до іоносфери. 6) Слабке магнітне поле Марса формує  $M$ . на відстані 0,4 його радіуса від поверхні. 7)  $M$ . є в Сатурна, особливо потужна — в Юпітера. Уран з його аномальним магнітним полем (нахил магнітної осі до осі обертання становить  $55^\circ$ ) також має потужну  $M$ .

**Максимум** — елементарна *чорна діра*, гіпотетичне утворення планківської маси  $m_{Pl} = \sqrt{\frac{hc}{G}} \approx 10^{-8}$  кг розмірами  $10^{-35}$  м.

**Малі планети (астероїди)** — велика кількість тіл, які рухаються між орбітами Марса та Юпітера. У наш час відкрито близько 3 тис.  $M$ . п., а всього їх там може бути до сотні тисяч. Середні відстані  $M$ . п. до Сонця становлять 2,2...3,6 а. о., ексцентриситети орбіт для 97 %  $M$ . п. менші від 0,3, нахил орбіт  $i < 16^\circ$  для 90 %  $M$ . п. До  $M$ . п. відносять Троянців і Греків (див. *Лібраційні точки*). Загальна маса всіх  $M$ . п. становить мабуть 0,001  $M_\oplus$ . Найбільша з  $M$ . п. Церера має діаметр близько 1 тис. км, Паллада — 0,6 тис. км, Веста — 0,5 тис. км. Через велику кількість  $M$ . п. в кільці астероїдів ймовірно відносно часто зіткнення їх та їхніх уламків між собою. Це призводить до руйнування, утворення менших тіл. Чим менша маса  $M$ . п., тим більше її форма може відрізнитися від сферичної. Малі астероїди є уламками, брилами твердого матеріалу, що обертаються в космічному просторі навколо Сонця. Їх поверхні, мабуть (космічні апарати поки що до них не наближались), вкриті шрамами від зіткнень і повинні нагадувати відомі знімки Фобоса і Деймоса. Останні, мабуть, були колись  $M$ . п., а пізніше, потрапивши в сферу впливу Марса, були захоплені ним і стали його супутниками. У деяких  $M$ . п. в останні роки від-

крито супутники і це породжує ряд проблем щодо їх походження та стабільного існування. Адже внаслідок слабкості гравітаційного поля М. п. збурення від Сонця і Юпітера можуть швидко призвести до втрати супутника. Першу М. п. відкрив 1 січня 1801 р. італійський астроном Дж. Піацці (1746—1826). Це була Церера. Всі М. п. слабкіші за 6<sup>m</sup>; їх видно лише в телескоп. Серед М. п. є планети з назвами Україна, Київ, Кобзар, Каменяр, Скворода та ін. Велику кількість М. п. відкрили співробітники Кримської астрофізичної обсерваторії. Деякі М. п. можуть заходити всередину орбіти Меркурія, а тим більше проходити недалеко від Землі. Тому в принципі можливі зіткнення їх із Землею, і такі зіткнення безперечно бувають (див. *Астроблеми*). Походження М. п. вчені пов'язують з особливостями *космогонії* Сонячної системи. Вони сформувалися на межі між планетами земного типу, що містять в основному важкі елементи, і планетами-гігантами, що складаються головним чином з легких елементів. Такий розподіл пов'язаний з температурними умовами в зонах формування планет цих двох груп. Певним чином М. п. стоять ближче до планет земного типу — в їх складі багато важких елементів. Густина їх невелика і зменшується до зовнішньої межі *кільця астероїдів*. Очевидно, тут велика планета не змогла утворитися внаслідок припливних явищ від близького Юпітера. Однак не виключено, що така планета певний час існувала, доки не була розірвана припливними силами. Останнім часом М. п. прийнято ділити на ряд сімей, об'єднаних схожістю орбіт, відбивними властивостями поверхонь, а можливо, і спільністю походження.

**Марс** (грец. Арес, лат. Марс — бог війни в грецькій міфології) — див. *Планети Сонячної системи* і додаток 2.

**Марсіанські канали** — темні розмиті рівні смужки на поверхні Марса, які іноді видно під час спостережень у наземні телескопи за особливо сприятливих атмосферних умов. Вперше в 1877 р. на них звернув увагу італійський астроном Д. В. Скіапареллі (1835—1910). М. к. нанесено на карти деталей *альbedo* (див. *Астрономія*); дістали назви з грецької міфології та античної географії. Дослідження поверхні з космічних апаратів показали, що М. к. частково відповідають велетенським каньйонам і деяким іншим деталям рельєфу, а частково не знайшли своїх відповідників на докладних картах планети.

**Маса** (лат. *massa* — шматок, брила) — 1) Одна з основних характеристик речовини, яка визначає її інерційні (інертна М.) та гравітаційні (важка, гравітаційна М.) вла-

стивості. У загальній теорії відносності ці  $M$ . постулюються еквівалентними (див. *Принцип еквівалентності*). Перевірка еквівалентності, розпочата ще І. Ньютоном, ведеться й тепер. Еквівалентність цих мас доведено з високою точністю (відносна помилка на рівні  $10^{-12}$ ). 2)  $M$ . спокою  $m_0$  — це маса тіла в системі відліку, в якій тіло перебуває в спокої. Маса  $m$  тіла,

яке рухається з швидкістю  $v$ , дорівнює  $m = m_0 \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$ .

3) *Прихована маса* — невидима  $M$ . в галактиках та їх скупченнях, яку визначають з досліджень динаміки скупчень. Визначення швидкостей галактик у скупченнях показують, що сумарна кінетична енергія рухів перевищує потенціальну енергію гравітаційного поля скупчення (сума кінетичної і потенціальної енергій додатна). У цьому разі скупчення мали б розпастися за порівняно короткий час. Але оскільки вони існують, то доводиться зробити висновок, що маса скупчення галактик у цілому більша, ніж її оцінюють, за рахунок існування прихованих мас, відносно природи яких є багато гіпотез (слабкі зорі з гало галактик, міжгалактична матерія, нейтринне гало навколо галактик і скупчень, невідомі ще нам форми матерії тощо). 4) *Віріальна  $M$ .* —  $M$ . скупчення галактик, визначена на основі *теорему про віріал* у припущенні про стаціонарність скупчення. Включає й приховну масу. 5) *Джинсівська  $M$ .* —  $M$ . речовини, для якої сили внутрішнього тиску (які прагнуть розсіяти згусток у просторі) і сили гравітаційного притягання до центра (які сприяють концентруванню речовини) зрівнюються між собою. Має велике значення при вивченні початкових стадій розвитку зір та формування неоднорідностей у Всесвіті, які призвели до утворення спостережуваної *великомасштабної структури Всесвіту*.

**Маскón** [від мас (а) і кон(центрація)] — район підвищеної густини речовини під поверхневими шарами Місяця, Меркурія. Походження  $M$ . пов'язують з *метеоритним бомбардуванням* у часи формування цих тіл. Руйнування кори при падінні метеоритів призводило до утворення великих *кратерів*, які заповнювалися важкою базальтовою лавою.

**Масштабний фактор** — безрозмірна величина  $R(t)$ , за допомогою якої в сучасній релятивістській *космології* описують зміну з часом відстані між будь-якими двома галактиками. Знаходження залежності  $M$ . ф. від часу  $t$  — одне із завдань побудови *космологічної моделі*.

**Маундерівський мінімум** — період від 1650 до 1725 рр., коли активність Сонця була аномально низькою. Походження М. м. вчені пояснюють накладанням мінімумів кількох довгоперіодичних циклів *сонячної активності*, які припали на цю епоху. За сучасними уявленнями, крім 11-річного, існує ряд інших, триваліших циклів, сума яких власне й становить сонячну активність.

**Межа Роша** [Е. Рош (1820—1883) — французький астроном і математик] — сферична поверхня навколо небесного тіла (планети), зовні якої його невеликий рідкий супутник може існувати, а всередині — буде розірваний припливними силами (див. *Припливні явища*) цього тіла. На М. Р. різниця між силою, з якою притягується до планети найближча і найдалша точки супутника, перевищує силу притягання цих точок до центра супутника. Радіус сфери Роша, який залежить від маси планети та діаметрів планети і супутника, дорівнює приблизно 2,5 її радіуса.

**Мезопауза** (лат. *mésos* — середина, *páusa* — зупинка) — зовнішня межа *мезосфери* (див. *Атмосфера*) на висоті 80—90 км для Землі. Відокремлює нижні шари, де температура зменшується зі збільшенням висоти, від верхніх (*термосфери*), в яких температура зростає. У М. формуються сріблясті хмари.

**Мезосфера** (лат. *mésos* — середина і *сфера*) — шар атмосфери від висот 50—60 км (стратосфера, мезопік) до 80—90 км (*мезоспауза*). Густина у М. становить приблизно  $10^{14}$  частинок/см<sup>3</sup>. Температура зменшується від 250...320 до 150...250 К.

**Мерехтіння світил** — швидкі зміни блиску та кольору зір, які зумовлені заломленням променів у рухомих неоднорідностях густини атмосфери. З нерівномірностями густини пов'язані варіації коефіцієнта заломлення світла. Цей коефіцієнт має різне значення для променів різного кольору, тому вони досягають ока спостерігача або об'єктива телескопа неодноразово, поширюючись різними шляхами в атмосфері. Через це в один момент може прийти більше світла одного кольору, в другий — іншого. Для планет, які мають помітні кутові розміри, усереднення веде до зменшення ефекту М. с. Частота та інтенсивність М. с. залежать від атмосферних умов і діаметра об'єктива (для більших діаметрів М. с. зменшується). Оскільки умови поширення радіохвиль визначаються густиною і ступенем іонізації плазми, спостерігається міжпланетне мерехтіння космічних радіоджерел на неоднорідностях *сонячного вітру*, що

дає можливість оцінювати параметри вітру на далеких від Землі відстанях.

**Меридіан** (лат. *meridianus* — полуденний) — 1) Небесний М.— лінія перетину з *небесною сферою* площини, що проходить через *вертикаль* і *вісь* світу. 2) Геодезичний М.— лінія перетину поверхні земного сфероїда з площиною, яка проходить через вісь його обертання. 3) Основний (нульовий, початковий) М.— початок відліку довгот. 4) Планетографічний, селенографічний, геліографічний М.— стосується планет, Місяця, Сонця. 5) Місцевий М.— велике коло, яке проходить через *полюси* світу і *зеніт* спостерігача. 6) Грінвіцький М.— географічний М., що проходить через стару Грінвіцьку обсерваторію. Є початковим М. для відліку географічних і геодезичних *довгот*. 7) Геомagnetний М.— лінія перетину поверхні Землі з площиною, що проходить через вісь земного магнітного диполя. 8) Нульовий (початковий) М. Керрінгтона — геліографічний М., від якого відлічують довготи на Сонці. Довгота центра диска Сонця, відлічена від цього М. для  $0^h$  *всесвітнього часу*, подається в астрономічних *щорічниках*. 9) Центральний М.— геліографічний М., що проходить через лінію Сонце — Земля. 10) Ефемеридний М. займає в просторі положення, яке займав би грінвіцький М., коли б Земля оберталася рівномірно. Тепер він проходить далі на схід на відстані  $1,002738 \cdot \Delta T$ , де  $\Delta T$  — поправка на ефемеридний час.

**Меридіанне коло** — точний *астрометричний інструмент* для визначення *прямих піднесень* та *схилень* небесних світил (днів. кольорову вклеюку, мал. 30). Горизонтальна вісь М. к. орієнтована вздовж лінії схід — захід, тому труба інструмента може зміщуватися лише в площині *меридіана*. З цієї причини світило можна спостерігати лише один чи два рази за добу (у верхній або нижній *кульмінаціях*). М. к. разом з точним годинником дає можливість за моментом проходження світила через площину меридіана визначити його пряме піднесення. Точність визначення залежить від якості М. к., точності годинника і досвіду спостерігача. На сучасних інструментах вона досягає  $0,01^s$ . Другу координату, схилення  $\delta$ , визначають за кутом нахилу труби інструмента до горизонту. Кут відлічують за точно виготовленим лімбаом, ціна поділки якого становить кілька мінут дуги. Похибка визначення  $\delta \pm 0,3''$ . Інструмент встановлюють на надійному фундаменті, щоб орієнтація осі інструмента якомога менше зазнавала впливу оточення. На відстані кількох



десятьків або сотень метрів на північ і на південь від М. к. часто встановлюють меридіанні *міри* для точного контролю за положенням оптичної осі М. к. З М. к. здійснюють як відносні, так і абсолютні спостереження. М. к.— інструмент, за допомогою якого проведено важливі спостереження, що лягли в основу при створенні сучасної найточнішої системи астрономічних координат на небі. М. к. можна спостерігати зорі до 9—10<sup>m</sup>. Об'єкти цих інструментів невеликі (до 20 см), фокусні відстані — до 3 м. Тепер на основі використання досягнень сучасної світлотехніки, точної механіки та електроніки створено нові системи М. к. Всього в світі продуктивно працює близько 20 інструментів цього типу.

**Меркурій** (грец. Гермес, лат. Меркурій — покровитель торгівлі, мореплавства, відкривачів нових земель в античних греків) — найближча до Сонця планета. Греки, спостерігаючи планету ввечері і вранці, вважали, що це різні світила. Вони називали їх відповідно Гермес і Аполлон. У германців і скандинавів — це Воден, у стародавніх єгиптян — Сет і Гóрус. (Див. *Планети Сонячної системи* і додаток 2).

**Містінг-А** — чіткий, круглий, невеликий кратер на Місяці, зручний для астрометричних спостережень з метою вивчення особливостей руху Місяця.

**Метагалактика** (грец. *metá* — між, після, через і *галактика*) — доступна для астрономічних спостережень частина Всесвіту.

**Метеори** (грец. *metéora* — атмосферні і небесні явища) — явище короткочасного спалаху, яке виникає при влітанні в атмосферу твердих метеорних частинок, що рухаються в міжпланетному просторі навколо Сонця і є продуктами розпаду *комет*, подрібнення астероїдних тіл внаслідок їх зіткнення. Комети розпадаються завдяки випаровуванню з них летких речовин під час неодноразових зближень із Сонцем. Решта комети, яка може містити тверді частинки, внаслідок планетних збурень розширюється і розповзається вздовж орбіти колишньої (батьківської) комети. Зустрічаючись із Землею, такі частинки утворюють так звані *метеорні потоки*. Дрібні частинки розмірами до 0,001 мм вимітаються з Сонячної системи тиском сонячного випромінювання, а більші, але ще не досить великі, внаслідок дії *Пойнтінга — Робертсона ефекту* з часом випадають на Сонце. Метеорні частинки, потрапляючи в атмосферу, згоряють на висотах близько 100 км у так званій *метеорній зоні*. Цей процес супроводиться іонізацією частинок повітря, розплавленням,

розбризуванням і випаровуванням метеорної частинки. Метеорні частинки дуже пористі, їх густина мала, часто менша від густини води; бувають маленькі (частки мм) і великі. Метеорні тіла значних розмірів можуть пройти атмосферу, утворюючи явище *болида* і випадаючи на поверхню Землі у вигляді *метеорита* або спричинити вибух під час зіткнення з цією поверхнею. Частинка розміром 0,3 мм при швидкому влітанні в атмосферу викликає метеорне явище з блиском  $5^m$ . З переходом до метеорів, слабкіших на  $1^m$ , їх число збільшується в 2,5 раза. Швидкість влітання в атмосферу залежно від умов зближення з Землею змінюється від 11 до 73 км/с. М. спостерігаються як уночі, так і вдень (денний М.), причому спостереження вдень проводять засобами радіолокаційної техніки (радіолокаційний М.), які не належать до метеорного потоку, називають спорадичними. *Орбіти* метеорних тіл визначають на основі фотографічних *базисних спостережень* (фотографічний М.) або радіолокаційних. Радіолокаційними засобами зареєстровано й гіперболічні М., що (коли це не помилки спостережень) свідчить про їх міжзоряне походження. Частинки метеорного потоку входять в атмосферу з одного напрямку, тому здається, що вони влітають з однієї й тієї самої точки на небі (з *радіанта* певного потоку). Інтенсивність потоку, а його можна спостерігати завжди, коли Земля перетинає орбіту потоку, нерівномірна, оскільки частинки можуть бути розміщені уздовж орбіти дуже нерівномірно. Ця нерівномірність тим більша, чим молодший потік. Коли перетин з орбітою Землі припадає на згущення, в момент переходу Землі через цю точку своєї орбіти спостерігається явище метеорного або *зоряного дощу*. Іноді частинка влітає в атмосферу з напрямку вздовж лінії зору, тоді замість світної смужки — сліду М. — ми бачимо світну точку (стаціонарний М.). Загальна маса, яку приносять як краві (яскравіші від  $5^m$ ) і телескопічні (невидимі неозброєним оком) М., становить  $10^3 \dots 10^5$  т за рік.

**Метеоріти** (грец. *meteorismós* — підняття вгору) — кам'яні або залізні тіла, які падають на поверхню Землі з міжпланетного простору. Падіння М. супроводиться явищем *болида* зі звуковими та світловими ефектами, а також явищами руйнувань при зустрічі з поверхнею (див. *Астроблеми*). Слід від проходження тіла в атмосфері часто зберігається на небі протягом кількох годин і під дією вітру, за умови освітлення вже невидимим для спостерігача Сонцем, може набирати незвичних

форм і забарвлення. Знаходять лише незначну частину М., особливо кам'яних. На поверхні Землі шансів для тривалого їх зберігання мало. Щодо цього, «рекордсменами» є метеорити, законсервовані в антарктичному льодовику. Вік М., знайденого в пласті кам'яного вугілля, 0,3 млрд. р.— стільки часу він там пролежав. Знайдено 23 т уламків Сіхоте-Алінського М. (третину його повної маси), що впав у 1947 р. Найбільший М. Гоба було знайдено в Південно-Західній Африці, його маса близько 60 т. Внаслідок високої швидкості М., зустрічаючи опір повітря, нагрівається до кількох тисяч градусів, поверхневий шар його при цьому розплавляється і здувається повітрям. Це відбувається так швидко, що М., впавши на поверхню Землі, може залишитися всередині холодним і вкритися шаром інею, оскільки всю товщу атмосфери він пролітає за кілька секунд. У цей час на поверхні М. утворюється кірка і характерні вм'ятини (регмаглипти), що є слідами взаємодії з повітряним струменем в умовах високої температури. М. складаються з тих самих хімічних елементів (крім легких), які є на Землі. Отже, вони утворилися в Сонячній системі. Основні елементи: Fe, Ni, Si, C, Al, Mg, S, Ca, O. Розрізняють М. з ал і з ні (основна складова — залізо) і кам'яні (основа — силікати). Проміжний клас — залізкам'яні М. Характерним для кам'яних М. є наявність кулястих включень — хондр. Це хондрити. У близько 7 % М. хондри не виявлено. Це ахондрити. Походження хондр ще не з'ясовано. Очевидно, М. є уламками *астероїдів*, де вони утворилися і могли нагрітись за рахунок радіоактивного виділення енергії, а потім повільно охолоджуватися. Свідченням цього є *відманштеттенові фігури* в залізнікелевих М. У М. знайдено органічні сполуки, що утворилися, як тепер з'ясовано, в умовах космосу небіологічним шляхом. Та останнім часом є вказівки на те, що деякі органічні сполуки (порфірини) можуть бути пов'язані своїм походженням з біологічними процесами.

**Метеоритика** — наука про хімічний і мінералогічний склад *метеоритів*, про їх фізичні властивості, походження. М. має велике значення для з'ясування проблем *космогонії* Сонячної системи, оскільки метеорити дають ученим відомості про хімічний склад речовини та фізичні умови в часи утворення Сонячної системи, про процеси, що відбувалися в віддалені епохи і ближчі до нашої.

**Метеоритне бомбардування** — явище масового випадання метеоритних і астероїдних тіл на поверхню планети. М. б. було

характерним для початкових етапів розвитку Сонячної системи. Інтенсивність  $M_b$  не завжди монотонно змінювалася з часом, у значно послабленому вигляді воно триває й тепер (див. *Астроблеми*).  $M_b$  залишає на поверхнях планет і супутників малі та великі *кратери*.

**Метеорна зона** — шар *атмосфери* Землі на висотах 80—120 км, в якій основна маса метеорних частин взаємодіє з атмосферою, що є причиною підвищеної іонізації цих шарів. Пролітання метеорної частинки (явище *метеора*) залишає за собою іонізовану «колонну», яка потім руйнується вітрами і дифузією, залишаючи підвищену густину іонів у  $M_z$ . Метеорна частинка масою 0,00012 г здатна утворити  $10^{11}$  вільних електронів. У зв'язку з наявністю нерегулярної  $M_z$ , іонізація якої залежить від нерегулярного допливу метеорної речовини, в *іоносфері* утворюється спорадичний шар іонізації  $E_s$ , який, відбиваючи радіохвилі, зумовлює додаткову можливість радіозв'язку (так званий метеорний радіозв'язок).

**Метеорна речовина** — див. *Метеори*, *Метеорити*.

**Метеорний дощ** — явище істотного збільшення числа *метеорів*, яке виникає при зустрічі Землі з орбітою *метеорного потоку*. Сильний  $M_d$  спостерігається при зустрічі з молодим потоком, що ще не встиг «розповзтися» вздовж орбіти. Сильний  $M_d$  триває недовго — кілька годин і менше, слабкіший — місяцями. Відомий усім  $M_d$  на початку серпня (Персеїди) має максимум 11—12 серпня, коли за годину можна зареєструвати понад 60 візуальних метеорів.

**Метеорний потік** — явище групування *метеорів* у сім'ї, об'єднані одним *радіантом* і часом спостереження метеорного явища. Зв'язаний з перетином Землею орбіти *метеорного рою*. Основних  $M_p$  налічується близько 50 (візуальні  $M_p$ ), слабкіших (фотографічні  $M_p$ ) — близько 200. З радіолокаційних спостережень, які дають можливість спостерігати дуже слабкі метеори вдень і вночі, можна виділити ще більше  $M_p$ .  $M_p$  формуються головним чином роями, які рухаються назустріч Землі. Тоді вони помітніші завдяки більшій енергії частинок. Деякі дані про  $M_p$  подано в такій табл. (с. 161).

**Метеорний рій** — рій метеорних частинок, які рухаються близькими орбітами навколо Сонця. Є залишком від розпаду кометних ядер. Внаслідок планетних *збурень* рій розтягується вздовж орбіти, а також у площині, перпендикулярній до напрямку руху. При зустрічі з Землею дає *метеорний потік*, що може спостерігатися як *метеорний дощ*.

**Метеорні явища** — явища, що супроводять пролітання метеорної частинки в атмосфері: розігрівання, абляція, іонізація атомів атмосфери й утворення *метеорної зони*, гальмування і руйнування частинки в атмосфері. Вивчення М. я. дає відомості про склад метеорних частинок, масу, їх густину, параметри верхньої атмосфери та ін. (Див. *Метеори*, *Метеорити*, *Метеорний дощ*, *Метеорний рій*, *Метеорний потік*, *Метеорна речовина*).

**Метеоробід** — синонім метеороного тіла (див. *Метеорні явища*).

**Метеосупутник** — метеорологічний ШСЗ, запущений для спостережень за станом хмарного покриву, за зародженням і розвитком атмосферних явищ, явищ у світовому океані (циклони, тайфуни, льодова обстановка). М. широко використовують для прогнозування погоди.

**Метрика** (грец. *metron* — міра) — у теорії відносності (і в геометрії) задає відстань (інтервал) між точками простору-часу. Тим самим визначає його геометричні властивості. Інтервал  $ds$  виражається квадратичною формою від диференціалів координат  $dx^i$ :

$$ds^2 = g_{ij} dx^i dx^j = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 g_{ij} (x^1, x^2, x^3, x^4) dx^i dx^j,$$

де  $g_{ij}$  — компоненти фундаментального метричного *тензора*, задання чи знання якого повністю визначає метричні властивості простору-часу.

**Метричний тэнзор** — див. *Метрика*.

**Механізм розвантаження** — забезпечує зменшення або рівномірний розподіл навантаження на важливі вузли телескопа з метою забезпечення сприятливих умов їх роботи, точності, збереження незмінності форми відбивних поверхонь. Так, цапфи *меридіанного кола* треба виготовляти дуже точно, щоб горизонтальна вісь інструмента займала сталі положення в просторі під час його повороту навколо осі. Якби не було М. р., то умови роботи цапф були б важкі, вони сприймали б усю масу інструмента, втрачали б внаслідок спрацювання свою точну форму. М. р. дзеркал великих телескопів рівномірно розподіляє вагу дзеркала по поверхні його зворотного боку. Точки опори треба розміщувати так, щоб дзеркало діставало мінімальні деформації і забезпечувало високу якість зображення.

**Міжзоряна речовина** — речовина, яка заповнює міжзоряний

Назва М. п.	Координати радіанта		Дата максимуму	Швидкість, км/с	Число метеорів за годину в максимумі
	$\alpha$	$\delta$			
Квадрантиди	15,4 <sup>h</sup>	+51°	4.01	42	40
$\eta$ — Акваріди	22,4	—1	4.05	67	36
$\delta$ — Акваріди	22,6	—17	30.07	43	14
Персеїди	3,1	+58	12.08	60	60
Гемініди	7,5	+32	13.12	36	60
Урсіди	16,5	+83	22.12	31	20

простір. Складається в основному з газу і меншою мірою — з пилових частинок розміром до 0,001 мм, що утворюються внаслідок конденсації молекул, налипання їх, подібно до того, як утворюються тверді частинки диму. Густина їх — приблизно 0,5 г/см<sup>3</sup>. Пилові частинки входять у газопилові хмари, становлячи до 1 % їх маси, поглинають світло розмішених за ними зір, за яким і оцінюють кількість поглинаючого пилу. Характерним прикладом є *туманність* Кінська голова в *сузір'ї* Оріона (мал. 22). Газо-пилові хмари часто видно завдяки відбиванню ними світла близьких до них яскравих зір. Хмари пилу та газу (в основному — водень) належать до плоскої *підсистеми Галактики*, вони мають нерівномірну структуру. На 1 кпк шляху світлового променя в *галактичній площині* світло зорі ослаблюється на 1,5<sup>m</sup>, тобто в 4 рази. У напрямі на *полоси Галактики* поглинання становить 0,4<sup>m</sup>, отже, товщина пилового шару в Галактиці становить 250 пк. Газу в міжзоряному середовищі приблизно в 100 раз більше ніж пилу і він становить кілька процентів маси Галактики. Розподілений він нерівномірно у вигляді загального фону і щільніших (у десятки і більше разів) хмар. Газ не поглинає світла в неперервному *спектрі*; його спостерігають за випромінюванням і поглинанням світла в окремих спектральних лініях. Гарячі зорі, які можуть бути поблизу хмар, іонізують газ, утворюючи навколо себе зони іонізованого газу, інакше — зони *III*



Мал. 22. Щільна газопилова туманність Кінська Голова

(оскільки в основному вони складаються з водню). У щільніших хмарах, які важко прогріваються випромінюванням зір і *космічними променями*, температура може бути дуже низькою (меншою від 20 К, проти сотень і тисяч в інших хмарах), і там атоми можуть об'єднуватися в молекули, утворюючи молекулярні хмари. Газ і пил тяжіє до *спіральних рукавів*. З існуванням газопилових хмар пов'язується процес *зореутворення* в Галактиці. Хімічний склад М. р. близький до складу Сонця: в основному водень, менше — гелій, 1 % припадає на важчі елементи. Густина М. р. становить у середньому  $10^{-24}$  г/см<sup>3</sup>. Маси типових хмар оцінюються величиною  $10^2 M_{\odot}$ , розміри приблизно 10 пк, відстані між сусідами до 25 пк, а відносні швидкості до 10 км/с. (Див. кольорову вклейку, мал. 26, 29, 31).

**Міжнародна астрономічна спілка (МАС)** — об'єднання астрономів світу, основною метою якого є координування астрономічних досліджень, сприяння розвитку астрономії, стимулювання міжнародних контактів астрономів. Створена 1919 р. Один раз на 3 р. збирається Генеральна асамблея МАС, на якій заслуховуються доповіді на актуальні теми, розробляються спільні рішення і рекомендації, що стосуються всіх напрямів діяльності астрономів, заслуховуються звіти президентів комісій, формується склад комісій. МАС нараховує понад 3 тис. членів з 50 країн світу.

**Міжнародна служба широти (МСШ)** — організовані в міжнародному масштабі (1898 р.) спостереження за змінністю широти кількох спеціальних обсерваторій (широтних станцій) з метою вивчення змін широти і координат полюса. Спостереження велися за допомогою зеніт-телескопів за зоряних пар методів. Станції були організовані на широті 39° у Міцузаві (Японія), Карлофорті (Італія), Гетерсбєрзі (США), Юкайї (США), Цінцінніті (США), Чарджоу, а потім Китаї (Узбекистан). Для визначення координат полюса тепер впроваджуються точніші методи, які ґрунтуються на лазерній локації спеціальних ШСЗ.

**Міжнародне бюро часу (МБЧ)** — див. *Служба часу*.

**Мікрометр** (грец. *mikrós* — малий, маленький, *métron* — міра) — пристрій, установлений на окулярній частині астрометричного інструмента для точних вимірювань положень одного світила відносно іншого, діаметра світила тощо. Н и т к о в и й гвинтовий М. має системи нерухомих і рухомих ниток, які за допомогою точно виготовленого гвинта зміщуються одна відносно одної. Це зміщення можна точно фіксувати за відліками шкали. П о з и ц і й н и й М. обладнаний ще *позиційним кругом*, з допомогою якого можна визначати й *позиційний кут*.

**Мікрофотометр** (грец. *mikrós* — малий, маленький, *phōtós* — світло, *métron* — міра) — прилад для вимірювання інтенсивності почорніння фотоемульсії на астрономічних спектрограмах, знімках протяжних об'єктів (комет, планет, туманностей тощо).

**Мільйонна частка півсфери Сонця, м. ч. п.** — одиниця вимірювання площі сонячних утворень, яка дорівнює приблизно  $3 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>.

**Мімас** (гігант, син Урана і Геї у грец. міфології) — I супутник Сатурна. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Міра** (франц. *mire* — від *mirer* — мітити, прицілюватися,



розглядати на світло) — пристрій у вигляді світної точки або освітленого перехрестя ниток, який установлюють на значній відстані (десятки, сотні метрів) від деяких *астрометричних інструментів*. Наведенням інструмента на *М.* контролюють стабільність положення його осі під час абсолютних спостережень.

**Міра емісії (МЕ)** — величина, яка характеризує випромінювальну здатність розрідженої газової *туманності*. Якщо  $l$  — товщина туманності,  $N_e$  — число частинок в одиниці об'єму, то  $ME = N_e^2 l$ .

**Міранда** (ім'я персонажа з шекспірівської «Бурі») — третій за величиною супутник *Урана*. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Мірида** (лат. *mirra* — дивна) — довгоперіодична фізична *змінна зоря*.

**Місце світила** — координати світила, які використовують в астрономії, залежно від обставин (наприклад, *пряме піднесення, схилення*). Під середнім *М. с.* розуміють координати світила, віднесені до середнього *екватора* і *точки рівнодення*, в яких враховано лише *прецесію*. *Топоцентричне М. с.* — координати світила, віднесені до певного місця на земній поверхні. Відрізняється від *геоцентричного М. с.* на величину добової *аберації світла* та добового *паралакса*, а від *геліоцентричного* — на величину річної *аберації світла* та річного *паралакса*.

**Місцева група галактик** — див. *Локальне скупчення галактик*.

**Місцеве надскупчення галактик** — див. *Локальне надскупчення галактик*.

**Місяцетрус** — явище, подібне до землетрусу. Порівняно з Землею сейсмічні явища на Місяці незрівнянно слабкіші. В ідеальних умовах сейсмометри фіксують скочування камінів із схилів, падіння метеоритних тіл і слабкі сейсмічні явища на глибинах 700—1100 км. *М.* зв'язані з періодом обертання Місяця навколо Землі, що пояснюється припливними явищами в тілі Місяця під дією Землі. Тому максимум *М.* набирають у *перигеї* місячної орбіти.

**Місяць** — проміжок часу, покладений в основу *календаря*. *Аномалістичний М.* — проміжок часу між двома проходженнями Місяця через *перигей* його орбіти, він дорівнює 27,5545509—0,0000011 · *T*. Тут *T* — число юліанських сторіч від півдня 0 січня 1900 р. (31 грудня 1899 р.). Тривалість *М.* ви-

мірюється числом середніх сонячних *діб*. Проміжок часу між проходженнями Місяця через висхідний *вузол орбіти* називають *драконічним М.*, він дорівнює  $27,212204 + 0,0000004 \times T$ . Зоряний або *сидеричний М.* дорівнює періоду обертання Місяця навколо Землі, якщо вимірювати відносно зір:  $27,3216614 + 0,0000002 \cdot T$ . Календарний *М.* у нашому календарі має 28—31 добу. *Синодичний М. (лунація)* — проміжок часу між двома однойменними фазами Місяця:  $29,5305887 + 0,0000002 \cdot T$ . Проміжок часу між двома проходженнями центра Місяця через середню *точку рівнодення* (весняного) називають *тропічним М.*, тривалість його дорівнює  $27,3215821 + 0,0000001 \cdot T$ .

**Місяць** — див. *Супутники планет*, додаток 3 і с. 4.

**Місячне море** — темна низинна ділянка поверхні Місяця. На протилежному боці Місяця є світлі моря, їх називають *таласоїдами*. *М. м.* утворилися від заповнення важкою розплавленою базальтовою лавою великих *кратерів*, які виникли внаслідок *метеоритного бомбардування* поверхні Місяця. В околі *М. м.* відзначено підвищену напруженість гравітаційного поля (*маскони*). Поверхня *М. м.* розміщена нижче (близько 4 км) від середнього рівня поверхні Місяця.

**Місячні цірки** — *кільцеві гори, кратери* на Місяці, що утворилися внаслідок *метеоритного бомбардування*. Характерний вигляд: плоске дно, центральне підвищення, навколишній, кільцевий вал часом подвійний, потрійний. У великих кратерів дно може бути заповнене затверділою лавою, іноді по самі «вінця», як у кратері Варгентин.

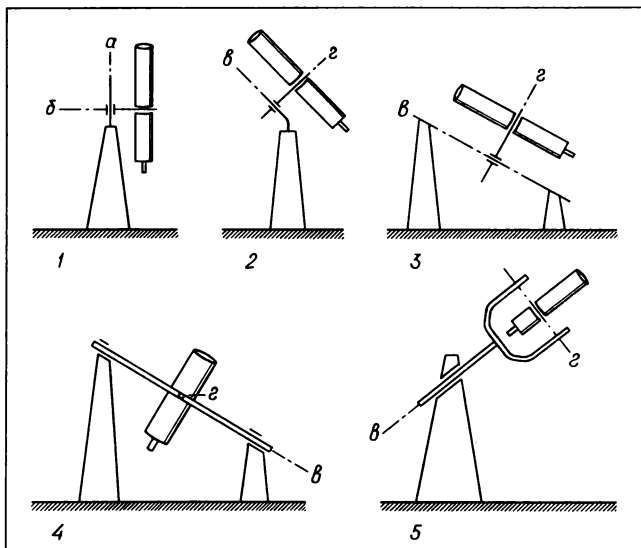
**Модуль відстані** (лат. *modulus* — міра) — різниця видимої і абсолютної *зоряної величини*. Якби світло в міжзоряному просторі не поглиналося (див. *Міжзоряна речовина*), *М. в.* дорівнював би  $5 \lg r - 5$ , де  $r$  — відстань до світила в *парсеках*. Знаючи *М. в.*, легко знайти відстань до світила і навпаки.

**Момент інерції** — величина  $I$ , що характеризує розподіл мас у тілі і поряд з масою є мірою інертності тіла в непоступальному русі. Якщо тіло складається з  $n$  мас  $m_i$ , що лежать на відстанях

$h_i$  від осі, відносно якої визначають *М. і.*, то  $I = \sum_{i=1}^n m_i h_i^2$ . Для

неперервного середовища  $I = \int_V \rho h^2 dt$ , де інтегрують по всьому

об'єму  $V$ , а  $\rho$  — густина середовища у певній точці,  $dt$  — елемент об'єму.



Мал. 23. Схеми монтування телескопів

**Монтування телескопа** — механічна система, яка забезпечує можливість наведення труби телескопа на довільну ділянку неба. М. т. має дві взаємно перпендикулярні *осі*, обертання навколо яких дає можливість оглядати всю півсферу неба. В азимутальному М. т. (мал. 23, 1) одна з осей вертикальна (*a*), друга — горизонтальна (*b*). В екваторіальному М. т. (мал. 23, 2) одна вісь спрямована на полюс світу (полярна вісь *b*), друга — лежить у площині небесного екватора (вісь схилень *z*). Порівняно невеликі телескопи встановлюють на екваторіальному М. т., полярна вісь якого є консоллю (німецьке М. т.). В англійському М. т. (мал. 23, 3) полярна вісь закріплена двома кінцями. Якщо полярну вісь виготовлено у вигляді чотирикутної рами з трубою, яка обертається в ній, то це — М. т. з рамою (мал. 23, 4).

У цьому випадку телескоп не можна навести на полярну область. В американському, або вилковому М. т. (мал. 23, 5) раму закріплюють лише одним кінцем. Монтування (2) і (5) є асиметричним М. т. (Див. *Вісь*).

## Н

**Навігаційна супутникова система** — система навігаційних ШСЗ, орбіти яких точно визначаються з наземних спостережень, так що ШСЗ Н. с. с. регулярно передають по радіо свої координати. Визначаючи своє положення відносно супутника, тим самим встановлюють координати корабля в океані.

**Надгалактика** — див. *Локальне надскоупчення галактик*.

**Надгіганти** — молоді масивні зорі високої світності (до 8-ї абсолютної зоряної величини). Маса їх у десятки, радіуси — в сотні, світності — в десятки тис. разів можуть перевищити відповідні параметри Сонця. Густина речовини Н. дуже мала, температура зовнішніх шарів може бути різною. На *Герцшпрунга — Ресселла діаграмі* Н. займають верхню частину над головною послідовністю.

**Надір** (араб. — напрям ноги) — точка, протилежна *зеніту*.

**Надлишок кольору** (к о л о р - е к с ц е с) — кількісна характеристика зміни спектрального складу випромінювання зорі, пов'язана з селективним *поглинанням світла* в міжзоряному середовищі (див. *Міжзоряна речовина*). Н. к. дорівнює різниці *показників кольору* певної зорі і типової зорі такого самого *спектрального класу* (див. *Спектральна класифікація*). Внаслідок переважного розсіювання на міжзоряних порожинках у першу чергу синіх променів спостерігається надлишок червоних кольорів, почервоніння зір. Саме за Н. к. визначають поглинання світла в міжзоряному середовищі, врахування якого дуже важливе для визначення відстаней у Всесвіті.

**Наднова Зоря** — еруптивна зоря, світність якої протягом кільканадцяти діб катастрофічно зростає на десятки *зоряних величин*, а темп виділення енергії перевищує  $10^{34}$  Вт. У цей період слабка до спалаху невидима зоря досягає блиску *найяскравіших зір* нашого неба, навіть перевищуючи їх. Н. з. іноді видно навіть удень (як Н. з. 1054 р.). Блиск Н. з. зростає більш як на  $19^m$ , досягаючи абсолютної *зоряної величини* —  $21^m$

і зрівнюючись або навіть перевишуючи блиск усієї *Галактики*. Н. з. спалахують дуже рідко (сучасна оцінка для нашої Галактики — один раз на 200—300 р.), тому їх спостерігають головним чином в інших галактиках, де зареєстровано близько 500 Н. з. Н. з. ділять на два типи. Тип I характерний для вибухів старих зір масою, яка трохи більша за сонячну. Вони яскравіші від інших, маса оболонки, що розлітається внаслідок вибуху, становить приблизно  $0,5 M_{\odot}$ . Енергія вибуху  $10^{41} \dots 10^{43}$  Дж. Криві блиску Н. з. цього типу дуже схожі між собою. Н. з. II типу в максимумі блиску досягають абсолютної зоряної величини —  $17,8^m$ . Для них притаманна різноманітність кривих блиску, менша світність, велика маса зорі, маса продуктів вибуху досягає  $10 M_{\odot}$  і вони розлітаються зі швидкостями 5—10 тис. км/с. На розширення продуктів вибуху витрачається основна енергія. Н. з. цього типу. На місці вибуху Н. з. знайдено туманності, які розширюються із швидкостями в сотні і тисячі км/с, але з часом сповільнюють швидкість, гальмуючись у міжзоряному середовищі. Приклад такого залишку — Крабоподібна туманність (див. кольорову вклейку, мал. 32). Залишки Н. з. випромінюють в оптичному, рентгенівському і радіодіапазонах, основним механізмом цього є *синхротронне випромінювання* електронів, що рухаються в магнітних полях. У центрі багатьох залишків Н. з. знайдено *пульсари*. Можливо вони є в місцях усіх вибухів, але через несприятливу орієнтацію їх «променя» невидимі для нас. Вивчення Н. з. має велике значення для з'ясування питань походження хімічних елементів, для встановлення *шкали відстаней* у Всесвіті. Порівнюючи кутове розширення залишку Н. з. в секундах дуги за рік і променеву швидкість розширення в км/с, знаходять відстань до цих об'єктів. З явищем Н. з. вчені пов'язують синтез елементів (важчих від заліза), які не можуть утворюватись при спокійній еволюції зір (див. *Утворення хімічних елементів*), виникнення високоенергійних *космічних променів*. Під час спалахів Н. з. в подвійних системах можлива поява зір з великими швидкостями (див. *Праці ефект*). З одного боку, розлітання частини або всієї зорі внаслідок спалаху Н. з. поповнює газопилову складову речовини в галактиках, а з другого — спалах Н. з. може призводити до ланцюгової реакції формування нового покоління зір у газопилових хмарах (внаслідок стискання їх ударними хвилями, які виникають при спалахах Н. з.). У фізичній природі феномена Н. з. ще багато незрозумілого. За однією з точок зору, ядро зорі після вигорання водню стискається,

температура тут внаслідок виділення гравітаційної енергії зростає, починає вигоряти гелій і важчі хімічні елементи (див. *Зоряна еволюція*). Якщо температура в ядрі зростає до мільярдів К, розпочинаються зворотні реакції розпаду складних ядер на протони і нейтрони, реакції  $p + e^- \rightarrow n + \nu$ . Завдяки втратам енергії на висвічування нейтрино надра зорі охолоджуються, настає *колапс* — катастрофічне стискання ядра, тоді як оболонка зорі розлітається в навколишній простір. Причиною зривання оболонки може бути *ударна хвиля*, яка виникає внаслідок перебудови надр зорі, *ротаційна нестійкість*, магнітне поле стисненого ядра, яке швидко обертається. Явище Н. з., очевидно, супроводиться спалахом нейтринного випромінювання, спроби зареєструвати яке вже здійснюються. Після спалаху Н. з. виникає туманність, яка розлітається, а в центрі, залежно від обставин, може не залишитися нічого (повне розлітання зорі) або формується *нейтронна зоря*.

**Надскупчення** — скупчення *галактик* вищого порядку (скупчення скупчень). Розміри Н.— 50...150 Мпк. Н. утворюють собою «стінки» комірок *великомасштабної структури Всесвіту*. Наша Галактика входить до *Локального надскупчення галактик*, центром якого є скупчення в сузір'ї Діви, тому це Н. називають Н. Діви. Тепер відомо близько десяти Н., всі вони мають сплюснену форму, можуть розширюватися в площині диска, беручи участь у *космологічному розширенні*. До Н. входять тисячі галактик, вони, можливо, є структурними неоднорідностями найбільшого масштабу. У ще більших масштабах Всесвіт можна вважати однорідним.

**Назадній рух** — видимий ефект у русі планет на фоні зір, коли планета рухається в зворотному напрямі порівняно з її орбітальним рухом навколо Сонця. Перед тим планета сповільнює свій рух на схід, проходить через фазу *стопання* планети і починає рух назад, який у свою чергу змінюється стоянням і *прямим рухом*. Н. р.— видимий ефект, зумовлений орбітальним рухом Землі (і земного спостерігача). Н. р. Меркурія триває 17, Венери — 41, Марса — 70 діб, далеких планет — до половини року.

**Найближчі зорі** — зорі в сфері до 3 пк навколо Сонця. Кількість найближчих зір (у сфері певного радіуса) можна встановити лише непрямыми способами, оскільки більшість їх — це *карлики*, малий блиск яких робить їх важкодосяжними для спостереження. До *каталогів* у сфері радіусом 6,5 пк занесено понад сотню зір. Щоразу, коли реєструється великий *власний*

*рух* тієї чи іншої зорі, з'ясовують, чи належить вона до Н. з. Адже за однакових інших умов кутове зміщення зорі на небі буде тим більшим, чим ближче вона до нас. Астрономи виконують спеціальні програми пошуку таких зір, бо лише для не-далеких зір можна найпевніше побудувати *функцію світності*. Остаточного питання про близькість з'ясовується після визначення тригонометричного *паралакса* — відстані до зорі. У табл. Н. з.  $\alpha$  і  $\delta$  — координати на 1950 р.,  $m$  — зоряна величина,  $\mu$  — власний рух у "/рік,  $\pi$  — паралакс,  $v_r$  — радіальна швидкість в км/с (знак мінус — до спостерігача),  $M/M_{\odot}$  — співвідношення мас зорі і Сонця.

Назва зорі	$\alpha$	$\delta$	$m$	$\mu$	$\pi$	$v_r$	$M/M_{\odot}$
Проксима							
Центавра	14 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	—62°28'	11,0 <sup>m</sup>	3,8"	0,762"	—16	0,01
$\alpha$ Центавра	14 36	—60 38	0,0	3,7	0,745	—22	1,1
Зоря Барнарда	17 55	4 33	9,5	10,3	0,552	—108	—
—	10 54	7 19	13,5	4,7	0,429	13	—
36° 2147	11 01	36 18	7,5	4,8	0,401	—84	0,4
Сіріус	6 43	—16 39	—1,5	1,3	0,377	—8	2,3
726—8	1 36	—18 13	12,4	3,4	0,367	29	0,04
АС—							
242833—							
183	18 47	—23 53	10,6	0,7	0,345	—4	—

**Найяскравіші зорі** — зорі, яскравіші за 1<sup>m</sup>. У табл. Н. з. позначення ті самі, що й у статтях *Найближчі зорі* та *Сузир'я*.

Назва зорі	$\alpha$	$\delta$	$m$	$\mu$	$\pi$	$v_r$ , км/с	Клас світності
Ахернár, $\alpha Eri$	1 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	—57°29'	0,5 <sup>m</sup>	0,10"	0,026"	19	IV— V
Капéлла, $\alpha Aur$	5 13	45 57	0,1	0,44	0,071	30	—

## Продовження таблиці

Назва зорі	$\alpha$	$\delta$	$m$	$\mu$	$\pi$	$v_r$ , км /с	Клас світ- ності
Рігель, $\beta Ori$	5 13	8 15	0,1	0,00	0,004	21	I
Бетельгей- зе $\alpha Ori$	5 52	7 24	0,8	0,03	0,005	21	I
Канопус, $\alpha Car$	6,23	-52 40	-0,7	0,02	0,017	21	I
Сіріус, $\alpha Ma$	6 43	-16 39	-1,45	1,32	0,377	-8	V
Проціон, $\alpha Mi$	7 37	5 21	0,4	1,25	0,286	-3	IV
Акрүкс, $\alpha Cru$	12 24	-62 49	0,9	0,04	0,012	-7	IV
Спіка, $\alpha Vir$	13 23	-10 54	1,0	0,05	0,012	1	V
$\beta Cen$	14 00	-60 08	0,6	0,04	0,008	11	II
Арктүр, $\alpha Boo$	14 13	19 27	-0,1	2,28	0,091	-5	III
Толіман, $\alpha Cen$	14 36	-60 38	+0,0	3,68	0,745	-22	V
Вега, $\alpha Lyr$	18 35	38 44	0,0	0,34	0,123	-14	V
Альтаїр, $\alpha Aql$	19 48	8 44	0,8	0,66	0,200	-26	V

**Населення Галактики** — поділ зір та інших об'єктів на два основні класи, який базується насамперед на їх положенні і рухах у Галактиці. Н. Г. I типу концентрується до основної площини Галактики і утворює плоску складову (підсистему). Населення II типу в середньому групується, заповнюючи еліпсоїдальний або близький до сферичного об'єм навколо центра Галактики і утворюючи сферичну складову. Точніша класифікація виділяє 5 підсистем Н. Г.: дві в першій (див. табл.) і в другій складовій. Всі підсистеми окреслені еліпсоїдами, що вкладені один в одного, мають спільний центр і відрізняються величиною осі  $z$ , яка перпендикулярна до основної площини. Типовими представниками плоскої складової є розсіяні зоряні *скупчення*, гарячі *гіганти* і *надгіганти*, довгоперіодичні *цефеїди*, *Нові зорі*, *Наднові зорі*, міжзо-



ряний газ, *планетарні* та пилові *туманності*. Населення сферичної складової: кулясті *скупчення*, червоні *карлики*, короткоперіодичні *цефеїди*, зорі з низьким вмістом металів, швидкі зорі. Зорі плоскої складової — молоді, там зореутворення триває й тепер. Населення сферичної складової, навпаки, старе, збереглося з часу утворення Галактики (1 млрд. років після *Великого Вибуху*).

Підсистеми	I тип		II тип		
	Екстремальна	Стара	Старий диск	Проміжна	Гало
Відстань до площини Галактики, кпк	0,12	0,16	0,4	0,7	2
Середня швидкість по осі z, км/с	8	10	16	25	75
Відношення осей еліпсоїда	0,01	0,02	0,05	0,2	0,5
Вік, млрд. р.	0,1—5	5—7	10—12	12	12
Маса, $M_{\odot}$	$10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$

**Нахилення** — кут між напрямом напруженості геомагнітного поля і горизонтальною площиною в певній точці Землі.

**Небесна механіка** — один з трьох основних розділів астрономії поряд з *астрофізикою* і *астрометрією*. Основні задачі Н. м. — вивчення рухів у системах небесних тіл. Якщо небесні тіла розглядають як матеріальні точки, то це задача вивчення орбітальних рухів (*задача двох тіл, задача трьох тіл, задача n тіл*). *Визначення орбіт* у Сонячній системі дає можливість забезпечувати спостережну астрономію *ефемеридами*. Математичні методи *визначення орбіт* зі спостережень і обчислення ефемерид є основним завданням теоретичної астрономії — одного з розділів Н. м. Для багатьох задач Н. м. уявлення про небесні тіла як матеріальні точки — недостатнє. Це задачі про обертання небесного тіла, взаємні рухи тіл, розміри яких сумірні з відстанями між ними, задачі вивчення припливних явищ, фігур рівноваги небесних тіл. Дуже важливою

проблемою є вивчення стійкості системи зір, галактик, планетних систем і, як окремий випадок, *стійкості Сонячної системи*. До Н. м. належить також *астродинаміка*. Методи Н. м. поділяють на аналітичні, якісні і чисельні. Перші дають розв'язок задачі про рух небесного тіла у вигляді формул, другі — дають можливість вивчати особливості руху і без знаходження точного розв'язку, треті — базуються на наближених чисельних розв'язаннях систем рівнянь руху, результати яких знаходять у вигляді таблиць. Усе це — прями і задачі Н. м. Розв'язуючи обернені задачі Н. м., з аналізу спостережених рухів небесних тіл знаходять їх маси, сили, які діють на них. Такими є задачі про форму, гравітаційне поле, будову Землі та густину верхніх шарів атмосфери за спостереженнями руху ШСЗ. Інший приклад — відкриття Нептуна за збуреннями, які він викликає в русі Урана. Теоретичним фундаментом Н. М. є закони механіки і закон *всесвітнього тяжіння* Ньютона. У задачах, де цього не досить, вводять релятивістські поправки, коли вивчають тонкі ефекти типу *руху перигелія* або в разі великих швидкостей і сильних гравітаційних полів.

**Небесна сфера** — уявна сфера довільного радіуса, на яку спроектовано небесні світила так, як їх бачить спостерігач у певний момент часу з певної точки простору. Введення Н. с. можливе, оскільки на око різниця у відстанях світил не сприймається з огляду на те, що згадані відстані до них дуже великі.

**Небосхил** — половина *небесної сфери*, що лежить над *горизонтом*.

**Невагомість** — умови, в які потрапляє людина, коли немає опори або сила взаємодії з нею дорівнює нулю. Умови Н. створюються під час космічного польоту з вимкненими двигунами, в умовах пікірування з прискоренням, яке дорівнює прискоренню вільного падіння, в умовах вільного руху в гравітаційному полі, коли немає опору середовища.

**Негравітаційні ефекти** — ефекти в *небесній механіці* і, взагалі, в астрономії, пов'язані з негравітаційними силами. Прикладом Н. е. під час руху ШСЗ є його гальмування розрідженою верхньою атмосферою. Сила такого опору дорівнює:  $F = \frac{1}{2} b \rho v^2 S$ , де  $b$  — аеродинамічний коефіцієнт лобового опору,  $v$  — швидкість руху,  $\rho$  — густина атмосфери,  $S$  — площа поперечного перерізу тіла, перпендикулярна до напрямку руху. Внаслідок дії цієї сили спостерігається відомий парадокс: зустрічаючи опір середовища, ШСЗ збільшує (!) свою швидкість за

рахунок переходу потенціальної енергії в гравітаційному полі Землі в кінетичну при зменшенні висоти ШСЗ. Тиск випромінювання також створює Н. е. в русі ШСЗ та інших тіл невеликої маси. Сила тиску визначається виразом:  $F = SQ(1 + R)/c$ , де  $S$  — площа перерізу, перпендикулярного до падаючого випромінювання з енергією  $Q$ ,  $R$  — коефіцієнт відбивання світла. Цю силу враховують під час вивчення руху ШСЗ, вона відіграє важливу роль у формуванні кометних хвостів і мала певне значення при формуванні Сонячної системи. До Н. е. належить також *Пойнтінга* — *Робертсона ефект*.

**Незбурений рух** (кеплерівський рух) — рух двох тіл у спільному гравітаційному полі, коли можна знехтувати їх розмірами і впливом інших сил.

**Нейтронна зоря** — сильно замагнічена конфігурація, рівновага якої підтримується градієнтом тиску нейтронного газу. Радіус Н. з. близько 20 км. Є кінцевим етапом *зоряної еволюції*, наслідком спалаху *Наднової* у випадку, коли маса ядра, яке перебуває у стані *колапса*, не перевищує  $3 M_{\odot}$ . Існування Н. з. було передбачене 1932 р., відкрито як *пульсар* 1967 р.

**Непрозорість** — міра здатності газу поглинати випромінювання. Коефіцієнтом Н.  $\kappa$  називають коефіцієнт поглинання випромінювання одиницею маси, величина якого істотно залежить від температури, густини та хімічного складу зоряної речовини. Для надр Сонця  $\kappa \approx 10^2$  м<sup>2</sup>/кг. Тому при середній густині речовини  $\rho \approx 10^5$  кг/м<sup>3</sup> довжина вільного пробігу кванта між двома актами поглинання  $l = 1/\kappa\rho \approx 10^{-6}$  м.

**Нереїда** (у грец. міфології одна з численних нереїд — дочок морського божества Нерея і океаніди Дориди) — супутник планети *Нептун*. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Нерівномірність обертання Землі** — результат збурючої дії Місяця, Сонця й планет на Землю. Зокрема, внаслідок *припливів*, зумовлених дією Місяця, відбувається вікове сповільнення обертання Землі: за останні 2000 р. доба видовжувалася в середньому на 2,0 мс за 100 років. Тривалість земної доби частково змінюється і залежно від пори року, тобто має сезонний характер. Найдовша вона в березні, а найкоротша в липні. Ці коливання тривалості доби на 0,001 с пов'язані з ритмічним перерозподілом повітряних і водяних мас на поверхні Землі. Виявлено і стрибкоподібні зміни швидкості обертання Землі, які можуть збільшувати або зменшувати тривалість доби на 0,004 с. Причина цих явищ ще не з'ясована.

**Нерівності** — зміна *елементів орбіти* внаслідок притягання

небесного тіла іншими, не враховуючи центрального. 1) Відхилення в русі Місяця від законів еліптичного руху, спричинені збуреннями від Сонця, планет, несферичності Землі. Ці відхилення в *довготі, широті* й відстані до Землі описуються тригонометричними виразами, врахувавши які, можна обчислити координати Місяця. Члени виразів, аргументами яких є  $(2D - M)$ , де  $D$  — різниця середніх довгот Місяця й Сонця, а  $M$  — середня аномалія Місяця, описують нерівність, яку називають *евекцією*. Члени з аргументами  $M, 2M, 3M$  є еліптичними й  $N$  і в сумі дають  $N$ , яка є рівнянням центра. Члени з аргументом  $M'$  (середня аномалія Сонця) дають річну  $N$ , а з аргументами  $D, 3D, 5D, \dots$  — паралактичну  $N$ . Основні  $N$  відомі з часів Птолемея, а пізніше — Тіхо Браге. 2) Перша (проста)  $N$  у стародавніх астрономів — відхилення руху планет і Сонця (яке вони також вважали за планету), зумовлене еліптичністю орбіт Землі й планет. Другою  $N$  вважали петлеподібний рух планет на небі, причиною якого, як ми тепер знаємо, є рух спостерігача із Землею навколо Сонця.

**Нестійкість** — зростання з часом малих відхилень (збурень) тиску, густини і швидкості від їх середніх значень. 1)  $N$ . Джінса — фрагментація внаслідок самопритягання спочатку однорідного середовища, що мало густину  $\rho$  і температуру  $T$  (швидкість звуку  $a$ ), як тільки через нього проходить зву-

кова хвиля довжиною  $\lambda > \lambda_j = \sqrt{\frac{\pi a^2}{G\rho}}$ , де  $G$  — стала тя-

жіння. При  $\lambda > \lambda_j$  сили тиску газу неспроможні відновити первісний стан; утворене згущення діє як зародок конденсації і притягує до себе навколишню речовину. Ця  $N$ , яку математично обгрунтував у 1902 р. англійський фізик Дж. Джінс (1877—1946), проявляє себе на початкових стадіях формування галактик, зір і планет.  $\lambda_j$  називають *джінсівською* довжиною хвилі (див. *Зореутворення*). 2)  $N$ . Релея — Тейлора виникає в середовищі з неоднорідним розподілом густини, яке перебуває в гравітаційному полі або рухається з прискоренням.  $N$ . Р.— Т. проявляє себе, зокрема, тоді, коли в полі тяжіння щільніший шар газу лежить над менш щільним: внаслідок випадкового збурення перший опускається вниз, а другий піднімається вгору.  $N$ . Р.— Т. відіграє важливу роль при розширенні оболонки *Наднової*. При згрібанні речовини міжзоряного середовища і гальмуванні внаслідок цього обо-

лонки створюються умови, за яких газ більшої густини лежить над газом меншої густини. Це сприяє розвитку турбулентних рухів і підсиленню магнітного поля. Прискорені в ньому до релятивістських швидкостей електрони тут же гальмуються. Так пояснюється *синхротронне випромінювання* залишків Наднових, яке спостерігається в радіодіапазоні. 3) Н. теплова зумовлена тим, що кількість енергії, яку випромінює нагрітий газ у розрахунку на одиницю маси, пропорційна квадрату його густини. Тому випадкове стискання газу веде до зростання втрат енергії і ущільнення речовини. Н. теплова розвивається, зокрема, в *хромосфері* і короні Сонця та відіграє важливу роль у створенні передспалахової ситуації, оскільки ущільнений й охолоджений газ, опускаючись униз, зближує магнітні поля протилежної полярності.

**Нова (нова зоря)** — зоря, *блиск* якої за кілька (1—100) діб зростає на  $7\text{—}15^m$ , тобто *світність* збільшується в 500—1 000 000 разів, після чого за кілька років зменшується до нормального значення. За час спалаху нова зоря висвічує енергію приблизно  $10^{38}$  Дж. Внаслідок спалаху зоря викидає з своєї поверхні масу, яка становить приблизно  $10^{-3}\text{—}10^{-4}$  маси Сонця. Вона зі швидкістю до 1000 км/с розлітається в навколишній простір. Як виявилось, Н.— це тісні подвійні системи, які обмінюються речовиною. Потоки газу (в основному це водень) «спливають» з поверхні зорі *карлика* пізнього *спектрального класу* і, описавши складну спіральну траєкторію навколо білого карлика, випадають на його поверхню. Це призводить до істотного збільшення температури й густини надр зорі і, кінець кінцем, до різкого зростання інтенсивності термоядерних реакцій вуглецево-азотного циклу. При цьому виникає потужна *ударна хвиля*, яка і зриває зовнішній шар зорі. Після спалаху процес *акреції* газу на білий карлик відновлюється. Тому, як гадають, спалахи Н. повторюються через приблизно 1000 років. Дотепер зареєстровано близько 200 Н. у нашій Галактиці і 300 — в Галактиці Андромеди. Існують також повторні Н., спалахи яких повторюються через кілька десятків років; тут висвічувана енергія досягає  $10^{36}$  Дж. У зір типу *U* Близнят спалахи (при зміні блиску на  $4\text{—}5^m$ ) повторюються через 50—100 діб. Усі ці зорі також подвійні.

**Новий стиль** (григоріанський календар) — календарна система, яку запровадив у 1582 р. римський папа Григорій XIII замість старого стилю (юліанського)

к а л е н д а р я) з метою повернути дату весняного *рівнодення* на 21 березня і утримувати його тут у майбутньому.

**Ніони** [лат. *nonus* — дев'ятий (день до *id*)] — п'ятий або (у березні, травні, липні, жовтні) сьомий день місяця давньоримського календаря.

**Нуклеосінтез** — див. *Утворення хімічних елементів*.

**Нутація** (лат. *nuto* — коливаю) — періодичні невеликі коливання осі добового обертання Землі відносно її середнього положення. Н. зумовлена зміною відстані Землі від Сонця протягом року, еліптичною формою орбіти Місяця, її нахилом до площини *екліптики* та рухом *вузлів* місячної орбіти. Внаслідок Н. на загальну *прецесію* накладаються квазіперіодичні рухи — Н. по довготі і Н. нахилу екліптики до *екватора*. Найголовніше нутаційне коливання земної осі здійснюється з періодом 6798 діб (18,62 р.), причому полюси світу описують на небесній сфері еліпси, великі осі яких дорівнюють 18,42", а малі — 13,72". Існують також короткоперіодичні коливання земної осі з періодами до 35 діб. Внаслідок Н. і *прецесії* полюси світу описують на небесній сфері складні хвилясті лінії.



**Оберон** — відкритий В. Гершелем у 1787 р. супутник *Урана*. Назва О. запозичена Гершелем з комедії В. Шекспіра «Сон літньої ночі», де О. — цар ельфів. (Див. *Супутники планет і додаток 3*).

**Об'єкти Хербіга — Аро** — зореподібні утворення, що мають емісійний *спектр*, маса яких найімовірніше в сотні тисяч разів менша від маси Сонця. Очевидно, О. Х. — А. є залишками щільних навколосоряних оболонок, скинутих масивними молодими зорями під дією світлового тиску або *зоряного вітру* і роздріблених на окремі фрагменти внаслідок їх співударів з щільними масами міжзоряного середовища.

**Об'єктив** (лат. *objectivus* — предметний) — лінзова, дзеркальна або дзеркально-лінзова оптична система, яку використовують для створення зображення об'єктів (в астрономії — небесних світил). О. — основна частина *телескопа*. У фокальній площині О. концентрується тим більше енергії, чим більший діа-

метр  $D$  вхідного отвору  $O$ . — його апертура  $O$ ., в якому усунено *сферичну аберацію* і *кому*, називається апланатичним, а коли при цьому його фокальне поле ще й плоске, то — *анастигматом*. У лінзовому *ахроматі хроматична аберація* зводиться до мінімуму добром двох і більше лінз, виготовлених із скла з різними коефіцієнтами заломлення (з крону і флінту). Важливою характеристикою  $O$ . є відносний отвір  $A = D/F$ , де  $F$  — фокусна відстань  $O$ ., і величина  $A^2$  — геометрична світлосила  $O$ . В сучасних телескопах-рефлекторах використовують переважно  $O$ ., в яких  $P \approx 1/5$ . Для спостережень штучних супутників Землі побудовано світло-сильні дзеркально-лінзові камери, в яких  $A \approx 1$ .

**Об'єктивна призма** — найпростіший астрономічний спектральний прилад, за допомогою якого дістають *спектри слабких зір*. Встановлюючи перед об'єктивом *астрографа*  $O$ . п. із заломним кутом  $\approx 5^\circ$ , точкові фокальні зображення зір перетворюють у нитковий спектр. Щоб побачити в ньому окремі спектральні лінії, зображення спектрів розширюють, трохи зміщуючи при фотографуванні інструмент перпендикулярно до напрямку дисперсії призми.

**Обтуратор** (лат. *obturo* — закриваю) — пристрій для періодичного перекривання світлового потоку. В астрономії встановлюють, зокрема, перед камерами фотографічного метеороного патруля у вигляді з'єднаних у формі пропелера секторів, які обертаються так, щоб зображення метеороного сліду мало 50—70 розривів за секунду. Аналіз такого пунктирного зображення дає можливість визначити кутову швидкість *метеороного тіла*, а коли спостереження проведено з двох пунктів, то його висоту і лінійну швидкість.

**Огляд неба** — спостереження, метою якого є вивчення на всій площі неба певних характеристик конкретних небесних об'єктів. Так, визначення фотографічним методом положень слабких зір до певної величини називається *фотографічним  $O$ . н.* Було здійснено  $O$ . н. в інфрачервоному, рентгенівському та радіо діапазоні тощо.

**Однорідність Всесвіту** — один з постулатів сучасної *космології*, де в основу побудови *космологічних моделей* покладено принцип, за яким властивості Всесвіту для кожного довільно взятого моменту часу однакові в усіх його точках і в усіх напрямках. Цей так званий *космологічний принцип* однорідності та ізотропності Всесвіту підтверджується спостереженнями. Хоч у Всесвіті на відстанях до 300 Мпк виявлено порожнини

(«чорні зони»), але в більших масштабах Всесвіт є однорідним. Тому, зокрема, стала неактуальною гіпотеза про ієрархічну структуру Всесвіту. (Див. *Острівний Всесвіт*).

**Озоносфера** (грец. *ozo* — пахну і *сфера*) — шар земної атмосфери на висоті від 10 до 50 км, в якому під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця кисень частково об'єднаний у трьохатомну молекулу  $O_3$ . Товщина шару  $O_3$ , зведеного до нормальних умов газу (0 °С, 760 мм рт. ст.), в середньому для Землі становить 2,5—3 мм. Максимум концентрації озону в  $O_3$  — на висоті 20—25 км. В  $O_3$  поглинається ультрафіолетове випромінювання Сонця, цим  $O_3$  й охороняє життя на Землі від згубного впливу цього випромінювання.

**Окуляр** (лат. *oculus* — око) — звернена до ока частина оптичної системи (телескопа, бінокля, мікроскопа), яку використовують для розглядання (як у лупу) сформованого об'єктивом проміжного зображення предмета. Більшість  $O_3$  — додатні, тобто звужують пучки світла, які проходять через них. У телескопі  $O_3$  встановлюють так, щоб проміжне зображення формувалося безпосередньо за передньою фокальною площиною  $O_3$  (практично в ній), тоді  $O_3$  створює уявне (збільшене порівняно з проміжним) зображення, яке потім в оці спостерігача вже будується як дійсне. Якщо додатній  $O_3$  змістити відносно проміжного зображення так, щоб воно лежало перед фокальною площиною  $O_3$ , то  $O_3$  відіграє роль проєкційної системи, яка створює дійсне зображення об'єкта. Так, зокрема, проєктують зображення Сонця на екран. В астрономії застосовують  $O_3$  Гюйгенса (з середини XVII ст.) та  $O_3$  Рамсдена (з кінця XVIII ст.), які складаються з двох плоско-опуклих лінз і мають поле зору до 45°. За останні 100 років розроблено багатолінзові ширококутні  $O_3$  з полем зору понад 100°.

**Оптична глибина (оптична товщина)** середовища  $\tau$  — безрозмірна величина, якою характеризують послаблення оптичного випромінювання в середовищі за рахунок поглинання і розсіювання світла в ньому. Для оптично однорідного середовища з геометричною протяжністю  $x$   $O_3$  т.  $\tau = \alpha x$ , де  $\alpha$  — коефіцієнт об'ємного поглинання. Інтенсивність випромінювання  $I_0$ , яке проходить через середовище з  $O_3$  т.  $\tau$ , зменшується за експоненціальним законом Бугера — Ламберта:  $I = I_0 e^{-\tau}$ , де  $e = 2,718...$  — основа натуральних логарифмів. У фізиці планетних і зоряних атмосфер використовують звичайно поняття оптичної глибини —  $O_3$  г., яку відлічують від найвищих, розріджених шарів згаданих об'єктів ра-

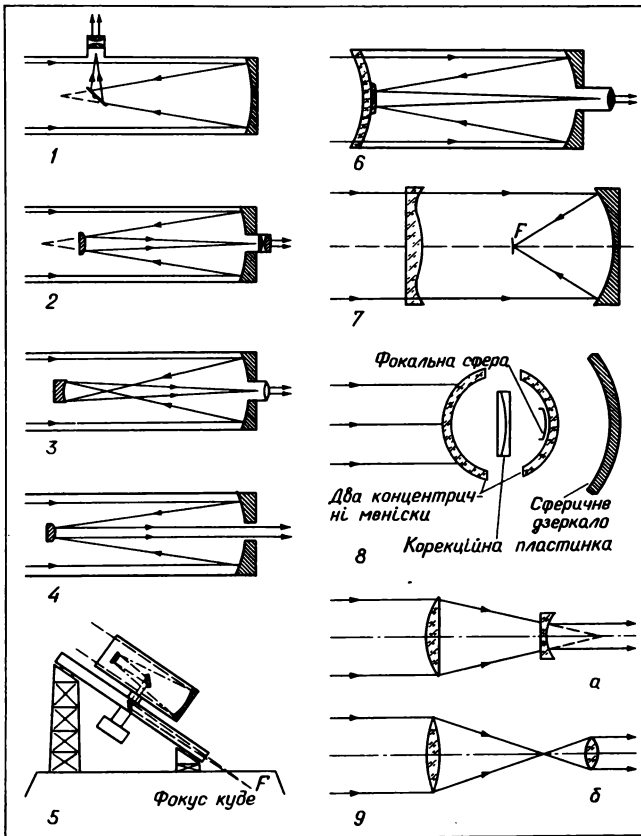


діально в напрямі до їх центрів. Існує поняття усередненої за спектром О. г. і О. г. (О. т.)  $\tau_\lambda$  в окремих довжинах хвиль  $\lambda$ . О. т. атмосфери Землі в оптичному діапазоні  $\tau \approx 0,22$ . Тому блиск зорі в зеніті на  $0,23^m$ , тобто в 1,26 рази менший від того, який насправді має зоря за межами земної атмосфери. Рівень атмосфери Сонця, де О. г. на довжині хвилі  $\lambda = 500$  нм  $\tau_{500} = 1$ , умовно називають поверхнею Сонця.

**Оптична пара** — пара фізично взаємно не зв'язаних зір, які видно на небі близько одну до одної лише внаслідок перспективи.

**Оптична система телескопа** — система лінз або (і) дзеркал, яка забезпечує побудову зображення окремого небесного об'єкта або ділянки зоряного неба. О. с. т. називають *афокальною*, якщо фокуси об'єктива й окуляра суміщені, а світло від далекого об'єкта виходить з неї паралельним пучком. Першими були лінзові О. с. т. Галілея і Кеплера (мал. 24, а, б), причому друга дуже швидко стала загальнозживаною. У рефлекторах використовують такі О. с. т. (мал. 24, 2—8): 1) Ньютона, 2) Кассегрена, 3) Грегори, 4) Мерсена. Для усунення *сферичної аберації* головному дзеркалу надають форми параболоїда обертання. Допоміжне дзеркало в системах Кассегрена і Грегори — опукле параболічне. Останніми роками рефлектори з  $D \approx 3...4,5$  м будують за системою Річі — Крег'єна, хід променів у якій аналогічній системі Кассегрена, але форма головного дзеркала трохи відмінна від параболоїда, а допоміжного — від гіперболоїда. Систему куде (франц. *coude* — ламаний) використовують тоді, коли зображення об'єкта має бути нерухомим. У вилковій системі *монтування телескопа* друге допоміжне дзеркало системи куде не використовують — це О. с. т. Нєсміта. Серед дзеркально-лінзових О. с. т. (катадіоптричних, тобто таких, що заломлюють і відбивають) найбільшою популярністю користується система меніскового касегрена Максубова (мал. 24, в). Тут — дзеркало сферичне, а *сферична аберація* усувається завдяки наявності сферичного меніска. В О. с. т. Б. Шмідта перед сферичним дзеркалом встановлюють корекційну пластинку, внутрішня поверхня якої має складний профіль. В О. с. т. «Супершмідт» використано два концентричні меніски і корекційну пластинку (мал. 24, 8).

**Оптичне скло** — високоякісне щодо прозорості, однорідності, термо- і хімічностіскості скло з наперед заданими оптичними і механічними властивостями (показник заломлення, коефі-



Мал. 24. Лінзові (а, б) та дзеркальні (1 — 8) оптичні системи телескопів: а — Галілея, б — Кеплера, 1 — Ньютона, 2 — Кассегрена, 3 — Грегори, 4 — Мерсенна, 5 — куде, 6 — Максутова, 7 — Шмідта, 8 — система супершмідт

цієнт дисперсії тощо), яке застосовують для виготовлення оптичних приладів, зокрема, лінз і дзеркал. У телескопобудуванні довгий час використовували О. с. двох типів — к р о н і ф л і н т. Крон — це О. с., в якому дуже мало оксиду свинцю, у флінті його, навпаки, дуже багато. Показник заломлення крону  $n \approx 1,52$ , флінту  $n \approx 1,62$ . Комбінація лінз, виготовлених з різних типів скла, дає можливість істотно зменшувати *аберації*, зокрема, хроматичну. Дзеркала рефлекторів тепер виготовляють з монолітних блоків скристалізованого скла, коефіцієнт теплового розширення якого практично дорівнює нулю.

**Орбіти небесних тіл** (лат. *orbита* — колія; дорога) — траєкторії, якими рухаються в просторі небесні тіла, взаємно притягаючись відповідно до закону *всесвітнього тяжіння*. Теоретично О. н. т. досліджує *небесна механіка*. Найпростішим випадком тут є *задача двох тіл*, з розв'язання якої випливає, що одна маса відносно іншої може рухатися по еліптичній, параболічній або гіперболічній орбіті (колова О. є окремим випадком еліптичної О.), залежно від початкових умов (значення швидкості  $v_0$  на певній відстані  $r_0$ ). Розміри і форма О. та її орієнтація в просторі визначається шістьма *елементами орбіти*. Під дією збурюючої сили О. н. т. безперервно змінюється. Кажуть, що орбіта є оскулюючою. Методи визначення О. н. т. за трьома спостереженнями розробив німецький математик і астроном К. Ф. Гаусс (1777—1855).

**Оррерій** — механізм, який демонструє рух планет.

**Освітленість ( $E$ )** — потік *випромінювання*, що падає на один бік поверхні одиничної площі. Якщо ця поверхня перпендикулярна до променів, то О. на Землі від Сонця становить близько  $10^5$  люкс, від повного Місяця близько 0,25 люкс, від усього нічного неба близько  $3 \cdot 10^{-4}$  люкс. В астрономії мірою О. є *видима зоряна величина*.

**Оскулюючі елементи** (лат. *osculo* — розширюю) — *елементи орбіти* небесного тіла (наприклад, планети) для певного моменту часу, за якими можна визначити положення і швидкість тіла на цей момент за формулами *незбуреного руху*. Під дією зовнішньої збурюючої (пертурбаційної) сили О. е. безперервно змінюються. Тому можна сказати, що планета рухається по кеплеровій орбіті, але в кожний наступний момент часу ця орбіта характеризується іншими О. е.

**Особисте рівняння спостерігача** — зумовлена реакцією спостерігача різниця між справжнім моментом астрономічного явища і моментом, зареєстрованим спостерігачем. О. р. с. вра-

ховують, зокрема, при реєстрації моментів покриття зір Місяцем.

**Острівний Всесвіт** — сформульоване німецьким ученим Й. Ламбертом (1728—1777) уявлення, за яким розподіл речовини у Всесвіті має ієрархічну структуру, тобто що Всесвіт складається з окремих систем різних порядків. Гіпотезу О. В. докладніше проаналізував у 1921 р. шведський астроном К. Шарльє (1862—1934). Так, якщо  $R_1, R_2, R_3, \dots$  — радіуси відповідно 1-ої, 2-ої і т. д. системи, а  $N_1, N_2, N_3, \dots$  — кількість членів, що утворюють цю систему, і якщо при цьому задовольняється нерівність  $R_i/R_{i-1} > \sqrt{N_i}$  (світ — ієрархічна послідовність матеріальних систем, розміри яких зростають швидше ніж їх маси, так що середня густина при переході до систем вищих порядків зменшується), то усуваються гравітаційний і фотометричний космологічні парадокси. Саме тому гіпотеза О. В. була популярною в 30—40 роки. Проте згадані тут *парадокси* усуваються в релятивістських моделях Всесвіту, а дослідження скупчень галактик у просторі свідчить про однорідність їх розподілу в масштабах, більших від 300 Мпк. Тому тепер гіпотезу О. В. вважають неправильною.

## П

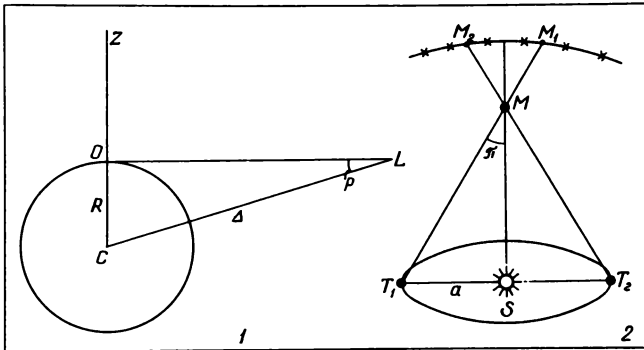
**Палласове залізо** — залізо-кам'яний *метеорит* вагою близько 500 кг, знайдений у 1772 р. в Сибіру поблизу сучасного міста Абакан пєтербузьким академіком П. С. Палласом (1741—1811). Обговорюючи походження П. з., німецький фізик Е. Хладні (1756—1827) у своїй книжці (1794 р.) висловив думку, що метеорити — це фрагменти міжпланетної речовини. Більшість тогочасних учених ідей Хладні зустріла вороже, проте, ці ідеї стимулювали вивчення метеоритів і мали величезне значення для формулювання правильних уявлень про матеріальну єдність Всесвіту.

**Панспермія** (грец. *pans* — усякий, *spërma* — насіння) — гіпотеза про занесення зародків живих істот на Землю з космосу з *метеоритами* або під дією світлового тиску. Гіпотезу П. висловив уперше в 1865 р. німецький учений Г. Ріхтер. Після з'ясування згубної дії *радіації* та *космічних променів* на біологічні об'єкти гіпотеза П. втратила своє значення.

**Парадокс віріальний** — це парадокс, який виник після порівняння потенціальної  $U$  і кінетичної  $E$  енергії галактик в їх згуртуваннях та застосування до згуртувань галактик *теорему про віріал*. Практично для всіх вивчених згуртувань  $E \geq 3U$ . Тому таке згуртування, якщо воно й сформувалося як ціле, повинно було розсіятися за час, менший від 1 млрд. років. Оскільки вік згуртувань галактик досягає 10 млрд. років, то для утримування їх як одного цілого в них повинна бути невидима, *прихована маса*. (Див. *Прихована маса, Теплова смерть Всесвіту*).

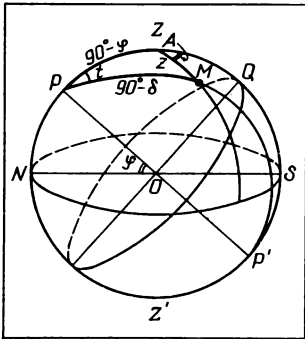
**Парадокс в астрономії (космологічні парадокси)** (грец. *parado* — несподіваний, дивний) — суперечності, які є наслідком формального поширення законів класичної фізики на нескінченний Всесвіт або на досить велику його частину. Звичайно під К. п. розуміють такі два принципи. Перший — фотометричний К. п. або парадокс Шезо — Ольберса, сформульований у 1744 р. швейцарським астрономом Ж. Шезо і в 1826 р. німецьким астрономом Г. Ольберсом: «Коли б Всесвіт був нескінченним і заповнений зорями рівномірно, то вся поверхня неба була б сліпуче яскравою». Другий К. п. — гравітаційний парадокс Неймана — Зелігера, сформульований німецькими вченими К. Нейманом і Х. Зелігером: «Сила тяжіння, яка діє в нескінченному однорідному Всесвіті на окрему частинку, була б нескінченно велика і під її дією тіла набували б нескінченно великих прискорень». Обидва ці К. п. не виникають у релятивістській *космології*. Зокрема, яскравість далеких об'єктів зменшується завдяки *червоному зміщенню*.

**Паралакс** (грец. *parallaxis* — відхилення, зміщення) — видиме зміщення відносних положень предмета внаслідок зміщення ока спостерігача. П. в астрономії — видиме зміщення світил на *небесній сфері* (мал. 25), зумовлене рухом спостерігача внаслідок обертання Землі навколо осі (д о б о в и й П.), обертання Землі навколо Сонця (р і ч н и й П.) та руху Сонячної системи в Галактиці (в і к о в и й П.). Віковий П. визначають з руху великої кількості зір, тому його ще називають статистичним П. В астрономії за вимірюванням паралактичних зміщень знаходять відстані до світил. На цій основі введено й одиницю відстані — *парсек*. Тригонометричний П. світила знаходять точними астрометричними дослідженнями, фотографуючи певні ділянки неба через тривалий час і потім визначаючи зміщення близьких зір на тлі далеких на двох зроблених з інтервалом у півроку пластинках. Тригонометричний П. є основою при встановленні *шкали відстаней*



Мал. 25. Горизонтальний добовий ( $p$ ) і річний ( $\pi$ ) паралакси, визначення яких дає змогу встановити відстані відповідно до об'єктів Сонячної системи (1) та близьких зір (2)

у Всесвіті, оскільки дає можливість пов'язати знайдені з високою точністю відстані в Сонячній системі з відстанями до найближчих зір і далі, використовуючи, зокрема, метод *цефеїд*, перейти до встановлення відстаней до галактик. Вже визначено тригонометричні П. для 6500 зір. Для найближчої до Сонця зорі Проксими Центавра  $\pi = 0,76''$ . Горизонтальний екваторіальний П. Сонця  $p_{\odot} = 8,79''$ : під таким кутом з центра Сонця було б видно екваторіальний радіус Землі. Знайдено його, зокрема, спостереженнями Марса на небі з двох протилежних пунктів Землі, спостережень проходження Венери по диску Сонця, а уточнено радіолокацією Венери й Меркурія. Для Місяця  $p = 57'$ , для планет  $p < 1'$ . Групові П. знаходять, вивчаючи *власні рухи* зір, що належать до одного зоряного скупчення. Фотометричний (або спектральний) П. визначають, встановлюючи абсолютну *зоряну величину* зорі  $M$ , наприклад, за особливостями її спектра (див. *Класи світлості*), та визначаючи її видиму зоряну величину  $t$  безпосередньо із спостережень, тоді  $\lg \pi = 0,2 (M - t) - 1$ . Динамічний П. знаходять з аналізу руху складових подвійної зорі. Знаючи зі спостережень період обертання  $T$  та використовуючи *третій закон Кеплера*, можна знайти П.  $\pi$  або



Мал. 26. Паралактичний трикутник

**Паралактичний трикутник** — трикутник на *небесній сфері* (мал. 26), утворений дугами небесного *меридіана*, *вертикала* і *кола схилень* світила. Його вершинами є полюс світу  $P$ , зеніт  $Z$  і світило  $M$ . Кут  $P$  т., у вершині якого лежить світило, називають *паралактичним кутом*.

**Паралактичні рухи зір** — зміщення зір на *небесній сфері*, зумовлені рухом Сонячної системи відносно цих зір. П. р. з. є частинною *власних рухів* зір і спрямовані до *антиапекса*.

**Паралель небесна (добова паралель)** — *мале коло небесної сфери*, що його описує світило внаслідок добового обертання небесної сфери.

**Параметр прискорення  $q$**  — безрозмірний параметр, певна комбінація масштабного фактора  $R(t)$ , його першої та другої похідної по часу —  $\dot{R}(t)$  і  $\ddot{R}(t)$ :  $q = -R\ddot{R}/\dot{R}^2$ ; за допомогою П. п. в сучасних *космологічних моделях* описується сповільнення в *розширенні Всесвіту*. Величина і знак П. п. визначаються середньою густиною речовини у Всесвіті. При  $q_0 = -1$  (індексом 0 позначають значення П. п. на сучасний момент) Всесвіт *стаціонарний*. Якщо  $q_0 < 1/2$ , то Всесвіт *відкритий* (незамкнений). При  $q_0 = 1/2$  простір *плоский*, е в к л і д і в. При  $q_0 > 1/2$  Всесвіт *закритий*. Остаточні величини  $q_0$  ще не з'ясовано.

масу системи  $M_1 + M_2$  залежно від того, яка з цих двох величин відома.

**Паралактичне монтування (екваторіальне монтування)** — *монтування телескопа*, що має дві осі обертання: одна з них спрямована на полюс світу, друга, перпендикулярна до неї, лежить у площині небесного *екватора*. Осі П. м. дають можливість спрямовувати телескоп у потрібну точку небесної сфери, *годинний кут*  $t$  і *схилення*  $\delta$  якої встановлюють на лімбах П. м. Для повертання телескопа вслід за світилом використовується *годинниковий механізм*. (Див. *Монтування телескопа*).

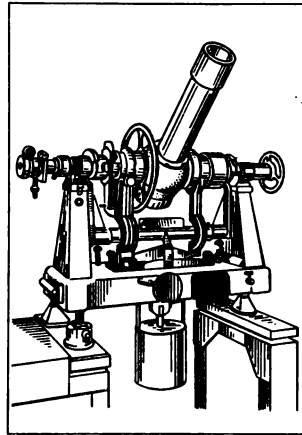
**Парниковий (тепличний, оранжерейний) ефект** в атмосферах планет — підвищення температури нижніх шарів атмосфери планети і її поверхні, обумовлене здатністю атмосфери планети затримувати і частково повертати назад до поверхні її інфрачервоне випромінювання. Внаслідок П. е. температура поверхні Землі на  $40^\circ$  вища, ніж вона була б без П. е. Ще більша роль П. е. у встановленні температурного режиму на Венері. Поглинають інфрачервоне випромінювання планет головним чином молекули води та окису вуглецю.

**Парсек** [пар(алакс) і сек(унда)], пк — одиниця відстані в астрономії. 1 пк — це відстань, з якої радіус земної орбіти видно під кутом  $1''$ . 1 пк = 206 265 а. о. = 3,26 св. року =  $= 30,857 \cdot 10^{12}$  км. 1 кпк = 1000 пк, 1 Мпк = 1 000 000 пк.

**Пасажний інструмент** (франц. *passage* — проходити) — прилад (мал. 27), що складається з астрономічної труби діаметром  $D \leq 18$  см і фокусною відстанню  $F \leq 2$  м, горизонтальна вісь якої встановлена на масивних стовпах-фундаментах. Є також П. і. переносного типу. П. і. використовують для реєстрації моментів проходження небесних світил (при добовому обертанні Землі) через перший *вертикал*, що дає можливість визначити *схилення* світил та *широту* місця, і їх проходження через небесний *меридіан* з метою визначення *прямих піднесень* світил та поправки годинника.

**Пасифе** — назва VIII супутника *Юнітера*. За Гомером, П. — дочка Зевса, одна з трьох грацій (греки назвали їх харитами). (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Патруль** (франц. *patrouille* — дозір) — систематичні спостереження з метою виявлення певних нових об'єктів зоряного неба або докладнішого вивчення явищ на одному з них. М е т е о р н и й П. — установка з 4—6 камер, якою фотографують



Мал. 27. Пасажний інструмент



окремі ділянки неба (3—4 експозиції за 1—2 год) для реєстрації *метеорів*. Перед об'єктивами встановлюють *обтюратор*, який у метеорному сліду робить 50—75 розривів за секунду. П. спалахів на Сонці — неперервний, з інтервалами 2—5 хв огляд диска Сонця у хромосферний *телескоп з інтерференційно-поляризаційним фільтром* для виявлення *сонячних спалахів*.

**Пекулярний** (лат. *peculiar* — особливий) — 1) П. швидкість зорі відносно місцевого стандарту спокою, тобто такої системи відліку, в якій середня швидкість зір з околиць Сонця радіусом близько 50 пк дорівнює нулю. Вважають, що сам початок координат цієї системи відліку рухається по коловій орбіті в галактичній площині навколо центра Галактики з періодом, який дорівнює періоду обертання Сонця. 2) П. зорі — зорі, спектри яких з огляду на їх певні особливості не можна точно класифікувати. Їх позначають буквою *p*, яку ставлять після *спектрального класу*.

**Перезарядка** — обмін електронами між атомами водню *H* та іонами інших елементів ( $Z^+$ ,  $Z^{++}$ ) за схемою  $Z^+ + H^0 \rightleftharpoons Z^0 + H^+$ ;  $Z^{++} + H^0 \rightleftharpoons Z^+ + H^+$ . Завдяки П. істотно змінюється вигляд спектра газової *туманності*, оскільки одні лінії підсилюються, а інші послаблюються порівняно з теоретично визначеними без урахування П.

**Перенесення випромінювання (перенесення енергії)** — явище передавання енергії, зокрема світлової, від одного шару речовини до іншого. В умовах, типових для надр і атмосфер зір, ефективні три механізми П. в.: 1) променистий, 2) конвективний і 3) механізм електронної теплопровідності. Енергія в надрах зір виділяється внаслідок термоядерних реакцій. Первинний квант енергії, який при цьому виникає, — це жорсткий квант гамма-випромінювання з довжиною хвилі приблизно  $0,001 \text{ \AA}$ . Внаслідок процесів поглинання і перевипромінювання кванти поступово (з характерним часом кілька десятків мільйонів років) дифундують до поверхні зорі, причому з кожного початкового  $\gamma$ -кванта утворюється кілька мільйонів квантів видимого світла. Це — променисте П. е. При певних співвідношеннях між величиною потоку енергії, густиною і температурою речовини, через яку цей потік просочується, особливо при певному стані іонізації речовини, променисте П. е. не забезпечує транспортування енергії, яка приходить до межі шару. Тоді виникає конвекція — П. е. потоком речовини. Саме конвекцією переноситься енергія в зовнішньому (товщиною близько  $100\,000 \text{ км}$ ) шарі Сонця.

Механізм електронної теплопровідності (енергія передається за рахунок зіткнень електронів) ефективний лише в надрах зір білих карликів.

**Перетворення Лоренца** — встановлені в 1904 р. нідерландським фізиком Г. Лоренцом (1853—1928) перетворення координат і часу перебігу певної події при переході від однієї інерціальної системи координат до іншої. У 1905 р. А. Ейнштейн вивів їх, виходячи з постулатів спеціальної теорії відносності: 1) рівноправності всіх інерціальних систем відліку і 2) незалежності швидкості поширення світла у вакуумі від руху джерел світла. З П. Л. випливають важливі висновки щодо залежності лінійних розмірів тіл і проміжків часу від того, в якій системі відліку їх вимірюють (зокрема, нерухомий стержень завжди довший від рухомого).

**Перехідне випромінювання** — випромінювання, яке виникає під час переходу електрона з одного середовища в інше, наприклад, із вакууму в пилову частинку і, навпаки, з частинки в вакуум. Теорію П. в. розробили в 1946 р. В. Л. Гінзбург і І. М. Франк (СРСР).

**Перицентр** (грец. *peri* — навколо, зверху і *центр*) — точка на еліптичній орбіті, для якої радіус-вектор одного з тіл, проведений до центра мас, має найменше значення. Якщо центральним тілом є Земля, то це перигей, Сонце — перигелій, зоря — періастр, Місяць — периселеній, Юпітер — періойвій і т. д.

**Пертурбаційна функція** (лат. *perturbatio* — розлад) — математична функція, яку вводять до правої частини рівнянь руху матеріальної точки (наприклад, планети навколо Сонця), щоб урахувати збурення в русі цієї матеріальної точки. При наявності П. ф. з рівнянь руху виводять *оскулюючі елементи* орбіти тіла. Оскільки в цьому разі в розв'язках задачі про рух тіла з'являються періодичні і вікові збурення *елементів його орбіти*, то неминуче виникає питання про *стійкість системи*.

**Пертурбаційний маневр** — зміна траєкторії польоту космічного апарата, яка здійснюється не ракетними двигунами, а з використанням поля тяжіння небесного тіла. Так, завдяки П. в. спочатку поблизу Юпітера (1974 р.), потім Сатурна (1979 р.) і Урана (1986 р.) пролетів космічний апарат «Пионер-11» (США, запуск 1973 р.), «Вояджер-1» (запуск 1977 р.) пройшов поблизу Юпітера (1979 р.), Сатурна (1980 р.), а «Вояджер-2» (запуск 1977 р.) — поблизу Юпітера (1979 р.), Сатурна (1981 р.), Урана (1986 р.) і Нептуна (1989 р.).

**Південь** — момент, коли в певному місці на Землі центр диска Сонця або *середнє сонце* перебуває у верхній *кульмінації* (відповідно справжній П. і середній П.). Для спостерігача, географічна довгота якого  $\lambda$ , П. настає на  $\lambda$  год швидше, ніж на нульовому, грінвіцькому меридіані (грінвіцький П.).

**Північ** — момент, коли для певного місця на Землі центр диска Сонця або *середнє сонце* перебуває в нижній *кульмінації* (відповідно справжній П. і середній П.). Від П. кожної доби відлічується *сонячний час*.

**Північний Полярний Ряд** — група з 96 розміщених у радіусі  $2^\circ$  навколо Північного полюса світу зір, для яких точно визначено фотографічні і фотовізуальні *зоряні величини* (це зорі від 2,12 до 17,47<sup>m</sup>). П. П. Р. у 1922 р. *Міжнародна астрономічна спілка* прийняла за основний фотометричний стандарт.

**Підсистеми Галактики** — див. *Населення Галактики*.

**Підсупутникова точка** — точка на поверхні Землі (або іншої планети), в якій супутник у певний момент часу перебуває в *зеніті*.

**Плававчість магнітна** — розрахована на одиницю об'єму сила, що діє на силову трубку магнітного поля, яка формується, зокрема, в підфотосферних шарах Сонця і при спливанні якої вгору утворюються *сонячні плями*.

**Планетарій** (від *планета*) — 1) Апарат для демонстрування зображення зоряного неба, руху небесних світил, картина яких проєктується на напівсферичний екран — купол лекційного залу. У «Великому П.» кожна з двох куль має по 16 віконць, в які вкладено пластинки з фольги, в кожній пластинці — до 200 маленьких отворів, відносно положення яких і діаметри відповідають положенню зір на небі та їх яскравостям. Всього у «Великому П.» понад 100 проєкційних ліхтарів. 2) Науково-освітня установа, в якій читають популярні лекції з астрономії і суміжних наук, демонструють зоряне небо, виконують прості астрономічні спостереження, працюють гуртки любителів астрономії. В СРСР працює близько 70 П.

**Планетарна туманність** — система, яка складається з світної газової оболонки і ядра — гарячого білого *карлика*. Вперше виявив В. Гершель (1784 р.). Назва П. т. відображає той факт, що при візуальних спостереженнях у телескоп вони подібні до дисків далеких планет — Урана і Нептуна. Тепер відомо близько 1200 П. т., виявлено їх у *Магелланових Хмарах*, в *Туманності Андромеди* та деяких інших *галактиках*. Оболонка П. т.

розширюється зі швидкістю близько 20 км/с, тому час життя. П. т. оцінюється в 20—50 тис. років. За сучасними уявленнями, П. т. утворюється на прикінцевому етапі еволюції зорі, маса якої  $0,6M_{\odot} < M < 2M_{\odot}$ , коли на стадії червоного *гіганта* ядро зорі різко стискається, а оболонка розбухає і розширюється в навколишній простір. (Див. кольорову вклейку, мал. 33).

**Планетезималь** (англ. planet — планета і *infinitesimal* — нескінченно мала величина) — назва дрібних твердих частинок, з яких, за гіпотезою (1905 р.) американських учених Ф. Мюльтона (1872—1952) і Т. Чемберліна (1843—1928), сформувалися планети Сонячної системи. Термін П. вживають і сьогодні, коли йдеться про формування планет з газопилової туманності.

**Планети Сонячної системи** (грец. *astér planètes* — блукаюча зоря) — небесні тіла, які рухаються в полі тяжіння Сонця по еліптичних орбітах і світяться відбитим сонячним промінням. Основна відмінність П. від зір у тому, що температури всередині П. С. с. недостатні для перебігу там термоядерних реакцій, що в свою чергу зумовлене їх малою масою. Крім великих П., до складу С. с. входять *малі планети*. Великі П. за їх фізичними характеристиками поділяють на дві групи: П. з *емнової* групи — Меркурій, Венера, Земля і Марс та П.-гіганти — Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун. Плутон швидше належить до першої групи, але вивчено його ще недостатньо. Основна відмінність між цими групами в тому, що до складу П. першої групи входять в основному важкі хімічні елементи, тоді як П.-гіганти складаються переважно з водню і гелію. Є підстави стверджувати, що П.-гіганти, зокрема, Юпітер і Сатурн, й досі перебувають у стані повільного стискування, внаслідок чого вивільняється гравітаційна енергія, а в їх надрах все ще відбуваються процеси диференціації речовини. У тілі планети земної групи виділяють кору (в Землі її товщина 10—100 км), товстуну мантию (1—3 тис. км) і ядро. Температура в ядрі Землі близько 10 000 К. Основні хімічні елементи, з яких складається Земля, — це залізо (35%), кисень (30%), кремній (15%) і магній (13%). Хімічний склад П.-гігантів близький до сонячного. За обчисленнями, температура в надрах Юпітера досягає 30 000 К. На глибині 25 000 км потужна атмосфера Юпітера переходить у стан рідкого, а потім металевого водню, в центрі Юпітера, очевидно, є кам'яне ядро. Характерним утворенням рельєфу П. земної групи є метеоритні *кратери* (див. *Астроблеми*), які тим численніші і помітніші, чим більш розріджена атмосфера П. Залежно від величини

магнітного поля П. навколо неї спостерігається більш або менш потужна *магнітосфера*. (Див. *Супутники планет*, а також додаток 2 і кольорову вклейку, мал. 34—36).

**Планетна аберація** — кут між справжнім напрямом на планету в момент, коли вловлюваний спостерігачем промінь світла залишив планету; і справжнім напрямом на неї в момент реєстрації його на Землі.

**Планетологія** — розділ *астрофізики*, який вивчає фізику планет Сонячної системи.

**Плеріони** (грец. *plerios* — заповнений) — *туманності*, які утворюються під час спалахів *наднових зір* і в яких інтенсивність радіовипромінювання зростає в напрямі від їх краю до центра. Типовим представником П. є Крабподібна туманність.

**Плейди** (грец. *pleias* — безліч) — молоде розсіяне зоряне скупчення *M 45 (NGC 1432)* в сузір'ї Тельця. Складається з близько 300 зір білого й жовтого кольору. Відстань до П. близько 125 пк. Шість зір П. видно неозброєним оком. Народна назва П. — Квочка.

**Поверхня Мохоровичича** — межа поділу кори і мантії Землі, на якій густина речовини різко зростає від  $3,3 \cdot 10^3$  до  $5,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Названа ім'ям югославського вченого А. Мохоровичича (1857—1936), який довів наявність цієї межі.

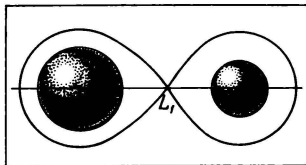
**Поверхня Роша** — поверхня рівного потенціалу, яка оточує систему з двох зір. Переріз П. Р. площиною, в якій зорі обертаються навколо центра мас, має вигляд цифри вісім, причому точка перетину ліній є внутрішньою точкою Лагранжа  $L_1$  — однією з *лібраційних точок* (мал. 28). Порожнину, охоплену П. Р., називають *порожниною Роша*. Уявлення про П. Р. і *порожнину Роша* широко використовують у теорії еволюції *подвійних зір*. Встановлено, що після вигорання водню в надрах зорі її оболонка розширюється, заповнює *порожнину Роша* зорі, після чого речовина через точку Лагранжа  $L_1$  перетікає в напрямі до другого компонента, описуючи навколо неї спіраль і утворюючи диск. (Див. *Нові, Наднові, Лібраційні точки, Межа Роша*).

**Повня, повний Місяць** — одна з фаз Місяця, при якій він повернутий до Землі всією своєю освітленою поверхнею.

**Поглинання світла** — зменшення інтенсивності оптичного *випромінювання*, яке проходить через певне середовище, внаслідок його взаємодії з цим середовищем. Розрізняють *справжнє П. с.*, при якому вся поглинута енергія перетворюється в теплову енергію частинок, і *розсіювання*, коли поглину-

тий квант світла відразу перепроменюється, але в іншому напрямі. П. с. в частотах спектральних ліній називають с е л е к т и в н и м. На основі ідей і методів квантової механіки складено формули і таблиці коефіцієнтів П. с. для широкого інтервалу густин і температур речовини, з якої складаються надра і атмосфери зір, газові туманності і міжзоряне середовище. Найпростішою ілюстрацією факту поглинання світла пиловими туманностями є роздвоєння *Молочного Шляху* від сузір'я Орла до Скорпіона. Пил поглинає світло всіх довжин хвиль, але при розмірах частинок, сумірних з довжиною хвилі, сильніше розсіює короткохвильове випромінювання. Це призводить до послаблення і почервоління зір, особливо тих, які розміщені поблизу площини Галактики. Поглинання світла в напрямі на полюси Галактики дорівнює  $0,4^m$  на кожний клк відстані. У площині Галактики це поглинання значно сильніше — близько  $2^m$  у візуальних променях і близько  $4^m$  у фотографічних на кілопарсек.

**Подвійні зорі** — системи з двох зір, які об'єднані силами тяжіння і обертаються навколо спільного центра мас по еліптичних орбітах. Для в і з у а л ь н о - П. з., з яких відомо понад 60 тис., вдається визначити зміну з часом *позиційного кута* й оцінити період обертання. Якщо напрям на П. з. лежить у площині обертання системи, то П. з. спостерігається як з а т е м н ю в а н о - п о д в і й н а (усього відомо понад 4 тис. зір). Значну частину П. з. виявлено за періодичним зміщенням або роздвоєнням ліній у спектрі. Це — с п е к т р а л ь н о - П. з. (їх відомо близько 3 тис.). Вважають, що в системі П. з. об'єднані до 70 % зір, у т. ч. близько 1/3 П. з. — це системи потрійні або ще вищого порядку (наприклад, зоря Кастор —  $\alpha$  Близнят — є системою з шести зір). За знайденими зі спостережень елементами орбіт П. з. вдалося визначити маси понад 300 компонентів системи. Це, в свою чергу, дало можливість порівняти маси зір з їх *світністю* і знайти залежність маса — світність та ін. За відстанями між компонентами виділяють ш и р о к і



Мал. 28. Переріз порожнини Роша в системі подвійної зорі:  $L_1$  — внутрішня точка Лагранжа

і тісні пари. Обмін масою між компонентами тісних пар у процесі їх еволюції призводить до спалахів типу *нових* і, можливо, *наднових*.

**Позиційний кут** — 1) Один з додаткових елементів орбіти подвійної зорі, яким визначається положення її вузла в картинній площині. П. к. відлічують від напрямку на полюс світу до вузла (він завжди менший від  $180^\circ$ ). 2) П. к. світила  $B$  відносно світила  $A$  — кут з вершиною при  $A$  між напрямом на  $B$  і на Північний полюс світу. П. к. вимірюють у градусах від північної частини кола схилень проти стрілки годинника від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . За допомогою П. к. визначають взаємні положення компонентів подвійних і кратних зір, напрями власних рухів зір тощо.

**Пойнтінга — Робертсона ефект** — падіння частинок міжпланетного середовища по спіральних траєкторіях на Сонце, зумовлене поглинанням квантів сонячного випромінювання. Завдяки *аберації світла* на лобову поверхню частинки, яка обертається навколо Сонця по еліптичній орбіті, падає більше світлової енергії, ніж на протилежну; так виникає сила опору, величина якої на відстані 1 а. о. від Сонця еквівалентна руху частинки в середовищі з густиною близько  $10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>. Якщо така порохинка розміром 0,01 мм рухалася спочатку на відстані 1 а. о. від Сонця, то вона впаде на нього за 7 тис. років. Тому хмара пилових частинок, яка створює явище *зодіакального світла*, повинна була б зникнути всього за кілька десятків тисяч років, якби вона не поповнювалась речовиною, головним чином, з хвостів комет. Пилінки значно менших розмірів силою світлового тиску вимітаються за межі Сонячної системи.

**Показник кольору** [кóлор-індекс ( $CI = m(\lambda_1) - m(\lambda_2)$ )] — різниця між зоряними величинами світила, визначеними в двох спектральних інтервалах з середньою довжиною хвилі  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ , причому завжди вважають, що  $\lambda_1 < \lambda_2$ . Спочатку П. к. було визначено як різницю між фотографічною і фотовізуальною величинами. У триколірній фотометричній системі  $UBV$  використовують П. к.  $U-B$  та  $B-V$ , причому прийнято, що для зір класу  $A0$  П. к.  $U-B = B-V = 0$ . Зокрема, для зір класу  $O$  середній П. к.  $B-V = -0,4^m$ , а класу  $M$  — він дорівнює  $+1,8^m$ .

**Показник тепла** — різниця візуальної та радіометричної зоряних величин світила. З 20-х років П. т. використовували для визначення температур зір.

**Покоління зір** — послідовність зір за віком, яку встановлю-

ють за спектральними дослідженнями вмісту важких хімічних елементів (ВХЕ), тобто всіх елементів, крім водню й гелію, в їх атмосферах. При цьому виходять з уявлень, що зорі з масами (2—8)  $M_{\odot}$  спалахують як *наднові* і що тим самим міжзоряне середовище поповнюється речовиною, в якій є ВХЕ і з якої формуються нові П. з. Так доходять висновку, що зорі, в атмосферах яких ВХЕ менше від 0,5 %, старі, тобто що вони належать до зір першого покоління, їх вік оцінюють у 12—15 млрд. років, це зорі з кулястих скупчень. Вік зір із вмістом ВХЕ близько 1 % оцінюють у 10—12 млрд. років, при 2 % (зорі *головної послідовності*, у т. ч. Сонце) — 5—7 млрд. років, зорі спектрального класу А (вміст ВХЕ 3—4 %) — 0,1—5 млрд. років і зорі класів О і В, де вміст ВХЕ 4 %, — 0,1 млрд. років.

**Покриття** — явище, при якому ближче небесне світило закриває своїм диском світило, розміщене далі. Так, сонячні затемнення є наслідком П. диска Сонця диском Місяця. Спостереження П. зір Місяцем мають велике значення для уточнення радіуса Місяця, уточнення уявлень про його форму, теорії його руху, побудови карт місячного рельєфу, визначення поправок ефемеридного часу тощо. Ці спостереження, які провадять за допомогою біноклів і невеликих телескопів, полягають у фіксації точного (до 0,1 с) моменту зникнення зорі за диском Місяця і появи її. Особливо цінними є спостереження до та після П. зір Місяцем, під час яких зоря в певний момент часу кілька разів і на кілька секунд зникає за нерівностями місячної поверхні. Для уточнення теорії руху супутників навколо планет важливу роль і сьогодні відіграють спостереження П. *галілейових супутників* диском Юпітера, орієнтовні моменти початку й кінця яких друкуються в *щорічниках астрономічних*.

**Політропа** — зоря, в кожній точці якої зв'язок між тиском

$$1 + \frac{1}{n}$$

і густиною має вигляд  $p = Kr^{1 + \frac{1}{n}}$ , де  $K$  — стала,  $n$  — так званий індекс політропи. Якщо зоря охоплена конвективними рухами від центра до поверхні, то  $n = 1,5$ . Якщо енергія в усій зорі переноситься переважно випромінюванням квантів, то  $n \approx 3$ . Величиною  $n$  визначається міра концентрації речовини до центра зорі. Так, при  $n = 1,5$  густина в центрі зорі  $\rho_c$  у 6 раз більша від її середньої густини  $\bar{\rho}$ , при  $n = 3$  густина  $\rho_c = 54 \bar{\rho}$ . Сонце наближено можна розглядати як «політропу індекса 3». Див. *Перенесення випромінювання*.

**Полуденне коло** — астрономічний інструмент, який викори-



стовували астрономи давньої Греції і Середньовіччя для визначення висоти Сонця при його проходженні через небесний меридіан (опівдні).

**Полюси** (грец. *pólos* — вісь) — у широкому розумінні — крайні точки чогось. 1) Географічний п. — точка перетину осі обертання Землі з її поверхнею. Оскільки географічні полюси не зберігають свого положення на поверхні незмінними, то розрізняють миттєві і середні П., для якогось проміжку часу, ефемеридні П. (передбачені наперед). 2) Небесні П. (полюси світу) — точки перетину осі добового обертання Землі з небесною сферою. Завдяки явищам прецесії та нутації Н. п. змінюють своє положення на небесній сфері. 3) П. екліптики — точки перетину перпендикуляра до площини орбіти Землі з небесною сферою. Північний П. екліптики лежить у сузір'ї Дракона на відстані  $23,5^\circ$  від П. світу в точці з прямим піднесенням  $18^h$ . 4) П. Галактики — точки перетину перпендикуляра до площини Галактики з небесною сферою. Координати Північного П. Галактики на 1950 р.:  $\alpha = 12^h 49^m$ ,  $\delta = +27,4^\circ$ .

**Поляр** — об'єкт, характерною ознакою якого є сильна (до 30 %) і змінна поляризація випромінювання. За сучасними уявленнями поляризоване випромінювання виникає внаслідок акреції речовини на зорю білий карлик, що має дуже сильне (близько  $10^{10}$  А/м) магнітне поле, з боку іншого компонента тісної подвійної зорі — червоного карлика. П. відкрито в 1977 р. Першим представником П. є змінна зоря АМ Геркулеса.

**Поляризація світла** — явище порушення осової симетрії в розподілі вектора напруженості електричного (і перпендикулярного до нього магнітного) поля в електромагнітному випромінюванні, яке створюється величезною кількістю (ансамблем) індивідуальних випромінювачів. П. с. настає, зокрема, внаслідок відбивання світла від діелектричної сильно поглинаючої поверхні, проходження світла в анізотропних кристалах, розсіяння світла на вільних електронах в атмосферах зір, на пилинках туманностей і міжзоряного середовища. Поляризованим є й синхротронне випромінювання. Вивчення П. с. дає інформацію про фізичні характеристики джерел світла, хімічний склад, форму й розміри розсіювальних частинок, про величину і геометрію магнітного поля. Факт П. с. виявляють за допомогою аналізатора — поляроїда, який встановлюють у телескопі перед приймачем світлової енергії. Повертаючи аналізатор навколо оптичної осі телескопа, вимірюють най-

більшу та найменшу густину потоку електромагнітного випромінювання  $I_{\max}$  та  $I_{\min}$ , тоді величину  $\rho = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$  називають ступенем поляризації.

**Поляриметр** — прилад для вимірювання поляризації світла небесних світил. Основною складовою частиною П. є аналізатор, який з усього випромінювання виділяє лише ту частину, що поляризована в основній площині кристала. П. встановлюють перед фокальною площиною телескопа; він дає можливість вимірювати ступінь поляризації світла і *позиційний кут*.

**Поляріссима** (лат. *polaris* — полярний) — зоря поблизу полюса світу, яку весь час видно в полі зору *меридіанного кола*. П. використовують як природні *мири* для контролю за стабільністю положення осі інструмента.

**Полярні кола** (Північне і Південне) — земні паралелі, розміщені на відстані  $23^{\circ}27'$  від полюсів Землі. На Північному П. к. Сонце не заходить у день літнього сонцестояння (22 червня) і не сходить у день зимового сонцестояння (22 грудня), на Південному п. к. навпаки. Тривалість полярного дня і полярної ночі зростає від доби на П. к. до півроку на полюсах.

**Полярне сяйво** — світіння іонізованих верхніх шарів *атмосфери* у високих геомагнітних широтах  $67-70^{\circ}$  (зона П. с.). Шари іонізуються під дією струменів заряджених частинок, які прискорюються в *магнітосфері* Землі і рухаються вздовж силових ліній геомагнітного поля вниз. Саме в приполярних районах силові лінії перетинають шари *атмосфери* майже вертикально, тому тут частинки проникають у нижні шари атмосфери, практично не зустрічаючи опору з боку магнітного поля. Частинки прискорюються в хвості магнітосфери. Самі ж частинки рухаються вздовж силових ліній між замкненими силовими лініями, що охоплюють Землю, і незамкненими, які простягаються далеко в хвіст магнітосфери. Причиною самого світіння, яке спостерігається на висотах від 40 до 1000 км і вище, є рекомбінація іонів. Частинки особливо інтенсивно прискорюються під час *сонячних спалахів*, коли до Землі доходять збурення в *сонячному вітрі*. П. с. спостерігаються найчастіше у вигляді: кількох смуг, орієнтованих уздовж геомагнітної паралелі, існують вони протягом хвилин, годин, набираючи різної форми, яскравості, кольору. Під час особливо великих *збурень* П. с. можуть спостерігатися і в помірних широтах (зокрема, на Україні, як це було в 1957 р.). (Див. кольорову вклейку, мал. 37).

**Попелясте світло Місяця** — слабе блідо-сіре світіння неосвітленої Сонцем частини диска Місяця, яке особливо помітне при фазі Місяця  $\Phi \leq 0,2$ . Вимірювання інтенсивності П. с. М. дає змогу визначати *альbedo* Землі, яке в різні пори року коливається в межах від 0,32 до 0,52.

**Поправка годинника  $u$**  — різниця між точним часом  $T$  в його певний момент і показом годинника  $T'$  в цей самий момент, тобто  $U = T - T'$ , так що точний час  $T = T' + u$ .

**Послідовність типів галактик** — див. *Галактика, Хабблівська класифікація галактик*.

**Потемніння до краю диска** — див. *Фотосфера*.

**Потенціальна енергія зорі** — енергія, яка дорівнює роботі поширення речовини зорі на нескінченність. П. е. з. оцінюється формулою

$$U \cong \frac{3}{2} \frac{G M^2}{R},$$

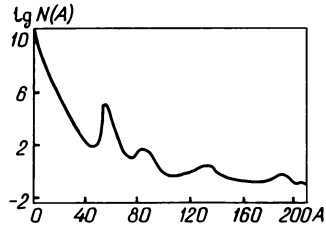
де  $G$  — гравітаційна стала,  $M$  і  $R$  — відповідно маса і радіус зорі. Для Сонця прій  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг і  $R_{\odot} = 6 \cdot 10^8$  м маємо  $U = 6 \cdot 10^{41}$  Дж. У процесі формування зорі з уламка газопилової хмари П. е. з. вивільняється, причому одна половина її висвічується, а друга — витрачається на розігрівання надр *протозорі*. Різке стискання (*колапс*) маси зорі до розмірів  $R = 10$  км призводить до виділення П. е. з. саме такої, яка виділяється при спалахах *наднових*. Це й дало підставу ще в 1934 р. В. Бааде і Ф. Цвіккі (США) висловити гіпотезу, за якою спалах наднової є наслідком переходу зорі в стан *нейтронної зорі*.

**Початкова головна послідовність (головна послідовність нульового віку)** — геометричне місце точок на діаграмі спектр — світність (*Герцшпрунга — Рессела діаграмі*), яке відображає співвідношення між *світностями* зір та їх ефективними температурами (особливостями спектрів, кольорами) на момент, коли втрати енергії хімічно однорідної зорі на випромінювання повністю компенсуються виділенням енергії при термоядерних реакціях. П. г. п. простягається вздовж лівої межі *головної послідовності*. Певний розкид точок на П. г. п. зумовлений неоднаковістю хімічного складу газопилових хмар, з яких ці зорі формуються. Для зір з масою  $M < 0,08 M_{\odot}$  час гравітаційного стискання перевищує вік Галактики, тому вони не досягають П. г. п., а перебувають взагалі справа від головної послідовності.

**Початкова стадія розширення Всесвіту** — одна з найважливіших проблем сучасної космології. Факт розширення світу галактик підтверджується червоним зміщенням у їх спектрах. Наявність реліктового випромінювання в міжзоряному та міжгалактичному просторі свідчить про те, що в минулому Всесвіт пройшов через стадію високої температури. Не так давно, виходячи з формальних розв'язань рівнянь релятивістської космології, вважали, що Всесвіт почав розширюватися від *сингулярності*, тобто стану, коли густина і температура мали нескінченно великі значення.

Нещодавно розроблено теорію інфляційної стадії розширення Всесвіту, протягом якої тиск має від'ємне значення. На цій стадії «народжувались» частинки і античастинки — вони переходили з віртуального стану в стан звичайної речовини. Народжені  $X$ -бозони та античастинки ( $\bar{X}$ ), які їм відповідають, згодом розпадалися, що й призвело до появи протонів і нейтронів, електронів і нейтрино та відповідних античастинок. Оскільки ймовірність згаданих процесів розпаду трохи неоднакова, то це призвело до асиметрії Всесвіту відносно речовини й антиречовини. Після анігіляції частинок та античастинок у процесі розвитку Всесвіту утворюється надлишок фотонів, який спостерігається у вигляді реліктового радіовипромінювання. (Див. *Великий Вибух, Гаряча модель Всесвіту*).

**Поширеність хімічних елементів** — закономірність, якій підпорядковується розподіл хімічних елементів у природі. Так, після водню і гелію, яких у природі найбільше, спостерігається різкий спад кількості літію, берилію і бору (мал. 29). Відносна кількість усіх інших елементів аж до срібла (заряд ядра  $Z=47$ , атомна маса  $A=107,87$ ) в середньому зменшується за експоненціальним законом. Проте тут різко виділяється пік елементів групи заліза. Далі кількість хімічних елементів з  $A > 110$  в середньому майже однакова. При цьому елементів з парною масою приблизно в 10 раз більше, ніж з непарною. Найбільш поширені ізотопи (їх близько 60 % за масою), в ядрах яких



Мал. 29. Відносна поширеність хімічних елементів у Всесвіті

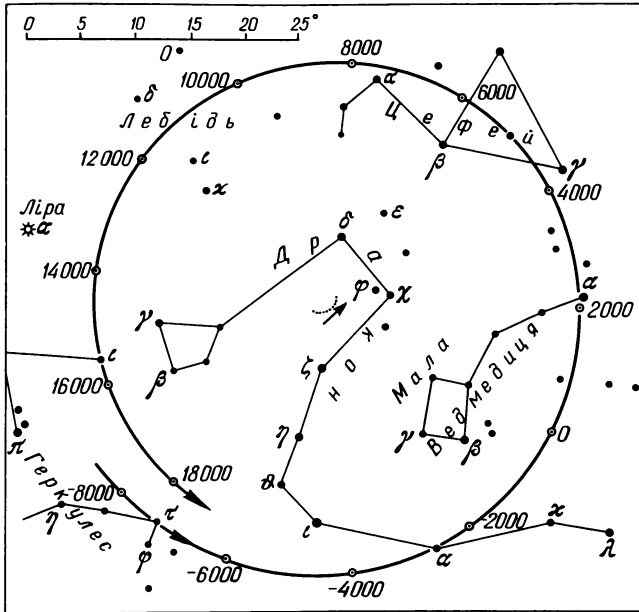
кількість протонів і нейтронів парна. І лише 4 % припадає на ізотопи, в ядрах яких число протонів і нейтронів непарне. При  $Z < 35$  у ядрі кількість протонів і нейтронів майже однакова, а при  $Z > 35$  переважають ізотопи з великим надлишком нейтронів. (Див. *Джерела зоряної енергії, Утворення хімічних елементів*).

**Правило Тіціуса — Бode** — див. *Закон планетних відстаней*.

**Праці ефект** — явище розлітання зір подвійної системи внаслідок значної втрати маси під час спалаху однієї з них. Внаслідок П. е. за час існування туманності — залишку *наднової* — пульсар, який тут утворився, може віддалитися від неї на сотні св. років. За допомогою П. е. можна пояснити також існування групи зір спектральних класів O — V, які мають аномально високі просторові швидкості.

**Прецесія** (лат. *precessio* — випередження) — відкрите давньогрецьким астрономом Гіппархом (II ст. до н. е.) випередження *рівнодень* — повільне (із швидкістю  $50,26''$  за рік) пересування *точки весняного рівнодення*  $\Upsilon$  назустріч видимому річному руху Сонця по *екліптиці*. Так, на початку н. е. точка  $\Upsilon$  була в сузір'ї Овна, а тепер — у сузір'ї Риби. Завдяки П. тропічний рік на 20 хв 24 с коротший від зоряного року. П. зумовлена тим, що оскільки Земля не має точної сферичної форми, а вісь її добового обертання нахилена до площини екліптики під кутом  $66,5^\circ$ , то Місяць і Сонце, притягуючи найближчі до них приєкваторіальні маси Землі сильніше, ніж найбільш віддалені, створюють обертальний момент, який змушує вісь Землі здійснювати прецесійний рух — описувати конус з періодом 25 800 років. Протягом цього періоду Північний (як і Південний) *полюс* світу описує на небі мале коло радіусом  $23,5^\circ$  з центром у полюсі *екліптики*, який лежить у сузір'ї Дракона (мал. 30). Внаслідок П. вся сітка небесних *координат* безперервно, хоч і дуже повільно, зміщується відносно зір, тому й умови видимості їх у пункті з півною географічною широтою з часом змінюються. Так, через приблизно 12 тис. років з території України більшої частини сузір'я Оріон вже не буде видно. Крім згаданої тут місячно-сонячної П., враховують ще й П. від планет, яка за 100 років зміщує точку  $\Upsilon$  в бік заходу на  $12''$  і зменшує нахил екліптики до небесного *екватора* на  $47''$ . (Див. *Нутація*).

**Приймач випромінювання** — прилад для перетворення потоків електромагнітного випромінювання в сигнал іншої фізичної природи з метою їх реєстрації і вивчення. Зокрема, в оптичній



Мал. 30. Прецесійний рух Північного полюса світу (точками в центрі показано рух полюса екліптики)

астрономії як П. в. застосовують фотографічну емульсію, електрофотометри, багатоанодні мікроканалні матричні П. в., у радіоастрономії — радіометри з парамагнітними (мазерними), параметричними або транзисторними підсилювачами, в ультрафіолетовому та рентгенівському діапазонах — лічильники Гейгера — Мюллера тощо.

**Прикладна година** — різниця в часі між моментом кульмінації Місяця і моментом найбільшої висоти припливного горба. П. г. зумовлена тертям, що його зазнає припливний

горб у зв'язку зі складністю форми материків і морського дна. В окремих пунктах Землі П. г. досягає 6 годин.

**Принцип еквівалентності** — принцип точної пропорційності гравітаційної маси, якою визначається взаємодія тіла з полем тяжіння і яка входить до закону всесвітнього тяжіння, та інертною масою, якою визначається опір тіла силі, що діє на нього, і яка входить до другого закону механіки Ньютона. П. е. дав можливість сформулювати твердження, за яким у невеликій ділянці простору-часу поле тяжіння за своїми проявами тожоне прискореній системі відліку. (Див. *Маса*).

**Принцип Маха** — висловлене австрійським ученим Е. Махом (1838—1916) твердження, за яким рух тіл за інерцією зумовлюється дією всієї речовини у Всесвіті.

**Припливи** — періодичні коливання рівня моря, твердих поверхневих шарів Землі та її атмосфери, зумовлені притяганням Місяця і Сонця. П. виникає тому, що сила притягання Місяцем (Сонцем) тих ділянок земної поверхні, які лежать найближче до нього, більша від сили притягання такої самої маси в центрі Землі, яка в свою чергу більша від сили притягання Місяцем (Сонцем) найдальших мас Землі, розмішених на її зворотному боці. Внаслідок цього створюється припливотворна сила (ПТС), обернено пропорційна кубу відстані від елемента маси Землі до Місяця (Сонця). Тому ПТС, зумовлена Сонцем, у 2,16 рази менша від місячної. Під дією ПТС на поверхні Землі виникає вертикальне зміщення до 50 см, а в океані і морях — припливний горб, висота якого в Мезенській губі (Біле море) досягає 10 м, в Ла-Манші — до 15 м, в затоці Фанді (Атлантичне узбережжя Канади) — до 18 м. Основний період П. зумовлений положенням Місяця відносно конкретних пунктів Землі і тому дорівнює 24 год 52 хв. Протягом цього часу висота П. двічі досягає свого найбільшого значення. (Див. *Прикладна година*, *Припливна хвиля*).

**Припливна еволюція** — зміна параметрів систем небесних тіл, зумовлена припливними явищами, які виникають у кожному з них. Зокрема, оскільки кутова швидкість обертання Землі більша від кутової швидкості обертання Місяця навколо неї, то виникає пара сил, які гальмують обертання Землі (доба зростає приблизно на 2 мс за 100 років). У свою чергу, дія припливної деформації на Місяць призводить до віддалення Місяця від Землі на 3 см за рік. За деякими оцінками, мільярд років тому доба на 4 год була коротшою, ніж сьогодні, а приблизно через 4,5 млрд. років Земля за рік здійснюватиме лише

9 обертів навколо своєї осі. Ефекти П. е. значною мірою визначають еволюцію небесних тіл та їх систем, зокрема — галактик. (Див. кольорову вклейку, мал. 38).

**Припливна електростанція (ПЕС)** — електростанція, яка перетворює енергію морських припливів в електричну. ПЕС працює завдяки створеному греблю перепаду висот між рівнями води в затоці або гирлі річки і в океані або морі. При висоті припливу понад 4 м ПЕС може працювати безперервно протягом 4—5 год з перервою на 2—1 год чотири рази за добу. Першу в СРСР Кислогубську ПЕС було збудовано в 1963—1968 рр. на узбережжі Баренцового моря недалеко від м. Мурманська (тут встановлено два поворотні гідроагрегати потужністю до 400 кВт кожний). В СРСР та інших країнах тепер будують значно потужніші ПЕС.

**Припливна хвиля** — явище, пов'язане з коливанням рівня поверхні Землі, зумовленим притягальною дією з боку Місяця і Сонця на окремі елементи її маси. У зв'язку з еліптичністю орбіт Землі й Місяця та нахилом орбіти Місяця до площини екліптики на поверхні Землі в кожний момент часу збуджується велика кількість П. х. різної інтенсивності, які умовно, за їх періодом, поділено на чотири типи: довгоперіодичні, добові, півдобові та короткоперіодичні. Тому й таблиці величин результуючої П. х. містять близько 500 членів. Результатом додавання П. х. різних періодів є припливний горб, який пересувається по твердій поверхні Землі, в її морях і океанах. Для забезпечення мореплавства в багатьох країнах світу публікуються «Таблиці припливів», в яких подано наперед визначені висоти припливів у конкретних портах на кожну годину протягом року.

**Прискорення вільного падіння** — одна з важливих характеристик умов на поверхні та в атмосфері світила. П. в. п. обчислюють за формулою  $g = \frac{Gm}{R^2}$ , де  $G$  — стала тяжіння,  $m$  та

$R$  — маса і радіус світила. Біля поверхні Землі  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ , Місяця —  $1,63 \text{ м/с}^2$ , на рівні *фотосфери* Сонця —  $274 \text{ м/с}^2$ . П. в. п. і температурою газу визначається, зокрема, *шкала висот*, тобто протяжність атмосфери зорі, а тим самим і деякі особливості її *спектра*.

**Присмерки** — певний інтервал часу після заходу (вечірні П.) і перед сходом (ранкові П.) Сонця. Вечірні *громадянські П.* розпочинаються в момент заходу Сонця і три-



вають доти, доки висота центра диска Сонця не досягне значення  $h = -7^\circ$ . У цей момент на небі вже видно найяскравіші зорі. Ранкові громадянські П. розпочинаються перед сходом Сонця з моменту, коли висота його центра  $h = -7^\circ$ , і закінчуються (або розпочинаються вранці) в момент, коли висота центра диска Сонця  $h = -18^\circ$ , від їх кінця (відповідно вранці — до початку) триває ніч і на небі видно слабкі зорі. На географічній широті  $\varphi = 50^\circ$  тривалість громадянських П. дорівнює 38 хв у грудні і 44 хв у липні, астрономічних П. у січні — 59 хв, у червні вони тривають всю ніч. Навігаційні П. тривають від заходу Сонця до його висоти  $h = -12^\circ$ , коли на воді не можна орієнтуватися без сигнальних вогнів.

**Прихована маса** — гіпотетична поки що маса, яка входить до *скупчень галактик* і завдяки якій ці скупчення силами тяжіння утримуються як одне ціле близько 10 млрд. років. П. м. може бути у вигляді слабких карликових зір, чорних дір або велетенських хмар нейтринно, якщо лише вони мають відмінну від нуля масу спокою. (Див. *Парадокс віріальний, Теорема про віріал*).

**Проблема SETI** (*SETI — Search of Extra Terrestrial Intelligence* — пошук позаземного розуму) — проблема, яку астрономи і радіоастрономи поки що безуспішно намагаються розв'язати. Це відобразилося і в зміні її назви, оскільки раніше вона звучала як «проблема зв'язку з позаземним розумом» (*CETI — Communication with Extra Terrestrial Intelligence*). Окремі ділянки неба прослуховуються, зокрема, на довжині хвилі 21 см. Як висловився радянський астроном Й. С. Шкловський (1916—1985), не виключено, що наша цивілізація — єдина в усьому доступному для спостережень Всесвіті, інакше ми були б свідками «космічного дива» — виявляли б певні явища й сигнали, яких не можна було б пояснити дією природних законів. Для оцінки імовірного числа цивілізацій  $N_c$  у Галактиці з її  $N$  зорями користуються формулою Дре́йка:

$$N_c = N f_p \cdot f_n \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \frac{\tau}{T},$$

де  $f_p$  — імовірність того, що зоря має планетну систему;  $f_n$  — імовірність того, що на планеті є умови, сприятливі для зародження життя;  $f_l$  — імовірність того, що на планеті життя виникло;  $f_i$  — імовірність того, що життя досягло розумних форм;  $f_c$  — імовірність того, що розумне життя на планеті досягло такого рівня, при якому ця цивілізація може вступати в зв'язки з іншими,  $\tau$  — тривалість життя технічно розвиненої цивілізації,  $T$  — вік зорі. Ніяких об'єктивних

критеріїв для вибору саме такого, а не іншого значення величин імовірностей немає. Орієнтовно вважають, що  $f_p \approx 0,15$ ,  $f_n \approx 0,01$ ,  $f_i \approx 0,08$ ,  $f_c \approx 0,01$  і  $f_c = 1$ , а  $\tau \approx 2 \cdot 10^5$  років,  $T \approx 5 \cdot 10^9$  років. Тоді з формули Дрейка випливає, що  $N_c \approx 10$ . Середня відстань між двома цивілізаціями в Галактиці мала б становити 10 тис. св. років.

**Провал Герцшпрунга** — зона на діаграмі спектр — світність (*Герцшпрунга — Рессела діаграми*) між головною послідовністю і віткою *гігантів*, в якій концентрація зір на кілька порядків менша, ніж у сусідніх зонах. Вважають, що в процесі еволюції зорі пересуваються через П. Г. дуже швидко. Привертає увагу й те, що через П. Г. проходить смуга нестабільності, уздовж якої розміщені окремі типи пульсуючих зір.

**Проникна сила телескопа** — гранична *зоряна величина*  $m_r$ , яку можна бачити в певний *телескоп* у *зеніті*. Наближено П. с. т. визначають за формулою  $m_r \approx 7,0^m + 5 \lg D$ , де  $D$  — діаметр *об'єктива* в сантиметрах. Зокрема, при  $D = 10$  см маємо  $m_r = 12^m$ .

**Протистояння, опозиція** (лат. *oppositio* — протиставлення) — положення верхньої планети (Марса, Юпітера та ін.), при якому різниця екліптичних *довгот* планети й Сонця дорівнює  $180^\circ$ . Під час П. планета, Земля і Сонце перебувають практично на одній прямій, причому планета буде на середині дуги *назаднього руху*.

**Протисяйво** — слабка дифузна пляма діаметром близько  $20^\circ$ , що спостерігається в протилежній від Сонця ділянці нічного неба. Яскравість П. лише на 10—20 % перевищує фон нічного неба. П. виникає внаслідок розсіювання сонячних променів на порошинках міжпланетного простору.

**Протоатмосфера** (грец. *protos* — перший і *атмосфера*) — газова оболонка планети до початку певних фізичних, хімічних і біологічних процесів у її надрах і на поверхні. Зокрема, як гадають, П. Землі складалася головним чином з водню з домішками метану та аміаку. Внаслідок радіоактивного розігрівання надр Землі та інтенсивної вулканічної діяльності, а згодом завдяки розвитку біосфери в історії земної атмосфери настав перехідний етап, коли головним компонентом став азот, і третій, сучасний азотно-кисневий етап, який триває й тепер.

**Протозоря** — гравітаційно зв'язана сферична хмара газу й пилу, що перебуває у стані *гравітаційного стискування*. Стан П. — перший етап у формуванні зорі і, як гадають, може проявляти себе як космічний *мазер*. (Див. *Зоряна еволюція*).

**Протопланета** — планета на ранній стадії її формування. За сучасними поглядами, П. виникає внаслідок об'єднання під дією гравітації менших твердих тіл — *планетезималей*. За обчисленнями, ріст Землі до сучасних розмірів (за масою) тривав близько  $10^8$  років. На момент сформування Землі температура в її центрі не перевищувала 800 К, а на поверхні 300 К. З часом у надрах Землі дедалі більшу роль відігравали процеси радіоактивного розпаду, за яких виділялася значна кількість енергії. Внаслідок цього окремі зони земних надр розігрівалися до температури плавлення, тому настала тривала фаза гравітаційної диференціації речовини: важкі хімічні елементи опускалися вниз, легкі піднімалися вгору. Цей початковий етап формування земної кори тривав близько  $10^9$  років. В основному такою самою була історія й інших планет, зокрема планет земної групи.

**Протопланетна речовина** — речовина, з якої сформувалися планети Сонячної системи. Під дією сонячного *випромінювання* і *сонячного вітру* відбувалася диференціація П. р.: легкі хімічні елементи — водень і гелій — «виміталися» з близьких околиць Сонця. І, навпаки, завдяки *Пойтінга — Робертсона ефекту* пилові частинки втрачали свій орбітальний момент і наближались до Сонця. Все це призвело до істотної відмінності в хімічному складі планет, їх поділу на дві групи. Протяжний газопиловий диск, який сформувався навколо Сонця, після досягнення критичної густини у відповідності з критерієм гравітаційної *нестійкості* Джінса розпався на окремі згущення. Потім внаслідок злипання окремих пилинок формувалися тверді тіла — *планетезималі*. За обчисленнями, перетворення системи згущень пилу в рій твердих тіл тривало близько 10 тис. років на відстані Землі від Сонця і близько 1 млн. років на відстані Юпітера.

**Протосонце** — центральне згущення, яке утворюється в протопланетній хмарі і з якого при дальшому *гравітаційному стисканні* сформувалося Сонце. За сучасними уявленнями, масивна хмара, яка бере участь у загальному обертанні *Галактики*, не може стиснутися в одне тіло, оскільки цьому заважає її момент кількості руху. Тривалість формування П. оцінюється в  $10^5$  років, початковий радіус П., за теоретичними обчисленнями, був у 100 раз більший від сучасного. Для П. мала б бути характерною висока інтенсивність *сонячного вітру*, навколо П. формувався газопиловий диск і саме магнітне поле диска, намотуючись на П., сприяло передаванню момента

кількості руху від П. диска. З часом з речовини диска й утворилися планети. (Див. *Космогонія*).

**Протуберанець** (лат. *protuberans* — здуваюсь) — утворення в короні Сонця, яке за допомогою *інтерференційно-поляризаційного світлофільтра* спостерігається за краєм сонячного диска у вигляді часто велетенської арки висотою від 15 до 100 тис. км при товщині 4—15 тис. км. На диску Сонця П. видно у вигляді темного *волокна*. П. виникає в сонячній короні недалеко від *зони сонячних плям*. Тривалість життя спокійного П. може досягати 15 місяців. Еруптивні П. розлітаються вгору із швидкостями до 500—700 км/с, причому речовина П. піднімається вгору на висоту до 700 тис. км і падає назад на Сонце. *Температура* речовини П. у 100 раз менша від температури навколишнього коронального газу, а густина в стільки ж разів більша. Форма П. та її еволюція зумовлені геометрією магнітного поля в короні Сонця. (Див. кольорову вклейку, мал. 39).

**Проходження по диску Сонця** — явище проектування планет Меркурія і Венери (можливе також для *комет* і деяких *астероїдів*) на диск Сонця. Планету видно на диску Сонця тоді, коли в нижньому *сполученні* вона перебуває поблизу одного з *вузлів* своєї *орбіти*, інакше вона проектується на небо вище або нижче диска Сонця. Особливості повертання *лінії вузлів* орбіт Меркурія і Венери відносно зір такі, що П. п. д. С. Меркурія буває лише в травні і листопаді через кожні 13 і 7 років (10 листопада 1973 р., 13 листопада 1986 р., 6 листопада 1993 р.). П. п. д. С. Венери буває в червні і грудні з інтервалами 8; 105,5; 8 і 121,5 року (6 грудня 1882 р., 8 червня 2004 р., 6 червня 2012 р.). Спостерігаючи особливості П. п. д. С. Венери 6 червня 1761 р., М. В. Ломоносов (1711—1765) встановив наявність навколо цієї планети щільної атмосфери.

**Проходження через небесний меридіан** — див. *Кульмінація*.

**Пряме піднесення** (пряме сходження  $\alpha$ ) — одна з небесних *координат* у другій екваторіальній системі. Вимірюється від *точки весняного рівнодення* вздовж небесного *екватора* назустріч видимому добовому обертанню *небесної сфери* до кола *схилення* світила. П. п. вимірюють звичайно в годинній мірі від 0 до 24<sup>h</sup>.

**Пульсар** (англ. *pulse* — імпульс) — джерело імпульсного (з високою стабільністю періоду) *космічного радіовипромінювання*. Періоди у відомих 350 П. лежать у межах від  $1,6 \cdot 10^{-3}$  до 5 с. П. — це *нейтронні зорі*, які здійснюють відповід-

но від 600 до кількох обертів навколо осі за секунду, причому вісь сильного (до  $10^{15}$  А/м) магнітного поля не збігається з віссю обертання зорі. Зона нетеплового випромінювання П. лежить на відстані близько 100 радіусів зорі від її поверхні. Перший з П. було відкрито влітку 1967 р. П. — залишок спалаху *наднової зорі* виявлено в Крабподібній туманності. Деякі з П. є компонентами *подвійних систем*.

**Пульсації зір** — ритмічне розширення і стискання зір (як правило, це зорі-гіганти і надгіганти), що проявляються в зміні їх блиску, швидкостей поверхневих шарів (і відповідно радіусів), *спектрального класу* та ефективних температур. При радіальних П. з. зоря, розширюючись і стискаючись, зберігає форму кулі, при нерадіальних — вона може, зокрема, набирати форми то витягнутого, то сплюсненого еліпсоїда. П. з. відбуваються в основному тоні, тобто з основним періодом  $P_1$  (тоді в кожній точці оболонки зорі в певний момент часу речовина рухається в одному напрямі, хоч амплітуда коливання — відхилення від положення рівноваги — зростає до поверхні зорі) і в першому, другому і т. д. обертонах — з періодом, який близький відповідно до  $P_2 = P_1/2$ ,  $P_3 = P_1/3$  і т. д. (тоді на різних відстанях від центра зорі речовина рухається в різних напрямках: якщо, наприклад, зовнішні шари розширюються, то внутрішні стискаються). Періоди П. з.  $P_i$  в основному тоні ( $i=1$ ) і в обертонах ( $i=2, 3, \dots$ ) пов'язані з середньою густиною зорі  $\bar{\rho}$  співвідношенням  $P_i \times \sqrt{\bar{\rho}} = G_i$ , причому для кожної моди, тобто власного коливання зорі, стала  $G_i$  має своє певне значення. Більшість пульсуючих зір змінює свій блиск з основним періодом. П. з. зумовлені наявністю в оболонках зір-гігантів своєрідного к л а п а н н о г о м е х а н і з м у, яким є шар одноразово іонізованого гелію (його позначають He II, а нейтральний гелій — He I). У згаданому шарі коефіцієнт *непрозорості*  $\kappa \sim \rho^{0,7}$ , тоді як для повністю іонізованого газу  $\kappa \sim \rho^{-1}$ . Тому при стисканні іонізований газ (із зростанням його густини  $\rho$ ) підсилено висвічує енергію, тоді як неіонізований її поглинає. Отже, при випадковому стисканні оболонки зорі в зоні He II гелій іонізується вдруге, тобто енергія поглинається (нагромаджується) і просочується в цю зону з надр зорі. Потім розігрітий шар газу (оболонка зорі) розширюється і охолоджується, внаслідок чого електрони рекомбінують з ядрами гелію і нагромаджена енергія висвічується. Оболонка зорі стискається, і цикл П. з. починається з початку. (Див. *Змінні зорі*).

# Р

**Радіант метеорний** (лат. *radians* — випромінюючий) — точка небесної сфери, з якої ніби розлітаються в усі боки метеори потоку. (Див. *Метеорний потік*).

**Радіаційні пояси Землі** — внутрішні зони земної магнітосфери, в яких заряджені частинки утримує магнітне поле Землі. Нижня межа Р. п. З. лежить на висотах від 200 до 1600 км над поверхнею Землі. Умовно виділяють внутрішній Р. п. З., заповнений в основному потоками протонів, і зовнішній, де головну роль відіграють високоенергійні електрони.

**Радіація** (лат. *radiatio* — випромінювання) — загальна назва електромагнітного випромінювання і корпускулярних потоків, які поширюються в навколишньому просторі від Сонця та інших небесних тіл.

**Радіоактивний розпад** (лат. *radio* — випромінюю, *activus* — дійовий) — самовільне (спонтанне) перетворення нестійкого ізотопу хімічного елемента в ізоотоп іншого елемента. Р. р. відкрив у 1896 р. французький фізик А. Беккерель (1852—1908). Явище Р. р. використовують при встановленні віку Землі, Сонячної системи і Галактики. (Див. *Ядерна космохронологія*).

**Радіоастрономія** — розділ астрономії, який вивчає небесні світила на основі реєстрації за допомогою *радіотелескопів* та дальшої інтерпретації їх випромінювання в радіодіапазоні — в довжинах хвиль від часток мм до кількох км. Уперше радіо-випромінювання *Молочного Шляху* спостерігав 1932 р. К. Янський (США). У 1942 р. було відкрито радіовипромінювання Сонця, 1945 р.— Місяця, у 1946 р.— дискретного (майже точкового) об'єкта в сузір'ї Лебедя, що згодом виявився активною *галактикою*. Завдяки дослідженням у радіодіапазоні вдалося виміряти температуру біля поверхні Венери, оцінити густину її атмосфери, виявити *радіаційні пояси* Юпітера, 1963 р. відкрити *квазари*, 1965 р.— *реліктове радіовипромінювання*, 1967 р.— *пульсари*.

**Радіогалактики** — *галактики*, потужності випромінювання яких у радіодіапазоні в  $10^3$ — $10^7$  раз більші від потужностей нормальних галактик у цьому самому діапазоні. Типовою для Р. є кратність джерел радіовипромінювання: більшість Р. складається з двох джерел, розміщених на значних відстанях

від об'єкта, який видно в оптичному діапазоні хвиль, і симетрично відносно нього. Радіовипромінювання  $P$  має, очевидно, синхротронну природу (див. *Синхротронне випромінювання*), його інтенсивність іноді змінюється з часом. Тепер відомо понад 500  $P$ . Однією з  $P$  є об'єкт 3С 295, червоне зміщення якого  $z=0,46$ . Природи  $P$  остаточно ще не з'ясовано.

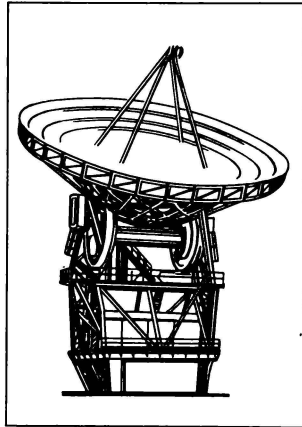
**Радіоінтерферометр** — інструмент для радіоастрономічних спостережень, який складається з двох *антен*, розміщених на відстані  $d$  (база  $P$ .) і з'єднаних між собою кабелем, хвилеводом або радіорелейною лінією зв'язку. Сигнали, які потрапляють на антени від джерела радіовипромінювання, передаються лінією зв'язку на загальний приймальний пристрій, де вони додаються і реєструються. Якщо джерело радіовипромінювання лежить у напрямі, перпендикулярному до лінії, що з'єднує обидві антени, то хвиля, яка йде від нього, збуджує в них струми однакової фази, і амплітуда струму в приймачі буде в два рази більшою, ніж у кожній антені окремо. Внаслідок зміни положення радіоджерела на небі (що зумовлене обертанням Землі навколо осі) виникає різниця ходу променів і різниця фаз, яка йому відповідає, настає часткове або повне згасання сигналу. Так створюється інтерференційна картина, завдяки чому істотно зростає *роздільна здатність* інструмента. Тепер використовують  $P$  з наддалекими базами з незалежною реєстрацією і наступним порівнянням сигналів. Сигнали від кожної антени реєструються на магнітній стрічці або відеоманітофоні, а потім порівнюються на ЕОМ або спеціальному кореляторі. Для синхронізації записів на обох стрічках вдруковуються сигнали часу від високочотних атомних стандартів.

**Радіолокаційна астрономія** — галузь *радіоастрономії*, завданням якої є уточнення масштабів Сонячної системи та вивчення Сонця, планет і їх супутників за допомогою радіохвиль, спрямованих із Землі на небесне тіло і прийнятих після їх відбивання від нього. Так вдалося уточнити значення *астрономічної одиниці*, визначити період добового обертання Меркурія, напрям і період обертання Венери та скласти докладну карту її поверхні. Завдяки радіолокаційному дослідженню Сонця вдалося виявити особливості руху окремих згустків речовини в його короні. Широко використовують метод  $P$ . а. для спостереження *метеорів*, радіосигнал від яких відбивається усім протяжним слідом іонізованого газу, що виникає при влітанні метеора в земну атмосферу.

**Радіотелескоп** — інструмент для приймання і реєстрації

радіовипромінювання небесних об'єктів. Р. (мал. 31) складається з антени (параболічного рефлектора, системи диполів, рупора), фідерної лінії (електричної лінії для передавання енергії — кабеля, хвилевода або радіорелейної лінії), радіоприймача (радіометра) та реєструючої системи. Роздільна здатність Р. з параболічною антеною  $\varphi_D \approx 57,3^\circ \lambda / D$ , де  $\lambda$  — довжина хвилі, на якій проводяться спостереження, а  $D$  — діаметр антени; отже, при  $D = 60$  м і  $\lambda = 1$  м  $\varphi_D = 1^\circ$  — з такою точністю будуть встановлені небесні координати джерела. Тому в радіоастрономії широко застосовують *радіоінтерферометри*. Один з найбільших в СРСР ( $D = 70$  м) Р. встановлено в 1978 р. біля Євпаторії, інший ( $D = 64$  м) — біля Москви. Потужний Р. — РАТАН-600, що складається з 895 окремих дзеркал розмірами  $2 \times 7,4$  м, розміщений у вигляді кола діаметром близько 600 м, встановлено поблизу станції Зеленчуцької на Північному Кавказі. Важливою ланкою радіометра в Р. є підсилювач. Використовують три типи підсилювачів: парамагнітні (мазерні), параметричні (тут використовується властивість напівпровідникових діодів змінювати свою ємність під впливом зовнішнього магнітного поля) і транзисторні. Для реєстрації космічного радіовипромінювання у вузьких спектральних діапазонах і в окремих спектральних лініях використовують багатоканальні спектрометри.

**Реголіт** (англ. *regorge* — знову проковтнути, текти назад і грец. *lithos* — камінь) — пухкий, товщиною 4—12 м шар уламкового матеріалу, що вкриває поверхню Місяця. Р. складається з трьох фракцій: кристалічної виверженої породи, *брекчії* та пухкого дрібнозернистого матеріалу. У середньому діаметр зерен Р. менший від 1 мм. Р. має сірий колір.



Мал. 31. 22-метровий прецизійний радіотелескоп Фізичного інституту АН СРСР ім. П. М. Лебедева



**Регресія вузлів** (лат. *regressus* — назадній рух) — повільний (19,35° за рік, 360° за 18,6 року) рух *вузлів* місячної орбіти із сходу на захід (назустріч руху Місяця). Р. в. є наслідком збурення орбіти Місяця притяганням Землі і Сонця.

**Резонанси в рухах планет і супутників** (лат. *resonans* — той, що відгукується) — різке посилення *припливних* явищ, якщо між періодами обертання планет навколо осі і навколо Сонця або супутників навколо планет встановлюються прості співвідношення. Так, внаслідок припливних сил період осьового обертання Місяця зрівнявся з періодом його орбітального руху. Р. існує в русі та обертанні навколо Сонця Меркурія: період його обертання навколо Сонця (87,97 доби) відноситься до добового періоду (58,65 доби), як 3 : 2. У момент нижнього *сполучення* Венери з Сонцем вона повернута до Землі завжди тим самим боком. Частина щілин у кільці Сатурна пояснюється резонансними впливами супутників на частини кільця, які рухалися в зоні щілини, внаслідок чого вони перейшли на вищу або нижчу орбіту. Існують резонансні співвідношення в системі супутників Юпітера. Еволюція системи *астероїдів* призвела до виникнення так званих люків Кірквуда у внутрішніх зонах кільця, для яких періоди відносяться, як 1 : 3, 2 : 5, 3 : 7, 1 : 2, 3 : 5, і згущень у зовнішніх — при співвідношеннях 2 : 3, 3 : 4.

**Рейя** (у грецькій міфології — дружина Крона-Сатурна) — V супутник Сатурна. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Рекомбінація** (лат. ге — проти і *combinatio* — з'єднання) — захоплення електрона позитивним іоном (процес, протилежний іонізації). Якщо іонізація — результат миттєвого опромінення газу або проходження через нього сильної *ударної хвилі*, то існує характерний час  $\tau$  рекомбінації (релаксації)  $\tau \approx 1/CN_e$ , за який число електронів в одиниці об'єму  $N_e$  зменшиться в  $e=2,718$  раза. За типових для астрофізики умов (температура  $T \approx 10^4$  К/С  $\approx 4 \cdot 10^{-17}$  м<sup>2</sup>/с і концентрації електронів  $N_e = 10^{-20}$  м<sup>-3</sup>) маємо  $\tau = 0,025$  с.

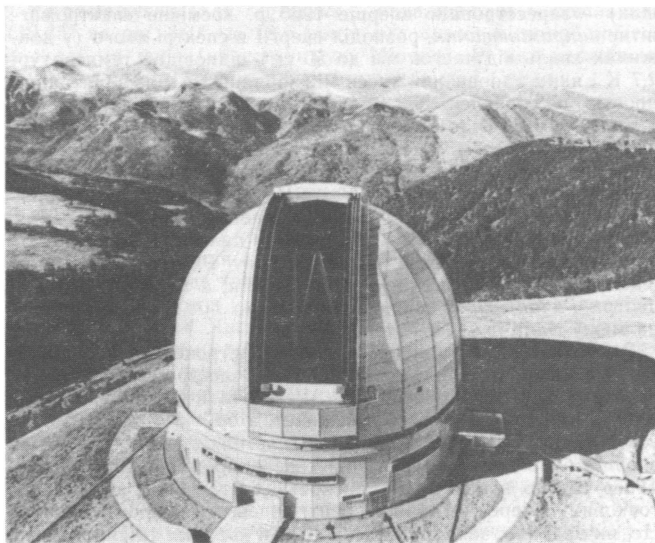
**Релаксація** (лат. *relaxatio* — послаблення) — поступовий перехід фізичної системи з незрівноваженого стану, зумовленого зовнішньою причиною, в зрівноважений. Швидкість Р. описується  $ч а с о м$  Р.— інтервалом часу, за який той або інший параметр системи змінюється в  $e=2,718$  раза. До релаксаційних процесів належать, зокрема, процеси *рекомбінації* електронів після акту іонізації.

**Реліктове радіовипромінювання** (лат. *relictum* — зали-

шок) — зареєстроване вперше 1965 р. космічне електромагнітне *випромінювання*, розподіл енергії в спектрі якого (у довжинах хвиль від часток мм до 50 см) відповідає температурі 2,7 К і яким заповнений увесь міжзоряний та міжгалактичний простір. За обчисленнями, на кожний протон припадає близько 1 млрд. квантів Р. р. Воно є доказом того, що в минулому температура у Всесвіті досягала десятків млрд. кельвінів. Для Р. р. характерна висока *ізотропність*: інтенсивність Р. р. однакова в усіх напрямках. Тому Р. р. відіграє роль своєрідної привілейованої системи відліку, що за невеликим збільшенням інтенсивності в напрямі на сузір'я Діви дало можливість встановити факт руху Землі відносно фону Р. р. із швидкістю близько 390 км/с у напрямі на це сузір'я, а тим самим — рух центра *Галактики* із швидкістю близько 600 км/с у напрямі на межу сузір'їв Діви і Лева.

**Рентгенівська астрономія** — галузь астрономії, яка досліджує навколишній Всесвіт у діапазоні електромагнітного випромінювання від 10 до 0,03 нм. Результати спостережень дістають за допомогою висотних ракет, з борту *штучних супутників Землі* та *автоматичних міжпланетних станцій*. У 1948 р. вперше було виявлено рентгенівське випромінювання Сонця. Тепер відомо кілька тисяч дискретних (точкових або майже точкових) джерел космічного рентгенівського випромінювання. Це, як правило, звичайні зорі, зорі білі *карлики* та спалахуючі *змінні зорі*. Виявлено понад 20 рентгенівських *пульсарів*, понад 30 імпульсних рентгенівських джерел — *барстерів*, понад 20 залишків *наднових зір*. Серед потужних джерел рентгенівського випромінювання є активні *галактики*. Теоретичний аналіз даних Р. а. лише розпочався.

**Рефлектор** (лат. *reflecto* — відбиваю) — *телескоп* з дзеркальним *об'єктивом*. Перший Р. з діаметром дзеркала  $D=2,5$  см та фокусною відстанню  $F=16,5$  см побудував у 1668 р. І. Ньютон. У другій половині XIX ст. було розроблено метод покриття скляних дзеркал срібною плівкою, а з 1930 р. їх почали алюмініювати. Сьогодні найбільшим у світі є Р. з діаметром дзеркала  $D=605$  см і фокусною відстанню  $F=24$  м, який встановлено на горі Пастухова (СРСР, Північний Кавказ) у башті діаметром 44 м (мал. 32). Маса інструмента разом з азимутальним *монтуванням* перевищує 850 т. Другим за величиною є 5-метровий Р. обсерваторії Маунт-Паломар (США). Останніми роками в різних країнах світу побудовано понад 10 Р. з діаметром дзеркала від 3 до 4,5 м.



Мал. 32. Найбільший у світі рефлектор Спеціальної астрофізичної обсерваторії АН СРСР (у горах Кавказу поблизу станції Зеленчуцької). Діаметр дзеркала 6 м

**Рефра́ктор** (лат. *refractus* — заломлений) — *телескоп з лінзовим об'єктивом*. Діаметр одного з перших побудованих Г. Галілеєм у 1609 р. Р. (плоскоопуклої лінзи) дорівнював лише 5,3 см при фокусній відстані 124,5 см, забезпечуючи збільшення в 35 разів. У ХІХ ст. з метою усунення *аберацій оптичних систем* почали виготовляти об'єктиви Р. з кількох лінз, завдяки чому в 10—15 разів також зменшилася довжина телескопа. Під дією сили тяжіння, внаслідок чого *якість зображення* істотно погіршується. Тому найбільший Р., який встановлений в 1897 р. на Йеркській обсерваторії (США), має діаметр об'єктива 102 см.

**Рефракція світла в атмосфері** — заломлення світлових променів в атмосфері, внаслідок якого виміряна *зенітна відстань* світила  $Z'$  на величину  $\rho$  менша від її справжнього значення  $z$ :  $z = z' + \rho$ . При  $z = 30^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$  і  $90^\circ$  рефракція за нормальних атмосферних умов ( $+10^\circ\text{C}$  і  $760\text{ мм рт. ст.}$ ) відповідно дорівнює  $\rho = 0'34''; 1'41''; 2'38''; 5'18''; 35'24''$ . Завдяки  $P$ ., наприклад, видно весь диск Сонця над *горизонтом* тоді, коли насправді лише його верхній край починає сходити. Аналогічно, при заході Сонця спостерігачеві на Землі здається, що його диск лише дотикається до горизонту, а насправді сонце вже зайшло. Внаслідок  $P$ . тривалість дня зростає.

**Рівних висот метод** — метод визначення *поправки годинника* і *широти* місця спостереження за спостереженням зір, небесні *координати* яких відомі, на їх однаковій *висоті* над *горизонтом* до і після *кульмінації*.

**Рівновага** — стан системи, при якому значення фізичних величин системи не залежать від часу. При *г і д р о с т а т и ч н і й*  $P$ . зорі (планети) всі точки перебувають у спокої відносно центра зорі (планети). Сила тяжіння, яка спрямована тут до центра системи і діє на довільний елемент маси, зрівноважується різницею сил тиску, які діють на цей елемент знизу і зверху. У багатьох випадках реалізується стан *д и н а м і ч н о ї*  $P$ ., при якому, зокрема, число переходів атомів із стану  $A$  в стан  $B$  (в стан збудження або іонізації) за одиницю часу дорівнює кількості зворотних переходів  $B \rightarrow A$ . При *т е п л о в і й*  $P$ . довільно взятий елемент речовини за одиницю часу одержує стільки тепла  $E_+$ , скільки він його втрачає —  $E_-$ . Якщо тут притік і втрата енергії відбуваються внаслідок поглинання і перевипромінювання квантів, то це *п р о м е н і с т а*  $P$ . В *а с т р о ф і з и ц і* широко використовують поняття *локальної* і *повної термодинамічної*  $P$ . Перша з них — це  $P$ ., при якій розподіл частинок за швидкостями, стан збудження і стан іонізації описується однаковим числовим значенням температури. Повною термодинамічну  $P$ . називають тоді, коли тим самим значенням температури визначається і величина потоку випромінювання, що виходить з довільно взятого елемента маси. Існує також поняття *к о н в е к т и в н о ї*  $P$ ., при якій середнє значення параметрів системи (густина речовини, її температура) не змінюється з часом, незважаючи на рух її елементів.

**Рівнодення** — момент *часу*, коли центр диска Сонця переходить через небесний *екватор*. У момент *весняного*  $P$ .

(21 березня) Сонце через точку весняного Р. ♈ переходить з південної півкулі неба в північну, в момент осіннього Р. ♁ (23 вересня) — через точку осіннього Р. ♁ з північної півкулі неба в південну. (Див. *Точки рівнодень, Прецесія*).

**Рівняння Кеплера** — співвідношення, яке за величиною середньої кутової швидкості руху планети і *ексцентрисистетом* її орбіти дає можливість визначити значення радіуса-вектора планети, що рухається по еліптичній орбіті. Р. К. — трансцендентне, його розв'язують методом послідовних наближень. (Див. *Елементи орбіти*).

**Рівняння часу** — різниця між середнім місцевим сонячним часом  $T_{\lambda}$  і справжнім сонячним часом  $T_{\odot}$  для того самого моменту  $\eta = T_{\lambda} - T_{\odot}$ . Р. ч. регулярно публікується в Астрономічних календарях. Його числове значення змінюється протягом року від — 16 хв до + 14 хв. Р. ч. використовується, зокрема, для розрахунку показу *годинника* на момент справжнього *півдня* (верхньої кульмінації Сонця), що дає змогу за напрямом тіні від вертикального предмета (лінії виска) встановити напрям *полуденної лінії* (лінії північ — південь).

**Рік** — астрономічна і календарна одиниця вимірювання часу. Р. с и д е р и ч н и й — проміжок часу, за який Сонце здійснює повний оберт по *екліптиці* відносно зір (= 365,25636 доби). Р. т р о п і ч н и й — проміжок часу між двома послідовними проходженнями центра диска Сонця через точку весняного *рівнодення* (= 365,24220 доби). Завдяки *прецесії* тропічний Р. коротший від зоряного. У щоденному побуті люди використовують к а л е н д а р н и й р і к, тривалість якого в середньому близька до тривалості тропічного Р. При обчисленні сонячних і місячних затемнень використовують поняття д р а к о н і ч н о г о Р. як проміжку часу, за який Сонце повертається до того самого вузла місячної *орбіти* (= 346,62003 доби). В астрономії використовують також: 1) Р. а н о м а л і с т и ч н и й — проміжок часу між двома послідовними проходженнями центра диска Сонця через перигей його видимої геоцентричної орбіти (= 365,25964 доби) і 2) Р. б е с с е л і в («Фіктивний Р.») — Р., який починається в момент, коли з урахуванням аберації *пряме піднесення середнього екваторіального сонця*  $\alpha = 18$  год 40 хв. На цей єдиний для всіх астрономів початок відліку (епоху) проводять редуцію всіх астрометричних спостережень, проведених за рік. Р. б е с с е л і в коротший від Р. тропічного на 0,148  $T$  с, де  $T$  — час у століттях, відлічений від полудня 31 грудня 1899 р.

**Розбігання галактик** — встановлений на основі вивчення *червоного зміщення* в спектрах *галактик* факт зростання з часом відстаней між ними. Р. г. зумовлене розширенням доступного для спостережень *Всесвіту*. (Див. *Космологія*, *Космологічне розширення*).

**Роздільна здатність оптичних приладів** — здатність приладів давати відокремлені зображення двох близьких одна до одної точок об'єкта. Якщо ці точки мають однакову *яскравість*, то Р. з. визначають з умови, що їх зображення ще буде видно окремо, коли центр дифракційної плями кожної з них перетинає край першого темного кільця іншого центра. Для візуального *телескопа* з вхідним отвором  $D$  (см) при довжині хвилі  $\lambda = 555$  нм Р. з.  $\alpha'' = 14''/D$ . Для фотографічних *об'єктивів* Р. з.  $N$  визначається найбільшим числом окремих ліній, як видно на 1 мм зображення спеціальної одновимірної ґратки — міри. Тут  $N = 1470 D/F$ , де  $F$  — фокусна відстань об'єктива, а  $D$  — його діаметр.

**Розсіяння ко́мптонівське** — пружне розсіяння фотонів на вільних електронах. В астрономії особливу роль відіграє так званий зворотний ко́мптон-ефект — розсіяння низькочастотних квантів на ультрарелятивістських електронах, що призводить до збільшення енергії фотонів у тисячі разів. Цей ефект може зумовлювати формування *спектрів* нетеплового *випромінювання* окремих космічних об'єктів.

**Розсіяння світла** — зміна напряму поширення оптичного *випромінювання* при його взаємодії з речовиною. 1) Р. с. релєівське — Р. с. молекулами, зокрема, в земній атмосфері, при якому коефіцієнт розсіяння обернено пропорційний четвертому степеню довжини хвилі ( $k_\lambda \sim 1/\lambda^4$ ). Тому в атмосфері Землі голубі промені відхиляються значно інтенсивніше, ніж червоні, і, як наслідок, денне небо має голубий колір. 2) Р. с. томсонівське — Р. с. на вільних електронах. Характерною ознакою цього процесу є сильна *поляризація випромінювання*. Коефіцієнт розсіяння тут від довжини хвилі не залежить.

**Розширення Всесвіту** — зростання відстаней між *галактиками* (зокрема, їх відстаней від нашої Галактики), зумовлене розширенням простору. Підтвердженням Р. В. є *червоне зміщення* в спектрах галактик. (Див. *Космологія*).

**Ротаційна нестійкість** (лат. *roto* — обертаюсь) — стан, який виникає тоді, коли відцентрова сила в певній точці обертового тіла зрівнюється з силою тяжіння. Р. н. може відігравати важ-

ливу роль на ранній стадії формування зорі, коли при її стисканні внаслідок дії закону збереження моменту кількості руху кутова швидкість обертання протозорі істотно зростає. Р. н. може призвести до відокремлення від *протозорі* значної кількості речовини.

**Рух перигелію** — зміщення орієнтації лінії апсид орбіти планети (або супутника) в просторі відносно далеких зір, зумовлене *збуренням* руху планети (супутника). Серед планет найбільшого значення Р. п. досягає в Меркурія: за 100 років перигелій його зміщується в напрямі руху планети на  $566''$ , з них на  $281''$  за рахунок впливу Венери,  $84''$  — Землі,  $3''$  — Марса,  $153''$  — Юпітера і  $7''$  — Сатурна. Надлишок  $38''$  зміщення перигелію Меркурія пояснюється лише ефектом *загальної теорії відносності*. Р. п. Землі, зумовлений ефектом ЗТВ, становить  $3,8''$ , тоді як зміщення перигелію Землі за рахунок притягання Місяця —  $1153''$ .

**Рух полюса** — вікове і періодичне зміщення *полюса* по поверхні тіла Землі. Періодичний Р. п. є наслідком незбігання осі інерції Землі з віссю її обертання (вільний Р. п.), процесів переміщення повітряних мас (вимушений Р. п.). Вперше на існування вільного Р. п. вказав І. Ньютон. Рівняння руху абсолютно твердої землі відносно осі обертання вперше розв'язав Л. Ейлер (1707—1783). Враховуючи дані про несферичність Землі, він визначив період (е й л е р і в е р і о д) Р. п. по земній поверхні — 305 днів. Висновки Ейлера на основі багаторічних спостережень перевірів американський астроном С. Чандлер (1846—1913), який встановив, що період вільних коливань (або вільної нутації) становить 14 місяців (ч а н д л е р і в с ь к и й п е р і о д). Таке збільшення теоретично встановленого періоду пояснюється відхиленням реальної Землі від абсолютно твердого стану. Відомі й коротші періоди Р. п., зокрема, є коливання, близькі до добових. Величина періодичних складових Р. п. не виходить за межі квадрата із стороною 30 м, що призводить до зміни широти конкретного пункту на величину, меншу від  $1''$ . (Див. *Віковий рух полюса*).



**Сáрос** (давньоєгип.— повторення) — проміжок часу в  $6585 \frac{1}{3}$  доби (= 223 синодичних *місяці* = 19 драконічних *років* = 18 років і  $10 \frac{1}{3}$  або  $11 \frac{1}{3}$  доби, залежно від того, скільки високосних років має період), через який внаслідок повторення взаємного положення Сонця, Місяця і *вузлів* місячної орбіти на *небесній сфері* сонячні і місячні *затемнення* повторюються в тій самій послідовності. Протягом одного сароса буває 43 затемнення Сонця і 25—29 затемнень Місяця. Оскільки С. не вимірюється цілою кількістю діб, то, зокрема, смуга повного затемнення Сонця через 18 років зсувається на поверхні Землі в бік заходу майже на  $120^\circ$ . Тому за допомогою С. можна наближено передбачити затемнення Сонця, але важко назвати момент і місце, де його буде видно.

**Світіння атмосфери** — світіння газів верхньої атмосфери Землі на висотах понад 70 км, яке видно вночі. Крім неперервного *спектра* С. а. має емісійні лінії атомів кисню, водню, натрію, смуги гідроксилу, кисню, вуглекислого газу, озону, води. Механізм виникнення С. а. ще не зовсім з'ясований.

**Світіння нічного неба** — явище, зумовлене: а) світінням земної атмосфери завдяки фотохімічним процесам, які в ній відбуваються (близько 50 % С. н. н.); б) розсіюванням на міжпланетній речовині сонячного світла (*зодіакальне світло*); в) розсіянням світлом *зір*; г) дифузним світінням *галактик* (нашої та ін., у т. ч. недосяжних для *телескопів*). (Див. *Яскравість*).

**Світловий проміжок** — час поширення світла від об'єкта до спостерігача.

**Світловий рік** — відстань, яку світло, поширюючись із швидкістю 300 000 км/с, проходить за рік, тобто за  $3,16 \cdot 10^7$  с. 1 св. рік = 0,3066 пк = 63240 а. о. =  $9,5 \cdot 10^{15}$  м.

**Світлосила** — характеристика *оптичної системи*, якою визначається освітленість в її фокальній площині. Геометричною С. називають величину  $A^2 = (D/F)^2$ , де  $D$  і  $F$  відповідно діаметр об'єктива і його головна фокусна відстань. Для різних оптичних систем освітленість у фокальній площині пропорційна  $A^2$ . Чим більше  $A^2$ , тим менша буде експозиція при фотографуванні слабких об'єктів. Проте світлосильні *телескопи*



дають менший масштаб зображення. Існує поняття фізичної  $S$ , яку визначають, помноживши геометричну  $S$  на деякий коефіцієнт  $k$ , чим враховують втрати світла за рахунок відбивання (поглинання) в оптичній системі.

**Світлофільтр** — прилад, що змінює спектральний склад і енергію *випромінювання*, яке падає на нього. Нейтральний  $S$  ослаблює світловий потік рівномірно. В астрономії використовують  $S$ , які пропускають випромінювання лише в певному спектральному діапазоні. Характеристикою  $S$  є півширина  $\Delta\lambda$  кривої пропускання — ширина смуги, для якої коефіцієнт пропускання дорівнює половині його максимального значення.  $S$ , для яких  $\Delta\lambda > 30$  нм, називають широкосмуговими, при  $\Delta\lambda = 10\text{—}30$  нм — середньосмуговими і при  $\Delta\lambda < 10$  нм — вузькосмуговими. Інтерференційно-поляризаційні  $S$  мають смугу пропускання лише 0,05 і навіть 0,01 нм (0,5 і 0,1 Å).

**Світність** — повна кількість енергії, яку випромінює зоря з усієї своєї поверхні за одиницю часу.  $S$  зорі  $L$  пов'язана з її радіусом  $R$  та ефективною температурою  $T_{\text{еф}}$  співвідношенням  $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{еф}}^4$ , де  $\sigma$  — стала *випромінювання*.  $S$  зорі пов'язана з абсолютною зоряною величиною зорі  $M$  співвідношенням  $M = 4,77 - 2,5 \lg L$ , де  $L$  виражене в одиницях світності Сонця  $L_{\odot} = 3,86 \cdot 10^{26}$  Вт. (Див. *Класи світності*).

**Світність критична (Еддінгтонівська світність)**  $L_E$  — встановлена англійським астрономом А. Еддінгтоном (1882—1944) найбільша *світність*, яку може мати зоря, якщо вона світиться за рахунок внутрішніх джерел зоряної енергії.  $S$  к. виводиться з умови, що сила тиску випромінювання і сила тяжіння, які діють на певний елемент маси атмосфери зорі, і спрямовані взаємно протилежно, однакові за величиною. З цього випливає, що  $L_E = 1,3 \cdot 10^3 M_{\odot} / M_{\odot}$  Вт, де  $M$  і  $M_{\odot}$  — відповідно маса зорі і Сонця. Оскільки світність і маса зорі *головної послідовності* зв'язані наближеним співвідношенням  $L \sim M^4$ , то тим самим з виразу для  $S$  к. знаходять, що маса зорі в принципі не може перевищувати 100  $M_{\odot}$ .

**Сейсмічні хвилі** (грец. *seismos* — землетрус) — коливання, які поширюються під час землетрусів. Це — поздовжні  $S$  х. ( $P$ ), поперечні  $S$  х. ( $S$ ) і поверхневі  $S$  х. ( $L$ ). Швидкість поздовжніх  $S$  х. біля поверхні Землі дорівнює 5 км/с, тоді як на глибині приблизно 3000 км вона досягає найбільшого значення 13,5 км/с. Швидкість поперечних  $S$  х. дорівнює 2/3 від швидкості поздовжніх. У рідинах поширюються лише поздовжні  $S$  х.

**Сейсмологія** — розділ *геофізики*, який вивчає землетруси, їх причини, наслідки і засоби захисту будівель через реєстрацію *сейсмічних хвиль*, вивчає внутрішню будову Землі та місцезнаходження корисних копалин. Сучасні сейсмометри здатні фіксувати коливання ґрунтів з амплітудою від  $10^{-9}$  до кількох метрів і в діапазоні частот від тисячних часток до десятків герц.

**Секстант** (лат. *sexlāns* — одна шоста) — переносний кутомірний прилад для вимірювання *висоти світил над горизонтом*. Назва С. пов'язана з тим, що його вимірювальна дуга становить  $1/6$  кола (в сучасних С. —  $1/5$ ). Використовується штурманами кораблів та авіалайнерів.

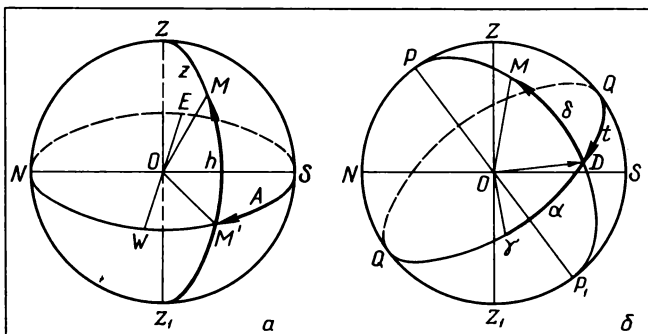
**Секунда** (лат. *secunda* — друга) —  $1/3600$  частка години, одна з семи основних одиниць Міжнародної системи астрономічних сталих. 1) А т о м н а С. чисельно дорівнює  $9\ 192\ 631\ 770$  періодам випромінювання, яке відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію  $^{133}\text{Cs}$ . Атомна С. відтворюється за допомогою цезієвих еталонів частоти і часу. Введена в 1967 р. 2) Е ф е м е р и д н а С. — це  $1/31556925,9747$  частка тропічного року на 31 грудня 1899 р. 12 год дня. Ефемеридну с. визначають зі спостережень руху Місяця і планет. Введена в 1956 р. До цього часу використовувалася С. як  $1/86400$  частка середньої сонячної (і зоряної) доби. Проте така С. не є сталою величиною, оскільки Земля обертається навколо своєї осі нерівномірно.

**Селена** (грец. *Selene*, у давньогрецькій міфології — богиня Місяця, сестра Геліоса) — назва Місяця, яку використовують для формування пов'язаних з Місяцем слів і понять. Так, розділ астрономії *селенографія* — описує поверхню Місяця, *селенодезія* — досліджує його форму і розміри, *селенологія* — вивчає будову та хіміко-мінералогічний склад Місяця. Селеноцентрична орбіта — навколomisячна орбіта.

**Середнє екваторіальне сонце** — фіктивна точка, яка із сталою кутовою швидкістю рухається по *екліптиці* і за тропічний рік здійснює на ній повний оберт. *Прямі піднесення  $\alpha$  С. е. с.* і справжнього Сонця пов'язані між собою *рівнянням часу*. Використовують для відліку середнього сонячного часу.

**Сёрджи** — поворотні викиди речовини на Сонці, які під час *сонячних спалахів* розлітаються вгору до висот 200 тис. км зі швидкостями до 200 км/с і повертаються назад тим самим шляхом уздовж магнітних силових ліній. Дрібніші бризки називають *спреями*.

— **Сигнали точного часу** — сигнали, які передаються по радіо



Мал. 33. Горизонтальна (а) і екваторіальна (б) системи небесних координат

і телебаченню в певні моменти доби, в СРСР — у вигляді шести коротких сигналів, причому початок останнього сигналу збігається з початком години. Ряд радіостанцій світу веде також цілодобову передачу С. т. ч., зокрема, в СРСР — радіостанція з позивними РВМ на частотах 5, 10 і 15 МГц, а з позитивними РТА — на частотах 10 і 15 МГц.

**Сизигія** (грец. *syzygia* — сполучення, пара) — загальна назва двох фаз Місяця — нового і повного Місяця, коли Сонце, Земля і Місяць розміщуються приблизно на одній прямій лінії. В моменти С. відбуваються затемнення Сонця і Місяця, найбільшої величини досягають припливи.

**Сингулярність** (лат. *singularis* — окремий, особливий) — стан з надвисоким (формально таким, що дорівнює нескінченності) значенням густини і температури речовини, з якого, у відповідності з космологічними моделями О. О. Фрідмана, мало б відбуватися розширення Всесвіту.

**Синіопе** (у грецькій міфології — німфа) — IX супутник Юпітера. Закінчення е свідчить, що супутник обертається навколо планети в зворотному напрямі. (Див. *Супутники планет і додаток 3*).

**Синхрона** (грец. *syn* — разом, вкупі, *chrónos* — час) — крива, уздовж якої в хвості комети розміщуються пилінки, які одночасно залишили ядро комети.

**Синхротронне випромінювання** — випромінювання електромагнітних хвиль (йдеться переважно про радіодіапазон) при русі заряджених частинок (в космічних умовах переважно електронів) з релятивістськими швидкостями ( $v \approx c$ ) в магнітному полі напруженості  $\vec{H}$ . Має сильну поляризацію. У космічних просторах число релятивістських електронів, які мають енергію  $E$ , пропорційне  $E^{-\gamma}$ , де  $\gamma = 1,5 \dots 5$  — показник спектра. Тому залежність інтенсивності  $S$  в. від частоти визначається співвідношенням  $I_\nu \sim \nu^{-\alpha}$ , де  $\alpha \approx 0,25 \dots 2$ . Отже, при середньому значенні  $\alpha \approx 1$  тут  $I_\nu \sim \nu^{-1}$ , тоді як у випадку теплового випромінювання в радіодіапазоні, згідно з асимптотичною формулою Релея — Джінса,  $I_\nu \sim \nu^2$ . Тим самим спостереження космічного джерела в двох частотах дає можливість встановити механізм випромінювання.  $S$  в. (як і *кривотраєкторне* і *циклотронне випромінювання*) характерне для багатьох космічних об'єктів — *кварзів, пульсарів, залишків наднових, активного Сонця, планет Юпітера і Сатурна.*

**Система астрономічних сталих (САС)** (грец. *systema* — ціле, складене з частин) — сукупність *астрономічних одиниць, сталих* і параметрів, які використовують для розв'язування конкретних задач, зокрема ефемеридної астрономії (сучасна С. а. с. прийнята на XVI Конгресі МАС в 1976 р.). В С. а. с. за астрономічну одиницю (АО) часу взято одну *добу*, яка містить 86 400 с, за АО маси — масу Сонця, за АО відстані — *астрономічну одиницю*. Вважають, що швидкість світла  $c = 299\,792\,458$  м/с, світловий час для одиничної відстані (тривалість проходження світлової хвилі відстані в 1 а. с.)  $\tau_A = 499,004782$  с, екваторіальний радіус Землі  $R_e = 6\,378\,140$  м, стала гравітації  $G = 6,671 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг·с<sup>2</sup>), відношення маси Місяця до маси Землі  $\mu = 0,01230002$  ( $= 1/81,30068$ ), маси Сонця до маси Землі — 332 946,0 тощо.

**Система небесних координат** — сукупність опорних точок і кіл на *небесній сфері*, за допомогою яких визначається положення світил на небі. Серед них — *горизонтальна* (мал. 33, а) С. н. к. (координати — *азимут*  $A$  і *висота* світила над горизонтом  $h$ ), перша і друга *екваторіальна* (мал. 33, б) С. н. к. (координати відповідно: *годинний кут*  $t$  і *схилення*  $\delta$  та *пряме піднесення*  $\alpha$  і *схилення*  $\delta$ ), *екліптична* С. н. к. (екліптична *довгота*  $\lambda$  і *екліптична широта*  $\beta$ ) та *галактична* С. н. к. (галактична *довгота*  $l$  і *галактична широта*  $b$ ).

**Система світу** — уявлення про розміщення в просторі Землі, Сонця, планет і зір. Виходячи з безпосередніх вражень, дав-

ньогорецькі філософи склали уявлення про кулясту Землю, яка лежить у центрі світу і навколо якої обертаються Місяць, Сонце, планети й увесь небосхил з розмішеними на ньому зорями. Математично цю геоцентричну С. с. розробив К. Птолемей (II ст. н. е.). Пояснюючи петлеподібний рух планет на небі, Птолемей вважав, що планета рухається рівномірно по малому колу — *епіциклу*, центр якого, також із сталою кутовою швидкістю, рухається навколо Землі по *деференту*. І лише через 1300 років польський учений М. Коперник (1473—1543) замінив систему Птолемея геліоцентричною С. с., яка правильно пояснювала місцезнаходження в С. с. Сонця й Землі відповідно як центрального світила і рядової планети. Визначну роль в обґрунтуванні й утвердженні геліоцентричної С. с. відіграли праці Й. Кеплера та І. Ньютона.

**Скафіс** — прилад, що його античні астрономи використовували для вимірювання *висоти* Сонця над горизонтом і тим самим для встановлення моментів *сонцестоянь* і *рівнодень*. С. складався з чаші, виготовленої у формі півкулі, в центрі якої був установлений вертикальний стержень. На внутрішній поверхні чаші, куди падала тінь від стержня, наносили горизонтальні кола, що відповідали певним висотам Сонця над горизонтом.

**Скляна бібліотека** — сукупність пластинок із зображеннями окремих ділянок неба, отриманих на астрономічних фотографічних камерах протягом багатьох десятків років. Систематичне фотографування неба розпочато в 1880 р. і тепер близько 50 % усіх астрономічних спостережень здійснюють за допомогою фотографії. Наявність С. б. дає можливість порівнювати положення одних світил серед інших, вивчати зміну *блиску* зір з часом, зокрема, нестационарних *зір* і *кварзів*, вести пошук планетних систем поблизу близьких зір тощо.

**Скупчення галактик** — групи *галактик*, в яких налічується сотні і тисячі членів. У центрі кожного С. г. міститься велетенська галактика, в якій сконцентровано до 10 % маси всього скупчення і маса якої може досягати  $10^{13} M_{\odot}$ . Маси цих галактик можуть зростати за рахунок поглинання сусідніх («к а н і б а - л і з м г а л а к т и к»). Швидкості відносних рухів галактик у С. г. досягають 1000 км/с. Оцінки видимої маси С. г. показують, що її не досить для гравітаційного утримування С. г. як цілого протягом близько 10 млрд. років. Тому виникла гіпотеза наявності в С. г. *прихованої маси*, природи якої ще не з'ясовано. Простір між галактиками заповнений гарячим (до

$10^8$  К) газом з густиною до  $10^{-31}$  кг/м<sup>3</sup>, який виявляє себе рентгенівським випромінюванням і впливом на спектр реліктового радіовипромінювання. Ця обставина дає можливість незалежно вивчати відстані до С. г., робити важливі висновки про еволюцію Всесвіту. С. г.— остання гравітаційно зв'язана структура у Всесвіті. Надскупчення галактик вже проявляють риси космологічного розширення, стримати яке власна гравітація надскупчення вже не спроможна. Найближче С. г. розміщено в сузір'ї Діви на відстані близько 20 Мпк, воно має в своєму складі 200 об'єктів, третина з них — еліптичні та лінозоподібні, решта — спіральні галактики усіх типів; багато карликових еліптичних галактик, неправильних галактик на таких відстанях вже не видно. Найдалі з усіх відомих С. г.— С. г. в сузір'ї Волосся Вероніки, відстань до якого становить 5200 Мпк.

**Скупчення зоряні** — гравітаційно зв'язані системи зір, об'єднані спільністю походження. Відомі два типи С. з.— розсіяні і кулясті. У розсіяних С. з.— десятки й сотні зір, прикладом є Плеяди та Гіади. Проявляють вони себе найчастіше близькістю власних рухів, групуванням на небі, спільними характеристиками зір, що входять до С. з. Розміри розсіяних С. з.— до 20 пк, їх число в Галактиці, очевидно, досягає кількох десятків тисяч, хоч відомо поки що близько 1200. Зорі, що об'єднуються в розсіяні С. з., молоді і належать до плоскої підсистеми Галактики. Наймолодші з них — зоряні асоціації, в яких групуються зорі спектральних класів *O*, *B*, (*O*-асоціації) або зорі типу *T* Тельця, які перебувають ще в стадії формування (*T*-асоціації). У кулястих С. з.— до  $10^6$  зір, їх вік досягає 10—12 млрд. років, вони належать до сферичної підсистеми Галактики. Розміри кулястих С. з. до 40 пк, відомо в Галактиці близько 130. Вони концентруються рівномірно до центра Галактики. Спостерігаються і в сусідніх галактиках. Деякі з них є потужними джерелами рентгенівського випромінювання, тому висловлено гіпотезу, за якою в центрі кулястих С. з. може бути чорна діра. (Див. Кольорову вклейку, мал. 40).

**«Слонові хоботи»** — темні вузькі протяжні утворення, які вклинюються в світлу туманність. При дальшому стисканні гарячим газом окремі згустки цієї холодної речовини ізолюються, утворюючи глобули, що, як гадають, є зародками молодих зір.

**Служба руху полюсів міжнародна** (МСРП — *International Polar Motion Service*) — створене в 1961 р. міжнародне об'єднання наукових установ для всебічного вивчення руху геогра-

фічних *полюсів* Землі. Раніше, з 1898 р., така служба діяла під назвою Міжнародної служби широти. МСРП особливу увагу звертає на виявлений у 50-х роках віковий рух полюса в напрямі  $76^\circ$  західної довготи із швидкістю 11 см за рік. Центр збирання інформації МСРП розміщений у м. Міцузава (Японія).

**Служба Сонця** — сукупність заходів для систематичного вивчення всіх проявів *сонячної активності*. У програму С. С. входять спостереження *фотосфери* в білому світлі, *хромосфери* за допомогою хромосферних *телескопів з інтерференційно-поляризаційним фільтром*, *сонячної корони* за допомогою позазаземнених *коронографів* на високогірних обсерваторіях. Реєструється також радіо- та рентгенівське *випромінювання* Сонця. В СРСР С. С. здійснюють до 20 *обсерваторій*. Результати спостережень публікуються в щомісячному бюлетені «Солнечные данные», які використовують, зокрема, для прогнозування умов поширення радіохвиль у земній атмосфері, складання прогнозів погоди.

**Служба часу** — сукупність спеціалізованих лабораторій, обсерваторій та інших установ, які визначають, зберігають *час* і передають інформацію про нього споживачам. В СРСР існує Державна С. ч. і частоти. Сучасні С. ч. більшості країн, роботу яких об'єднує *Міжнародне бюро часу* в Парижі, використовують атомний час, який зберігається за допомогою атомних *годинників*. Інформація про точний час передається споживачам за допомогою *сигналів точного часу*.

**Смуга нестабільності** — вузька смуга на діаграмі спектр-світності (*Герцшпрунга — Рессела діаграма*), уздовж якої по діагоналі зліва направо і знизу вгору над зоною *гігантів* і до зони *надгігантів* розміщуються пульсуючі *змінні зорі*, причому при переході зліва направо період пульсації зростає від близько 1 год до 100 діб. Зорі ліриди розміщені в *провалі Герцшпрунга*.

**Сол** — марсіанська доба.

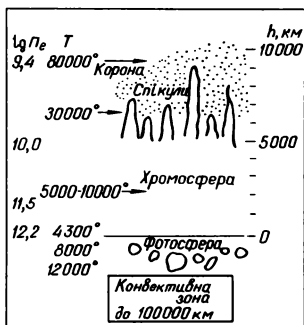
**Солітон** (лат. *solitarius* — одинокий) — відокремлена хвиля, яка, зокрема, у вигляді горба може досить довго рухатися по поверхні води, не змінюючи своєї форми. При зустрічі двох С. вони вільно проходять один через одного, а при наближенні С. до берега виникає цунамі — велика хвиля. Останнім часом розробляється теорія руху С. у кристалах, магнітних матеріалах, надпровідниках, в живих організмах, в атмосфері Землі та інших планет, в галактиках. С., зокрема, виникають у *хромосфері* Сонця над *сонячними плямами*. Тут при зіткненні двох

С. виникають великий струм, *нестійкість* і короточасне радіо-випромінювання.

**Сонцестояння** — момент часу, під час якого центр диска Сонця проходить через точку С.— точку *екліптики*, найбільш віддалену від небесного *екватора*. В момент літнього С. *схилення* Сонця дорівнює  $\delta = +23^{\circ}27'$ , в момент зимового С.  $\delta = -23^{\circ}27'$ . Назва С. пов'язана з тим, що поблизу С. схилення Сонця з кожним днем змінюється дуже повільно, а тому висота Сонця у верхній кульмінації протягом кількох днів практично однакова. Тепер Сонце проходить через *точку сонцестояння* літнього 21 (22) червня і цей момент вважають початком літа в північній півкулі, через *точку сонцестояння* зимового Сонце проходить 21 (22) грудня, це початок зими в північній півкулі.

**Сонце** — найближча до нас зоря, центральне тіло *Сонячної системи*. Основні параметри С.: зоря *спектрального класу* G2 V; маса  $M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30}$  кг; *світність*  $L_{\odot} 3,86 \cdot 10^{26}$  Вт; радіус  $R_{\odot} = 695\,990$  км; ефективна *температура*  $T_{\text{еф}} = 5806$  К; *видима зоряна величина* в зеніті — 26,58<sup>m</sup>, поза атмосферою — 26,85<sup>m</sup>, абсолютна болометрична величина  $M_{\odot} = +4,72$ ; найбільший видимий кутовий діаметр (у січні)  $32^{\circ}36''$ , найменший (у липні)  $31^{\circ}31''$ ; період обертання на екваторі 24 доби 6 год, *прискорення вільного падіння* на умовній поверхні (де *оптична глибина* на довжині хвилі  $\lambda = 500$  нм  $\tau_{500} = 1$ )  $g_{\odot} = 273,98$  м/с<sup>2</sup>; нахил осі обертання до осі екліптики  $7^{\circ}15'$ ; густина в центрі близько  $1,55 \cdot 10^5$  кг/м<sup>3</sup>, на поверхні —  $3 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>; температура в центрі до  $15 \cdot 10^6$  К; маса, в якій виділяється енергія, приблизно дорівнює  $0,35M_{\odot}$ ; середня магнітна індукція на поверхні —  $10^{-4}$  Тл. Енергія через всю товщу Сонця переноситься перевипромінюванням квантів, у зовнішній частині (оболонці товщиною до 100 000 км, приблизно  $1/7 R_{\odot}$ ) — конвекцією. Це перемішування речовини у верхніх шарах, як спостерігається на поверхні Сонця у вигляді *грануляції*, призводить до формування трубок магнітних силових ліній, які, спливаючи на поверхню Сонця, створюють явище *сонячної плями*. При вивченні будови атмосфери С. виділяють *фотосферу* (мал. 34), *хромосферу* і *корону*. В атмосфері С. відбуваються процеси, які об'єднуються спільною назвою — *сонячна активність* (плями, спалахи, *протуберанці*), яка певним чином впливає на біосферу Землі (див. *Сонячно-земні зв'язки*). З речовини зовнішньої корони формується *сонячний вітер*. С. ле-





Мал. 34. Схема будови атмосфери Сонця; вказано температури і концентрації електронів залежно від висоти

площею і яскравістю факелів і флокул. В середині XIX ст. було виявлено циклічність С. а.— істотну зміну числа плям на Сонці протягом 7,5—16 років при середній тривалості циклу 11,1 року. Виявлено також зміну величини максимуму 11-річного циклу протягом близько 90 років. Не виключене існування циклу з характерним часом близько 1800 р.

**Сонячна корона** — зовнішня частина атмосфери Сонця, яку під час повного сонячного затемнення видно у вигляді сріблястого сйва навколо покритого Місяцем диска Сонця (див. кольорову вклейку, мал. 41). З 1931 р. С. к. спостерігають і без затемнення. С. к. простягається на відстань понад  $10 R_{\odot}$ , температура С. к. досягає  $2 \cdot 10^6$  К, а над активними зонами до  $(20 \dots 40) \cdot 10^6$  К. Загальна форма С. к. істотно змінюється з фазою циклу сонячної активності: в роки мінімуму С. к. витягнута уздовж екватора, в роки максимуму вона практично сферична. Яскравість С. к. у мільйон разів менша від яскравості фотосфери і не перевищує яскравість Сонця в повні. Світиться С. к. головним чином внаслідок розсіювання фотосферного випромінювання на вільних електронах, оскільки практично всі атоми в короні іонізовані. Виділяють в н у т р і ш н ю корону — шар, відстань якого від лімба не перевищує  $0,3 R_{\odot}$ , і з о в н і ш н ю

жить на відстані близько 10 кпк від центра Галактики і обертається навколо нього зі швидкістю близько 250 км/с, здійснюючи оберт приблизно за 220 млн. років. Джерелом енергії Сонця є реакції протон-протонного циклу.

**Сонячна активність** — сукупність явищ на поверхні Сонця, які зумовлені процесами, що відбуваються в його надрах. Проявами С. а. є сонячні плями, факели, флокули, волокна, протуберанці, збільшення ультрафіолетового, рентгенівського та корпускулярного випромінювання Сонця. Інтенсивність проявів С. а. описують числами Вольфа, сумарною площею плям,

корону — всю іншу її частину. У внутрішній С. к. спостерігають складні структурні утворення — дуги, «шоломи», *корональні конденсації*. Зовнішні шари С. к. розширюються в міжпланетний простір, причому швидкість коронального газу — сонячного вітру — зростає від кількох до 400 км/с на відстані 1 а. о.

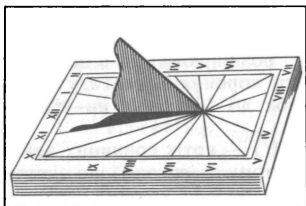
**Сонячна нейтринна одиниця (SNU)** — потік сонячних нейтрино, при якому в детекторі (нейтринному *телескопі*), що містить  $10^{36}$  ізотопів  $^{37}\text{Cl}$ , утворюється одне ядро  $^{37}\text{Ar}$  за одну секунду.

**Сонячна система** — взяті в їх сукупності *Сонце, планети, астероїди, комети*, метеорні тіла, дрібні пилові частинки і потоки *сонячного вітру*, які об'єднуються в єдине ціле гравітаційною взаємодією.

**Сонячна стала ( $q$ )** — кількість променевої енергії, яка приходить за 1 хв на 1 см<sup>2</sup> площини, перпендикулярної до сонячних променів на середній відстані Землі від Сонця. Найточніші вимірювання С. с. здійснено останнім часом з борту висотних ракет, балонів та штучних супутників Землі. С. с.  $q = 1,37 \cdot 10^{-3}$  кВ/м<sup>2</sup>. Знання С. с. дало можливість встановити *світність* Сонця.

**Сонячний вітер** — потоки плазми, які летять від *Сонця* в міжпланетне середовище і які є результатом розширення *сонячної корони*. Швидкість частинок С. в. на відстані 1 а. о. дорівнює 300—750 км/с. Головним чином це протони і електрони, є також ядра гелію (від 2 до 20 %). Залежно від стану *сонячної активності* просторова концентрація протонів поблизу орбіти Землі коливається від декількох частинок до кількох десятків їх в 1 см<sup>3</sup>. Протягом *року* за рахунок С. в. Сонце втрачає приблизно  $2 \cdot 10^{-14} M_{\odot}$  С. в., який несе з собою сонячні магнітні поля, стискує *магнітосферу* Землі, утворюючи на відстані близько  $10 R_{\oplus}$  від Землі стоячу *ударну хвилю*, обтікає Землю і формує протяжний хвіст магнітосфери Землі з протилежного відносно Сонця боку.

**Сонячний годинник** — прилад, що дає можливість встановити місцевий справжній сонячний *час* за напрямом тіні, яку стержень або пластинка трикутної форми відкидає на циферблат (мал. 35). Залежно від способу встановлення циферблата розрізняють С. г.: 1) екваторіальний, 2) горизонтальний і 3) вертикальний. У всіх типах С. г. стержень або край пластинки, які відкидають тень, орієнтовані паралельно *осі світу* і перетинають циферблат у його центрі. В екваторіальному С. г. поділки циферблата однакової величини і відповідають



Мал. 35. Горизонтальний сонячний годинник

в горизонтальному вона горизонтальна, у вертикальному у С. г. циферблат має найпростішу форму, коли його встановлено в площині, перпендикулярній до площини *небесного меридіана*. Для переведення знайденого за С. г. часу в місцевий середній сонячний час треба використати *рівняння часу*. Точність визначення часу за допомогою С. г. звичайно не перевищує кількох хвилин.

**Сонячний спалах** — короткочасне (від кількох хвилин до кількох годин) збільшення яскравості окремої ділянки *хромосфери* Сонця, яке видно в багатьох спектральних лініях і найкраще в лінії водню  $H_{\alpha}$ . С. с. відбувається поблизу *груп сонячних плям*, де магнітне поле має складну конфігурацію, і є, очевидно, наслідком анігіляції (руйнування) магнітного поля при зближенні силових ліній протилежної полярності. Під час С. с. в об'ємі поперечником до 1000 км вивільняється енергія до  $10^{24}$ — $10^{25}$  Дж, що призводить до значного зростання інтенсивності ультрафіолетового та рентгенівського *випромінювання*, до *сплесків сонячного радіовипромінювання*, викиду речовини масою до  $10^{12}$  кг із швидкостями до 1500 км/с. Так звані протонні й С. с. супроводиться потоками *сонячних космічних променів*.

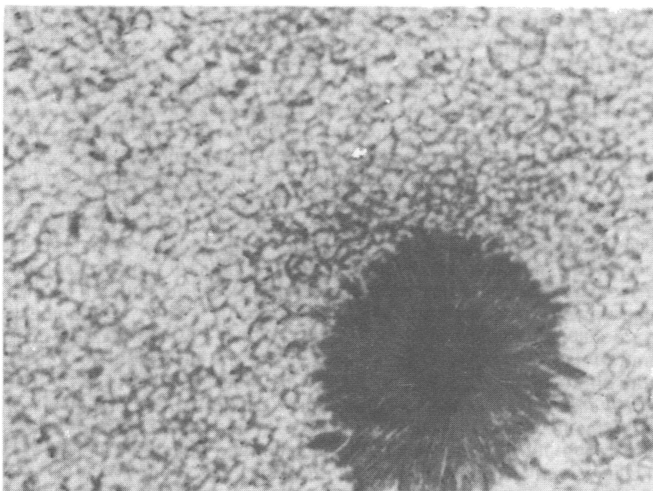
**Сонячні космічні промені** — потоки заряджених частинок, які прискорюються під час *сонячних спалахів* до енергій приблизно  $2 \cdot 10^{10}$  eВ (швидкості (0,01...0,1) *c*), реєструються поблизу Землі у вигляді раптового різкого збільшення (іноді в 20—40 раз) інтенсивності *космічних променів*. В основному С. к. п.— це протони, проте реєструються й ядра інших хімічних елементів аж до нікелю. В окремих випадках виявлено

співвідношенню 1 год =  $15^{\circ}$ , на горизонтальному С. г. їх наносять відповідно до розв'язків рівняння  $\operatorname{tg} x = \sin \varphi \operatorname{tg} t$ , де  $x$  — кут з вершиною в центрі циферблата між конкретною поділкою, що відповідає *годинному куту* Сонця  $t$ , і напрямом *полуденної лінії*,  $\varphi$  — географічна широта місця. В екваторіальному С. г. площину циферблата встановлюють паралельно площині небесного *екватора*,

наявність у С. к. п. високої кількості тритію  $^3\text{H}$  та ізотопу  $^3\text{He}$ , що є свідченням перебігу ядерних реакцій при спалахах на Сонці.

**Сонячні нейтрино** — нейтрино ( $\nu$ ), які утворюються в надрах Сонця при синтезі ядер гелію з чотирьох протонів, точніше, внаслідок реакцій перетворення протонів ( $p$ ) у нейтрони ( $n$ ):  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$  ( $e^+$  — позитрон), що є проміжним етапом утворення ядер гелію. Число нейтрино, які виходять з надр Сонця за 1 с і які виносять близько 5 % енергії, що там виділяється, дорівнює  $2 \cdot 10^{38}$ , їх потік на Землі досягає  $65 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Енергія індивідуальних С. н. різна — від майже нульової до 14 МеВ. Для реєстрації С. н. з 1967 р. використовують запропонований Б. М. Понтекорво (СРСР) хлор-аргоновий метод реєстрації взаємодії нейтрино з ізотопом  $^{37}\text{Cl}$  з утворенням радіоактивного аргону:  $^{37}\text{Cl} + \nu \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e^-$  і подальшим розпадом ізотопу  $^{37}\text{Ar}$ :  $^{37}\text{Ar} \rightarrow ^{37}\text{Cl} + e^+ + \nu$  та реєстрацією факту анігіляції позитрона з електроном. На початок 1986 р. С. н. реєструвалося в 2,6 раза менше, ніж це впливає з теоретичних обчислень. Однією з причин цього є можливі осциляції нейтрино — перетворення електронних нейтрино в мюонні. (Див. *Сонячна нейтринна одиниця*).

**Сонячні плями** — темні утворення, які спостерігаються у *фотосфері Сонця* (мал. 36). В окремих випадках поперечники С. п. досягають 200 тис. км. Великі С. п. складаються з темнішого ядра (тіні) і навколишнього слабкішого кільця — півтіні, невеликі С. п. називають *порами*. Ефективна температура С. п. на 1000—2000 К менша, ніж у фотосфері, внаслідок чого С. п. в 2—5 разів темніші від неї. Тривалість існування С. п. — від кількох годин до кількох місяців. Як свідчать спектральні дослідження, на рівні фотосфери газ із швидкістю близько 2 км/с рухається в напрямі від центра плями назовні, тоді як у *хромосфері* над плямою — до центра плями зі швидкістю до 5 км/с (*ефект Евершєда*). Пляма має вигляд тарілки або кратера, дно якого утворює тїнь, а бічні стінки — півтїнь (*ефект Вільсона*). Характерною рисою С. п. є наявність у них сильного магнітного поля з індукцією до 0,5 Тл. Число С. п. залежить від фази *сонячної активності*. В її мінімумі С. п. виникають на широтах  $\pm 35^\circ$ , згодом зона плямоутворення поступово опускається до екватора, так що останні плями циклу з'являються на широтах  $\pm 8^\circ$  (*закон Шпєрера*). Якщо залежність широти плям від часу зобразити на діаграмі, то зони активності утворюють на ній так звані



Мал. 36. Велика сонячна пляма на фоні грануляційної картини (фотознімок зроблений з борта ШСЗ)

«метелики Маундера». Смуги з широтою від  $\pm 8$  до  $\pm 35^\circ$  називають *королівськими зонами*. Здебільшого С. п. утворюються групами, в яких виділяється головна або ведуча пляма і хвостова. Головні плями мають одну й ту саму полярність протягом усього циклу в 11 років, до того ж полярності плям у південній і північній півкулі Сонця протилежні. У наступному 11-річному циклі полярності плям змінюються на протилежні. Поблизу С. п. спостерігаються *факели, флокули, протуберанці*, відбуваються *сонячні спалахи*. С. п. є наслідком спливання у фотосфері магнітних силових трубок, які формуються в підфотосферних шарах Сонця внаслідок конвективних рухів речовини. Справжню природу С. п. вивчено за останні 100 років. В часи Галілея і Ньютона вважали, що С. п.— це вершини сонячних гір, які видно в розривах хмар. (Див. *Групи сонячних плям, Індекси сонячної активності*).

**Сонячно-земні зв'язки** — зумовленість процесів, які відбуваються на Землі, в т. ч. в її біосфері, проявами *сонячної*

*активності* — появою на поверхні Сонця *сонячних плям* і їх груп, *спалахів*, а також відповідних змін в інтенсивності потоку частинок *сонячного вітру*. Так, зокрема, в минулому помічено різке зростання кількості захворювань на холеру зі збільшенням числа плям на Сонці. Останніми роками виявлено зростання числа інфарктів, інсультів, автодорожніх пригод і травматичних випадків на виробництві при спалахах на Сонці. Сьогодні інтенсивно вивчається також кореляція між фазою сонячної активності і землетрусами, рівнем води в озерах, урожаєм сільськогосподарських культур, розмноженням та міграцією шкідників полів тощо.

**Спекл-інтерферометрія** — метод досягнення теоретично можливої *роздільної здатності оптичної системи* — *телескопа* за допомогою швидкісної реєстрації зображення об'єкта. С.і. стала можливою завдяки появі високочутливих приймачів енергії і дає можливість, зокрема, виявляти *подвійні системи зір*, відстань між компонентами яких менша від 1". (Див. *Інтерферометрія*).

**Спектр** — розподіл енергії *випромінювання* небесного тіла за довжинами хвиль. Розрізняють три основні типи С.: *неперервний С.*, *лінійчастий С.* поглинання і *лінійчастий С.* випромінювання. Вивчення і порівняння С. різних небесних тіл дає можливість визначати фізичні умови і хімічний склад їхніх зовнішніх шарів. (Див. *Спектральний аналіз*).

**Спектральна класифікація зір** — поділ *зір* на спектральні класи за особливостями їх *спектрів*, зокрема, за відносною інтенсивністю окремих спектральних ліній. С. к. з. було розроблено при складанні так званого «Каталога Генрі Дрепера» (скорочено *HD*), який було опубліковано в 9 томах у 1918—1924 рр. і в якому дано класифікацію спектрів 225 330 зір. Ця так звана *Гарвардська класифікація* має таку послідовність спектральних класів: *O, B, A, F, G, K, M*, причому всередині кожного класу введено поділ на 10 підкласів (наприклад, *A0, A1, A2, ..., A9, B0, B1, ...*). Для спектрів класу *O* властива наявність ліній іонізованого гелію He II, сильно іонізованих атомів азоту, вуглецю, кисню і кремнію. У спектрах голубувато-білих зір класу *B* багато ліній нейтрального гелію, добре помітно лінії водню. Представник — зоря Спіка ( $\alpha$  Діви). У спектрах зір класу *A* типові зорі — Сіріус ( $\alpha$  Великого Пса) і Вега ( $\alpha$  Ліри); в них лінії водню досягають найбільшої інтенсивності, добре видно лінії нейтрального та іонізованого кальцію, лінії нейтрального заліза. У спектрах зір класу *F* ба-

гато інтенсивних ліній водню і металів, представник — зоря Проціон ( $\alpha$  Малого Пса). До класу *G* належать жовті зорі, у т. ч. Сонце і зоря Капелла ( $\alpha$  Візничого). Головними в їх спектрах є вже не лінії водню, а численні лінії металів. У спектрах оранжевих зір таких, як Арктур ( $\alpha$  Волопаса) та Альдебаран ( $\alpha$  Тельця), класу *K* багато ліній металів, однак, видно й смуги поглинання молекул  $\text{TiO}$ . У спектрах червоних зір класу *M* таких, як Бетельгейзе ( $\alpha$  Орiona) та Антарес ( $\alpha$  Скорпіона), багато молекулярних смуг, зокрема, оксиду  $\text{TiO}$ . Є ще відгалуження класів *K* і *M* — класи *C* і *S*. Це — червоні зорі, в спектрах яких дуже багато смуг молекул вуглецю  $\text{C}_2$  і оксиду цирконію  $\text{ZrO}$ .

**Спектральний аналіз** — фізичний метод якісного і кількісного визначення атомного та молекулярного складу речовини, який ґрунтується на дослідженні її *спектра*. В астрономії здійснюють С. а. як окремих профілів спектральних ліній, так і залежності площі, охопленої профілем лінії, від *оптичної товщини* в її центрі (так званої *кривої зростання*).

**Спектральний клас зорі** — клас зорі, встановлений за особливостями її *спектра*. Див. *Спектральна класифікація зір*.

**Спектральні серії** — групи спектральних ліній у *спектрах* атомів, які підпорядковуються певним закономірностям. Лінії кожної конкретної С. с. в спектрах *випромінювання* (емісійних спектрах) виникають при переходах електронів з усіх верхніх енергетичних рівнів  $k$  на певний нижній рівень  $n < k$ . Лінії поглинання виникають при переходах електронів з цього самого рівня  $n$  вгору на рівні  $k$ . Для водню при  $n=1$  виникає головна серія або серія Л а й м а н а, її першу лінію  $L_\alpha$  (перехід  $2 \rightarrow 1$ , довжина хвилі  $\lambda=121,6$  нм) називають резонансною. Переходи з усіх вищих рівнів відповідно на 2-й, 3-й і 4-й рівні дають серії Б а л ь м е р а, П а ш е н а і Б р е к е т а. У видимій частині спектра лежать лінії серії Бальмера — червона лінія  $H_\alpha$  ( $\lambda=656,3$  нм), голуба  $H_\beta$  (486,1 нм) і т. д. Перехід із стану  $k=\infty$  на рівень  $n$  відповідає випромінюванню в неперервному спектрі — у *континуумі*.

**Спектрогеліограф** — сконструйований у 1889 р. на основі дифракційного *спектрографа* прилад, за допомогою якого вдавалося діставати майже монохроматичне зображення окремих деталей сонячної поверхні і *хромосфери* — *сонячних плям*, *протуберанців*, *флокул*. Тепер для цього використовують *хромосферні телескопи* з *інтерференційно-поляризаційними фільтрами*.

**Спектрóграф** — прилад для реєстрації *спектрів* небесних тіл. Якщо спектр реєструється фотографічно, то це власне *С.*, а якщо фотоелектрично — *спектрометр*. Диспергуючим світло елементом у *С.* є *дифракційна ґратка* або тригранна призма. У сонячних *С.* (як правило, з дифракційною ґраткою) для вивчення спектрів слабких зір часто використовується *об'єктивна призма*.

**Спектроско́п** — прилад для візуального вивчення оптичних *спектрів*.

**Спектроскопія** — розділ фізики, в якому вивчають *спектри* оптичних джерел. Розвиток *С.* розпочався в 1666 р., коли І. Ньютон вперше розклав біле світло в *спектр*.

**Спектрофотометр** — спектральний прилад, за допомогою якого здійснюється *фотометрування* — порівняння вимірюваного потоку *випромінювання* з еталонним у неперервному або дискретному ряді довжин хвиль.

**Співвідношення між параметрами зір** — статистично знайдені залежності між *світністю*  $L$ , радіусом  $R$ , масою  $\mathcal{M}$  та ефективною *температурою*  $T_{\text{еф}}$  для зір, що належать до того самого *класу світності*. Зокрема, для зір *головної послідовності* (а таких зір близько 90 %) знайдено, що  $L \sim \mathcal{M}^4$ ,  $R \sim \mathcal{M}^{0.75}$ ,  $T_{\text{еф}} \approx 6000 \mathcal{M}^{0.6} \text{ K}$ , де  $L$ ,  $R$ ,  $\mathcal{M}$  — визначено у відповідних одиначках *Сонця*. Ці співвідношення складено завдяки визначеним значенням мас зір, які є компонентами *подвійних систем*.

**Співвідношення період-світність для цефеїд** — встановлена емпірично залежність світності  $L$  *цефеїди* від періоду  $P$  зміни її *блиску*. Зокрема, для  $L = 300, 800$  і  $10\,000 L_{\odot}$  маємо відповідно  $P = 2, 5$  і  $25$  діб. *С. п.-с.* дає можливість визначати відстані до далеких груп зір і *галактик* (приблизно до  $3 \text{ Мпк}$ ), якщо тільки в цій групі вдається виділити цефеїду, визначити її *видиму зоряну величину*  $m$  і період зміни блиску  $P$ .

**Спікула** (лат. *spiculum* — вістря, кінчик) — ущільнене, у вигляді колони утворення відносно холодної речовини в *хромосфері Сонця*, оточене гарячішим газом. *Температура* у *С.* не перевищує  $20$  тис.  $\text{K}$ , висота *С.* близько  $10$  тис.  $\text{км}$ , товщина  $1$  тис.  $\text{км}$ . У кожний момент часу на Сонці є близько  $30$  тис. *С.* Час життя окремої *С.*  $2$ — $5$  хв. Із швидкістю до  $20 \text{ км/с}$  речовина *С.* піднімається вгору і поширюється в *сонячній короні*.

**Спінáр** — гіпотетична масивна надзоря, рівновага якої мала б підтримуватися її швидким обертанням навколо осі, магнітними полями і вихровими рухами в її оболонці. Модель *С.* розробляли для пояснення феномена *квазара*.



**Спиральні рукави Галактики** — великомасштабна структура, якою зображається розподіл речовини в *Галактиці*. З аналізу спостережень нейтрального водню на довжині хвилі 21 см було встановлено, що основна частина його утворює в Галактиці диск товщиною близько 0,5 кпк і радіусом до 15 кпк і що цей диск розпадається на кілька кілець, а точніше спіральних рукавів. С. р. Г. мають назви сузір'їв, в яких той чи інший рукав спостерігається. Найближчий до центра Галактики рукав називають трикілопарсеківим, наступний — рукав Стрільця (його відстань до центра Галактики  $\approx 7$  кпк), далі йде рукав Оріона ( $r \approx 10$  кпк). За Сонцем (при  $r \approx 15$  кпк) лежить рукав Персея. У кожному з С. р. Г., крім мас нейтрального водню, є значна кількість гарячих зір спектральних класів *O* і *B*, що свідчить про їх космогонічний зв'язок — про формування зір у С. р. Г.

**Сплески сонячного радіовипромінювання** — прояви радіовипромінювання активного Сонця. С. с. р. I типу тривають до 1 с на фоні шумової бурі. С. с. р. II типу розпочинаються приблизно через 10 хв після сильного спалаху на Сонці і тривають від 5 до 30 хв, причому радіовипромінювання спостерігається в двох частотах і в процесі розвитку явища дрейфує за частотою — вона зменшується в 2—8 раз. С. с. р. III типу виникають на довжині  $\lambda = 0,5$  м у момент спалаху, протягом близько 10 с явище швидко дрейфує за частотою і затухає. С. с. р. IV типу — це широкодіапазонне неперервне (на кілька годин) радіовипромінювання, яке спостерігається звичайно слідом за С. с. р. II типу. I, нарешті, с. с. р. V типу — широкодіапазонне неперервне випромінювання, яке виникає відразу за С. с. р. III типу і триває кілька хв. Як було встановлено з теоретичного аналізу, С. с. р. I типу виникають над плямами при зіткненні двох солітонів, С. с. р. II і IV типів — внаслідок руху в корону ударних хвиль, які виникають при спалахах, С. с. р. III типу — внаслідок руху вгору, в корону, прискорених при спалахах електронів, С. с. р. V типу — при захопленні цих електронів магнітними полями.

**Сполучення** — одна з *конфігурацій* небесних світил. С. п л а н е т и з С о н ц е м — положення, при якому напрям на планету і напрям на центр диска Сонця практично збігаються (планета має однакову з Сонцем екліптичну *довготу*). У Меркурія і Венери буває два С.—нижнє і верхнє. У першому випадку планета перебуває за Сонцем, у другому — перед ним, проходячи між Землею і Сонцем.

**Спорадичне збурення** (грец. *sporadikós* — одиничний, окремих) — епізодичне збурення *магнітосфери Землі*. (Див. *Суббура*).

**Спускний апарат** (СА) — кабіна з екіпажем або контейнер з приладами, які є найважливішою частиною *космічного літального апарата* і призначені для спуску на Землю або на інше небесне тіло. СА забезпечують системами керованого спуску, гальмівним ракетним двигуном, парашутами і системою м'якої посадки.

**Спостережна селекція** (лат. *seligo* — відбираю) — одне з джерел помилок в астрономії. Наприклад, при вивченні *функції світності* треба врахувати всі зорі в певному об'ємі, вибраному для дослідження. Але імовірність виявити яскраву зорю (зорю високої світності) значно вища, ніж слабку. Так створюється хибна картина, за якою кількість слабкіших зір буде применшеною. Врахування *S. c.* — складна проблема, яку цілком усунути не вдається.

**Стала тяжіння** — див. *Гравітаційна стала*.

**Стала Хаббла** — параметр *H*, що входить у *закон Хаббла*. Величина  $t_H = 1/H$  є тривалістю розбігання галактик, якщо тільки воно відбувається зі сталою швидкістю, а отже, є умовним «віком Всесвіту». При  $H = 50 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$   $t_H = 6,2 \cdot 10^{17} \text{ с} = 19,6 \text{ млрд. років}$ . За оцінкою Хаббла  $H = 500 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ , отже, «вік Всесвіту» мав би становити всього близько 2 млрд. років, а це суперечило даним про вік Землі і призвело до тривалих дискусій щодо правильності уявлень про розширний Всесвіт взагалі. Числове значення *S. H.* безперервно уточнюється і є підстави стверджувати, що воно ближче до величини  $75 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ , так що  $t_H = 13 \text{ млрд. років}$ . Див. *Космологія*.

**Сталі пластинки** — набір параметрів, за допомогою яких виміряні на плоскій фотопластинці прямокутні координати *X, Y* переводяться у справжні (ідеальні) небесні координати, оскільки їх сітка була спотворена проектуванням на плоску пластинку (див. *Системи небесних координат*).

**Стандартна Земля** — сукупність до 300 коефіцієнтів функції, якою описується гравітаційне поле *Землі*; складена на підставі спостережень за рухом *штучних супутників Землі*.

**Статистичний механізм Фермі** — механізм прискорення заряджених частинок внаслідок їх розсіяння на намагнічених газових хмарах, які хаотично рухаються в міжзоряному просторі. Як довів у 1949 р. Е. Фермі (1901—1954), при зустрічних зіткненнях заряджених частинок з магнітними силовими лі-

ніями їх енергія збільшується, тоді як при наздоганяючих — зменшується. Частота зустрічних зіткнень частинки з хмарою завжди більша від частоти наздоганяючих.

**Стиль календарний** — спосіб відліку початку року. Відомі С. к.— березневий, вересневий і січневий і початком року відповідно 1 березня, 1 вересня і 1 січня. Для так званого *нового стилю* (григоріанського календаря) характерне утримання весняного *рівнодення* на календарній даті 21 березня.

**Стійкість Сонячної системи** — проблема, яка виникає з огляду на те, що в розв'язках рівнянь руху кожної з планет, коли враховано їх взаємне притягання (в рівняння руху введено *пертурбаційні функції*), виникають так звані вікові члени, внаслідок чого відхилення у величинах параметрів орбіт кожного тіла в принципі можуть необмежено зростати, а це кінець кінцем привело б до розпаду системи. Однак проведені — значною мірою французьким астрономом П. С. Лапласом (1749—1829) — дослідження свідчать про високу С. С. с. Так, зокрема, виявилось, що коли *ексцентриситет* (як і нахил орбіти *i*) однієї з планет збільшується, то іншої зменшується, і навпаки. (Див *Задача n тіл*).

**Стікні** — кратер на супутнику Марса Фобосі, названий ім'ям Хлої Енджеліни Стікні (пом. в 1892 р.) — дружини Асафа Холла (США, 1829—1907), який у 1877 р. відкрив супутники Марса Фобос і Деймос.

**Стоунхендж** — один з мегалітів (грец. *megas* — величезний, *litos* — камінь) — давніх кам'яних споруд, які знайдено в різних країнах світу зокрема в Західній Європі. Вік С., знайденого в Англії, оцінюють у 4 тис. років. Важливими об'єктами С. є кільце з 30 вертикально встановлених каменів, на яких покладено горизонтальні плити (так зване сарсенове кільце діаметром близько 30 м), дуга (значно меншого діаметра) з п'яти трилітів — споруд, в яких на два вертикально встановлені камені покладено третій, горизонтальний. Є також система кілець з 30 і 56 ямок і деякі зовнішні орієнтири. На думку дослідників С., ряд орієнтирів цієї споруди міг вказувати *азимуту* точок сходу і заходу Сонця в дні літнього та зимового *сонцестоянь* і в дні *рівнодень*, які могли використовувати для встановлення початків сезонів і календарного року. Не виключено, що, перекладаючи камені з однієї ямки в іншу, стародавні будівничі С. могли передбачати моменти сонячних і місячних *затемнень*.

**Стояння планети** — зупинка планети в її видимому русі на

небі відносно зір. С. п. настає на зміні прямого руху планети в напрямі із заходу на схід (назустріч видимому обертанню небесної сфери) на *назадній рух* (зворотний) і навпаки.

**Стратосфера** (лат. *stratum* — шар, грец. *sphaira* — куля) — шар атмосфери Землі між *тропосферою* і *мезосферою* (від 8—16 км до 45—55 км), для якого характерними є зростання температури з висотою, наявність шару озону (див. *Озонасфера*) і великі швидкості вітру. Взимку в усій С. дмуть західні вітри, причому їх швидкості на верхній межі С. досягають 100 м/с. Влітку напрям вітру змінюється на східний.

**Стремгрене зона** (зона Н II) — зона іонізованого водню навколо гарячої зорі. Протяжність її  $S_0$  визначається з умови, що число випромінених зорею за 1 с квантів лайманівського континуума, здатних іонізувати водень, дорівнює числу *реком-*

*бінацій* в об'ємі  $V = \frac{4}{3} \pi S_0^3$ . При концентрації атомів вод-

ню в міжзоряному середовищі  $N \approx 10^6 \text{ м}^{-3}$  для зорі Спіки ( $\alpha$  Діви) радіус зони Н II  $S_0 \approx 11 \text{ пк} = 34 \text{ св. р.}$  Температура в С. з.  $T_2 \approx 10^4 \text{ К}$ , тоді як у міжзоряному середовищі  $T_1 \approx 100 \text{ К}$ , тому й тиск у зоні Н II в 100 раз більший. Тому зона Н II прагне розширитися в навколишнє середовище. Межу поділу двох станів водню — іонізованого та неіонізованого — називають іонізаційним фронтом або іонізаційною хвилею. Обгинаючи неоднорідності густини і стискаючи їх, іонізаційні фронти сприяють формуванню молодих зір.

**Суббуря** — збурення *магнітосфери* Землі з характерним часом 5—10 хв, яке виникає внаслідок перебудови конфігурації її магнітного поля під впливом міжпланетного магнітного поля. С. супроводиться (на 0,5—2 год) інтенсифікацією *полярних сьайв* та електроджетів (прискорених потоків електронів) в *іоносфері* над полярними сьайвами.

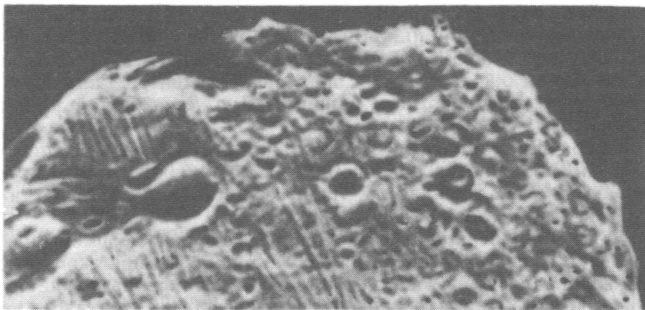
**Субгігант** — зоря класу світності IV, яка на діаграмі спектр-світності (*Герцшпрунга — Ресселла діаграмі*) лежить вище від зір *головної послідовності* того самого *спектрального класу*.

**Субкарлик** — зоря, абсолютна *зоряна величина* якої на 1,5—2<sup>m</sup> менша, ніж у зорі *головної послідовності* того самого *спектрального класу*. С. утворюють клас світності VI і в основному належать до *населення Галактики II типу*.

**Сузір'я** — ділянки, на які поділено *небесну сферу* для зручності в орієнтуванні на зоряному небі. В *«Альмагесті»* Птолемея

налічується 48 С. Список С. істотно розширено після навколо-світньої подорожі Магеллана в 1519—21 рр., коли було «відкрито» південне небо і особливо після того, як в астрономії почали використовувати (1609 р.) *телескоп*. На початку ХХ ст. налічувалось 108 С. і 9 окремих груп зір типу Плеяд і Палиці Геркулеса. На конгресі МАС у 1922 р. кількість С. було зменшено до 88. Тоді ж було встановлено нові межі між ними, які проходять уздовж *кіл схилень* і кіл однакових схилень. З часів Птолемея окремі зорі в сузір'ях визначалися за їх положенням відносно уявної фігури, ім'ям якої названо С. (наприклад, «Серце Скорпіона»). У 1559 р. італійський астроном Пікколоміні позначив зорі в кожному С. літерами грецького алфавіту із зменшенням їх яскравості. Цю традицію продовжив Й. Байєр (1572—1625) в його «Уранометрії» (1603 р.) — першому повному атласі зоряного неба. Спосіб нумерації зір у кожному сузір'ї в порядку зростання їх *прямих піднесень* (наприклад, зоря 61 Лебеда) запровадив англійський астроном Дж. Флемстід (1646—1719). Для *змінних зір* було введено позначення літерами латинського алфавіту (зоря R Ліри, SS Лебеда — усього 334 зорі в кожному сузір'ї), після чого слабкіші зміни зорі в кожному сузір'ї позначали порядковим номером, перед яким ставлять літеру V (зоря V 335 Лебеда). С., через які проходить Сонце в своєму видимому річному русі по *екліптиці*, називають зодіакальними. (Див. *Зодіак*, додаток 1).

**Супутники планет** — тіла *Сонячної системи*, які обертаються навколо *планет* під дією їх притягання. Першими (не рахуючи Місяця) були відкриті в 1610 р. супутники Юпітера — Іо, Європа, Ганімед і Каллісто. До 1990 р. відкрито 59 супутників, з них 11 супутників Урана відкриті при прольоті поблизу цієї планети космічного апарата «Піонер-11» (1985 р.). Переважна більшість С. п. рухається в прямому напрямі (він збігається з напрямом обертання планети навколо осі) і лише кілька — в зворотному. Серед останніх — 4 супутники Юпітера, найдальшій С. Сатурна. З інших особливостей руху С. п. привертає увагу те, що супутник Марса Фобос (мал. 37) протягом марсіанської доби здійснює три оберти навколо планети, а найбільші за розмірами супутники планет-гігантів рухаються практично коловими *орбітами* і практично в площині *екватора* планет. Це стосується й С. Урана, площа обертання яких нахилена до площини орбіти планети під кутом 98°. Великі С. п. мають кулясту, малі — неправильну форму. І ті й ті, як було встановлено, густо укриті *кратерами*. У 1979 р. на С. Юпі-



Мал. 37. Супутник Марса Фобос зблизка. Видно смуги — тріщини, пов'язані спільністю походження з великим кратером Стікні

тера Іо було зареєстровано кілька вивержень вулканів. Супутник Сатурна Титан має атмосферу, яка в 10 раз масивніша, ніж земна, її склад — азот з домішками метану та аміаку. П'ять С. Сатурна — Титан, Япет, Фетіда, Діона і Енцелад — мають неоднорідне забарвлення: одна з їх півкуль відбиває до 35 % сонячного світла, друга — до 7 %. Усі С. п. весь час повернуті до своїх планет тим самим боком. Планети Юпітер, Сатурн і Уран оточені кільцями. Найефектніше воно в Сатурна, його зовнішній радіус — 900 тис. км. Складається кільце з частинок діаметром до кількох метрів, кожна з них рухається по своїй кеплерівській орбіті. Завдяки виявленому в 1978 р. супутнику Плутона Харону встановлено, що маса цієї системи в 5 раз менша від маси Місяця, причому маса Харона становить приблизно 1/12 маси Плутона. (Див. додаток 3, кольорову вклейку — мал. 42, 43, а також *Кільця планет*).

**Сфера Дайсона** — штучна тонкостінна оболонка, яку ніби може створити навколо «своєї» зорі високорозвинена цивілізація з метою найповнішого використання її променистої енергії. С. Д. можна було б виявити як потужне джерело інфрачервоного випромінювання.

**Сфера Хілла** — сфера навколо планети, всередині якої, незважаючи на збурення з боку Сонця, супутник може перебувати як завгодно довго, якби тільки в початковий момент він мав

еліптичну планетоцентричну *орбіту*. Радіус С. Х. Землі відносно Сонця дорівнює 1,5 млн. км, С. Х. Сонця відносно *галактики* — 230 000 а. о. =  $34,5 \cdot 10^{12}$  км, якщо рух по орбіті відбувається в той самий бік, що й рух Сонця навколо центра Галактики, і 100 тис. а. о. у зворотному напрямі. (Див. *Гравітаційна сфера планети*).

**Сфера Шварцшильда** — сфера радіуса  $R_g$  ( $R_g$  — *гравітаційний радіус*), описана навколо центра маси  $\mathcal{M}$ . С. Ш. обмежує *чорну діру*, яка виникає, як тільки вся сферична маса  $\mathcal{M}$  стискається до розмірів сфери радіуса  $R_g$ .

**Сферична аберація** — зумовлений сферичною формою лінз (дзеркал) недолік — **аберація оптичної системи**, при якому паралельний потік світлових променів, що падає на одинарну лінзу із сферичними поверхнями (на сферичне дзеркало), не збігається після заломлення (відбивання) в одну точку. При С. а. чим далі був падаючим промінь від головної оптичної осі *об'єктива*, тим ближче до нього він перетне цю вісь. С. а. лінзи усувають, комбінуючи її з лінзою плосковгнутою, а С. а. дзеркал, надаючи дзеркалу форми параболоїда обертання.

**Сфероїд** (грец. *sphera* — куля, *eidos* — вигляд) — сплюснений еліпсоїд обертання з малим стиском.

**Схилення** — одна з координат в екваторіальній *системі небесних координат*. Вимірюється в градусах від *небесного екватора* вздовж *кола схилень* до світила (до  $+90^\circ$  для Північного *полюса світу* і до  $-90^\circ$  для Південного полюса світу).

**Схід світила** — поява світила над *горизонтом* у його східній частині. За рахунок *рефракції* видимий С. с. настає на кілька хвилин раніше від справжнього.



**Таласоїди** (грец. *tálassa* — море, *eidos* — вигляд) — великі «мореподібні» кратерні утвори — низини на зворотному боці *Місяця*. Розміри Т. близькі до місяцевих «морів», але Т. не залиті темною лавою і тому мають світле дно.

**Талькóтта метод** — запропонований у 1857 р. американським геодезистом А. Талькоттом метод визначення географічної *широти* вимірювання за допомогою *зеніт-телескопа* різниці *зенітних відстаней*  $z_1$  і  $z_2$  двох зір, одна з яких проходить через

небесний *меридіан* на південь, а друга — відразу після першої — на північ від *зеніту*. Інструмент повертають навколо вертикальної осі, не змінюючи нахилу труби. Якщо  $z_1 \approx z_2$  (зенітні відстані обох зір практично однакові), то вплив *рефракції* повністю усувається і тоді  $\varphi = \frac{1}{2} (\delta_1 + \delta_2)$ , де  $\delta_1$  і  $\delta_2$  — *схилення* зір.

**Техіони** — гіпотетичні частинки, існування яких у принципі допускає спеціальна теорія відносності. Т. мали б уявну масу, але справжню енергію та імпульс і рухалися б зі швидкістю, більшою від швидкості світла. Щоб загальмувати Т. до швидкості  $u = c$ , необхідно було б надати йому величезної енергії. Рухаючись, Т. мав би безперервно випромінювати електромагнітні хвилі, причому швидкість його повинна була б зростати до нескінченності. Тепер роблять спроби виявити Т. під час деяких реакцій *радіоактивного розпаду*.

**Тектити** (грец. *tektós* — розплавлений) — оплавлені склоподібні невеликі уламки речовини зеленого, жовтого або чорного кольору. Очевидно, мають *метеоритне* походження.

**Телескоп** (грец. *tele* — далеко, *scopeo* — дивлюся) — прилад для астрономічних — візуальних, фотографічних і фотоелектричних — спостережень небесних світил. Перший Т. збудував Г. Галілей 1609 р. Т. підсилює здатність ока сприймати слабкі потоки світлових променів завдяки великій світлозбиральній площі *об'єктива*, підвищує *роздільну здатність* ока, збільшуючи кут, під яким видно світило. Основні частини Т.: *об'єктив*, труба, яка захищає систему від розсіяного світла і робить конструкцію жорсткою, система *монтажування телескопа*, яка забезпечує можливість наведення інструмента на різні точки неба, і *окуляр*, в який розглядають зображення, побудоване об'єктивом у фокальній площині. Т. поділяють на три типи: *рефрактори*, *рефлектори* і комбіновані дзеркально-лінзові системи. *Якість зображення* залежить від того, наскільки усунуто *аберації оптичної системи*. Т., який використовується для астрометричних потреб, називають *астрографом*. За місцем встановлення Т. бувають наземними, балонними і космічними (орбітальними). За величиною поля зору і *світлосилою* — ширококутні (короткофокусні), довгофокусні (вузькокутні), світло-сильні. За схемою встановлення — баштові (вертикальні) і горизонтальні (в основному — сонячні). Терміном Т. називають також ряд приладів, якими реєструють *випромінювання*



в інших ділянках спектра: *радіотелескоп*, гамма-Т., рентгенівський Т., нейтринний Т. Останній — це великий резервуар, наповнений чотирьохлористим вуглецем (є й інші детектори), в якому фіксуються акти взаємодії нейтрино з речовиною. (Див. *Проникна сила телескопа, Рефлектор, Рефрактор, Оптична система телескопа, Роздільна здатність оптичних приладів*).

**Телуричні лінії** (лат. *telluris* — Земля) — вузькі лінії поглинання в *спектрах* космічних джерел, що є наслідком проходження їх випромінювання крізь *атмосферу* Землі і часткового поглинання в ній молекулами азоту, кисню, озону, вуглекислого газу і водяної пари. Т. л. є перешкодою при вивченні хімічного складу атмосфер інших планет з поверхні Землі.

**Температура** (лат. *temperature* — потрібна міра, правильне співвідношення) — фізична величина, якою характеризують стан термодинамічної *рівноваги* макроскопічної системи. Т. *випромінювання* — параметр, що входить у відому формулу Планка, якою описується розподіл інтенсивності випромінювання від довжини хвилі. Ефективна Т.  $T_{\text{ef}}$  визначає *світність* зорі  $L$ , тобто повну кількість енергії, яку зоря радіусом  $R$  випромінює з усієї своєї поверхні за одиницю часу:  $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{ef}}^4$ , де  $\sigma$  — стала випромінювання. Т. з б у д ж е н н я описує розподіл атомів за станами збудження (зокрема, відносне число атомів водню, в яких електрони перебувають відповідно на 1-му, 2-му і т. д. рівнях енергії). Т. і о н і з а ц і й н а — ступінь іонізації газу при заданій концентрації частинок в одиниці об'єму. Т. к і н е т и ч н а визначає розподіл частинок за швидкостями (енергіями), причому тут розрізняють відповідно Т. е л е к т р о н н у і Т. і о н н у, залежно від того, рух яких частинок описується — електронів чи іонів. Стани збудження, іонізації та розподілу частинок за швидкостями в *астрофізиці* описуються відповідно формулами Більцмана, Саха і Максвелла. Для опису *спектрів* реальних тіл, які істотно відрізняються від планківського (розподілу енергії в спектрі *чорного тіла*) вводять поняття: 1) к о л і р н о ї (спектрофотометричної) Т. — Т. чорного тіла, яке в певному інтервалі довжин хвиль має розподіл інтенсивності, найближчий до спостережуваного, і 2) я с к р а в і с н о ї Т. — Т. чорного тіла, інтенсивність випромінювання якого в певній довжині хвилі дорівнює тій, яка спостерігається у фіксованому напрямі. У *радіоастрономії* використовують поняття антенної Т. і шумової Т. Антенна Т. визначається потужністю зареєстрованого випромі-

нювання, це  $T_*$ , до якої треба нагріти приймальну апаратуру, щоб дістати сигнал такої самої потужності. Шумова  $T_R$  —  $T_*$  чорного тіла, потужність випромінювання якого на робочій частоті дорівнює потужності власних шумів приймача. На практиці часто слабкий сигнал виділяють за допомогою реєструючого пристрою, який усереднює сигнал за певний проміжок часу.

**Теорема Зелігера** — твердження, за яким при відсутності міжзоряного поглинання і при рівномірному розподілі зір у просторі число зір до певної зоряної величини (див. *Інтегральна функція блиску*) при переході від величини  $m$  до величини  $m+1$  зростає у 3,98 раз, тобто  $N(m+1)/N(m) = 3,98$ . Т. З. сформульована німецьким астрономом Х. Зелігером (1849—1924). У *Галактиці*, зокрема,  $N(6)/N(5) = 2,85$ , а  $N(13)/N(12) = 2,47$  і  $N(21)/N(20) = 1,76$ , що і є одним з доказів її обмеженості. І, навпаки, у світі *галактик* Т. З. повністю виконується.

**Теорема про віріал** (лат. *vires* множина від *vis* — сила) — співвідношення, яке пов'язує середню кінетичну енергію системи частинок з силами, які діють у ній. Якщо це сили тяжіння, то Т. про в. формулюється так: сума потенціальної  $U$  і подвоєної кінетичної енергії  $E$  системи дорівнює нулеві:  $U + 2E = 0$ , а повна енергія системи  $U + E = -E$ . Звідси, зокрема, випливає, що коли система частинок — це зоря, то втрати її енергії (на *випромінювання*) призводять до збільшення кінетичної енергії, а отже, температури, тобто стискаючись, зоря розігрівається. Т. про в. оцінюють маси далеких *галактик* і їх *скупчень*. Це привело до появи *парадокса віріального*.

**Теорема Росселанда** — твердження, за яким процеси збудження атомних рівнів і наступних переходів униз за схемою  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$  в розріджених газових туманностях відбуваються в мільярди разів частіше, ніж за схемою  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ , тоді як в атмосферах зір вони рівноправні. Саме завдяки процесам «роздрібнення квантів» і світяться газові *туманності*. Теорему сформулював норвезький астроном С. Росселанд (1894—1985).

**Теорія затемнень** — теорія, яка забезпечує визначення моментів та умов спостереження *затемнень* Сонця і Місяця на багато десятиків, сотень і тисяч років наперед і в минулому. Аналітичний метод обчислень обставин сонячних затемнень був розроблений німецьким астрономом Ф. Бесселем (1784—1846). Суть цього методу в тому, що за координатами центрів Сонця і Місяця та їх радіусами складають рівняння колових

конічних поверхонь, дотичних до поверхонь обох світил. Ці рівняння розв'язують разом з рівнянням земної поверхні, що має форму сфероїда. Лінії перетину зовнішніх і внутрішніх дотичних до Місяця з землею поверхнею обмежують відповідно смугу повного і часткового затемнення Сонця. Моменти затемнень тепер визначають наперед з точністю до 1 с. Це відповідає визначенню положення Місяця в просторі з точністю до 1 км. Порівняння знайденої дати затемнення з записом про нього в давніх хроніках, літописах та ін. документах значною мірою допомогли впорядкувати події всесвітньої історії. Зокрема, це стало можливим завдяки «Канону затемнень», складеному австрійським ученим Т. Оппольцером (1841—1886), в якому є дані про сонячні та місячні затемнення з 1208 р. до н. е. по 2163 р. н. е. (всього до 8000 сонячних і 5000 місячних затемнень). У 1966 р. опубліковано новий канон затемнень, складений бельгійськими астрономами. У ньому є дані про 1449 затемнень з 1898 р. по 2510 р.

**Теорія збурень** — теорія, яка, розглядаючи рух тіла навколо силового центра (планети навколо Сонця, супутника навколо планети), дає можливість з'ясувати особливості цього руху при наявності збурювальних (пертурбаційних) сил — притягання з боку інших небесних тіл. Якщо є збурення в русі, тіло рухається по оскулюючій орбіті (див. *Оскулюючі елементи*). Завдяки дії збурювальних сил *елементи орбіти* зазнають збурень, які класифікують як періодичні, вікові та мішані: При розгляді питання про стійкість системи (див. *Стійкість Сонячної системи*) найважливішим є аналіз вікових збурень: повільних змін параметрів орбіти того чи іншого тіла, тобто їх збільшення (або зменшення) пропорційно часові  $t$ . Однак з Т. з. впливає, що в конкретному випадку *Сонячної системи* вікових збурень великих півосей *орбіт планет* немає, отже, в цілому Сонячна система є стійкою, хоч остаточно це питання ще не з'ясовано.

**Теорія руху** — система співвідношень і таблиць, побудованих на основі закону *всесвітнього тяжіння*, законів механіки і точних астрометричних спостережень, яка дає можливість обчислювати положення планети (комети, астероїда, супутника) в минулому і майбутньому.

**Теорія тяжіння (теорія гравітації)** — теорія, яка описує одну з універсальних взаємодій між будь-якими формами матерії. Якщо ця взаємодія відносно слабка, а швидкості тіл невеликі порівняно із швидкістю світла, це Т. т. Ньютона,

в якій визначальним є закон *всесвітнього тяжіння* Ньютона. Сучасна Т. т. базується на рівняннях *загальної теорії відносності*, розробленої в 1906—1916 рр. А. Ейнштейном на основі *принципу еквівалентності* гравітаційної та інертної мас, тобто на основі глибокої аналогії між рухом тіла в полі тяжіння та його рухом у прискореній системі відліку. Тут гравітаційне поле є проявом викривлення чотиривимірного простору-часу.

**Тензор** (лат. *tensus* — напружений, натягнутий) — набір величин, які характеризують певний параметр або його зміну від точки до точки в певній системі координат. Так, конкретне число — скаляр є Т. нульового рангу. Компоненти вектора (його проекції на осі координат)  $a_x, a_y, a_z$  утворюють Т. першого рангу. Можна далі описувати зміну кожного з компонентів, наприклад  $a_x$ , уздовж кожної з осей, тоді дістанемо компоненти Т. другого рангу  $a_{xx}, a_{xy}, a_{xz}, a_{yx}$  і т. д. — усього 9 компонент. Тензорне числення, як один з розділів сучасної математики, є апаратом, на якому, зокрема, базується теорія тяжіння.

**Теплова смерть Всесвіту** — помилковий висновок, за яким ніби всі форми енергії у Всесвіті зрештою перетворяться в енергію теплового руху, яка рівномірно розподілиться по речовині Всесвіту, після чого в ній припиняться всі макроскопічні процеси. Висновок про Т. с. В. сформулював у 1865 р. німецький учений Р. Клаузіус на основі другого закону термодинаміки, за яким замкнена фізична система з часом переходить у стан з максимальним значенням ентропії. Помилковість висновку про Т. с. В. (як і всіх ранніх спроб його заперечення) в тому, що тут не було враховано визначальну роль сил тяжіння і факт *розширення Всесвіту*. У розширеному Всесвіті речовина, яка спочатку вже була однорідною та ізотермічною (!), згодом розпалася на окремі згустки, з яких формувалися скупчення галактик, галактики, зорі і планети. Всесвіт неперервно розвивається і «тепловій смерті» в ньому немає місця.

**Термінатор** (лат. *termino* — обмежую) — лінія на диску небесного тіла (Місяця, близьких планет — Меркурія і Венери), яка відокремлює його освітлену поверхню від неосвітленої. Оскільки на Місяці (і Меркурії) атмосфери немає, то там Т. збігається з лінією стикання прямих сонячних променів з його поверхнею. Тому поблизу Т. чітко виділяються деталі рельєфу поверхні, які відкидають видовжені тіні. У випадку Венери (і Землі, якщо її спостерігати з космосу) завдяки *рефракції* сонячних променів справжній Т. змішується відносно геометричного в бік темної півкулі (для Землі приблизно на 80 км).

**Термопа́уза** (грец. *therme* — тепло, *paŭsis* — припинення) — шар земної *атмосфери* на висоті від 300 до 500 км, в якому температура з висотою не змінюється. Вночі температура в Т. в роки мінімуму *сонячної активності* дорівнює 500—700 К, а в роки максимуму 1000—1500 К. Денна температура тут приблизно на 30 % вища від нічної.

**Термосфе́ра** — шар *атмосфери* Землі, від 90 до 200 км, в якому температура зростає приблизно від 200 до 500 К внаслідок поглинання короткохвильового *випромінювання Сонця*.

**Термоядерні реакції** — процеси перетворення атомних ядер від взаємодії їх між собою і з елементарними частинками, які відбуваються тільки при досить високій температурі речовини.

**Те́фія** (у грецькій міфології — божество моря) — III супутник Сатурна. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Тита́н** (у грецькій міфології — загальна назва божеств — дітей Урана і Геї, братів і сестер Крона — Сатурна) — VI супутник Сатурна. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Титанія́** (в комедії В. Шекспіра «Сон літньої ночі» — дружина царя ельфів Оберона) — III супутник Урана. Назву супутнику дав В. Гершель. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Точки горизонту** — точки перетину з *горизонтом небесного меридіана* — Т. півдня і Т. півночі — та *небесного екватора* — Т. сходу і Т. заходу. Т. півдня лежить на горизонті над Південним *полюсом* світу (для спостерігача з північної півкулі Землі), Т. півночі — під Північним *полюсом* світу. У Т. сходу всі точки небесного екватора піднімаються вгору, у Т. заходу опускаються вниз за горизонт.

**Точки Лагранжа (точки лібрації)** — див. *Лібраційні точки*.

**Точки рівнодень** — точки перетину небесного *екватора* з *екліптикою*. Т. р. весняного (позначають знаком сузір'я Овна ♈) називають точку небесного екватора, через яку центр диска Сонця 20 (21) березня переходить з південної півкулі неба в північну. Т. р. осіннього (позначають знаком сузір'я Терезів ♎) називають точку небесного екватора, через яку центр диска Сонця переходить з північної півкулі неба в південну. 2 тис. років тому ці точки лежали відповідно в сузір'ях Овна і Терезів, а тепер — в сузір'ях Риби і Діви. (Див. *Прецесія*).

**Точки сонцестоянь** — точки *екліптики*, в яких *схилення Сонця* досягає свого найбільшого за абсолютною величиною значення  $\pm 23,5^\circ$ . Т. с. літнього в наш час лежить у сузір'ї Близнят (2 тис. років тому вона була в сузір'ї Рака), Сонце проходить

через неї 21 (22) червня. Т. с. з м о в о в о г о лежить у сузір'ї Стрільця (2 тис. років тому була в сузір'ї Козорога), Сонце проходить через неї 21 (22) грудня. (Див. *Прецесія, Сонцестояння*).

**Точність вимірювання** — характеристика вимірювання, яка відображає ступінь наближення його результатів до справжнього значення вимірюваної величини. Під час вимірювань можуть виникати систематичні помилки, притаманні методу вимірювання або зумовлені неточністю інструментів.

**Топологія** (грец. *tópos* — місце, *logos* — слово, вчення) — частина геометрії, яка вивчає феномен неперервності простору (що полягає, зокрема, в понятті межі), числа його вимірів, орієнтованості, зв'язності. З точки зору Т. піраміда, куб і сфера (у двовимірному світі — трикутник, квадрат і коло) належать до того самого топологічного типу: деформуючи кулю, можна перетворити її в куб або піраміду. У твердженні «евклідовий простір безмежний, а його протяжність нескінченна» перша частина відображає топологічні властивості — немає межі, друга — метричні властивості, оскільки вказує, що в цьому просторі одиницю вимірювання можна відкладати як завгодно далеко. Поняття «замкнений Всесвіт» відображає його топологічну властивість (його метрична риса — скінченний).

**Траєкторія** (лат. *trajectus* — перемішений) — лінія польоту космічного апарату в просторі. Г о м а н і в с ь к а Т. (за ім'ям німецького вченого В. Гомана) — напівеліптична Т., для пелюх по якій до іншої планети потрібна мінімальна затрата пального.

**Трику́втру́м** (ще — паралактичний інструмент) — найпростіший кутомірний прилад з трьох рейок (у вигляді трикутника, що має змінну довжину однієї з сторін), який астрономи використовували від часів Птолемея до Коперника. Одну з рейок встановлювали вертикально. На другій, яку одним кінцем закріплювали у верхній частині першої рейки, встановлювали два візирі, за допомогою яких цю рейку напружляли на світило. На третій рейці, прикріпленій одним кінцем до нижньої частини першої, розміщували шкалу, за якою і визначали величину хорди кута — виміряну *зенітну відстань* світила.

**Трику́тник сферичний** — фігура на сфері, утворена дугами трьох великих кіл. Окремим випадком Т. с. є *паралактичний трикутник*. Т. л і т н і й — фігура, утворена в південній частині

вечірнього літнього неба трьома найяскравішими зорями — Ве́га ( $\alpha$  Ліри), Дене́б ( $\alpha$  Лебедя) і Альтаїр ( $\alpha$  Орла).

**Тритон** (у давньогрецькій міфології — морське божество, син Посейдона-Нептуна) — I супутник Нептуна. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Тро́піки** (грец. *trópos* — повернення) — паралелі на поверхні Землі, віддалені від *екватора* на  $23^{\circ}27'$  на північ (Північний Т., або Т. Р а к а) і на південь (Південний Т., або Т. К о з о р о г а). У день літнього *сонцестояння* на Т. Рака Сонце у верхній кульмінації перебуває в *зеніті*, в день зимового сонцестояння так буває на Т. Козорога.

**Тропопа́уза** — перехідний шар земної *атмосфери* (8—22 км) між *тропосферою* і *стратосферою*, температура в якому не перевищує 180—220 К.

**Тропосфе́ра** — нижній приземний шар *атмосфери* Землі. Простягається до 8—12 км у високих широтах і до 16—18 км біля *екватора*. Температура в Т. із зростанням висоти швидко зменшується до 180—220 К, оскільки основним джерелом нагрівання Т. є Земля.

**Труба астрономічна** — загальна назва кутомірних інструментів, які використовують для якомога точнішого вимірювання кутів у горизонтальній та вертикальній площинах і для реєстрації моментів *часу*. Т. а. при цьому відіграє роль візира. Кути повороту Т. а. навколо обох осей відлічують на лімбах за допомогою *вернерів* (ноніусів). Прикладом Т. а. є *універсальний інструмент*, меридіанне коло, *пасажний інструмент*. Серед спеціальних Т. а. — *зеніт-телескоп*, призначений для вимірювання малих різниць кутівих відстаней зір від *зеніту* з метою точного вимірювання географічної *широти*. Тепер широко використовують фотографічну *зенітну трубу* (ФЗТ), яка складається з нерухомої вертикальної Т. а. і ртутного *горизонту*, розміщеного під *об'єктивом* на відстані, яка трохи більша від половини його фокусної відстані. Відбившись від поверхні ртуті, світлові промені збираються у фокальній площині трохи нижче від об'єктива, де й установлюють фотопластинку.

**Туманність Андромеди** (об'єкт М 31, NGC 224) — одна з найближчих до нас *галактик*, яку видно неозброєним оком у сузір'ї Андромеди. Її кутові розміри  $200' \times 90'$ , видима *зоряна величина* 4,3<sup>м</sup>. Відстань до Т. А. 2,3 млн. св. р. Позагалактичну природу Т. А. було доведено в 1924 р., коли Е. Хаббл за допомогою 2,5-метрового *рефлектора* виявив у ній кілька *цефеїд*

і за періодом зміни *блиску* цих зір оцінив їх абсолютні зоряні величини.

**Туманності** — протяжні згущення газу й пилу в *Галактиці*, які проявляють себе своїм поглинанням (темні Т.) або *випромінюванням* (світлі дифузні, емісійні Т.). До з'ясування позагалактичної природи *галактик* їх також відносили до Т. Маса газу й пилу, відносна кількість яких — 100 : 1, становить до 2 % маси Галактики. Темні й світлі Т. відрізняються лише виглядом, методами їх виявлення і спостережень, характером випромінювання. Світлі туманності поділяють на дві групи — самосвітні і відбивні, які розсіюють світло близьких зір на частинках пилу. Біля самосвітних Т. або всередині них є гарячі *зорі* спектральних класів *O* і *B*. Газ таких Т. поглинає короткохвильове *випромінювання* цих зір і перевипромінює його в окремих спектральних лініях. Поблизу гарячих зір утворюються також зони іонізованого водню — *зони* *H II*. Частина світлих Т. дістає свою енергію від *ударних хвиль*, джерелом яких можуть бути вибухи зір (*нових і наднових*), *зоряний вітер*. Деякі відбивні Т. мають кометоподібний вигляд. У «голові» такої Т. (кометарні Т.) міститься зоря. Самосвітні *планетарні* Т. світяться за рахунок енергії випромінювання центральної зорі — ядра Т. Маса газопилових Т. іноді досягає  $10^5 M_{\odot}$ , планетарних Т. — приблизно  $0,1 M_{\odot}$ . Діаметр газопилових Т. до десятків *парсек*, густина речовини в них у 100 раз більша, ніж у навколишньому середовищі. Газопилові Т. належать до *плоскої підсистеми Галактики*, вони концентруються тут у шарі товщиною до 200 пк біля площини Галактики. Розміри пилинок, з яких складаються пилові Т., — 0,1...1 мкм. Розсіюючи світло дальших зір, ці пилинки призводять до *почервоніння* зір *поляризації* їх світла. Завдяки наявності великих комплексів газопилових туманностей, які поглинають світло зір, існує *Великий Провал у Молочному Шляху*.

**Турбулентність** (лат. *turbulentus* — безладний, неспокійний) — стан невідповідного, безладного переміщення окремих мас середовища, в якому існують рухи більших і менших масштабів і в якому енергія передається від більших до менших масштабів доти, поки в рухах найменшого масштабу (основного масштабу турбулентності) не перетвориться в тепло. У стані, близькому до турбулентного, перебуває міжзоряне середовище. Основний масштаб Т. тут близький до 100 пк. Міжзоряна Т. підтримується за рахунок розширення *зон Стремгрена* і *спахів наднових зір*.





**Ударна хвиля** — тонка перехідна зона, яка відокремлює холодний і нагрітий газ і яка рухається в бік холодного газу зі швидкістю  $D$ , що перевищує швидкість звуку в ньому. У свою чергу нагрітий  $U$ . х. газ рухається вслід за нею зі швидкістю  $u = 3/4 D$ .  $U$ . х. формується при раптовому виділенні значної кількості енергії в надрах *нових* і *наднових зір* або внаслідок дії (подібно до поршня) нижніх шарів зорі на верхні при пульсаціях зір. Під час руху  $U$ . х. у верхні, розріджені шари зорі її швидкість істотно зростає, речовина за фронтом  $U$ . х. набуває більшої від параболічної швидкості і розлітається в навколишній простір.

**Ультрафіолетовий надлишок** — надлишок (порівняно із звичайними зорями) енергії в ультрафіолетовій частині *спектра*, притаманний *квazarам* і *квазарам*. Саме завдяки  $U$ . н. здебільшого й виявляють ці об'єкти. Для цього певну ділянку неба фотографують двічі: один раз з ультрафіолетовим *світлофільтром*, другий — з синім. Експозицію добирають так, щоб звичайні зорі на обох пластинках мали однаковий *блиск*.

**Умбріель** (персонаж з поеми англійського поета О. Попа, від лат. *umbra* — тінь і за співзвучністю з назвою першого супутника Урана — Аріель) — II супутник Урана. (Див. *Супутники планет*, додаток 3).

**Універсальний інструмент** — переносний кутомірний прилад для вимірювання кутів у горизонтальній і вертикальній площинах.  $U$ . і. використовують для визначення географічних координат спостерігача і *поправки годинника* за вимірюванням *азимутів* і *висот* Сонця та зір.  $U$ . і. має більшу точність шкали, ніж теодоліт.

**Уран** (у грецькій міфології — батько Крона-Зевса) — сьома за відстанню планета Сонячної системи, відкрита 1781 р. В. Гершелем. Назву  $U$ . запропонував Й. Бode. (Див. *Планети Сонячної системи* і додаток 2).

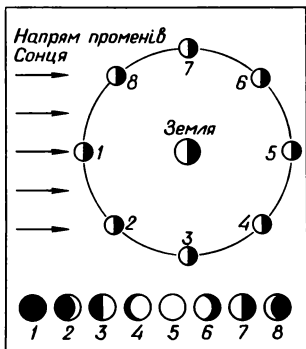
**Утворення хімічних елементів** — сукупність типів реакцій термоядерного синтезу і *радіоактивного розпаду*, які забезпечують наявну в речовині Землі, Сонця й зір відносну кількість окремих ізотопів. За всіма даними, основна кількість гелію утворилася на дозорній стадії розвитку *Всесвіту*. Решта хі-

мічних елементів утворюється безпосередньо в надрах і в поверхневих шарах зір на різних етапах *зоряної еволюції*. Послідовність цих процесів така: 1) *H-процес* — перетворення водню в гелій за реакціями циклів протон-протонного та азотно-вуглецевого; 2) *α-процес* — сукупність гелієвих реакцій:  $3^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C}$ ,  $^{12}\text{C} + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O}$ ; 3) *e-процес* злипання ядер атомів кисню  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{32}\text{S}$  і т. д., внаслідок яких утворюються елементи групи заліза; 4) *s-процес* (англ. *slow* — повільний) захоплення нейтронів, які утворюються внаслідок реакцій типу  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{31}\text{S} + n$ , ядрами в надрах зір-*гігантів* — так утворюються важкі ядра аж до вісмуту  $^{209}\text{Bi}$  включно; 5) *r-процес* (англ. *rapid* — швидкий) швидкого захоплення ядрами нейтронів у надрах *наднових* при їх спалахах — так утворюються багаті на нейтрони елементи з атомними масами аж до  $A=270$  (зокрема, уран і торій); 6) *p-процеси* захоплення в оболонках наднової протонів ядрами важких елементів з можливим «випромінюванням» нейтронів; 7) *X-процес* синтезу легких ядер — дейтерію, літію, берилію і бору, очевидно, внаслідок процесів «сколювання», коли легка частинка високої енергії стикається з важким ядром і вибиває з нього легкий уламок; 8) взаємодія потоків нейтрино з речовиною оболонки зорі при її *колапсі*. Підрахунки показують, що внаслідок реакцій *H-процесів* у надрах зір могла утворитися тільки 1/20 наявної кількості гелію. Це один із доказів того, що в минулому *Всесвіт* пройшов через стадію високих температур і густин. (Див. *Великий вибух, Джерела зоряної енергії, Цикли реакцій синтезу гелію*).



**Фаетон** (у грецькій міфології — син бога Сонця Геліоса) — гіпотетична планета, яка нібито оберталася навколо Сонця між *орбітами* Марса і Юпітера і після розриву якої тут залишився рій *малих планет* — *астероїдів*.

**Фази Місяця** — різні форми Місяця, що їх бачить спостерігач із Землі. **Ф. М.** зумовлені змінами в умовах освітленості Місяця Сонцем під час його руху навколо Землі (мал. 38). Розрізняють, зокрема, такі **Ф. М.**: новий місяць, перша чверть, повня (повний місяць), третя чверть. В астрономії **Ф. М.** опи-



Мал. 38. Фази Місяця: 1 — новий місяць, 3 — перша чверть. 5 — повня (повний місяць), 7 — третя (остання) чверть

сують числом: фаза  $\Phi$  — це відношення найбільшої ширини освітленої частини місячного диска  $d$  до його діаметра

$D: \Phi = \frac{d}{D}$ . Так, для першої

і третьої чверті  $\Phi = 0,5$ , для повні  $\Phi = 1$ . Для календарних обчислень особливу роль відіграла перша поява Місяця на вечірньому небі — неоменія (грец. *neo* — новий, *tene* — місяць). Від неоменії в місячних та місячно-сонячних календарях розпочинали початок нового календарного місяця і нового року.

**Факели на Сонці** — світлі утворення волокнистої структури, що спостерігаються на поверхні Сонця біля краю сонячного диска і сонячних плям.

**Фарадєя ефект** — обертання площини поляризації електромагнітної хвилі при її проходженні через розріджену намагнічену плазму. Вимірювання  $\Phi$ . е. для різних довжин хвиль радіодіапазону дають можливість оцінити густину міжзоряного газу, напруженість магнітного поля і відстань до джерела цих хвиль.

**Феба** (у давньогрецькій міфології — дочка титанів, божество світла) — IX супутник Сатурна. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Фейдăут** — раптове затухання радіозвуку.

**Фібрїли** (лат. *fibrilla* — волоконце) — темні волоконця, системи яких (шириною 1—2 тис. км і довжиною до 10 тис. км) з'єднують у сонячній *хромосфері* зони протилежних полярностей магнітного поля.

**Фізика Землі** — див. *Геофізика*.

**Флокули** (лат. *flocus* — пасмо, жмут) — хромосферні гранули (див. *Грануляція*), що мають трохи волокнистий вигляд.  $\Phi$ . — один з елементів структури *хромосфери Сонця*.

**Фобос** (з грецької міфології — один із синів бога війни Ареса і богині Афродити — Страх) — I супутник Марса. (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

**Фон нічного неба** — світіння ясного неба вночі, яке складається з світіння окремих шарів земної *атмосфери*, висота яких перевищує 70 км, і сумарного випромінювання *зір*, міжзоряного газу, *зодіакального світла* та *протисіява*. Див. *Яскравість*.

**Фобруша ефект** — короткочасне зниження інтенсивності *космічних променів* (на 25—30 %) біля поверхні Землі, яке пов'язане звичайно з *геомагнітною бурєю*. Ф. е. зумовлений екрануванням (розсіянням) галактичних космічних променів магнітними силовими лініями, вмороженими в згустки плазми, які долітають від Сонця до Землі. Ф. е. вперше був виявлений у 1938 р. С. Форбушем (США).

**Формула Планка** — див. *Випромінювання*.

**Формула Погсона** — див. *Зоряна величина*.

**Фотоіонізація** — іонізація атомів внаслідок поглинання ними високоенергійних фотонів. Ф. — важливе джерело *непрозорості* зоряної речовини. Зворотний процес — *рекомбінація*.

**Фотометр** (грец. *photos* — світло, *metro* — вимірюю) — прилад для вимірювання світлових потоків від небесних світил. Найбільш поширеним типом Ф. є електрофотометр, основним блоком якого є *фотопомножувач*.

**Фотометрична система** — система *зоряних величин*, яка ґрунтується на вимірюванні зоряної величини послідовно через кілька *світлофільтрів*. Першою була *двокольорова Ф. с.*, в якій визначалися фотографічна та фотовізуальна зоряні величини і тим самим — *показник кольору*. У 1963 р. розроблено *триколірну Ф. с. UVV*, яка реалізується за допомогою трьох *світлофільтрів* — ультрафіолетового (*U*), синього (*V*) і жовтого (*V*). Відома також *семіколірна Вільнюська Ф. с.* Тепер розроблено понад 20 *вузкосмугових Ф. с.*, в яких смуги пропускання світлофільтрів у 2—3 рази вузьчі, ніж у зазначених вище. Ф. с. зручні, зокрема, тим, що дають певну інформацію про розподіл енергії в *спектрі* далекого світила тоді, коли спектр його зафіксувати важко з огляду на малий потік світлової енергії від об'єкта.

**Фотометричний клин** — *світлофільтр* змінної товщини, виготовлений з двох скляних пластинок, розміщених під невеликим кутом одна до одної, причому простір між ними заповнений желатиновим розчином сірої фарби. Ф. к. використовують для дослідження властивостей фотографічної емульсії, зокре-

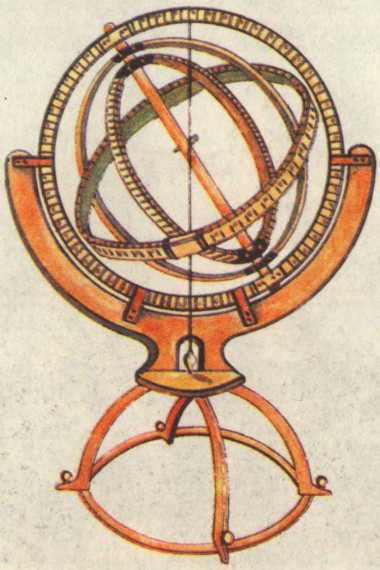
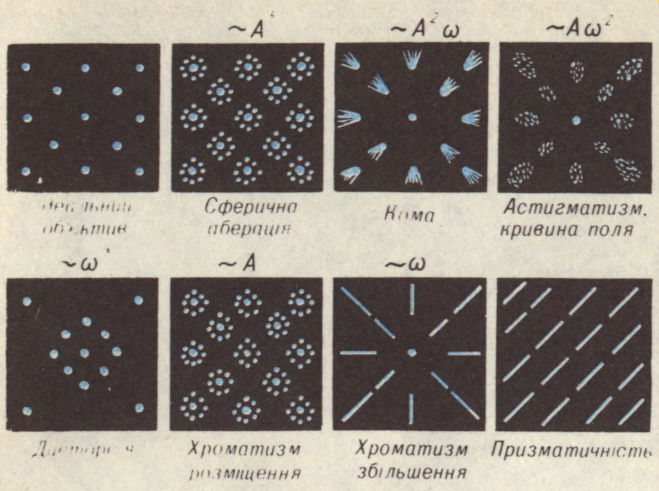
ма, для побудови характеристичної кривої — встановлення залежності між ступенем почорніння негатива і величиною падаючого *випромінювання*.

**Фотонна ракета** — поки що гіпотетична ракета, тяга двигуна якої створюється спрямованим потоком фотонів. Ф. р. могла б бути засобом здійснення міжзоряних перельотів. Як гадають, потік фотонів можна добути внаслідок керованої анігіляції речовини й антиречовини.

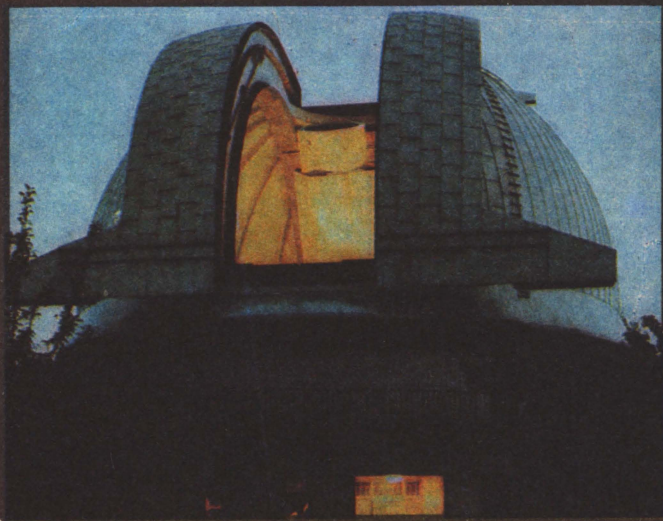
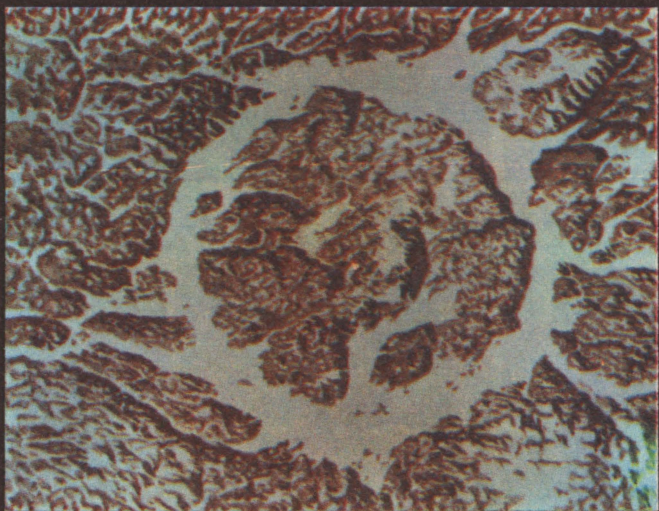
**Фотопомножувач** — прилад, дія якого ґрунтується на використанні явища фотоефекту. Ф. — це скляний балон, в якому створено вакуум і в який вмонтовано фотокатод, емітери і анод. Усі вони мають відводи, до яких подають електричні потенціали, які дедалі зростають. Електрон, вирваний внаслідок фотоефекту з фотокатода, прискорюється в електричному полі, вдаряється об поверхню першого емітера і вибиває з нього 4—5 електронів, які, в свою чергу, рухаються в напрямі до другого емітера і т. д. У такий спосіб сигнал підсилюється в  $10^6$ — $10^9$  разів. Фотострум реєструється самописцем. З початку 70-х років використовують приймачі енергії, дія яких ґрунтується на явищі внутрішнього фотоефекту.

**Фотосфера** (грец. *photos* — світло, і *сфера*) — тонкий зовнішній шар *зорі* (Сонця), в якому формується її видиме *випромінювання*. Ф. Сонця видно під час його спостережень у білому світлі. Товщина цього світлого шару становить близько 700 км, приблизно через його середину (де *оптична глибина* на довжині хвилі 500 нм дорівнює 1) проходить умовний рівень, який називають поверхнею Сонця. Характерною рисою Ф. Сонця є потемніння до краю диска, яке є доказом того, що з глибиною у Ф. температура зростає. У Ф. Сонця в кожний момент часу спостерігається до 3 млн. гранул — «світлих зерен» (лат. *granulum* — зернятко) — згустків гарячого газу, які піднімаються вгору із швидкостями близько 0,5 км/с і, охолонувши, опускаються вниз (див. *Грануляція*). Середній діаметр гранули — близько 700 км, тривалість її життя 5—10 хв. У Ф. Сонця час від часу спостерігаються *сонячні плями* і *факели*.

**Фраунгоферові лінії** — лінії поглинання в *спектрі* Сонця й зір, як і інших космічних об'єктів, названі ім'ям німецького фізика Й. Фраунгофера (1787—1826), який докладно дослідив ці лінії в спектрі Сонця. Ф. л. є важливим джерелом інформації про хімічний склад атмосфер Сонця й зір та про фізичні умови на них.



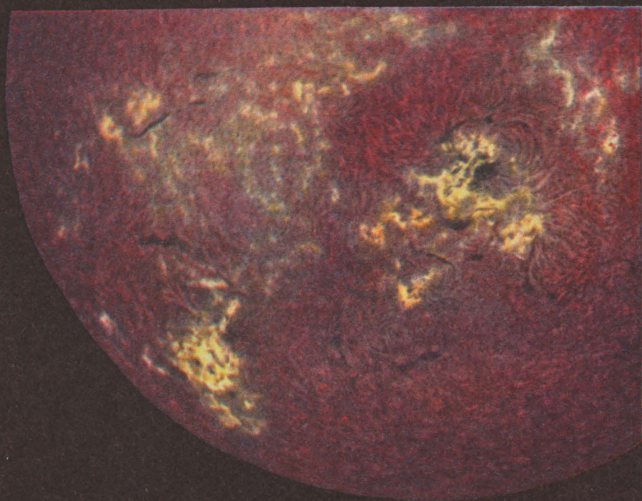
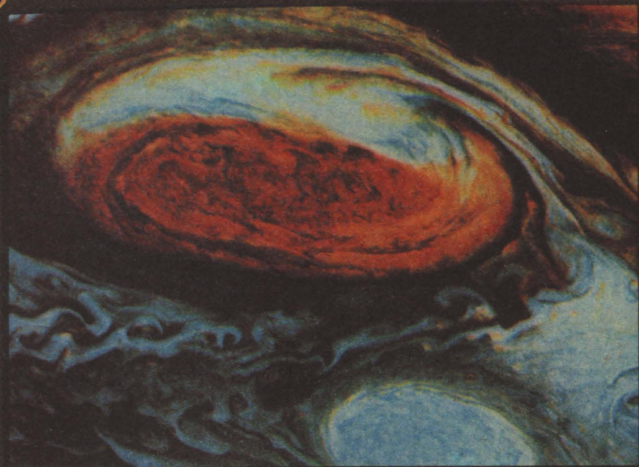
3



4



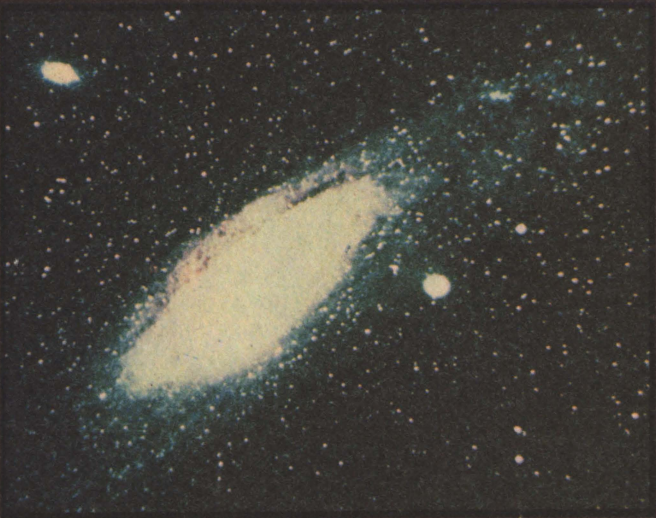
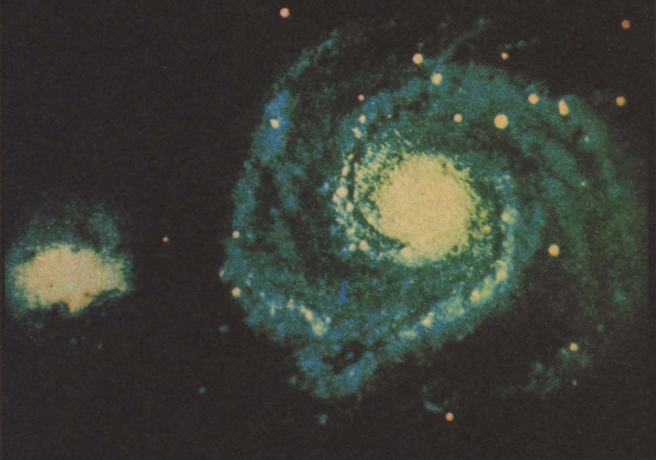
5



6

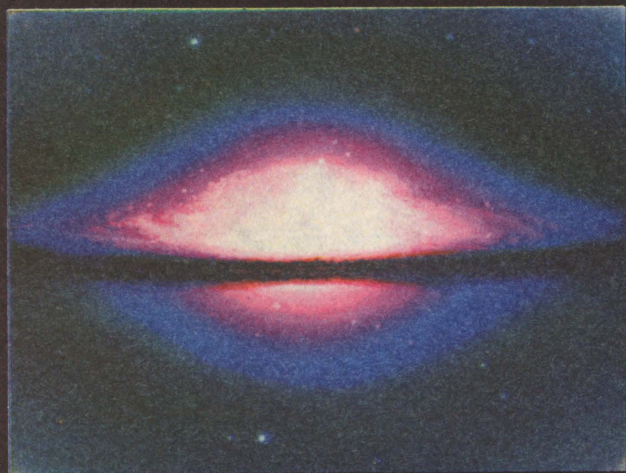
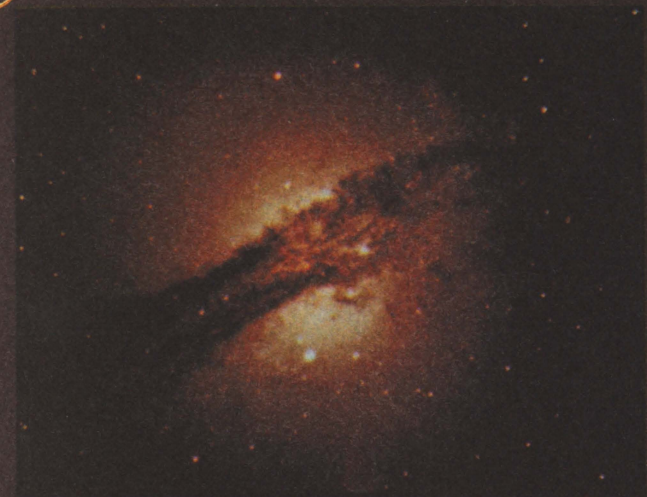


7



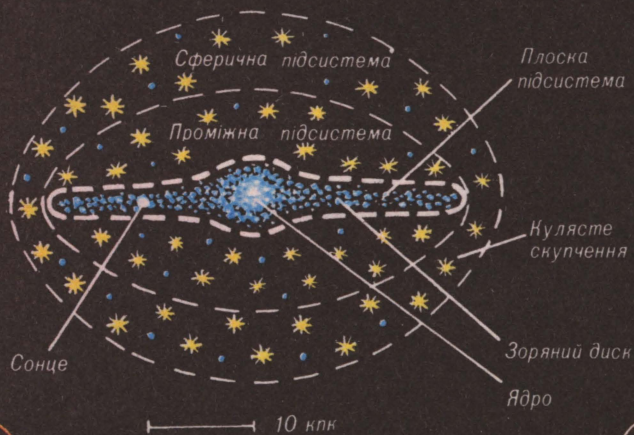
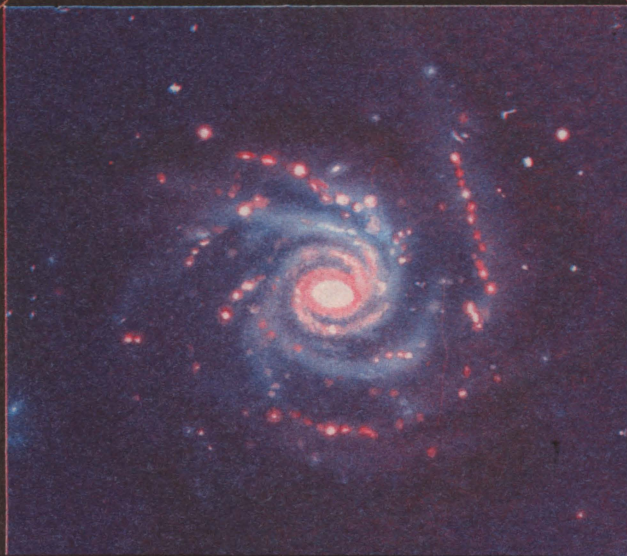
8

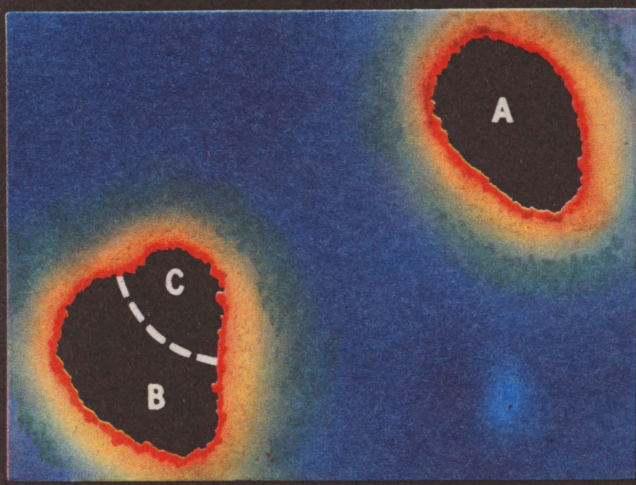
9



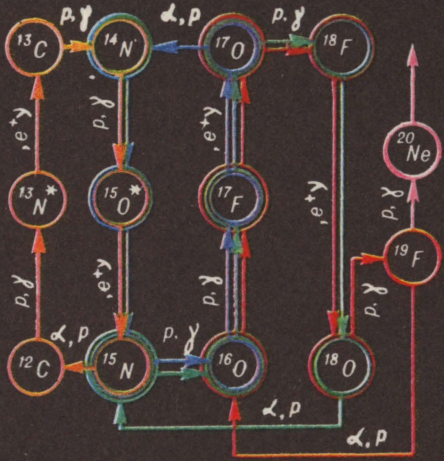
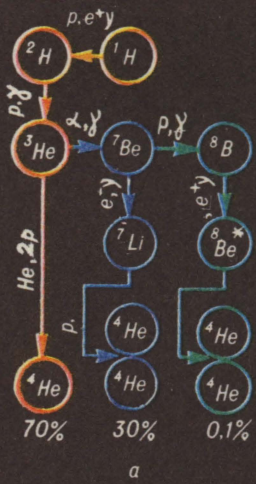
10







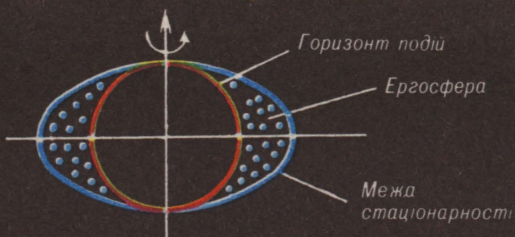




Вспаму

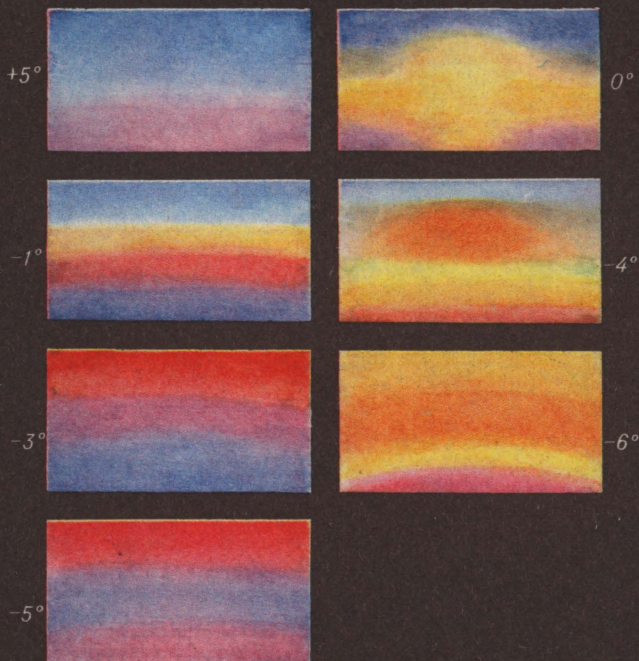


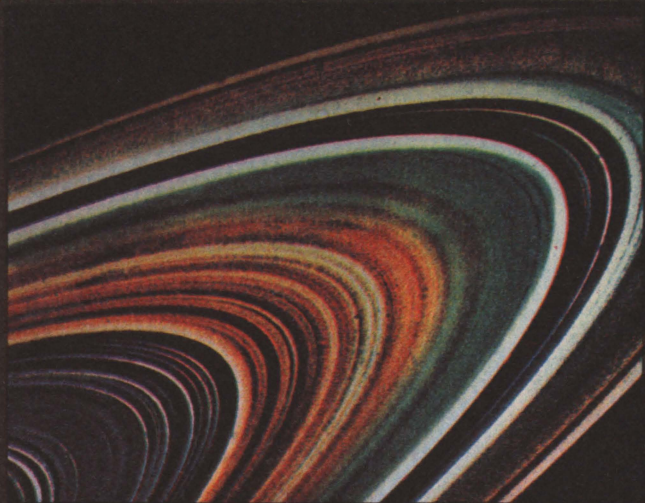




Схід

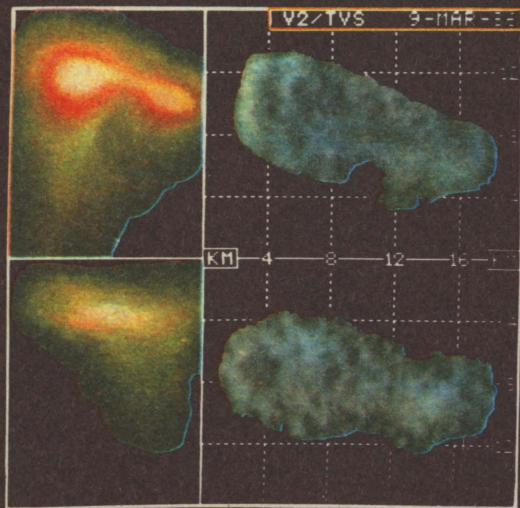
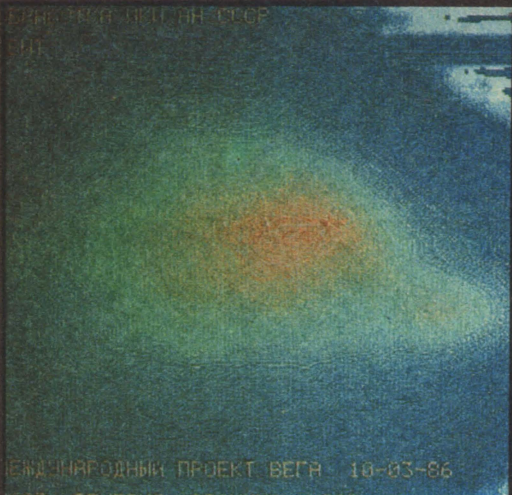
Захід



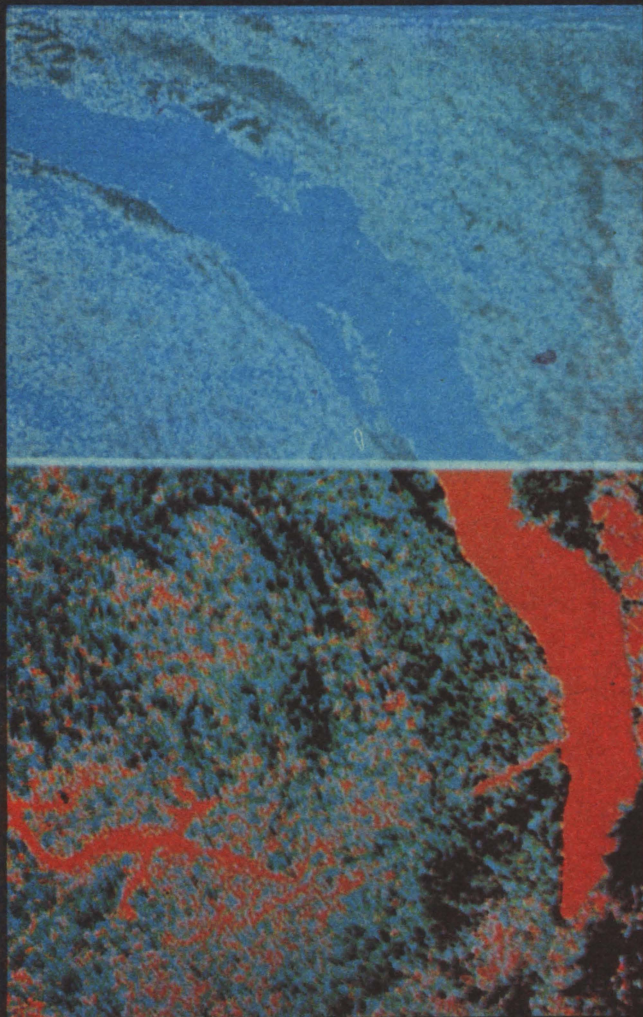




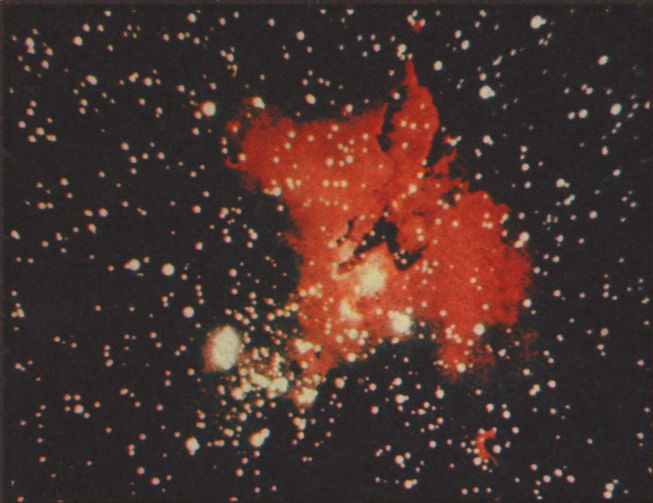








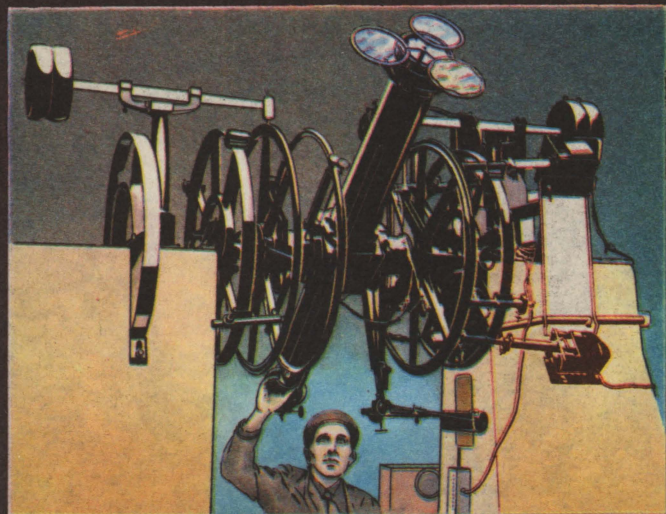
26



27







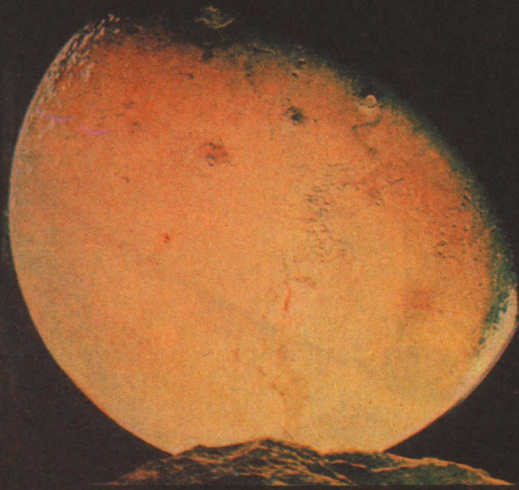


31



32

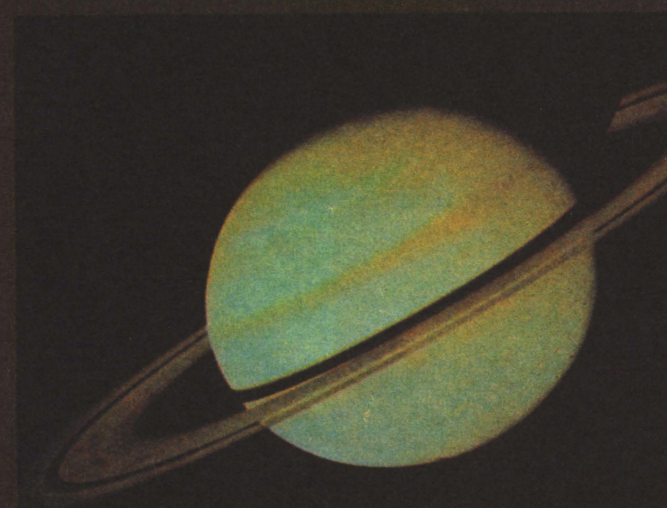
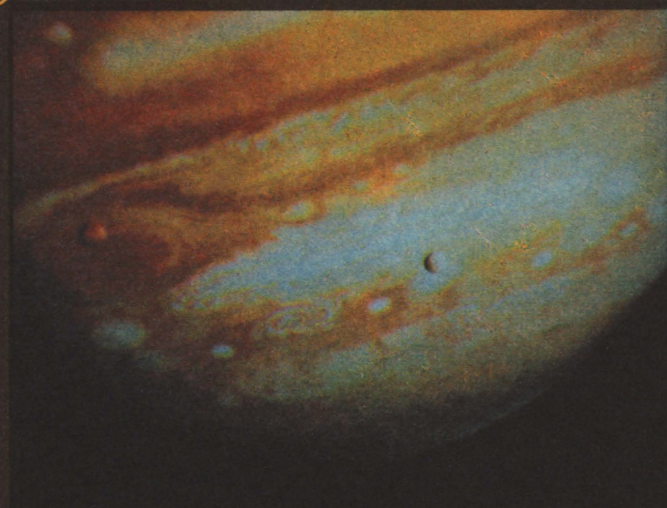
33



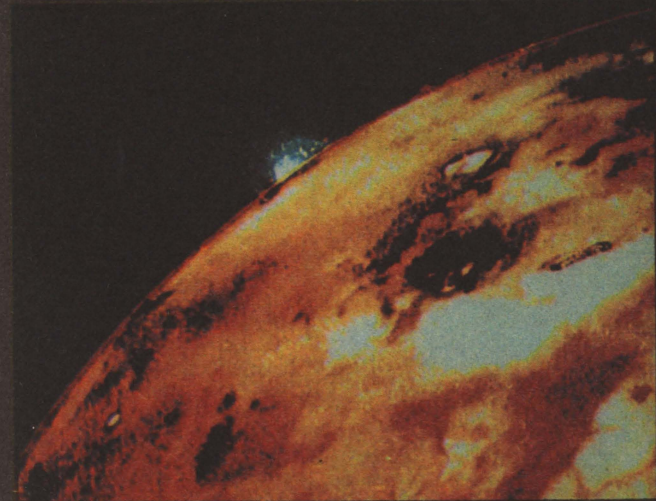
34

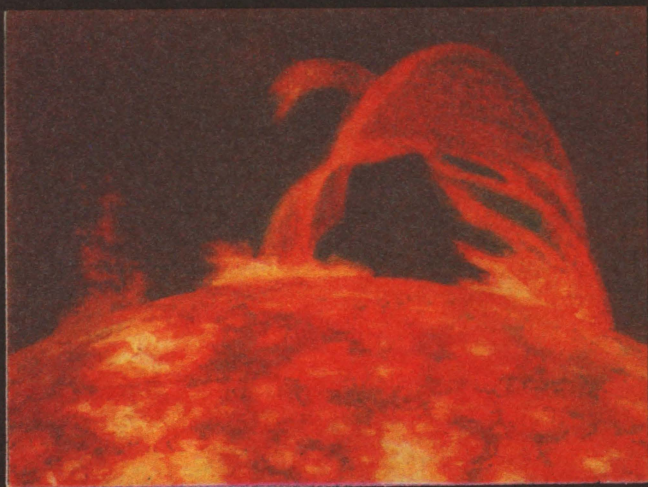


35



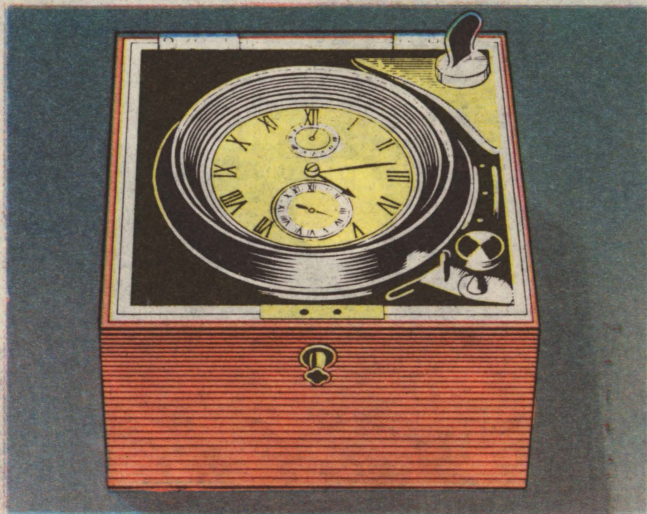
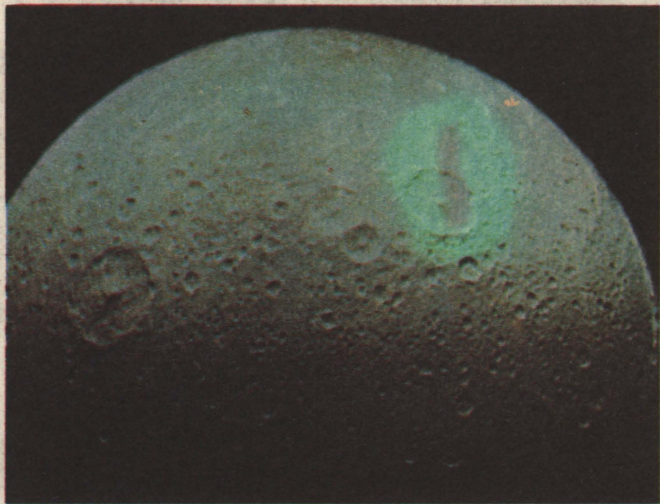
36











## ПІДТЕКСТОВКИ ДО КОЛЬОРОВИХ МАЛЮНКІВ

1. Види абераций оптичної системи (с. 5)
2. Армілярна сфера (арміла) Тіхо Браге (с. 12)
3. Астролема Манікуаган у Канаді діаметром 70 км, вік 210 млн. років. Вигляд з космосу (с. 13)
4. Павільйон 2-метрового телескопа Таутенберзької астрономічної обсерваторії ім. Карла Шварцшільда (НДР) (с. 21)
5. Велика Червона Пляма — утворення в атмосфері Юпітера. Фотознімок з космічного апарата «Вояджер-1» (с. 29)
6. Фотознімок хромосфери Сонця 24.07. 1981 р. у світлі спектральної лінії  $H_{\alpha}$  водню. Світлі області — флокули, темні звивисті смуги — протуберанці, видимі на диску як волокна (с. 45)
7. Подвійна спіральна галактика в сузір'ї Гончих Псів (с. 49)
8. Спіральна галактика *M31* у сузір'ї Андромеди з двома своїми супутниками — карликовими еліптичними галактиками *M32* і *NGC 205*. Відстань до системи — 2 млн. св. років (с. 49)
9. Пекулярна галактика *NGC 5128* у сузір'ї Центавра (радіо-галактика Центавр-А) (с. 49) Видно потужну смугу поглинаючої матерії
10. Спіральна галактика *NGC 4594 (M 104)* з потужним шаром поглинаючої матерії вздовж екватора. Червоні кольори зовнішніх частин пояснюються великою кількістю старих зір сферичної складової. Червоні кольори диску — світіння газу, частина якого іонізована сильним випромінюванням значної кількості молодих зірок диску (с. 49)
11. Спіральна галактика *NGC 1232* з галактикою-супутником, фізично зв'язаним з нею. Швидкість віддалення системи від нас близько 5 тис. км/с, що відповідає відстані до неї 50...100 Мпк (с. 49)
12. Підсистеми Галактики (с. 49)
13. Галактика з перетинкою *NGC 1300* у сузір'ї Еридана. Маленькі блакитні точки в спіральних рукавах — зони зореутворення. Жовтіші кольори перетинки вказують на відсутність молодих зір у цих зонах (с. 49)
14. Зображення квазара *Q 0957 + 561* виготовлене з викори-

станням сучасної світлосприймальної техніки (ПЗЗ — матриці) і опрацьоване на ЕОМ. Роль гравітаційної лінзи відіграє галактика  $C$ , що призводить до роздвоєння зображення квазара (компоненти  $A$  і  $B$ ). (с. 63)

15. Високоточна астрономічна установка — камера ВАУ для спостережень ШСЗ (с. 115)
16. Схема реакцій  $p-p$  (а) та  $CNO$  (б) циклів синтезу гелію у надрах зір (с. 69)
17. Елементи геомагнітного поля (с. 80)
18. Елементи орбіти руху тіла  $T$  навколо гравітуючого центра  $O$  (с. 80)
19. Ергосфера чорної діри (с. 85)
20. Кольори заграви на сході і заході за різних глибин занурення Сонця під горизонт (с. 89)
21. Фотознімок кілець Сатурна з космічного апарата «Вояджер-1» (с. 119)
22. Затемнення Місяця. Верхня частина ще не потрапила в тінь Землі (с. 95)
23. Фотознімок комети Галлея 22 березня 1986 р. після проходження нею перигелію. Фотознімок зроблено К. І. Чурюмовим (с. 124)
24. Космічний фотознімок ядра комети Галлея з космічного апарата «Вега-2» після опрацювання зображення з ЕОМ (праворуч). Масштабні лінії проведені через 4 км. Ліворуч і зверху — знімки до опрацювання (с. 124)
25. Результати оптико-електронного опрацювання космічного знімку району озера Байкал (с. 127)
26. Центр газопилової туманності поблизу від зорі  $\eta$  Кіля (зорю видно ліворуч зверху). Червоні кольори штучно підсилені. У темних ділянках — підвищена густина матерії (с. 162)
27. 21.07. 1969 р. Перші люди на Місяці. Вихід астронавта Е. Олдріна з місячної кабіни космічного апарата «Аполлон-11» (с. 129)
28. Супутник нашої Галактики Велика Магелланова Хмара (ВМХ) (с. 147)

29. Газопилова туманність. Розетка масою  $10^4 M_{\odot}$  у сузір'ї Однорога. Розміри близько 50 св. років. Газ світиться під дією потужного випромінювання гарячих зір у її центрі. Темні ділянки — області високої густини газу (с. 162)
30. Меридіанне коло Астрономічної обсерваторії Київського університету ім. Т. Г. Шевченка (с. 155)
31. Відома газопилова туманність у сузір'ї Оріона видима незброєним оком (с. 162)
32. Крабоподібна туманність у світлі лінії водню  $H_{\alpha}$  (залишок від вибуху Наднової 1054 р.) (с. 168)
33. Планетарна туманність у сузір'ї Ліри (с. 191)
34. Марс з відстані 7 тис. км. На ближньому плані — супутник Марса Фобос (с. 192)
35. Вигляд Юпітера з космічного апарату (с. 192)
36. Космічний знімок Сатурна з відстані близько 400 тис. км (с. 192)
37. Полярне сяйво (с. 197)
38. Виверження вулкану на супутнику Юпітера Іо. Природа вулканізму на цьому небесному тілі — дія потужних припливних сил у надрах супутника внаслідок притягання з боку масивного Юпітера. Висота виверження — до 100 км (с. 203)
39. Еруптивний протуберанець (с. 207)
40. Кулясте зоряне скупчення M15 у сузір'ї Пегаса (с. 225)
41. Кольоровий фотознімок сонячної корони під час затемнення 31.07.1981 р. У зв'язку із сильним падінням яскравості корони в міру віддалення від Сонця використано спеціальний нейтральний радіальний фільтр, щільність якого спадає приблизно в тому ж відношенні, що й світіння корони. У результаті на знімку можна простежити корону до значно більших відстаней (с. 228)
42. Супутники Юпітера: Іо, Європа, Ганімед, Каллісто (монтаж космічних знімків) (с. 241)
43. Діона — супутник Сатурна вкритий кратерами (с. 241)
44. Морський хронометр (с. 263)



**Фуко́ ніж** — рухомий екран (найчастіше — лезо бритви), який використовують для перевірки якості виготовлення дзеркала *рефлектора*. Встановивши Ф. н. у центрі кривизни дзеркала (на відстані  $2F$ ) і освітивши дзеркало лампочкою, яку розміщують на цій самій відстані (Ф. н. і лампочка мають бути розміщені з обох боків від головної оптичної осі дзеркала), фіксують оком рівномірно затемнену поверхню дзеркала, якщо якість його виготовлення висока, оскільки інакше на дзеркалі буде видно окремі світлі плями або концентричні зони різної *яскравості*.

**Функція блиску диференціальна**  $A(m)$  — статистична характеристика розподілу об'єктів (*зір, галактик*) на *небесній сфері*. Ф. б. д. визначає кількість зір на одиницю площі (наприклад  $1^\circ \times 1^\circ$ ), видима *зоряна величина* яких лежить у межах від  $m - 0,5^m$  до  $m + 0,5^m$ .

**Функція блиску інтегральна**  $N(m)$  — статистична характеристика розподілу об'єктів (*зір, галактик*) на небесній сфері. Ф. б. і. визначає загальну кількість зір на одиниці площі неба на певній кутовій відстані від *галактичної площини*, від найяскравіших до певної *зоряної величини*  $m$ . Аналіз Ф. б. і. дає можливість робити певні висновки про обмеженість або нескінченну протяжність системи, в якій перебуває спостерігач. Див. *Теорема Зелігера*.

**Функція мас** — число *зір* заданої маси,  $\mathcal{M}$ , які сформувалися в одиниці об'єму. Зі спостережень встановлено, що  $F(\mathcal{M}) = C\mathcal{M}^{-2,35}$ , де  $C$  — стала. Звідси випливає, що зір з масою  $\mathcal{M} = 10\mathcal{M}_\odot$  приблизно в 220 раз менше, а з масою  $0,1\mathcal{M}_\odot$  — у 220 раз більше, ніж з масою, яка дорівнює одній масі Сонця.

**Функція світності** — розподіл *зір* або *галактик* за їх *світностями* (або абсолютними *зоряними величинами*). Ф. с. визначає відносне число зір, які мають абсолютну зоряну величину від  $M$  до  $M + \Delta M$ . З аналізу Ф. с. випливає, зокрема, що в околицях Сонця найбільше тих зір, які мають світність близько  $0,001 L_\odot$  ( $M \approx +15^m$ ), тоді як кількість зір при  $M > +15^m$  різко зменшується і при  $M \approx +20^m$  взагалі дорівнює нулю.

**Фу́бри** — нестационарні *зорі*, що перебувають на ранній стадії *зоряної еволюції*. Прообразом Ф. є зоря  $FU$  Орiona, блиск якої за півроку (у 1936—1937 рр.) збільшився від  $16$  до  $10^m$  і за наступні 40 років зменшився лише на  $1,5^m$ . Вміст літію в її атмосфері у 80 раз більший, ніж у Сонця. Відомо п'ять Ф. Зростання яскравості Ф. пов'язують з перебудовою надр зорі на одному з ранніх етапів свого розвитку.

# X

**Хабблівська класифікація галактик** — розподіл галактик за їх формою — еліптичні (*E*), спіральні (*S* и *SB*) і неправильні (*Ir*) здійснений у 1925 р. Е. Хабблом. Спіральні галактики за розвитком спіралей поділено на підтипи *Sa*, *Sb*, *Sc* та *Sd*, а в галактик з перетинкою — *SBa*, *SBb*, *SBc* і *SBd* (мал. 39). В еліптичних галактиках введено 8 підтипів залежно

від величини видимого стиску галактики  $\alpha = 10 \frac{a-b}{a}$ , де *a* і *b* — велика і мала півосі. Серед кількох тисяч найяскравіших галактик — 17 % еліптичних, 80 % спіральних і близько 3 % неправильних.

**Харон** (у грецькій міфології — перевізник душ померлих через річку підземного царства) — супутник Плутона. Відкритий у 1978 р. Дж. Крісті (США). (Див. *Супутники планет* і додаток 3).

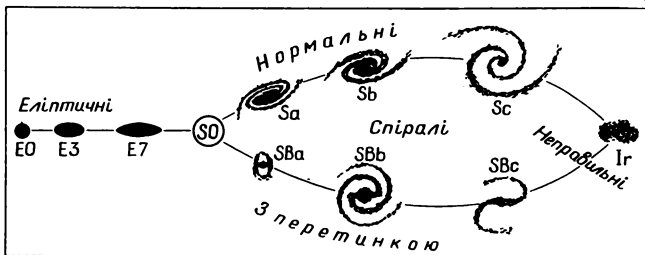
**Хвилі Альвена** (магнітогідродинамічні хвилі) — поперечні хвилі, які поширюються уздовж силових ліній магнітного поля. Названі ім'ям шведського вченого Х. Альвена, який у 1942 р. передбачив їх існування. (Див. *Альвенівська швидкість*).

**Хід годинника  $\omega$**  — зміна *поправки годинника* за певний інтервал *часу*. Якщо в моменти часу  $T_1$  і  $T_2$  поправка годинника дорівнює відповідно  $u_1$  і  $u_2$ , то Х. г.  $\omega = \frac{u_2 - u_1}{T_2 - T_1}$ .

**Хіджра** — див. *Гіджра*.

**Хмара Епіка — Обрта** — гіпотетичне скупчення на відстані близько 100 000 а. о. від Сонця невеликих холодних тіл (до  $10^{11}$ ), які під дією збурюючих сил з боку сусідніх зір можуть наближатися до Сонця, утворюючи феномен *комет*.

**Хмари Кордилівського** — виявлені 1961 р. польським ученим К. Кордилівським дві розріджені пилові хмари, які обертаються навколо Землі по тій самій *орбіті*, що й Місяць. Одна з них випереджає Місяць на  $60^\circ$ , друга на стільки ж відстає від нього. Х. К. рухаються відповідно до часткового розв'язку *задачі трьох тіл*: вони лежать у *лібраційних точках*  $L_4$  і  $L_5$  — тригональних точках Лагранжа.



Мал. 39. Хабблівська класифікація галактик

**Хондріти** (грец. *chondros* — крупинка, пшеничне зерно) — кам'яні метеорити, для яких властива наявність хондр — невеликих, діаметром до 1 см, сферичних частинок сірого кольору (часто з коричневим відтінком), вкраплених у речовину метеорита. Хондри містять практично всі хімічні елементи (за невеликими винятками — в тому самому співвідношенні), які є в атмосфері Сонця. В земних породах справжніх Х. поки що не виявлено.

**Хроматична аберация** — див. *Аберация оптичної системи*.

**Хромосфера** (грец. *chrōta* — колір і сфера) — шар атмосфери зорі, зокрема Сонця, який лежить над фотосферою і завдяки якому формується лінійчастий спектр зорі (Сонця). Х. Сонця видно під час повних сонячних затемнень у вигляді рожевого кільця навколо темного диска Місяця. Протяжність Х. Сонця — близько 10 тис. км, температура в ній з висотою зростає і на межі Х. сонячна корона досягає 100 тис. К. Х. Сонця дуже неоднорідна за своєю структурою. В ній водночас співіснують відносно холодні колони газу — спікули, оточені гарячішим газом. Над зонами сонячних плям видно яскраві утворення — хромосферні факели, є також сітка з яскравих гранул — флокул (див. Грануляція). Як гадають, механізмом нагрівання Х. Сонця є хвилі Альвена.

**Хромосферна сітка** — великомасштабна комірчаста структура хромосфери з розмірами комірок  $(2...3) \cdot 10^4$  км, яка вкриває увесь диск Сонця і складається з дрібненьких вузликів (за розмірами вони не набагато більші від гранул; див. Гра-

нуляція). У комірці X. с. газ із швидкістю 0,3—0,4 км/с витікає від центра до периферії. Магнітне поле на межі комірок у 20—30 раз більше від його середнього значення на диску Сонця. Тривалість життя комірки X. с. близька до доби. Існування X. с., очевидно, пов'язане з конвективними рухами в підфотосферних шарах Сонця.

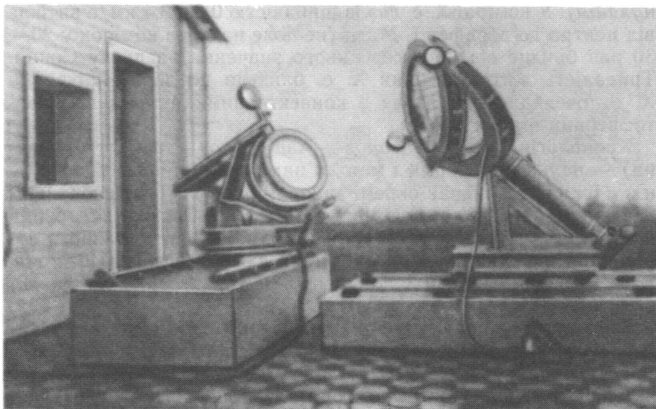
**Хронологія** (грец. *chrónos* — час, *lógos* — поняття, вчення) — наука про форми і методи вимірювання *часу*. Астрономічна X. вивчає окремі закономірності в повторюваності небесних явищ і за допомогою обчислень визначає точний астрономічний час. Історична X. на основі вивчення і порівняння писемних та археологічних джерел встановлює точні дати історичних подій і документів. (Див. *Ядерна космохронологія*).

**Хронόμέтр** — високоточний переносний *годинник*, який використовують для зберігання *часу* в обсерваторіях і на борту морських лайнерів. Морський X. зкріплюють на карданному підвісі, що забезпечує горизонтальне положення X. під час хитаєць корабля. Останніми роками використовують кварцові X., для яких середньодобовий хід не перевищує  $\pm 0,01$  с. (Див. кольорову вклейку, мал. 44).

**Хронóграф** — прилад для реєстрації моменту *часу* певної події. В астрономії використовують друкуючі X. і фотохронографи, точність реєстрації моменту часу яких відповідно  $\pm 0,005$  і  $\pm 0,001$  с.



**Целостáт** (лат. *caelum* — небо, грец. *statós* — нерухомий) — допоміжний пристрій з двох дзеркал, який дає можливість спостерігати Сонце й зорі встановленим нерухомо *телескопом* (мал. 40). Вісь обертання головного (целостатного) дзеркала Ц. лежить у його площині, її встановлюють паралельно осі світу (див. *Вісь*). Дзеркало обертається механізмом годинника із швидкістю один оберт за 48 год. Допоміжне нерухоме дзеркало спрямовує промені до телескопа, оптична вісь *об'єктива* якого може займати горизонтальне (горизонтальний телескоп) або вертикальне (баштовий телескоп)



Мал. 40. Целостат горизонтального сонячного телескопа

положення. Раніше використовували тільки головне дзеркало Ц. І залежно від того, які об'єкти спостерігали, його називали геліостатом або сидеростатом. Недолік цих варіантів у тому, що в процесі добового руху *небесної сфери* зображення поверталось.

**Центр мас** — центр інерції механічної системи (*подвійної зорі*), який рухається так, ніби в ньому зосереджена вся маса системи.

**Цефеїди** — пульсуючі *змінні зорі*. Оскільки Ц. є *надгігантами*, то їх видно і в порівняно близьких до нас *галактиках*, що за *співвідношенням період — світність* дає можливість встановити відстані до цих галактик. Тому Ц. було названо «маяками Всесвіту».

**Цикл Метона (метонів цикл)** — 19-річний проміжок часу, після якого конкретні *фази Місяця* припадають на ту саму дату сонячного *календаря*, що й у попередньому циклі. У Ц. М. виконується умова: 19 тропічних років = 235 синодичних місяців = 6940 діб. Багато народів користувалися місячно-сонячним календарем і Ц. М. використовувався для утримання початку року поблизу певного моменту тропічного року (на-

приклад, вєсняного *рiвнодення*). У Ц. М. було 110 коротких (по 29 днiв) i 125 довгих (по 30 днiв) календарних мiсяцiв i 13-й мiсяць у роцi вставляли 7 раз за кожнi 19 рокiв. Однак Ц. М. не iдеально точний: через 19 рокiв фази Мiсяця зсуваються вперед на 2,1 год, тобто на 1 добу за 219 рокiв.

**Цикл сонячної активності** — інтервал часу тривалістю в середньому 11,1 року, протягом якого кількість *сонячних плям* (i інших активних утворень — *сонячних спалахів*, *протуберанців* тощо) змінюється від найменшого значення до максимального. Існує також 90-річний i, очевидно, 1800-річний Ц. с. а.

**Цикли реакцій синтезу гелію** — протон-протонний (*pp*) цикл та вуглецево-азотний (*CNO*) цикл, внаслідок яких у надрах зір водень перетворюється в гелій з виділенням значної кількості енергії за рахунок ефекту упаковки. Реакції *pp*-циклу ( ${}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^2\text{H} + e^+ + \nu$ ,  ${}^2\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$ ,  ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2{}^1\text{H}$ ) відбуваються в надрах тих зір, в яких температура не перевищує 15 млн. К. Реакції *CNO* — циклу ( ${}^{12}\text{C} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^{13}\text{N}$ ,  ${}^{13}\text{N} \rightarrow {}^{13}\text{C} + e^+ + \nu$ ,  ${}^{13}\text{C} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^{14}\text{N}$ ,  ${}^{14}\text{N} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^{15}\text{O}$ ,  ${}^{15}\text{O} \rightarrow {}^{15}\text{N} + e^+ + \nu$ ,  ${}^{15}\text{N} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^{12}\text{C} + {}^4\text{He}$ ) відбуваються в надрах зір, якщо температура в центрі зорі перевищує  $15 \cdot 10^6$  К, тобто коли маса зорі більша від  $1 M_{\odot}$ . (Див. *Джерела зоряної енергії*, *Утворення хімічних елементів*).

**Циклотронне випромінювання** — випромінювання, яке виникає внаслідок руху електронів навколо магнітних силових ліній тоді, коли їх швидкості значно менші від швидкості світла.

**Цінгера метод пар** — запропонований у 1874 р. вітчизняним астрономом М. Я. Цінгером (1842—1918) метод визначення *поправки годинника* за допомогою *зеніт-телескопа* або *універсального інструмента* шляхом спостереження двох зір, розміщених на однакових висотах одна в східній, а друга в західній частині неба.

# Ч

**Чандлерівський період** — інтервал часу в 428 діб (взагалі — від 416 до 433 діб), за який географічні *полюси* відхиляються від їх середнього положення на Землі приблизно на 15 м.

**Чандрасекара межа** — найбільше значення маси білого карлика ( $M_* = 1,2M_\odot$ , якщо вона — з чистого гелію), при якій зоря ще в зрівноваженому стані. При  $M > M_*$  настає *колапс* — стиск речовини з утворенням *нейтронної зорі*.

**Чандрасекара — Шенберга межа** — найбільше значення маси ізотермічного гелієвого ядра зорі  $M_g = 0,12M$ , де  $M$  — маса зорі. Якщо внаслідок перебігу термоядерних реакцій у надрах зорі (див. *Джерела зоряної енергії*) близько 12 % її маси перетворюється в гелій, то потім енергія виділяється в тонкому сферичному шарі, який розміщений між ізотермічним ядром і зовнішньою оболонкою. Починаючи з цього моменту, радіус зорі дуже зростає і зоря на *діаграмі спектр-світність* пересувається з *головної послідовності* в зону *гігантів*. (Див. *Зоряна еволюція*).

**Час** — поряд з простором — основна форма існування матерії, яка визначає порядок зміни явищ. У фізиці та астрономії Ч. — один з основних аргументів, що входять до рівнянь, якими описується навколишній світ, перебіг процесів у ньому. В астрономії Ч. вимірюють *годинним кутом* певної точки на небі (центра диска Сонця, *середнього екваторіального сонця*, *точки весняного рівнодення*). С п р а в ж н і й ( $T_\odot$ ) і с е р е д н і й ( $T_\lambda$ ) сонячний Ч. визначають як Ч., що минув від *нижньої кульмінації* відповідно центра диска Сонця і середнього сонця. Вони зв'язані між собою *рівнянням часу*. Середній сонячний Ч., визначений на нульовому, грінвіцькому меридіані, називають в е с в і т н і м або грінвіцьким Ч. (його позначають  $T_0$  або  $UT$ ). Місцевий сонячний Ч.  $T_\lambda$  зв'язаний з всесвітнім Ч. очевидним співвідношенням  $T_\lambda = T_0 + \lambda$ . З 1884 р. використовують п о я с н и й Ч.  $T_n$ :  $T_n = T_0 + N$ , де  $N$  — номер пояса (для України  $N=2$ ). З 1930 р. в СРСР використовується д е к р е т н и й Ч.  $T_d$  (стрілки годинників було переведено на  $1^h$  вперед порівняно з  $T_n$ ). Тому  $T_d = T_n + 1^{hh}$  або  $T_d = T_0 + (N^h + 1^h)$ . Тепер в СРСР з останньої неділі березня до останньої неділі вересня використовується літній Ч.

$T_{\lambda} = T_d + 1^h$ . Зоряний Ч. — це час  $s$ , що минув від верхньої кульмінації точки весняного рівнодення. Зоряний Ч. дорівнює *прямому піднесенню*  $\alpha$  зорі, яка в цей момент у верхній кульмінації. Знання зоряного часу  $s$  дає можливість встановити умови видимості сузір'їв. Зоряний Ч. на момент середнього місцевого сонячного Ч.  $T_{\lambda}$  визначають як  $s = s_0 + T_{\lambda} + +0,0027 T_{\lambda}$  ( $s \approx s_0 + T_{\lambda}$ ), де  $s_0$  зоряний час на початок *добы*, який друкується в усіх астрономічних щорічниках або наближено визначається за формулою  $s_0 \approx 6 \text{ год } 40 \text{ хв } + 2D^h$ , де  $D$  — дата, відлічена в місяцях та їх частках від початку року (наприклад, 16 червня  $D = 5,5$ ). Ефемеридний Ч. — це рівномірний час, яким описується рух тіл *Сонячної системи*. Ефемеридний Ч. введено в 1950 р., коли було остаточно доведено, що Земля обертається навколо осі нерівномірно. За одиницю ефемеридного Ч. взято ефемеридну секунду. Розбіжність між ефемеридним Ч. ( $ET$ ) і всесвітнім Ч. ( $UT$ )  $\Delta T = ET - UT$  визначають з аналізу руху Місяця:  $\Delta T = 24,349 \text{ с} + 72,318 T \text{ с} + +29,950 T^2 \text{ с}$ , де  $T$  — інтервал часу від 1 січня 1900 р., визначений у юліанських століттях по 36 525 днів. Використання високостабільних еталонів частоти і шкали атомного часу дало можливість ефемеридний Ч.  $ET$  пов'язати з міжнародним атомним Ч.  $IAT$  співвідношенням:  $ET = IAT + 32,18 \text{ с}$ .

**Червоне зміщення** — зміщення ліній у *спектрі* джерела світла в червоний бік порівняно з положенням ліній еталонного спектра. **Доплерівське Ч. з.**, зумовлене рухом джерела світла від спостерігача. **Гравітаційне Ч. з.** виникає, коли приймач світла розміщений в точці з меншим *гравітаційним потенціалом*, ніж його джерело. Так Ч. з. спостерігається в спектрах шільних зір — білих карликів. Ч. з. у спектрах *галактик* (мал. 41) є наслідком *розширення Всесвіту*.

**Черпків метод** (вибіркове дослідження окремих ділянок зоряного неба) — метод вивчення концентрації *зір* у *Галактиці* за допомогою підрахунку числа зір до певної *зоряної величини*  $m$  на окремих ділянках *небесної сфери*. Вперше був застосований В. Гершелем.

**Числа Вольфа** — характеристики *сонячної активності*. (Див. *Індекси сонячної активності*), обчислюються по кількості груп сонячних плям і числу плям в групах.

**Число Маха**  $M$  — відношення швидкості  $D$  ударної хвилі

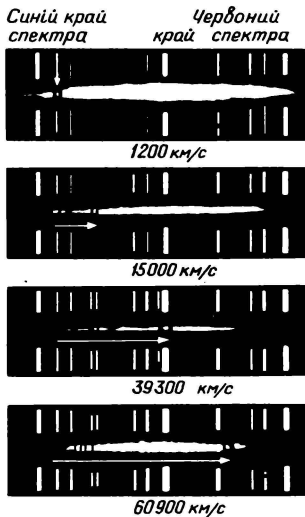
до швидкості звуку  $a_1$  в середовищі перед її фронтом:  $M = \frac{D}{a_1}$ .



**Чорна діра** — об'єкт, маса якого  $M$  стиснута всередині її сфери Шварцшильда. Назва Ч. д. пов'язана з тим, що з Ч. д. назовні, за *горизонт* подій, не може вирватися ні *випромінювання*, ні частинка. Якщо Ч. д. обертається навколо осі, то в її околі утворюється межа статичності, простір між якою і горизонтом називають *ергосферою*. За сучасними уявленнями, Ч. д. є прикінцевою стадією *зоряної еволюції* тих зір, маси яких перевищують  $5-8M_{\odot}$ . Відкрити Ч. д. найлегше тоді, коли вона є компонентом подвійної системи. При перепливанні від звичайної зорі в бік Ч. д. речовина прискорюється, розігрівається і інтенсивно випромінює, зокрема, в рентгєнівському діапазоні. Як гадають, саме наявністю Ч. д. можна пояснити деякі особливості *ядер галактик* (у т. ч. й нашої) і *кулястих зоряних скупчень*.

**Чорне тіло** — ідеалізоване тіло, що поглинає випромінювання усіх довжин хвиль, які падають на нього. Ч. т. є також ідеальним джерелом випромінювання, інтенсивність якого залежить тільки від його температури і описується *формулою Планка*.

**Чумацький Шлях** — **Молочний Шлях**. Назва, очевидно, пов'язана з тим, що на осінньому вечірньому небі М. Ш. простягається з південного заходу на північний схід, а саме в цьому напрямі чумакам, які у XVIII—XIX ст. їздили до Криму по сіль, доводилося долати частину шляху проти течії Дніпра в його нижній частині.



Мал. 41. Червоне зміщення в спектрах галактик

# Ш

**Широта** — одна з координат в астрономії, геодезії, географії. Ш. вимірюється кутом між основною площиною (екватор Землі, небесний екватор, екліптика, галактична площина) і напрямом на світило, точку земної поверхні тощо. Залежно від того, яку площину взято за основу, кажуть про географічну, геодезичну, астрономічну, геомагнітну, геліографічну і т. д. Ш. (Див. *Системи небесних координат*).

**Шкала висот** — висота, на якій певний параметр (тиск, густина) зменшується в  $e=2,718\dots$  рази. Ш. в  $H = \frac{a^2}{g}$ , де  $a$  — швидкість звуку в атмосфері,  $g$  — прискорення вільного падіння. Для нижніх шарів атмосфери Землі  $H \approx 8$  км, у фотосфері Сонця  $H \approx 180$  км.

**Шкала відстаней** — в астрономії система чисел, які дають уявлення про розміри навколишнього світу. Відстань до Сонця — 8,4 світлової хвилини, до найближчих зір — 5 св. років, діаметр Галактики — 100 тис. св. років, відстань до Туманності Андромеди — однієї з найближчих до нас галактик — 2,3 млн. св. років, найдальші квазари спостерігаються на відстанях близько 10 млрд. св. років. Див. *Світловий рік*.

**Шкала зоряних величин** — послідовність зоряних величин, яка склалась історично з їх зростанням за числовим значенням. Вперше зоряні величини ввів Гіппарх (II ст. до н. е.) як умовні характеристики блиску зір, віднісши найяскравіші зорі до 1-ї величини, найслабкіші — до 6-ї. Тепер Ш. з. в. продовжено як у бік додатних, так і від'ємних значень. Наприклад, видима зоряна величина Сонця  $m_{\odot} = -26,58^m$ , Місяця в повні  $m_{\text{с}} = -12,7^m$ , Сіріуса  $m_{\text{с}} = -1,46^m$ . Сучасним телескопом доступні зорі до  $+24^m$ . Найближчим часом, як гадають, за допомогою встановлених на борту ШСЗ телескопів вдасться спостерігати зорі до  $+30^m$ .

**Шкала часу** — система чисел, які дають уявлення про тривалість визначальних процесів у Всесвіті. Насамперед фаза розширення Всесвіту при сталій Хаббла  $H=50$  км/(с·Мпк), якщо воно відбувалося з сталою швидкістю, тривала 19 млрд. років і до 13 млрд. років, якщо Всесвіт замкнений, а головну роль у ньому відіграють невидимі форми речовини (нейтрино,

*чорні діри*) і якщо згадане розширення відбувається зі сповільненням. Співвідношення кількості ізотопів урану і торію дає незалежне значення віку *Галактики* — від близько 18 млрд. років, якщо безпосередньо перед формуванням планет Сонячної системи в найближчих околицях Сонця настав сплеск («спайк») — синтез важких хімічних елементів, з яких потім формувалися планети (це міг бути спалах *наднової зорі* — компоненти подвійної, де другою зорею і було наше Сонце), до 10 млрд. років, якщо такого спалаху не було. Вік планет — 4,55 млрд. років. Тривалість *гравітаційного стискання* зорі типу Сонця з фрагмента газопилової хмари до виходу на *головну послідовність* — так звана шкала Гельмгольца — близько 25 млн. років. Час перебування зорі на головній послідовності  $t_{г.п.} = 10/M^3$  млрд. років, де  $M$  — маса зорі, визначена в масах Сонця. Див. *Зоряна еволюція*.

**Шокові структури** — структури мінералів, які, виникаючи за високих тисків, утворюються у вибухових *кратерах*. Ш. с. е ознаками *астроблем*.

**Шпур** (англ. *spur* — шпора) — тонке протяжне кільце на *небесній сфері* — потужне джерело *синхротронного радіовипромінювання*. Один з чотирьох Ш. «Великий Шпур» має кутовий діаметр до  $110^\circ$  і проходить через *сузір'я Геркулеса*, *Змії*, *Волопаса*, *Діви* і *Чаші*. Вважають, що Ш. — це залишок оболонки *наднової*.

**Штучний супутник Землі (ШСЗ)** — космічний літальний апарат, який за допомогою багатоступеневої ракети-носія виводиться на колову або еліптичну орбіту навколо Землі для розв'язання певних наукових і практичних завдань. Умови видимості ШСЗ в тому або іншому пункті земної поверхні визначаються, зокрема, кутом нахилу і площини орбіти ШСЗ до площини земного *екватора* і висотою  $H$  ШСЗ над поверхнею Землі у *підсупутниковій точці*. Якщо  $H = 35\,800$  км, то період обертання ШСЗ відносно зір точно дорівнює зоряній *добі*; такий ШСЗ, якщо його орбіта лежить у площині екватора, висить нерухомо над певною точкою земного екватора. Перший ШСЗ було запущено в СРСР 4 жовтня 1957 р. Сьогодні ШСЗ використовують для вивчення поверхневих шарів Землі, складання уточнених географічних карт, вивчення забруднення *атмосфери*, пошуку корисних копалин, керування океанськими і повітряними лайнерами, вивчення хмарного покриву Землі і передбачення погоди, для ретрансляції телефонних і телевізійних сигналів. На орбітальних станціях провадять важливі

експерименти з метою перенесення в космічний простір технологічних процесів, які пов'язані з забрудненням середовища, а також процеси вирощування кристалів, створення в умовах невагомості піноматеріалів, металевих кульок для шарикопідшипників, виготовлення особливо чистих ліків і вакцин тощо.

## Щ

**Щілина Кассіні** — темний проміжок у кільці Сатурна шириною до 1800 км, відкритий у 1675 р. італійським (і французьким) астрономом Дж. Кассіні (1625—1712). Відсутність речовини у Щ. К., очевидно, зумовлена резонансними явищами — припливною дією з боку супутників Сатурна, оскільки період обертання частинок у Щ. К. становить близько  $2/3$  періоду Януса,  $1/2$  — Мімаса,  $1/3$  — Енцелада і  $1/4$  періоду Тетіса. (Див. *Резонанси в рухах планет і супутників, Супутники планет*, додаток 2, 3).

**Щорічник астрономічний** — видання, яке містить небесні координати Сонця, планет і деяких зір на кожний день року, а Місяця — на кожну годину доби. У Щ. а. публікуються також дані про сонячні і місячні затемнення та інші астрономічні явища. Щ. а. видається за 2—3 роки до початку певного року. Найбільш відомі Щ. а.: «Астрономический ежегодник СССР» (видається з 1922 р.), «*American Ephemeris and Nautical Almanac*» (США, з 1849 р.) «*Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris*» (Великобританія, з 1766 р.). Трохи меншої точності ті самі дані публікуються в щорічних астрономічних календарях: «Короткий астрономічний календар» (К.: Наукова думка) і «Астрономический календар ВАГО» (М.: Наука).

# Ю

**Юліанський день** (ЮД, *JD*) — число ефемеридних днів, які минули від 12 год 1 січня 4713 р. до н. е. Так, опівдні 1 січня 1988 р. розпочався 2 447 162-й ЮД. Система ЮД, яку запровадив французький учений Ж. Скалігер (1540—1609), була зручною при обчисленні дат сонячних і місячних затемнень, ефемерид комет й опрацюванні результатів тривалих спостережень змінних зір тощо.

# Я

**Ядерна астрофізика** — галузь астрофізики, яка вивчає процеси виділення енергії і утворення ядер хімічних елементів у надрах зір на окремих етапах їх розвитку. (Див. *Утворення хімічних елементів, Поширеність хімічних елементів*).

**Ядерна космохронологія** — відтворення тривалості в часі процесів синтезу ізотопів хімічних елементів у Галактиці порівнянням відносної кількості окремих радіоактивних ізотопів і продуктів їх розпаду в речовині Землі, Місяця і метеоритів, а також в атмосферах Сонця і зір. Важливе місце в Я. к. займають теоретичні обчислення зміни відносної кількості ізотопів  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  і  $^{232}\text{Th}$  внаслідок перебігу в Галактиці  $r$ -процесів (див. *Утворення хімічних елементів*). З теорії випливає, що при  $r$ -процесі виникає таке відношення числа згаданих ізотопів:  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U} = 1,39$ ,  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 1,24$ , тоді як на сучасний момент у твердих гірських породах це відношення відповідно  $3,75$  і  $7,26 \cdot 10^{-3}$ . З даних про вміст у метеоритах, у місячному ґрунті та земних зразках радіогенного свинцю — продукту розпаду ізотопів урану й торію випливає, що вік планет Сонячної системи становить приблизно 4,55 млрд. років. Відлічивши цей час назад, знаходять, що згадане відношення ізотопів урану й торію становило відповідно  $2,32$  і  $0,317$ . Звідси випливає, що вік Галактики близько 18 млрд. років, якщо перед формуванням планетної системи поблизу Сонця спалахнула

*наднова зоря*, яка поповнила важкими ізотопами протопланетну *туманність*, або близько 10 млрд. років, якщо такого спалаху не було. (Див. *Шкала часу*).

**Ядра галактик** — компактні масивні згущення речовини (зір) в центральних зонах більшості *галактик*. Зокрема, ядро нашої *Галактики* є потужним джерелом радіовипромінювання, в ньому також виявлено понад 10 джерел інфрачервоного випромінювання і стільки ж рентгенівських джерел. Висловлено припущення, що в центрі Галактики є одинарна або подвійна *чорна діра* з масою до  $10^6 M_{\odot}$ , оточена *акреційним диском*. В цілому природу Я. г. остаточно ще не з'ясовано.

**Якість зображення** — одна з найважливіших проблем сучасної спостережної астрономії. Завдяки дифракції — обгинанню світловими хвилями країв об'єктива — в його фокальній площині утворюється кругла пляма з системою дифракційних кілець навколо неї. Кутовий розмір плями для довжини хвилі 550 нм  $\alpha = 14''/D$ , де  $D$  — діаметр об'єктива в см. При  $D = 100$  см маємо  $\alpha = 0,1''$ . Величину  $\alpha''$  називають теоретичною *роздільною здатністю* телескопа. За рахунок розсіювання світла на неоднорідностях земної атмосфери створюється диск тремтіння і реальне зображення зорі не буває меншим від 0,3—0,5'', а досить часто досягає 10—20''. Вважають, що Я. з. добра, коли діаметр диска тремтіння дорівнює 1—2''. Тому раніше, ніж будувати *астрономічну обсерваторію*, докладно вивчають *астроклімат* місцевості. Сучасні обсерваторії будують на вершинах гір висотою 2—4 тис. м над рівнем моря. Найвищою тепер є обсерваторія Мауна Кеа (о. Гавайї) — 4200 м. Див. *Астроклімат*.

**Янський** — позасистемна одиниця спектральної густини потоку випромінювання:  $1 \text{ Ян} = 10^{-26} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{Гц})$ . Названа ім'ям астронома К. Янського (1905—1950, США), який у 1932 р. відкрив космічне радіовипромінювання.

**Янус** (за давньоримською міфологією — божество світла й Сонця) — X супутник Сатурна. Див. *Супутники планет* і додаток 3.

**Япét** (у давньогрецькій міфології — батько Прометея й Атласа) — VIII супутник Сатурна. Див. *Супутники планет* і додаток 3.

**Яскравість** — характеристика випромінювальної або відбивної здатності небесного тіла. В астрономії про Я. йдеться лише тоді, коли об'єкт має певну протяжність (*туманність*) або форму диска (*Сонце*). Тоді Я. — це енергія, що випроміню-

ється за одиницю часу всередині тілесного кута в 1 ср елементі поверхні тіла (наприклад, диска Сонця), проекція якого на площину, перпендикулярну до певного напрямку, має одиничну площу ( $1 \text{ м}^2$ ). В астрономії Я. вимірюють у *зоряних величинах* площі  $1'' \times 1''$ ,  $1' \times 1'$  або  $1^\circ \times 1^\circ$ . Зокрема, Я. Венери — близько  $3^m$  з  $(1'')^2$ , Я. центра сонячного диска  $1,5 \cdot 10^9$  кд/м<sup>2</sup>, повного Місяця  $2,5 \cdot 10^3$  кд/м<sup>2</sup>. Я. денного неба дорівнює  $4^m$  з  $(1'')^2$ , нічного безмісячного неба  $22,4^m$  з  $(1'')^2$ . Я. площадки в  $(1'')^2$ , по якій розподілене світло зорі  $0^m$ , дорівнює  $9,25 \cdot 10^4$  кд/м<sup>2</sup>.

**Яскравість зорі** — умовне, неправильне словосполучення — те саме, що блиск.

## Додаток 1

## Назви і позначення сузір'їв

Назва		Родовий відмінок	Позначення
Українська	Латинська		
1	2	3	4
Андромеда	Andromeda	Andromedae	And
Близнята	Gemini	Geminorum	Gem
Велика			
Ведмедиця	Ursa Major	Ursae Majoris	UMa
Великий			
Пес	Canis Major	Canis Majoris	CMa
Візничий	Auriga	Aurigae	Aur
Вовк	Lupus	Lupi	Lup
Водолій	Aquarius	Aquarii	Aqr
Волопас	Bootes	Bootis	Boo
Волосся			
Вероніки	Coma Berenices	Comae Berenices	Com
Ворон	Corvus	Corvi	Crv
Геркулес	Hercules	Herculis	Her
Гідра	Hydra	Hydrae	Hya
Годинник	Horologium	Horologii	Hor
Голуб	Columba	Columbae	Col
Гончі Пси	Canes Venatici	Canum Venaticorum	CVn
Дельфін	Delphinus	Delphini	Del
Діва	Virgo	Virginis	Vir
Дракон	Draco	Draconis	Dra
Ерідан	Eridanus	Eridani	Eri
Жертовник	Ara	Arae	Ara
Живописець	Pictor	Pictoris	Pic
Жиrafa	Camelopardalis	Camelopardalis	Cam



## Продовження таблиці

1	2	3	4
Журавель	Grus	Gruis	Gru
Заєць	Lepus	Leporis	Lep
Змієносець	Uphiuchus	Ophiuchi	Oph
Змія	Serpens	Serpentis	Ser
Золота			
Риба	Dorado	Doradus	Dor
Індієць	Indus	Indi	Ind
Кассіопея	Cassiopeia	Cassiopeiae	Cas
Кит	Cetus	Ceti	Cet
Кіль	Carina	Carinae	Car
Козоріг	Capricornus	Capricorni	Cap
Компас	Pyxis	Pyxidis	Pix
Корма	Puppis	Puppis	Pup
Косинець	Norma	Normae	Nor
Лебідь	Cygnus	Cygni	Cyg
Лев	Leo	Leonis	Leo
Летюча			
Риба	Volans	Volantis	Vol
Лисичка	Vulpecula	Vulpeculae	Vul
Ліра	Lyra	Lyrae	Lyr
Мала Вед- медиця	Ursa Minor	Ursae Minoris	UMi
Малий			
Кінь	Equuleus	Equulei	Equ
Малий Лев	Leo Minor	Leonis Minoris	LMi
Малий Пес	Canis Minor	Canis Minoris	CMi
Мікроскоп	Microscopium	Microscopii	Mic
Муха	Musca	Muscae	Mus
Насос	Antlia	Antliae	Ant
Овен	Aries	Arietis	Ari
Одноріг	Monoceros	Monocerotis	Mon
Октант	Octans	Octantis	Oct

## Продовження таблиці

1	2	3	4
Орел	Aquila	Aquillae	Aql
Оріон	Orion	Orionis	Ori
Павич	Pavo	Pavonis	Pav
Паруси	Vela	Velorum	Vel
Пегас	Pegasus	Pegasi	Peg
Персей	Perseus	Persei	Per
Південна Корона	Corona Australis	Coronae Australis	CrA
Південна Риба	Piscis Austrinus	Piscis Austrini	PsA
Південний Змій	Hydrus	Hydri	Hyi
Південний Трикутник	Triangulum Australe	Trianguli Australis	TrA
Північна Корона	Corona Borealis	Coronae Borealis	CrB
Піч Райський	Fornax	Fornacis	For
Птах	Apus	Apodis	Aps
Рак	Cancer	Cancri	Cne
Риби	Pisces	Piscium	Psc
Рись	Lynx	Lyncis	Lyn
Різець	Caelum	Caeli	Cae
Секстант	Sextans	Sextantis	Sex
Сітка	Reticulum	Reticuli	Ret
Скорпіон	Scorpius	Scorpii	Sco
Скульптор	Sculptor	Sculptoris	Scl
Столова Гора	Mensa	Mensae	Men
Стріла	Sagitta	Sagittae	Sge
Стрілець	Sagittarius	Sagittarii	Sgr
Телескоп	Telescopium	Telescopii	Tel
Телець	Taurus	Tauri	Tau
Терези	Libra	Librae	Lib
Трикутник	Triangulum	Trianguli	Tri

Продовження таблиці

1	2	3	4
Тукан	Tucana	Tucanae	Tuc
Фенікс	Phoenix	Phoenicis	Phe
Хамелеон	Chameleon	Chameleontis	Cha
Хрест (Півден- ний)	Crux	Crucis	Cru
Центавр	Centaurus	Centauri	Cen
Цефей	Cepheus	Cephei	Cep
Циркуль	Circinus	Circini	Cir
Чаша	Crater	Crateris	Crt
Щит	Scutum	Scuti	Sct
Ящірка	Lacerta	Lacertae	Lac

## Планети Сонячної системи

Основні характеристики	Меркурій	Венера	Земля	Марс	Юпітер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня відстань від Сонця, а. о.	0,39	0,72	1,00	1,52	5,2	9,54	19,2	30,1	39,4
Сидеричний період обертання	88,0	224,7	365,3	687,0	11,86	29,5	84,0	164,8	247,7
Синодичний період обертання	115,9	583,9	—	779,9	398,9	378,1	369,7	367,5	366,7
Ексцентриситет орбіти	0,207	0,007	0,017	0,093	0,048	0,056	0,047	0,009	0,247
Нахил орбіти	7,0	3,4	—	1,8	1,3	2,5	0,8	1,8	17,1
Екваторіальний радіус, тис. км.	2,44	6,05	6,38	3,39	71,4	60,4	24,3	25,0	1,5(?)
Стиснення фігури	0,000	0,000	0,003	0,005	0,062	0,103	0,06	0,02	?
Маса, $г \times 10^{25}$	33	490	600	64	190 000	57 000	8700	10 000	1
Параболічна швидкість, км/с	4,3	10,4	11,2	5,0	61	36	22	24	0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Період добового обертання, доба	58,8	243	0,997270	1,025956	0,4101	0,4264	0,69— 0,71	0,653	0,261
Нахил екватора до орбіти, град.	7	3,4	23,4	25,2	3,1	26,8	98	29	?
Сферичне альbedo	0,06	0,75	0,36	0,24	0,50	0,76	0,62	0,50	0,09
Сонячна стала, Вт/м <sup>-2</sup>	13600	2600	1360	586	50	15	4	1,5	0,9
Температура поверхні, К	750— 100	735	288	300— 150	—	—	—	—	—
Тиск біля поверхні, атм	10 <sup>-10</sup>	90	1,0	0,007	—	—	—	—	—
Магнітне поле на екваторі, × 80 А/м	0,003	0,00003	0,3	0,0005	4,2	0,2	0,3	?	?
Нахил осі диполя до осі оберт.	10— 20	—	11,5	15	9,5	1	55	?	?
Число супутників	—	—	1	2	16	17	15	6	1

## Супутники планет

Супутник (номер і назва)	Рік від- крит- тя	Ви- дима зоря- на вели- чина	Середня відстань від планети		Сидерич- ний період обертання	Діа- метр, км
			в ра- діусах пла- нети	тис. км.		
1	2	3	4	5	6	7
<i>Земля</i>						
Місяць	—	—12,7	60,27	384,4	27,32	3476
<i>Марс</i>						
М I Фобос	1877	11,6	2,76	9,4	0,319	28×22× ×18
М II Дей- мос	1877	12,7	6,90	23,5	1,262	16×12× ×10
<i>Юпітер</i>						
J XVI Меті- с (Меті- да)	1979	17,4	1,77	127,96	0,295	(40)
J XV Адра- стєя	1979	18,9	1,78	128,98	0,298	24×20× ×16
J V Амаль- тєя	1892	14,1	2,50	181,3	0,498	270×170
J XIV Тєба (Фіва)	1979	15,5	3,06	221,9	0,675	110×90
J I Іо	1610	5,0	5,82	421,6	1,769	3630
J II Європа	1610	5,3	9,27	670,9	3,551	3138
J III Гані- мєд	1610	4,6	14,8	1070	7,155	5262
J IV Каллі- стє	1610	5,6	26,0	1880	16,689	4800
J XIII Лє- да	1974	20,2	153	11 094	238,7	(10)
J VI Гіма- лія	1904	14,8	158	11 480	250,6	(180)

## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
J X Лізі- стєя	1938	18,4	161,9	11 720	259,2	(20)
J VII Ел- ра	1904	16,7	162,1	11 737	259,7	(80)
J XII * Ананке	1951	18,9	293	21 200	631	(20)
J XI * К- ме	1938	18,0	312	22 600	692	(40)
J VIII * Пасифє	1908	17,7	325	23 500	735	(40)
J IX * Сі- нопе	1914	18,3	327	23 700	758	(28)
<i>Сатурн</i>						
S XV Ат- лас (Ат- лант)	1980	18	2,29	137,7	0,602	38×26
S XVII Пандора	1980	16,5	2,32	139,4	0,613	140× ×100× ×80
S XVI Прометєй	1980	16	2,36	141,7	0,629	110× 90×70
S XI Епі- метєй	1966	15,5	2,52	151,4	0,694	140× ×120× ×100
S X Янус	1966	14,5	2,52	151,5	0,695	220× ×180 394
S I Мімас	1789	12,9	3,09	185,5	0,942	
S II Енце- лад	1789	11,8	3,97	238	1,370	500
S III Тєфія	1684	10,3	4,91	294,7	1,888	1060
S XIII Те- лєстó	1980	19	4,91	294,7	1,888	34× ×28× ×26
S XIV Ка- лїпсó	1980	18,5	4,91	294,7	1,888	34× ×22× ×22

## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
S IV Діона	1684	10,4	6,29	377,4	2,737	1020
S XII Ге- лена	1980	18,5	6,29	377,4	2,737	36× × 30× × 30
S V Рея	1672	9,7	8,78	527,0	4,518	1530
S VI Ти- тан	1655	8,4	20,4	1222	15,945	5150
S VII Гіпе- ріон	1848	4,2	24,7	1481	21,277	350× 230
S VIII Япét	1671	10— 12	59,3	3561	79,331	1460
S IX * Фé- ба	1898	16,5	215	12954	550,4	220
<i>Уран</i>						
U V Мі- ранда	1948	16,5	4,94	129,4	1,414	(400)
U I Аріель	1851	14,4	7,29	191,0	2,52	1330
U II Умб- ріель	1851	15,3	10,2	266,3	4,144	1110
U III Тита- нія	1787	14	16,6	435,9	8,706	1600
U IV Обє- рон	1787	14,2	22,3	583,5	13,463	1630
<i>Нептун</i>						
N I Трітón	1846	13,6	14,6	355,3	5,877	(3500)
N II Нерє- їда	1949	18,7	226,7	5510	360,21	(400)
<i>Плутон</i>						
P I Харón	1978	17	7,9	19,7	6,387	(1000)

Примітки. 1) зірочкою \* позначено супутники, напрям руху яких навколо планети протилежний напрямку її добового обертання; 2) у дужках подано наближені значення радіусів супутників; 3) в табл. не враховано нещодавно відкритих (1986 р.) супутників Урана (U7 Корделія, U8 Афелія, U9 Бі-  
(продовження примітки див. на с. 284).



**Префікси для утворення похідних слів,  
пов'язаних з назвами космічних об'єктів**

Венера	афродіто-, афро-, венеро-
Земля	гео-
Кільця Сатурна	зено-
Марс	арео-, марсо-
Меркурій	гермесо-
Місяць	селено-
Сатурн	кроно-
Юпітер	йові-, юпітеро-

---

анка, U3 Крессада, U6 Дездемона, U2 Джульєта, U1 Порція, U4 Розалінда, U5 Белінда, U1 Пак). Радіуси орбіт цих супутників від  $50 \cdot 10^6$  м для Корделії до  $86 \cdot 10^6$  м, радіуси супутників від 25 до 85 км. І поблизу Нептуна у 1989 р. виявлено ще чотири супутника.

## Додаток 5

**Префікси для утворення одиниць вимірювання  
у фізиці та астрономії**

Назва	Позначення		Множник
	міжнародне	українське	
екса	E	Е	$10^{18}$
пета	P	П	$10^{15}$
тера	T	Т	$10^{12}$
гіга	G	Г	$10^9$
мега	M	М	$10^6$
кіло	k	к	$10^3$
гекто	h	г	$10^2$
дека	da	да	$10^1$
деци	d	д	$10^{-1}$
санти	c	с	$10^{-2}$
мілі	m	м	$10^{-3}$
мікро	$\mu$	мк	$10^{-6}$
нано	n	н	$10^{-9}$
піко	p	п	$10^{-12}$
фемто	f	ф	$10^{-15}$
атто	a	а	$10^{-18}$

Середнє рефракційне зміщення  $R$  світила для різних зенітних відстаней  $z$  при температурі  $+10\text{ }^\circ\text{C}$  і тискові 101 325 Па (760 мм рт. ст.)

$z$	$R$	$z$	$R$	$z$	$R$
0°	0'00''	48°	1'05''	80°30'	5'35''
2	2	50	09	81 00	52
4	4	52	14	81 30	6 12
6	6	54	20	82 00	33
8	8	56	26	82 30	57
10	10	58	33	83 00	7 24
12	12	60	41	83 30	54
14	15	62	49	84 00	8 28
16	17	64	59	84 30	9 07
18	19	66	2 10	85 00	52
20	21	67	16	85 30	10 45
22	24	68	23	86 00	11 45
24	26	69	31	86 30	12 55
26	28	70	39	87 00	14 22
28	31	71	48	87 20	15 31
30	34	72	57	87 40	16 49
32	36	73	3 08	88 00	18 18
34	39	74	20	88 20	20 02
36	42	75	34	88 40	22 07
38	45	76	49	89 00	24 37
40	49	77	4 07	89 20	27 34
42	52	78	27	89 40	31 09
44	56	80	5 19	90 00	35 24
46	1 00				

## Додаток 7

Поглинання світла (у зоряних величинах) для візуального ( $\Delta m_{\text{віз}}$ ) і фотографічного ( $\Delta m_{\text{фот}}$ ) діапазонів залежно від зенітної відстані  $z$

$z$	$\Delta m_{\text{віз}}$	$\Delta m_{\text{фот}}$	$z$	$\Delta m_{\text{віз}}$	$\Delta m_{\text{фот}}$
0°	0,00 <sup>m</sup>	0,00 <sup>m</sup>	73°	0,47 <sup>m</sup>	0,95 <sup>m</sup>
10	,00	,01	74	,51	1,03
20	,01	,03	75	,55	,12
30	,03	,06	76	,60	,22
40	,06	,12	77	,66	,34
45	,08	,17	78	,73	,47
50	,11	,22	79	,81	,63
55	,14	,30	80	,90	,81
60	,22	,40	81	1,01	2,03
64	,25	,51	82	,15	,30
68	,32	,66	83	,32	,63
70	,37	,76	84	,55	3,05
72	,43	,88	85	,84	,62

**Климишин І. А., Тельнюк-Адамчук В. В.**

Шкільний астрономічний довідник: Кн.  
К49 для вчителя.— К.: Рад. шк., 1990.— 287 с.  
ISBN 5-330-01188-4.

Довідник містить стисле пояснення суті найважливіших термінів і понять, які стосуються астрономії в цілому та окремих її галузей, зокрема фізики Землі і планет, фізики Сонця й зір, космогонії та космології, і які найчастіше використовуються в шкільних курсах астрономії та природознавства. Матеріал довідника подано у вигляді коротких статей, розміщених за алфавітом. У дужках, за невеликими винятками, подано походження того чи іншого слова (терміна). Слова, які набрано курсивом всередині статті мають окреме пояснення.

Для вчителів астрономії, учнів старших класів, студентів педвузів.

К  $\frac{4602030000-177}{M210(04)-90}$  309—90

ББК 74.265.5я2

Справочное издание

**Климишин Иван Антонович,  
Тельнюк-Адамчук Владимир Владимирович**  
**ШКОЛЬНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК**

Книга для учителя

На украинском языке

Киев, «Радянська школа»

Завідуючий редакцією літератури з математики і фізики *М. Ю. Зубченко*.  
Художнє оформлення *Л. О. Дикарева*. Художній редактор *В. Б. Волков*. Технічний редактор *Ц. Б. Федосіхіна*. Коректори *І. М. Ситниченко, Л. С. Бобир*

ИБ № 7130

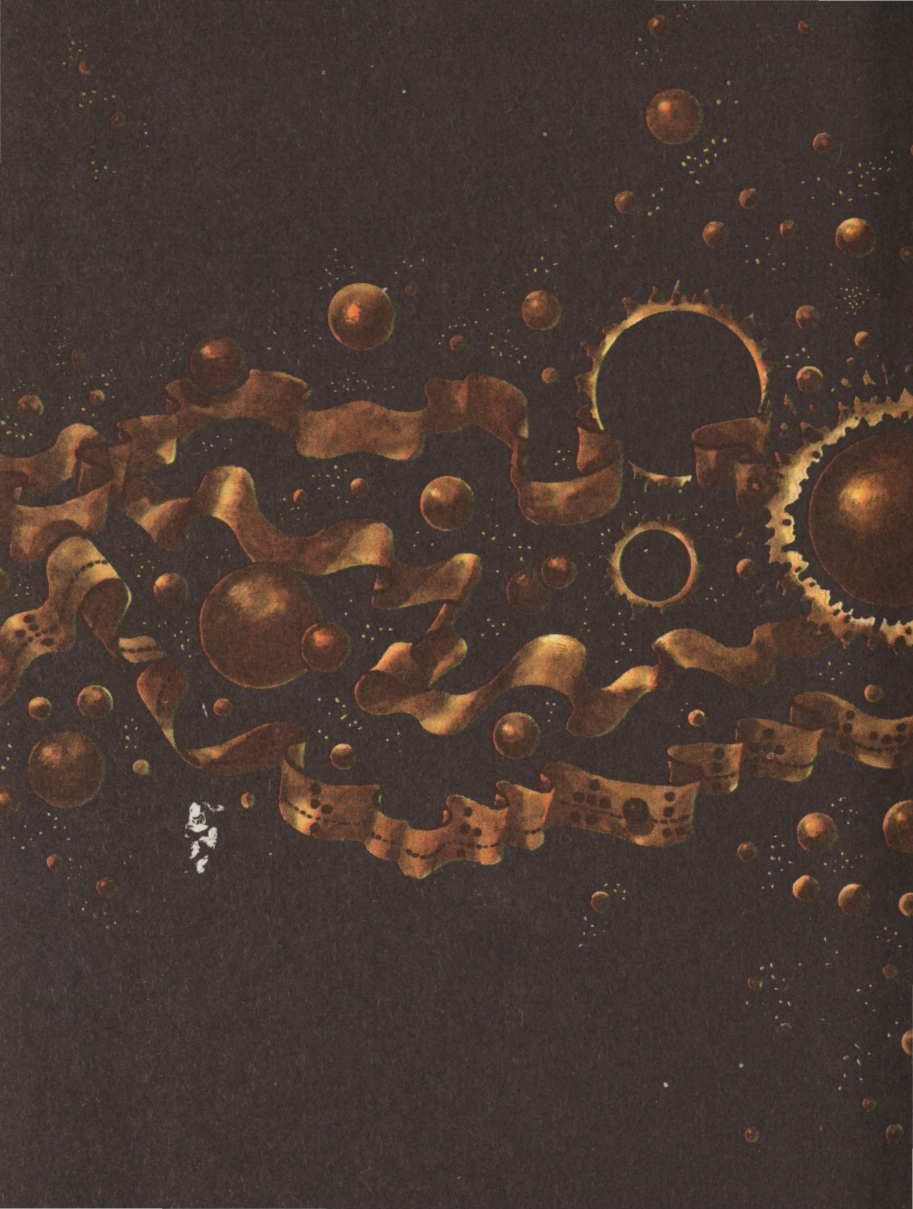
Здано до набору 18.07.89. Підписано до друку 25.07.90. БФ 01762. Формат 70×100/32. Папір офсетний. Гарнітура літературна. Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 11,7+0,24 форз.+1,3 вкл. Умовн. фарбо-відб. 17,94. Обл.-вид. арк. 14,69+0,39 форз.+2,04 вкл. Тираж 20 000 прим. Вид. № 32511. Замовлення 9—231. Ціна 1 крб. 10 к.

Видавництво «Радянська школа»  
252053, Київ-53, Ю. Коцюбинського, 5

Діапозитиви тексту виготовлені на Головному підприємстві РВО «Поліграфкнига»

Київська книжкова фабрика «Жовтень», 252053, Київ-53, Артема, 23









1 крб. 10 к.

# ШКІЛЬНИЙ АСТРОНОМІЧНИЙ ДОВІДНИК



## До читача

Ви прочитали „Довідник“.

Якщо Ви отримали нову для себе інформацію, якщо у Вас поглибилися уявлення про завдання, методи і можливості астрономічної науки, то автори вважатимуть своє завдання частково виконаним.

Можливо наш „Довідник“

потрапив до рук любителя астрономії, який має намір присвятити своє життя цій науці. У такому разі радимо читачеві серйозно подумати про отримання спеціальної астрономічної освіти в одному з університетів України – Київському, Одеському, Ужгородському чи Харківському. Астрономія – одна з наук про навколишній світ, вона вимагає досконалої фізико-математичної підготовки.

Київ  
„Радянська  
школа“  
1990