

Е

ЕВЕКЦІЯ (лат. *evection*, тут — відхилення, від *eveho* — підіймаю) — невеликі відхилення у русі Місяця внаслідок збурень від Сонця та планет. Е. досягає 1.3° , тобто приблизно 2.5 діаметра Місяця.

Її виявив Гіппарх у II ст. до н.е., а пізніше — Птолемей у II ст. н.е. Пояснив це явище І. Ньютон.

ЕВЕРШЕДА ЕФЕКТ — доплерівське зміщення спектр. ліній, яке простежують у спектрах півтіней сонячних плям біля краю диска Сонця. Е. е. зумовлений радіальними рухами речовини в сонячній фотосфері зі швидкістю близько 2 км/с в напрямі від центра плями назовні, тоді як у хромосфері над плямою — зі швидкістю 5 км/с до центра плями.

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ТРЕК — крива зміни параметрів зорі на Герцшпрунга—Рессела діаграмі в процесі її еволюції.

ЕВОЛЮЦІЯ ЗІР — зміни фіз. характеристик, внутр. будови і хім. складу зір у часі.

Звичайно початком Е. з. вважають момент, коли виділення енергії в термоядерних реакціях повністю покриває втрати енергії хім. чистої однорідної зорі на випромінювання. Еволюція поодинокі зорі залежить від її маси і хім. складу. З погляду Е. з. зорі поділяють на три групи:

зорі малої маси — $0.08 \leq M/M_\odot \leq (2.0-2.3)$;

зорі проміжної маси — $(2.0-2.3) \leq M/M_\odot \leq (8-10)$;

масивні зорі — $(8-10) \leq M/M_\odot \leq (80-100)$,

де M — маса зорі. Межа, яка розділяє зорі малої та помірної мас, визначена тим, що в зорях з масою $M \geq (2.0-2.3)M_\odot$ загоряння гелію на вершині відгалуження червоних гігантів (ВЧГ)

відбувається в неvirодженому ядрі і перебігає спокійно, тоді як у зорях з меншими масами загоряння гелію починається у virодженому ядрі і набуває рис теплового вибуху. Аналогічно, за особливістю загоряння вуглецю в ядрі, виділяють межу між зорями проміжних мас і масивними зорями. Для наочного опису Е. з. використовують Герцшпрунга—Рессела діаграму. В процесі Е. з. змінюються їхні світність і ефективна температура, внаслідок чого зорі змінюють своє положення на діаграмі Герцшпрунга—Рессела, тобто описують на ній деякі траєкторії — еволюційні треки. Зорі нульового віку різних мас утворюють на діаграмі Герцшпрунга—Рессела головну послідовність нульового віку, або початкову гол. послідовність. Джерело енергії зір гол. послідовності — термоядерні реакції перетворення водню в гелій. У зорях з масою до $1.2M_\odot$ відбувається водневий цикл, у масивніших зорях — вуглецево-азотний цикл. Стадія гол. послідовності закінчується утворенням у надрах зорі однорідного гелієвого ядра. Час перебування зорі на гол. послідовності визначений її масою. Результати числових розрахунків для діапазону мас $1 \leq M/M_\odot \leq 100$ дуже добре апроксимують формула

$$\lg t_{\text{гп}} \approx 9.9 - 3.8 \lg(M/M_\odot) + \lg^2(M/M_\odot),$$

де $t_{\text{гп}}$ — час перебування зорі на гол. послідовності, роки. Це найтриваліша стадія Е. з., тривалість усіх наступних стадій становить близько 10% часу перебування зорі на гол. послідовності. Світність і ефективна т-ра зорі на стадії гол. послідовності змінюються дуже мало. Еволюційний трек зорі залежить головню від її маси.

Після того, як зорі малої маси покинуть гол. послідовність, вони ево-

люціонують у зону *червоних гігантів* (рис. 1). Джерело енергії зорі на цій стадії — горіння водню в шарі, що прилягає до гелієвого ядра. Маса гелієвого ядра поступово збільшується. На стадії червоного гіганта ефективна т-ра зорі знижується, світність і радіус збільшуються багаторазово, причому саме збільшення маси гелієвого ядра супроводжується збільшенням світності зорі. На вершині ВЧГ, коли маса гелієвого ядра зорі сягає $(0.4-0.5)M_{\odot}$, починається загоряння гелію в ядрі. Зоря малої маси має вироджене гелієве ядро, тому загоряння гелію настає у вигляді теплового вибуху. *Спалах гелієвого ядра*, найімовірніше, супроводжується скиданням зорею деякої кількості речовини. Коли горіння гелію в ядрі стає гол. джерелом енергії зорі, вона на діаграмі Герцшпрунга—Рессела зміщується до *горизонтального відгалуження*. Світність і радіус зорі зменшуються, ефективна т-ра підвищується. Вигоряння гелію в ядрі приводить до формування такої структури зорі. Вона має вуглецеве (або вуглецево-кисневе) ядро і два шарові джерела. До ядра примикає шар горіння гелію, над ним розташований шар горіння водню. Водневе і гелієве шарові джерела розділені сферичним шаром гелію, в якому ядерні реакції не відбуваються. На діаграмі Герцшпрунга—Рессела зоря зміщується на *асимптотичне відгалуження гігантів* (АВГ). Світність і радіус зорі знову збільшу-

ються, ефективна т-ра знижується. Проте якщо після скидання речовини під час спалаху гелію в ядрі маса водневої оболонки, що залишилася, порівняно невелика, то така зоря не підіймається на АВГ, а еволюціонує в зону *білих карликів*. Горіння гелію в шарі нестійке, на АВГ в надрах зорі трапляються спалахи гелієвого шарового джерела. Е. з. на АВГ супроводжується інтенсивною втратою речовини. В деякий момент темп втрати речовини настільки збільшується, що зоря втрачає майже всю водневу оболонку. Цю оболонку, що розширюється в навколишнє середовище зі швидкістю 20—50 км/с, простежують спочатку як *планетарну туманність*. Однак процес скидання зорею оболонки в деталях ще не з'ясовано. Після скидання оболонки зоря швидко еволюціонує в зону білих карликів. У цей час у її надрах може статися завершальний спалах гелієвого шарового джерела, і на декілька років вона може повернутися в зону гігантів. Білий карлик повільно охолоджується і перетворюється в чорний.

Зоря проміжної маси після зсуву з гол. послідовності проходить ті ж еволюційні стадії, що й зоря малої маси (див. рис. 1). Її еволюційний трек якісно подібний до трека зорі малої маси, хоча, природно, відрізняється кількісними параметрами. Напр., відношення світностей зір на вершині АВГ і на гол. послідовності зменшуються зі збільшенням маси зорі. В зорі проміжної маси загоряння гелію в ядрі відбувається спокійно, бо гелієве ядро цієї зорі не вироджене. Е. з. маси до $(3-6)M_{\odot}$ закінчується, як і у випадку зір малої маси, скиданням оболонки з утворенням планетарної туманності і перетворенням ядра зорі в білий карлик. Кінцева стадія Е. з. з масою $(3-6) \leq M/M_{\odot} \leq (8-10)$ менше з'ясована. Можливо, ці зорі також втрачають значну частину своєї маси на АВГ й еволюціонують у білі карлики. Однак можливо, що в них відбувається загоряння вуглецю в ядрі, яке завдяки виродженню ядра спричиняє тепловий вибух, унаслідок якого настає повне розпорощення речовини зорі.

До стадії подвійного шарового джерела ядерні реакції в надрах масивної зорі відбуваються в тій же послідовності, що

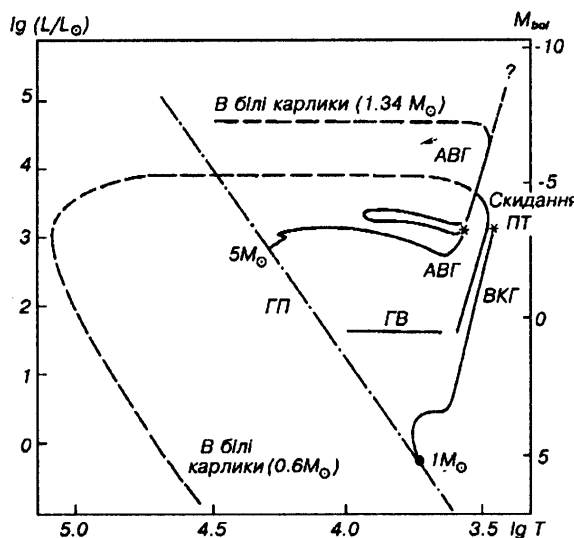


Рис. 1. Схематичні еволюційні треки зір малої ($1M_{\odot}$) і помірної ($5M_{\odot}$) мас. ГВ — горизонтальне відгалуження, ПТ — планетарна туманність, ГП — головна послідовність

і в зорях проміжної та малої мас. Потім у ядрі масивної зорі загоряється вуглець, після вигорання якого в ній знову відновлюється структура з шаровими джерелами, тут їх, однак, три: вуглецеве, гелієве і

водневе. Згодом у центр. зоні масивної зорі послідовно вигорять кисень, неон, магній, сірка, кремній і утворюється ядро, яке складається з елементів групи заліза й оточене шарами продуктів попередніх ядерних реакцій. Ядерні реакції з елементами групи заліза і важкими ядрами відбуваються з поглинанням енергії, тому вони не можуть бути джерелами енергії зорі. Залізне ядро катастрофічно стискується (колапсує). Колапс залізного ядра приводить до спалаху *Наднової II* типу, внаслідок якого відбувається або повне розлітання зорі, або ж виникає зоряний залишок у вигляді *нейтронної зорі* чи *чорної діри*. В масивних зорях втрата маси відіграє важливу роль не лише на завершальних етапах, а й на самому початку Е. з. — на гол. послідовності. Еволюційні треки масивних зір суттєво відрізняються від треків зір помірної та малої мас. Зміни світності порівняно невеликі. В процесі еволюції масивна зоря зміщується на діаграмі Герцшпрунга—Рессела переважно вздовж осі температур (рис. 2). Еволюція масивних зір з масою $M \leq 25M_{\odot}$ вкладається в таку схему: *О-зоря гол. послідовності* → *блакитний надгігант* → *червоний надгігант* → *жовтий надгігант* → *червоний надгігант* → *наднова*. Зоря з масою $25M_{\odot} \leq M \leq 60M_{\odot}$ еволюціонує таким шляхом: *О-зоря гол. послідовності* → *голубий надгігант* → *жовтий (або червоний) надгігант* → *Вольфа—Райє зоря* → *наднова*. Наймасивніші зорі з $M \geq 60M_{\odot}$ взагалі не потрапляють у червону ділянку діаграми Герцшпрунга—

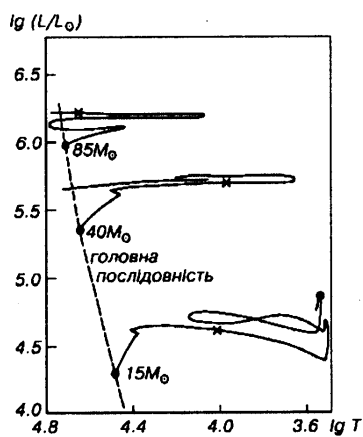


Рис. 2. Еволюційні треки масивних зір з хім. складом $X = 0.73$ і $Y = 0.25$, що еволюціонують з втратою маси (хрестиком позначено початок стадії горіння гелію)

Рессела: протягом усієї еволюції вони є блакитними. Стадії еволюції цих зір де-що ін.: *О-зоря гол. послідовності* → *Of-зоря* → *блакитний надгігант* → *зоря Вольфа—Райє* → *наднова*.

Теорія Е. з. у загальних рисах добре описує Е. з. і в цілому дає змогу задовільно пояснити розмаїття характеристик зір, які спостерігають. Проте такі проблеми, як структура і межі конвективних зон, темп втрати маси, негідростатичні етапи Е. з. (напр., спалах невідродженого гелієвого або вуглецевого ядра) та низка ін., ще далекі від остаточного вирішення.

На певних етапах еволюції зорі виявляють змінність блиску. Зокрема, у разі перетину *смуги нестабільності* вони стають *пульсуючими змінними зорями*.

Якщо зоря є компонентою тісної *подвійної системи*, то її еволюція буде дуже відрізнятися від еволюції поодинокі зорі тієї ж маси. Це пов'язане з обміном речовиною між компонентами подвійної системи. До початку обміну масою еволюція кожної компоненти системи відбувається так само, як і еволюція поодинокі зорі. Обмін речовиною між компонентами призводить до незвичайних для поодинокіх зір явищ. Найразючішими є відмінності в поведінках зір, які входять до складу тісної подвійної системи, і поодинокіх зір на завершальних етапах Е. з. Напр., білий карлик у парі з зорею, що заповнює свою *Роша порожнину*, демонструє спалахову активність (*нові зорі, новоподібні зорі*) — явище, яке в принципі не властиве поодинокіму білому карлику.

ЕДДІНГТОН Артур Стенлі, Eddington A. S. (1882—1944) — англ. астроном, член Лондонського королівського т-ва. В 1913—1944 — професор Кембриджського ун-ту, в 1914—1944 — директор обсерваторії ун-ту.

Наук. праці стосуються астрофізики і зоряної астрономії. Виконав піонерські дослідження з теорії внутр. будови зір, розробив стандартну модель зорі, дав теор. інтерпретацію співвідношення маса—світність. Розвинув пульсаційну теорію зоряної змінності, запропонував теорію і модель утворення ліній поглинання в атмосферах зір. Виконав першу експерим. перевірку одного з передбачень загальної теорії відносності Ейнштейна — за результатами спостережень повно-

го затемнення Сонця в 1919 обчислив відхилення променів світла зір у полі тяжіння Сонця.

ЕДДІНГТОНА МЕЖА, Еддінгтона світність, критична світність — світність небесного тіла, у разі якої спрямоване до центра тіла прискорення вільного падіння зрівноважується напрямленим назовні прискоренням, що зумовлене тиском потоку випромінювання.

Е. м. визначають зі співвідношення

$$L_{\text{Ед}} = \frac{4\pi cGM}{\sigma\mu_e t_p},$$

де c — швидкість світла; G — гравітаційна стала; M — маса тіла; μ_e — кількість нуклонів на один електрон; σ — переріз взаємодії речовини з випромінюванням, яке виходить з тіла, у перерахунку на один електрон; t_p — маса протона. У випадку томсонівського розсіювання в речовині із сонячним хім. складом $L_{\text{Ед}}/L_{\odot} \approx 4 \cdot 10^4 M/M_{\odot}$.

Е. м. дає верхню межу світності як звичайних зір, так і джерел, які випромінюють за рахунок акреції.

Знання ж емпіричної залежності маса—світність для зір гол. послідовності дає змогу оцінити і найбільшу можливу масу зорі.

ЕДДІНГТОНА МЕТОД — наближений метод розв'язування рівняння перенесення випромінювання у фотосферах зір.

Гол. припущення, введене А. Еддінгтоном; поле випромінювання ізотропне в кожній точці фотосфери зорі, крім зовн. поверхні, де є тільки потік, напрямлений назовні та ізотропно розподілений по напрямках. Це припущення пов'язує тиск випромінювання з його інтенсивністю, а саме: тиск випромінювання в кожній точці фотосфери пропорційний до його інтенсивності, причому коефіцієнт пропорційності дорівнює $c/3$, де c — швидкість світла. Це додаткове співвідношення дає змогу розв'язати рівняння перенесення.

ЕДДІНГТОНА СВІТНІСТЬ — те ж саме, що й *Еддінгтона межа*.

ЕДИНБУРЗЬКА ОБСЕРВАТОРІЯ (Edinburgh Royal Observatory) — королівська астрономічна обсерваторія, заснована в 1818. Розташована в м. Единбург (Шотландія) ($\lambda = -3^{\circ}10.9'$; $\varphi = +55^{\circ}55.5'$; $h = 146$ м).

Гол. дослідження: вивчення будови Галактики, фізика зір.

Гол. інструменти: 50-см рефлектор, 41-см подвійний астрограф, 380-см ІЧ телескоп у Мауна-Кеа обсерваторії та 125/183-см Шмідта телескоп у Сайдинг-Спрінг обсерваторії.

Має велику бібліотеку старовинних книг з астрономії (від XIII ст.).

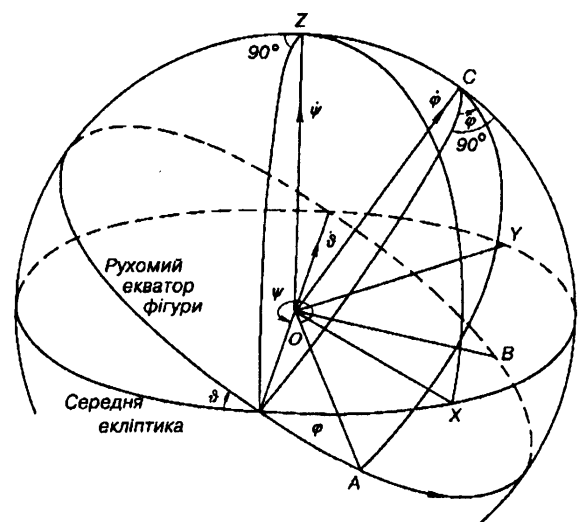
ЕЙГЕНСОН Моріс Семенович (1906—1962) — укр. астроном. У 1934—1953 працював у Пулковській обсерваторії. З 1953 — професор Львівського ун-ту, в 1953—1959 — директор обсерваторії ун-ту.

Наук. праці присвячені позагалактичній астрономії та космології, вивченню сонячної активності. Перший виявив, що в усіх спіральних галактиках є поглинальна речовина, і перший висловив припущення про існування темної матерії між галактиками. Розробив методи прогнозування деяких геофіз. явищ, пов'язаних із сонячною активністю.

ЕЙЛЕР Леонард, Euler L. (1707—1783) — математик, механік, фізик і астроном. Працював у Петербурзькій (1727—1741, 1766—1783) і Берлінській астр. обсерваторіях (1741—1766).

Наук. праці з астр. стосуються небесної механіки, сферичної, практичної і морехідної астрономії. Зробив суттєвий внесок у теорію збуреного руху небесних тіл, зокрема, руху Місяця.

ЕЙЛЕРА КУТИ — система трьох незалежних кутів ϑ , ψ , φ , що задає розподіл і переміщення в просторі гол. осей інерції в правій нерухомій прямокутній системі координат, визначеній заданими екліптикою і середньою точкою весняного рівнодення прийнятої епохи.



Ейлера кути

На рис. показані Е. к.:

δ — нахил екватора фігури до площини екліптики, який відлічують від нерухомої осі OZ до рухомої осі OC так, що $\delta < 90^\circ$;

ψ — кут у площині екліптики між лінією *рівнодень* і лінією, по якій рухома площина екватора перерізається з нерухомою площиною екліптики; цей кут відлічують від осі OX на схід до низхідного вузла екватора на екліптиці, і тому він є *довготою* низхідного вузла, яку відлічують від точки весняного рівнодення;

φ — кут у площині екватора фігури між гол. віссю інерції OA і рухомою лінією *вузлів* екватора на екліптиці; відлічують від низхідного вузла до додатного напрямку осі OA . В літературі не дотримуються чіткої однаковості у визначенні цих кутів.

ЕЙЛЕРА ПЕРІОД — період вільного коливання абсолютно твердої *Землі*. Його розрахував 1790 *Л. Ейлер*. Формули, виведені Ейлером, пов'язують період вільного руху *полюсів Землі* зі значеннями гол. моментів інерції *Землі* C, A : $T = 2\pi/\Omega$, де $\Omega = [(C-A)/A]\omega$, ω — стала швидкість обертання *Землі*. Е. п. $T = 305$ зоряних *днів*.

ЕЙНАСТО Яан, Einasto J. (нар. 1929) — ест. астроном, чл.-кор. АН Естонії. З 1977 завідувач сектора фізики галактик Ін-ту астрофізики і фізики атмосфери АН Естонії.

Гол. наук. праці стосуються галактичної та позагалактичної астрономії й астр. приладобудування.

ЕЙНШТЕЙНА МОДЕЛЬ ВСЕСВІТУ

— статична модель *Всесвіту*, побудована у 1917 А. Ейнштейном на підставі рівнянь *загальної теорії відносності* з космологічною сталою Λ . Уведення Ейнштейном космологічної сталої означало постулювання космологічної сили відштовхування, яка зрівноважує сили тяжіння і дає змогу побудувати Е. м. В. Згодом було з'ясовано, що цей параметр входить у рівняння як стала інтегрування і взагалі випадок $\Lambda = 0$ потрібно обґрунтувати.

ЕЙНШТЕЙНА ОБСЕРВАТОРІЯ

(High-Energy Astronomical Observatory, HEAO-2) — одна з перших *орбітальних астрономічних обсерваторій*, завдяки якій одержано зображення неба у рентген. промнях. Супутник HEAO-2 виведено на навколосезмну орбіту 26 листопада 1978 у США. Важливою особливістю Е. о. є застосування оптики косоного падіння. Для фокусування рентген. променів у *телескопах* цього класу використовують ту особливість, що у разі падіння на поверхню під дуже малим кутом ці промені поведуться як звичайні світлові. На Е. о. чутливість до точкових джерел 10^{-17} Вт/м² у діапазоні 1—3 кеВ та зареєстровано граничні значення потоку, в 500 разів менші, ніж виміряні раніше, та в 10^7 менші, ніж потік від першого позасонячного рентген. джерела *Скорпіон X-1*, відкритого у 1961.

У *фокальній площині* оптичної системи Е. о., що нагадує наземний телескоп, розміщені різні прилади (див.

Характеристика приладів на Ейнштейна обсерваторії

Прилад	Поле зору	Просторова роздільна здатність	Ефективна площа
Панорамний приймач	25'	2" на відстані до 5' від осі	20 см ² на 0.25 кеВ 10 см ² на 1 кеВ 5 см ² на 2 кеВ
Панорамний пропорційний лічильник	60×60'	1.5' на 1.5 кеВ	100 см ² на 0.25 кеВ 110 см ² на 1.5 кеВ
Твердотільний спектрометр	6'	—	110 см ² на 1.5 кеВ
Кристалічний спектрометр	6'	—	1 см ² на 0.25 кеВ
Спектрометр з об'єктивними ґратками	—	—	1 см ²
Моніторний пропорційний лічильник	1.5×1.5°	—	667 см ²

табл.). Обчислювальний комплекс Е. о. складений з двох незалежних обчислювальних систем на базі ЕОМ «Eclipse».

ЕЙХГОРН Генріх, Eichhorn H. (нар. 1927) — амер. астроном. У 1964—1979 — професор, завідувач кафедри астрономії в ун-ті Південної Флориди (Тампа), в 1979—1985 завідувач кафедри астрономії в ун-ті Флориди (Гейнсвілл).

Наук. праці присвячені матем. і теор. аспектам позиційної астрономії, питанням редукації даних астр. спостережень, зоряній кінематиці, а також геодезії.

ЕКВАТОР ЗЕМНИЙ (лат. *aequator* — рівнодільник) — велике коло земної кулі, всі точки якого віддалені від полюсів Землі на 90° .

Е. з. є лінією перерізу земної поверхні із площиною, яка перпендикулярна до осі обертання Землі і проходить через її центр. Е. з. розділяє земну кулю на Північну і Південну півкулі. Його використовують як початок відліку широт. Довжина кола Е. з. 40 075 696 м.

ЕКВАТОР ІНТЕНСИВНОСТІ — лінія перерізу поверхні тіла площиною, яка проходить через центр тіла, центр Сонця і точку спостереження.

ЕКВАТОР МАГНІТНИЙ — замкнена лінія на земній поверхні, у якій нахилення та вертикальна складова напруженості магнітного поля Землі дорівнюють нулю.

ЕКВАТОР НЕБЕСНИЙ — велике коло небесної сфери, площина якого перпендикулярна до осі світу.

Площина Е. н. паралельна до площини екватора земного і нахилена до площини горизонту в місці спостереження під кутом $90^\circ - \varphi$, де φ — широта місця. Е. н. розділяє небесну сферу на Північну та Південну півкулі.

ЕКВАТОР НЕБЕСНОГО ТІЛА — лінія перерізу поверхні тіла та площини, яка перпендикулярна до осі обертання і проходить через центр тіла.

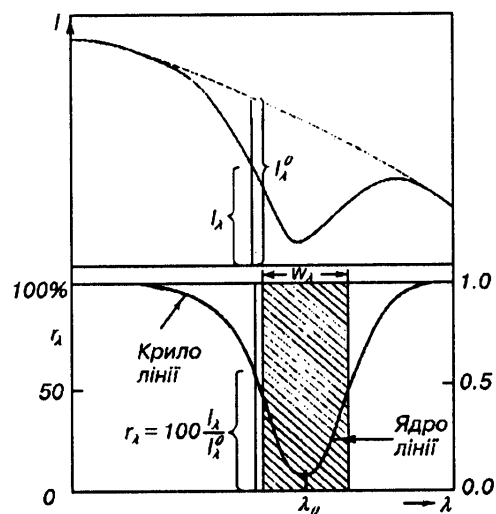
ЕКВАТОРІАЛІ (франц. *équatorial*, від лат. *aequator* — рівнодільник) — лінзовий або дзеркальний телескоп на паралактичному монтуванні. Завдяки годинниковому механізму Е. обертається навколо полярної осі зі швидкістю 1 оберт за 24 зоряні години, тому небесне світило, яке спостерігають, перебуває у полі зору Е. На осях Е. закріплені відлікові круги з вимірювальним пристроєм для спрямування телескопа на небесний

об'єкт за його годинним кутом та схиленням, а також для наближеного визначення його координат. Е. бувають візуальні та фотографічні.

ЕКВАТОРІАЛЬНЕ МОНТУВАННЯ — те ж саме, що й паралактичне монтування (див. Монтування телескопа).

ЕКВІВАЛЕНТНА ПОТУЖНІСТЬ ШУМІВ (ЕПШ) — одна з характеристик приймачів випромінювання, яку визначає такий фотонний сигнал на вході приймача, що відповідає вихідній потужності його темного сигналу (внутрішні шуми). Одиницею вимірювання ЕПШ, або питомого порогового потоку, є $\text{Вт} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$. Використовують також обернену величину $(\text{ЕПШ})^{-1}$, питому виявлювальну здатність.

ЕКВІВАЛЕНТНА ШИРИНА СПЕКТРАЛЬНОЇ ЛІНІЇ — ширина (в одиницях частоти або довжини хвилі) цілком чорної лінії (її висоту приймають за одиницю, що відповідає інтенсивності неперервного спектра I_λ^0), площа якої (рис.) дорівнює повній пло-



щі спектр. лінії, яку досліджують та яка насправді має інтенсивність I_λ для довжини хвилі λ . Тоді Е. ш. с. л. буде дорівнювати:

$$W_\lambda = \int_0^\infty \left(1 - \frac{I_\lambda}{I_\lambda^0}\right) d\lambda.$$

ЕКВІВАЛЕНТНИЙ РАДІУС — радіус сфери, площа поверхні якої дорівнює середній площі поверхні небесного тіла. Е. р. використовують для опису тіл неправильної (несферичної), форми (супутників планет, астероїдів, ядер комет та ін.).

ЕКЗОГЕННА ТЕОРІЯ — теорія походження утворів місячного ландшафту, за якою в їхньому формуванні брали участь винятково зовн. фактори — падіння *метеоритів*.

Усі місячні деталі — від великих морів до сотень тисяч малих *кратерів* — уважають наслідком бомбардування поверхні *Місяця* малими космічними тілами — від *астероїдів* до дрібних метеоритів. Особливо потужними були ці процеси протягом першого етапу існування *Місяця*, коли поблизу нього було багато *планетезималей* різних розмірів.

На користь Е. т. є майже стільки свідчень, як і на користь альтернативної — *ендогенної теорії*.

ЕКЗОСФЕРА (грец. *ἔξω* — зовні, *σφαῖρα* — м'яч, куля) — найвищі шари нейтральної *атмосфери планети*, де атоми та молекули рухаються по балістичних (супутникових) орбітах і їхніми зіткненнями можна знехтувати (концентрація частинок $n_0 < 10^{-7} \text{ см}^{-3}$). Е. часто (коли прагнуть наголосити на її здатності розсіювати *випромінювання*, напр., в лінії L_α) називають короною планети. Висоту h_0 найнижчого шару Е., яку названо рівнем екзобазиса, або критичним рівнем, одержують з умови рівності довжини вільного пробігу швидких атомів *висоті однорідної атмосфери*. Е. може підніматись або опускатись залежно від зміни густини атмосфери. Для Е. *Землі* $h_0 = 550$ км, для *Венери* та *Марса* $h_0 = 200\text{—}300$ км, для *Титана* $h_0 = 1600$ км. Воднева корона *Венери* (зовнішня частина Е., що складається з атомів водню, які рухаються майже без зіткнень) простягається на відстань до 20 тис. км.

ЕКЛІПТИКА (грец. *ἐκλειπτική* — затемнення) — *велике коло небесної сфери*, по якому відбувається видимий річний рух *Сонця* (точніше — його центра).

Рух *Сонця* по Е. — відображення орбітального руху *Землі*. Тому в площині Е. відбувається обертання навколо *Сонця* центра мас системи *Земля—Місяць*.

Площина Е. нахилена до площини *екватора небесного* під кутом $\varepsilon = 23^\circ 26' 21.448''$ (на *стандартну епоху J2000.0*). У системі нерухомої Е. та рухомого *екватора* $\varepsilon = 23^\circ 26' 21.448'' - 46.8150'' \cdot T - 0.0059'' \cdot T^2 + 0.001813'' \cdot T^3$,

де T — час у століттях по 36525 діб від стандартної епохи J2000.0.

Точки перетину Е. з небесним *екватором* називають точками *рівнодень*. Дві точки, віддалені на 90° від точок *рівнодень*, називають точками *сонцестоянь*. Уздовж Е. розташовано 12 *зодіакальних сузір'їв*. (*Сузір'я Змієносеця*, в якому *Сонце* перебуває з 30 листопада по 12 грудня, до зодіакальних не зачислене). Площина Е. визначає *екліптичну систему небесних координат*. Зараз її використовують лише для дослідження рухів *планет* і *комет*.

ЕКСТИНКЦІЯ (лат. *extinctio* — гасіння) — послаблення *електромагнітного випромінювання* в земній (планетній) *атмосфері* або в *міжзоряному середовищі*. Е. зумовлена сумарною дією поглинання і розсіювання випромінювання. Послаблення випромінювання з початковою інтенсивністю $I_0(\lambda)$ визначаються зі співвідношення

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) \exp[-\tau_l(\lambda)] ,$$

де $\tau_l(\lambda)$ — *оптична товщина атмосфери* для Е. в заданій довжині хвилі λ .

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ — процес *випромінювання* *електромагнітних хвиль*, а також саме змінне *електромагнітне поле* цих хвиль, яке поширюється в просторі окремо від зарядів, що його породили, зі скінченною швидкістю $V=c=299\,792\,458 \pm \pm 1.2$ м/с у вакуумі, де c — *швидкість світла*. Е. в. має як хвильові, так і корпускулярні властивості (див. *Фотон*). Виникає під час прискореного руху заряджених частинок, переходу атомів, молекул та ін. квантових систем з одного енергетичного стану в ін.

Залежно від довжини хвилі Е. в. умовно розподілене на діапазони, кожен з яких має свої властивості поширення в середовищах, а також особливості реєстрації. За енергетичним спектром, кутом розподілу, поляризацією Е. в., змінністю в часі можна робити висновки про властивості випромінювача. Здебільшого Е. в. — єдино можливе джерело інформації про космічні об'єкти, які випромінюють відразу у багатьох довжинах хвиль. Інтегральне випромінювання можна розкласти в емісійний спектр — неперервний (суцільний), смугастий, лінійчастий або комбінований, залежно від стану випромінювальної речовини (її т-ри, тиску, агрегатного стану). Для

Умовний поділ електромагнітного випромінювання на діапазони

Ділянки спектра	Познач.	Довжина хвилі λ
Гамма-промені	γ	< 0.01 нм
Рентгенівське Е. в.	X	від 0.01 до 5 нм
Ультрафіолетове Е. в.	УФ	від 5 до 380 нм
Видиме Е. в.		від 380 до 780 нм
Інфрачервоне Е. в.	ІЧ	від 780 нм до 1 мм
Радіодіапазон		≥ 1 мм

атомів типовими є лінійчасті спектри, які виникають у випадку квантових переходів між електронними рівнями енергії. Для найпростіших молекул типові смугасті спектри, що виникають під час переходів між електронними, коливальними та оберतालними рівнями енергії. Якщо при деякій т-рі речовина перебуває у стані термодинамічної рівноваги з випромінюванням (теплове випромінювання), то вона випромінює суцільний спектр Е. в., розподіл енергії в якому за λ (довжиною електромагнітних хвиль) або за ν (частотою) описує Планка закон випромінювання.

Вивчення небесних тіл за допомогою реєстрації їхнього Е. в. на Землі ускладнене селективним поглинанням атмосфери, яка пропускає Е. в. в діапазонах λ 300—1 000 нм, 1 см—20 м та в деяких «вікнах прозорості» ІЧ діапазону.

ЕЛЕКТРОННА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ — процес, що відбувається в дуже іонізованій речовині з високою густиною, під час якого більша частина енергії переноситься внаслідок руху «гарячих» електронів в одному напрямі, а «холодних» — в ін. У виродженій речовині гол. механізмом перенесення енергії якраз і є не випромінювання, а Е. т.

ЕЛЕКТРОННІ КАМЕРИ — прилади для посилення яскравості зображення слабких об'єктів. Створені на початку 50-х рр. ХХ ст. Е. к. — це вакуумні балони, в яких розміщені фотокатод та пластина з електронографічною емульсією. Перевагою Е. к. є лінійна залежність почорніння емульсії від освітлення фотокатода. Тому їх з успіхом використовують для визначення зоряних величин найслабкіших зір, вивчення структури протяжних об'єктів, аналізу їхніх спектрів. Недоліками Е. к. можна вважати малий робочий розмір фотокатода

(до 25 мм) та складність в експлуатації.

Див. *Приймачі випромінювання та Електронно-оптичний перетворювач.*

ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ (ЕОП) — вакуумний фотоелектронний прилад для перетворення зображень у широкому спектрі електромагнітного випромінювання у видимі та для посилення їхньої яскравості. Принцип дії ЕОП такий: зображення об'єкта, яке одержують завдяки телескопу (об'єктиву), проектується на фотокатод ЕОП, потім, за допомогою електронної та магнітної оптики, — на флюоресцентний екран, де його спостерігають візуально або реєструють певною системою (оптичною чи оптико-електронною), напр., фотографують. ЕОП, у якому немає флюоресцентного екрана, називається *електронною камерою*.

В основі усіх застосувань ЕОП є три такі характеристики:

1. Вторинне світлове зображення може суттєво відрізнитися від первинного за спектр. діапазоном. ЕОП може зробити видимим ІЧ, УФ, рентгенівське або корпускулярне (нейтронне, протонне, мезонне тощо) зображення.
2. Завдяки прискоренню електронів у процесі перенесення зображення досягають посилення яскравості, що дає змогу спостерігати порогово-слабкі об'єкти.
3. Проміжне електронне зображення досить точно відтворює не лише просторову, а й часову структуру первинного зображення.

ЕОП бувають одно- та багатокамерні. Останніми роками зусилля конструкторів спрямовані на одержання ЕОП з вищими *роздільною здатністю* і коефіцієнтом перетворення, що взаємно суперечать одне одному. Ліпші результати вдалося отримати на ЕОП з використанням волоконно-оптичних та мікроканалних пластин (ВОП та МКП), їхня роздільна здатність досягає 70 штрих/мм у діаметрі робочого поля 10 мм. Багатокамерні ЕОП (БЕОП) з граничним підсиленням від 10 до 10⁴ мають часове розділення до 10⁻¹³ с. Фотокатоли ЕОП із зовнішнім фотоефектом мають ширшу спектр. чутливість, ніж фотографічні емульсії, а БЕОП здатні реєструвати зображення, складені з окремих квантів світла. Усе це дало

змогу успішно використовувати ЕОП в астрономічній спектроскопії високої роздільності, ІЧ астрономії, дослідженнях швидкозмінних зір та пульсарів, частково долати вплив оптичної змінності земної атмосфери за рахунок скорочення часу експозиції тощо.

ЕЛЕМЕНТИ ОРБИТИ — величини (параметри), які описують форму, розміри і положення орбіти небесного тіла у просторі, а також положення тіла на орбіті в конкретний момент часу.

Незбурену орбіту, рух тіла по якій описують *Кеплера закони*, визначають шість Е. о.: a — велика піввісь; e — ексцентриситет орбіти; i — нахил орбіти; Ω — довгота висхідного вузла; ω — аргумент перигелію. Шостим Е. о. є епоха (дата), коли небесне тіло перебувало в певній точці орбіти. Напр., таким Е. о. може бути момент t , у який планета проходить перигелій.

Якщо йдеться про рух небесного тіла навколо Сонця, то ексцентриситет визначає його відстань від Сонця в перигелії q та афелії Q : $q = a(1 - e)$; $Q = a(1 + e)$.

У наук. літературі є різні модифікації Е. о. Іноді замість a за Е. о. приймають добовий рух n (дуга орбіти, що її проходить небесне тіло за добу), а замість ексцентриситету орбіти $e = \sqrt{a^2 - b^2} / a$ (тут b — мала піввісь) — кут ексцентриситету φ , який описує співвідношення $\sin \varphi = e$ (див. *Орбіти небесних тіл*). Замість ω використовують довготу перигелію $\pi = \Omega + \omega$.

Орієнтацію орбіти в просторі визначають три Е. о.: i , Ω та ω .

ЕЛІПТИЧНИЙ РУХ — клас рухів у задачі двох тіл, коли траєкторія руху одного тіла щодо іншого є еліпсом. Рух багатьох тіл Сонячної системи (планет, супутників планет, штучних супутників Землі) відбувається по орбітах, близьких до еліптичних, тому Е. р. часто використовують як перше наближення під час вивчення справжнього руху небесного тіла.

ЕЛІПТИЧНІ ГАЛАКТИКИ — див. *Галактики еліптичні*.

ЕЛЛЕРМАНА «БОМБИ» — яскраві хромосферні точки в підніжжі невеликих серджів, які з'являються в активних ділянках біля сонячних плям. За місцем розташування вони найчастіше збігаються з дуже малими плямами-са-

телітами й існують, як звичайно, протягом 20 хв (зрідка — декілька годин). Протягом існування Е. «б.» виділяють енергію близько 10^{14} Дж. Спостерігають Е. «б.» у крилах ліній H_{α} та K (на відстані до 1.0—1.5 нм від центра лінії) у вигляді чітких емісій. Як іноді вважають, Е. «б.» свідчать про те, що певні ядерні реакції відбуваються не тільки в надрах Сонця, а й у його атмосфері.

ЕЛОНГАЦІЯ ЗОРІ (лат. *elongatio*, від *longus* — далекий) — відхилення зорі від меридіана небесного внаслідок добового руху небесної сфери (добового обертання Землі). Термін Е. з. використовують стосовно зір, кульмінація яких настає на північ від зеніту. Е. з. вимірюють кутом при зеніті між напрямком на зорю та небесним меридіаном: $E = 180^\circ - A$ у випадку західної Е. з., $E = 180^\circ + A$ у випадку східної Е. з. (A — азимут зорі). Найбільше відхилення зорі від меридіана на схід або на захід відповідно називають найбільшою східною та найбільшою західною Е. з.

ЕЛОНГАЦІЯ ПЛАНЕТИ — видима кутова відстань планети від Сонця під час її орбітального руху навколо Сонця. Е. п. визначає конфігурації планет. Стосовно планет нижніх використовують поняття найбільшої східної та найбільшої західної елонгації, тобто найбільше видиме відхилення планети на схід та на захід від Сонця. У випадку східної елонгації нижню планету спостерігають на заході, поблизу Сонця у вечірніх присмерках. У випадку західної Е. п. нижню планету спостерігають на світанку на східній частині небосхилу перед сходом Сонця. Найбільша Е. п. для Меркурія досягає $18-28^\circ$ (унаслідок значного ексцентриситету орбіти цієї планети), для Венери $46-48^\circ$. У випадку планет верхніх Е. п. змінюється від 0 до 180° .

ЕМДЕН Роберт, Emden R. (1862—1940) — швейц. фізик і астрофізик. У 1899—1934 працював у Вищій технічній школі в Мюнхені.

Наук. праці присвячені застосуванню термодинаміки до астрофіз. і геофіз. проблем. Розробив теорію політропної рівноваги внутрішніх шарів зорі, а також туманностей та інших космічних об'єктів.

ЕНГЕЛЬГАРДТ Василь Павлович (1828—1915) — рос. астроном, чл.-кор.

Петербурзької АН. Працював у власній обсерваторії в Дрездені, у якій виконав численні спостереження *зір, комет, астероїдів*. Склав *каталог* понад 400 *туманностей*. Усе обладнання своєї обсерваторії подарував Казанському ун-ту, його було встановлено в новій обсерваторії ун-ту, названій ім'ям Енгельгардта (1901).

ЕНДОГЕННА ТЕОРІЯ — теорія походження осн. утворів місячного ландшафту, за якою гол. роль відіграють тільки внутрішні процеси — вулканічні і тектонічні.

Спостереження свідчать про магматичну природу порід, з яких складається місячна поверхня. Геологи знаходять на поверхні Місяця багато форм — зсуви, розломи — очевидних результатів горотворних процесів, подібних до тих, що визначають геологічний розвиток Землі. Можливість перебігу таких процесів на Місяці не викликає сумнівів — надра Місяця для цього досить розігріті.

У сучасних найреальніших теоріях формування місячного ландшафту враховано до уваги спільну дію і ендегенних, і екзогенних факторів.

ЕНКЕ Йоганн Франц, Encke J. F. (1791—1865) — нім. астроном. У 1825—1863 — директор Берлінської обсерваторії.

Наук. праці присвячені вивченню руху *комет*. Удосконалив теорію руху комет під впливом *збурень* від планет. Розробив метод поліпшення орбіт. Дослідив рух комети з найкоротшим *періодом обертання* (*Енке комета*). Визначив сонячний паралакс зі спостережень проходження *Венери* по диску *Сонця* у 1761 і 1769.

ЕНКЕ КОМЕТА — короткоперіодична *комета* 1786 I. Відкрита 17 січня 1786 П. Мешеном, однак лише в 1819 *Й. Енке* з'ясував періодичність її руху. *Елементи орбіти*: $q=0.341$ а.о.; $i=-11.9^\circ$; *період обертання* 3.3 року.

ЕНСТАТИТОВІ ХОНДРИТИ (грец. *ένστάτης* — той, що опирається, *χονδρος* — зерно, крупинка) — група кам'яних метеоритів, які складаються з енстатиту $Mg_2Si_2O_6$ та нікелістого заліза. Майже все залізо перебуває в металевому вигляді. Е. х. мають найвищий ступінь відновлювання. Крім заліза та нікелю, в них повністю відновлені кальцій, марга-

нець, хром. З усіх хондритів Е. х. мають найвищу густину — близько 3 500 $кг \cdot см^{-3}$. Е. х. трапляються досить зрідка.

ЕНЦЕЛАД — *супутник Сатурна*, що має найвищу відбивну здатність у *Сонячній системі*. Відкритий у 1789 *В. Герцелем*. Радіус Е. 251 км. Маса $0.8 \cdot 10^{17}$ кг; густина 1 200 $кг \cdot м^{-3}$. З *Землі* Е. можна спостерігати з *фазовими кутами* від 0 до 6° , з «*Вояджерів*» Е. спостерігали при фазових кутах 12— 42° . Найбільше зближення «*Вояджера-1*» з Е. становило 202 040 км, «*Вояджера-2*» — 87 140 км. Близько 40% поверхні сфотографовано з *роздільною здатністю* 2—5 км, а в найкращому випадку — 0.5 км.

За даними широкосмугової фотометрії *зоряні величини* і *показники кольору* мають такі значення: $V_0=11.8^m$; $B-V=0.62^m$; $I=10.6^m$; $I-H=-0.16^m$; $I-K=-0.33^m$; $I-L > -0.66^m$ (див. *Фотометрична система*). Амплітуда *кривої блиску* 0.4^m . *Фазовий інтеграл* Е. 0.85. Геометричне *альbedo* 1.0; сферичне 0.9 для $\lambda=0.47$ мкм; болометричне 0.89. *Спектр* відбивання поверхні Е. плоский. Уважають, що Е. складається з льоду H_2O . *Температура* в підсонячній точці 75 К.

З геол. погляду Е. — найактивніший супутник Сатурна. Навіть на ділянках його поверхні, вкритих *кратерами*, щільність їх менша, ніж на інших супутниках. На поверхні розрізняють не менше п'яти етапів геол. еволюції — ділянки з різною щільністю кратерів і різною морфологією (від таких, що добре збереглися, з діаметром 10—20 км, до дуже мілких таких же розмірів). Є рівнини з кратерами чашкоподібної форми. На деяких ділянках нема кратерів, однак вони вкриті льодяними потоками — борознами. Зміни, які простежуються у морфології поверхні, свідчать про те, що процес оновлення був безперервним, а не катастрофічним. Питання про джерело тепла (що сприяє геол. активності) в надрах Е. не вирішене. Вік поверхні оцінюють трохи більше ніж 1 млрд. років.

ЕОН (грец. *αιών* — ера, епоха) — етап в історії розвитку *Землі* тривалістю близько 1 млрд. років.

ЕПІК Ернст Юліус, Орік Е. J. (1893—1985) — ест. астроном, член Естонської

АН. У 1921—1944 працював в обсерваторії Тартуського ун-ту, в 1948—1981 — в обсерваторії Арма в Північній Ірландії.

Наук. праці стосуються *метеорної астрономії*, фізики планет, зоряної статистики, теорії внутрішньої будови зір. Запропонував теорію фіз. процесів, що відбуваються під час стикання метеорного тіла з атмосферою. Перший описав механізм утворення *червоного гіганта* з зорі *головної послідовності* (1938).

ЕПІЦИКЛ (грец. *επι* — на, *κυκλος* — коло) — допоміжне коло, яке увів *Гіппарх* (II ст. до н.е.) для пояснення складних рухів *планет* на зоряному небі в *геоцентричній системі світу*.

ЕПІЦИКЛІВ ТЕОРІЯ — спосіб пояснення видимих рухів *планет* на зоряному небі через їхній рівномірний рух по колах у *геоцентричній системі світу*. Вважали, що планета рівномірно рухається по колу (*епіциклу* планети), центр якого рівномірно рухається по *деференту планети*.

ЕПОХА (грец. *εποχή* — зупинка) —

1. Момент часу в *астрономії*, для якого задають положення світил на небі, орієнтацію координатної системи, значення будь-яких змінних з часом величин. Бесселеву *Е.* на юліанську дату (див. *Юліанський день*, *JD*) вимірюють у роках з дробовою частиною, визначеною в частках *тропічного року* від початку *бесселевого року* за виразом

$$B[1900.0 + (JD - 2\ 415020.31352)/365.242198781],$$

де число у 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*, *Точка рівнодення*), то для координат світила на небі треба завжди зазначати, щодо яких елементів їх узято, тобто якому моменту часу відповідає ця *система координат*. Для переведення системи координат з початкової на поточну епоху використовують точні формули. Є загальноживані *Е.*, для яких задають положення систем координат і світил у цих системах (стандартні *Е.*). Ними до 1984 були початки *бесселевого року* 1900.0; 1925.0; 1950.0; 1975.0; 2000.0. Дробова частина (нуль) означала, що момент віднесено до початку *бесселевого*

року. Цей початок не збігається з 0 год 1 січня, а змінюється за певним правилом. Після 1984 за стандартну *Е.* беруть 0 год 1 січня; її позначають, напр., *J2000.0*, на відміну від *бесселевої*, для якої тепер прийнято позначення *B2000.0*. Юліанську *Е.*, яку використовують після 1984, обчислюють за виразом

$$J[2000.0 + (JD - 2\ 451\ 545.0)/365.25],$$

де число в знаменнику — середня тривалість юліанського календарного року, а в чисельнику — *JD* 1 січня 2000. Серед стандартних *Е.* виділено фундаментальну *Е.* *J2000.0*, для якої задають числові значення коефіцієнтів у формулах для переведення систем координат з однієї *Е.* на іншу.

2. Момент часу, вибраний як фіксована точка відліку, зокрема, у хронології — точка відліку років певної *ери*.

ЕРА (лат. *aera* — вихідне число) —

1. Система лічби років у хронології, початок якої пов'язаний з якоюсь легендарною або історичною подією.

2. Геол. проміжок часу, який чимось відрізняється від попереднього.

Епохи найважливіших календарних *Е.*:

1 вересня 5509 до н.е. — візантійська *Е.* від «створення світу»,

1 березня 5508 до н.е. — давньоруська *Е.* від «створення світу»,

1 вересня 4713 до н.е. — *Е.* юліанського періоду,

7 жовтня 3761 до н.е. — єврейська *Е.* від «створення світу»,

2397 до н.е. — китайська циклічна *Е.*,

1 липня 776 до н.е. — *Е.* від перших олімпійських ігор,

1 січня 1 н.е. — християнська *Е.* «від втілення Ісуса Христа», введена у 525 Діонісієм Малім (див. *Наша ера*),

16 липня 622 н.е. — мусульманська *Е.* «*гіджра*», від дати переїзду Магомета з Мекки до Медіни.

3. *Е. речовини, випромінювання* — див. «*Великий Вибух*».

4. Геол. *Е.* (табл.).

ЕРА ВИПРОМІНЮВАННЯ — проміжок часу приблизно від 10 до 10¹² с після початку розширення Всесвіту.

Температура в *Е.* в зменшилася від 10⁹ до 3 000 К, швидкість анігіляції електрон-позитронних пар перевищувала швидкість їх утворення, унаслідок чого *випромінювання* було домінантною складовою *Всесвіту*. При *t* = 200 с почалися реакції ядерного синтезу, зокре-

Шкала геологічного літочислення

Ера та її тривалість	Період	Початок, млн. років тому	Тривалість, млн. років	Форми життя
Архей		3500	900	
Протерозой (2030 млн. років)	Нижній	2600	700	
	Середній	1900	300	Водорості
	Верхній	1600	1030	Губки
Палеозой (340 млн. років)	Кембрійський	570	70	Мох
	Ордовіцький	500	60	Безхребетні
	Силурійський	440	30	Спорові рослини
	Девонський	410	60	Риби
	Кам'яновугільний	350	65	
	Пермський	285	55	Земноводні
Мезозой (163 млн. років)	Тріасовий	230	35	Хвойні рослини
	Юрський	195	58	- « -
	Крейдовий	137	70	Плазуни, птахи
Кайнозой (67 млн. років)	Палеогеновий	67	42	Квіткові рослини
	Неогеновий	25	23	Ссавці
	Антропогеновий	2	2	Людина

ма, весь дейтерій в цей час перетворився у гелій. Слідом за Е. в. настала ера речовини.

ЕРА РЕЧОВИНИ — ера, що настала після ери випромінювання, коли температура гарячого Всесвіту зменшилася до 3 000 К, внаслідок чого стали можливими процеси рекомбінації водню. Е. р. триває дотепер.

ЕРАТОСФЕН (бл. 276—194 до н.е.) — давньогрецький астроном і географ. Приблизно з 225 до н.е. завідував Александрийською бібліотекою. Один з найбільш різнобічних учених свого часу. Серед астр. праць найвідоміші перше вимірювання дуги меридіана і визначення розмірів Землі (240 до н.е.).

Оцінив відстань від Землі до Сонця і Місяця. З великою точністю визначив нахил екліптики. Склав каталог 675 нерухомих зір. Є засновником наук. хронології.

ЕРІ Джордж Бідделл, Airy G. V. (1801—1892) — англ. астроном, член Лондонського королівського т-ва. В 1835—1881 — директор Гринвіцької обсерваторії.

Наук. праці стосуються небесної механіки, практичної астрономії, оптики. Розробив спосіб визначення паралакса Сонця і метод визначення апекса його руху. Удосконалив теорію припливів Лапласа (1847). Визначив густину і масу Землі (1855). Уперше розробив тео-

рію дифракції світла в об'єктивах телескопів (1834). Запропонував сучасну теорію райдуги (1836).

ЕРІДАН (аккад. Аріа-Дан — «потужна ріка») — сузір'я Південної півкулі неба. Найяскравіші зорі: α — Ахернар, 0.47^m ; β — Курса, 2.72^m ; γ — Заурак, 2.94^m ; θ — Акамар, 2.91^m .

Найліпші умови видимості ввечері — у січні—лютому.

ЕРОС — астероїд № 433. Відкритий у 1898 П. Віттом.

Елементи орбіти: $a=1.458$ а.о.; $q=1.108$ а.о.; $e=0.222$; $i=10.828^\circ$; період обертання навколо Сонця 642 доби; період обертання навколо осі 5 год 16 хв 13 с. Зоряна величина середня $V(a, 0)=11.52^m$; зоряна величина стандартна $V(1, 0)=12.40^m$; показники кольору: $U-B=0.45^m$, $B-V=0.85^m$.

Е. належить до астероїдів, які наближаються до Землі. У рік відкриття Е. пройшов від Землі на відстані 22 млн. км (0.15 а.о.), і тоді було помічено, що він сильно змінює свою яскравість. У наступні наближення, зокрема в 1931, з'ясували причину: в телескоп було видно, що Е. має продовгувату форму і схожий на гантелю, яка обертається навколо малої осі. Численні спостереження було проведено в 1975, коли Е. наблизився до Землі на відстань 26 млн. км. З'ясували, що крива блиску має два максимуми та два мінімуми. Макс. амплітуда кривої блиску 1.5^m . Розрахунки засвідчили, що Е. є дуже довгастим тілом з відношенням довжини до товщини приблизно 2.5:1. Вісь обертання Е. лежить майже в площині його орбіти. Розміри осей $35 \times 16 \times 17$ км. Е. не завжди значно змінює свою яскравість. Якщо на нього дивитись у напрямі осі обертання, тобто з полюса астероїда, то коливаний блиску зовсім не буде.

ЕРУПТИВНИЙ ПРОТУБЕРАНЕЦЬ — виверження в корону вже існуючого,

звичайно, у вигляді великої арки, спокійного *протуберанця* (волокна), або його частини. На початку активізації спостерігають рух речовини по спіралі, далі — зі швидкістю, що збільшується (до 100 км/с і більше) підймання великої арки. Після цього відбувається стрімке, зі швидкістю до 200 км/с, падіння, теж по спіралі, частини речовини на Сонце, що супроводжується підвищенням *яскравості* Е. п. Частково речовина Е. п. зникає в короні Сонця. Незважаючи на велике розмаїття проявів Е. п., ці ознаки — рух по спіралі, підймання та падіння речовини — типові для всіх них. Е.п. піднімаються до висот 100—500 тис. км, а в окремих випадках навіть до 1.5 млн. км.

Е. п. може розвиватися різними шляхами. Один з них — раптове зникнення Е. п. за 0.5 год. — кілька годин від початку активізації. Частіше цей процес буває провісником *спалаху сонячного*. Раптове зникнення Е. п. може бути наслідком збудження, зумовленого появою нового магнітного потоку «паразитної» полярності. Можливе повторне виникнення волокна на тому ж місці та його активізація. Інший варіант розвитку Е. п. — активізація волокна під час імпульсної фази сонячного спалаху.

Е. п., як і *петельні протуберанці*, дуже тісно пов'язані з сонячними спалахами і можуть бути складовою частиною цього явища.

ЕРУПТИВНІ ЗМІННІ ЗОРІ — *змінні зорі*, блиск яких змінюється внаслідок активних процесів і спалахів, що відбуваються в хромосферних і корональних шарах *атмосфери*.

Згідно з таким визначенням, запропонованим Комісією №27 *Міжнародного астрономічного союзу*, клас Е.з.з. об'єднує *фуори*, Ве-зорі, *оріонові змінні*, *змінні зорі типу R Північної Корони*, *зорі типу RS Гончих Псів*, *змінні зорі типу S Золотої Риби*, *спалахуючі зорі*. Однак часто використовують більш загальне визначення, коли до Е. з. з. зачисляють усі ті зорі, в яких спостерігають нерегулярні зміни блиску. У цьому випадку до класу Е. з. з. потрапляють, поряд з уже названими, *Нові зорі*, *новоподібні зорі*, *симбіотичні зорі*, *Наднові*, які утворюють клас *спалахуючих зір*.

ЕСКАРП (франц. *escarpe*, від італ. *scarpa* — укіс) — крутий укіс, що має

велику протяжність і є залишком проявів тектонічної активності на деяких *планетах і супутниках*. На *Меркурії* протяжність Е. становить 20—500 км, а висота — від кількох сотень метрів до 1—2 км. Походження Е. пов'язують з процесами стискування планети внаслідок її охолодження. Інше пояснення — насування одних ділянок кори на інші внаслідок сповільнення обертання тіла через припливне гальмування.

ЕТА-АКВАРИДИ — *метеорний потік*, джерелом якого є *Галлея комета*. Період активності 3—10 травня з максимумом 5 травня. *Радіант метеорного потоку* $\alpha=336^\circ$, $\delta=-2^\circ$. *Елементи орбіти*: $a=13$ а.о., $g=0.560$ а.о., $e=0.958^\circ$, $i=-163.5^\circ$, $\omega=95^\circ$, $\Omega=45.2^\circ$. *Середнє годинне число метеорів* 12, швидкість метеорів 65.5 км/с.

«ЕТАЛОН» — пасивний геод. *штучний супутник Землі* з лазерними *кутиковими відбивачами*, запущений в СРСР у січні 1989.

Висота орбіти 19 415 км, *нахил орбіти* 65° . Супутник має сферичну форму, його діаметр 1.3 м, *маса* 1 400 кг. Подібний до «ЛАГЕОС». Запуск «Е.» проведено в рамках робіт щодо створення глобальної *супутникової навігаційної системи* «ГЛОНАС».

ЕТАЛОННИЙ ЧАС (франц. *étalon* — зразок, міра) —

1. *Час*, що його показує годинник, прийнятий як головний (найточніший) у певній *шкалі часу* і з яким звіряють усі ін. *годинники (хронометри)*. Це поняття використовують у *службі часу*.

2. *Всесвітній час*, який обчислювала в СРСР у 1953—1975 Державна служба часу за результатами астр. спостережень з метою одержати якнайрівномірнішу шкалу часу.

ЕФЕКТИВНА ТЕМПЕРАТУРА ЗОРІ— Див. *Температура*.

ЕФЕКТИВНА ТЕМПЕРАТУРА ПЛАНЕТИ — *температура*, яку повинна мати поверхня *планети*, щоб випромінювати як *абсолютно чорне тіло*. Е. т. п. визначається формулою

$$T_{\text{эф}} = \left(\frac{(1-A)S_0}{2\sigma} \right)^{1/4}, \text{ де } A \text{ — інтегральне}$$

альbedo сферичне; S_0 — *сонячна стала* для заданої планети; σ — *стала Больцмана*. Е. т. п. для планет Сонячної системи така, К: *Меркурія* 435, *Венери* 231, *Землі* 249, *Марса* 210, *Юпітера* $124.4 \pm$

± 0.3 , Сатурна 95.0 ± 0.4 , Урана 59.1 ± 0.3 , Нептуна 59.3 ± 0.8 , Плутона 32. ЕФЕМЕРИДИ (грец. *εφημερίδες* — щоденник) — обчислені заздалегідь астр. 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 фіз. спостережень 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 підставі співвідношень небесної механіки і використовують у спостереженнях. На відміну від фундаментальних, Е. для космічної динаміки, де потрібна особливо висока точність на конкретний момент, ґрунтуються на найновіших спостереженнях: під час їхніх розрахунків до виразів для координат іноді вводять емпіричні члени. Ці члени можуть не впливати із законів механіки, проте на потрібний момент або інтервал часу забезпечують високу точність.

Осн. Е. публікують в «Астрономическом ежегоднике», франц. «*Connaissance des Temps*», англ. «*The Astronomical Almanac*», у спеціальних виданнях типу «*Эфемериды малых планет*», що їх видає Ін-т теор. астрономії РАН у Санкт-Петербурзі, а також в астр. календарях для аматорів астрономії.

Окрім як для суто астр. задач, ще з давніх часів обчислювали Е., які використовували для морської навігації. Напр., під час плавання до берегів Нового Світу Х. Колумб використовував Е. кутових відстаней зір від центра Місяця, обчислені на 1475—1531 Йоганном Мюллером (*Регіомонтаном*) та видані в Нюрнберзі в 1474. У наші часи також обчислюють спеціальні Е. для морської, повітряної та косм. навігації.

ЕФЕМЕРИДНА АСТРОНОМІЯ — розділ теоретичної астрономії, в якому розв'язують задачі з обчислення положень небесних світил на небесній сфері та в космічному просторі, на декілька років наперед, прогнозують астр. явища, пов'язані із взаємним розташуванням небесних тіл та з'ясовують умови, що характеризують перебіг цих явищ для наземного чи позаземного спо-

стерігача. Напр., однією з гол. задач Е. а. є обчислення координат Сонця, Місяця, планет, астероїдів та ін. тіл Сонячної системи і космічних апаратів, а також з'ясування обставини таких явищ, як сонячні затемнення та місячні затемнення, покриття та ін. Обчислені координати небесних тіл і величини, що характеризують умови астр. явищ, наводять у вигляді спеціальних таблиць або призначених для читання в пам'ять ЕОМ файлів даних, які називають *ефемеридами*. Е. а. тісно пов'язана з небесною механікою, оскільки використовує динамічні теорії руху космічних тіл, а також з астрометрією, яка постачає дані спостережень, потрібні для перевірки цих теорій та методів обчислень. Гол. наслідком розв'язування задач в Е. а. є практичне встановлення астр. просторово-часових систем координат, що втілені в ефемеридах та астрономічних щорічниках і є певним наближенням до ідеальної інерціальної системи відліку. Тому однією з проблем Е. а. є також дослідження всієї сукупності фундаментальних астрономічних сталих. Методи Е. а. розвиваються в двох гол. напрямках: 1) досягнення максимальної точності ефемерид, щоб забезпечити вимоги сучасних високоточних методів спостережень, напр., оптичних, радіотехнічних, лазерних; 2) наведення ефемеридних даних в уніфікованій, зручній для практичного використання формі. Успіх у цьому забезпечує використання досягнень обчислювальної математики та електронно-обчислювальної техніки.

ЕФЕМЕРИДНА ДОБА — проміжок часу, що має 864 00 ефемеридних секунд, тобто секунд, визначених тривалістю року на 12 год 31 грудня 1899 (див. *Доба*).

ЕФЕМЕРИДНА ДОВГОТА — кутова відстань від меридіана ефемеридного до меридіана земного точки спостережень (відлічують уздовж дуги екватора земного). Е. д. точок земної поверхні визначають за формулою

$$l_E = l + l_{me},$$

де l — довгота точки, відлічена від меридіана гринвіцького; l_{me} — довгота меридіана ефемеридного, відлічена від Гринвіцького меридіана.

ЕФЕМЕРИДНА СЛУЖБА — забезпечення спостережницьких, теор. і наві-

гаційних робіт *ефемеридами*. Е. с. ведуть, напр., *Ін-т теор. астрономії РАН, Морська обсерваторія США*.

ЕФЕМЕРИДНИЙ ГОДИННИЙ КУТ — *годинний кут* небесного тіла, вимірний від *меридіана ефемеридного*.

ЕФЕМЕРИДНИЙ НЕБЕСНИЙ ПОЛЮС — референсний (опорний) полюс для *нутації і руху полюсів Землі*.

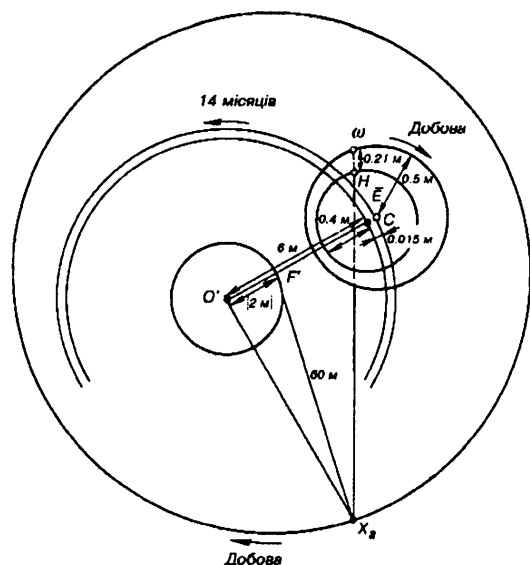
Е. н. п. — це точка перетину з *небесною сферою* осі фігури, що нею апроксимована середня рівнева поверхня моделі Землі (амплітуда середнього руху цієї осі дорівнює нулю). Е. н. п. не має квазідобової нутації в системі координат, зафіксованій у просторі або на Землі.

Поняття Е. н. п. введено в 1984 у зв'язку з прийняттям *Міжнародним астрономічним союзом* нової теорії нутації.

На рис. показано Е. н. п. разом з рухом полюса і добовою нутацією. Крім того позначені: *E* — полюс обертання Ейлера, *O_p* — фіксований полюс земної системи координат; *ω* — полюс миттєвого обертання Землі; *H* — полюс осі кутового моменту обертання Землі; *F_p* — точка, навколо якої обертається вісь фігури *x₃*. Осі *ω*, *H*, *F_p* рухаються майже по одній лінії. $CE \approx 0.015 \text{ м}$; $O_p C \approx O_p E \approx 0.2''$; $O_p F_p \approx 2 \text{ м}$; $F_p x_3 \approx 60 \text{ м}$;

$H\omega \approx 0.21 \text{ м}$; $E\omega \approx 0.6 \text{ м}$; $HC \approx 0.4 \text{ м}$.

ЕФЕМЕРИДНИЙ ЧАС, шкала ефемеридного часу — рівномірний час,



Ефемеридний небесний полюс С в комбінації з рухом полюсів і добовою нутацією

яким описували рух тіл *Сонячної системи*. Е. ч. введено в 1950, коли було остаточно доведено, що Земля обертається навколо осі нерівномірно. За одиницю Е. ч. взято ефемеридну секунду, яка є $1/31\,556\,925.9747$ часткою *тропічного року* на 12 год Е. ч. 0 січня 1900. Ця секунда була одиницею часу в *Міжнародній системі одиниць* з 1960 по 1967.

Розбіжність між Е. ч. (ЕТ) і *всесвітнім часом* (УТ),

$$\Delta T = 24.349 + 72.318T + 29.950T^2 + 1.82144B,$$

де *T* — інтервал часу від 1 січня 1900, визначений у *юліанських століттях* по 36 525 днів, *B* — розходження між обчисленим та спостереженим значення *довготи Місяця*. Використання високостабільних еталонів частоти і шкали *атомного часу* дало змогу пов'язати Е. ч. з *міжнародним атомним часом* (ТАІ) співвідношення $ET = TAI + 32.184 \text{ с}$. З 1984 Е. ч. замінено *земним динамічним часом*.

ЕШЕЛЕТ — *дифракційні ґратки* з несиметричним трикутним профілем штрихів, які відбивають та концентрують більшу частину падаючої на них енергії *випромінювання*, що падає на них, у *спектр* ненульового порядку, а кут φ_{max} , під яким відбувається концентрація, називають *кутом блиску* (blaze). Роботу з Е. здебільшого провадять у спектрах першого або другого порядку. Для окремих задач готують Е., призначені для роботи в третьому та вищих порядках. Кут Ω між великою гранню штриха та площиною Е. здебільшого менше 20° .

ЕШЕЛЛЕ, ешель (франц. *échelle* — східці) — *дифракційні ґратки* з великим кутом блиску φ_{max} , який відбиває та концентрує енергію *випромінювання* у *спектр* достатньо високих порядків ($m = 30 - 300$). Кут Ω є в межах від 30 до 75° , а стала ґраток d — від 0.1 до 0.01 мм . Е. має невелику зону дисперсії, у видимому діапазоні спектра $\Delta\lambda = 1.5 - 15.0 \text{ нм}$, однак більшу, ніж в *ешелета*, кутову дисперсію та *роздільну здатність*.

За параметрами Е. є проміжним між *ешелетом* та *Майкельсона ешеленом*. Е. використовують у *монохроматорах* з високою роздільною здатністю та *спектрографах* зі схрещеною дисперсією.

e-ПРОЦЕС (e — від англ. equilibrium — рівновага) — група ядерних реакцій, у яких, як вважають, синтезуються елементи групи заліза.

При високих ($>5 \cdot 10^9$ К) температурах і густині понад $3 \cdot 10^6$ г·см⁻³ відбувається багато зіткнень між високоенергетичними фотонами і ядрами, внаслідок яких настає певна рівновага між процесами розпаду і синтезу: кількість актів руйнування ядер компенсує така ж кількість приєднання осколків до інших частинок. А оскільки елементи групи заліза мають найбільшу енергію зв'язку, то саме в цих ядрах і накопичуються частинки. Ці реакції можуть відбуватися в ядрах зір, що далеко проеволюціонували в умовах, близьких

до термодинамічної рівноваги (тобто безпосередньо перед спалахом *Наднової*).

«EXOSAT» (Exoatmospheric Satellite) — штучний супутник Землі Європейського космічного агентства для реєстрації УФ і рентгенівського випромінювання астрономічних об'єктів в діапазоні енергії 0.1—50 кеВ з метою визначення та ідентифікації галактичних і позагалактичних джерел цього випромінювання, а також для дослідження спектр. і часових характеристик джерел.

«Е.» функціонував у 1983—85. Його Маса 510 кг, висота 3.5 м, діаметр 2.1 м. Елементи орбіти: висота в перигеї 340 км; в апогеї 192 000 км; нахил орбіти 72.5°; період обертання близько 96 год.