

Жұлдыздардың эволюциясы: Туылуы, өмірі және өлімі

Джон Р. Перси

Халықаралық астрономиялық одақ
Торонто университеті, Канада



Жұлдыздардың эволюциясы

Жұлдыздардың эволюциясы дегеніміз — олардың «отынды» пайдалануы барысында туылғанынан бастап ұзақ өмір сүру кезеңі мен өліміне дейінгі өзгерістері.

Жұлдыздардың эволюциясын түсіну астрономдарға мыналарды түсінуге көмектеседі:

- Күннің табиғаты мен болашақ тағдырын.
- Күн жүйесінің пайда болуын.
- Біздің Күн жүйемізді басқа планеталық жүйелермен қалай салыстыруға болатынын.
- Ғаламда басқа жерде өмір болуы мүмкін бе, соны.

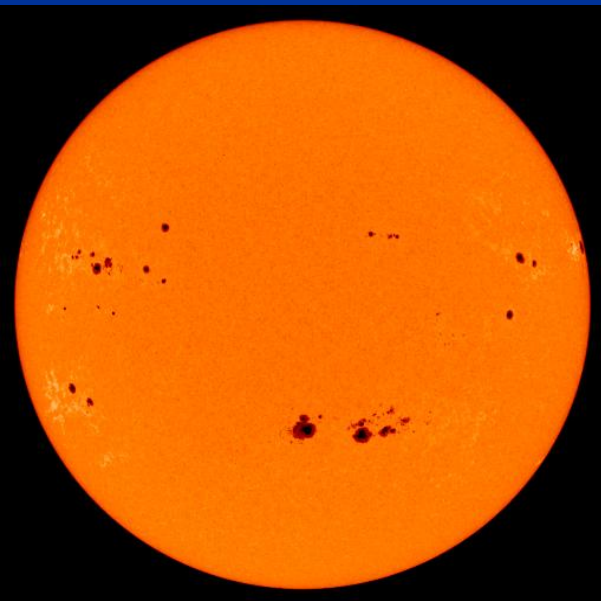


Сақина тәрізді тұмандық — өліп бара жатқан жұлдыз.
Дереккөз: НАСА



Күннің қасиеттері: ең жақын жұлдыз және астрономдар оларды қалай өлшейді — бұл маңызды!

- Қашықтығы: $1,5 \times 10^{11}$ м — Меркурий мен Шолпаннан шағылысқан радиотолқындар арқылы
- Массасы: 2×10^{30} кг — Күнді айналып жүретін планеталардың қозғалысы бойынша
- Диаметрі: $1,4 \times 10^9$ м — Күннің көрінетін бұрыштық диаметрі мен қашықтығына қарай
- Қуаты: 4×10^{26} Вт — Күнге дейінгі қашықтық пен Жерден өлшенген қуат негізінде
- Химиялық құрамы: 98% сутегі мен гелий — спектрлік зерттеу арқылы



Күн.

Дереккөз: SOHO жерсерігі
(НАСА)



Жұлдыздардың қасиеттері — алыстағы күндер және астрономдар оларды қалай өлшейді — бұл маңызды!

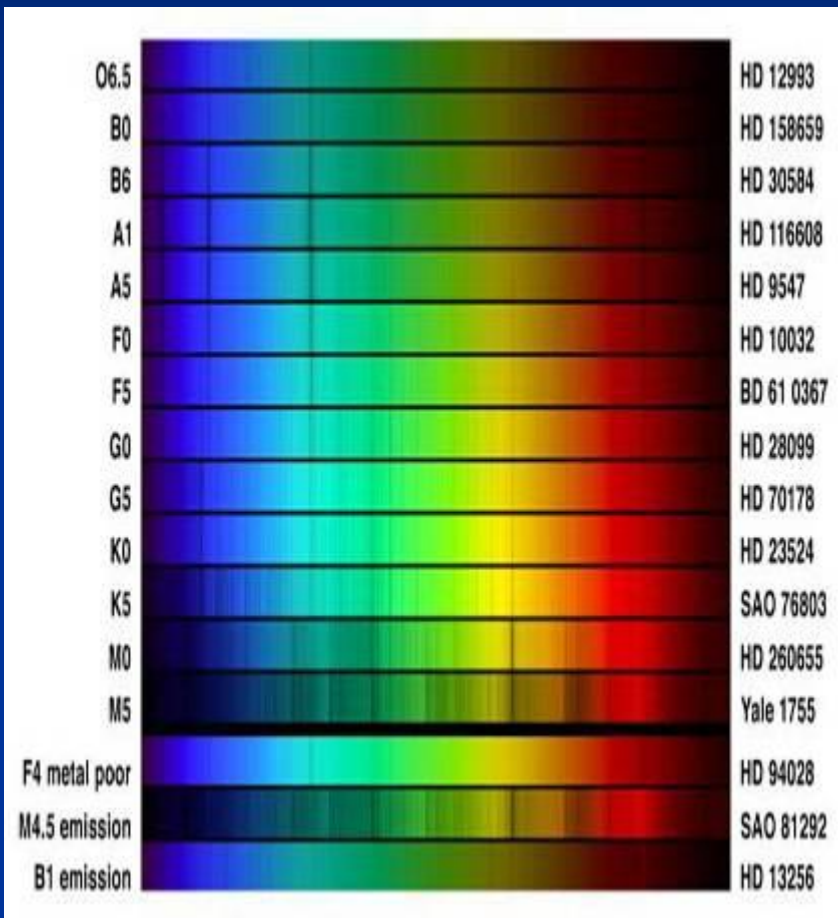
- Қашықтық: параллакс арқылы немесе егер қуаты белгілі болса — көрінетін жарықтығына қарай
- Қуат: қашықтық пен көрінетін жарықтылық арқылы
- Беткі температура: түсі немесе спектрі арқылы
- Радиус: қуаты мен беткі температурасына қарай
- Масса: қос жұлдыздарды бақылау арқылы
- Химиялық құрамы: жұлдыздық спектрлер арқылы



Орион шоқжұлдызы.
Дереккөз: Хаббл, ЕКА, Акира Фудзии



Жұлдыздардың спектрлері: түстерге жіктелген жұлдыз жарығы



Астрономдар аспан денелері жайлы олар шығарған жарықты зерттеу арқылы біледі.

Спектр жұлдыздардың құрамы, температурасы және басқа да қасиеттері туралы ақпарат береді.

Сол жақта: алғашқы 13 спектр — әртүрлі беткі температурасы бар жұлдыздарға тиесілі (ең жоғарысы — ең үстінде); соңғы үш спектр — ерекше қасиеттері бар жұлдыздардан алынған.

Герцшпрунг – Рассел диаграммасы

Жұлдыздардың қасиеттерінде белгілі бір тәртіп бар!

Герцшпрунг – Рассел диаграммасы (HR диаграммасы) жұлдыздың қуатын (жарқырауын) температураға (спектрлік класқа) байланысты көрсетеді; тік осьтегі "абсолютті жұлдыздық шамасы" — қуаттың логарифмдік өлшемі.

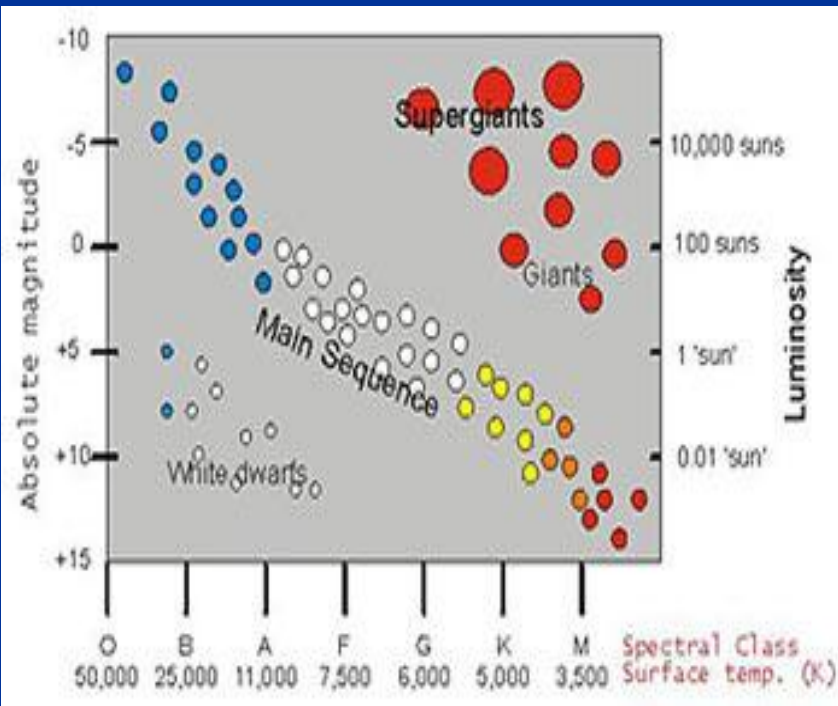
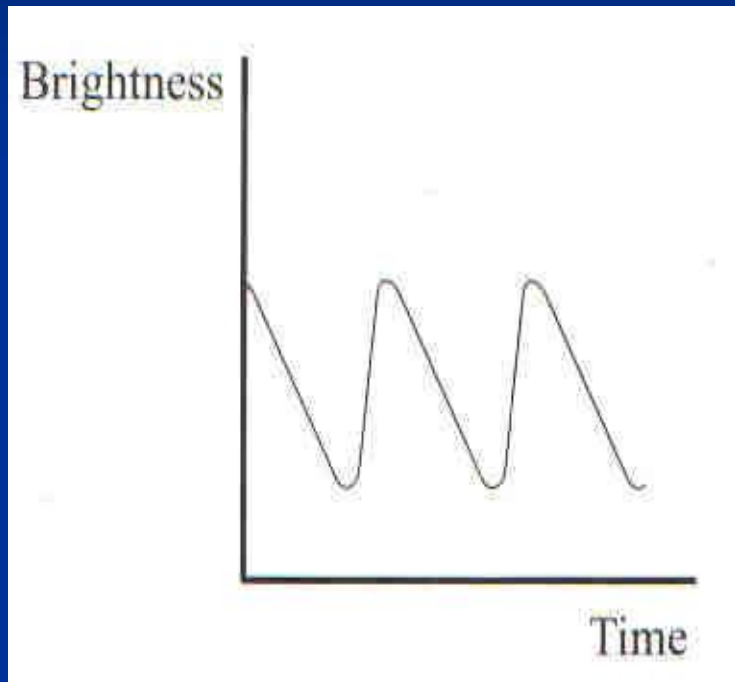


Diagram HR Source: NASA

- Жұлдыздардың көпшілігі «негізгі тізбек» бойында орналасқан: Үлкен массалы жұлдыздар ыстық және қуатты (сол жақ жоғарыда), ал кіші жұлдыздардың массасы аз, олар суық әрі қуаты төмен (оң жақ төменде).
- Алып жұлдыздар диаграмманың оң жақ жоғарғы бөлігінде орналасқан, ал ақ ергежейлілер сол жақ төменгі бөлігінде.



Айнымалы жұлдыздар

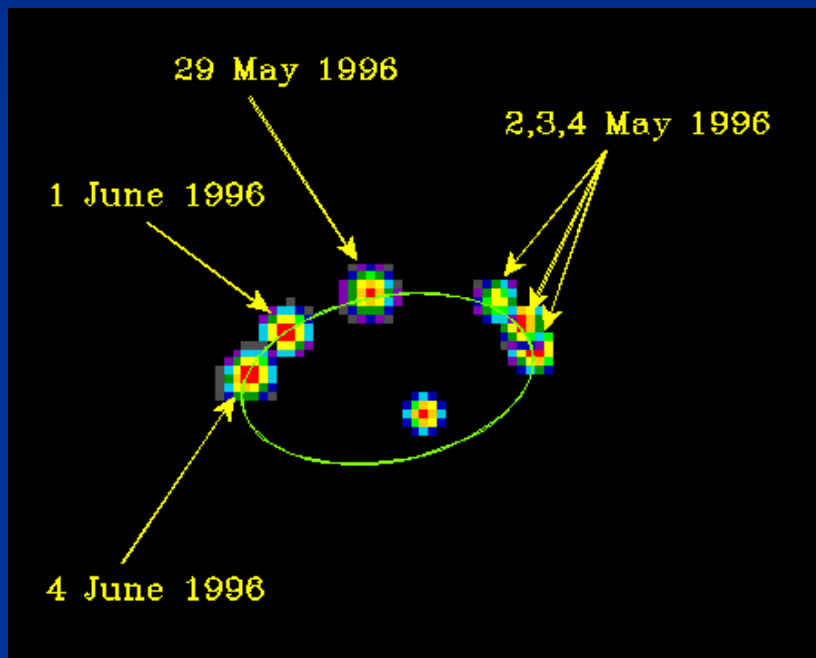


Жарық қисығы: жарықтылық пен уақыттың графигі.

- Айнымалы жұлдыздар — уақыт өте келе жарықтығын өзгертетін жұлдыздар.
- Жұлдыздардың көпшілігі айнымалы болып келеді; олардың жарықтығы дірілдеу, жарқырау, атылу немесе жарылу, немесе серік жұлдыз не планета арқылы жабылу салдарынан өзгеруі мүмкін.
- Айнымалы жұлдыздар жұлдыздардың табиғаты мен эволюциясы туралы маңызды ақпарат береді.



Қос және көптік жұлдыздар



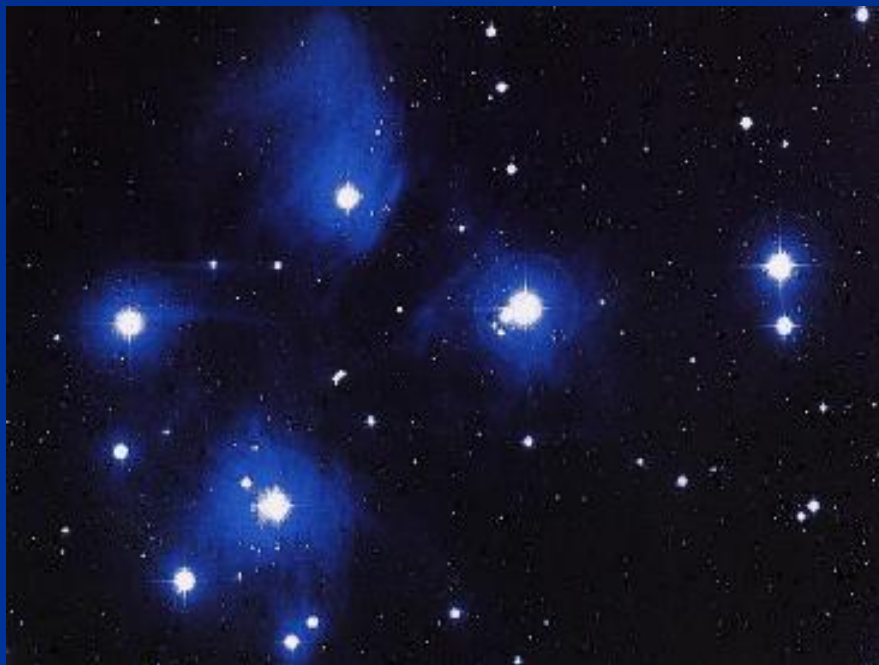
Үлкен Аю шоқжұлдызындағы Мицар жұлдызының орбиталық қозғалысы.
Дереккөз: NPOI тобы, АҚШ ӨТК астрономиялық обсерваториясы, ӨТК ғылыми-зерттеу зертханасы

- Қос жұлдыздар — бір-біріне гравитация арқылы тартылған және бір-бірінің айналасында қозғалатын жұлдыз жұптары.
- Оларды тікелей көруге болады (сол жақтағы суреттегідей), немесе спектрлік зерттеу арқылы, не болмаса жұлдыздар арасындағы тұтылу арқылы анықтауға болады.
- Бұл — жұлдыздардың массасын өлшеудің ең маңызды әдісі.
- Көптік жұлдыздар — үш немесе одан да көп жұлдыздар, гравитация арқылы байланысқан жүйе.



Жұлдыз шоғырлары

«Табиғаттың тәжірибелері»



Open Cluster The Pleiades.
Source: Mount Wilson Observatory

- Жұлдыз шоғырлары — гравитация арқылы бір-біріне тартылып, ғарышта бірге қозғалатын жұлдыздар тобы.
- Олар бір уақытта, бір жерде, бірдей материалдан пайда болған және бірдей қашықтықта орналасқан, тек массалары әртүрлі.
- Шоғырлар — массасы әртүрлі, бірақ жасы бірдей жұлдыздардың үлгісі.



Күн мен жұлдыздар неден тұрады?



Ғаламдағы химиялық элементтердің үлесі:

Егер оларды құстарға арналған азыққа ұқсатсақ:

- **Сутегі (H)** — 90% — тары сияқты
- **Гелий (He)** — 8% — күріш сияқты
- **Көміртек (C), азот (N), оттегі (O)** және басқа барлық элементтер — 2% — бұршақ және басқа дәндер сияқты

- Спектроскопия және басқа әдістер арқылы астрономдар жұлдыздардың «негізгі құрамдас бөліктерін» анықтай алады.
- Сутегі (H) мен гелий (He) — ең мол таралған элементтер, олар Ғалам жаралған кезде пайда болған.
- Ауыр элементтер миллион немесе миллиард есе аз кездеседі. Олар жұлдыздардың ішінде термоядролық реакциялар нәтижесінде түзіледі.



1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 UUp	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Elements created at the Big Bang

Elements produced by nucleosynthesis, in the core of the stars

Elements produced by supernovas



Elements created at the Big Bang



Elements produced by nucleosynthesis,
in the core of the stars



Elements produced by supernovas

Жұлдыз құрылымының заңдары

- Жұлдыздың ішіне тереңдеген сайын, жоғары қабаттардың салмағына байланысты қысым артады.
- Газ заңдарына сәйкес, қысым артқан сайын температура мен тығыздық та артады.
- Энергия жұлдыздың ішкі ыстық бөлігінен сыртқы салқын бөлігіне сәулелену мен конвекция арқылы өтеді.
- Егер энергия сыртқа шығып кетсе, жұлдыз салқындай бастайды — егер ішкі жағында жаңа энергия пайда болмаса.
- Жұлдыздардың мінез-құлқы осы қарапайым әрі әмбебап физикалық заңдарға бағынады.



Мысал: Күн неге құлап немесе жиырылып кетпейді?



- Сол жақта көрсетілгендей шарды үрлеңіз.
- Ауа қысымы шарды сыртынан «қысып» тұр. Бірақ ол қысылып қалмайды, себебі ішіндегі газ қысымы оны сыртқа қарай «итереді».
- Күннің ішінде гравитация материяны ішке қарай тартса, газ қысымы соны тепе-теңдікте ұстап тұрады.

Күн мен жұлдыздардың энергия көзі

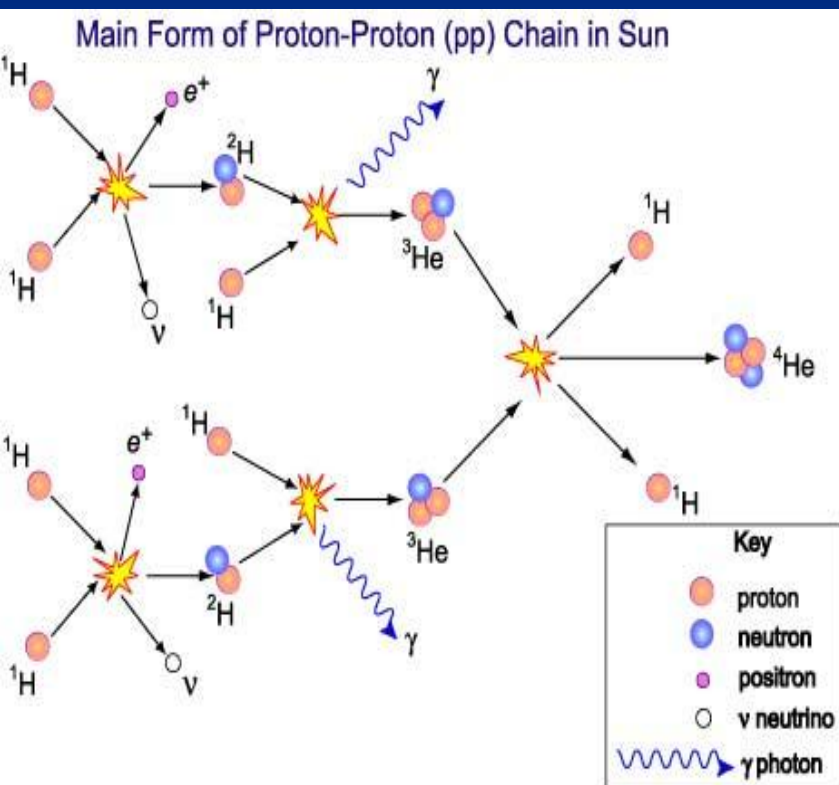
- **Газдың, мұнайдың немесе көміртектің химиялық жануы?**
Бұл процесс өте тиімсіз, Күнге энергияны тек бірнеше мың жылға ғана жеткізе алады.
- **Баяу гравитациялық қысылу?**
Бұл Күнге миллиондаған жыл энергия бере алады, бірақ Күннің жасы миллиардтаған жыл.
- **Радиоактивтік (ядролық бөліну)?**
Күн мен жұлдыздардың ішінде радиоактивті изотоптар дерлік жоқ.
- **Жеңіл элементтердің ауыр элементтерге ядролық қосылуы (синтез)?**

— **Иә!**

Бұл — өте тиімді процесс, және сутегі мен гелий сияқты жеңіл элементтер Күн мен жұлдыздардың 98%-ын құрайды.



Протон-протон тізбегі — Күндегі термоядролық синтездің негізгі процесі



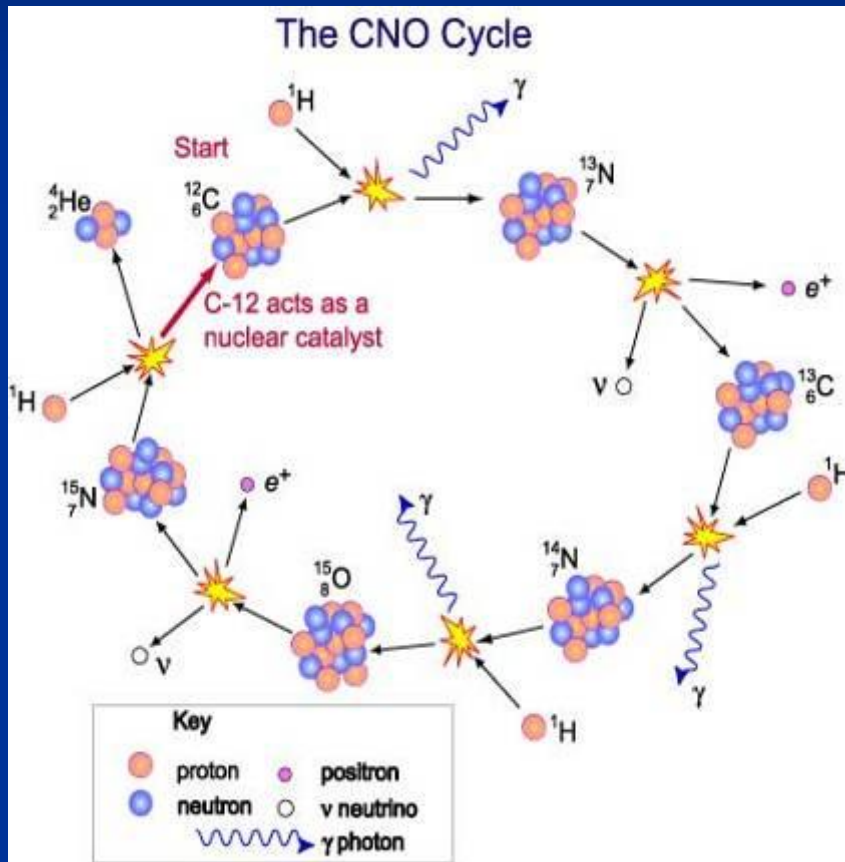
- Жоғары температура мен тығыздық жағдайында, Күн сияқты жұлдыздарда протондар (қызыл түсті) бір-бірін электрлік тебілістен өткізіп, ^2H (дейтрий) мен нейтрино (ν) түзеді. Кейін басқа бір протон дейтриймен қосылып, ^3He түзеді. Соңында екі ^3He ядросы бірігіп, ^4He (гелий-4) ядросын құрайды және екі протонды бөледі.
- Нәтиже:** 4 протон бірігіп, гелий атомын және энергияны (гамма-сәуле мен кинетикалық энергия) түзеді.

Proton-proton cycle

Source: Australia National Telescope Facility



Көміртек—азот—оттек циклі



CNO cycle

Source: Australia National Telescope Facility

- Массивті жұлдыздарда өте ыстық ядро кезінде протондар (қызыл) ^{12}C (көміртек) ядросымен (сол жақ жоғарғы бұрышта) соқтығысуы мүмкін. Бұл төрт протон бірігіп, гелий ядросын (сол жақ жоғарғы бұрышта) түзетін циклдік ядролық реакциялар тізбегін бастайды.
- ^{12}C ядросы цикл соңында қайта қалпына келеді, сондықтан ол жойылмайды да, жаңадан пайда болмайды; ол **ядролық катализатор** ретінде әрекет етеді.



Жұлдыздық «модельдерді» жасау

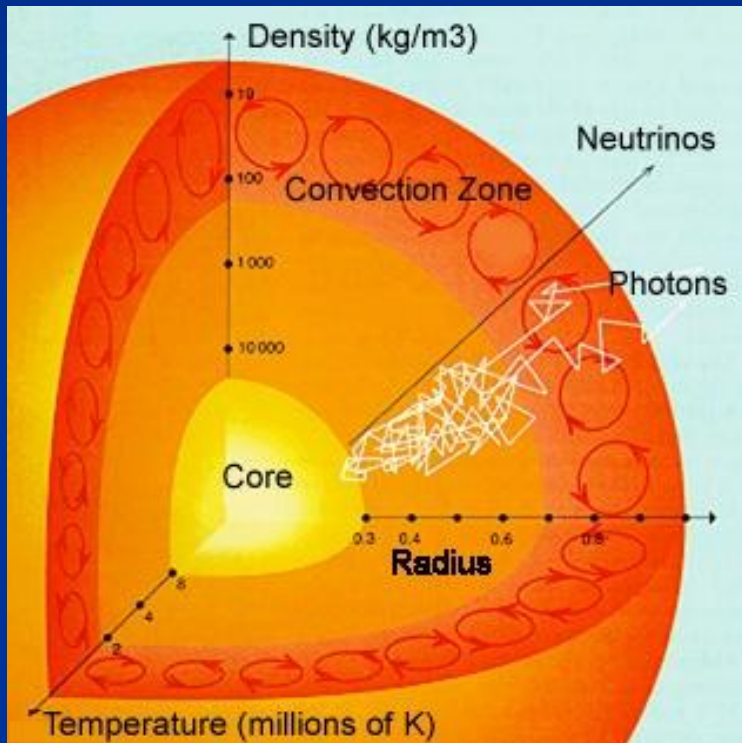
- Жұлдыздың құрылымын сипаттайтын заңдар теңдеулер түрінде беріледі және олар компьютердің көмегімен шешіледі.

Компьютер Күннің немесе жұлдыздың әр нүктесіндегі температураны, тығыздықты, қысымды және қуатты есептейді. Бұл **модель** деп аталады.

- Күннің орталығында тығыздық судың тығыздығынан **150 есе жоғары**, ал температура шамамен **15 000 000 K!**



Күннің ішкі бөлігінде (компьютер арқылы жасалған Күннің «моделіне» негізделген)



- Ыстық ядросында сутегі гелийге айналатын **ядролық реакциялар** арқылы энергия түзіледі.
- **Сәулелік аймақта**, яғни ядродан жоғары орналасқан қабатта, энергия **сәуле шығару** арқылы сыртқа таралады.
- **Конвекциялық аймақта**, сәулелік және сыртқы бет аралығында, энергия **конвекция** арқылы беріледі.
- **Фотосфера** — жұлдыздың беткі қабаты, осы жерде жұлдыз **мөлдір** бола бастайды.

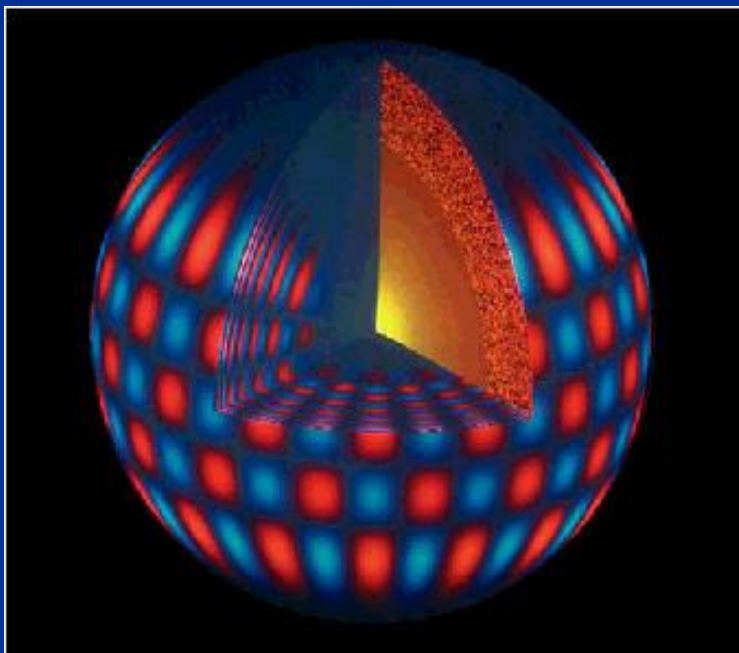
Solar model

Source: Institute of Theoretical Physics,
University of Oslo



Гелиосейсмологиялық модельді тексеру

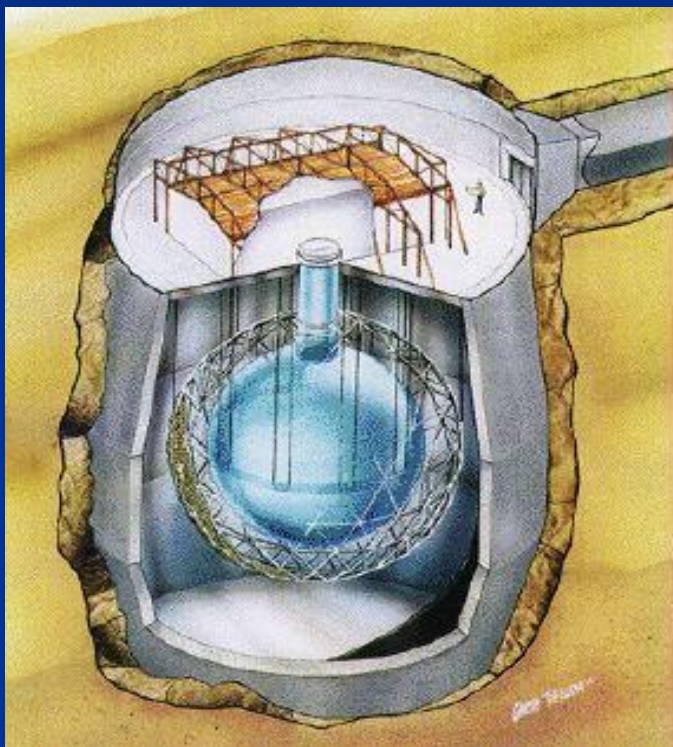
- Күн мыңдаған түрлі тәсілмен (үлгілермен) **жай тербеледі**. Солардың бірі — сол жақтағы суретте көрсетілген. Бұл тербелістерді бақылауға болады және олар арқылы Күннің **ішкі құрылымын анықтап**, оның моделі қаншалықты дұрыс екенін тексеруге болады. Бұл процесс **гелиосейсмология** деп аталады. Ұқсас тербелістер басқа жұлдыздарда да байқалады — ол **астросейсмология** деп аталады.



Artistic conception of the solar vibration.
Source: US National Optical Astronomy
Observatory



Күн нейтриносының моделін тексеру



- Ядролық термоядролық реакциялар кезінде **нейтрино** деп аталатын элементар бөлшектер пайда болады.
- Олардың массасы өте аз және затпен өте сирек әрекеттеседі.
- Олардың массасы арнайы обсерваториялардың, мысалы, **Садбери нейтрино обсерваториясының** (сол жақта) көмегімен анықталып, өлшенді.
- Нәтижелер модельдер арқылы алынған болжамдармен **сәйкес** келеді.

Observatory of neutrino, Sudbury
Source: Sudbury Neutrino Observatory



Жұлдыздардың өмір сүру ұзақтығы



- Жұлдыздың өмір сүру ұзақтығы оның **ядролық отынының (сутегінің) мөлшеріне** және оны **қаншалықты тез тұтынатынына (қуаты)** байланысты.
- Күннен жеңіл жұлдыздар — **ең жиі кездесетіндер**. Оларда **отын аз**, бірақ **қуаты өте төмен**, сондықтан олар **ұзақ өмір сүреді**.
- Күннен ауыр жұлдыздар — **сирек кездеседі**. Олардағы **отын көбірек**, бірақ **қуаты да әлдеқайда жоғары**, сондықтан олардың **өмірі қысқа** болады.

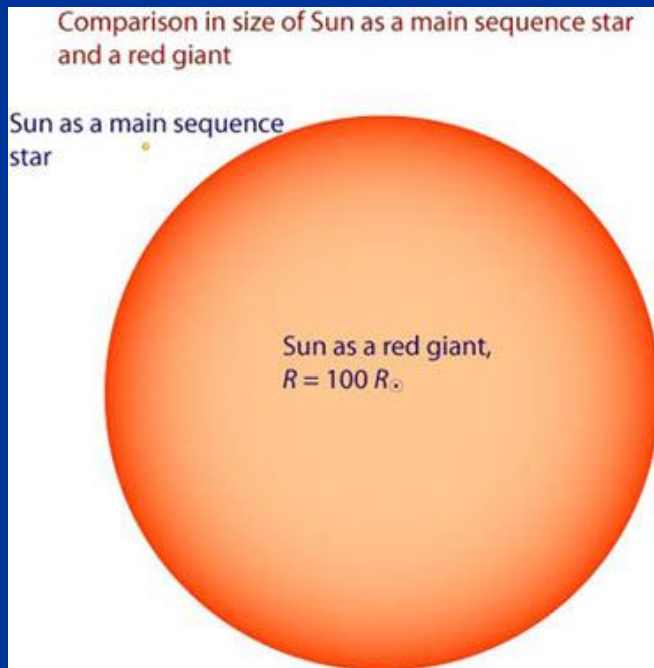
Астрономдар жұлдыздардың эволюциясын қалай зерттейді?

- Жұлдыздарды өмірінің әртүрлі кезеңінде бақылау және **эволюциялық ретпен** орналастыру.
- **Ядролық синтезге** байланысты жұлдыздардың құрамындағы өзгерістерді ескере отырып, физика заңдарына және компьютерлік есептеулерге негізделген **модельдер жасау**.
- Бір жастағы, бірақ **массалары әртүрлі** жұлдыздар мен **жұлдыздық шоғырларды** зерттеу.
- Жұлдыз өміріндегі **тез және ерекше фазаларды** зерттеу (мысалы, **сверхнова** мен **нова** құбылыстары).
- **Айнымалы пульсациялайтын** жұлдыздарды зерттеу және олардың эволюциясынан туындайтын **пульсация кезеңінің баяу өзгерістерін** өлшеу.



Күнге ұқсас жұлдыздардың эволюциясы

- Күн тәрізді жұлдыз өмірінің алғашқы ~90% бөлігінде, егер термоядролық реакцияны жалғастыруға жеткілікті отыны (сутегі) болса, айтарлықтай өзгеріске ұшырамайды.
- Мұндай жұлдызды негізгі тізбек жұлдызы деп атайды.



- Сутегі отыны таусылған кезде жұлдыз кеңейіп, қызыл алып жұлдызға айналады.
- Ядросында температура гелийдің көміртекке айналуын қамтамасыз ететін деңгейге дейін көтеріледі.
- Гелий де таусылғанда, жұлдыз тағы да кеңейіп, Күннен жүздеген есе үлкен қызыл алыпқа айналады.

Comparison of size: Sun - red giant
Source: Australia National Telescope Facility



Күнге ұқсас жұлдыздардың өлімі

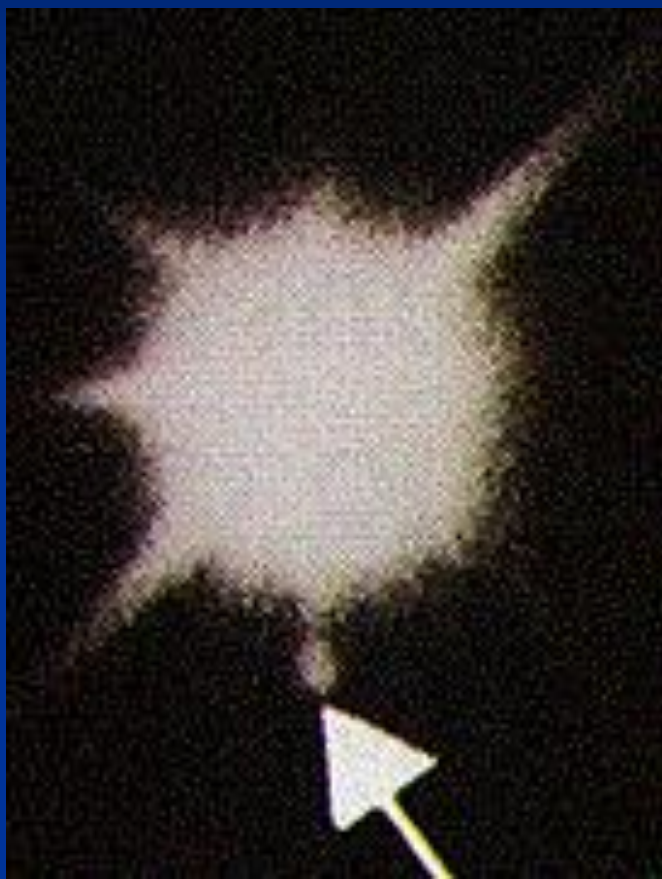


Helix Planetary Nebula.
Source: NASA

- Жұлдыз қызыл алыпқа айналған кезде, ол пульсациялай (дірілдей) бастайды. Мұндай жұлдыздар **Мира** типті жұлдыздар деп аталады.
- Пульсациялар жұлдыздың сыртқы қабаттарының бөлініп шығуына себеп болады, нәтижесінде әдемі планетарлық тұмандық түзіледі (сол жақтағы сурет).
- Жұлдыздың ядросы ақ ергежейліге айналады — **тығыз, шағын, ақ түсті және отыны жоқ дене.**



Ақ ергежейлі

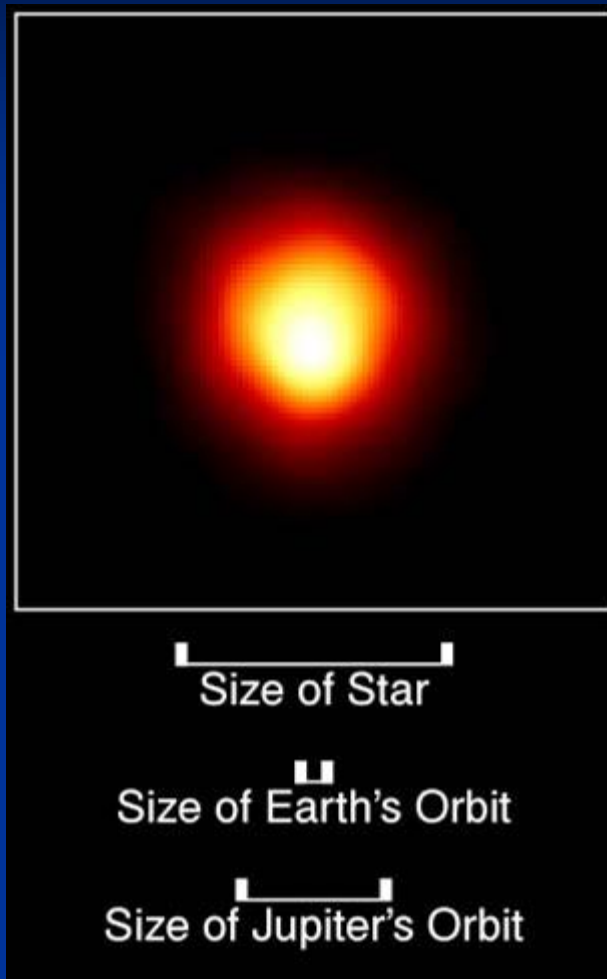


The white dwarf companion
(below) of
Sirius (above). Source NASA

- **Ақ ергежейлі — Күнге ұқсас жұлдыздың өлі ядросы болып табылады.**
Ақ ергежейлінің массасы **Күнге жуық**, ал көлемі — **Жермен шамалас**, тығыздығы — **судан миллион есе жоғары**.
Ақ ергежейлінің ішінде **гравитациялық тартылыс күші мен электрондардың кванттық қысымы теңгерілген**.
- Жақын жұлдыздардың көбісінің, мысалы, **Сириус (сол жақта)** пен **Проксионның**, ақ ергежейлі **серіктері бар**.



Массивті жұлдыздың эволюциясы



- Массивті жұлдыздар — сирек кездесетін, өте қуатты денелер және отындарын бірнеше миллион жылда тез таусады. Отын таусылғанда, олар кеңейіп, қызыл асқан алып жұлдыздарға айналады. Олардың ядросы өте ыстық, сондықтан темір сияқты ауыр элементтерді түзе алады.
- Бетельгейзе (сол жақта), Орион шоқжұлдызында, — жарық қызыл асқан алып жұлдыз. Ол Жердің орбитасынан әлдеқайда үлкен.

Betelgeuse.

Source: NASA/ESA/HST



Массивті жұлдыздың өлімі

- Массивті жұлдыздың ядросы негізінен темірден тұрса, ол енді термоядролық синтезді жалғастыру үшін отынға ие болмайды және ыстық күйін сақтай алмайды.

Гравитация ядроны нейтрон жұлдызына дейін жаншып, орасан зор гравитациялық энергияны бөледі, бұл **сверхнова жұлдызының жарылуына** әкеледі (сол жақта).

- **Сверхновалар темірден ауыр элементтерді түзіп, оларды және басқа элементтерді ғарышқа таратады — бұл заттар кейін жаңа жұлдыздар, планеталар және тіршілік үшін құрылыс материалына айналады.**



The Crab nebula, the remnant of an explosion of supernovae observed in 1054 AD. Source: NASA



Нейтрон жұлдыздары

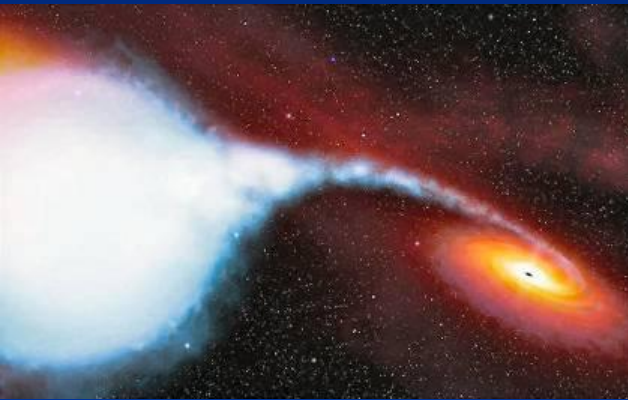


Pulsar, neutron star in the heart of
the
Crab Nebula The rotational energy
that emits energized Nebula.
Source: NASA/ESA/HST

- Күннен 1.5–3 есе ауыр жұлдыз ядролары өмірінің соңында құлап, нейтрон жұлдыздарына айналады. Олардың диаметрі шамамен 10 км, ал тығыздығы судан триллион есе жоғары.
- Олар нейтрондардан және басқа да экзотикалық бөлшектерден тұрады.
- Жас нейтрон жұлдыздар өте жылдам айналып, радиотолқындарда тұрақты импульстер шығарады — мұндай жұлдыздар пульсарлар деп аталады.



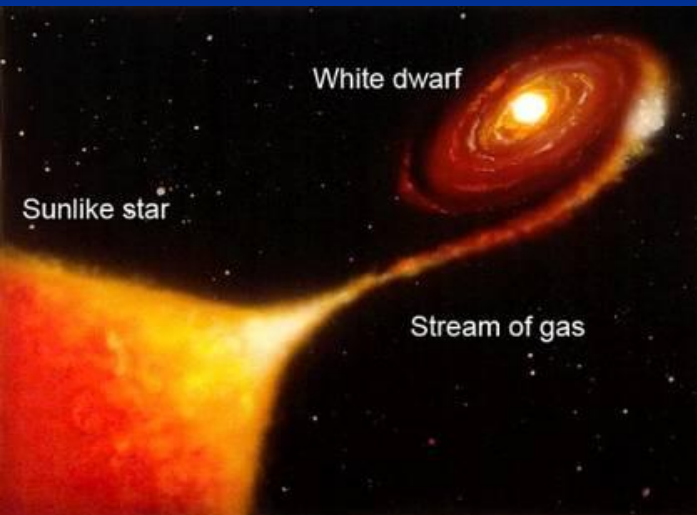
Қара құрдым



Artistic conception of Cygnus X-1, a visible star (left) with a black hole (right) in a center of accretion disk.
Source: NASA.

- **Қара құрдым — бұл гравитациясы өте күшті астрономиялық нысан, ол тіпті жарықты да шығармайды. Күннен 30 есе ауыр сирек массивті жұлдыздардың ядролары, отыны таусылғанда, қара құрдымға айналады.**
- **Қара құрдымды анықтаудың бір жолы — оның айналасында көрінетін жұлдыз айналып жүргенін бақылау (сол жақтағы суретте).**

Айнымалы жұлдыздардың ерекше түрлері



A pair of normal star (left) and a white dwarf star with an accretion disc stealing gas from the companion (right).
Source: NASA

- Көптеген жұлдыз қалдықтары — ақ ергежейлілер, қара құрдымдар немесе нейтрон жұлдыздары — айналасында қалыпты көрінетін жұлдыз болады.
- Егер газ осы қалыпты жұлдыздан жұлдыз қалдығына қарай тартылса, оның айналасында **акрециялық диск** пайда болуы мүмкін (сол жақтағы суретте).
- Газ жұлдыз қалдығына құлағанда, **жарқылдар, атқылаулар немесе жарылыстар** болуы мүмкін — мұндай жүйелер **катаклизмдік айнымалы жұлдыздар** деп аталады.

Жұлдыздардың тууы



- Жұлдыздар суық газ бен шаңнан тұратын молекулалық бұлттарда (тұмандықтарда) түзіледі.
Галактикамыздағы заттың шамамен 10% — бұл жұлдызаралық газ бен шаң.
Жас жұлдыздар, әдетте, өздері пайда болған тұмандықтың ішінде немесе жанында орналасады.
- Жұлдыздардың түзілу аймағының ең жақын әрі анық мысалы — **Орион тұмандығы** (сол жақта), ол бізден шамамен **1500 жарық жылы** қашықтықта орналасқан.

Orion Nebula
Source: NASA



Жұлдыздар арасындағы газ



- **Жұлдызаралық газ** (атомдар немесе молекулалар) жақын жұлдыздан шыққан **ультракүлгін сәулелермен қозып, эмиссиялық тұмандық түзе алады** (сол жақта).
- **Жұлдыздар арасындағы суық газ радиотолқындар шығарады**, оларды радиотелескоптармен анықтауға болады.
- **Жұлдызаралық газдың 98% — бұл сутегі мен гелий.**

The Orion nebula. The gas is energized by ultraviolet light from the stars in the nebula.

Source: NASA



Жұлдызаралық шаң



M16

Source: NASA/ESA/HST

- Жарқыраған жұлдыздардың маңындағы жұлдызаралық шаңды спектрдің көрінетін бөлігінде анықтауға болады.
- Шаң артындағы жұлдыздар мен газдың жарығын бөгей алады (сол жақтағы сурет). Жұлдыздар дәл осысындай бұлттардың ішінде түзіледі.
- Жұлдызаралық заттардың тек 1%-ы ғана шаңнан тұрады. Шаң бөлшектерінің өлшемі бірнеше жүз нанометр және негізінен силикаттар мен графиттен тұрады.



Жұлдыздардың түзілуі

- Жұлдыздар тұмандықтың тығыз немесе сығылған ядро деп аталатын бөліктерінде түзіледі. Ядролардың тартылуын гравитация қамтамасыз етеді.



Artistic conception of a planetary system in the formation process.

Source: NASA

Айналмалы қозғалыстың импульсі сақталғандықтан, ядролардың айналу жылдамдығы артады, олар жазықтанып, ақырында дискке айналады.

Жұлдыздар дискінің орталығында түзіледі, ал планеталар — дискінің салқындау, сыртқы бөліктерінде қалыптасады.



Протопланеталық дискілер: Проплидтер Қалыптасу кезеңіндегі планеталық жүйелер



- Протопланеталық дискілер Орион тұмандылығында (сол жақта) байқалды.
- Дисктің ортасындағы жұлдызды әрең көруге болады.
- Шаң дискісі артындағы жарықты бөгейді.
- Бұл және басқа да бақылаулар планеталық жүйелердің қалыптасуының тікелей дәлелі болып табылады.

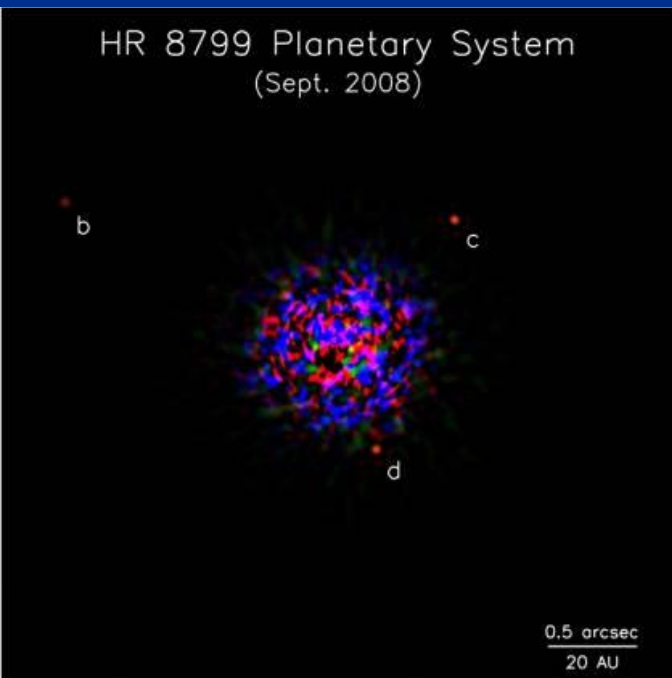
Proplyds

Source: NASA/ESA/HST



Экзопланеталар = Күннен тыс планеталар

Басқа жұлдыздардың айналасында айналатын планеталар



- Экзопланеталар әдетте жұлдызға тигізетін гравитациялық әсері немесе транзит кезінде жұлдыз жарығының азаюы арқылы анықталады және зерттеледі.
- Өте аз экзопланета тікелей суретке түсірілген (сол жақта).
- Күн жүйесіндегі планеталардан айырмашылығы, көптеген экзопланеталар алып және өз жұлдызына өте жақын орналасқан. Бұл астрономдарға планеталық жүйелердің қалыптасу теорияларын қайта қарауға және түзетуге мүмкіндік береді.

System exoplanet HR 8799

Source: C. Marois et al., NRC Canada



Қорытынды тұжырымдар

«Гравитация — жұлдыздардың пайда болуы, өмірі және өліміне себеп болады»

[Профессор Р. Л. Бишоп]

- Жұлдыздың пайда болуы — Күн жүйесі мен басқа да планеталық жүйелердің шығу тегін түсіндіреді.
- Жұлдыздың өмірі — Жердегі өмірді мүмкін ететін энергия көзін түсіндіреді.
- Жұлдыздардың өмірі мен өлімі — сутектен ауыр химиялық элементтердің пайда болуына әкеледі, олардан жұлдыздар, планеталар және тіршілік жасалған.
- Жұлдыз өлімі кезінде гравитация Әлемдегі ең ғажайып нысандарды тудырады: ақ ергежейлілер, нейтрондық жұлдыздар және қара құрдымдар.



Назарларыңызға көп рахмет!

