

Formimi i heliumit në zinxhirët e proton-proton dhe në ciklin CNO

Kur rezaqtimi nuk është më një njësi e fiksuar për të transportuar energji, lënda filon të zhvendoset, si ujin që vlon në një enë, ky është konveksion.

Ylli me masë të vogël (< 1.3 masa diellore)

Ylli me masë të madhe (> 1.3 masa diellore)

Për shkak se intensitetet e reaksioneve të tyre bërthamore janë shumë të ndryshme, yjet me masë të vogël nuk kanë të njëjtën strukturë si yjet me masë të madhe bërthamë rezaqtuese dhe mbështjellës konvektiv për të parët, bërthamë konvektive dhe mbështjellës rezaqtues për të dytët.

Universi në xhepin tim

Jetët e yjeve

Sylvia Ekström
Universiteti i Gjenevës

Nr. 29
THE UNIVERSE IN MY POCKET

Gjithçka ndodh në bërthamë

Në vështrimin sipërfaqësor të yjeve, por gjithçka që përcakton evolucionin e tyre ndodh në **bërthamë**. Ajo rrethet në disa miliona gradë nga tkurrja gravitacionale, që njëftojnë për të shkaktuar **reaksione bërthamore**.

Këto reaksione e mbajnë yllin në ekuilibër, sepse energjia që prodhohet krijon shtypjen që i bën ballë gravitetit. Reaksionet bërthamore që shndërtojnë hidrogjenin në helium (shih TUMIP 1.4) e mbajnë yllin në ekuilibër gjatë 90% të jetës së tij. Yjet me masë të vogla bashkojnë protonet për të formuar helium (**zinxhirët e proton-proton**). Yjet me masë më të madhe përdorin bërthamat e karbonit, azotit dhe oksigjenit si katalizatorë (**cikli CNO**), gjë që u mundëson atyre të prodhojnë shumë më tepër energji, por me një jetëgjatësi shumë më të shkurtër.

Kuiz

Tipi spektral

Ndërcimi	Tipi spektral
Dielli	G2
Sirius A	A1
Canopus	F0
Betelgeuse	M2

Kjo diagramë tregon evolucionin e yjeve me 1, 2, 10 dhe 20 masa diellore. Vendoeni yjet e mëposhtëm në të:

- 1) Cil është më i ftohti nga këta yje? Më i nxehti?
- 2) Cilat janë masat e këtyre yjeve?
- 3) Cilat nuk e kanë përfunduar ende djegjen të gjithë hidrogjenit në bërthamën e tyre?
- 4) Cilat yje do të shpërthejnë në supernova?
- 5) Cil yll do të jetojë më gjatë?

Reaksionet bërthamore të fazave të ndërmjetshme zhvillohen gjithnjë e më thellë në bërthamë të yjeve masive. Në fund të evolucionit të tyre, yjet kanë strukturë të ngjashme me një qepë me shumë shtresa.

Të gjitha elementet e rënda prodhohen në yje. Kjo tabelë tregon se në çfarë lloji ylli është krijuar elementi (sipas C. Kobayashi 2020).

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	Kr	Xe
Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Yjet: fabrika elementesh

Pasi djegin hidrogjenin dhe më pas heliumin në bërthamat e tyre, yjet më masivë përdorin njëri pas tjetrit **karbonin, neonin, oksigjenin dhe silicin** si lëndë djegëse, duke formuar elemente gjithnjë e më të rënda thellë e më thellë në bërthamat e tyre. Evolucioni përshpejtohet ndërsa ylli prodhon gjithnjë e më shumë **neutrin**, të cilat largojnë energjinë e prodhuar në bërthamë pa e nxehur yllin. Kartoni digjet në disa mijëra vjet, ndërsa silici mund ta mbajë yllin vetëm për disa ditë! Disa nga elementet e prodhuara në bërthamat e tyre hidhen në mjedisin ndërryor nga mjegullinat planetare ose supernovat. Të tjerët mbeten përgjithmonë të burgosur në shuxhët e bardhë. Yjet neutronike ose vrimat e zeza dhe nuk marrin pjesë në evolucionin kimik të Universit.

Pse yjet shkëlqejnë

Prej shumë kohësh ne pyesim se çfarë e bën Diellin të shkëlqejë. A digjet qymyr? A nënshtruhet reaksioneve kimike? Dielli shkëlqen sepse është një gaz shumë i nxehtë, i cili ndiçon në drtën e dukshme.

Në varësi të temperaturës, çdo trup arrin kulmin e ndriçimit në gjatësi të ndryshme vale. Diagrama përballë tregon ndriçimin si funksion i gjatësisë së valës. Yjet shkëlqejnë më shumë në dritën e dukshme.

Gieniet e gjalla janë gjithashtu të ndritshme, por në infra të kuqe. Nëse krahasojmë energjinë që lëshon një mace për njësi mase, ajo është 5,000 herë më e madhe se energjia e lëshuar nga Dielli për njësi mase, pra reaksionet kimike (metabolizmi ynë) në këtë rast janë më efikasë në prodhimin e nxehtësisë.

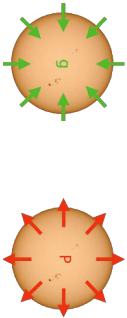
Kjo diagramë tregon ndriçimin e një trupi si funksion i gjatësisë së valës. Sa më i ftohtë të jetë trupi, aq më shumë kulmi i ndriçimit zhvendoset drejt gjatësive të valëve më të gjata.

Foto e një maceje e marrë me një kamerë termike, e ndjeshme në infra të kuqe. Ndërsa hunda është më e ftohtë, ajo shfaqet më pak e ndritshme.



Nalvra e yleve tregon temperaturën e sipërfaqes së tyre. Yjet më të nxehtë janë blu, më të ftohtët janë të kuq.

Graviteti (g) bën që ylli të tkurret. Gazi nxehtë dhe krijon një shtypje (P) që kundërshton forcën gravitacionale: kjo është faza e "ekuilibrit hidrostatik".



Vargu kryesor

Kur i paraqesim yjet në një diagram të ndriçimit kundrejt temperaturës, shohim se 90% e tyre shtrihen në një shtit të gjatë diagonal të quajtur **Vargu Kryesor**. Kjo tregon se për shumicën e yjeve, ekziston një lidhje midis ndriçimit dhe temperaturës. Yjet më të ndritshëm janë gjithashtu më të nxehtë.

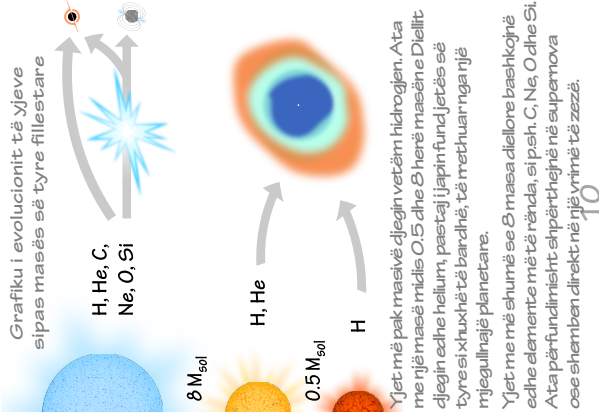
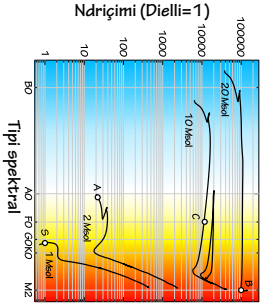
Yjet klasifikohen sipas **tipit të tyre spektral** të përcaktuar nga prania dhe intensiteti i vijave të tyre spektrale (shih TUMIP 30), të cilat janë një funksion i temperaturës së sipërfaqes së tyre (dhe për rrjedhojë ngjyrës së tyre) **O, B, A, F, G, K, M**, nga më i nxehti te më i ftohti. Çdo klasë shkon nga O në S. Yjet O dhe B janë më të mallët. Në fakt, këta yje me më shumë se 8 masa diellore përfundojnë jetën në 10 milion vjetë.

Dielli është klasa G2.

- Përrigijet e pyetjeve:
- 1) Betelgeuse, Sirius A.
 - 2) 1, 2, 10, 20 masa diellore.
 - 3) Dielli dhe Sirius A.
 - 4) Betelgeuse dhe Canopus.
 - 5) Dielli.

Në diagramë, pozicionet e Diellit, Sirius A, Betelgeuse dhe Canopus përfaqësohen nga shkronjat S, A, B dhe C.

Përrigijet



Përrchimi: Minioza Hafizi
TUMIP Creative Commons



<https://www.tumip.org>



Për të zbuluar më shumë me këtë seri dhe temave të trajtuara në këtë minilibër, vizitoni <https://www.tumip.org>.

Imazhi i kopertinës: Një vështrim brenda Diellit. Bërthama e minixhur prodhon energji përmes reaksioneve bërthamore. Mbështjellësia përzhilet nga konveksioni si uji në një tenxhere. Të gjitha imazhet në këtë minilibër janë krijuar nga Sylvia Ekström, përveç zinxhirëve të reaksionit në fagjen B (Wikimedia Commons) dhe fotos së macës (<https://www.f7777/>).

Universi në xhepin tim Nr. 29

Sylvia Ekström, nga Observatori i Glenevës, është autorja e këtij minilibri, të shkruar në vitin 2025. Minilibri u rishikua nga Grazyna Stasińska nga Observatori i Parisit dhe Stan Kurtz nga IkyA (Morelia, Meksikë).

Si evoluojnë yjet

Kur hidrojeni në bërthamë shtron bërthama tkurret, duke rritur temperaturën e saj derisa të arrijë temperaturën e bashkimit të heliumit. Kjo tkurje çliron energji gjatë gravitacionale, duke bërë që lënda mbështjellëse e bërthamës të fryhet dhe ylli të kthehet në një **gigant të kuq**. Kur heliumi mbaron, bërthama tkurret përsëri.

Për yjet me më pak se 8 masa diellore, ky është fundi i evolucionit. Bërthama e tyre është një **xhuxh i bardhë** dhe nuk evolon më. Ai ftohet ngadalë, ndërsa atmosfera kthehet në një mjegullinë planetare (shih TUMIP 36).

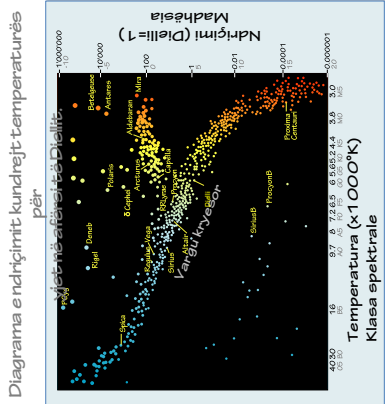
Nga ana tjetër, yjet masivë arrijnë temperatura shumë të larta në bërthamat e tyre dhe kalojnë nëpër një sërë fazash bashkimi, të ndërthurura me faza tkurjeje. Evolucion i yjeve masivë përfundon me një shpërthim **supernove** ose shembje të drejtpërdrejtë në një **vimë të zezë**.

Në dujje, një yll më i nxehtë është **blu**, si ylli Rigel në yjësinë e Orionit, ndërsa një yll më i ftohtë është **kuqërremtë**, si Betelgeuse, gjithashtu të Orionit. Ylli ynë, Dielli, në temperaturë gati 6000°K, është i verdhë.

Nxhtë dhe më ndritshëm është ylli.

Ylli është një top i **madh gazi** të nxehtë. Duke qenë i madh, graviteti bën që ai të tkurret në vetvete, dhe kjo shtypje e gazit mbi temperaturën: atomet e yllit e nttin shpërbërësit e lëvizjes së tyre dhe prodhojnë një shtypje që kundërshton gravitetin. Sa më masiv të jetë ylli, aq më i fortë është graviteti, dhe aq më i

Çfarë është një yll?



Gjatë jetës së tyre, yjet zhvendosen në këtë diagram. Vargu kryesor është zona ku ata qëndrojnë më gjatë.

Tipi spektral	Temperatura (°K)	% yjeve
O	>30,000	0.05
B	9,700-30,000	0.13
A	7,200-9,700	0.6
F	6,000-7,200	3
G	5,200-6,000	7.6
K	3,800-5,200	12.1
M	2,500-3,800	76.5