

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

Kur mezatitimi nuk është më një njësi e funksionit të transportuar energji, lënda fillon të zhvendoset, si ujë që von në një enë ky është konveksioni.

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 bërtamore janë shumë të ndryshme, yjet me masë të vogël nuk kanë të njëjtën strukturë si yjet me masë të madhe: bërtamë meza tuose dhe mbështetjes konvektive për të parët, bërtamë konvektive dhe mbështetjes meza tuose për të dytë.

Gjithçka ndodh në bërtamë

Ne vëzhgojmë sipërfaqen e yjeve, por gjithçka që përctakton evolucionin e tyre ndodh në bërtamë. Ajo rrethet në disa miliona gradë nga tkunjia gravitacionale, që ngjirtojnë për të shkaktuar reaksione bërtamore.

Këto reaksione e mbajnë yllin në ekuilibër, sepse energjia që prodhojnë krijon shtypjen që lë baltë gravitetit. Reaksionet bërtamore që shndërrojnë hidrogjenin në helium (shih TUMIP 14) e mbajnë yllin në ekuilibër gjatë 90% të jetës së tij. Yjet me masë të vogla baahkojnë protonet për të formuar helium (zinxhirët proton-proton). Yjet me masë më të madhe përdorin bërtamë 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.

Reaksionet bërtamore të fazave të ndryshme zhvillohen gjithnjë e më thellë në bërtamë e 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)

Big Bang

Yer masive

Diagrami i tabelës periodike të elementeve kimike, me elementet e krijuara në Big Bang dhe në yje të ndryshme të shënuar.

Pse yjet shkëlqejnë

Prej shumë kohësh ne pyesim se çfarë e bën Diellin të shkëlqejë. A diqet qymyr? A i nënshtrohet reaksioneve kimike? Dielli shkëlqen sepse është një gaz shumë i nxehtë, i cili ndihon në dritën 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.

Gënet 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 (metabolizimi) në këtë rast janë më efektive në prodhimin e nxehtësisë.

Universi në xhepin tim

Jetët e yjeve

Sylvia Ekström
Universiteti i Gjenezës

TUMIP
Nr. 29
THE UNIVERSE IN MY POCKET

Kuiz

Ndriçimi (Dielli = 1)

Tipi spektral

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

Dielli	Ndriçimi	Tipi spektral
Sirius A	25	A1
Canopus	13600	F0
Betelgeuse	105000	M2

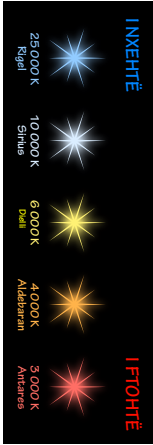
1) Cili është më i ftohtë nga këta yje? Më i nxehti
2) Cilat janë masat e këtyre yjeve?
3) Cilat nuk e kanë përfunduar ende djegjen të gjithë hidrogjenit në bërtamë e tyre?
4) Cilat yje do të shpërthejnë në supernova?
5) Cili yll do të jetë më gjatë?

Yjet: fabrika elementesh

Pasi djegin hidrogjenin dhe më pas heliumin në bërtamë 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 bërtamë e tyre. Evolucionin përshpejtohet ndërsa ylli prodhon gjithnjë e më shumë neutronë, të cilat largojnë energjinë e prodhuar në bërtamë pa e nxehur yllin. Karboni djegjet në disa mijëra yjet, ndërsa silici mund ta mbajë yllin vetëm për disa ditë! Disa nga elementet e prodhuara në bërtamë xjore hidhen në mjedisin ndërfjor nga mjegullhajtat planetare ose supernovat. Të tjerët mbeten përgjithmonë të burgosur në shuxhët e bardhë. Yjet neutronike ose vrinat e zeza dhe nuk marrin pjesë në evolucionin kimik të Universit.

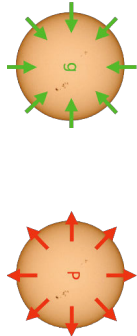
Kjo diagramë tregon ndriçimin e një trupi si funksion i gjatësisë së valës. Sa më i ftohtë të jetë trupi, aq më shumë kulmi i ndriçimit zhvendoset drejt gjatësisë të valëve më të gjata.

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.



Najlira 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

Kuri paraqesim yjet në një diagram të ndriçimit kundrejt temperaturës, shohim se 90% e tyre shtrihen në një shirit 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.

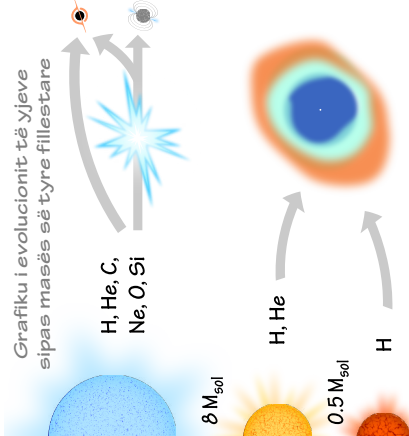
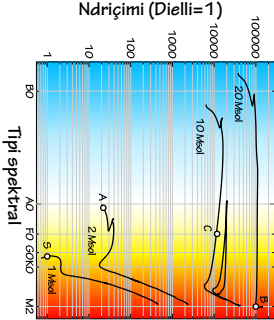
Yjet klasifikohen sipas **tipit të tyre spektral**, të përcaktuar nga prania dhe intensiteti i vijave të tyre spektrale (shih TULMP 30), të cilat janë një funksion i temperaturës së sipërfaqes së tyre (dhe për mëtejshje ngjyrës së tyre): **O, B, A, F, G, K, M**, nga më i nxehti te më i ftohti. Çdo klasë shkon nga O në 9. Yjet O dhe B janë më të mallt. Në fakt, këta yje me më shumë se 8 masa diellore përfaqësojnë vetëm 0.18% të të gjithë yjeve.

Dielli është klasa G2.

- Përngjajet 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.

Përngjajet



Grafiku i evolucionit të yjeve sipas masës së tyre fillestare

H, He, C, Ne, O, Si

H, He

H

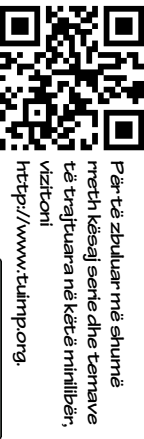
8 M_{sol}

0.5 M_{sol}

Yjet më pak masivë dëgjin vetëm hidrogjen. Ata me një masë midis 0.5 dhe 8 herë masën e Diellit dëgjin edhe helium, pastaj i japin fund jetës së tyre si xhuxhë të bardhë, të rrethuar nga një mjegullnajë planetare.

Yjet me më shumë se 8 masa diellore bashkojnë edhe elementet më të rënda, si psh. C, Ne, O dhe Si. Ata përfundimisht shpërthejnë në supernova ose shemben direkt në një vrimë të zezë.

Përkthimi: Miroza Harfizi
TULMP Creative Commons



Për të zbuluar më shumë rreth kësaj serie dhe temave të trajtuara në këtë minilibër, vizitoni <http://www.tulmp.org>.

Imazhi i kopertinës: Një vështrim brenda Diellit. Bërthama e mbinxehur prodhon energji përmes reaksioneve bërthamore. Mbështjellësa përzihet nga konveksioni si uji në një tenxhere. Të gjitha imazhet në këtë minilibër janë krijuar nga Sylvia Ekström, përmes zinxhirëve të reaksionit në fagen B (Wikimedia Commons) dhe fotos së macës (https://www.f77777).

Sylvia Ekström, nga Observatori i Gjeneratës, është auto-ria e këtij minilibri, të shkruar në vitin 2025. Minilibri u nishkua nga Grazyna Stasinska nga Observatori i Parisit dhe Stan Kurtz nga IKA (Morelia, Meksikë).

Universi në xhepin tim Nr. 29

Si evoluojnë yjet

Kur hidrogjeni në bërthamë shteron, bërthama tkurret, duke rritur temperaturën e saj derisa të arrijë temperaturën e bashkimit të heliumit. Kjo tkurrje çliron energji 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 bëhet një **xhuxh i bardhë** dhe nuk evoluon më. Ai ftohet ngadalë, ndërsa atmosfera kthehet në një mjegullnajë planetare (shih TULMP 36).

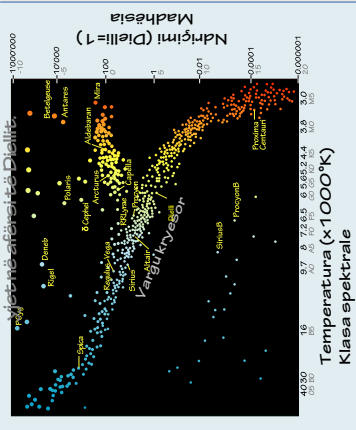
Nga ana tjetër, yjet masivë arrijnë temperatura shumë të larta në bërthamat e tyre dhe kalojnë nëpër një sërë fazash bashkimi, të ndërthurura me faza tkurjeje. Evolucioni i yjeve masivë përfundon me një shpërthim **supernove** ose shembje të drejtpërdrejtë në një **vrimë të zezë**.

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

Ylli është një topi **madh gaz** të nxehtë. Duke qenë i madh, graviteti bën që ai të tkurret në vetvete, dhe kjo shtypje e gazit rrit temperaturën atomet e yllit e rritin shpejtësinë 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 nxehtë dhe më ndritshëm është ylli.

Çfarë është një yll?

Diagrama e ndriçimit kundrejt temperaturës për



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

Tipe spektral	Temperatura (K)	% e yjeve
O	>30 000	0.05
B	10 000-30 000	0.13
A	7 200-10 000	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