

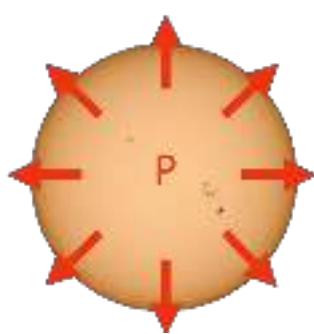
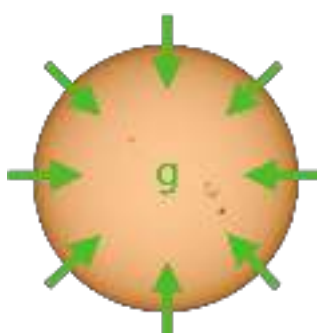
Universi në xhepin tim



Jetët e yjeve



Sylvia Ekström
Universiteti i
Gjenevës



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

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

INXEHTË



25 000 K
Rigel



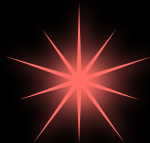
10 000 K
Sirius



6 000 K
Dielli



4 000 K
Aldebaran

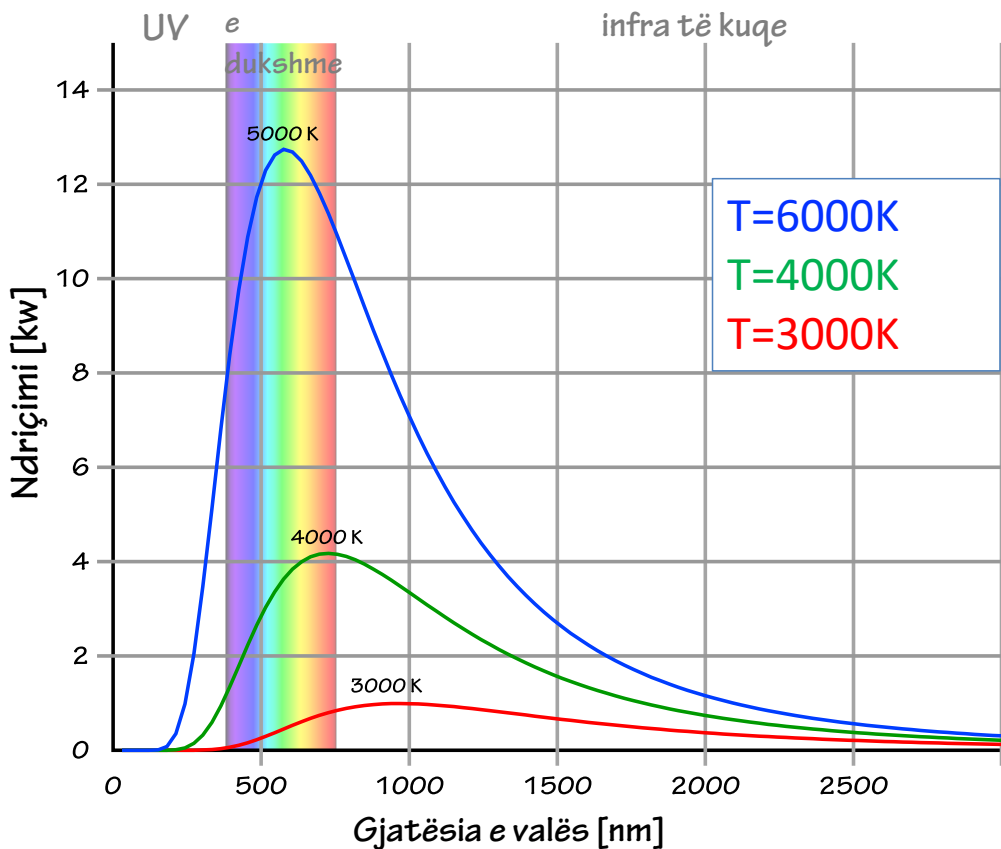


3 000 K
Antares

Çfarë është një yll?

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 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 i ndritshëm është ylli.

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



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 kamera termike, e ndjeshme në infra të kuqe. Ndërsa hunda është më e ftohtë, ajo shfaqet më pak e ndritshme.

Pse yjet shkëlqejnë

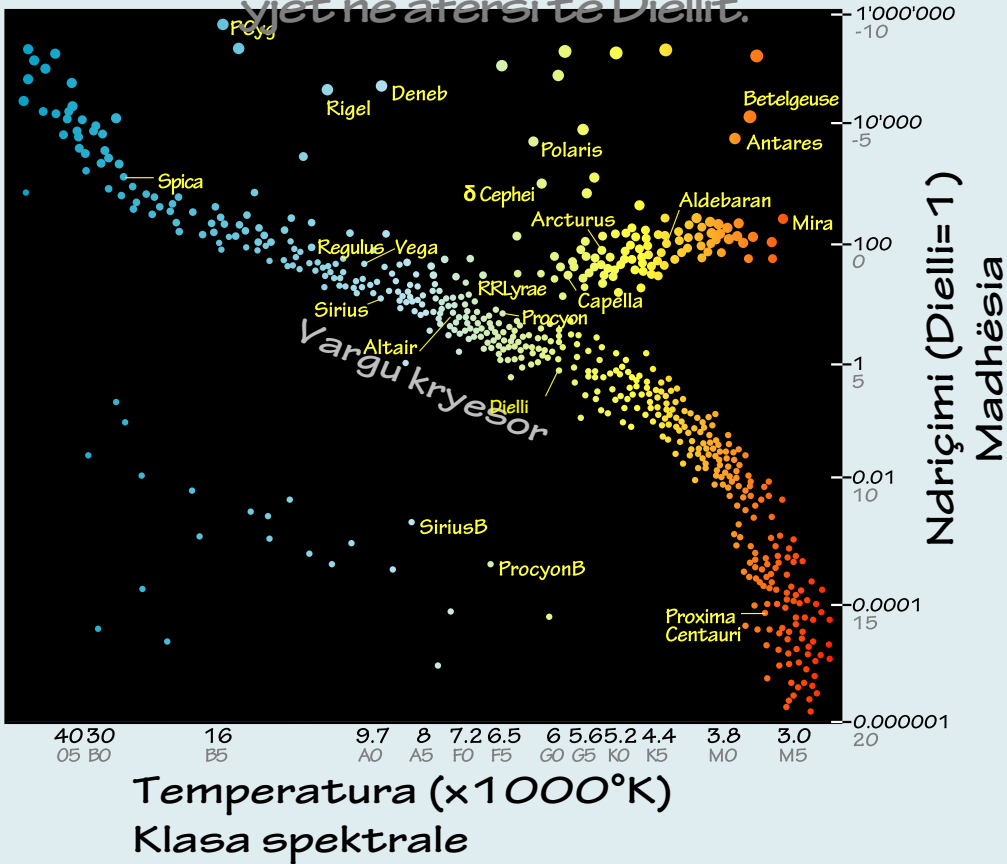
Prej shumë kohësh ne pyesim se çfarë e bën Diellin të shkëlqejë. A digjet qymyr? A i nënshtrohet reaksioneve kimike?

Dielli shkëlqen sepse është një gaz shumë i nxehtë, i cili ndriçon 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.

Qeniet 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 efikase në prodhimin e nxehtësisë.

Diagrama e ndriçimit kundrejt temperaturës për yjet në afërsi të Diellit.



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

Tipi spektral	Temperatura ($^\circ\text{K}$)	% e 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

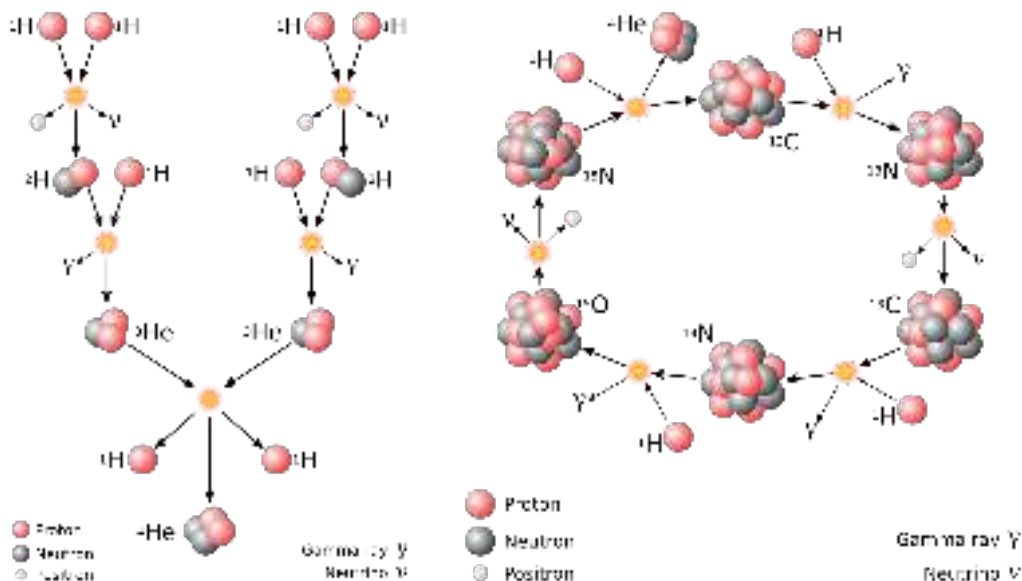
Vargu kryesor

Kur i paraqesim yjet në një diagramë 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 TUIMP 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 0 në 9. Yjet O dhe B janë më të rrallët. Në fakt, këta yje me më shumë se 8 masa diellore përfaqësojnë vetëm 0.18% të të gjithë yjeve.

Dielli është klasa G2.

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

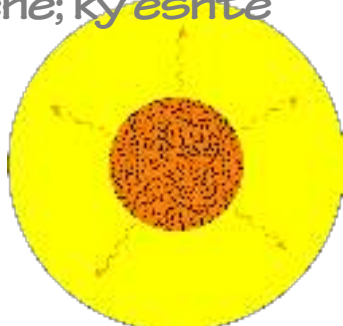


Kur rrezatimi nuk është më një mjet efikas për të transportuar energji, lënda fillon të zhvendoset, si uji që vlon në një enë; ky është konveksioni.



Yll me masë të vogël
(< 1.3 masa diellore)

Yll 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 rrezatuese dhe mbështjellës konvektiv për të parët, bërthamë konvektive dhe mbështjellës rrezatues për të dytët.

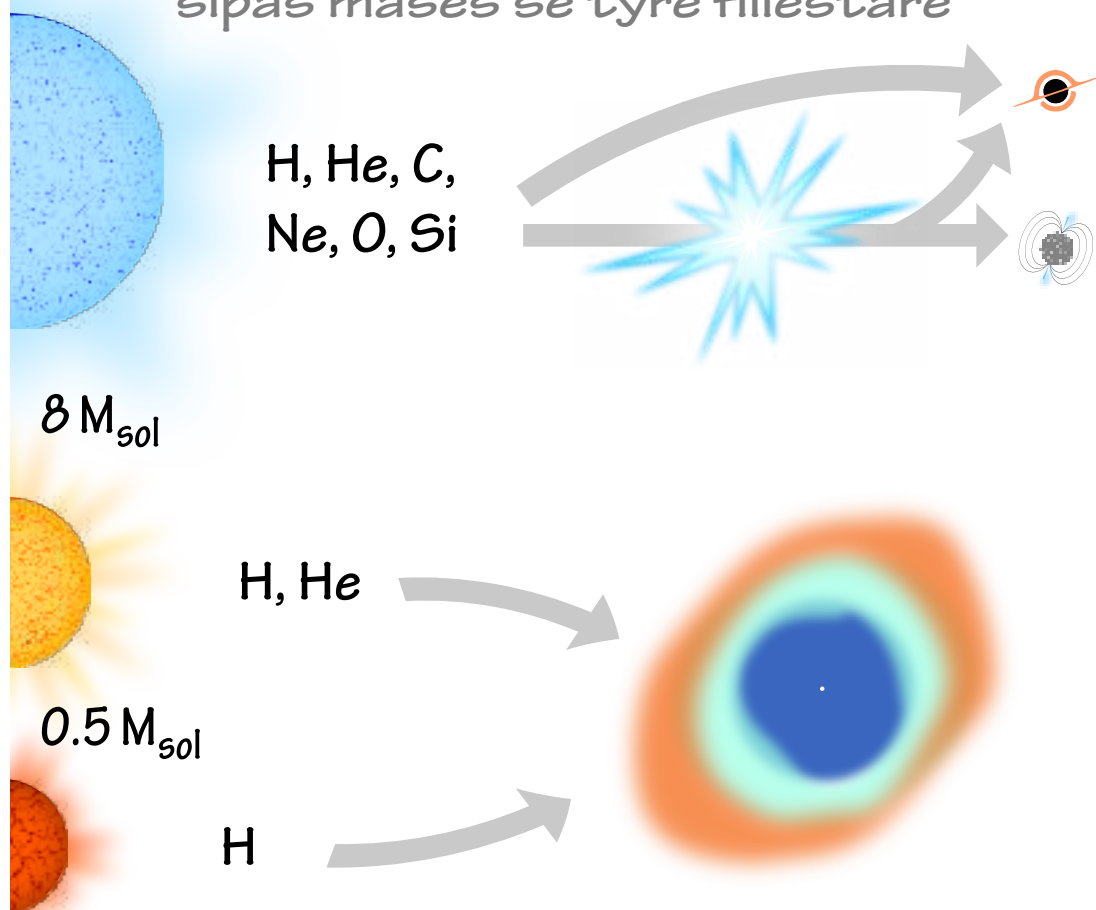
Gjithçka ndodh në bërthamë

Ne vëzhgojmë **sipërfaqen** e yjeve, por gjithçka që përcakton evolucionin e tyre ndodh në **bërthamë**. Ajo nxehet në disa miliona gradë nga tkurrja gravitacionale, që mjaftojnë për të shkaktuar **reaksione bërthamore**.

Këto reaksione e mbajnë yllin në ekuilibër, sepse energjia që prodhojnë krijon shtypjen që i bën ballë gravitetit.

Reaksionet bërthamore që shndërrojnë hidrogjenin në helium (shih **TUIMP 14**) e mbajnë yllin në ekuilibër gjatë 90% të jetës së tij. Yjet me masa të vogla bashkojnë protonet për të formuar helium (**zinxhirët 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.

Grafiku i evolucionit të yjeve sipas masës së tyre fillestare



Yjet më pak masivë djegin vetëm hidrogjen. Ata me një masë midis 0.5 dhe 8 herë masën e Diellit djegin 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 elemente më të rënda, si p.sh. C, Ne, O dhe Si. Ata përfundimisht shpërthejnë në supernova ose shemben direkt në një vrimë të zezë.

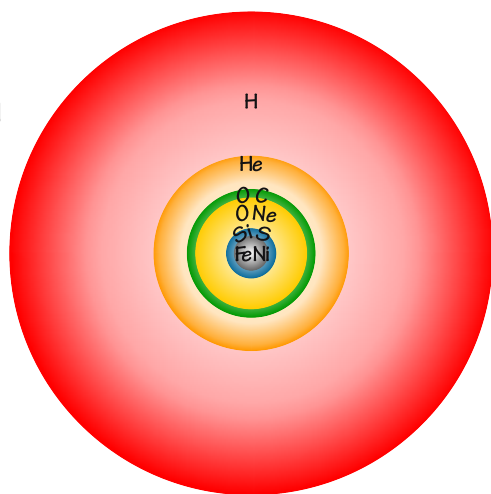
Si evoluojnë yjet

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 **gjigant 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 **TUIMP 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 tkurrjeje. Evolucionit i yjeve masivë përfundon me një shpërthim **supernove** ose shembje të drejtpërdrejtë në një **vrinë të zezë**.

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



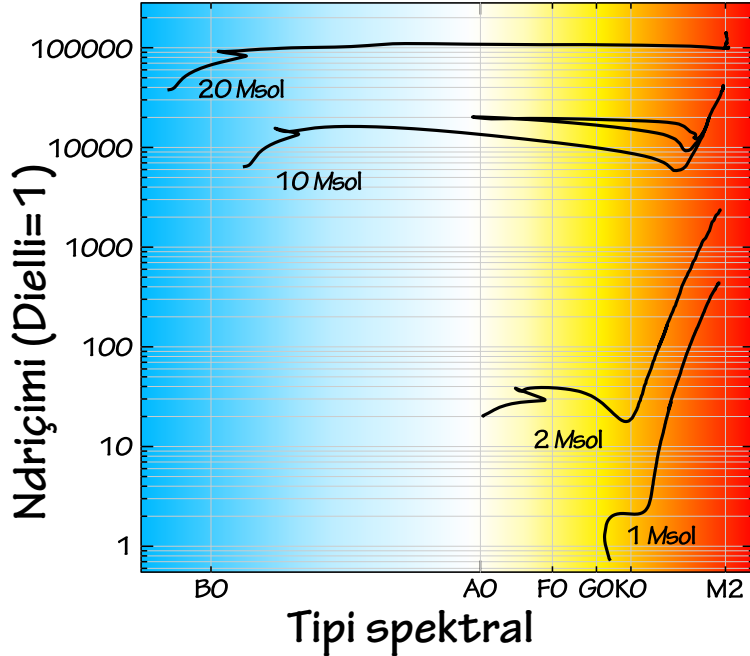
Të gjitha elementet e rënda prodhohen në yje. Kjo tabelë tregon se në çfarë lloji ylli është krijuar elementi (sipas C. Kobayashi 2020)

1 H	Big Bang 										Copëzim 										2 He						
3 Li	4 Be	Supernova dhe yje neutronesh 										Yje masivë 										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	Yje me masë të vogël 										Shpërthimi i xhuxhëve të bardhë 										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	57 -71	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	89 -92																									
			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																					

12

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 **neutrino**, të cilat largojnë energjinë e prodhuar në bërthamë pa e nxehur yllin. Karboni digjet në disa mijëra vjet, ndërsa silici mund ta mbajë yllin vetëm për disa ditë! Disa nga elementet e prodhuara në bërthamat yjore hidhen në mjedisin ndëryjor nga mjegullnajat planetare ose supernovat. Të tjerët mbeten përgjithmonë të burgosur në xhuxhët e bardhë, yjet neutronike ose vrimat e zeza dhe nuk marrin pjesë në evolucionin kimik të Universit.



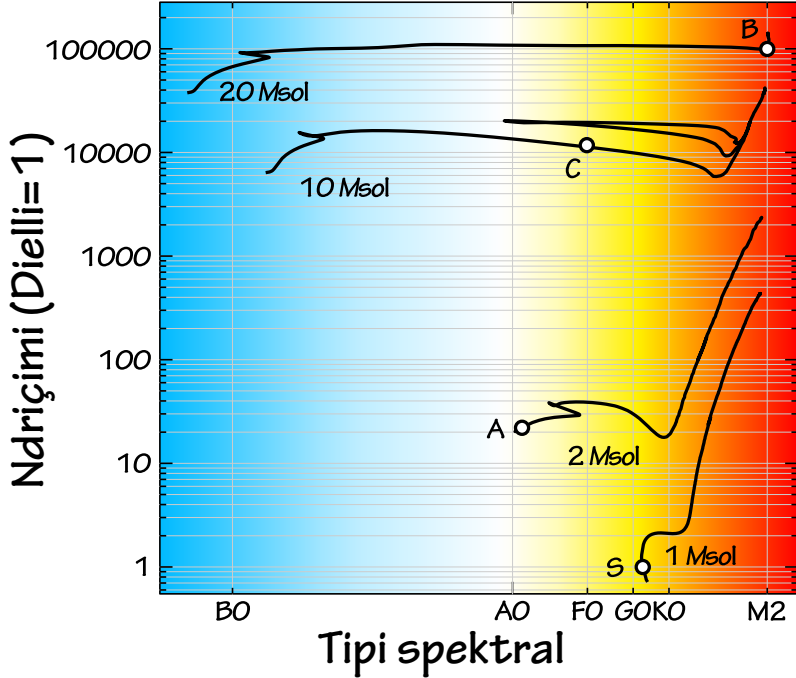
Kuiz

Kjo diagramë tregon evolucionin e yjeve me 1, 2, 10 dhe 20 masa diellore.

Vendosni yjet e mëposhtëm në të:

	Ndriçimi	Tipi spektral
Dielli	1	G2
Sirius A	25	A1
Canopus	13600	F0
Betelgeuse	105000	M2

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



Përgjigjet

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

Përgjigjet e pyetjeve:

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

Universi në xhepin tim Nr. 29

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

Imazhi i kopertinës: Një vështtrim brenda Diellit. Bërthama e mbinxehur prodhon energji përmes reaksioneve bërthamore. Mbështjellësja përzihet nga konveksioni si uji në një tenxhere. Të gjitha imazhet në këtë minilibër janë krijuar nga Sylvia Ekström, përveç zinxhirëve të reaksionit në faqen 8 (Wikimedia Commons) dhe fotos së maces (<https://www.f777/>).



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

Përkthimi: Mimoza Hafizi

TUIMP Creative Commons

