

Херцшпрунг-Раселов дијаграм

Лука Марковић

Математички факултет Универзитета у Београду

Септембар 2025.

1 Класификација звезда према површинској температури

2 Луминозност, привидни и апсолутни сјај звезде

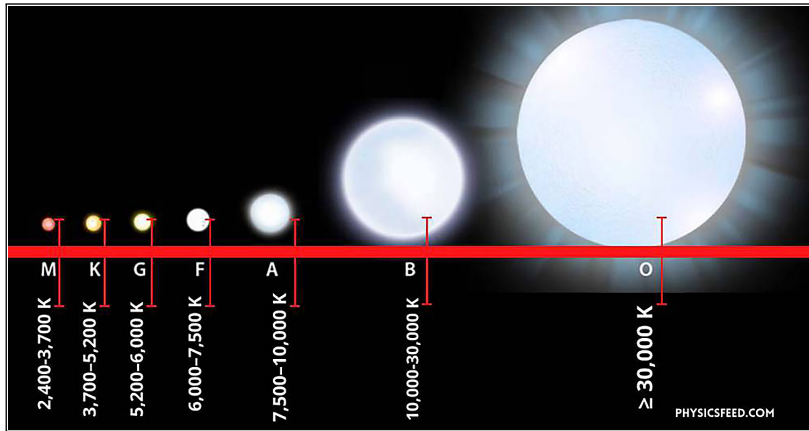
Какве све звезде постоје?

- Не постоје две идентичне звезде.
- Звезде се разликују по маси, величини, површинској температури, боји, сјају и количини енергије коју емитују у јединици времена.
- Да ли је свака комбинација ових параметара могућа?
- Нека ограничења сигурно постоје: не постоје зелене или љубичасте звезде.
- Везе између наведених величина морају бити ”апсолутне”, независне од места посматрача.
- Нека својства звезда могуће је лако утврдити: типичан пример је боја звезде.
- Нека друга својства је много теже измерити.
- Тако, на пример, количина енергије коју звезда емитује зависи од њене величине и апсолутног сјаја.
- Са Земље, међутим, лако можемо да утврдимо само привидни сјај звезде.
- Привидни сјај звезде зависи од апсолутног сјаја али и од растојања на коме се звезда налази.

Класе звезда

- Све звезде деле се на класе према тзв. Морган-Кинановом систему разрађеном на Харварду почетком XX века.
- Класа се одређује мерењем ширине карактеристичних Фраунхоферових линија водоника, хелијума, калцијума и титанијум-оксида у апсорпционом спектру звезде.
- Што је звезда топлија, ширина Фраунхоферових линија је већа.
- Прво су дефинисане класе **O**, **B**, **A**, **F**, **G**, **K** и **M**.
- Површинска температура звезде опада од класе **O** (најтоплије звезде) до **M** (најхладније).
- Свака класа има десет поткласа (0-9) у зависности од температуре. Сунце се налази у класи **G2**.
- Касније су додате класе **D** (бели патуљци), **L** и **T** (смеђи патуљци), **S** и **C** (угљеничне звезде).
- Овај систем користи се и даље али постоје и други, прецизнији, квантитативни системи.

Графички приказ звезданих класа



Главне спектралне класе са одговарајућим температурама, апроксимативним бојама и релативним величинама звезде

Индекс температуре звезде $B - V$

- $B - V$ индекс одређује се посматрањем сјаја звезде кроз два филтера.
- B -индекс одређује се посматрањем сјаја звезде кроз UB -филтер осетљив на ултраљубичасту и плаву боју.
- V -индекс одређује се посматрањем сјаја звезде кроз VB -филтер осетљив на већи део видљивог спектра (плаву, жуту и зелену боју).
- $B - V$ индекс представља разлику ова два индекса. Систем је тако баждарен да звезда Вега има $B - V$ индекс једнак нули.
- Мање вредности индекса одговарају топлијим звездама, веће вредности - хладнијим.
- $B - V$ индекс за Сунце износи 0,656, а за плавичасти Ригел -0,03.
- Из овог индекса може се директно израчунати температура површине звезде:

$$T = 4600\text{K} \cdot \left[\frac{1}{0,92(B - V) + 1,7} + \frac{1}{0,92(B - V) + 0,62} \right]$$

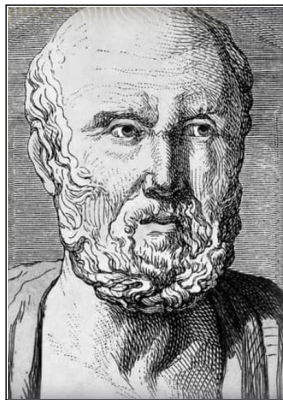
Детаљи спектралне класификације

- Класа звезде, њена температура и индекс боје су три еквивалентне величине.

Класа	Температура (К)	Боја	Маса (M_{\odot})	Водоничне линије спектра	Друге линије спектра	Проценат звезда
O	> 33.000	плава	> 16	слабе	вишеструко јонизовани атоми	0,0003%
B	10.000 - 33.000	плава/бела	2,1 - 16	средње	неутрални хелијум	0,1%
A	7.500 - 10.000	бела/плава	1,4 - 2,1	јаке	јонизовани калцијум, неутрални хелијум	0,6%
F	6.000 - 7.500	бела	1,0 - 1,4	средње	јонизовани калцијум, метали	3%
G	5.200 - 6.000	жута	0,8 - 1,0	слабе	јаке линије метала	7,5%
K	3.700 - 5.200	жута/оранж	0,45 - 0,8	врло слабе	неутрални калцијум, титан-оксид	12%
M	< 3.700	оранж/црвена	< 0,45	врло слабе	јаке линије калцијума и титан-оксида, неутрални метали	76%

1 Класификација звезда према површинској температури

2 Луминозност, привидни и апсолутни сјај звезде



Хипарх, један од највећих античких астронома

- Довољан је један поглед на ноћно небо па да утврдимо да звезде сјаје различитим интензитетом.
- Хипарх је 135. године п.н.е направио каталог са 850 звезда у коме је свакој звезди доделио број од 1 до 6, у зависности од сјаја (магнитуде).
- Најсјајније звезде имале су ознаку 1 док су оне једва видљиве имале ознаку 6.
- Развој телескопа и фотометрије омогућио је да се сјај звезда објективно измери.
- У исто време утврђено је да људско око детектује промене у интензитету светлости по логартиамској скали.
- Такође је утврђено да звезде са ознаком 1 имају 100 пута мањи сјај од звезде са ознаком 6.

Савремена скала звезданих магнитуда

- Хипархов систем, уз незнатне измене, користи се и данас!
- Суштински, користи се чињеница да, према Хипарховој логаритамској скали, разлика у магнитуди величине 5 одговара 100 пута јачем или слабијем интензитету светлости.
- То значи да је звезда која има магнитуду за један број мању од друге сјајнија од ње $\sqrt[5]{100} \approx 2,5$ пута.
- Хипархов у међувремену је рекалибрисан:
 - Звезда Вега има магнитуду 0.
 - Задржано је старо емпиријско правило да 100 пута сјајнија (тамнија) звезда има магнитуду мању (већу) за 5.
- С обзиром да на небу постоје објекти сјајнији од Веге (Сунце, Месец, Венера, Сиријус...), њихова магнитуда је негативна!
- Овако измерене магнитуде називају се **привидним** јер зависе од растојања посматраног објекта од нас.

Сјај неких небеских тела

- Сунце: -26,5
- Пун Месец: -12,5
- Венера: -4,3
- Марс и Јупитер: -3
- Меркур: -2
- Сиријус: -1,44
- Вега, Сатурн: 0
- Антарес: 1
- Северњача: 2
- Уран: 5
- Лимит голог ока: 6,5
- Церес: 7
- Нептун: 8
- Лимит двогледа: 10
- Проксима кентаури: 11,1
- Плутон: 14
- Лимит телескопа (8m): 28
- Лимит телескопа "Хабл": 32