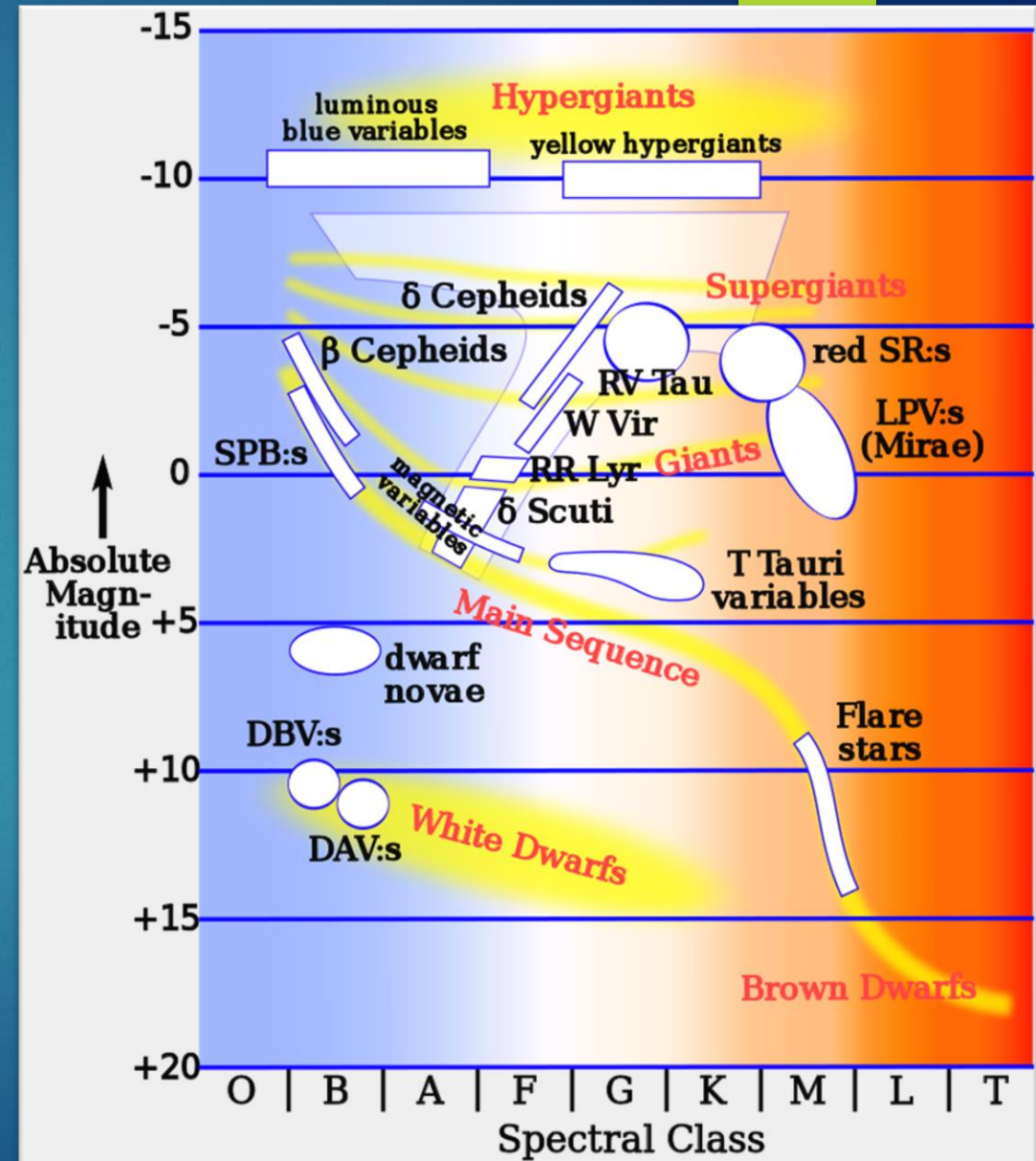


Promenljive zvezde.

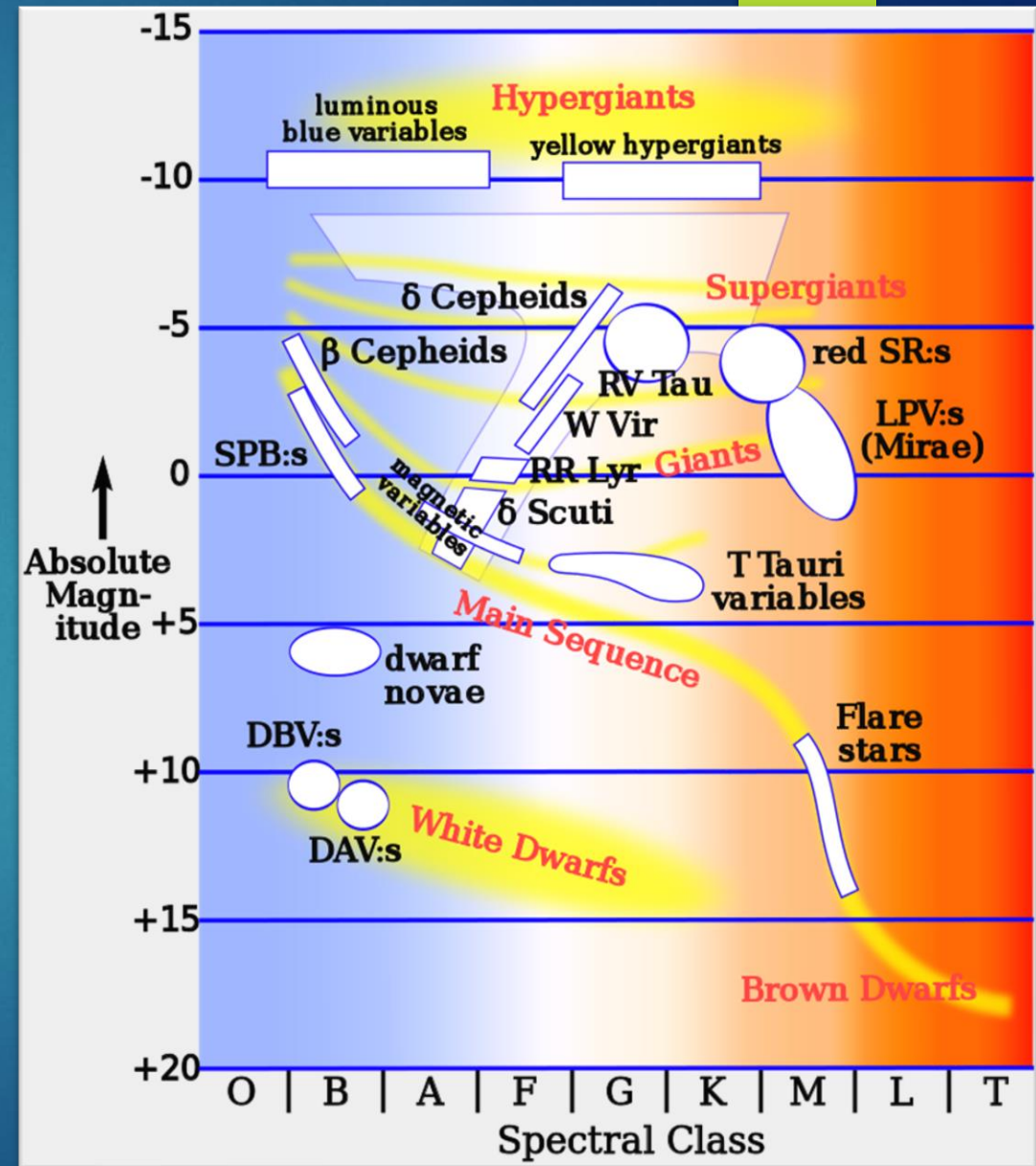
Promenljive zvezde

- ▶ Sjaj, efektivna temperatura, radijus i drugi parametri menjaju u toku vremena
 - ▶ Promene su posledica fizičkih procesa koji se dešavaju u nekoj fazi evolucije
- ▶ Nestabilnosti - u površinskim slojevima zvezde, ne utiču na strukturu njene unutrašnjosti
- ▶ Oko 1% svih zvezda spada u promenljive
- ▶ Znatno manje od stabilnih (stacionarnih) zvezda → kao nestabilne provode mnogo kraći deo svog života.



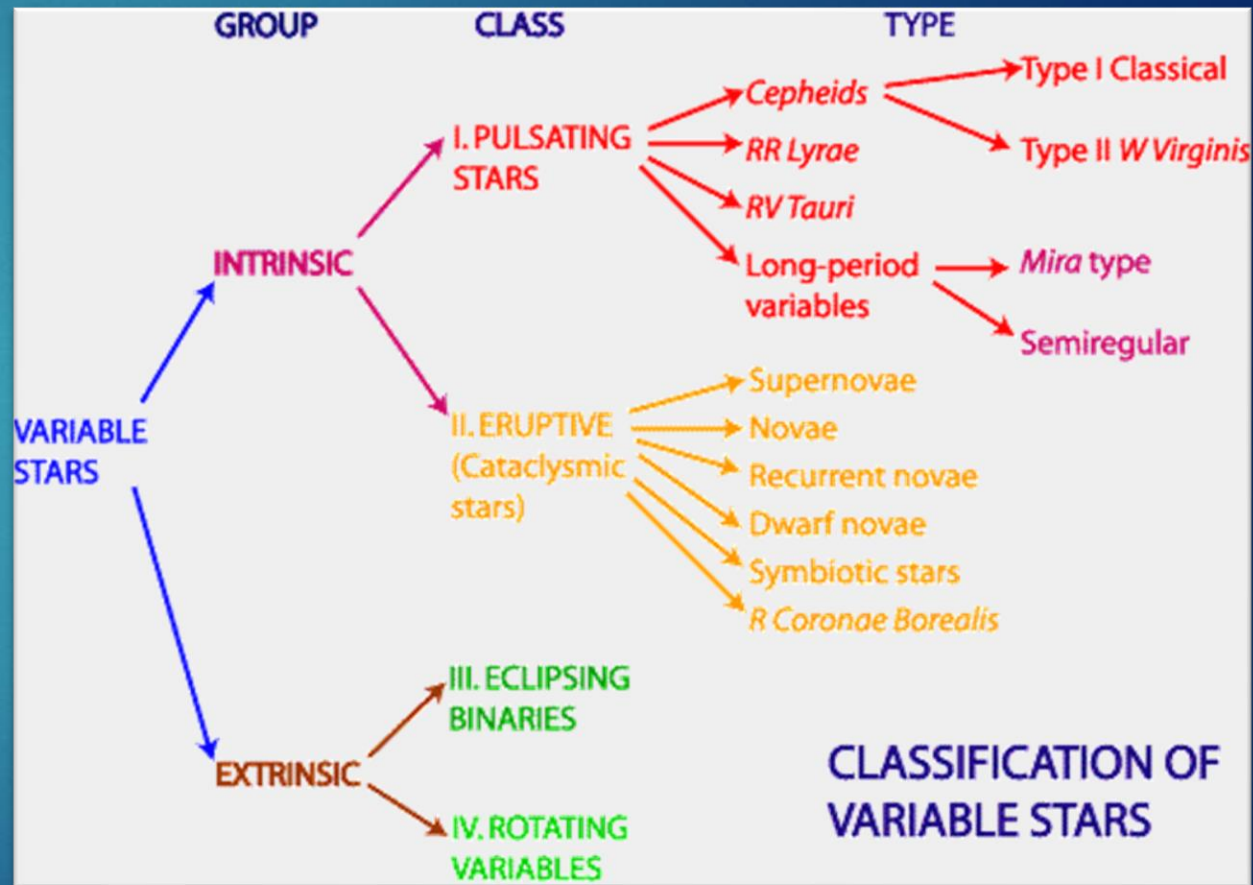
Promenljive zvezde

- ▶ Ne nalaze se na glavnom nizu HR dijagrama (osim onih gde su promene male)
- ▶ Sve zvezde menjaju svoj sjaj, ali se kod promenljivih zvezda promene mogu pouzdano meriti, pri čemu promene nastaju kao posledice procesa u zvezdanoj atmosferi ili unutrašnjosti (eklipsne zvezde nisu promenljive u tom smislu)
- ▶ Podela na stacionarne i promenljive zvezde je relativna (uslovna).



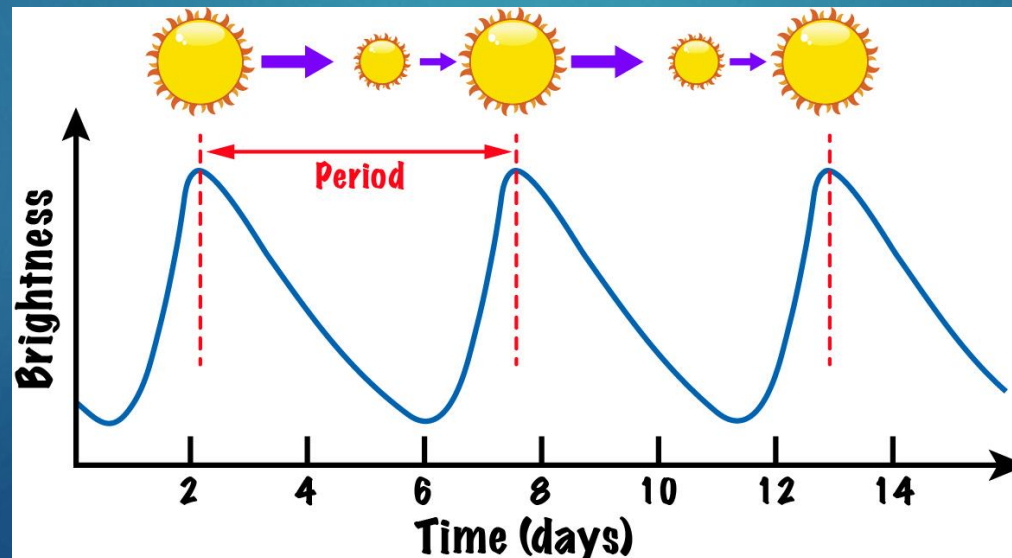
Podela

- ▶ Prema uzroku i načinu promene sjaja, kao i prema obliku krive promene sjaja sa vremenom, promenljive zvezde dele se na:
 - ▶ Pulsirajuće promenljive
 - ▶ Katakližmične promenljive
- ▶ Zvezde promenljivog sjaja, prema nekim autorima, dele se na pravilno (sa prepoznatljivim periodom), polupravilno i nepravilno promenljive.



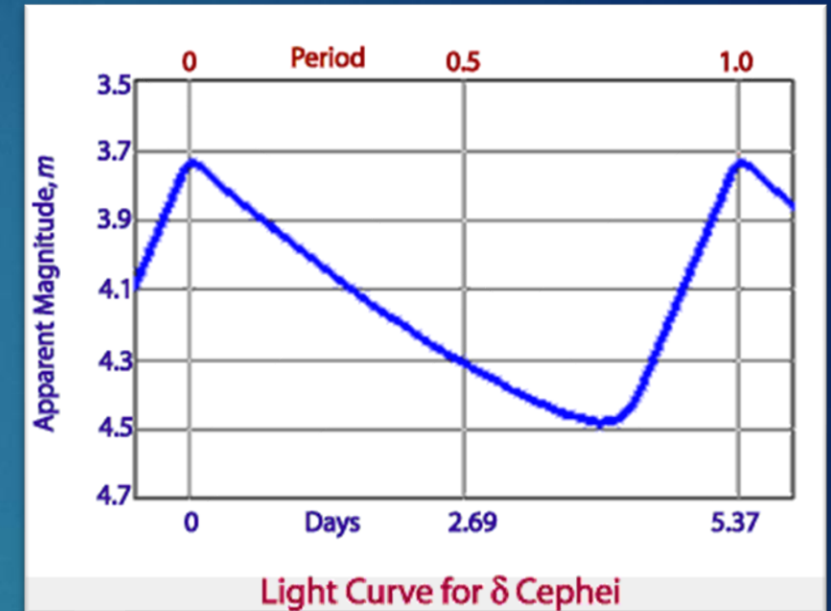
Pulsirajuće promenljive zvezde

- ▶ Imaju, manje-više, pravilne periode promene sjaja (to se može videti na osnovu periodičnog pomeranja linija u njihovom spektru).
- ▶ Najčešće izazvano pravilnim pulsiranjem površinskih slojeva zvezda (atmosfera).
- ▶ Dele se na nekoliko grupa: cefeide, RR Lyrae, RV Tauri, miride.



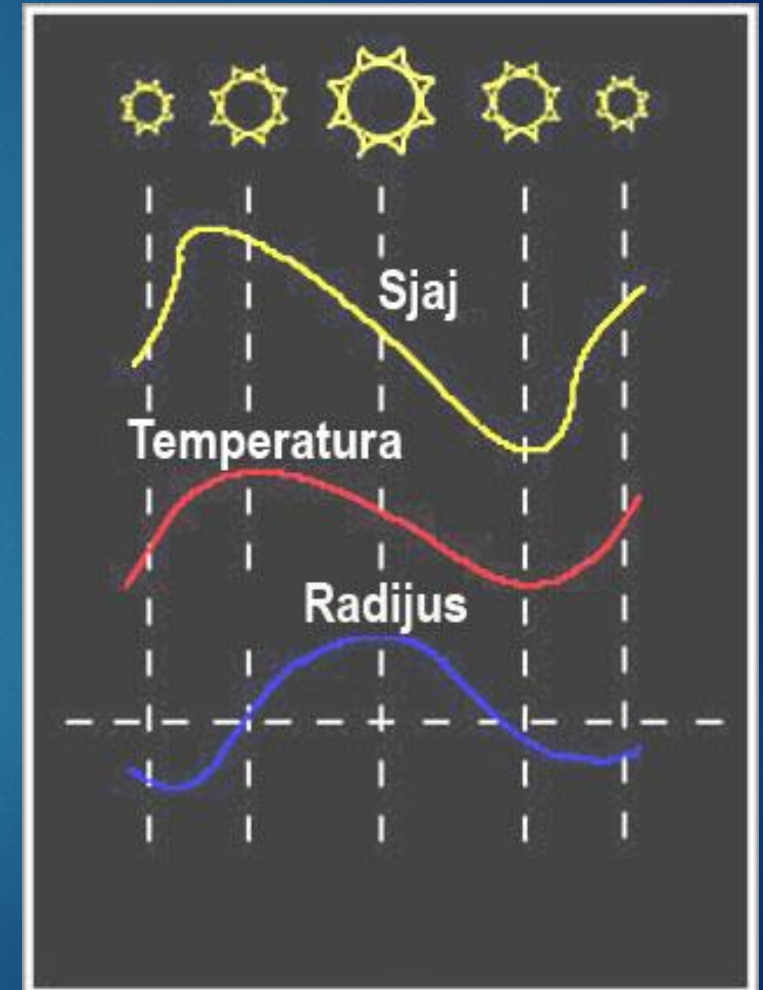
Cefeide

- ▶ Ime: Delta Cephei (J. Goodricke, 1784)
 - ▶ Prva pulsirajuća zvezda (XVIII vek)
 - ▶ Period je oko 5 dana
- ▶ Period cefeida je od 1 do 50 dana
 - ▶ sjaj - od 0,5 do 2 mag
- ▶ Pripadaju džinovima i superdžinovima
 - ▶ Spektralne klase F i G
 - ▶ Visok sjaja → mogu da se posmatraju i u drugim galaksijama
- ▶ Tokom pulsiranja njihov prečnik se menja oko 10%, a temperatura površine za oko 1000 K.



Cefeide

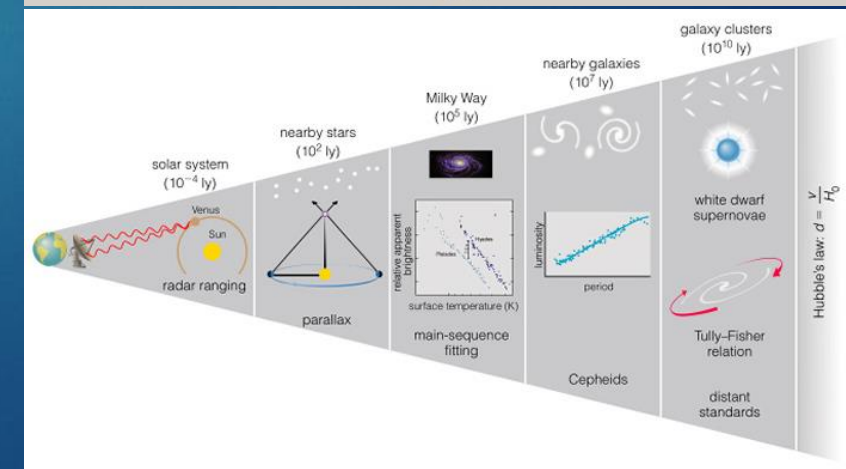
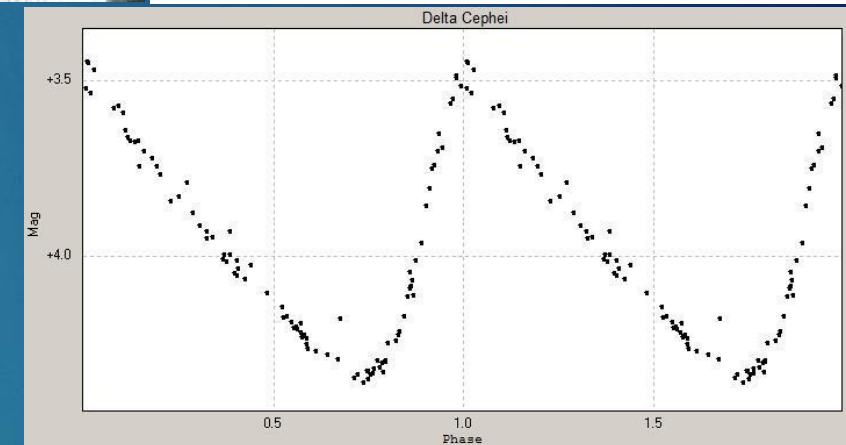
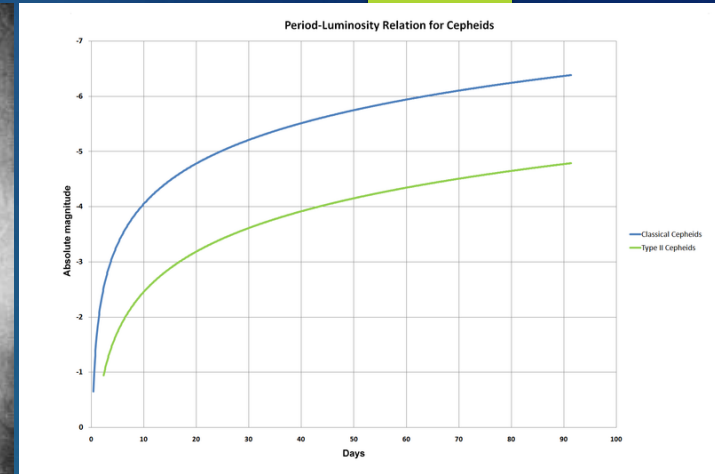
- ▶ Podela:
 - ▶ cefeide **prve** populacije (klasične ili delta-cefeide)
 - ▶ cefeide **druge** populacije (cefeide loptastih jata)
- ▶ Cefeide istog perioda P promene sjaja imaju slične fizičke karakteristike
- ▶ Period P - meri iz krive sjaja, određuju druge karakteristike
$$P\rho^{1/2} = C$$
- ▶ gde je ρ srednja gustine zvezde, C konstanta.
- ▶ **Beta cefeide** su visokotemperaturne promenljive zvezde sa kratkim periodom (3-7 sati) i malim promenama sjaja
- ▶ **Patuljaste cefeide** imaju kratke periode i male, često neujednačene promene sjaja.



Standardne „sveće“

▶ Henrietta Leavitt (1908-1912)

- ▶ 1777 promenljivih zvezda u Magelanovom oblaku, otkrila pravilnost
- ▶ Levitin zakon (klasične Cefeide, 5-10 solarnih masa)
 - ▶ Veza između luminoznosti i perioda
 - ▶ Duži period → veća luminoznost
 - ▶ Brzina zavisi od mase;
 - ▶ He^{2+} manje propušta zračenje od He^{1+}
 - ▶ Manje fotona napušta jezgro, više se zagreva
 - ▶ Ali – veći pritisak “gura” slojeve dalje od jezgra, hlade se
 - ▶ Veća temperatura → veća jonizacija
 - ▶ Hlađenje – ponovo više He^{1+}



Standardne „sveće“

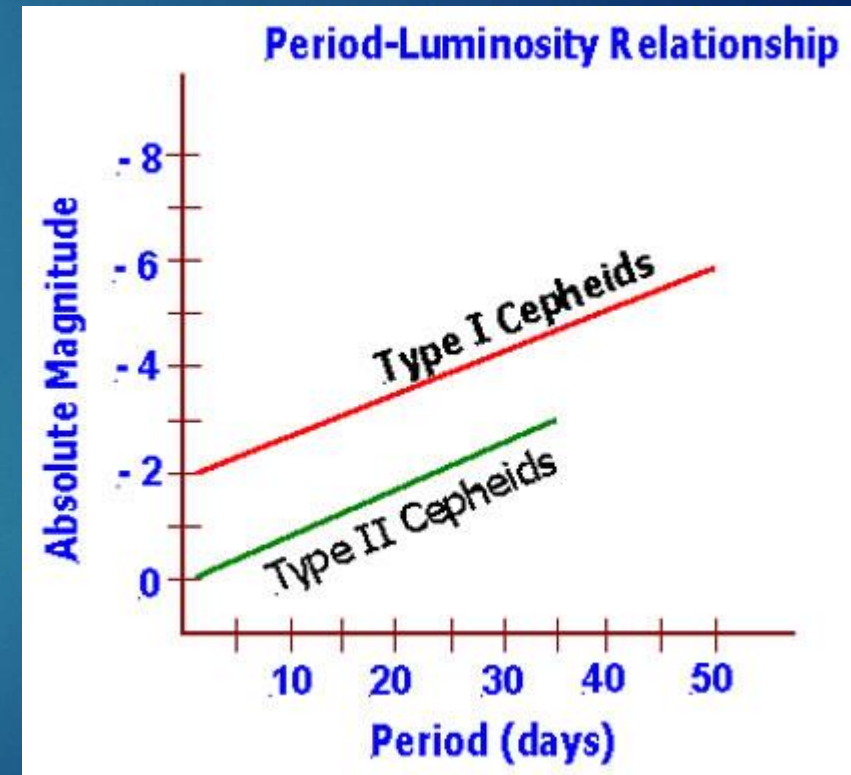
- ▶ Šepeli (1918) - ustanovio vezu između srednje apsolutne zvezdane veličine M i perioda promene sjaja:

$$M = a + b \log P$$

- ▶ gde su a i b konstante.
- ▶ S druge strane, veza između M , udaljenosti zvezde r i prividne zvezdane veličine m je:

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

- ▶ Omogućava da se kod cefeida merenjem perioda promene sjaja određuju udaljenosti vrlo dalekih zvezdanih sistema u kojima su ove zvezde uočene.



Pulsirajuće promjenljive

▶ **RR Lyrae**

- ▶ vrlo brojna klasa pulsirajućih zvezda,
- ▶ period promene sjaja od nekoliko sati do jednog dana,
- ▶ Amplituda do 1 mag,
- ▶ Džinovi spektralne klase A, sa srednjom magnitudom oko +0.5,
- ▶ Najčešće u globularnim jatima.

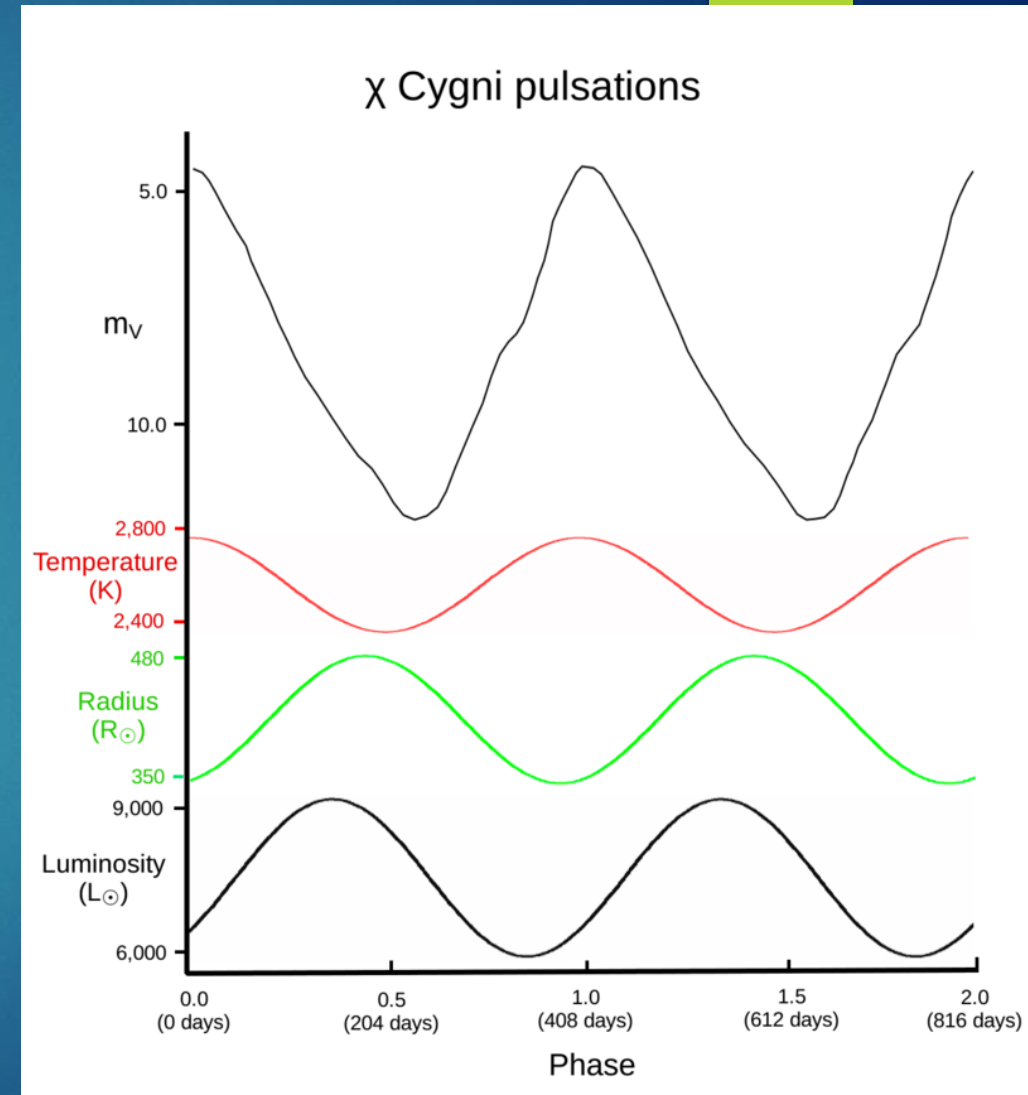
▶ **RV Tauri**

- ▶ malobrojne polupravilne pulsirajuće zvezde visokog sjaja.

Pulsirajuće promenljive

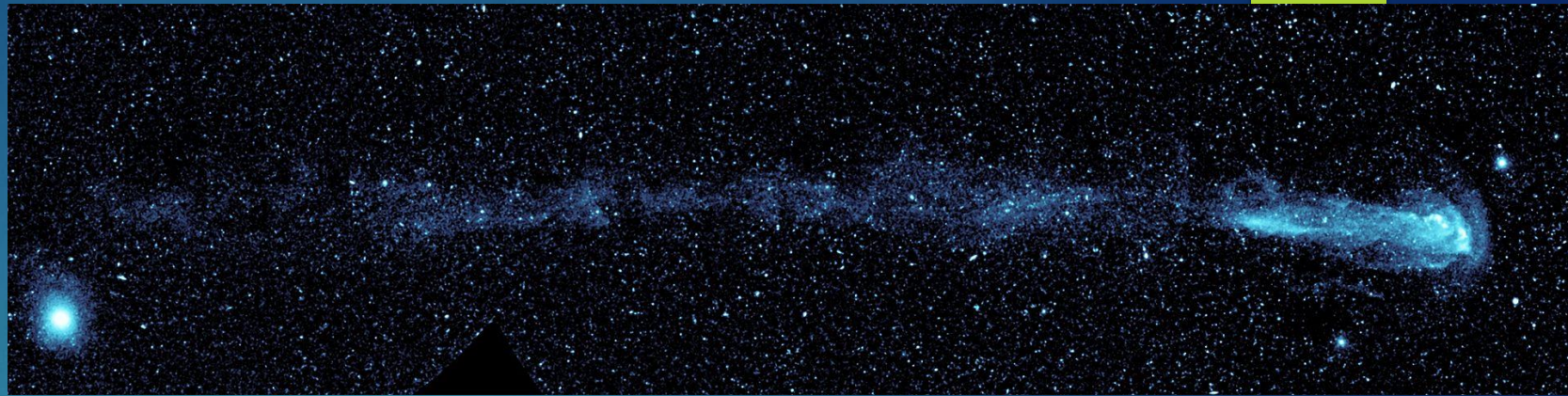
▶ Miride

- ▶ dugoperiodični crveni džinovi i superdžinovi.
- ▶ Period promene sjaja 80 -1000 dana
- ▶ Amplituda promene je od 2 – 10 mag
- ▶ Prototip je Mira Ceti, koja je zbog promene sjaja uočena još 1596. god.
- ▶ Povremeno je nestajala sa neba, da bi se ponovo videla.
- ▶ Naziv Mira Ceti - **čudnovata zvezda** iz sazvežđa Kit (Cetus).
- ▶ Promene sjaja mirida nisu tako pravilne kao kod cefeida.

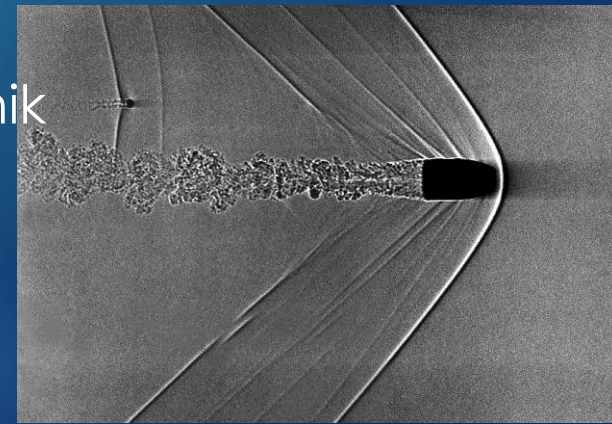


χ Cygni – tipičan predstavnik

Mira (o Ceti)



- ▶ Kometa? ☺
- ▶ Snimljeno teleskopom GALEX (Galaxy Evolution Explorer), 2007. god
- ▶ Više od 400 god. privlači pažnju, ali niko nije pretpostavio da ima „rep“!
- ▶ Na rastojanju od 200 – 400 ly od Sunca
- ▶ Brzina kroz međuzvezdani prostor: 130 km/s
- ▶ Brzina, crveni džin, izbačeni materijal... → oko 13 ly dugačak rep!
- ▶ Nastajao oko 30000 godina
- ▶ Desno, ispred zvezde – udarni talas
- ▶ Rep – bogat teškim elementima, kao što su helijum, kiseonik, ugljenik
- ▶ Oko zvezde → planetarna maglina, „uskoro“ od udarnog talasa



Mira (o Ceti)

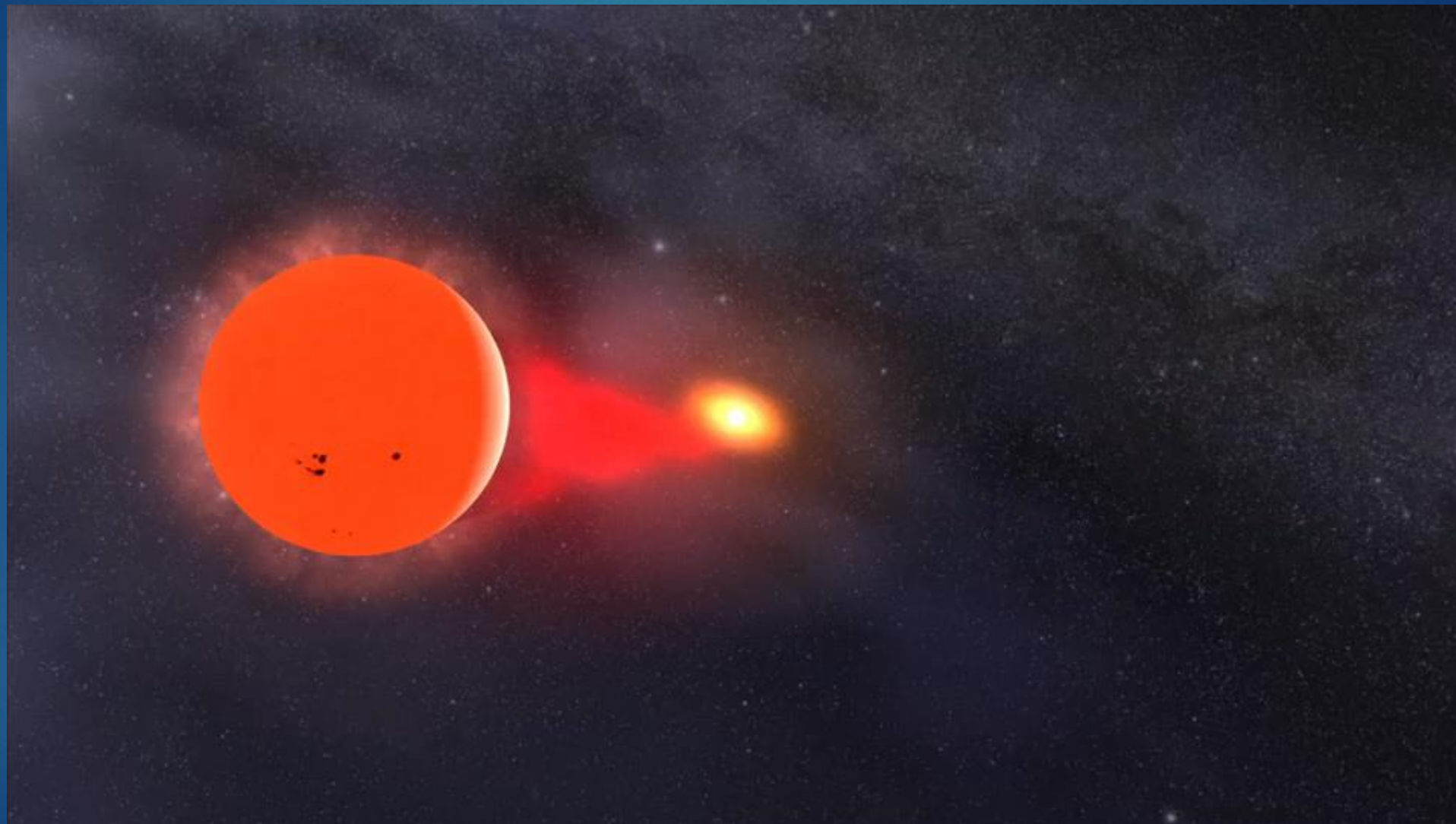


https://www.nasa.gov/mission_pages/galex/20070815/v.html

Katakliizmične promenljive

- ▶ Eruptivne promenljive sa iznenadnim, nepredvidivim bleskom, koji se javlja zbog erupcije ili eksplozije
- ▶ Prema nomenklaturi koja je usvojena 1993. g. u ove zvezde spadaju
 - ▶ Nove
 - ▶ Supernove.

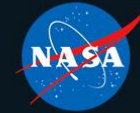
Nove



Supernove

A GUIDE TO SUPERNOVAE FOUR WAYS THAT STARS EXPLODE

National Aeronautics and
Space Administration

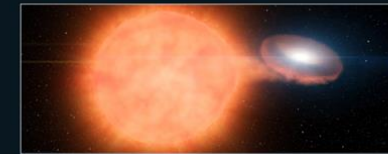


White Dwarf Blow-Up: Type Ia

A type of Ia supernova happens when a white dwarf explodes. A white dwarf is an extremely dense remnant of a star that can no longer burn nuclear fuel at its core, which our Sun will turn into one day (although the Sun itself will not explode). In one type Ia supernova scenario, the white dwarf's gravity steals material away from a nearby stellar companion. When the white dwarf gets to be about 1.4 times the current mass of the Sun, it can no longer sustain its own weight, and blows up.

Alternatively, type Ia supernovae can happen when two white dwarfs merge.

Type Ia supernovae are special because the intrinsic brightness of each one is almost the same. They have been important in measuring how fast the universe is expanding.



Core Collapse: Type Ib, Ic, II

To end its life in a "core collapse" explosion, a star must be gigantic - more than eight times the mass of our Sun. As molecules fuse inside the star, eventually the star can't support its own weight anymore - gravity makes the star collapse on itself. A shock wave blasts outward from the core, and material from the star gets thrown out. This is how a lot of the heavy elements in the universe are created. Core collapse supernovae are called type Ib, Ic, or II depending on the chemical elements present.



FELT

A non-standard supernova that doesn't fit into the type I or II categories is called a Fast-Evolving Luminous Transient. In this case, a giant star "burps" out a shell of gas and dust about a year before exploding. Most of the energy from the supernova turns into light when it hits the previously ejected material, resulting in a short bursts of radiation. Scientists observe this brightening only over a few days, which is just 10 percent of a usual supernova.



www.nasa.gov

Supernove

STAR EXPLOSIONS!
4 DIFFERENT SUPERNOVAS
VISUALIZED BY NASA

SPACE.com