**Stars**

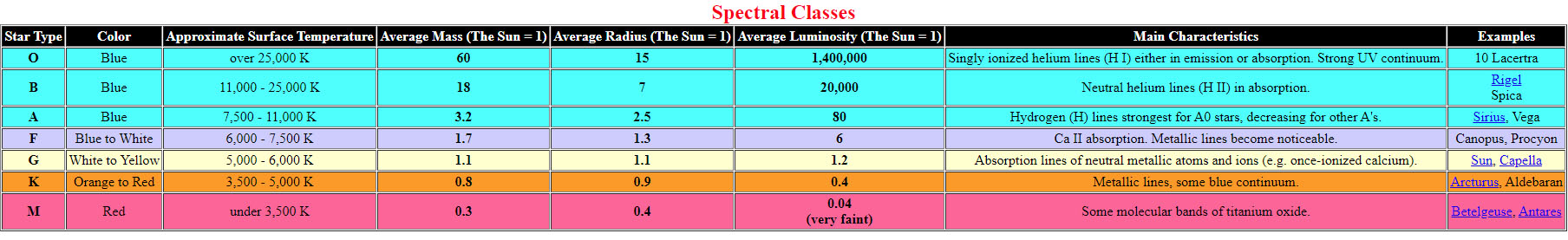
Obsah

# Stellar classification

## Morgan-Keenan (MK) system

- char. dle teploty: O hottest/ M colest





# The Lives of Stars - Professor Carolin Crawford

- věci jsou dost jednoduchý, ale je lepší asi i checknou vid.

- **obecně**: - protože slunce je fairly průměrná hv., váží se vlastnosti hvězd (mimo ***teplotu***, kt. dostatečně vyjadřuje K) na slunce: ***Solar luminosity***(L☉) – l. slunce je 3.828× [W](https://en.wikipedia.org/wiki/Watt), ***Solar mass*** (M☉) - 2×[kg](https://en.wikipedia.org/wiki/Kilogram), **Solar radius** ([R☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radius)) -  6.957 x . km.

- hv. a její luminosita je vázaná na teplotu, barvu, hmotnost a velikost.

- **větší lum.** → hv. je teplejší (12 tis. K; slunce – 6K), modřejší, těžší (60x) a menší → hv. žije ***kratší dobu*** (↓ 2. 3.): od 10 ml. let přes Slunce s 10 mld let po 100 mld. let hv. giganti.

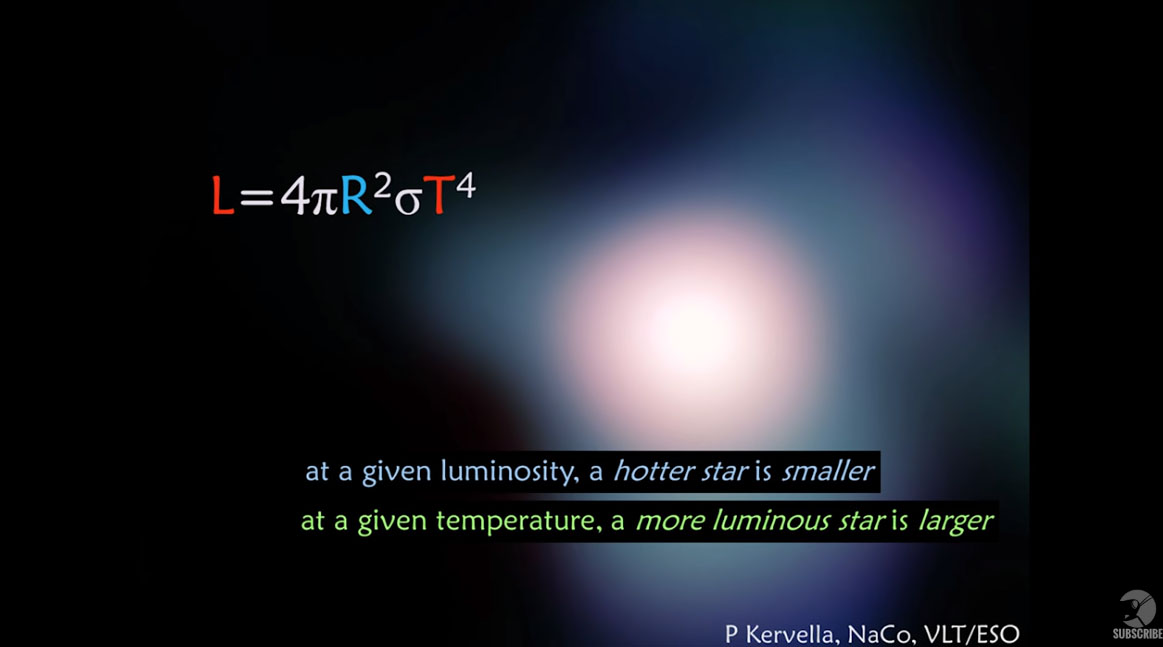
vice versa **menší lum**. → hv. je chladnější (2,5 tis. K), červenější, lehčí (10x) a větší (1400x) → hv. žije delší dobu.

## Solar luminosity  a barva vs. velikost(mass)/ teplota, vzdálenost a věk

**Barvu hvězdy** nelze u. pouhým okem – sv. sg. je na to příliš slabý a je třeba digitalní pics.

Luminositu hvězd vyjadřuje jednotka **Solar luminosity** (L☉) – L. slunce definovaná [International Astronomical Union](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Astronomical_Union) je 3.828× [W](https://en.wikipedia.org/wiki/Watt).

- samotnou luminositu hv. u. vztah: velikosti(hmotnosti) hvězdy, její teploty (barvy) a vzdálenosti.

L= Luminosity:

4πR2 = obsah koule

T = teplota

Tedy z rovnice je jasný, že s vyšší **teplotou klesa rozměr**.

---

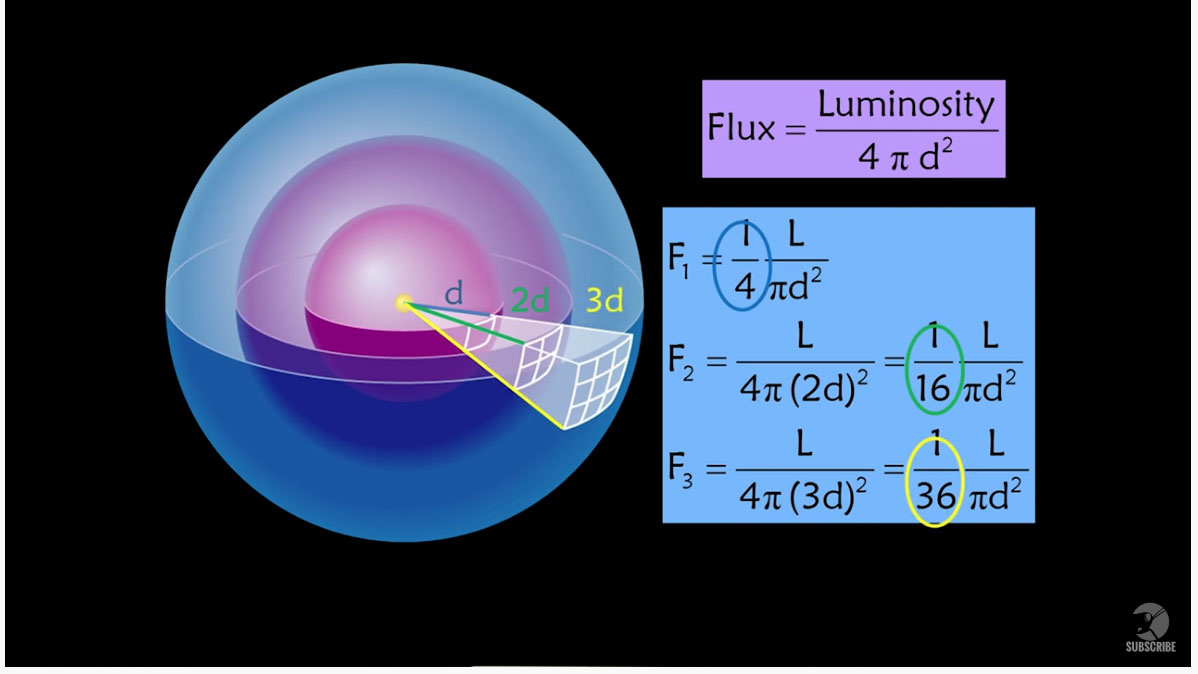
-----

**Black-body radiation**

- BBR je tepelné záření (*thermal radion*)[[1]](#footnote-1) – forma elektro-magnetického záření – s teplotou svého povrchu v termálním ekvilibriu se svým prostředím.

### Solar luminosity a vzdálenost

2x větší vzdálenost, 2x menší světelnost (↓):



- **Magnituda** - **mag**(m) neboli ***Hvězdná velikost*** (zdánlivá magnituda, zdánlivá hvězdná velikost, zdánlivá jasnost).

- vychází z 6-ti tříd jasnosti hvězd stanovené **Hypparchem** ( -2 st.): nejjasnější 1. mag/ nejslabší 6. mag. [1854](https://cs.wikipedia.org/wiki/1854) je [**Norman Robert Pogson**](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Norman_Robert_Pogson&action=edit&redlink=1) dle z [***Weber-Fechnerova psychofyzikálního zákona***](https://cs.wikipedia.org/wiki/Weber%C5%AFv%E2%80%93Fechner%C5%AFv_z%C3%A1kon) (kt. známe z FM v hudbě, že?) upřesnil v logaritmickou škálu, kde 1 jednotka je rozdíl páté odmocniny ze sta, neboli 2,512 – tzv. **Pogson's Ratio**) → rozdíl 5 mag (1 – 6) je 1: 100. Mag 6 (6,5) je na hraně viditelnosti.

- původně měla mít jas 2 polárka, pak se ale zjistilo, že Polárka je variabilní a jako konst. se udávala Vega s jasností 0 (poté se sice zjistili, že Vega má silně infra-č zř, ale … )

1: 1

2: 2, 5119

3: 6,3

4: 15, 8

5: 39, 8

6: 100

Luminosita je trochu komplikovaná barvou a vzdáleností.

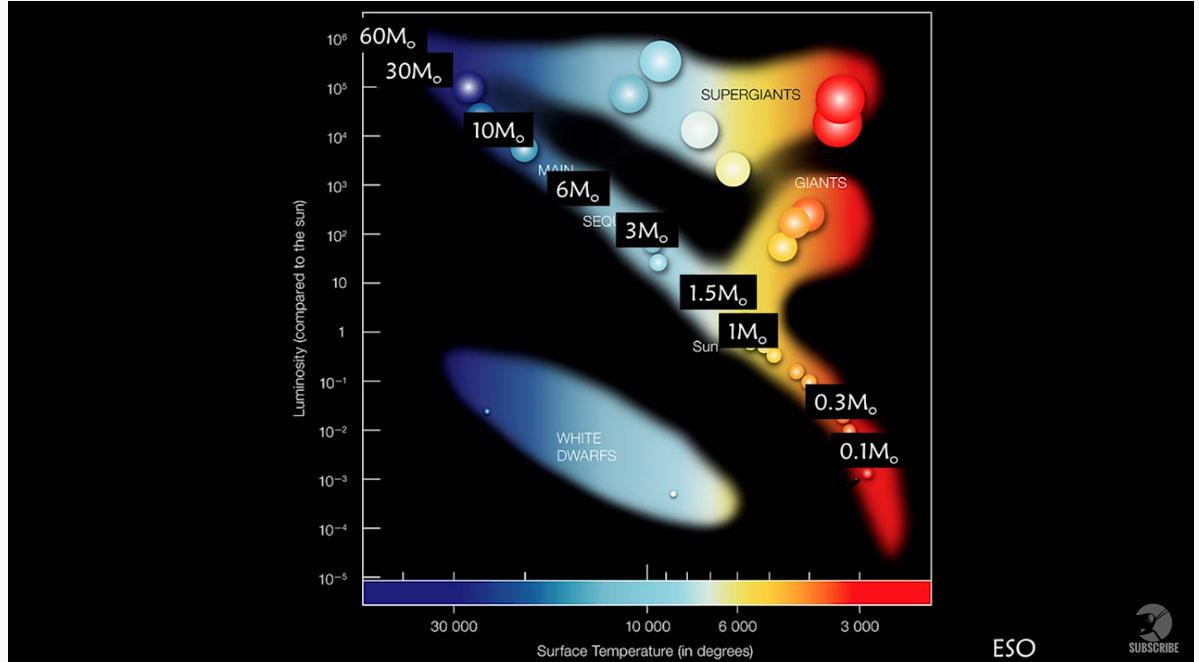
### Solar luminosity/ Solar Mass – Solar radius

- **hmotnost** (mass) u. jednotka **Solar mass** (M☉) - cca 2×[kg](https://en.wikipedia.org/wiki/Kilogram).

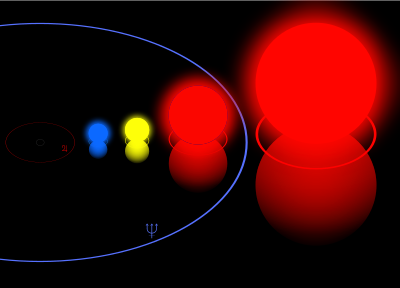
– je v průběhu života hvězdy (mimo její počáteční a konečné fáze) relativně **neměnná**: V základní přeměně H → He – slunce ztrácí za svůj život jen malý zlomek své hmotnosti.

- s rostoucí hmotností roste luminosita – hv. má více tlaku k iniciaci nuc fuse – a barva přechází od červené k modré (↓):

- hvězdy musí mít 10 % hmotnosti slunce, a musí být menší než 100-120x slunce.



- **velikost** u. jednotka: **Solar radius** ([R☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radius)) – 6.957 x . km. Obyč. se u. do [fotoséry](https://en.wikipedia.org/wiki/Photosphere) slunce → where the [optical depth](https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_depth_(astrophysics)) equals 2/3.

 - Jupiter má 1300x větší rozměr než Země, 1000 Jupiterů má velikost Slunce.

←: Zprava:  [**VY Canis Majoris**](https://en.wikipedia.org/wiki/VY_Canis_Majoris) (1400 [R☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radius) (cca 1 mld. km/ 6500 AU), [**Betelgeuse**](https://en.wikipedia.org/wiki/Betelgeuse) (730 [R☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radius)) [**Rho Cassiopeiae**](https://en.wikipedia.org/wiki/Rho_Cassiopeiae) (cca 690[R☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radius)), and the blue [Pistol Star](https://en.wikipedia.org/wiki/Pistol_Star) (27.5 M☉).

- ***červený kruh***: orbit Juputera; ***modrý kruh***: orbit Neptunu.

- Jupiter je vzdálený od slunce 778 tis km (5.2 AU)

**- sun rádius**: 700 tis (695,800) km-

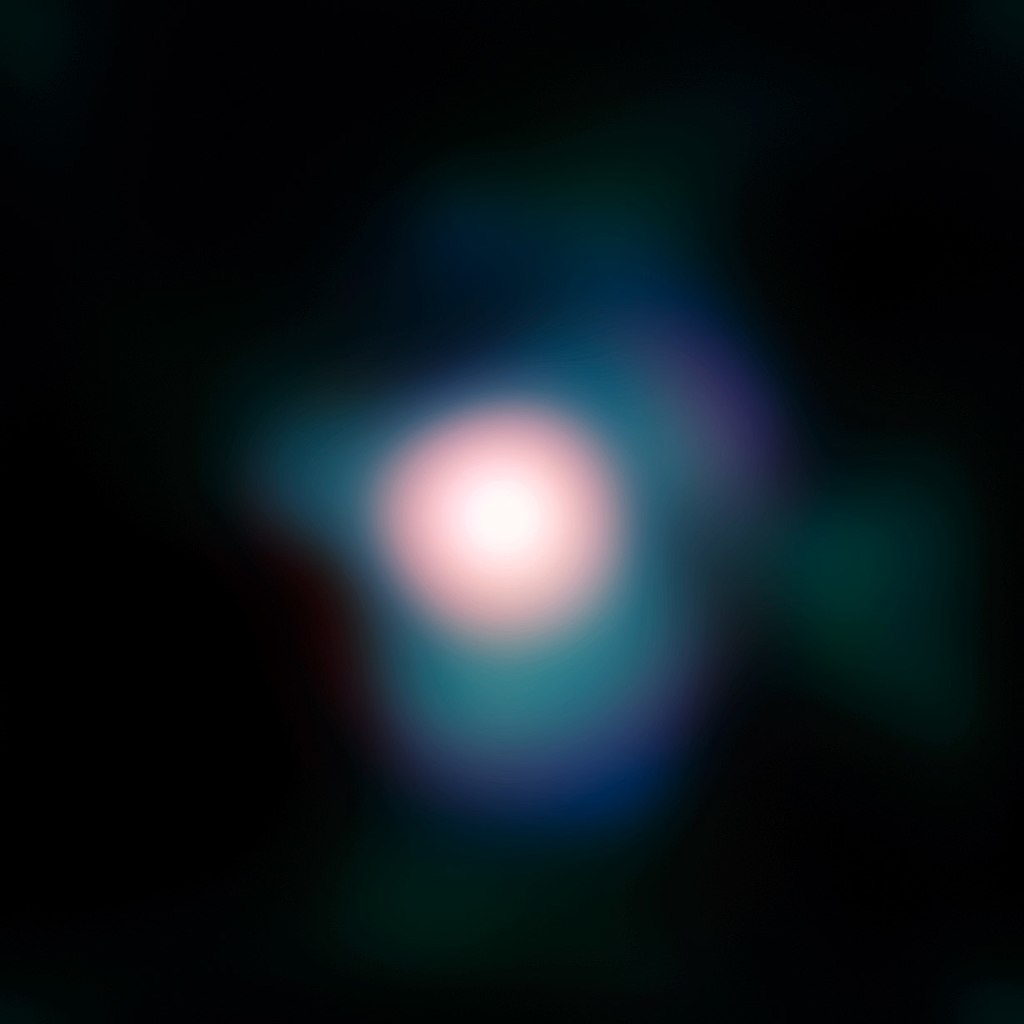
- AU = 150 tis. km

- oproti hmotnosti je velikost relativní → s rostoucím věkem hvězdy roste velikost: .. **Giant star** [R☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radius), **Super Giant**, **Hyper Giants** – ,**Oranze Giant**, **Red Giant**, **Red Hypergiant** – *VY Canis Major*.

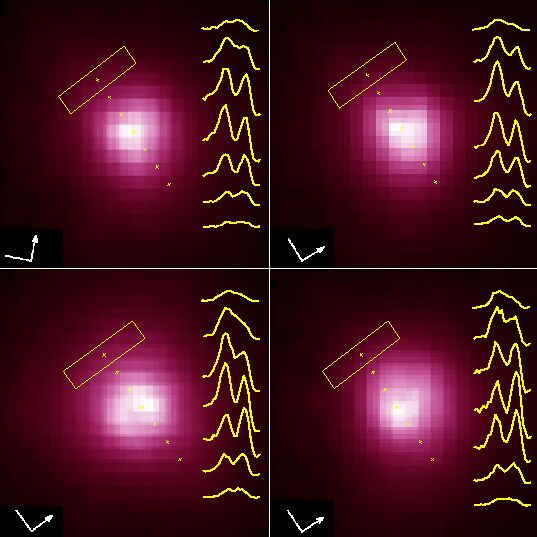
- **povrch** nelze teleskopy rozlišit – jeví se jako jeden jednolitý bod. Jistou výjimkou je **Betelguse** – protože jde o extrémně velkou hv. v relativně těsné blízkosti, a tak se u ní podařilo nastínit její tvar:

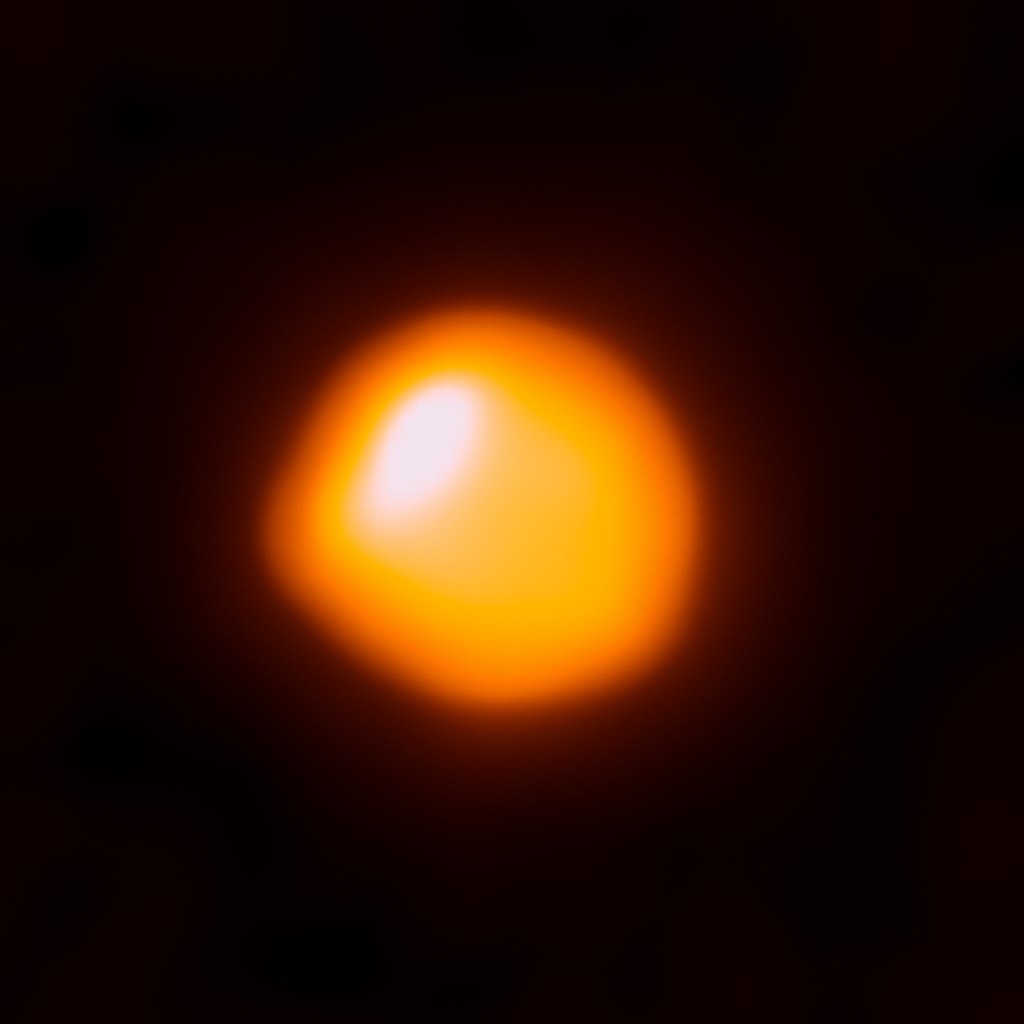
----

**Betelguse**

 ← VLT – odhalilo halo disk kolem Btg.

↓ Betelguse Hubblem: prej - showing asymmetrical pulsations with corresponding [spectral line](https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_line) profiles

↓ Betelguse by ALMA**:** Submm zatím (2019) dokázalo nejvyšší rozlišení.

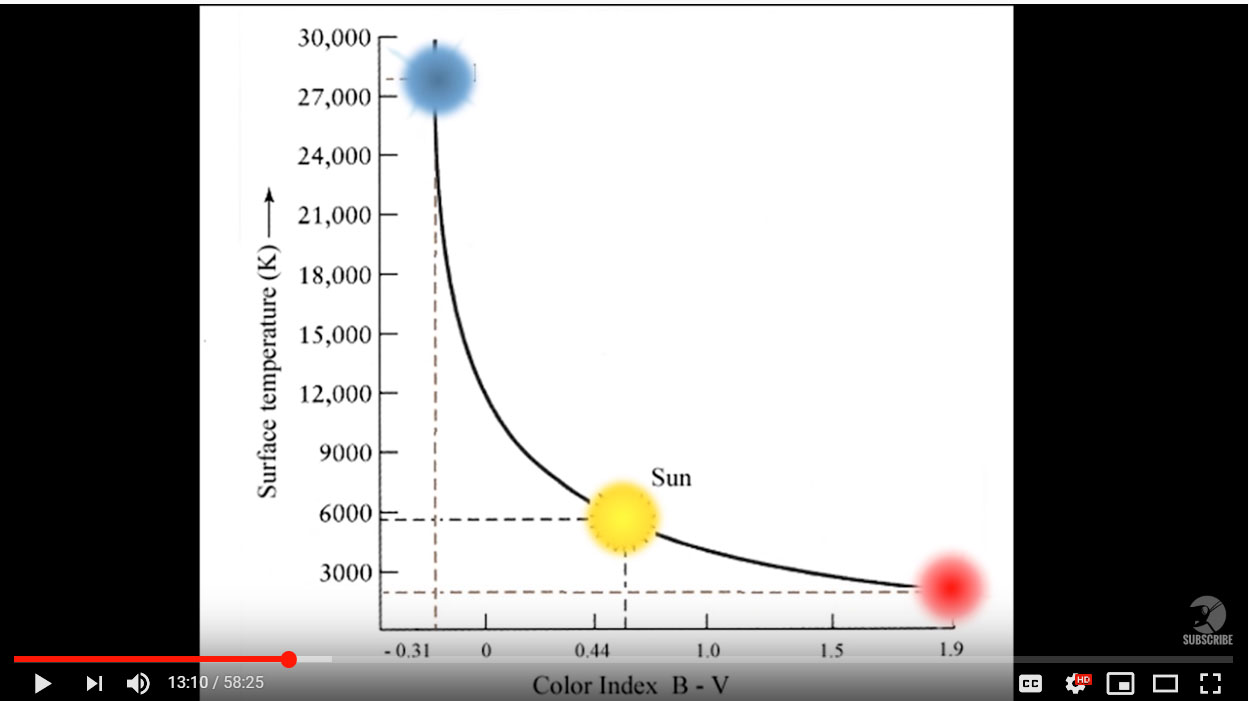
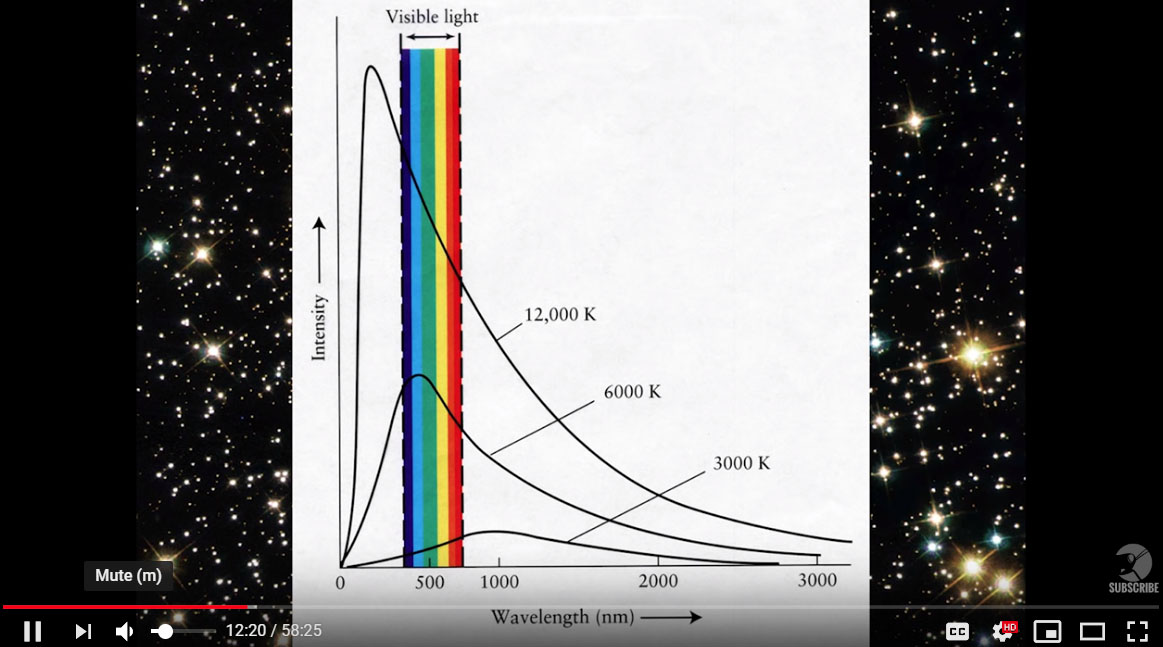


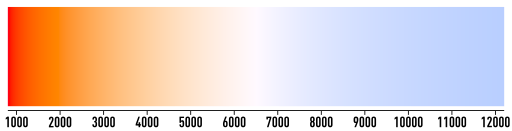
----------------

### Solar luminosity / Teplota (Barva)

Black body spektrum

- sl. má opět prům. **Luminositu** – hv. mohou být 1000x slabší, či 1 ml. x světlejší.

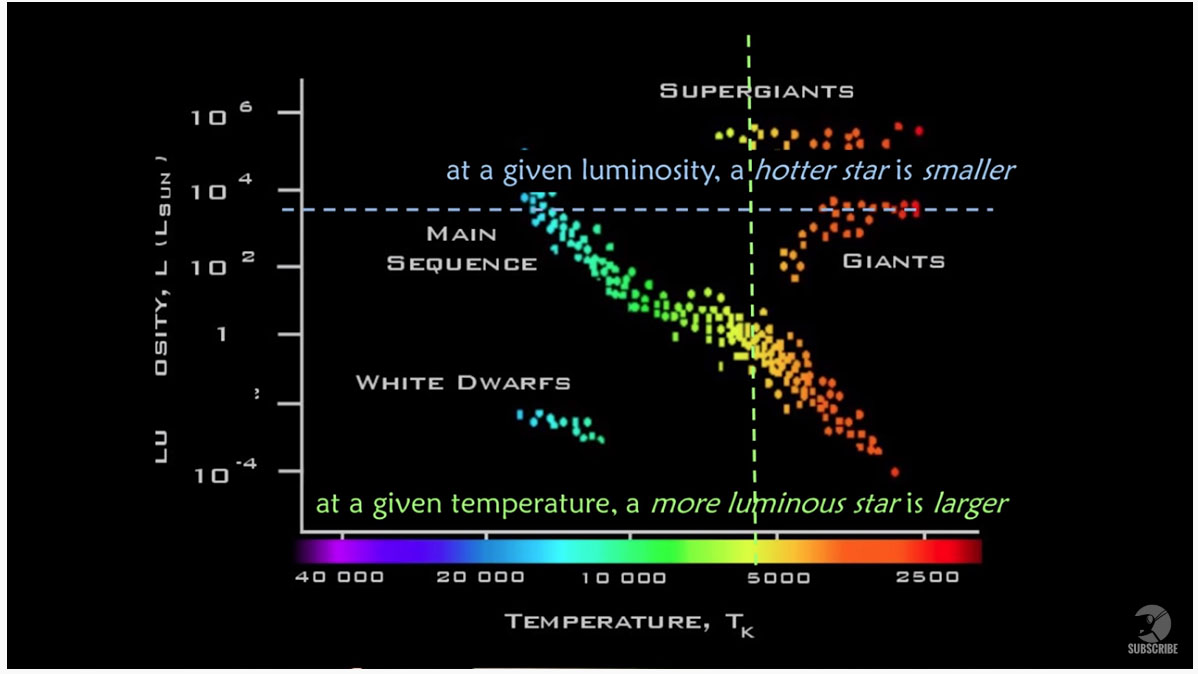
 

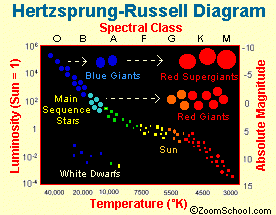
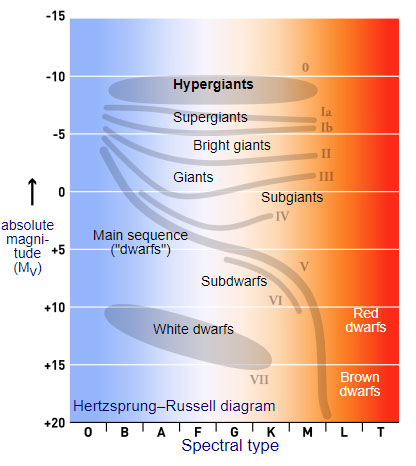
Color of a black body from 800 K to 12200 K. This range of colors approximates the range of colors of stars of different temperatures, as seen or photographed in the night sky

5600°C – sun

90 % hv, tvoří Main seq. – region, kde hv. pobívají nejvíce času (↓):

Vztah teploty a luminosity u. **Hertzsprung–Russell diagram** (↓): **nejzářivější** jsou modré-horké malé mladé hv. x červené-chladné, velké, stare hv. jsou nejméně zářívé.

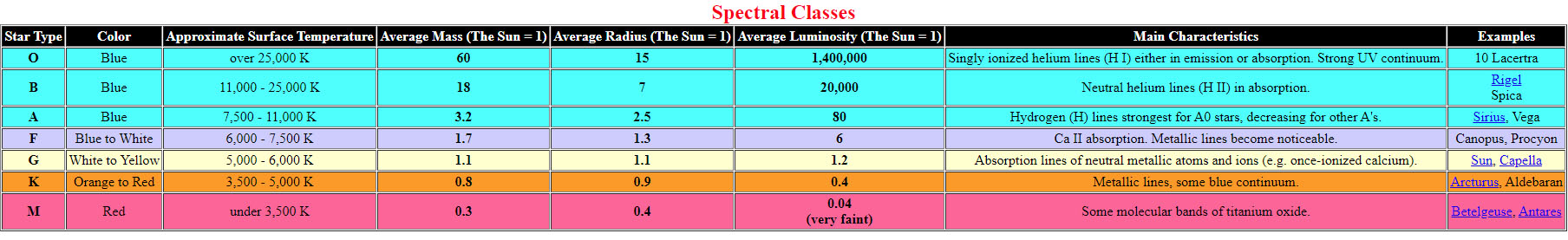


**** 

**Morgan-Keenan (MK) system**

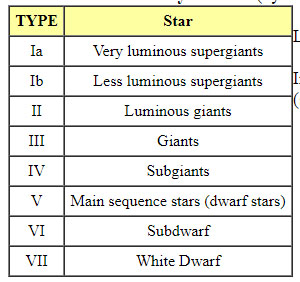
- char. dle teploty: O hottest/ M colest





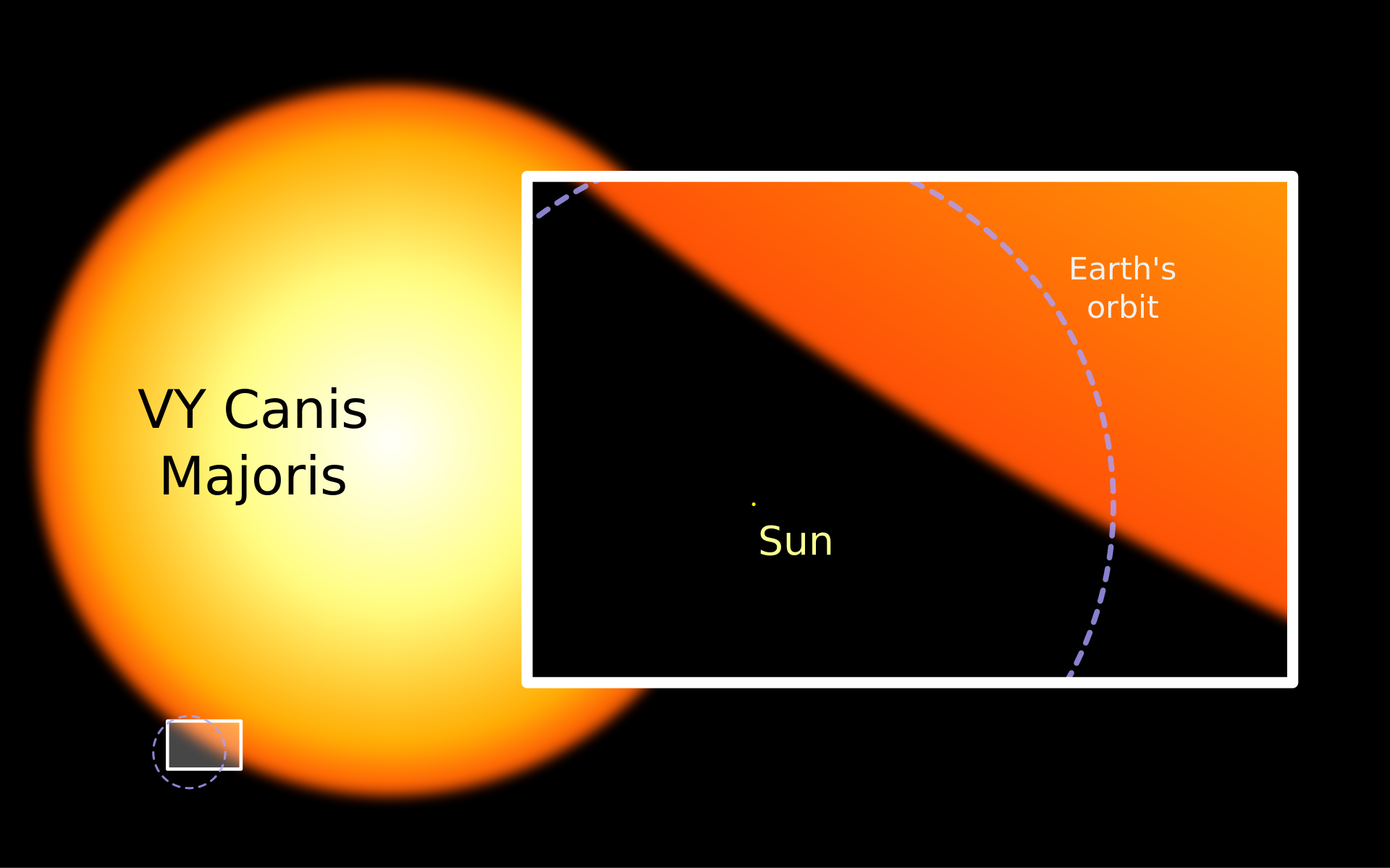
O a B jsou netypické, ale velmi zářivé hv.

**The Yerkes Luminosity Classes**: (by William Wilson Morgan and Philip Keenan)



## Giant a Supergiant Stars

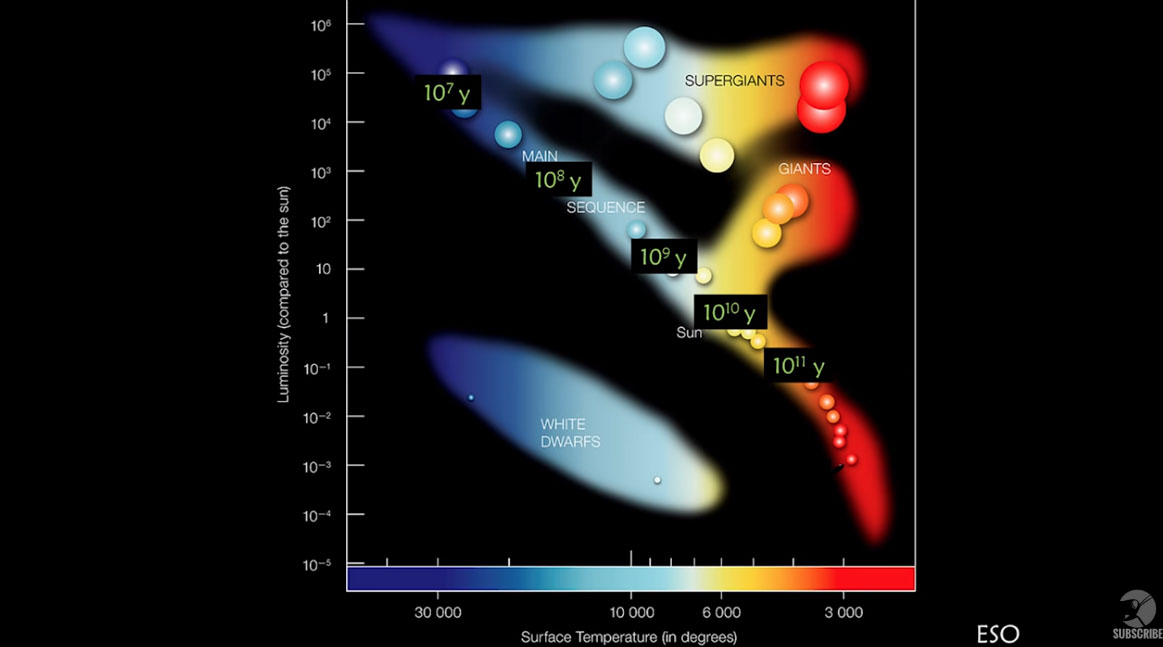
- Old, Large Stars  
**RED GIANT -** hv. nabude cca 100-násobek svého rozměru.   
BLUE GIANT - A blue giant is a huge, very hot, blue star. It is a post-main sequence star that burns helium.  
**SUPERGIANT –** největší hv. (Beatelguse, Rigel).



## Délka života))

Velikost hv. u. délku života hvězdy: velká hv. spotřebuje palivo rychleji → kratší věk:

- Hv. jako slunce 10-15 mld let x velké hv. – 10-15 ml. let (↓).



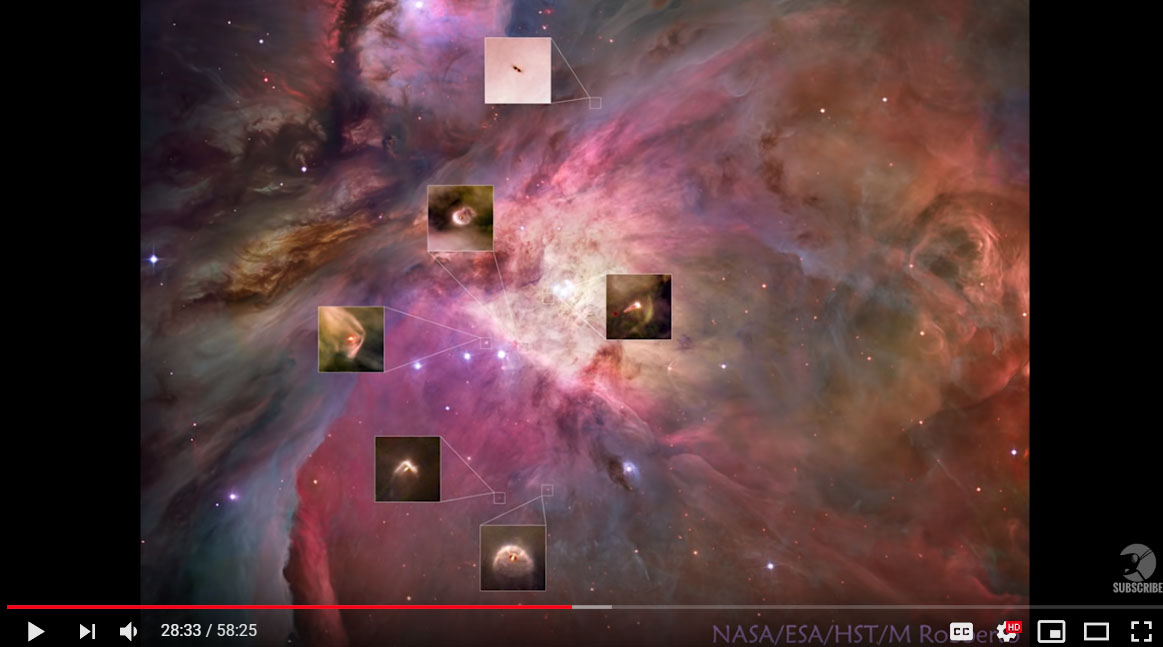
## Distribuce

### Binary stars, quadruple stars…

### Clustery

Global clusters

### Vznik jv

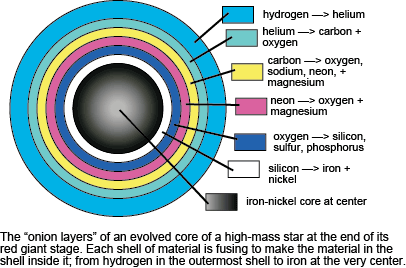


Cca 5 % hv. tvoří SN.



# Massive stars

MS je hv nad hmotnost 9-ti sluncí.



# Supernova

## Types of SN - shrnutí

Type I Type Ia - přítomno ionized Si (Si II) – 615, 0 nm → **Type Ia** je thermal runaway/ ostatní jsou core colapse

Žádný vodík Type Ib/c b – má non-ionized He I v 587,6

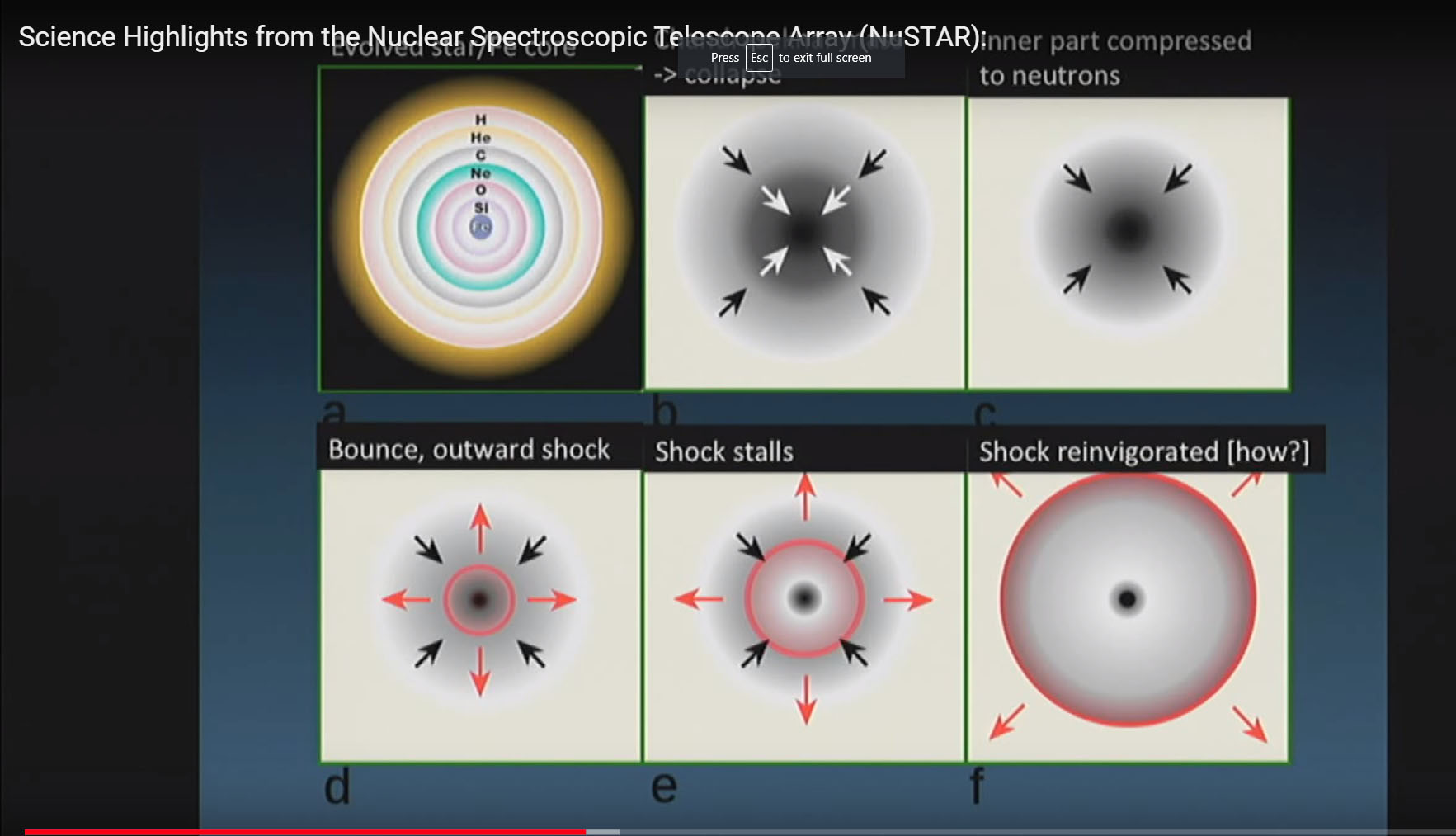
c – slabé či žádné He

Type II Type II Type II-P

Type II-L

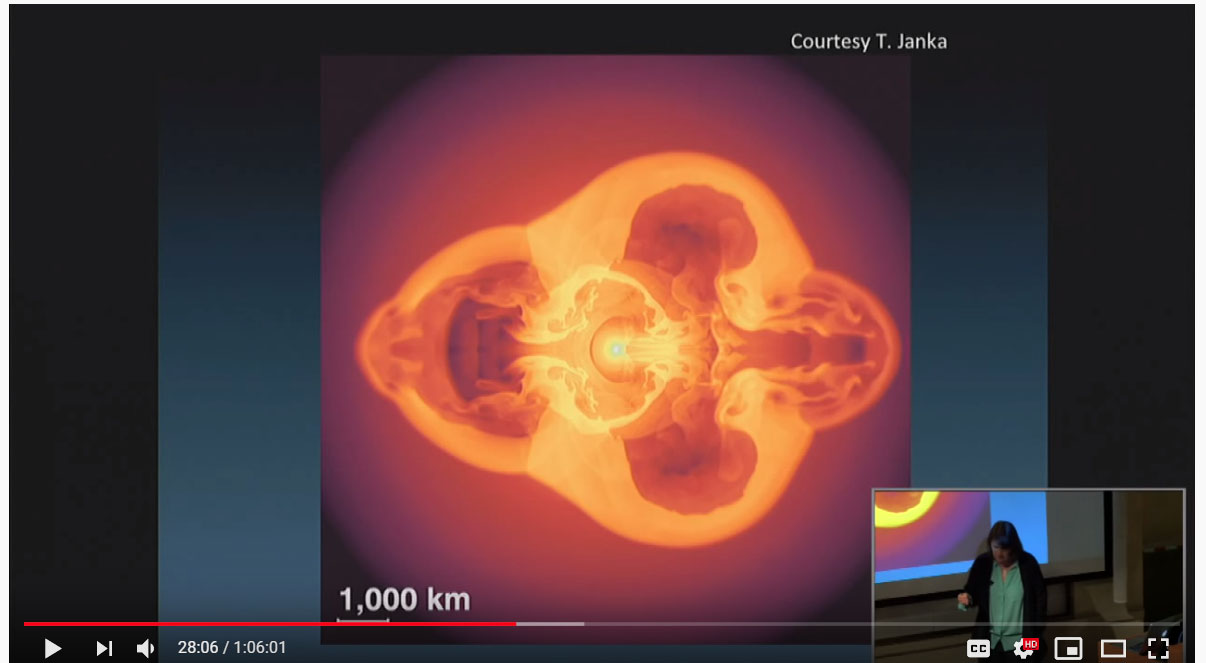
shows H

## Vid: Science highlight from Nuc Spec. ..

1.4 [M☉](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_mass) (2.765×1030 kg) - hv. nemá dostatek síly proti gravitačnímu kolapu (2) a stahuje se (3). Při stahovaní hv. se zvyšuje tepl. až nastane exploze (4). Po určité době by mělo dojít k uklidnění expanse – **Shock stalls** (5), ale tomu se nedějí – exp. pokračuje: patrně skrz **neutrino heating.**

- Cca 2014 modely – např. modely **Ch. Ott** - ukázály, že pokud se vezme v potaz Akustická instabilita??)) a turbulence (viz vid) - nestability, kt se shrnují jako **Low mode instability –** díky čemuž Neutrino heating expl. opravdu pokračuje.

- duhy model – **Jet mode** - tak jej nazývý Fiona Harrison (Caltech)

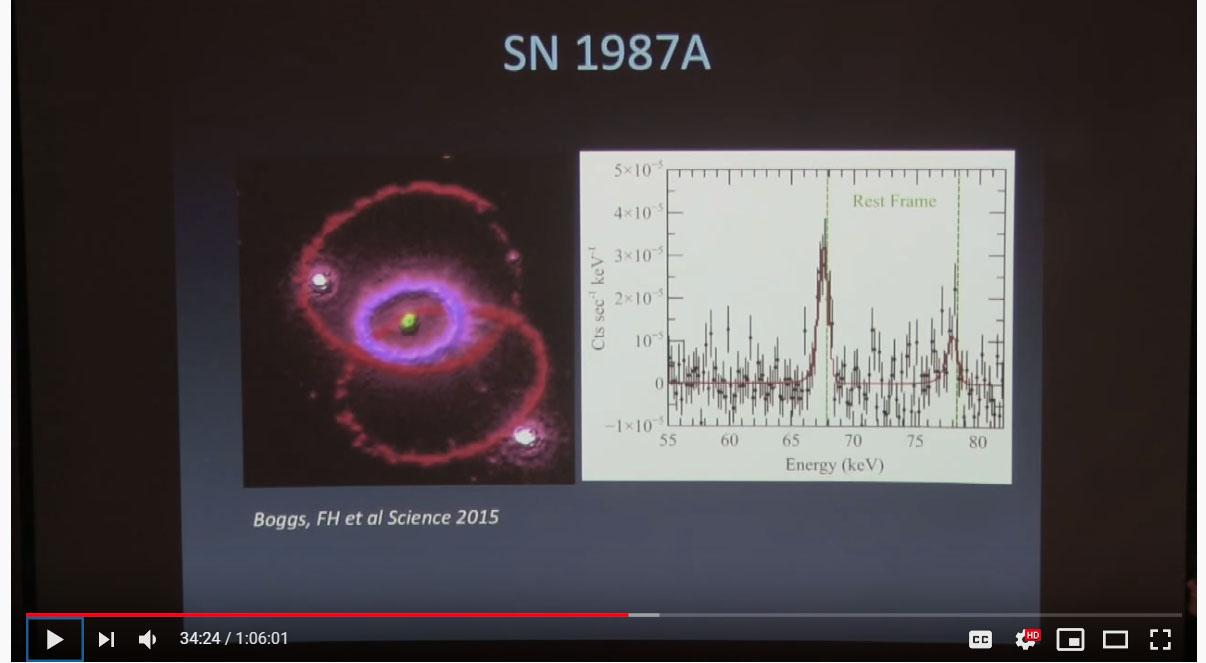


### SN 1987a

– v **Large Magellanic Cloud** – explodoval 1987 (astronomers Ian Shelton and Oscar Duhalde using the 10-inch astrograph).

- This was the first time **neutrinos** from a supernova were observed directly.

HST pic – první potvrzení nutrina.



## Vid: Christian Ott: Modeling the Death of Massive Stars

- první výzkum SN: Fritz Zwicky a Walter Baade

– pracovali spolu na Mt. Wilson a pak Palomar obs.

- 1 SN expl/ den

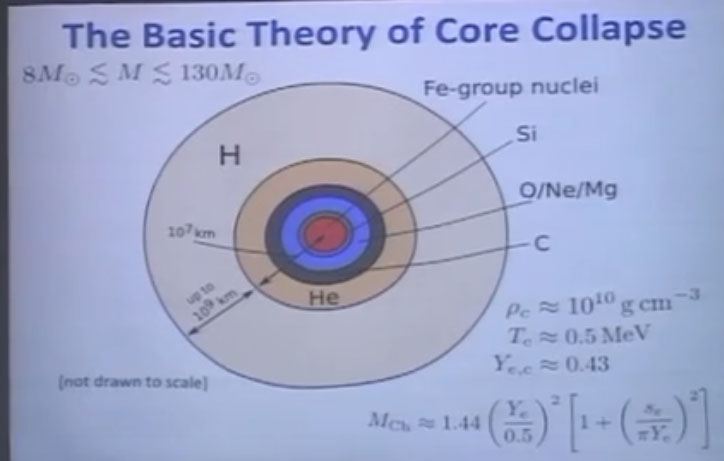
- 1 SN objev/ den

- 1 SN exp v MD/ 50 – 100 let

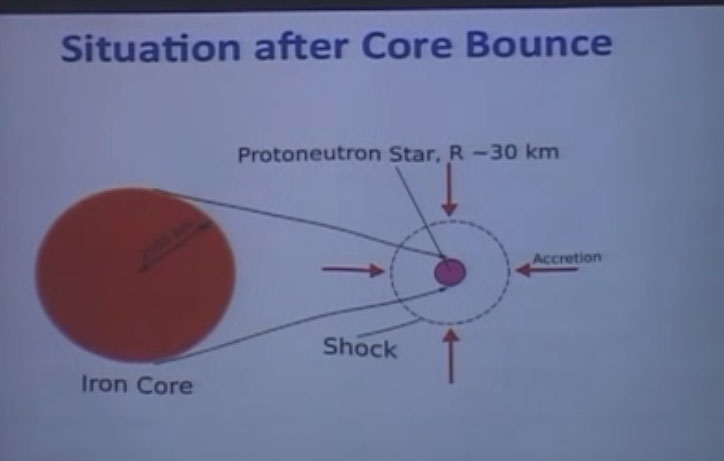
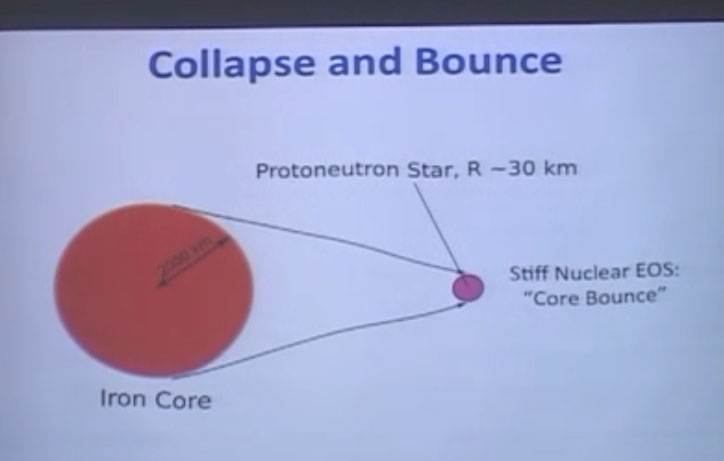
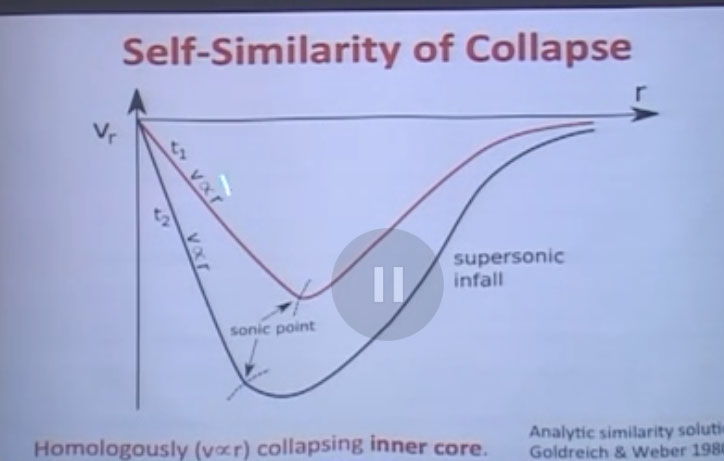
- 1 SN expl v dist 10 PC/ rok

- dva typy SN: Type 1a – **thermonuclear SNe** – 20 %, WD size

- CCSNe - Core-collapse SNE – 80 %, Masssive st. (8-130 mass of sun)

Vpravo – udaje o Jádru: 1) 10 tisíc tun/

SN expl. nastává v moment, kdy hmotnost jádra stoupne nad **Chandrasekhar limit** – což se může stat dvěma způsoby: 1) Do j. se dostává Silicon, 2) Sníží se Elektron fraction limit (9:05) tím, že jadro zachytí nějaké e. z vyšších vrstev (←vpravo dole (Ye/ **0,5**) –: a jádro začne kolapsovat (↑2). Pak vnitřní část jádra se hroutí rychleji (1↓) dosahne Protoneutronové hvězdy (30 km) a nastane rebounce (↓2).



Pak dochází ke stolnutí viz přechozí kp., protože Vnitřní jádro narazí na odpor vyšších vrstev. Expl se buď revivne – nebo – j. se zhroutí do Black Hole.

# Quasar

**Quasar**, či **quasi-stellar object** abbreviated **QSO**) is an extremely [luminous](https://en.wikipedia.org/wiki/Luminosity) [active galactic nucleus](https://en.wikipedia.org/wiki/Active_galactic_nucleus) (AGN), in which a [supermassive black hole](https://en.wikipedia.org/wiki/Supermassive_black_hole) with mass ranging from millions to [billions](https://en.wikipedia.org/wiki/Billion) of times the mass of the [Sun](https://en.wikipedia.org/wiki/Sun) is surrounded by a gaseous [accretion disk](https://en.wikipedia.org/wiki/Accretion_disk). As gas in the disk falls towards the black hole, [energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Energy) is released in the form of [electromagnetic radiation](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation), which can be observed across the [electromagnetic spectrum](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum). The power radiated by quasars is enormous: the most powerful quasars have [luminosities](https://en.wikipedia.org/wiki/Luminosity) thousands of times greater than a [galaxy](https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy) such as the [Milky Way](https://en.wikipedia.org/wiki/Milky_Way)

Pulsar

1. Někdy jsou pojmy myslím zaměňovány. [↑](#footnote-ref-1)