

Hvězdný diagram

HRD – nejvýznamnější astrofyzikální diagram

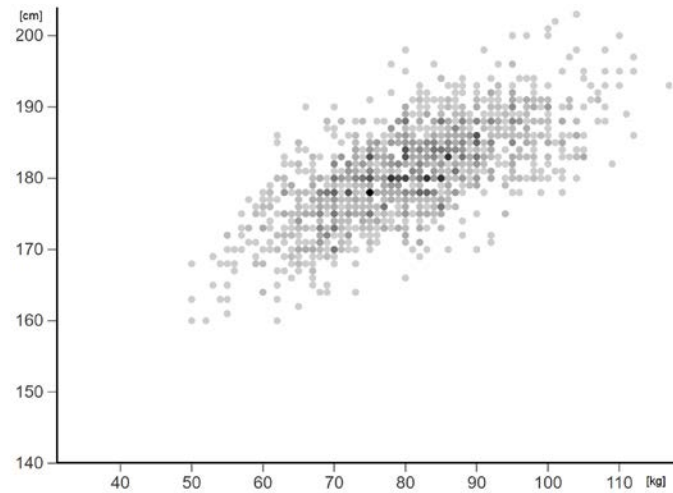
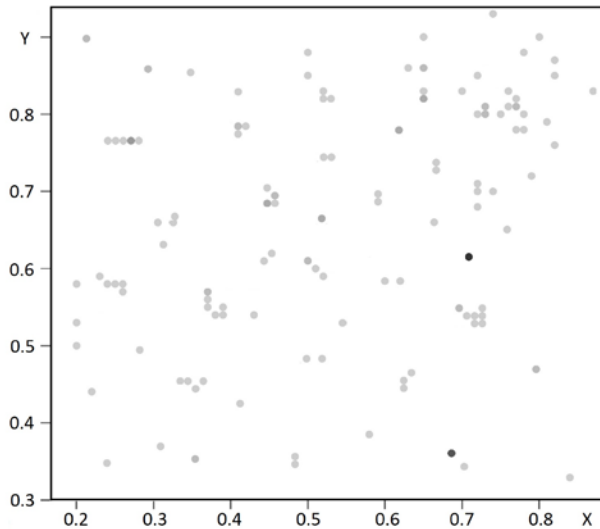
Miloslav Zejda

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky
Přírodovědecká fakulta
Masarykova univerzita

... statistika nuda je, má však cenné údaje ...



náhodný vzorek – skupina osob



nejvyšší muž
272 cm/199 kg
žena 231 cm

Čech 242 cm

nejtěžší muž
185 cm/635 kg

žena
170 cm/544 kg

Čech
185 cm/220 kg

sportovci na ZOH 2018

obdobně i ve světě hvězd !

Trocha historie



1889 – **Carl Vilhelm Ludvig Charlier** – 1. tabulka

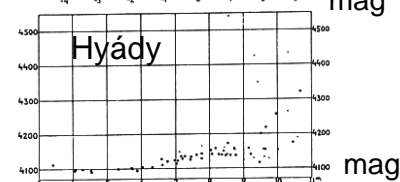
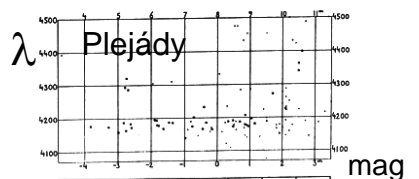
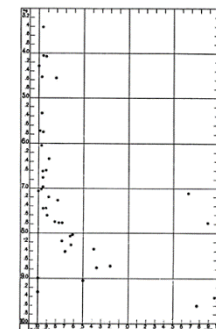
1905 – **Ejnar Hertzsprung** – studium hvězd známých absolutních hvězdných velikostí a spektrálních tříd
– pro červené hvězdy konstatoval rozdíly ve hv. velikostech (sp. třída byla stejná) => jasnější hvězdy označil za „velryby mezi rybami“
výstup jen tabulka! - graf pro Plejády z roku 1906 nepublikoval



1909 – **Karl Schwarzschild** – pozval EH do Göttingenu, kde toho roku pobýval i Rosenberg

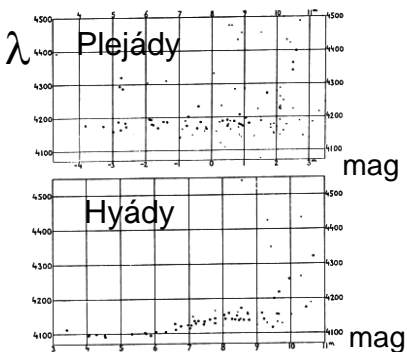


1910 – **Hans Oswald Rosenberg** – 1. graf. podoba HRD, pro Plejády (na doporučení K. Schwarzschilda)



1911 – Hertzsprung – grafický výstup pro Hyády a Plejády

Trocha historie



1905 – **Ejnar Hertzsprung** – výstup jen tabulka!

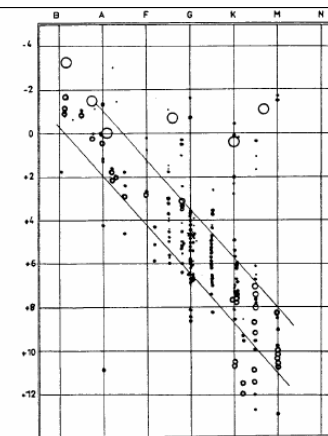
1911 – Hertzsprung – grafický výstup pro Hyády a Plejádý



(c) American Institute of Physics



1913 - **Henry Norris Russell** - vztah mezi zářivým výkonem a teplotou hvězdy; stejný výsledek – termíny „obří“ a „trpaslíci“; výstupem diagram – závislost mezi absolutní hvězdnou velikostí a spektrální třídou hvězd



RUSSELL's erstes Diagramm (veröffentlicht in Popular Astronomy, 1914)

Abzisse: Spektraltyp, System Miss CANNON.

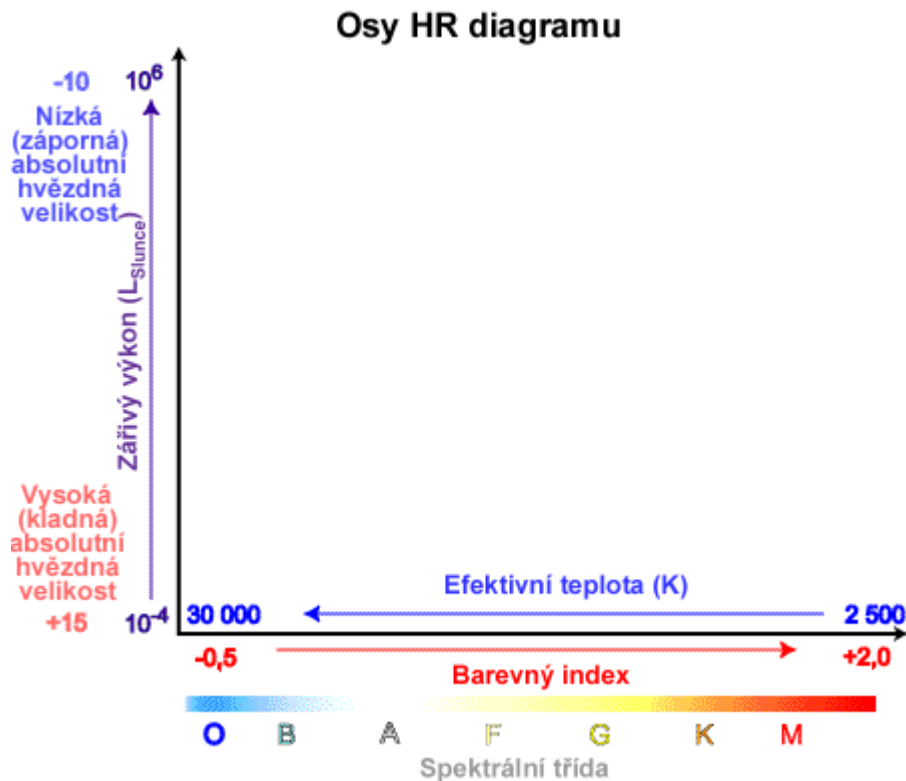
Ordinate: Absolute Helligkeit.

- • Sterne mit einem Fehler der Parallaxe < 42%
- • Sterne mit einem Fehler der Parallaxe > 42%
- Parallaxe mindestens zweimal gemessen
- Parallaxe nur einmal gemessen
- Mittelwert für eine große Zahl einzelner Sterne, deren Eigenbewegungen und Parallaxen an der Grenze der Meßbarkeit liegen.

Hertzsprungův-Russellův diagram

Absolutní hvězdná velikost - mírou zářivého výkonu hvězd,
spektrální třída souvisí s povrchovou teplotou hvězd => z fyzikálního hlediska

HR diagram = závislost zářivého výkonu na povrchové teplotě hvězd



Na scéně jsou obři a trpaslíci

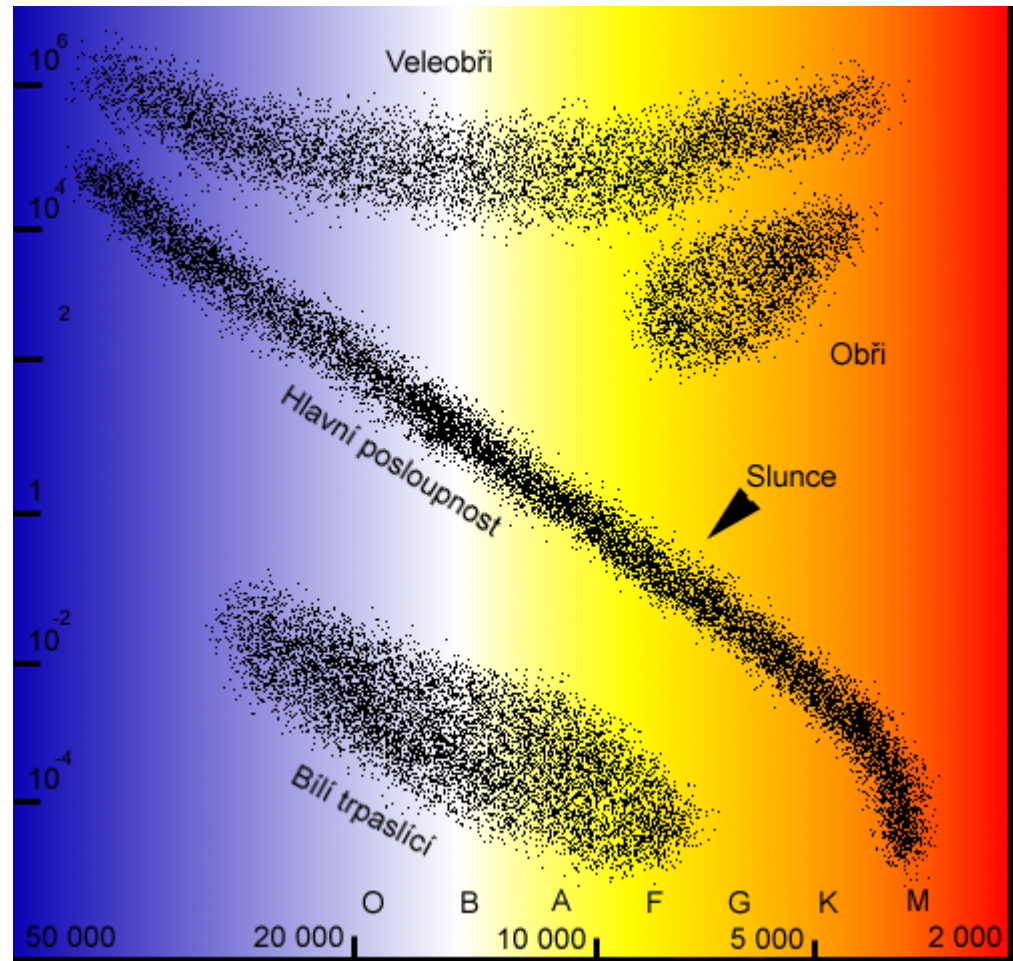
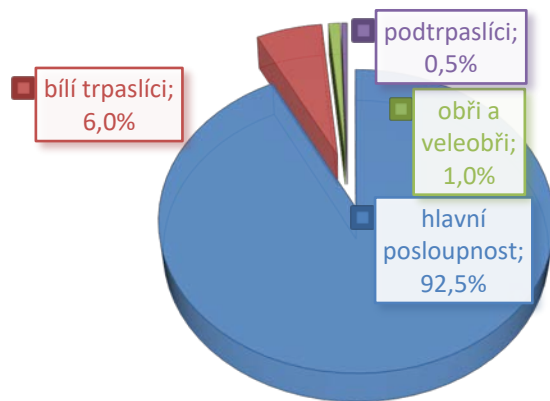
významná místa v HRD:

hlavní posloupnost - nejvíce hvězd (přes 90 %) - pás, který probíhá od horkých a zářivých hvězd k chladným hvězdám s malým výkonem

obři (červení obři) a veleobři - relativně nízké povrchové teploty, vysoké výkony

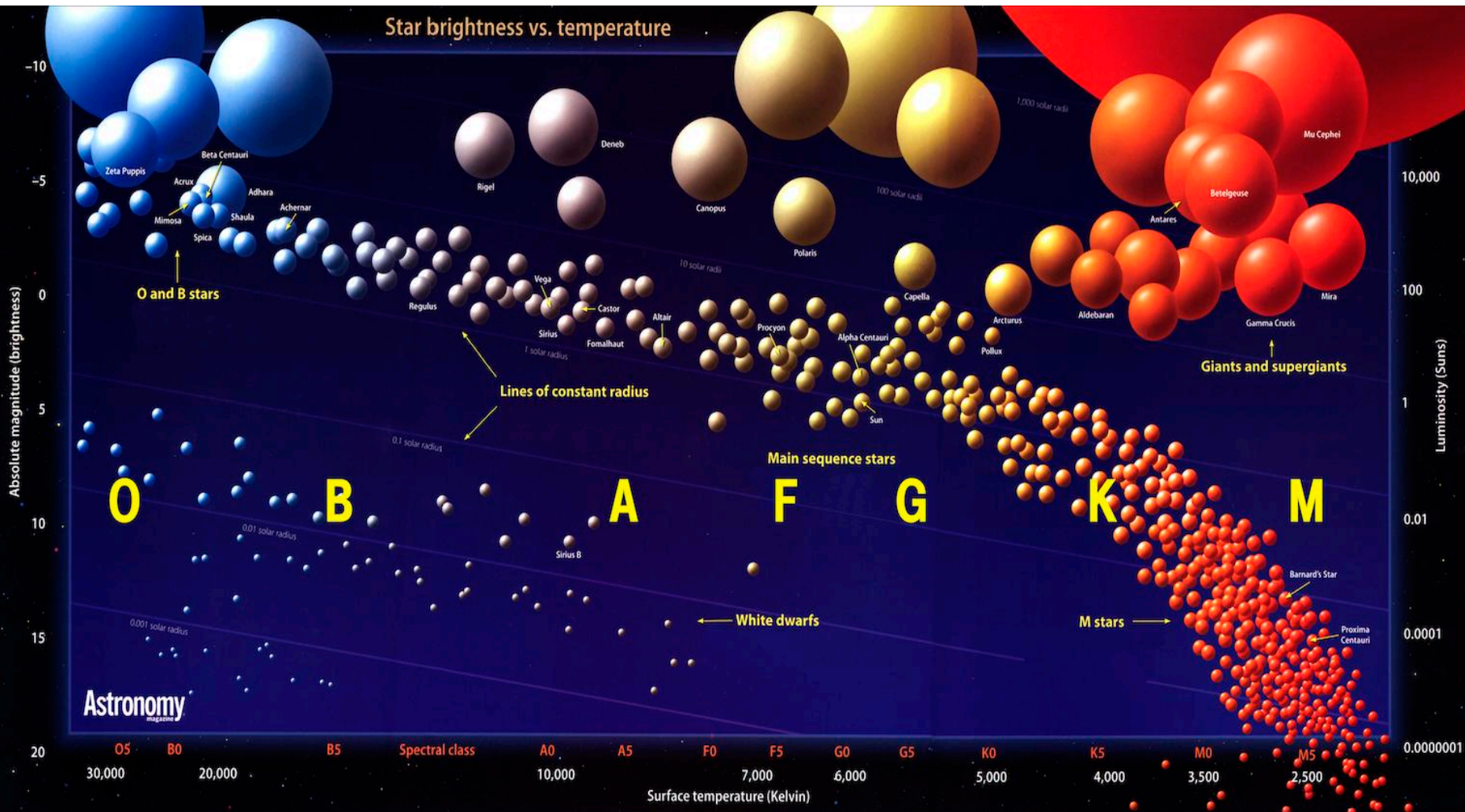
bílí trpaslíci - malé zářivé výkony, vysoké povrchové teploty

červení trpaslíci - hvězdy spektr. tříd K a M s malým zářivým výkonem

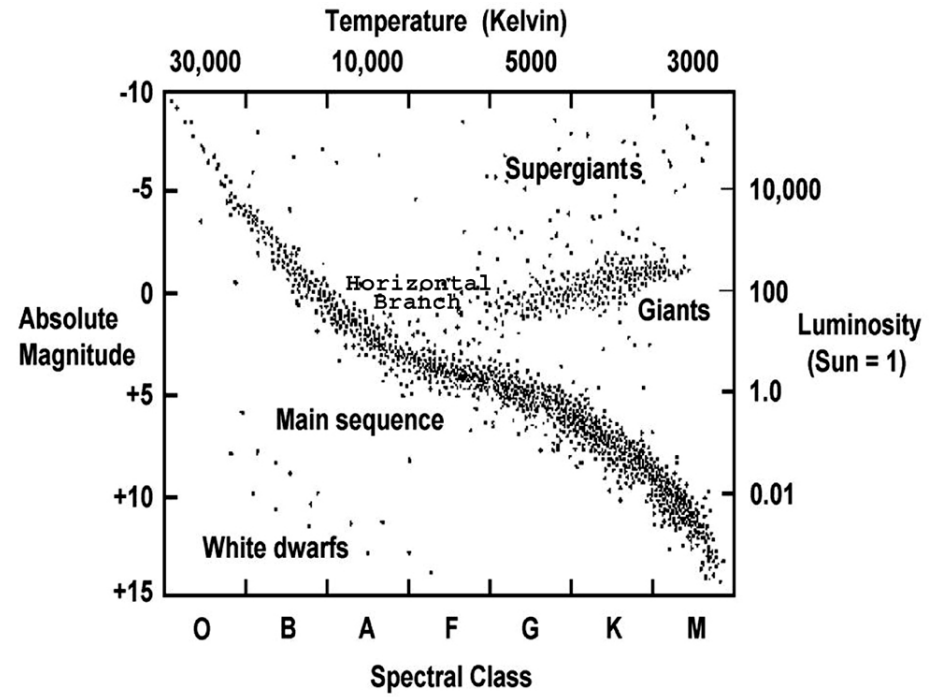
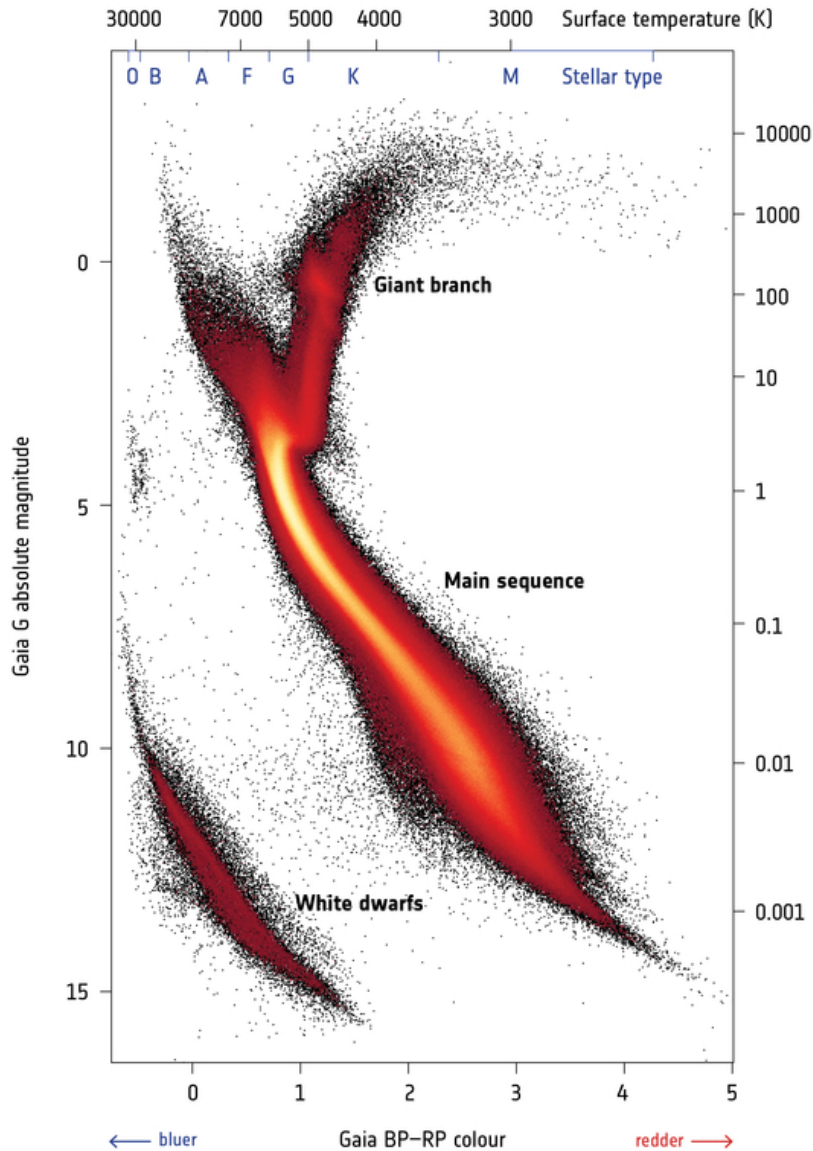


Četnosti hvězd v okolí Slunce (1000 nejblížeších hvězd)

Star brightness vs. temperature



→ GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM



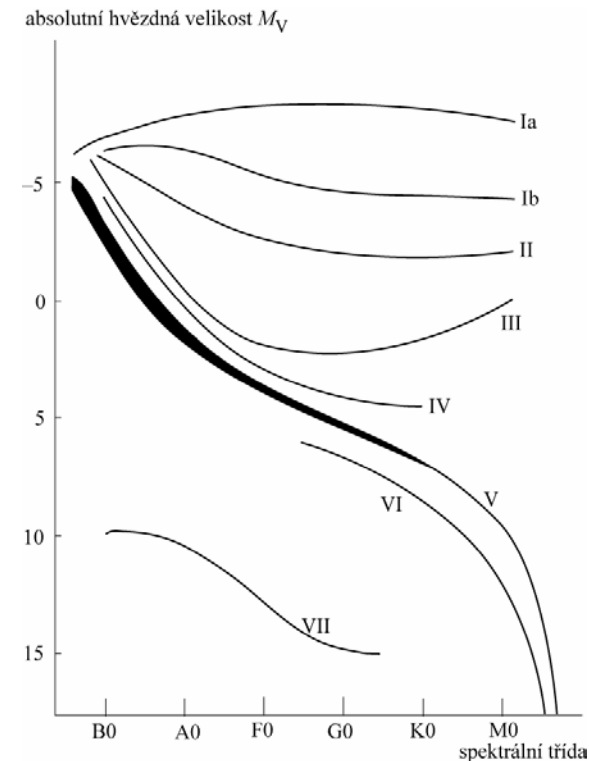
Luminozitní třídy - Morganova-Keenanova (MK) klasifikace

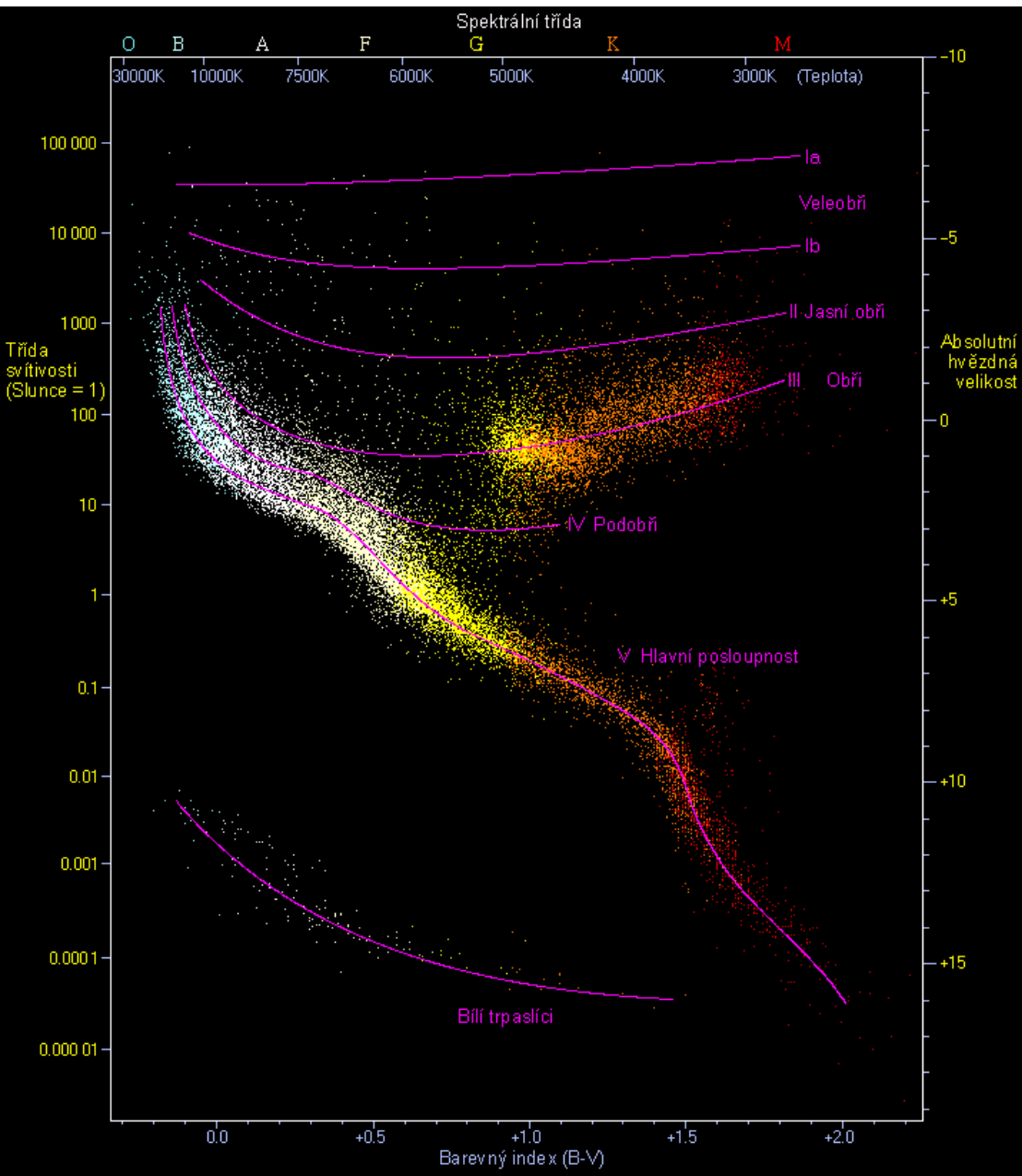
- nejprve 1943 Morgan, Keenan, Kellman(ová) (MKK)
- 1953 revize – Morgan, Keenan (MK)
- zjemnění spektrální klasifikace hvězd
- určují se podle profilu spektrální čar ionizovaných prvků, citlivých na tlak v atmosféře



=> *spektrální typ* - informace o povrchové teplotě hvězdy
luminozitní třída – informace o tlaku v atmosféře hvězdy

Značení: přidává se ke spektr. typu (a podtypu) - římské číslice a příp. písmena - např. K2 III





O – extrémně zářiví veleobří

Ia – jasní veleobří - Beteleuse

Ib – (normální) veleobří - Antares

II – jasní obří (nadobří) - Canopus

III – (normální) obří - Aldebaran

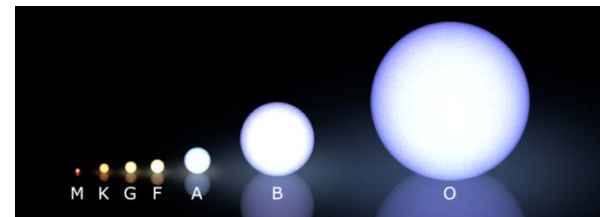
IV – podobří - Procyon

V – hvězdy hlavní posloupnosti - Slunce

VI (sd) – podtrpaslíci – Kapteynova hvězda
(např. sdB5 nebo B5VI)

VII (D) – bílí trpaslíci – Sírius B (např.

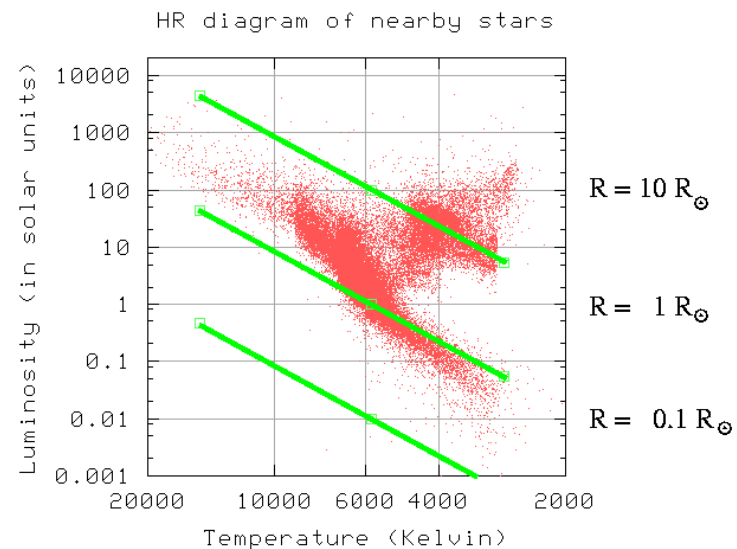
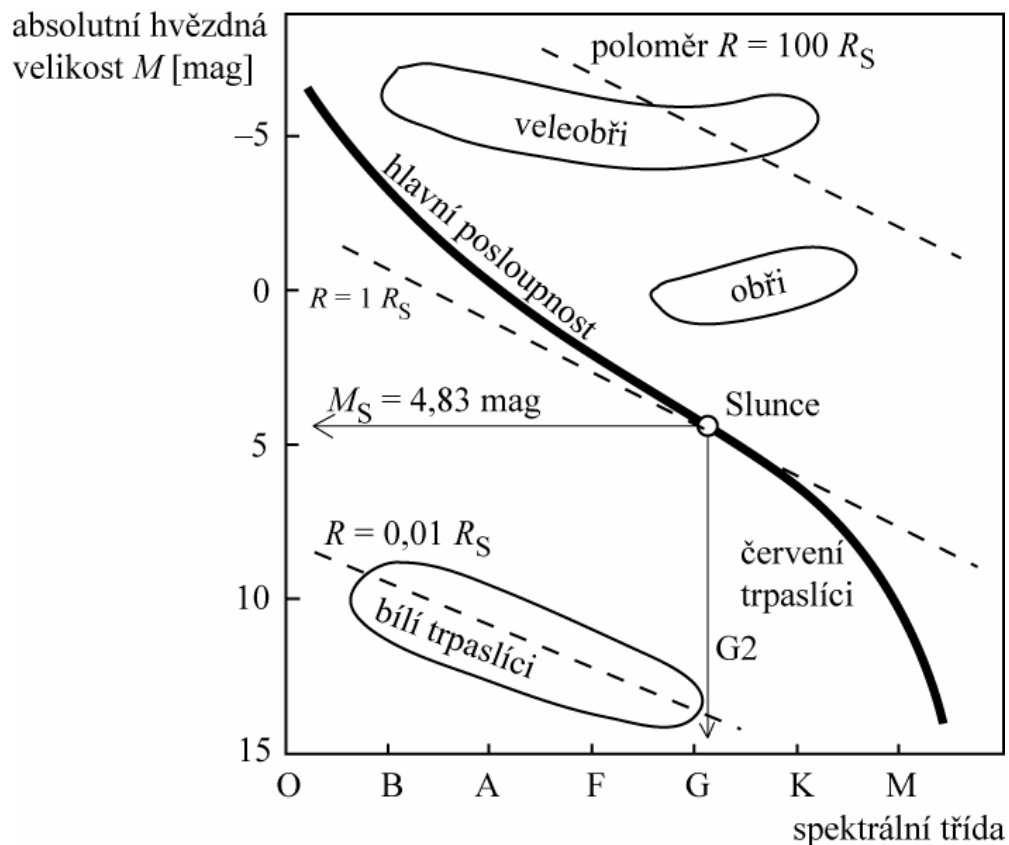
červení, hnědí trpaslíci



=> *spektrální typ* - informace o *povrchové teplotě* hvězdy
luminozitní třída – informace o *tlaku* v atmosféře hvězdy

=> spolu spektr. typ + lum. třída

=> rámcová informace o *velikosti* hvězdy



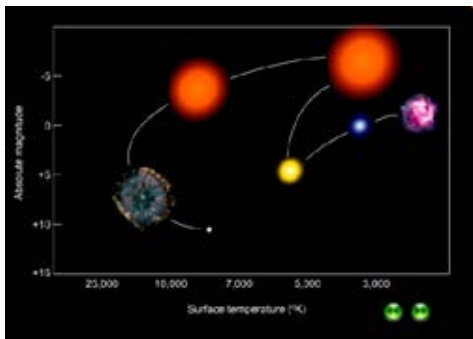
Stopy hvězdného vývoje v HRD

po dobu života hvězdy se mění její místo v HR diagramu

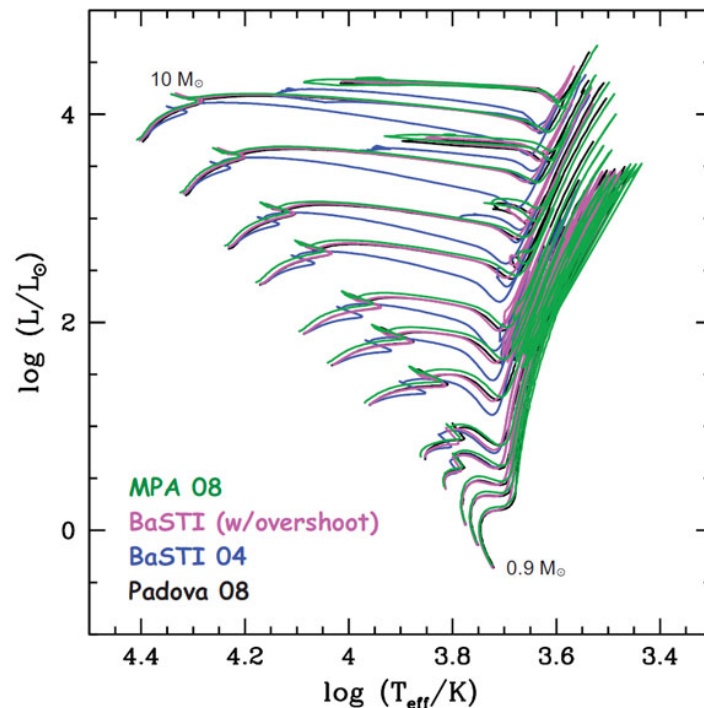
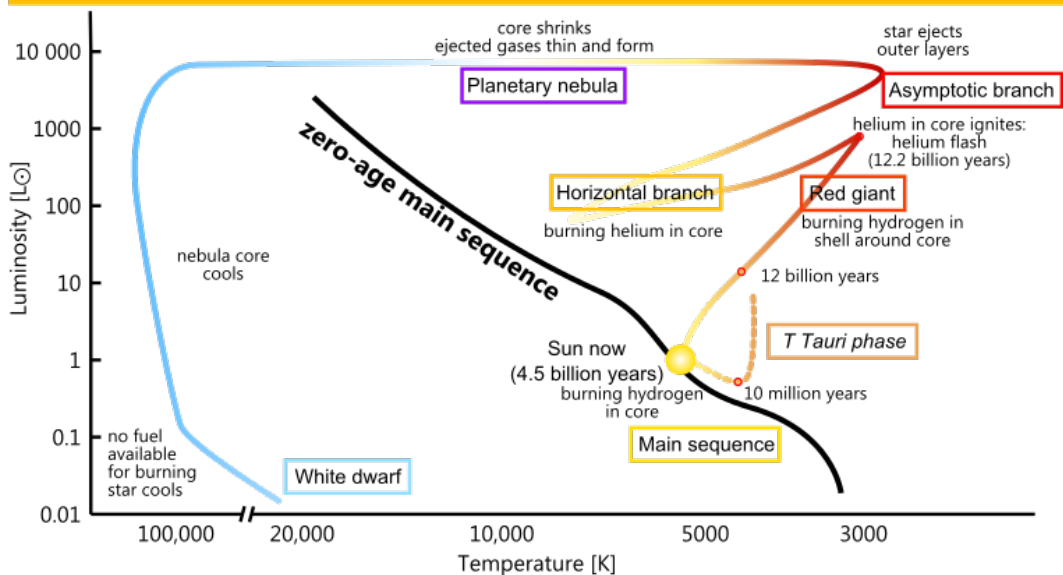
proč?

změna parametrů hvězdy (poloměr, zářivý výkon, teplota)

<https://starinbox.lco.global/>



Stage:	~9 Ga	>	~1 Ga	>	~100 Ma	>	~10 000 a
	Main sequence		Red giant		Horizontal branch		Planetary nebula > White dwarf
Sun's age:	4.5 Ga (now)		12.2 Ga		12.3 Ga		12.3305 Ga > 12.3306 Ga



HRD = nejdůležitější astrofyzikální diagram

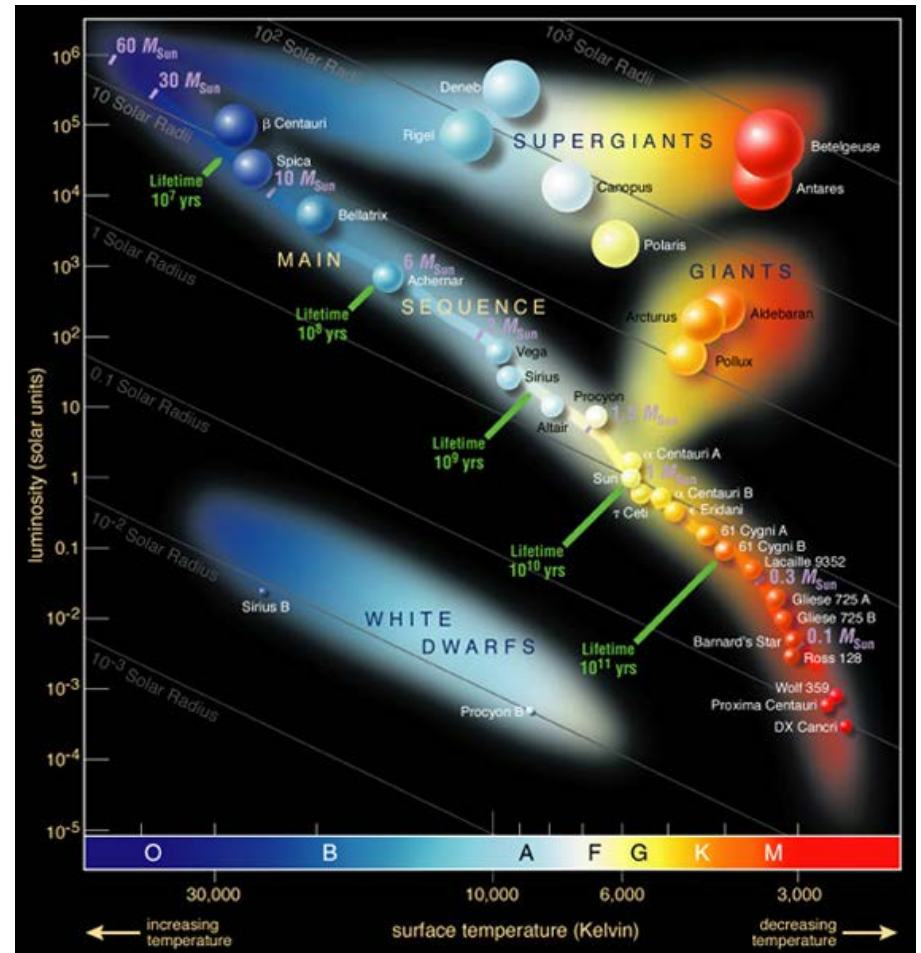
- odhad *vzdálenosti* hvězdy – z pozorované hvězdné velikosti a spektra (spektr. třídy a typu (umístění v HRD – hlavní posloupnost, obři, trpaslíci...)); z HRD odečtená absolutní hvězdná velikost a pozorovaná hvězdná velikost => vzdálenost
- výzkum hvězdokup – např. stáří hvězdokup nebo určení vzdálenosti hvězdokupy od Země
- test platnosti teorií stavby a vývoje hvězd

Otázky k diskusi:

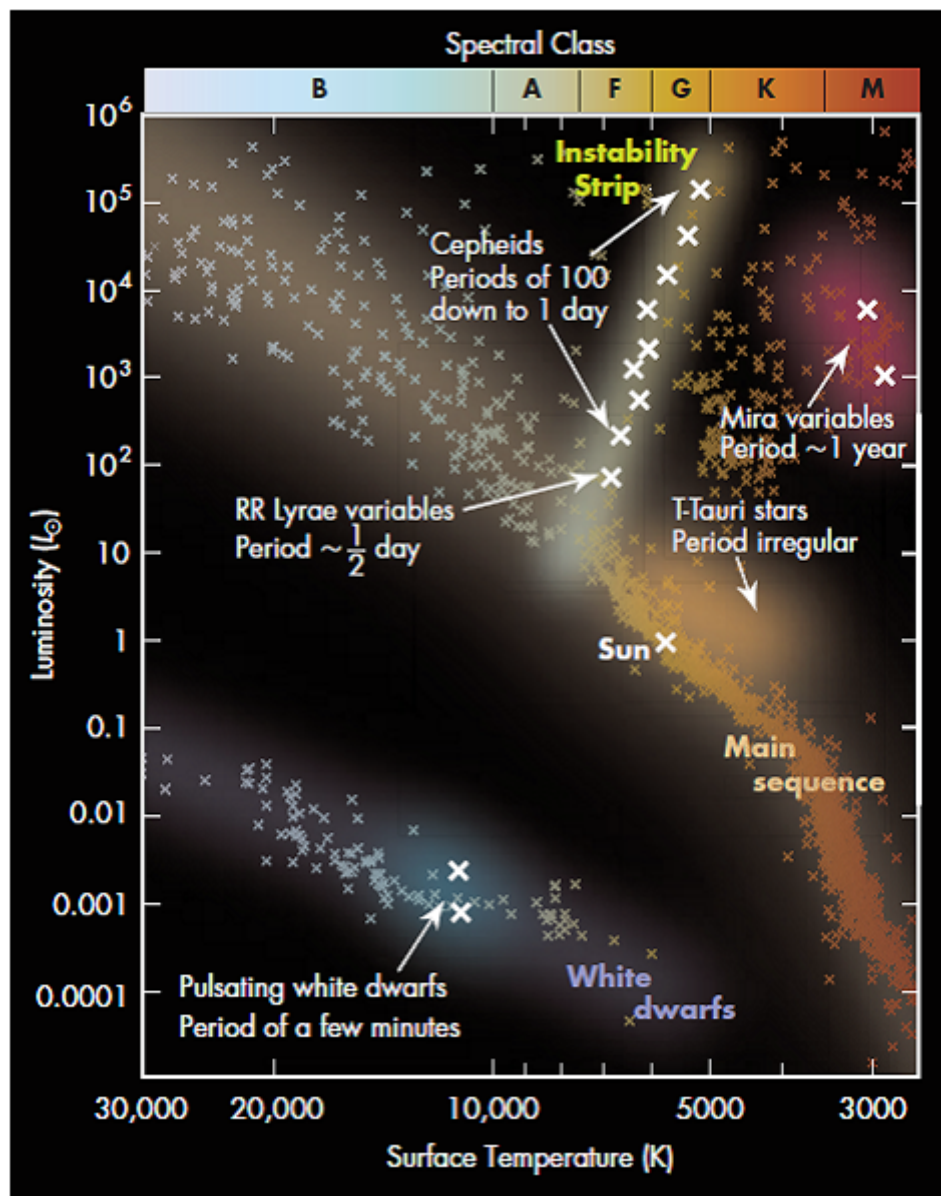
Může se pozice hvězdy v HRD měnit i krátkodobě?

Proč?

proměnné hvězdy





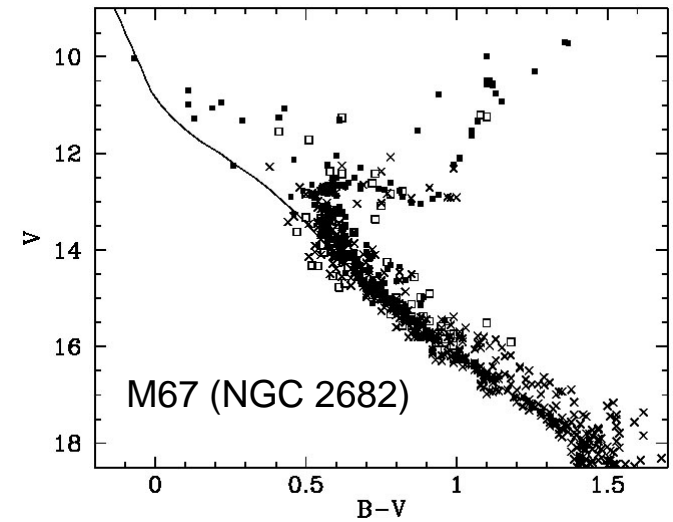


Barevný diagram

= obdoba (náhražka HRD)

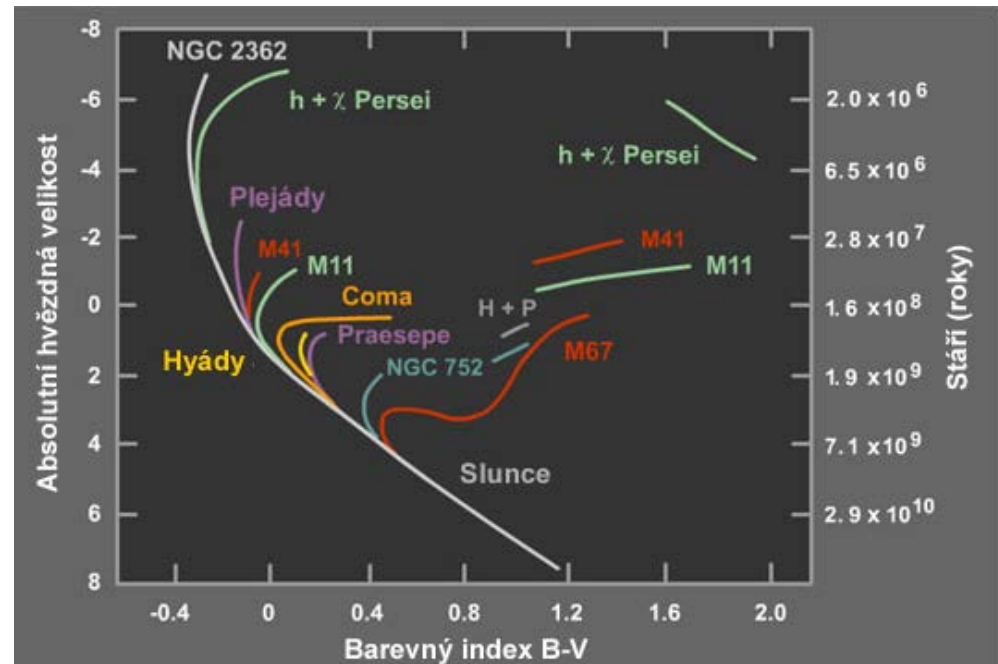
- místo spektrální třídy barevný index,
- místo absolutní hvězdné velikosti pozorovaná hvězdná velikost,

Jen pro hvězdy v cca stejné vzdálenosti od nás!

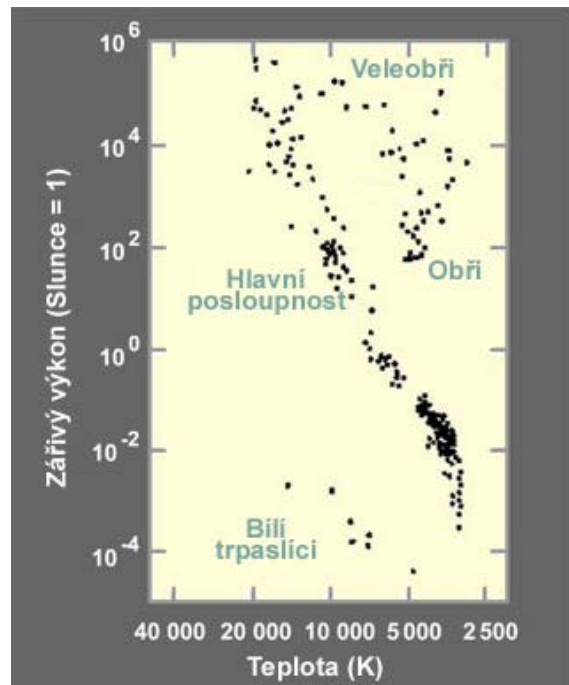


Důvod – nelze pořídit spektra hvězd s rozlišením pro spektrální klasifikaci
- měření *barevného indexu* (míry povrchové teploty hvězd) z fotometrie

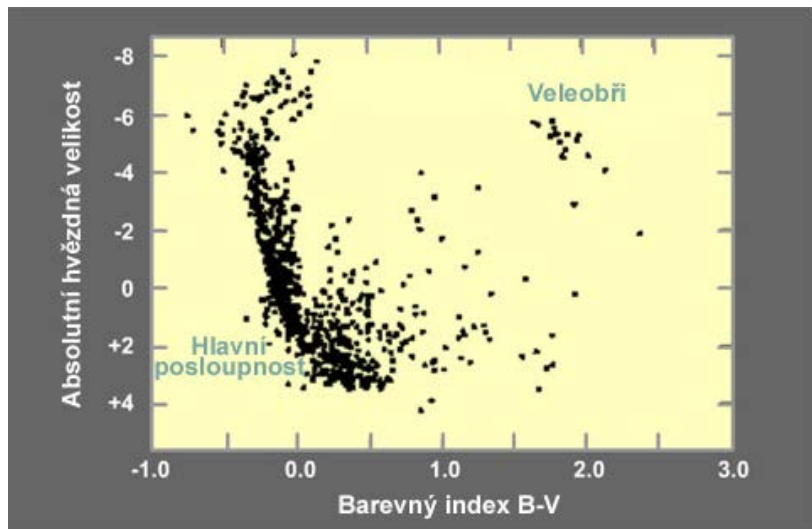
využití – určení vzdálenosti hvězdokup,
stáří hvězdokup



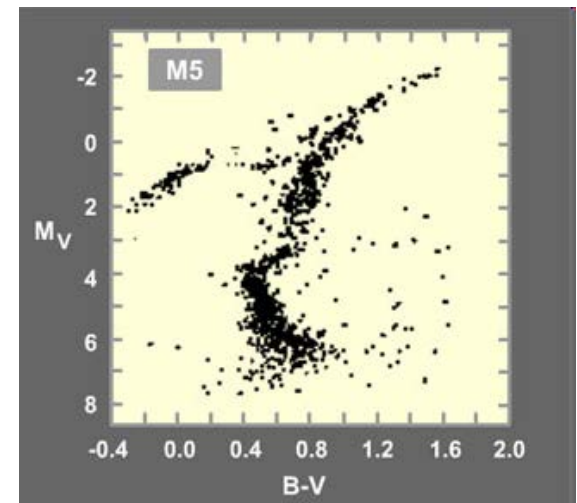
HRD pro různé otevřené hvězdokupy



HRD pro hvězdy v blízkosti Slunce

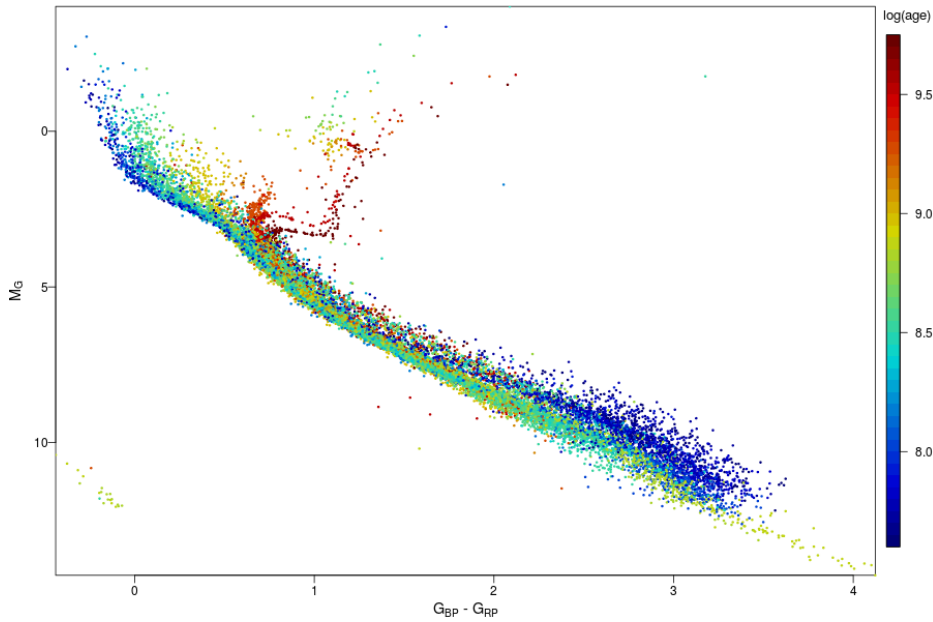


HRD pro otevřené hvězdokupy χ a h Persei

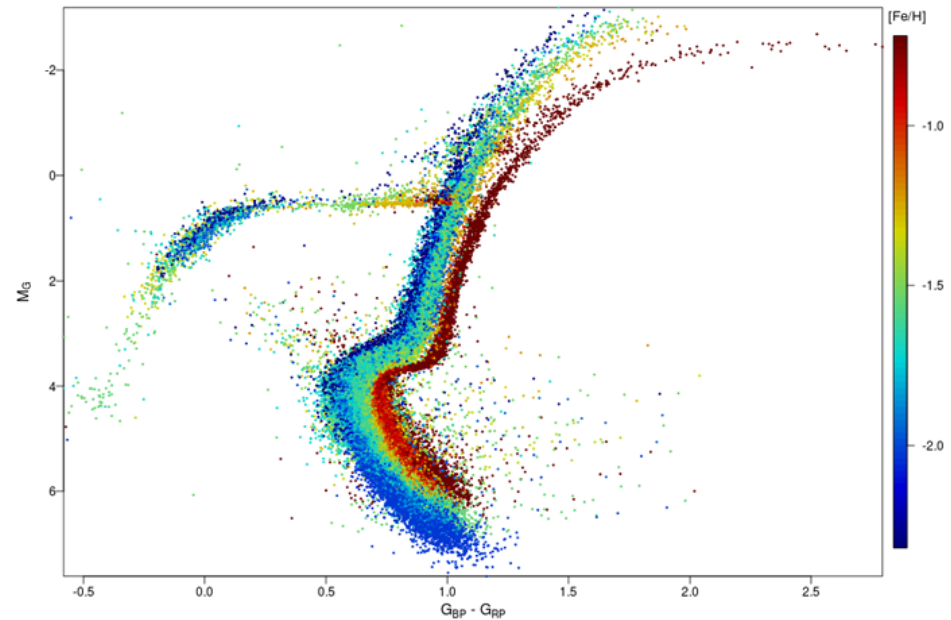


HRD pro kulovou hvězdokupu M5

HR diagramy pro hvězdokupy s daty GAIA DR2



Otevřené hvězdokupy
Kulové hvězdokupy ?

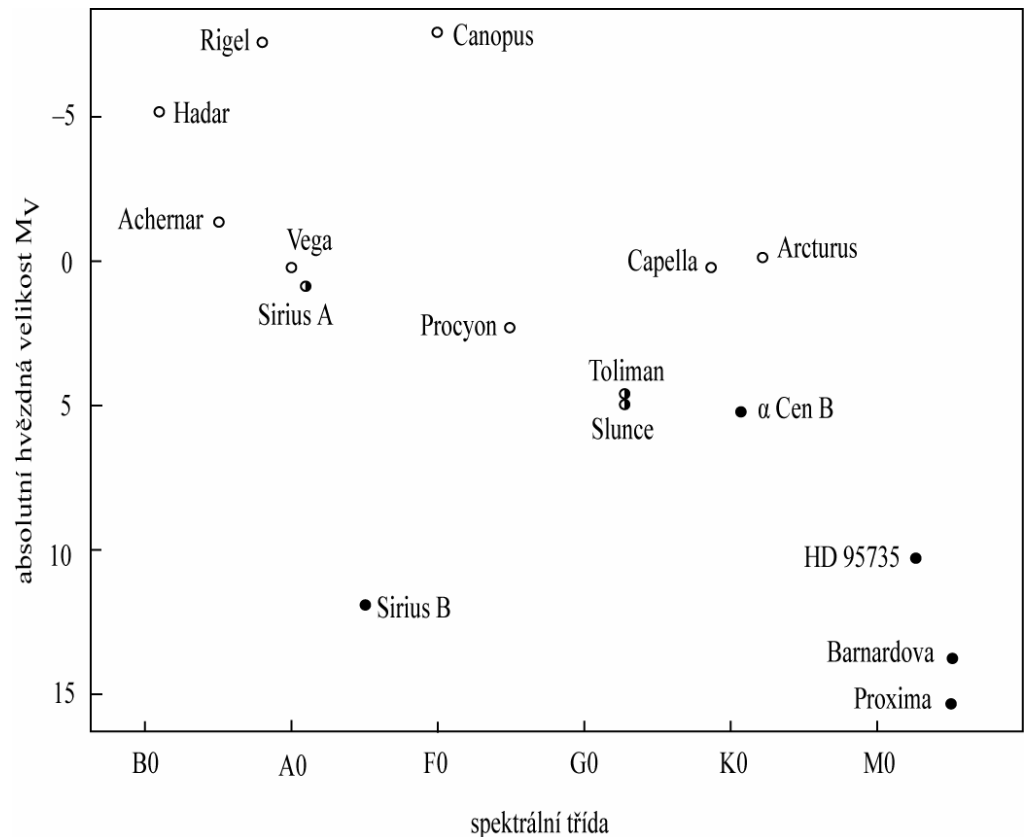


HR diagram = klamný obraz světa hvězd

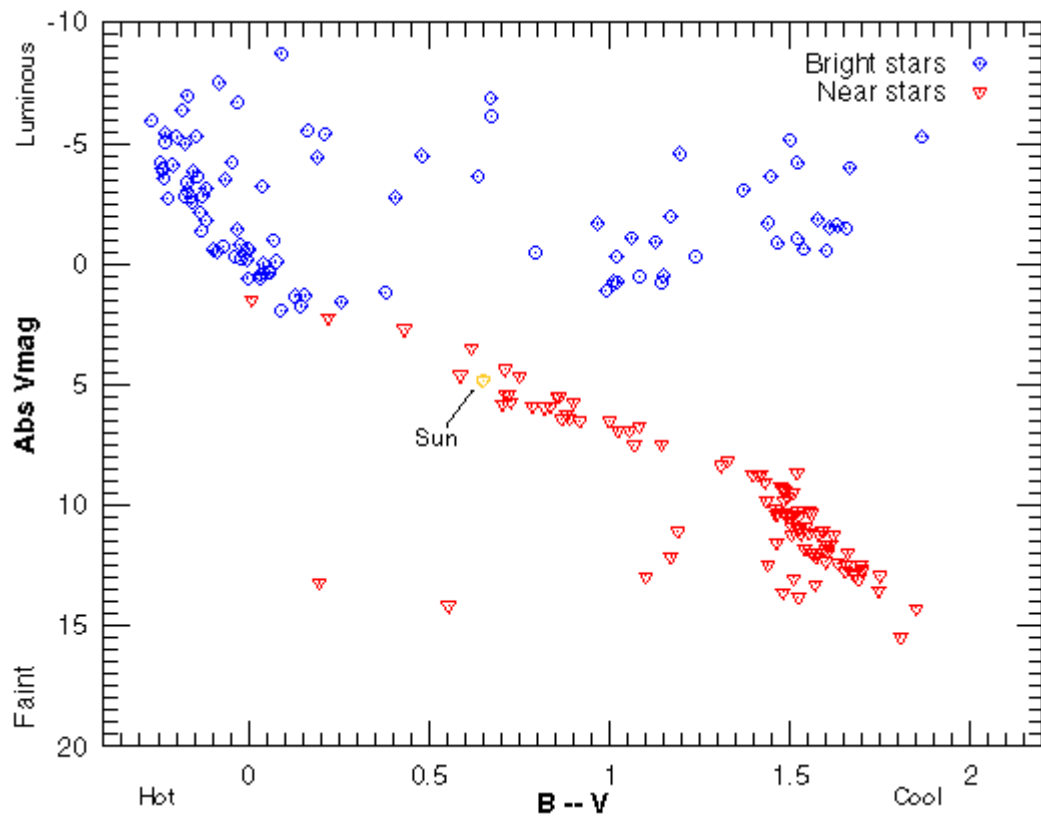
silně se uplatňuje *výběrový efekt!*

velmi zářivé hvězdy - pozorovatelné zdaleka x slabé jen v bezprostředním okolí
Slunce

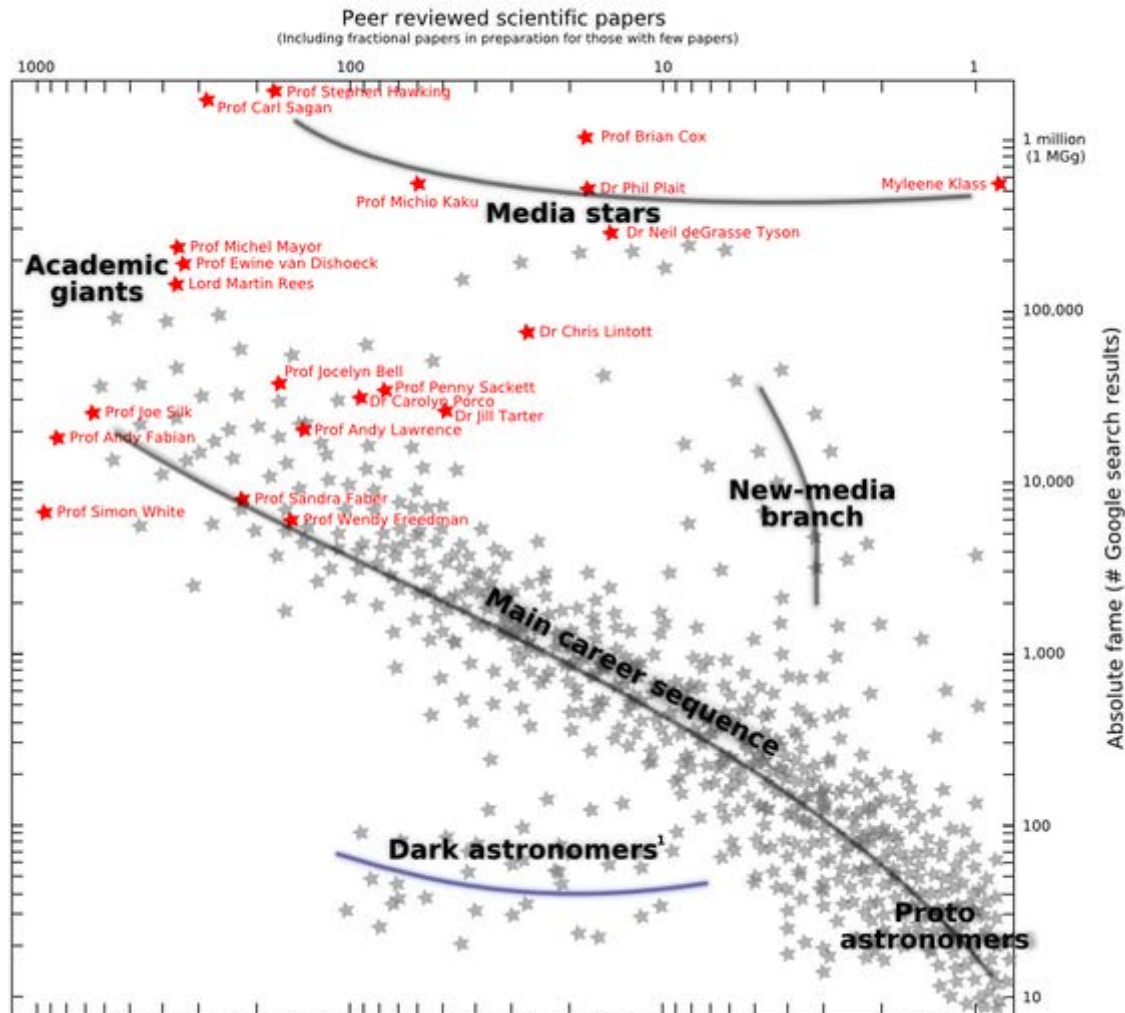
=> velké zastoupení obrů, veleobrů a hvězd z horního konce hlavní posloupnosti
x
červených a bílých trpaslíků relativně málo




Hertzsprungův-Russellův diagram pro nejjasnější hvězdy (prázdné kotoučky) a nejbližší hvězdy (plné kotoučky).



The H-R diagram of Astronomers*



* Includes associated others. Apologies to Hertzsprung and Russell. ¹ Productive but generally invisible.
NOTE: As in astronomy, the numbers are correct to a factor of a few. Most of the grey points are purely representative.

A blurred heatmap plot is visible in the background. The plot shows a color gradient from blue (low values) to red (high values). There are two distinct regions of high intensity (red/orange) on the left and right sides of the plot. A yellow rectangular box is overlaid on the center of the plot, containing the text "Děkuji za pozornost".

Děkuji za pozornost