

Železné lijáky, ohnivé smrště

Zdeněk Mikulášek

Hnědí trpaslíci

nejdivočejší hvězdy ve vesmíru



Zdeněk Mikulášek

Historie

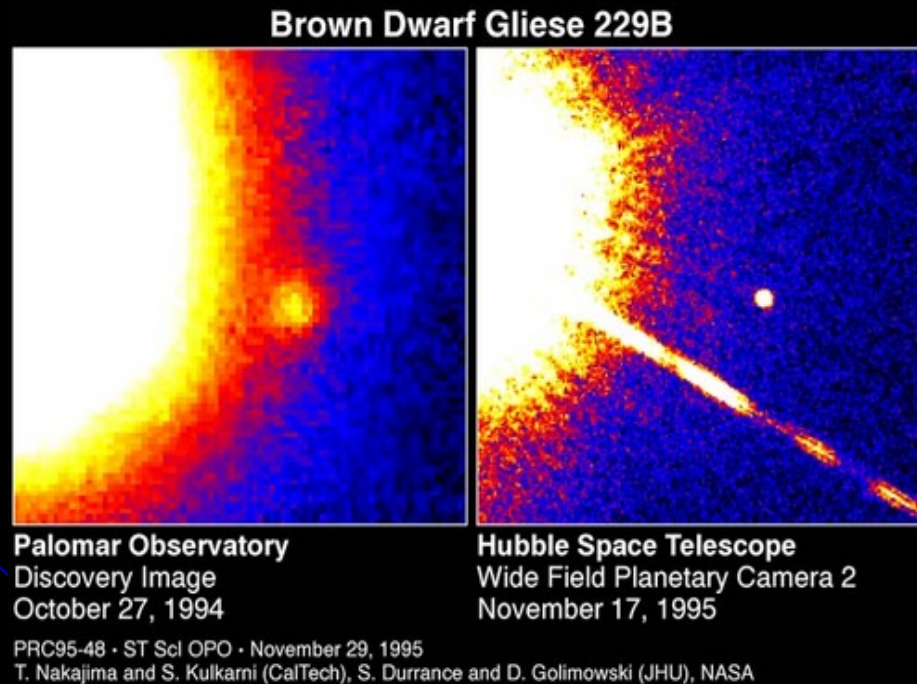
- **1963** – **Shiv Kumar**: jak by asi vypadala tělesa s hmotnostmi mezi hvězdami a planetami
- **1975** – Jill Tarterová vymyslela pro infračervené či černé hypotetické hvězdy lákavější nálepku:

Hnědí trpaslíci

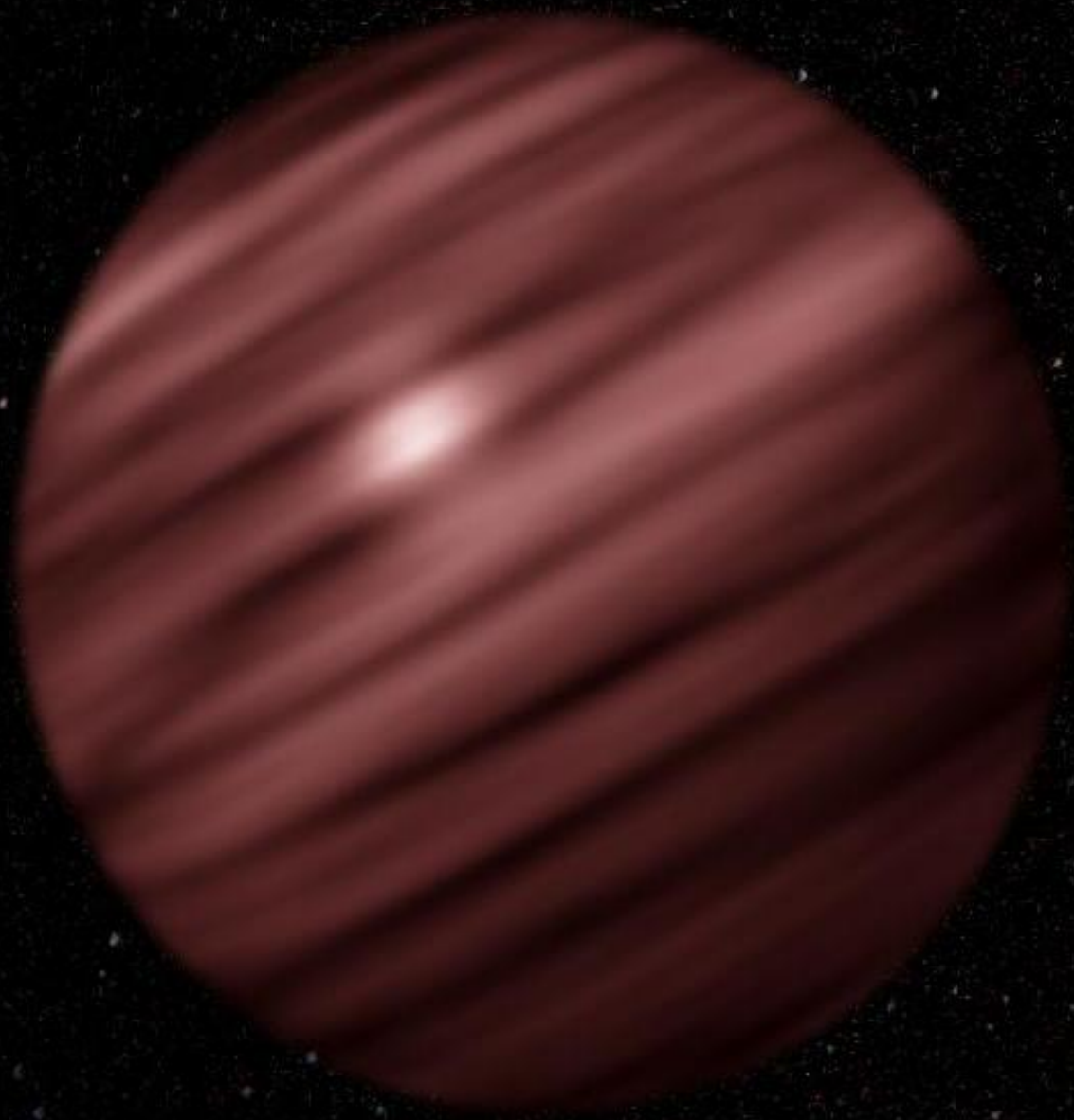
- **1980-94** – Hledání po nich pokračuje – ovšem bez valného úspěchu
- **1994** – Objevy prvních hnědých trpaslíků, potvrzení teoretických očekávání

Objev prvního hnědého trpaslíka

- Dvojhvězda **Gliese 229**, kolem jasnější a hmotnější A obíhá B – kandidát na **HT**



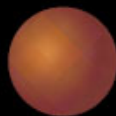
- jistotu přineslo až spektrum složky B – byly tam nalezeny čáry metanu



Co jsou hnědí trpaslíci?

- Navzdory své nepatrné hmotnosti, menší než 75 jupiterů, jsou to stále ještě hvězdy!
- Převážná část jejich energie byla uvolněna během jejich předchozí gravitační kontrakce, vodíková fúze se v nich nezažehla, hvězdy pozvolna chladnou.
- Musí mít hmotnost nejméně 13 jupiterů, jinak by to byly jen obří planety, v nichž se nikdy nezažehly žádné TNR.
- Často tvoří dvojhvězdy s jinými hvězdami, včetně HT

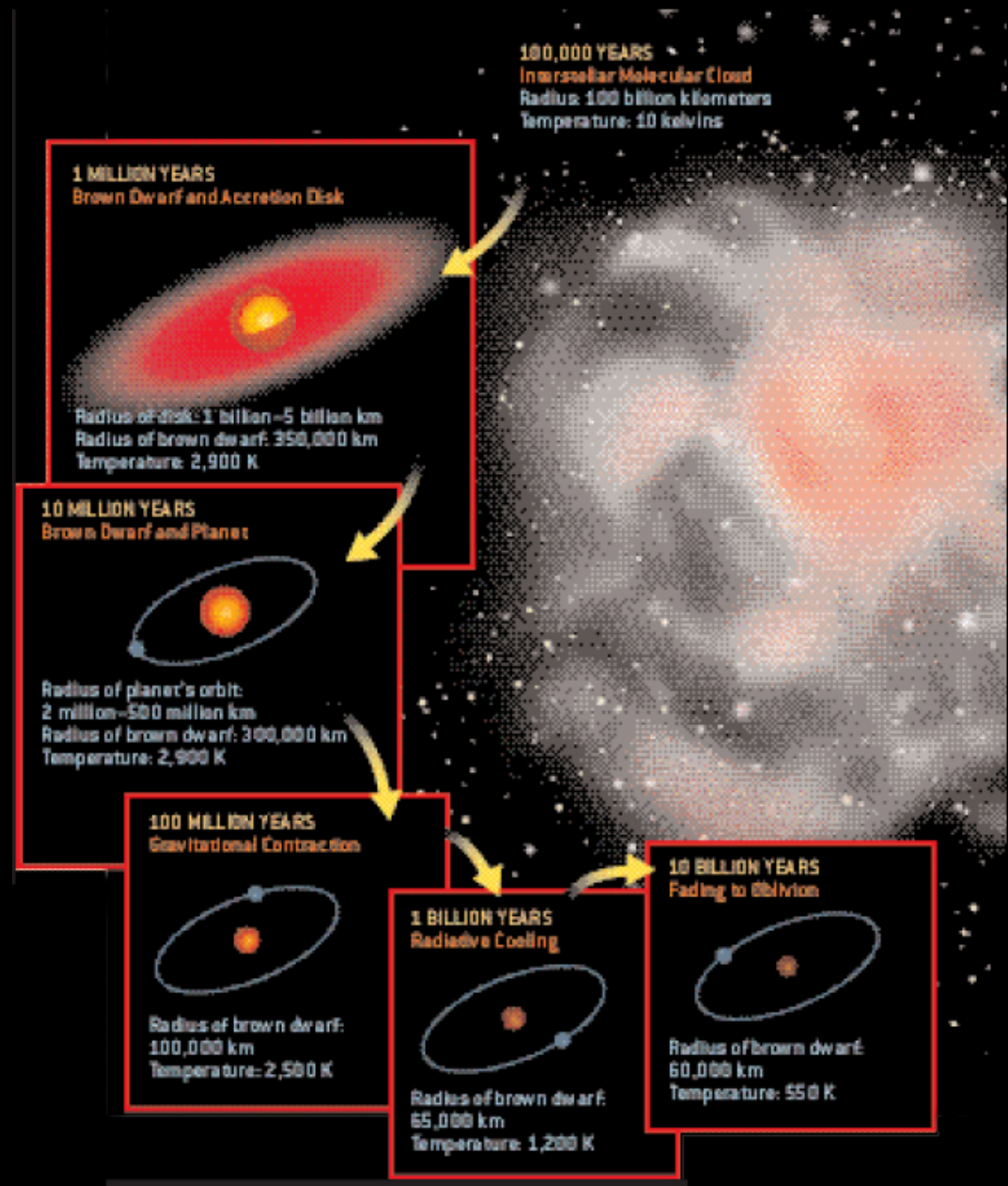
Jak je hnědý trpaslík velký?



Name	Jupiter	Gliese 229B	Teide 1	Gliese 229A	Sun
Type of object	Gas-giant planet	Brown dwarf	Brown dwarf	Red dwarf star	Yellow dwarf star
Mass (Jupiter-masses)	1	30–40	55	300	1,000
Radius (kilometers)	71,500	65,000	150,000	250,000	696,000
Temperature (kelvins)	100	1,000	2,600	3,400	5,800
Age (years)	4.5 billion	2–4 billion	120 million	2–4 billion	4.5 billion
Hydrogen fusion	No	No	No	Yes	Yes
Deuterium fusion	No	Yes	Yes	Yes	Yes

Vznik a vývoj

- zpočátku velmi podobný vývoji normálních hvězd
- pak už jen pozvolné chladnutí a pomalá kontrakce

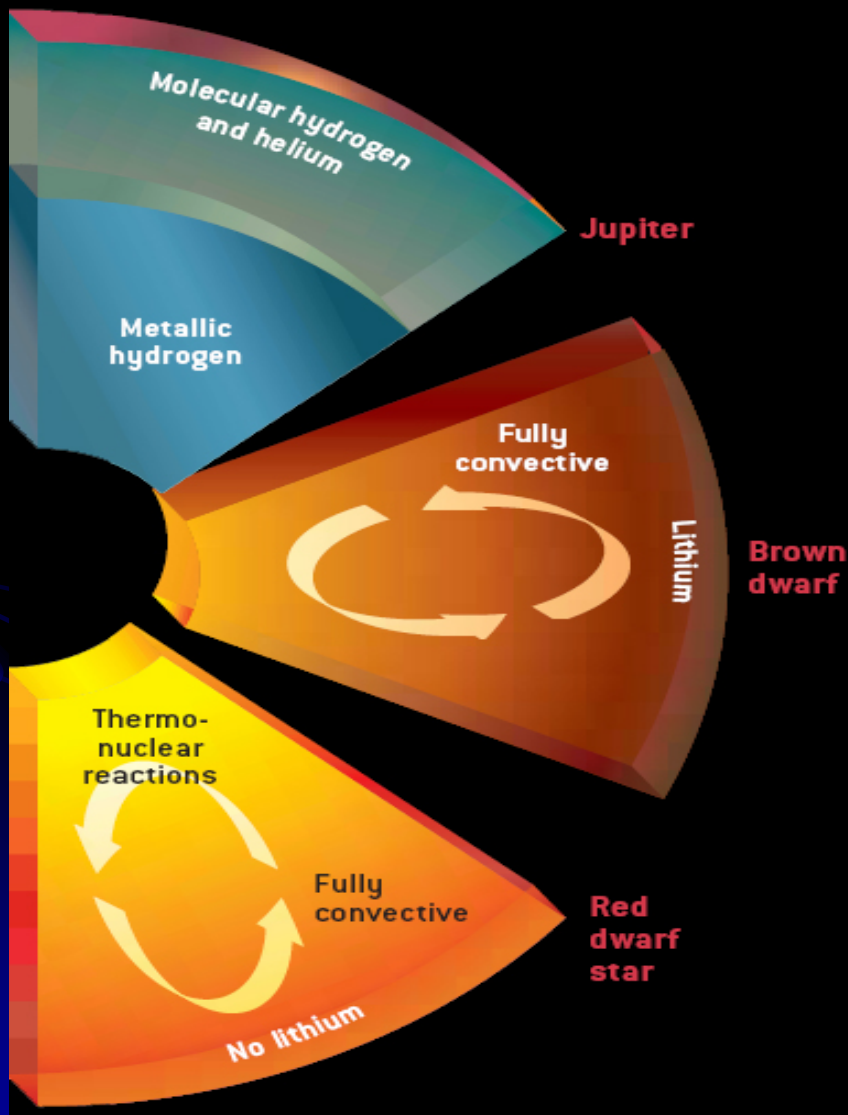


Jak rozeznat hnědého trpaslíka?

- Oproti červeným trpaslíkům
 - lithiový test
 - pásy metanu
- Oproti obřím jupiterům
 - rentgenové záření
 - infračervené záření



Vnitřní stavba HT – srovnání



- Přenos energie **konvekcí** – vnitřek hnědých i červených trpaslíků se dokonale promíchává. **Spektrum hvězdy** tak odráží chemické složení nitra
- V nitru HT spáleno deuterium, ne ale lithium
- Ve spektru by měly být přítomny čáry lithia

Lithiový test

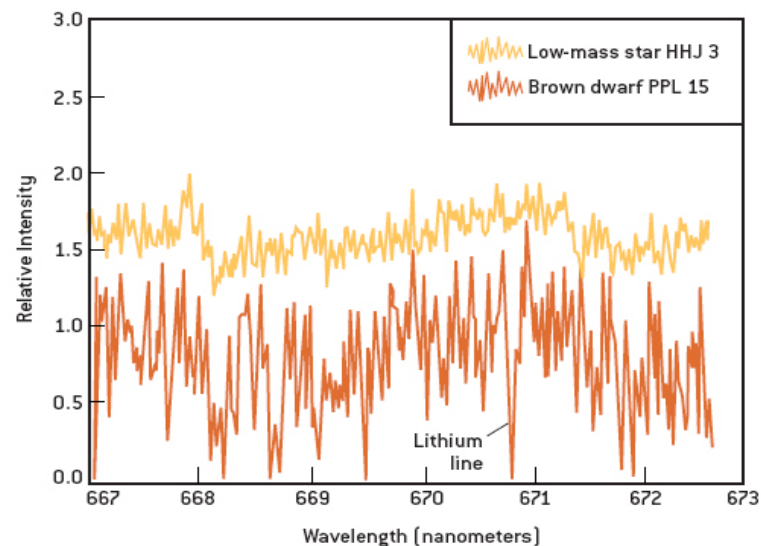
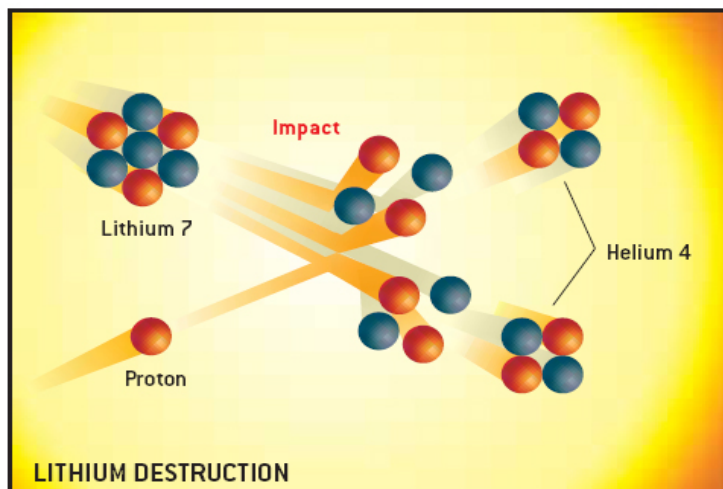
- **Přítomnost čar lithia ve spektru**

- Zápalná teplota $\text{Li} + \text{p} \rightarrow 2 \text{He}$ o něco nižší než $\text{p} + \text{p} \rightarrow \text{D}$
- Nepřítomnost Li – důkaz vyšší teploty, zapálení H

- **Test není absolutní**

- Li čáry i u velmi mladých hvězd a ve vnější atmosféře
- Existují HT s teplotou dostatečnou k spálení Li

- **Teide 1- první izolovaný HT prověřený lithiovým testem**

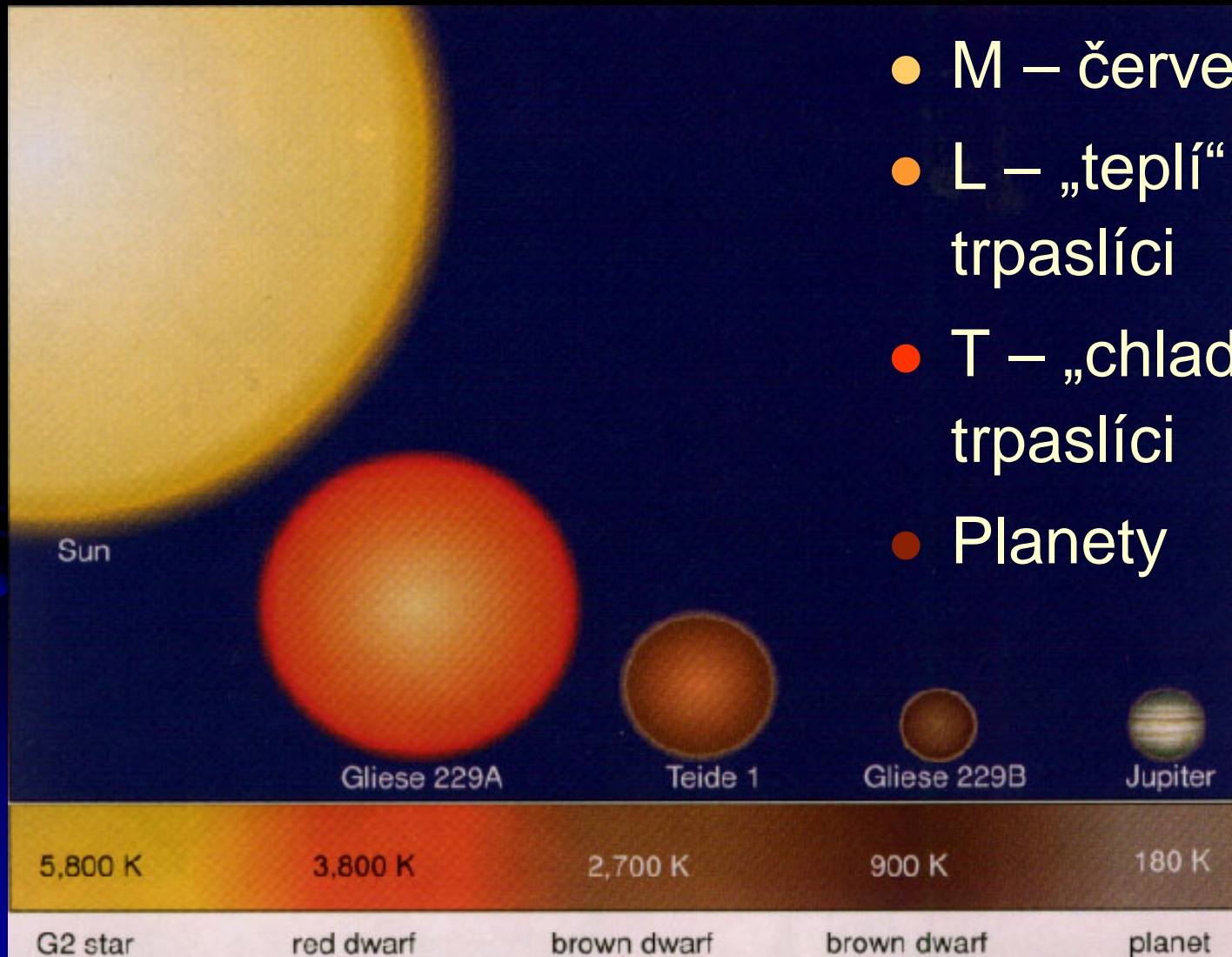


Metanový test

- **V atmosféře s teplotou menší než 1500 K se vytváří množství metanu**
 - Spektra podobná spektrům obřích planet
 - CH_4 přežije jen při nižších teplotách – nízké hmotnosti
- **Přítomnost metanu vede ke vzniku rudých mračen**
 - Kapičky v mracích neprůhledné ve vizuálním oboru, ale průhledné v jiných!
- **Gliese 229B – první HT**



Rozšíření spektrální klasifikace



- M – červení trpaslíci
- L – „teplí“ hnědí trpaslíci
- T – „chladní“ hnědí trpaslíci
- Planety

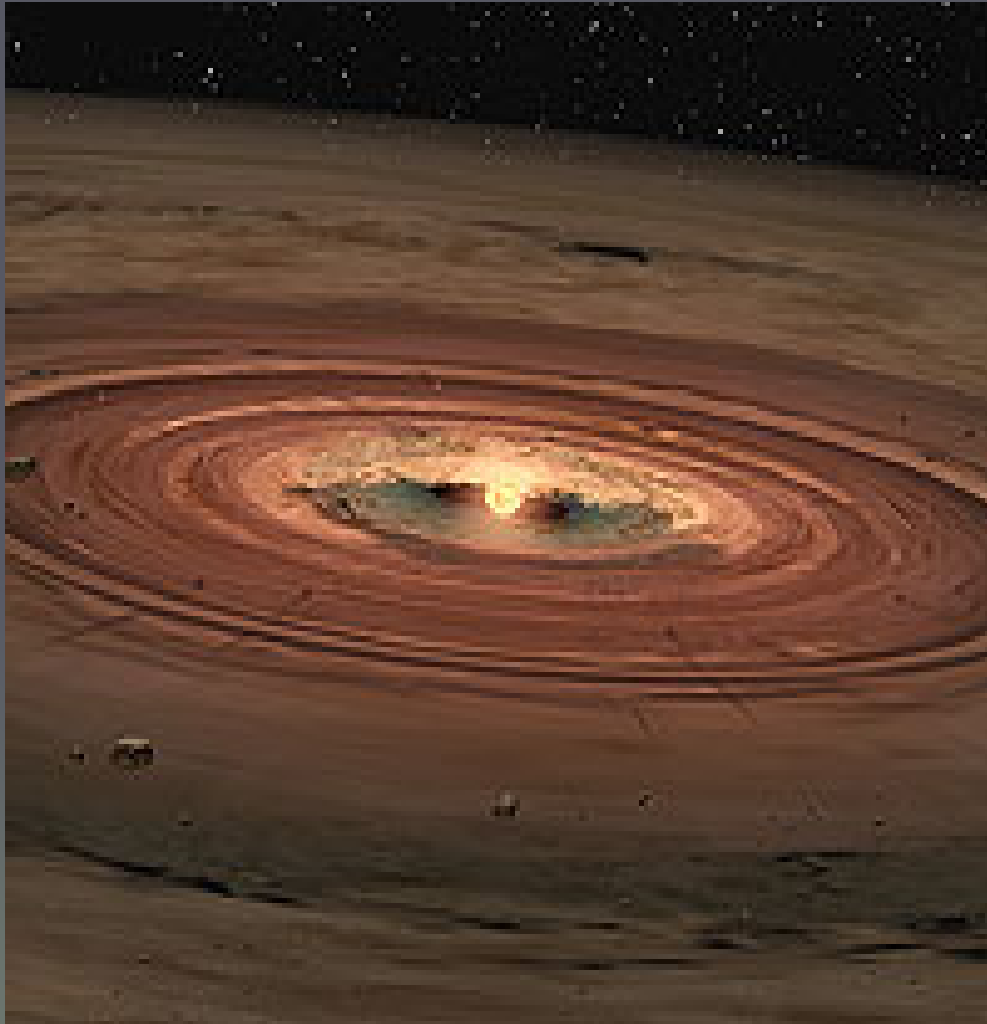
Mimikry hnědých trpaslíků

- HT jsou chladní, mají malý zářivý výkon, takže nezáří ve viditelném oboru spektra.
- 20 let trvalo, než se podařilo najít prvního hnědého trpaslíka, potvrdit jeho existenci. Stalo se tak až v roce 1995!
 - Nyní máme k dispozici nové diagnostické metody rozlišení HT
 - Značně se zvýšila citlivost přístrojů. Zdokonalené detektory světla, adaptivní optika, která umožňuje objevovat slabé objekty v bezprostředním okolí hvězd
 - Zdokonalily se pozemní infračervené přístroje
 - Především ale nové, účinnější strategie hledání HT

Strategie hledání nových HT

- Hledání slabých souputníků hvězd pomocí hvězdných koronografů – vizuální dvojhvězdy (Gliese 229B)
- Pátrání po velmi mladých, tudíž ještě hodně zářivých HT.
 - Problém – odlišení od málo hmotných mladých červených trpaslíků – bylo tak nakonec nalezeno poměrně málo nových HT
 - Uplatňuje se tu jak metanový, tak lithiový test
- Pátrání mezi samostatnými slabými objekty
 - Je na místě, protože většina HT je zřejmě ve dvojhvězdách nevyskytuje.
 - Hlavní potíží je v tom, že HT po mld let přestanou nadobro svítit.

Protoplanetární disky!



- nalezen u OTS 44
- Vzácně mohou mít HT i planety.
- Nejsou zrovna ideálním místem pro život!

Rentgenové záření

- HT splňují podmínky pro tvorbu silných lokálních magnetických polí vyplouvajících na jejich povrch
 - konvekce + rychlá rotace → dynamový efekt, mag.
 - pole se rozpadají – nahřívají chromosféru na teplotu 10^7 K
- LP 944-20 – rentgenové erupce
 - 12 h pozorování – z toho 2 h erupcí – slabší než se čekalo
- Efektivní teplota určuje i vodivost ve svrchních vrstvách hvězdy
 - Nižší ionizace zřejmě potlačuje magnetickou aktivitu

Infračervené záření

- Zdrojem energie HT – naakumulovaná potenciální energie při počátečním smrštění + energie uvolňovaná při další pomalé kontrakci dané celkovým chladnutím HT – cca 1dm/rok
- HT velmi málo září – 0,01 % slunečního výkonu
- Září převážně v IR – pozorování přinesla překvapení!



Počasi na hnědých trpaslících

- Dost podobné jako na Jupiteru, jenom mnohem bouřlivější a bizarnější. Atmosféra žhavější.
- Rychle rotující těleso s oblačnými pásy.
- Děrami mezi mraky lze dohlédnout hlouběji.
- Mračna tvořená kapičkami roztaveného železa.
- Železné deště, ohnivě smrště

