

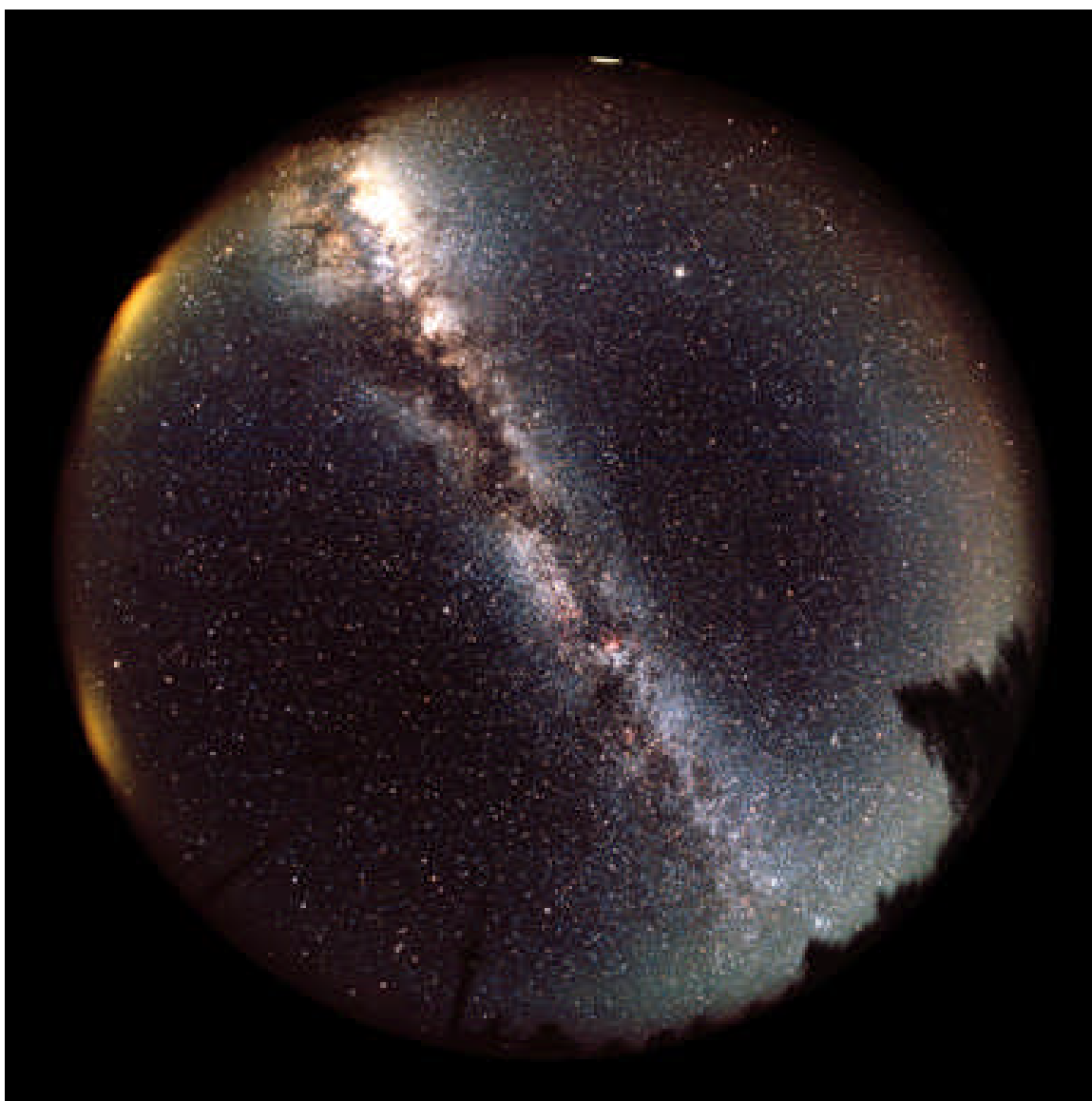
Hvězdy v otázkách a odpovědích

Josef Trna, Vladimír Štefl

Hvězdy

- Kolik hvězd můžeme pozorovat na obloze pouhým lidským zrakem?

Celkově přibližně 5 tisíc, na severní a jižní polokouli asi po 2,5 tisících.



- Proč hvězdy září?

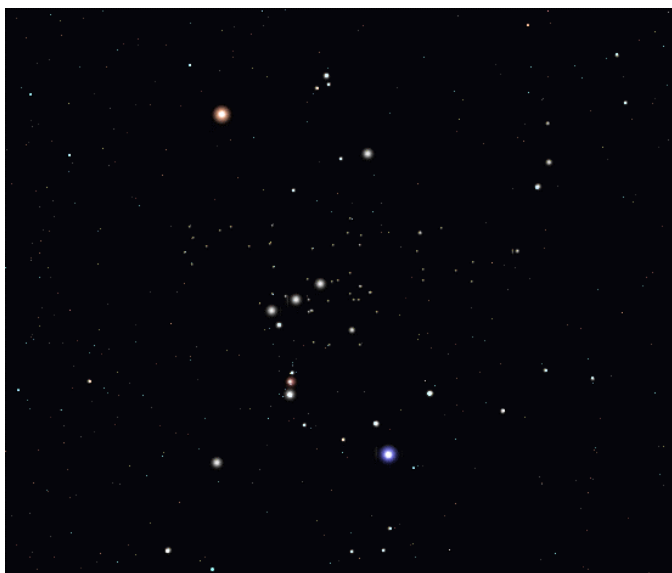
Jako každé těleso s teplotou vyšší než nula kelvinů vyzařují tepelné záření. Povrchové teploty hvězd činí řádově tisíce až desetitisíce kelvinů. Vzhledem k vysokým hodnotám teplot a velkým poloměrům (řádově 10^8 - 10^9 m), se hvězdy vyznačují velkými zářivými výkony, např. naše Slunce má zářivý výkon $4 \cdot 10^{26}$ W.

- Kde jsou zdroje energie hvězd, jestliže jde o tělesa zahřátá na povrchové teploty řádově tisíce až desetitisíce stupňů?

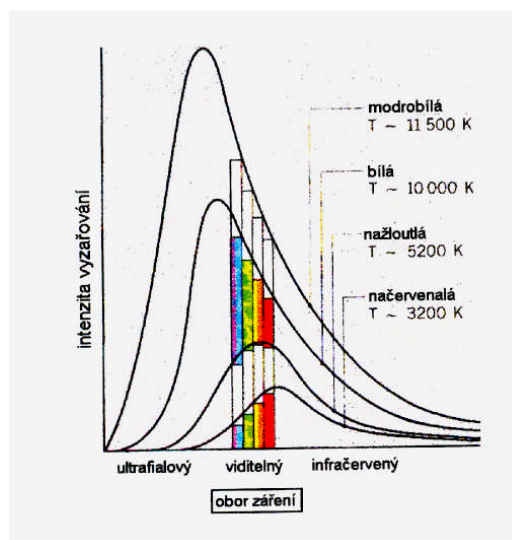
V nitru hvězd probíhají termonukleární reakce, přeměna vodíku na helium. Přesněji v průběhu několika reakcí proběhne shrnuto syntéza $6 {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2 {}_1^1\text{H}$. Při ní se uvolňuje vazebná energie. Ze čtyř protonů vzniká jádro atomu helia, jehož hmotnost je menší než hmotnost čtyř protonů. Uvolněná energie je $\Delta E = \Delta mc^2$.

- Proč pozorujeme u hvězd různá zbarvení?

Hvězdy se vyznačují různými povrchovými teplotami, a proto je jejich světelné spektrum odlišné. Podle převládající intenzity určité barvy ve spektru získává hvězda příslušné zbarvení, viz snímek hvězd ze souhvězdí Orionu. Levá horní hvězda Betelgeuze se vyznačuje červeným zbarvením zatímco pravá dolní Rigel je modrobílá.



Zabarvení hvězdy je určeno vlnovou délkou světla o největší intenzitě, což odpovídá Wienovu posunovacímu zákonu. Na spodním obrázku jsou zachyceny křivky intenzity vyzařování spojitěho spektra.



- Proč při pohledu na hvězdy pozorujeme jejich mihotání zatímco u planet nikoliv?

Úhlové velikosti hvězd nepřevyšují $0,05''$, kužel paprsků (svazek fotonů vyzářených z hvězdy) procházejících atmosférou je velmi úzký, dosahuje jen několika milimetrů. U planet jsou úhlové velikosti disků větší, např. u Venuše ($10 - 64''$), u Saturnu ($15-20''$), Jupitera ($30 - 50''$), kužel fotonů dosahuje řádově desítky centimetrů. Paprsky z planet tak dopadnou vždy do oka pozorovatele, proto mihotání u planet již neexistuje. U hvězd může dojít k přerušení proudu fotonů, a proto hvězdy mihotají.

- Čím se odlišují planety od hvězd při pohledu na oblohu?

Hvězdy jsou bodovými zdroji světla, „mihotají“ zatímco u planet pozorujeme disky, viz snímek Venuše v blízkosti otevřené hvězdokupy Plejády. Planety se rovněž po obloze pohybují mnohem rychleji než hvězdy. Tento pohyb v průběhu krátkodobého pozorování nezpozorujeme.



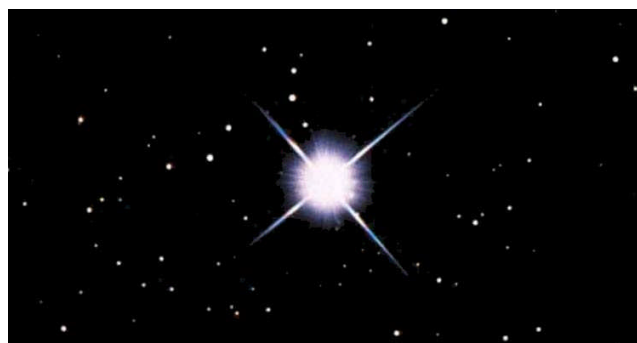
- Jaký je základní rozdíl mezi planetami a hvězdami?

Hvězdy se vyznačují dlouhodobými zdroje energie, probíhají v nich termonukleární reakce. Velké planety v sluneční soustavě vyzařují více energie, než kolik ji přijímají od Slunce. V jejich nitru probíhají fázové přeměny či dochází k postupnému jejich smršťování.



- Proč hvězdy kreslíme s paprsky?

Paprsky na fotografiích hvězd vznikají (viz obrázek) díky difrakci (ohybu) světla přicházejícího z hvězdy na vnitřní podpěry – žebroví, používaných u dalekohledů s větším průměrem .



- Jaký mají tvar hvězdy?

Hvězdy mají v podstatě sférický (kulový) tvar. U hvězd s výraznou rotací je působením odstředivých sil jejich tvar deformován, jsou tudíž zploštělé.

- Kolik čtverečních stupňů zabírá celá obloha? Která souhvězdí jsou plošně největší respektive nejmenší?

Povrch jednotkové koule je 4π steradiánů, 1 radián je $\frac{180}{\pi}$ stupňů, 1 steradián

$\left(\frac{180}{\pi}\right)^2$ čtverečních stupňů, celá obloha má $4\pi\left(\frac{180}{\pi}\right)^2 = \frac{129600}{\pi} \cong 41253$ čtverečních stupňů.

K plošně největším souhvězdím patří Hydra 1 303 čtverečních stupňů, Panna 1294 čtverečních stupňů, naopak nejmenšími souhvězdími jsou Koníček 72 čtverečních stupňů a Jižní kříž 68 čtverečních stupňů.

- Jak můžeme přibližně určit úhel jednoho stupně na obloze?

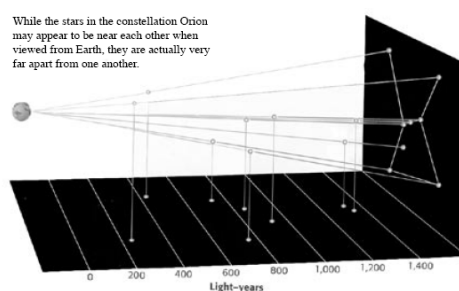
K odhadu využijeme natažené lidské paže, při standardní vzdálenosti ruky od oka odpovídá jeden centimetr přibližně jednomu stupni, celá sevřená pěst zhruba deseti stupňům.

- Kolik hvězd průměrně připadá na čtvereční stupeň při pohledu pouhým okem?

Lidským zrakem lze pozorovat přibližně na celé obloze 5 000 hvězd, tedy na jeden čtvereční stupeň připadá $\frac{5000}{41253} \cong 0,122$ hvězd. Takto lze porovnávat hustotu rozložení hvězd pozorovatelných lidským okem. Nejvíce hvězd pouhým okem vidíme v souhvězdí Labutě a Kentaura, asi 150.

- Co jsou to souhvězdí a které znáš?

Seskupení hvězd v daném směru. Hvězdy v souhvězdích spolu zpravidla fyzikálně nesouvisí, mohou se nacházet v různých vzdálenostech, viz prostorový model hvězd souhvězdí Orionu.



- Proč existuje na obloze souhvězdí Velké Medvědice, vždyť Řekové či Arabové neznali ze svého území medvědy? Kolik hvězd obsahuje „pánev“ Velké Medvědice?

V antice bylo známo, že v severním směru leží země, kde žijí medvědi. Proto vznikl název Velká Medvědice. „Pánev“ respektive „Velký vůz“ tvoří sedm hvězd (Benetnash, Mizar, Alioth, Megrez, Phekda, Merak a Dubhe). Při příhodných podmínkách můžeme pozorovat Mizar jako dvojhvězdu, tedy i s Alcorem, na následujícím obrázku druhá hvězda zleva.



- Proč nejjasnější hvězdy ze souhvězdí mají na obloze tak podivné názvy Algol, Antares, Betelgeuse atd.?

Názvy nejjasnějších hvězd ze souhvězdí pochází z arabského období vědy, které začalo přibližně sedmým stoletím n. l. a vrcholilo zhruba v 10. století na přelomu tisíciletí.

- Proč nepozorujeme vznik hvězd?

Vznik hvězd probíhá relativně velmi pomalu vzhledem k délce života lidí. Mračna prachu a plynu, ze kterých se formují zárodky hvězdy se vyznačují nízkými teplotami (řádově desítky kelvinů), proto vznikající hvězdy jsou obtížně pozorovatelné, využíváme proto infračerveného oboru spektra.

- Která hvězda je na obloze nejjasnější?

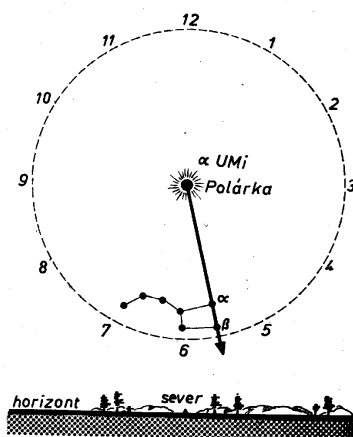
Nejasnější hvězdou na obloze je Síríus, přesněji Síríus A. Je to proto, že z vesmírného hlediska se nachází blízko nás - 2,64 pc (1 pc = 3,26 l.y.) a její zářivý výkon je nadprůměrný, zhruba 25 L_S ($L_S = 3,84 \cdot 10^{26}$ W).

Na obr. je zachycen Síríus A a souhvězdí Velkého psa a Orionu.



- Můžeme použít hvězdy k určování času?

K určování středního slunečního času použijeme hvězdy α a β Ursae Maioris, jejich rektascenze je rovna $\alpha = 11^h$. spojnice hvězd α UMa (Dubhe) a β UMa (Merak) směřuje ke hvězdě α UMi (Polárce). Spojnice těchto tří hvězd může sloužit jako ručička na hodinách. Kolem Polárky se nachází celý číselník, jehož středem je Polárka. Hodinovou ručičkou je



spojnice Polárky s hvězdami α a β UMa. Ručička se však na obloze pohybuje opačným směrem než ručičky na hodinách, od větších čísel k menším. Pomocí údaje této ručičky lze

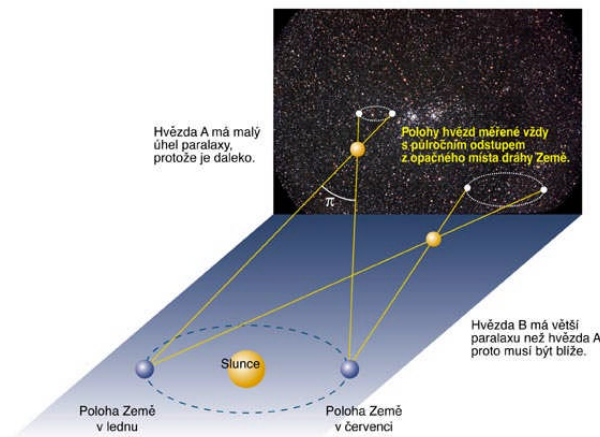
přibližně určit hodinový úhel t zmíněných hvězd. *Hodinový úhel definujeme jako úhel, který svírá rovina procházející oběma světovými póly a objektem s rovinou místního poledníku.*

- Která astronomická vzdálenost je základem moderní jednotky délky?

Základem moderní jednotky délky je astronomická jednotka, zkratka AU, vzdálenost Země – Slunce. Byla poprvé určena v září roku 1672 při velké opozici (tj. když Slunce, Země a Mars leží na stejné přímce, přičemž Mars se nacházel v relativní blízkosti Země – 55 milionů km). Poloha Marsu na pozadí hvězd byla určována ze dvou míst na Zemi, z Paříže a z Cayenne ve Francouzské Guyaně. Při znalosti vzdálenosti těchto míst a dvou úhlů, pod kterými byl Mars pozorován, bylo možné stanovit vzdálenost Marsu a následně Slunce.

- Jak můžeme určovat vzdálenosti hvězd od nás?

Metoda roční paralaxy vyžaduje stanovení úhlu, pod kterým bychom v kolmém směru k hlavní poloose trajektorie Země kolem Slunce pozorovali její velkou poloosu. Při vlastním měření zjišťujeme posuv poloh hvězd vyvolaný pohybem Země kolem Slunce.



- Proč je používána hvězda Canopus v kosmonautice jako vztažná referenční, tedy hvězda která slouží k orientaci, k hledání polohy kosmických sond.

Canopus je druhou nejjasnější hvězdou na obloze, která leží relativně vysoko nad ekliptikou. Proto většina kosmických sond, amerických i ruských, ji používá k určování polohy.



- Co to znamená, že je hvězda obrem?

Jde o hvězdy s velkými poloměry, řádově desítky poloměrů Slunce, připomínáme, že poloměr Slunce je $7 \cdot 10^8$ m.

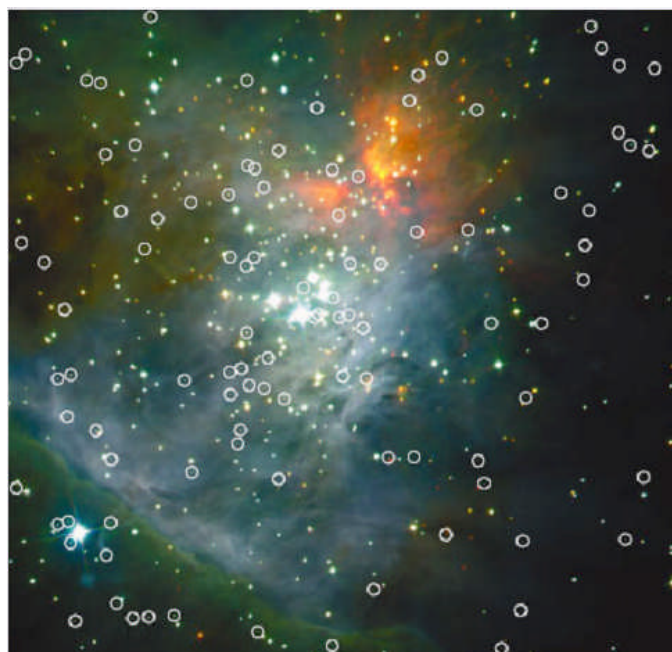
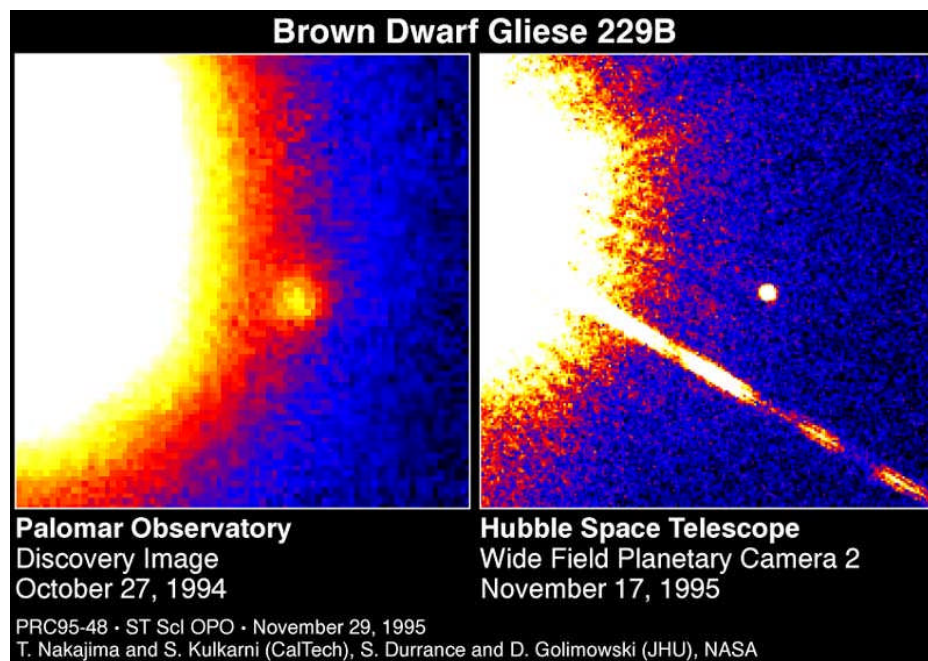


Typ hvězdy	Rozměr
Veleobří	až $500 R_{Slunce}$
Obří	až $80 R_{Slunce}$
Hlavní posloupnost	0,5 až $20 R_{Slunce}$
Bílí trpaslíci	1000 až 10 000 km
Neutronové hvězdy	10 až 100 km

Hustota:			
Veleobr	Slunce	Bílý trpaslík	Neutronová hvězda
10^{-6} g/cm ³	1,4 g/cm ³	10^6 g/cm ³	10^{14} g/cm ³

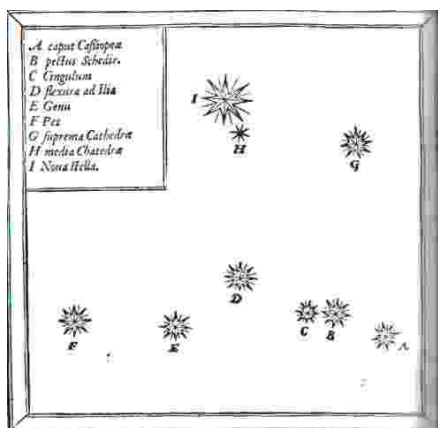
- Které hvězdy nazýváme v astronomii trpaslíky?

Červené a bílé trpaslíky určitě znáte. Co ale říkáte hnědým trpaslíkům? První snímek zobrazuje prvního objeveného hnědého trpaslíka Gliese 229B, druhý jejich hromadný výskyt v souhvězdí Orionu (v kroužcích jsou zachyceny obrazy hnědých trpaslíků). Bílé trpaslíci se vyznačují průměrnou hmotností $0,6 M_S$ a poloměry $\approx 0,01 R_S$. Červení trpaslíci se vyznačují hmotnostmi $0,075 M_S \leq M \leq 0,6 M_S$ a poloměry $(0,1 - 0,7) R_S$, teplotami $(3\,900 - 2\,500) K$. Nově objevení hnědí trpaslíci mají hmotnosti $(20 - 50) M_J$, poloměrech $\approx R_J$ při povrchových teplotách zhruba $(2\,200 - 1\,000) K$.



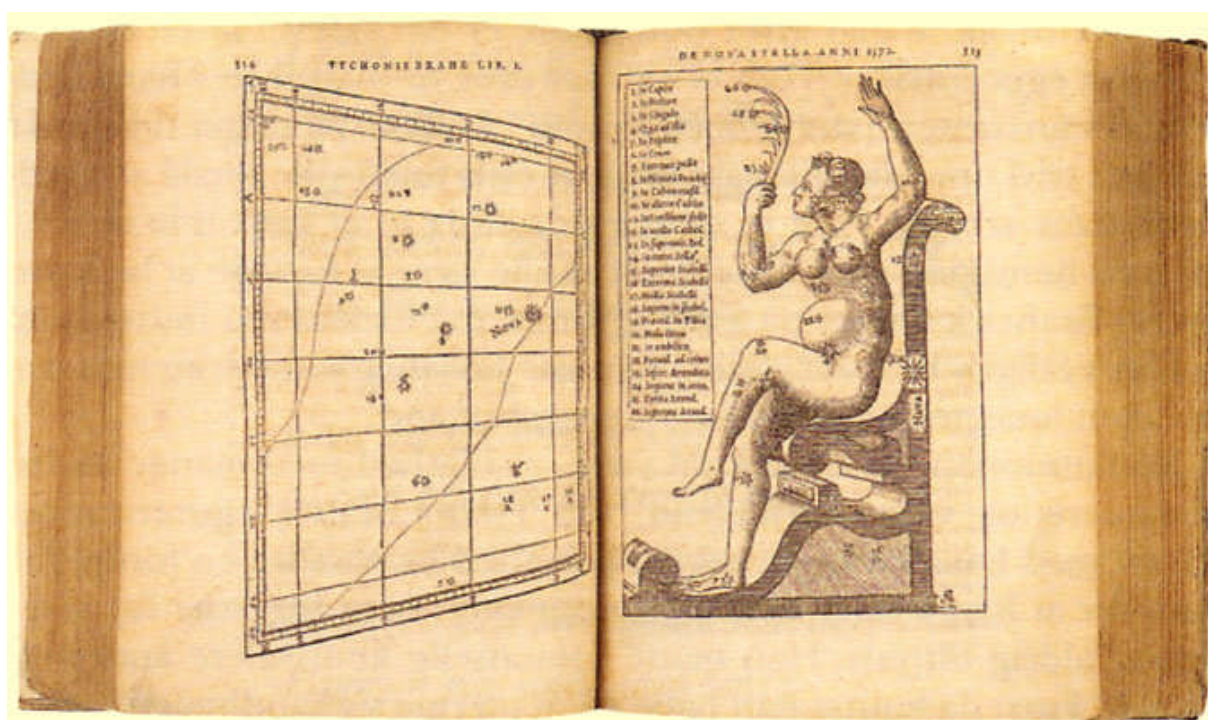
Na prvním obrázku je první nově objevený hnědý trpaslík Gliese 229B, na druhém velká skupina hnědých trpaslíků v Orionu.

- Co jsou to novy?



Když v listopadu 1572 si do svého pozorovacího deníku zapsal Tycho Brahe, že v souhvězdí Kassiopei se objevila nová hvězda – Stella nova, netušil, jak hluboko se mýlil. Ve skutečnosti jsou novy bílí trpaslíci, tedy hvězdy staré, které byly omlazeny přísunem vodíku ze sousední hvězdy. Jde o těsné dvojhvězdy, kde na povrch jedné složky – bílého trpaslíka je ukládán vodík přenášený z druhé složky.

Obrázek Tychona Brahe zachycuje novu z roku 1572.



- Jak se liší novy od supernov?

V případě nov exploduje vnější část hvězdy – bílého trpaslíka, uvolněné energie dosahuje 10^{38} J, zatímco v případě supernov exploduje celé hvězda a uvolněná energie je větší 10^{46} J.

Termín nova charakterizuje zvýšení zářivého výkonu tedy jasnosti hvězdy staré, již existující. V případě nov je vazebná gravitační potenciální energie v absolutní hodnotě výrazně větší než kinetická energie expandujících vnějších vrstev. Proto objekt – bílý trpaslík zůstává zachován.

- Proč se lidstvo v současnosti tak zajímá o hvězdy?

Ve hvězdách probíhá základní chemická evoluce hmoty ve vesmíru, v nich vznikly těžší prvky, ze kterých je složena Země, vzduch i lidské tělo. Hvězda – Slunce je důležitým zdrojem energie lidstva.

Historie

- Podle jakých hvězd se orientovali mořeplavci ve starověku?

Ve starověku se mořeplavci orientovali podle nejjasnějších hvězd, pozorovatelných z oblasti Středozemního moře, Sirius, Vega, Polárka atd. Před 4 500 roky bylo známo 47 souhvězdí. V antice se Homér zmiňuje například o Velké Medvědici, Pasterci, Orionu.

Pozorování hvězd na obloze:

Základní objekty - hvězdy letního trojúhelníka – Vega, Deneb, Altair, souhvězdí Orionu, M 42, sedm nejvýraznějších hvězd v souhvězdí Velké Medvědice, hvězda Polárka, Síríus

Další objekty – hvězdokupa Plejáda, hvězda Aldebaran, souhvězdí Býka, Kassiopeji

- A) Pomocí natažené ruky a prstů se mohou žáci sami přesvědčit, že úhlové průměry Slunce (pozor, oči je třeba chránit vhodnými brýlemi nejlépe na pozorování slunečního zatmění) a Měsíce jsou přibližně stejné. Z rozdílnosti úhlových rychlostí pohybu Měsíce a Slunce po hvězdné obloze lze vyvodit závěr, že Měsíc je k Zemi blíže než Slunce. Proto musí být menší než Slunce.
- B) Najdi na obloze část souhvězdí Velké Medvědice tzv. Velký vůz. Nakresli obrys obrazce, zachyť jednotlivé hvězdy. Zkus si zapamatovat názvy některých z nich: Benetnash, Alcor (Mizar), Alioth, Megrez, Phekda, Dubhe, Merak.
- C) Najdi na obloze Polárku pomocí obrazce Velkého vozu (pětinásobným prodloužením spojnice hvězd α a β). Nakresli obrys souhvězdí Malého Medvěda, vyznač Polárku. Je severní světový pól totožný s Polárkou? Lze se orientovat v přírodě podle Polárky? Jak můžeme použít Polárku k zjištění zeměpisné šířky?

Literatura:

- [1] Laisne, M., Tryoen, V.: Astronomia w szkole podstawowej. ZDN, Toruń 1993. Překlad z francouzštiny, Astronomie a l'ecole elementaire.
- [2] Štefl, V., Krtička, J.: Didaktika astrofyziky. www.physics.muni.cz/astrodidaktika/
- [3] Klepešta, J., Růkl, A.: Souhvězdí. Artia, Praha 1971.
- [4] Hlad, O., Pavlousek, J.: Přehled astronomie. SNTL, Praha 1990.
- [5] <http://hubblesite.org/newscenter/>
- [6] <http://www.eso.org/>
- [7] <http://www.aldebaran.cz/>
- [8] <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/>