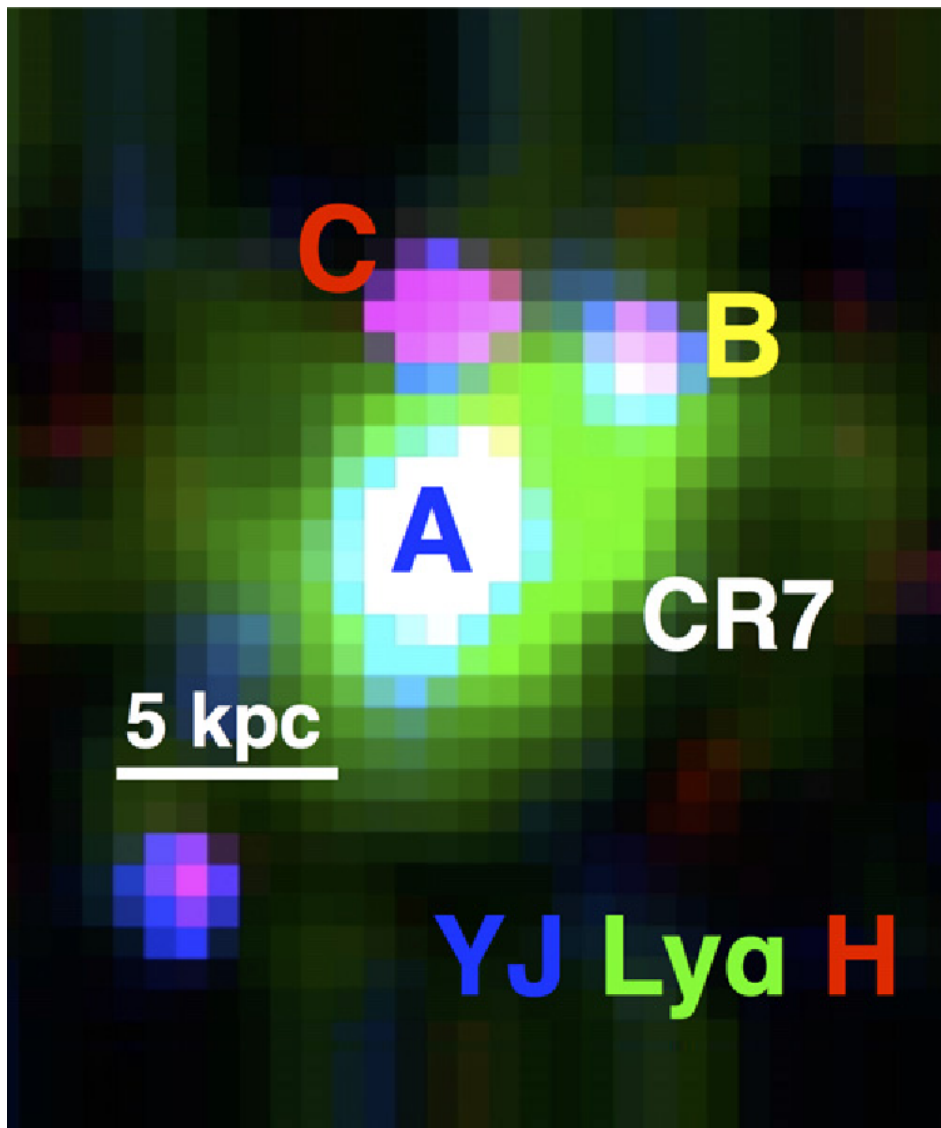


POVĚTROŇ

Královéhradecký astronomický časopis * ročník 25 * číslo 3/2017



Obsah

	strana
Miroslav Brož: <i>První hvězdy ve vesmíru</i>	3
Michal Brixí: <i>To jsme dopadli...</i>	15
Miloš Nosek: <i>Největší sluneční hodiny</i>	18
Miloš Nosek: <i>Podzimní setkání slunečních hodinářů</i>	20
Jaromír Ciesla: <i>Sluneční hodiny 3. kvartálu</i>	23
Miroslav Brož: <i>Kniha Astronomická měření</i>	26
<i>Mapka oblohy</i>	27

Titulní strana — Snímek zdroje CR7 pomocí HST, s rozlišenými komponentami A, B, C, kde se mohou nacházet hvězdy populace III. Převzato ze Sobral aj. (2015). K článku na str. 3.

Povětroň 3/2017; Hradec Králové, 2017.

Vydala: **Astronomická společnost v Hradci Králové** (3. 2. 2018 na 324. setkání ASHK)
ve spolupráci s **Hvězdárnou a planetáriem v Hradci Králové**
vydání 1., 28 stran, náklad 100 ks; dvouměsíčník, MK ČR E 13366, ISSN 1213-659X
Redakce: Miroslav Brož, Miloš Boček, Martin Cholasta, Josef Kujal,
Martin Lehký, Lenka Trojanová a Miroslav Ouhrabka
Předplatné tištěné verze: vyřizuje redakce, cena 35,- Kč za číslo (včetně poštovného)
Adresa: ASHK, Národních mučedníků 256, Hradec Králové 8, 500 08; IČO: 64810828
e-mail: <ashk@ashk.cz>, web: <<http://www.ashk.cz>>

V první větě musíme přiznat, že v následujícím textu jde o hvězdy hypotetické. Prý byly první ve vesmíru (označují se jako populace III). Prý měly nulový obsah prvků těžších než lithium (metalicita $Z \rightarrow 0$). Prý proto měly horší ochlazování.¹ Prý vznikly jako velmi hmotné, $M = 60$ až $300 M_{\odot}$. A prý všechny dávno zanikly jako supernovy, konkrétně jako párově nestabilní. Zatím však nebyly (přímo) pozorovány.

Než přistoupíme k teoretickému studiu těchto hvězd, musíme si udělat pořádek ve **hvězdných populacích**, protože jsme připravili kartičku–tahák:

Pop I	Pop II	Pop III	
			-----> stáří
			<----- metalicita
			<----- moment hybnosti
			-----> disperze rychlostí
disk	výduť	samy	místo
	halo		
otevřené	kulové	žádné	hvězdokupy
obíhání	kmitání		pohyb

Vidíme, že Pop I je nejmladší, kdežto Pop III nejstarší. Metalicita roste od Pop III k Pop I.² Hvězdy Pop I se nacházejí převážně v galaktickém disku nebo ve hvězdokupách otevřených, kdežto Pop II ve výduť, halo nebo hvězdokupách kulových. Moment hybnosti celé skupiny hvězd je podstatně větší pro Pop I než Pop II. U disperze rychlostí je tomu naopak. Tomu přesně odpovídá převažující pohyb, což je pro Pop I obíhání kolem středu, kdežto pro Pop II kmitání přes střed. Pro Pop III o tom nemá smysl mluvit, neboť jsou tyto hvězdy vesměs osamocené.

Způsob pozorování

*

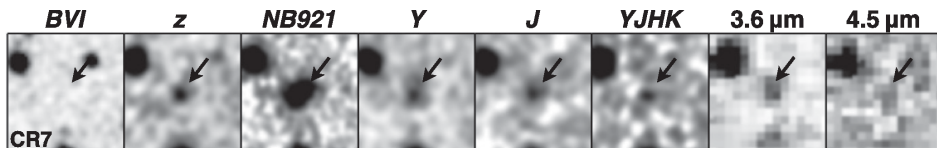
Nejslibnějším způsobem jak nalézt hvězdy populace III je pozorování v **čáře Lyman- α** , která má nominální vlnovou délku $\lambda = 121$ nm (v FUV). Zároveň však

1. Za pozornost stojí, že na ohřívání hvězd prakticky nezáleží. I když se hovoří o tom, jak je důležité znát zdroje energie hvězd, tak jejich nejzákladnější vlastnosti, hmotnost, poloměr, zářivý výkon, atd., jsou určované *ochlazováním*, nikoli ohříváním.
2. Podrobněji se rozlišuje Pop III.1 se $Z = 0$ a izolovanými hvězdami; Pop III.2 také se $Z = 0$, pouze vykazující určité ovlivnění plynu hvězdami Pop III.1 a zpoždění; Pop II „hyper“ chudé na kovy (HMP) se $Z = 10^{-6}$ až 10^{-5} a dalším zpožděním; Pop II „ultra“ chudé (UMP) se $Z = 10^{-5}$ až 10^{-4} a Pop II extrémně chudé (EMP) se $Z = 10^{-4}$ až 10^{-3} .

takový zdroj musí vykazovat velký rudý posuv, přinejmenším $z = 6$ až 7 , což odpovídá období reionizace vesmíru.³ Pak je ale očekávaná pozorovaná délka:

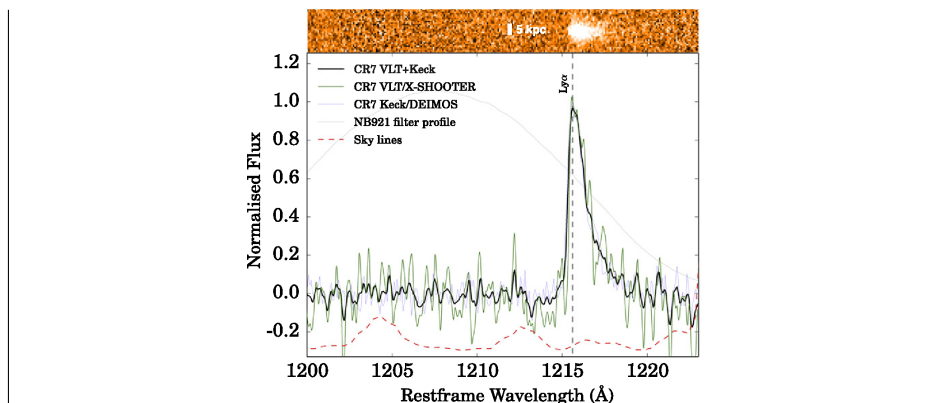
$$\lambda' = (1 + z)\lambda = 847 \text{ až } 968 \text{ nm (v NIR).}$$

Sobral aj. (2015) takto pomocí Subaru/Suprimecam našli například galaxii označenou „CR7“ (Cosmos Redshift 7; obr. 1) silně emitující v $\text{Ly}\alpha$, se $z = 6,604$, zářivým výkonem $P = 2,6 \cdot 10^{10} L_{\odot}$ a lineárním rozměrem $D = 16 \text{ kpc}$.



Obr. 1 — Vzhled zdroje CR7 v různých filtrech, od B až k FIR ($4,5 \mu\text{m}$). Emise je patrná v úzkopásmovém filtru NB921. Převzato ze Sobral aj. (2015).

Čára $\text{Ly}\alpha$ musí mít ovšem určité charakteristiky! Především musí být **emisní a úzká**, má-li vznikat ve stabilních horkých atmosférách hvězd populace III. Rozšíření je zde způsobované pouze tlakem a rotací. Spektroskopie pomocí VLT/X-shooter a Keck/Deimos (obr. 2) ukázala u zdroje CR7 rozšíření $\Delta v = \Delta\lambda/\lambda c = (266 \pm 15) \text{ km s}^{-1}$, což odpovídá obvodové rychlosti normálních hvězd. Potvrzuje to i pozorování čáry He II na $\lambda = 164 \text{ nm}$, mající $\Delta v = (130 \pm 30) \text{ km s}^{-1}$.

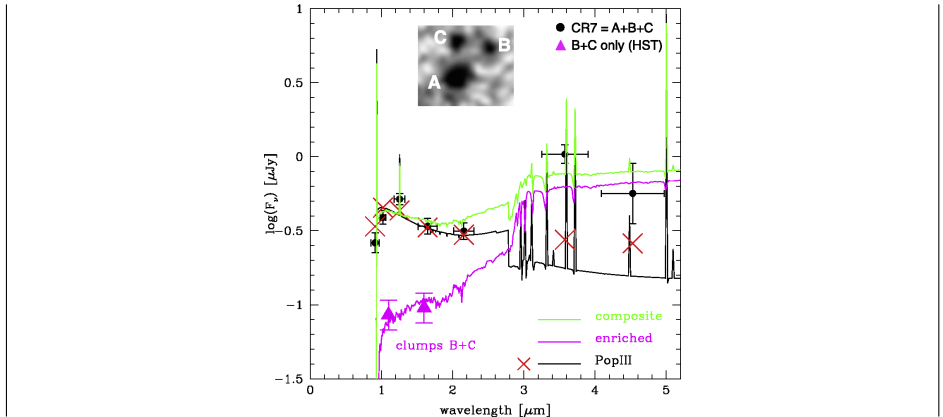


Obr. 2 — Spektrum zdroje CR7 pořízené spektrografy VLT/X-shooter a Keck/Deimos. Převzato ze Sobral aj. (2015).

3. Vztah mezi z , expanzním parametrem a a časem t lze nahlédnout v [Povětroni 2/2014](#).

Jinak existují další tři obvyklé zdroje emise: aktivní galaktická jádra (AGN); Wolfovy–Rayetovy hvězdy (WR); černá díra (BH), resp. akreční disk okolo ní. První byl vyloučen, protože by měl $\Delta v \simeq 1\,000\text{ km s}^{-1}$ kvůli rotaci disku; nepozoruje se ani žádný rentgen, radio nebo metalické čáry. Druhý by dosahoval až $\Delta v \simeq 3\,000\text{ km s}^{-1}$, což je terminální rychlost hvězdného větru; nepozorují se ani žádné profily P Cygni. Třetí by měl také široké čáry a zároveň nižší emise (asi 10^2 krát). Naneštěstí se takto podařilo vyloučit i *samotné* hvězdy populace III, protože tok v FIR na $\lambda > 3\ \mu\text{m}$ se zdá příliš malý (10 krát).

Celé spektrum (SED) je ovšem možné vysvětlit kombinací (obr. 3): Pop III (většina záření UV \rightarrow NIR) + nebulární kontinuum + metalické hvězdy (se $Z = 0,2 Z_{\odot}$) + mezigalaktické prostředí (IGM) + extinkce (tj. prach). Pomocí pozorování HST/WFC3 se dokonce podařilo rozlišit zdroj na 3 (A, B, C; obr. na titulní straně), přičemž Ly_{α} emituje jen A. V žádném případě se ale nejedná o přímé pozorování jednotlivých hvězd.



Obr. 3 — Absolutní spektrum CR7 a jeho modelování pomocí několika populací. Převzato ze Sobral aj. (2015).

Rovnice popisující vznik

*

Vznik jednotlivých prvních hvězd můžeme ovšem studovat pomocí hydrodynamických rovnic a jejich numerického řešení (Abel aj. 2002). Nejedná se však o snadnou úlohu! 1. problém je gravitační kolaps reaktivní látky, při němž vznikají nestability. 2. problém je převaha chladné temné látky (CDM), která vytváří potenciálové jámy, a proto potřebujeme kosmologický kontext. 3. problém je tudíž rozlišení, neboť potřebný dynamický rozsah je více než 10^{10} , abychom popsali zároveň kosmologii a 1 objekt; toto se musí řešit pomocí adaptivního zjemňování

*

sítě (AMR). 4. problém jsou rázové vlny, které jsou i tak příliš úzké; abychom je správně spočetli mezi buňkami sítě, musíme použít Riemannův řešitel (Godunov 1959).

Počáteční podmínky se volí obvykle na $z = 100$, tzn. v natolik raném vesmíru, kdy můžeme předpokládat, že fluktuace všech veličin *nezávisí na škále*. To je tak jednoduché (ploché) prostorové spektrum, že jednodušší už být nemůže.

Okrajové podmínky jsou neméně důležité; nemůžeme simulovat celý vesmír. Uvažujeme-li krychli o rozměru alespoň 128 kpc, můžeme předpokládat, že sousední krychle vlevo–vpravo, nahore–dole, vpředu–vzadu jsou v našem vesmíru dosti podobné, čili okrajové podmínky volíme *periodické*. Držíme-li souhybný rozměr konstantní, tzn. sledujeme rozpínání prostoru ve zvolené kosmologii, žádná hmota nevytéká nebo nevtéká pouze kvůli rozpínání. Odpovídající vlastní vzdálenost je pak:

$$l_{\text{proper}} = \frac{l_{\text{comoving}}}{1+z}, \quad (1)$$

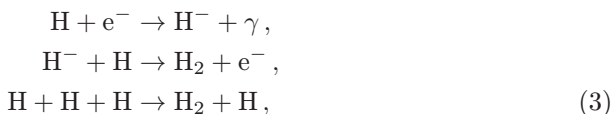
kde z se zmenšuje, čili l_{proper} roste. Na $z = 0$ by bylo $l_{\text{proper}} = 12,9 \text{ Mpc}$.

Pro numerické řešení se musí provést **diskretizace** rovnic. V původně hrubé homogenní síti s řádově $512^3 \simeq 10^8$ buňkami musí postupně docházet ke zjemňování, při hustotě $\rho > 5\rho_0$ nebo je-li méně než 64 buněk na Jeansovu délku, která vymezuje *lokální* gravitační kolaps:

$$R_J = \sqrt{\frac{3\pi}{32} \frac{\gamma k T}{G \mu m_H \rho}}, \quad (2)$$

kde γ označuje adiabatický index, k Boltzmannovu konstantu, T teplotu, G gravitační konstantu, μ střední molekulovou hmotnost, m_H hmotnost atomu vodíku a ρ hustotu.

Nesmíme samozřejmě zapomenout na žádné důležité fyzikální procesy probíhající v baryonické látce. Konkrétně jde o různé **reakce atomů, iontů, elektronů a posléze molekul**, H, H⁺, H⁻, e⁻, He, He⁺, He²⁺, H₂, H₂⁺, a to zejména:

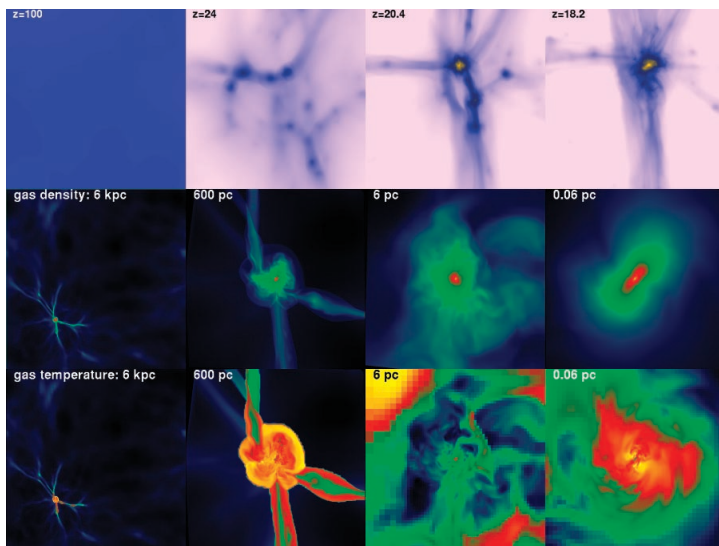


tj. důležitá tříčásticová reakce, která se uplatňuje v pozdější fázi. Přenos záření se uvažuje, ale pouze opticky tenký (protože tlustý je obtížný). Jedná se výhradně o přenos v čarách atomárních a molekulárních (protože žádný prach zatím neexistuje); případně Comptonův rozptyl na volných elektronech. Musíme uvážit i ohřev zářením kosmického pozadí, které tehdy bylo energetičtější (ne jako dnešní CMB).

Znovu zdůrazněme, že „všechno“ závisí na chlazení! Logicky: chlazení čímkoliv \rightarrow snížení P i $\nabla P \rightarrow$ gravitační kolaps. Navíc, platí-li: zvýšení $\rho \rightarrow$ zvýšení chlazení, pak nevyhnutelně nastává \rightarrow rychlý kolaps v témže místě \rightarrow **fragmentace** oblaku.

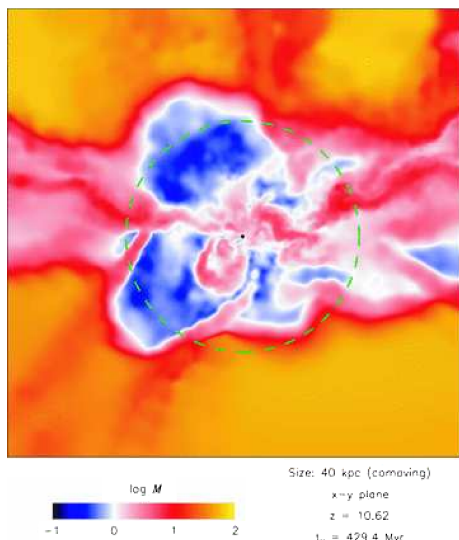
Vznik prvních hvězd proto probíhal následovně (obr. 7). Malé fluktuační hustoty temné látky vedly k hierarchickému shlukování temné i baryonické látky, přesněji řečeno neutrálního plynu (nikoliv plazmatu, neboť jsme již v temném období po rekombinaci). Plyn se ale na rozdíl od temné látky může ochladit rotačními a vibračními přechody H_2 (nikoliv elektronovými, na to je jeho teplota příliš nízká, $T \simeq 200$ K), proto se může více soustředit v potenciálové jámě CDM. Na $z = 30$ až 20 tak vznikne pre-galaktický objekt neboli minihalo s hmotností asi $10^6 M_\odot$, v něm oblak $4\,000 M_\odot$ (tj. obdoba velkého molekulárního oblaku z dnešního vesmíru), v něm self-gravitující fragment $100 M_\odot$, v něm protostelární jádro $1 M_\odot$, a to díky výše zmiňované tříčásticové interakci. Akrece pak pokračuje přes disk, čímž se hvězda postupně zahřeje, načež se zahřeje celé minihalo a vznikne **pouze 1 hvězda na 1 objekt**. Proto očekáváme *osamocené* hvězdy populace III.

Jinými slovy, za vznikem hvězd stojí **chemotermální nestabilita**: více H_2 z (3) \rightarrow zvýšení chlazení \rightarrow zrychlený kolaps \rightarrow více H_2 . . . Bez dalšího by nastala další fragmentace, ale nestabilitu limitují: (i) zvukové vlny rychle vyrovnávající rozdíly hustoty; (ii) husté, opticky tlusté prostředí zabraňující ochlazování; (iii) celé jádro se nakonec stane molekulární, čili není kde brát.



Obr. 4 — Simulace vzniku „první“ hvězdy ve vesmíru. Nahoře je kosmologický kontext, uprostřed detail rozložení hustoty plynu a dole detail teploty. Převzato z Abel aj. (2002).

Musíme si též položit důležitou otázku. Kam se „ztratil“ moment hybnosti \mathbf{L} ? Nikam! Jedná se totiž o veličinu, kterou *nelze* disipovat; můžeme ji nanejvýš přenést odněkud někam. V zásadě existují dva jevy, které kolapsu mohou bránit — ∇P (viz výše) anebo právě rotace (velké $|\mathbf{L}|$). Rotující látka je sice přitahována gravitací centra, ale má natolik velkou obvodovou rychlost, $v_{\text{kepl}} = \sqrt{GM/r}$, že pád má podobu kružnice. Buď byl $|\mathbf{L}|$ od začátku nulový, nebo nebyl nulový. Úspěšně kolabující oblaky se vyznačují tím, že jejich L je asi jen 10^{-3} průměrného \bar{L} . Dále proběhl transport L pomocí supersonické turbulence, čili vírů, prostřednictvím ∇P , respektive rázovými vlnami. Ostatně v každém víru je látka mající menší nebo větší L (vzhledem k centru), přičemž malé L padá dovnitř (obr. 5).



Obr. 5 — Supersonická turbulence v okolí první hvězdy. Barevně je znázorněna rychlost v jednotkách rychlosti zvuku (Machovo číslo). Převzato z Bromm aj. (2009).

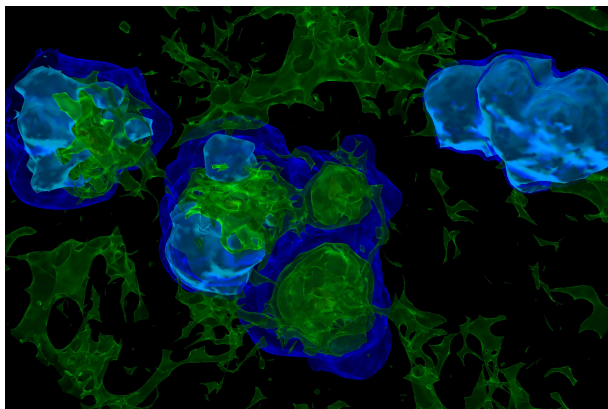
Všimněme si, jak dramaticky se liší vznik prvních hvězd od vzniku pozdějších! Především později existují **prachová zrna**, tzn. makroskopické objekty se spojitým tepelným spektrem; ochlazování je proto „příliš“ účinné, takže alespoň zpočátku jde téměř o volný pád ($\tau_{\text{cool}} < \tau_{\text{free}}$). Zároveň již existují jiné hvězdy, ovlivňující stav mezihvězdné látky, energetické kosmické paprsky, vysoká ionizace, kvůli níž obtížněji funguje ambipolární difuze, tj. drift neutrálních atomů vzhledem k iontům drženým externími magnetickými poli.

Hmotnost prvních hvězd vychází v intervalu 60 až $300 M_{\odot}$, ale je zde stále nejistota. Spodní mez je dána nepokračující fragmentací. Horní mez způsobuje:

(i) fotodisociace $H_2 \rightarrow$ omezení chlazení; (ii) záření Ly_α při $T = 10^4$ K sice způsobuje chlazení H, ale i tlak záření P_{rad} a namísto akrece nastává dekrece v polárních oblastech; (iii) fotoionizace, vznik H III v celém oblaku; (iv) fotoevaporace akrečního disku; (v) fotodisintegrační nestabilita, tzn. pohlcení $\gamma \rightarrow$ zmenšení $P_{\text{rad}} \rightarrow$ urychlení kolapsu \rightarrow vznik černé díry. Očekávaná supernova také odvrhává okolní plyn. Zřejmě je důležité započtení zpětné vazby na okolní plyn.

Pak ale mohly v rámci populace III vzniknout hvězdy nadvakrát. Hvězdy Pop III.1 totiž vytvoří difuzní ionizující záření, zvané **Lymanovo–Wernerovo**. Jeho zpětná vazba na okolí je poněkud nejistá, může být pozitivní i negativní. V každém případě ovlivní okolní plyn a lze očekávat určité zpoždění tvorby hvězd Pop III.2, řádově 10^8 yr (obr. 6).

Bromm aj. (2009) také zmiňuje možnou roli primordiálního deuteria D, od něhož pochází molekula HD, tzn. další rotační a vibrační stavy a účinnější chlazení. Nakonec je zde hypotetická možnost, že by tvorbu hvězd mohla ovlivňovat zatím neznámá částicová fyzika. Například je-li CDM neutralino, pak má velký účinný průřez pro anihilaci a může docházet k materializacím párů jiných částic.



Obr. 6 — Představa prvními hvězdami ovlivněné mezihvězdné látky. Převzato z Bromm aj. (2009).

Reionizace vesmíru

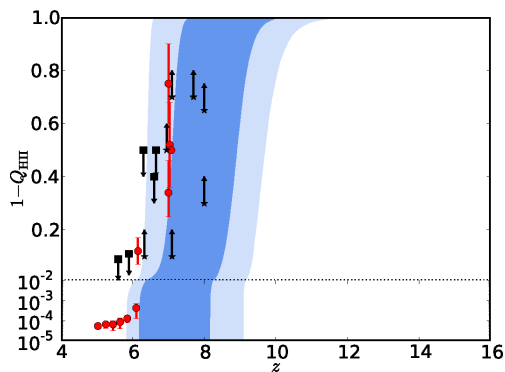
*

Hvězdy populace III během své existence naprosto zásadním způsobem ovlivnily celý vesmír — způsobily totiž jeho reionizaci. Předpokládáme-li reionizaci výhradně UV fotony hvězd populace III, muselo 0,01 % až 1 % baryonické látky být v těchto hvězdách. Má-li každá řádově $10^2 M_\odot$ a (dnešní) typická galaxie $10^{11} M_\odot$, připadalo by jen 10^4 až 10^7 hvězd na 1 galaxii, což je sice názorná představa, nicméně galaxie tehdy ještě neexistovaly.

*

Připomeňme, že rekombinace nastala již na $z \simeq 1100$ (Zeldovič aj. 1969), reionizace nejpozději na $z \simeq 6$ (Gunn & Peterson 1965). Reionizaci můžeme mimo jiné měřit pomocí **polarizace kosmického mikrovlnného pozadí** (CMB). Mění ji totiž volné elektrony podél zorného paprsku, na nichž probíhá Thomsonův rozptyl (bez změny energie fotonu). Je-li intenzita fotonů CMB jakkoliv anizotropní, projeví se to polarizací γ rozptýlených e^- do strany. Představme si elektromagnetickou vlnu (popsanou \mathbf{k}) jdoucí svisele, tzn. naprosto anizotropní. Setkává se s jedním volným e^- . Elektrické pole \mathbf{E} kmitá kolmo na \mathbf{k} , rozkmitá tedy e^- vodorovně. Ten samý e^- opět vlnu vyzáří, ale ne nutně v původním směru. Při pohledu z boku uvidíme \mathbf{E} kmitající *vždy* vodorovně (jako e^-), čili úplnou lineární polarizaci.

Rozlišuje se ovšem polarizace dvou druhů: polarizace E, lokálně izotropní, vznikající zmiňovaným rozptylem anizotropního záření, a polarizace B, lokálně pravotočivá nebo levotočivá, způsobovaná gravitačními vlnami⁴ (na velkých úhlech, resp. malých stupních ℓ) nebo gravitačními čočkami (na velkých ℓ). Namísto intenzity I se obvykle užívá teplota T , resp. namísto fluktuací δI fluktuace δT , protože CMB má beztak planckovské spektrum. Fluktuace sice dosahují $\delta T \simeq 100 \mu\text{K}$, ale polarizační signál nanejvýš $3 \mu\text{K}$ (E; B od CMB zatím nebylo spolehlivě zjištěno). Prakticky je potřeba z měření spočítat výkon prostorového spektra P^{EE} , nebo kross-spektra P^{TE} pro nízké stupně $\ell \lesssim 10$. Adam aj. (2016) takto z měření družice Planck/HFI odvodili odpovídající optickou tloušťku $\tau = 0,058 \pm 0,012$ a průběh reionizace mezi $z_{\text{rei}} = 6$ až 11 (viz obr. 7).



Obr. 7 — Průběh stupně ionizace $1 - Q$ v závislosti na červeném posuvu z . Převzato z Adam aj. (2016).

4. Představme si gravitační vlnu (popsanou \mathbf{k}) jdoucí svisele. Prostor, záření CMB i oblak e^- se ve směru $\hat{x} \perp \mathbf{k}$ stáhne a ve směru $\hat{y} \perp \hat{x} \wedge \hat{y} \perp \mathbf{k}$ roztáhne. Při pohledu z boku vidíme více (\hat{x}) nebo méně (\hat{y}) lineárně polarizovaného záření. To ale znamená, že polarizace B má jiný směr než E, konkrétně o $\pm 45^\circ$.

Fluktuační ovlivňuje též **Sunyaevův–Zeldovičův jev**, neboli inverzní Comptonův rozptyl (se změnou energie fotonu) na energetických e^- v mezilehlých kupách galaxií. Může být buď tepelný (od náhodných pohybů), nebo kinetický (od systematického pohybu), ale příslušné fluktuační jsou pouze $\delta T_{\text{KSZ}} < 1,6 \mu\text{K}$. Systematické nejistoty jsou způsobované prachovým popředím, které se musí důsledně odečítat, nebo průsakem mezi Stokesovými složkami I, Q, U .

Rovnice pro supernovy

*

Poklidný vývoj hvězd s nízkou nebo i nulovou metalicitou bychom mohli popsat klasickou soustavou: rovnicí kontinuity, hydrostatické rovnováhy, tepelné rovnováhy, přenosu zářivou difúzí, přenosu konvekci, změny chemického složení, konvektivního promíchávání a samozřejmě rovnicí stavovou (viz např. Harmanec a Brož 2011). Metalicita má přitom na vývoj zásadní vliv, jednak se liší poloha hlavní posloupnosti, jednak jsou velké rozdíly na horizontální větvi.

Chceme-li však popsat hvězdy až do exploze supernovy včetně, potřebujeme poněkud vyšší level: rovnice **GRNRHD**, tzn. obecně relativistickou neutrinově–radiační hydrodynamiku (Müller aj. 2010). Ty kromě klasických jevů musejí zohlednit změny hydrodynamických veličin způsobované zakřivením prostoročasu. Nejstručněji je lze zapsat (prozatím bez zdrojů):

$$\begin{aligned}\nabla_{\mu} J^{\mu} &= 0, \\ \nabla_{\nu} T^{\mu\nu} &= 0,\end{aligned}$$

kde $J^{\mu} \equiv \rho u^{\mu}$ označuje proud baryonické látky, $T^{\mu\nu} \equiv \rho h u^{\mu} u^{\nu} + P g^{\mu\nu}$ tenzor energie a hybnosti, ρ hustotu, u^{ν} čtyřrychlost, P tlak, $h = 1 + \varepsilon + P/\rho$ měrnou entalpii, ε měrnou vnitřní energii; ∇_{μ} jsou kovariantní derivace, v nichž vystupuje metrika $g_{\mu\nu}$, popisující křivost prostoročasu. Metriku bychom jako obvykle zjistili řešením Einsteinových rovnic pole (EFE).⁵

Namísto obecné metriky $g_{\mu\nu}$ se pro numerické výpočty často užívá formalismus dle Arnawitta–Dessera–Misnera (ADM), s metrikou zapsanou jako:

$$ds^2 \equiv g_{\mu\nu} dx^{\mu} dx^{\nu} = -\alpha^2 dt^2 + \gamma_{ij} (dx^i + \beta^i dt)(dx^j + \beta^j dt).$$

Navíc nás zajímá jen jedno místo ve vesmíru (kde to exploduje), dovolíme si proto předpokládat, že ve velkých vzdálenostech je prostoročas plochý, $\gamma_{ij} = \phi^4 \hat{\gamma}_{ij}$, kde ϕ označuje konformní faktor. Pak má metrika 5 volných parametrů, resp. funkcí (α, ϕ, β^i) , které vystupují prakticky ve všech rovnicích. Pro přenos neutrin se využívá variabilního Eddingtonova faktoru a aproximace „ray-by-ray-plus“.

5. Nebudeme je zde opisovat, nýbrž nahlédneme do [Povětrně 5/2010](#).

Rovnice zde vypisovat nebudeme (viz Müller aj. 2010), ale zahrnují výše zmiňované rovnice hydrodynamiky, zachování e^- , p , n , α , dalších jader, Einsteinovy rovnice, momenty intenzity neutrin ν , přenos ν , uzavírací relaci, srážkové členy, srážkové integrály, opacity neutrin, stavovou rovnici. Chybí zde oscilace neutrin, ale ty jsou důležité až ve větších vzdálenostech od centra. Momenty intenzity, čili integrály přes směrový kosinus $\mu \equiv \cos \vartheta$:

$$\{J, H, K, L\} = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 I\mu^{\{0,1,2,3\}} d\mu$$

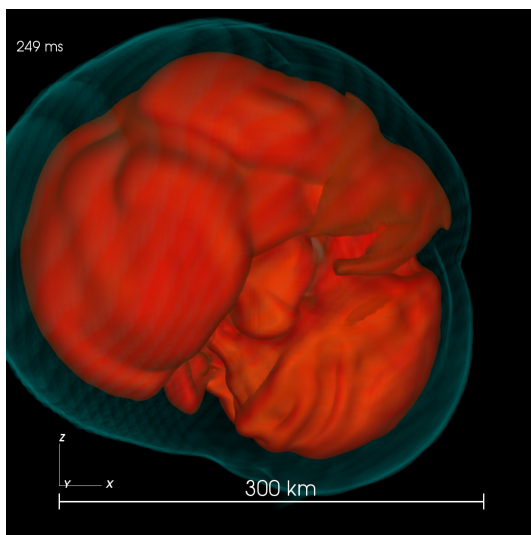
se používají proto, že bychom jinak v každém bodě museli řešit přenos ve třech směrech, což by byl sám o sobě šestirozměrný problém. Namísto toho využíváme pro popis hustotu energie (resp. 0. moment), tok (1.), tlak záření (2.). Rovnice přenosu se pak „zjednoduší“ a vypadají jako na obr. 8.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial W(\hat{H} + v_r \hat{K})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r} \left[\left(W \frac{\alpha}{\phi^2} - \beta^r v_r \right) \hat{K} + \left(W v_r \frac{\alpha}{\phi^2} - \beta^r \right) \hat{H} \right] \\ & - \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left\{ W \varepsilon \hat{H} \left[\frac{1}{r} \left(\beta^r - \frac{\alpha v_r}{\phi^2} \right) + 2 \left(\beta^r - \frac{\alpha v_r}{\phi^2} \right) \frac{\partial \ln \phi}{\partial r} \right. \right. \\ & - 2 \frac{\partial \ln \phi}{\partial t} \left. \right] + W \varepsilon \hat{K} \left[v_r \left(\frac{\partial \beta^r \phi^2}{\partial r} - 2 \frac{\partial \ln \phi}{\partial t} \right) - \frac{\alpha}{\phi^2} \frac{\partial \ln \alpha W}{\partial r} \right. \\ & + \alpha W^2 \left(\beta^r \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{\partial v_r}{\partial t} \right) \left. \right] - \varepsilon \hat{L} \left[\frac{\beta^r W}{r} - \frac{\partial \beta^r W}{\partial r} \right. \\ & + W v_r r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\alpha}{r \phi^2} \right) + W^3 \left(\frac{\alpha}{\phi^2} \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial t} \right) \left. \right] \left. \right\} + (\hat{J} - \hat{K}) \\ & \times \left[v_r \left(\frac{\beta^r}{r} - \frac{\partial \beta^r}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{W \alpha}{\phi^2} \right) - \frac{W \alpha}{r \phi^2} \right. \\ & + W^3 \left(\frac{\partial v_r}{\partial t} - \beta^r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) \left. \right] + (\hat{H} - \hat{L}) \left[\frac{W^3 \alpha}{\phi^2} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{\beta W}{r} \right. \\ & - \frac{\partial \beta W}{\partial r} - W v_r r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\alpha}{r \phi^2} \right) + \frac{\partial W}{\partial t} \left. \right] \\ & - W \hat{H} \left[\frac{1}{r} \left(\beta^r - \frac{\alpha v_r}{\phi^2} \right) + 2 \left(\beta^r - \frac{\alpha v_r}{\phi^2} \right) \frac{\partial \ln \phi}{\partial r} - 2 \frac{\partial \ln \phi}{\partial t} \right] \\ & - W \hat{K} \left[v_r \left(\frac{\partial \beta^r \phi^2}{\partial r} - 2 \frac{\partial \ln \phi}{\partial t} \right) - \frac{\alpha}{\phi^2} \frac{\partial \ln \alpha W}{\partial r} \right. \\ & + \alpha W^2 \left(\beta^r \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{\partial v_r}{\partial t} \right) \left. \right] + \hat{L} \left[\frac{\beta^r W}{r} - \frac{\partial \beta^r W}{\partial r} \right. \\ & + W v_r r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\alpha}{r \phi^2} \right) + W^3 \left(\frac{\alpha}{\phi^2} \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial t} \right) \left. \right] = \alpha \hat{C}^{(1)}. \end{aligned} \tag{28}$$

Obr. 8 — Jedna z mnoha „děsivých“ rovnic GRNRHD pro výpočty explozí supernov, konkrétně jde o přenos energie neutrinu. Převzato z Müller aj. (2010).

Mechanismus supernov s kolapsem jádra je založen jednak na neutrinové bombě, zajišťující ohřev látky zespodu, a jednak na hydrodynamických nestabilitách (Müller aj. 2012; obr. 9): (i) konkrétně konvektivní (stoupání horkých bublin); (ii) stojaté akreční rázové (SASI; Blondin aj. 2003). **Nestabilita SASI** vzniká takto: každá trochu šikmá rázová vlna generuje turbulenci na rozhraních → turbulence je nesena proudem plynu podzvukovou rychlostí v dovnitř → amplituda je zesílena

konvergencí → při turbulenci se generují zvukové vlny, šířící se rychlostí c_s ven → rázová vlna je jimi narušena (stává se šikmější, asymetrická se stupněm $\ell = 1$ až 2) → vytváří více turbulence. . .



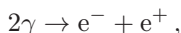
Obr. 9 — Třírozměrná simulace exploze supernovy s kolapsem jádra, na níž je vidět rozvinutá nestabilita SASI. Převzato z Müller aj. (2012).

Někdy se uvažují alternativní mechanismy: (i) akustické vlny buzené dipolárními oscilacemi protoneutronové hvězdy (Burrows aj. 2006); (ii) magnetorotační nestabilita (MRI; Burrows aj. 2007); (iii) fázové přechody kvarkové látky (Sagert aj. 2009).

Párově nestabilní supernovy

*

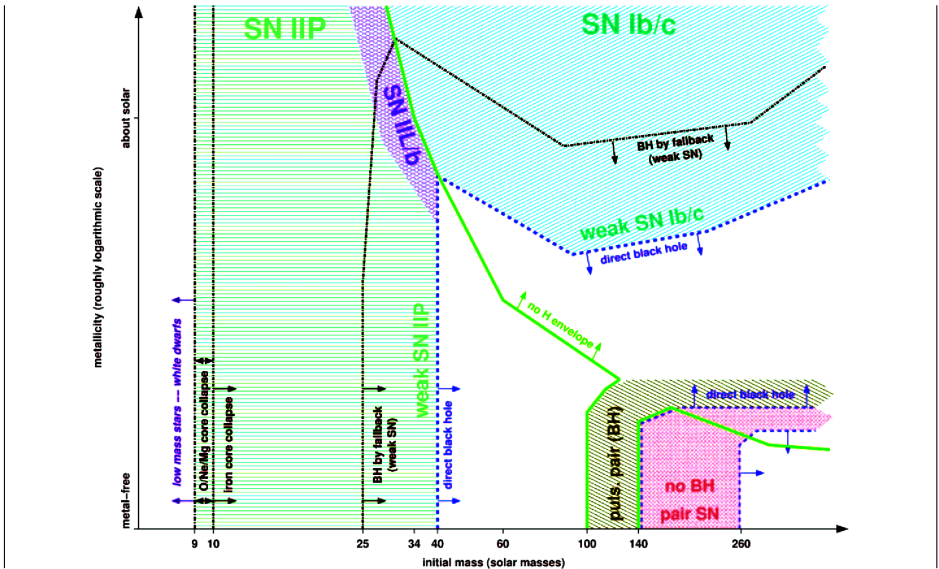
Specifickým případem jsou párově nestabilní supernovy, v jejichž progenitorech dochází k produkci párů:



za podmínky, že energie fotonů E_γ v centru dosahují přinejmenším klidové energie elektronu, $E_0 = 0,51$ MeV. Tím se ovšem spotřebovávají fotony $\gamma \rightarrow$ klesá ∇P_{rad} , který je hlavním příspěvkem k celkovému ∇P u horkých hvězd → jádro se smrští → příslušný ohřev způsobí termonukleární pulz (konkrétně hoření C, O, Si, N) → nastává expanze a výhoz → příp. opakování, a pak hovoříme o pulsačních supernovách.

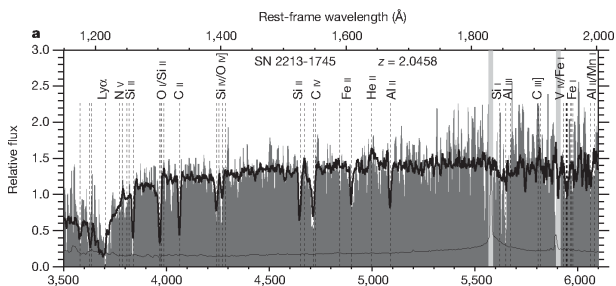
*

Rozhodujícím parametrem, zda hvězda exploduje jako SN PI (nebo PPI), či nikoli, je hmotnost heliového jádra. Podle zjednodušeného 1-rozměrného modelu Woosleyho (2017) to nastává pro $M_{\text{He}} > 40 M_{\odot}$, zejména je-li $Z < \frac{1}{3} Z_{\odot}$ a má-li hvězda slabý vítr. Pro $M_{\text{He}} < 62 M_{\odot}$ dochází ke zmiňovaným pulzacím. Odpovídající rozsah na hlavní posloupnosti je asi $M = 70$ až $140 M_{\odot}$, ale s větší nejistotou. Progenitorem přitom může být červený veleobr (RSG), modrý veleobr (BSG), svítivá modrá proměnná (LBV) nebo Wolfova–Rayetova hvězda a zřejmě také hvězda populace III. Podíl párově nestabilních a všech supernov vznikajících kolapsem jádra (s $M > 8 M_{\odot}$) pro standardní počáteční funkci hmoty (IMF) se sklonem $q = -1,35$ je $f = (70^q - 140^q)/(8^q - 150^q) = \text{jen } 3,3\%$.



Obr. 10 — Roztřídění typů supernov podle počáteční hmotnosti hvězdy a metallicity. Převzato z Heger aj. (2003).

Co se týká pozorování supernov typu PI, Cooke aj. (2012) našli slibné nadsvítivé supernovy s energií $E_{\gamma} \simeq 10^{44}$ J na $z > 2$ pomocí snímků CFHT skládaných za celou sezónu (čili zpětně). Spektroskopie pomocí Keckova dalekohledu byla provedena až po 5,2 letech, nicméně vzhledem k dilataci času to bylo 626 dní v klidové soustavě. Bohužel se ve spektru objevují četné čáry kovů, čili se v žádném případě nemůže jednat o zánik hvězdy populace III. A proto nezůstává než doufat, že se takové unikátní pozorování zániku první hvězdy ve vesmíru podaří v budoucnosti...



Obr. 11 — Spektrum nadsvítivé supernovy SN 2213–1745, pravděpodobně párově nestabilní. Převzato z Cooke aj. (2012).

- [1] ABEL, T. A. J. *The formation of the first star in the Universe*. Science, **295**, 93, 2002.
- [2] ARNOWITT, R., DESER, S., MISNER, C. W. *The dynamics of general relativity*. 1962. (<https://arxiv.org/pdf/gr-qc/0405109.pdf>).
- [3] BROMM, V. A. J. *Formation of the first stars and galaxies*. Nature, **459**, 49, 2009.
- [4] BURROWS, A. A. J. *A new mechanism for core-collapse supernova explosions*. Astrophys. J., **540**, 878, 2007.
- [5] COOKE, J. A. J. *Superluminous supernovae at redshifts of 2.05 and 3.90*. Nature, **491**, 228, 2012.
- [6] FRYER, C. L. A. J. *Pair-instability supernovae, gravity waves, and gamma-ray transients*. Astrophys. J., **550**, 372, 2001.
- [7] HARMANEC, P., BROŽ, M. *Stavba a vývoj hvězd*. Praha: Matfyzpress, 2011.
- [8] HEGER, A. A. J. *How massive single stars end their life*. Astrophys. J., **591**, 288, 2003.
- [9] MÜLLER, B. A. J. *A new multi-dimensional general relativistic neutrino hydrodynamic code for core-collapse supernovae. I. Method and code tests in spherical symmetry*. Astrophys. J. Suppl. S., **189**, 104, 2010.
- [10] MÜLLER, B. A. J. ... *II. Relativistic explosion models of core-collapse supernovae*. Astrophys. J., **756**, 84, 2012.
- [11] SOBRAL, D. A. J. *Evidence for PopIII-like stellar populations in the most luminous Ly α emitters at the epoch of reionization: Spectroscopic confirmation*. Astrophys. J., **808**, 139, 2015.
- [12] WOOSLEY, S. E., HEGER, A. *The evolution and explosion of massive stars*. Rev. Mod. Phys., **74**, 1015, 2002.
- [13] WOOSLEY, S. E. *Pulsational pair-instability supernovae*. Astrophys. J., **836**, 244, 2017.

To jsme dopadli...

Michal Brixí

V lednu se opět sešla hradecká parta — já, Míra, Monika a Vojta — u vesničky Čistěves nedaleko Hradce Králové, kde před rokem a půl dopadl meteorit. Nálezce to sice dlouho tajil a přesně se nevědělo, jak velký kus byl nalezen a kolik materiálu ještě zbývá. Nicméně fotka meteoritu byla zveřejněna a zdá se, že tam musí být ještě minimálně jeden kus o podobné hmotnosti (asi 150 g).

Vydali jsme se tedy do terénu, nejdříve po silnici na Máslojedy. Pak začalo největší peklo, kterým jsem v životě prošel. Rozbahněná, na bok obrácená oranice, místy hluboká půl metru. Když jsem do ní poprvé šlápl, bylo to pěkně měkké, ale když jsem poté zvedal nohu, bylo to, jako by mi někdo na nohu přivázal dvoukilové závaží. Bahno se stále lepilo, ale já byl poháněn touhou něco objevit a brouzдал jsem se dál.

Jak jsem se vzdaloval od silnice, napadla mne nepříjemná myšlenka, že se musím přeci ještě nějak vrátit zpět, i když mám nohy jak z olova. Oranice byla dlouhá 500 až 1 000 metrů; můj odhad zde pokulhává, protože průměrná rychlost mi doteď není známa. Dorazili jsme až na konec jednoho z pozemků, kde byl kousek travnatého pruhu. Míra začal načrtávat další linie, já se modlil, i když jsem nevěřící, a v mé hlavě běhala spousta nepěkných slov, které sem napsat nemůžu, neboť by z toho byla nepěkná slohová práce o hodně slovech, ale vše kromě věty: „Proč jsem sem, sakra, lezl?!“ by bylo nepublikovatelné.

Vraceli jsme se zpět stejnou oranicí, já zoufale běhal očima po povrchu, protože jsme byli v části, kde se měl nacházet největší kus. Ten tam sice byl, ale nebyl to největší kus meteoritu, nýbrž největší hrouda hlíny, jakou jsem kdy viděl. V této části jsme našli jen několik kamenů, které neodpovídaly popisu. Většinou šlo o obvyklé pozemské horniny, úlomky dřevěného uhlí, kusy keramiky a jeden neidentifikovatelný předmět, co vypadal jako černé sklo.

Ani jsem nepotřeboval stopovat traktor a byli jsme zpět na silnici. Já padl vyčerpáním, div jsem nezačal líbat pevnou zem (asfalt). Dali jsme si chvíli oddech, čaj a vydali se dál. Prošli jsme asi stometrový pás řepy a poté přišla nejlepší část — travnatá louka, kde nebyl téměř žádný kámen a nemělo nás co mást. Louku jsme prošli třikrát tam, zpět, tam. Když to už vypadalo, že jsme našli kámen uprostřed louky, který by mohl odpovídat popisu, Míra ho jen potěžkal a řekl: „Dám ho pryč, ať nikoho nemate.“

Pak jsme prošli les. Ve dvakrát napadaném listí se nám hrabat nechtělo, určitě bychom něco našli, ale meteorit by to jistě nebyl. Narazili jsme jen na pár černých kamenů u cesty, ale nebylo to nic jiného než zpevnění cesty. Došli jsme až na místo, kde byl nalezen meteorit. Byla to opět oranice, rozbahněná ještě víc než předtím, a přede mnou se navíc objevila velká kaluž. Vzal jsem to okolo, protože jsem na koupání v 8 °C zrovna neměl náladu.

Míra, Ondra a Monika zatím došli přesně na místo dopadu, zatímco já jsem stál opodál a pouze jsem si představoval, jak to asi mohlo vypadat osudnou noc právě na tomto místě, když se stalo to, co se stává v dnešním vývojovém stadiu sluneční soustavy už jen poměrně vzácně, že těleso, které plulo milióny let kosmickým prostorem, náhle protne dráhu planety Země, následuje zář, rachot a . . .

Uviděl jsem cosi černého, div jsem neskočil po hlavě do pole, jak mě to praštilo do očí. Prodral jsem se asi 10 metrů bažinou, abych zjistil, že se jedná o kus čehosi

umělého, vytvořeného druhem *Homo sapiens sapiens*. S otráveným povzdechem jsem sklonil hlavu, že už toho bylo dost, a chtěl jsem si dát pauzu na svačtinu.

Jenže bažina je bažina. Když jsem se chtěl znovu pohnout, už jsem neměl na noze dvě kila, ale noha byla bahnem obalená totálně. S velkým vypětím jsem ji vytáhl a strach nepropadnout se navždy do bažiny mě poháněl víc než touha najít onen kus vesmírné hmoty.

Došli jsme na cestu poblíž posedu a Míra začal povídat něco o tom, že by se zde krásně vyjímal tabulka podobná té, jako máme na planetární stezce, kde by stálo: „100 metrů tímto směrem spadl meteorit Hradec Králové.“ Já už Míru moc nevnímám, protože můj mozek opět ovládl proud myšlenek, v čele s myšlenkou: „Jak to bláto, sakra, z té boty dostanu?“ Dál už se nedělo nic převratného, zklamaneč jsme se vrátili po okraji pole a já s úlevou nastoupil do auta, protože jsem měl nohy už ne z olova, ale z osmia.



Obr. 12 — Současný vzhled místa dopadu meteoritu.



Obr. 13 — Příklady nalezených hornin, které nás mátlý.

Snad každý, kdo se dobře orientuje v problematice slunečních hodin, dostal někdy otázku: „Které sluneční hodiny jsou největší?“. Nemám rád takové otázky, protože odpověď je správná zpravidla jen z určitého pohledu.

V katalogu uvádíme v České republice jako největší hodiny v Píšti, o rozměru 16 krát 47 metrů. Aby jejich projektant mohl říci, že sestrojil největší hodiny v České republice, umístil na číselník značku i pro III. ranní hodinu, hlavně když je přes ulici. Nikdo neví proč, ale tento nesmysl už tam není. Bez této hodinové značky plocha číselníku nepřesáhne 20 krát 20 metrů, shodně jako u hodin v Sezimově Ústí. Velikost číselníku zemních hodin v Třešti odhaduji na 25 krát 25 metrů.



Obr. 14 — Sluneční hodiny v Píšti se značkou pro III. hodinu ranní.

V listopadu jsme do katalogu přidali hodiny v okolí vysílače Krašov. Ukazatelem je svislá vysílací věž cca 347 m vysoká. Velikost číselníku lze odhadnout na 200 krát 200 m. Pro určení časového údaje na hodinách s ukazatelem *kolmým* na číselník je však třeba, aby byly na číselníku vyznačeny i hodinové čáry. V okolí vysílače hodinové čáry nijak určeny či vyznačeny nejsou, a tak je určení časového údaje v průběhu celého roku nemožné. Budeme tyto „dočasné“ hodiny považovat za největší sluneční hodiny v naší republice?



Obr. 15 — Vysílač mezi obcemi Krašov a Bezvěrov s číslicemi. Foto Markéta Antošová.

Podobná situace je při hodnocení slunečních hodin v zahraničí. Většinou jsou jako největší funkční hodiny uváděny hodiny v Indii — Jantar Mantar. Větší hodiny byly ovšem postaveny ve městě Redding v Kalifornii, podle projektu Santiaga Calatravy. Jejich ukazatelem je šikmý pylon mostní konstrukce o výšce 65 m.

V okolí ostrovního městečka Mont Saint Michel na severozápadu Francie byly dokonce vybudovány hodiny s číselníkem o šířce přes 1 km. Autoři projektu přišli s nápadem, že ostrov je ideální místo pro sluneční hodiny. Gnómon tvořený kostelní věží o výšce 170 m nad mořem tu již stojí, a chybí „jen“ vytvořit číselník hodin. Sedm římských číslic (IX–III) bylo rozmístěno v okolí, přičemž největší vzdálenost činí 1 125 m. Městečko Mont Saint Michel se tak stalo součástí číselníku. Číslice měly velikost 20 m. Instalace číselníku trvala 3 týdny. Na základě triangulačního zaměření ji provádělo snad 80 osob. Pro názornost: číslice I je tvořena 24 deskami, každá o velikosti 1 m. Protože číslice byly instalovány na volném moři, byly kotveny celkem na 450 pilotech. Při přílivu byly číslice ponořeny pod vodou. Byla proto nutná prakticky denní údržba. Kolmý ukazatel (věž na ostrově) uvidíte i dnes. Číselník hodin umístěný v moři již ale neexistuje. Hodiny byly zhotoveny v rámci projektu Land Art (Umění v krajině). Byly funkční jen několik týdnů okolo podzimní rovnodennosti v roce 1988. Tak které hodiny považovat za největší?

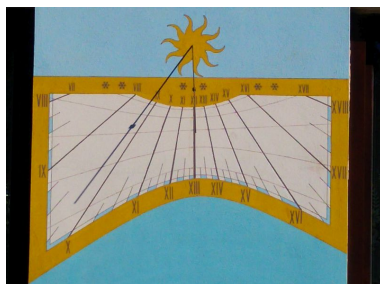


Obr. 16 — Mont Saint Michel. Převzato z (<https://flic.kr/s/aHsiSivKrU>).

Podzimní setkání slunečních hodinářů

Miloš Nosek

Podzimní akce se uskutečnila v termínu 30. září a 1. října, kdy jsme poznávali hodiny v Olomouckém kraji. Sešli jsme se v sobotu v 9 h SELČ ve Šternberku na Horním náměstí, u slunečních hodin. Záhy jsme přešli k hodinám v Jívavské ulici. Naše řady přitom rozšířil možná další příznivec slunečních hodin. Jirka v té souvislosti připomenul svůj záměr při dalším setkání vystoupit s přednáškou „Co jste mne naučili“. Když s námi začal jezdit, moc toho o slunečních hodinách nevěděl. Myslím, že takový pohled na problematiku může být pro nás zkušené velmi zajímavý.

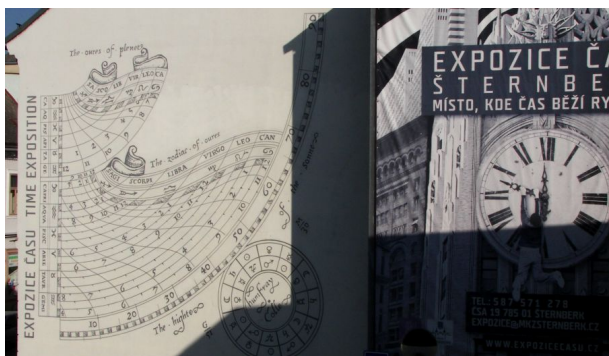


Obr. 17 — Sluneční hodiny ve Šternberku, Jívavské 61.

Bodem číslo 1 byla pro nás návštěva muzea *Expozice času*. Protože muzeum otevíralo až v 10 h, museli jsme chvíli počkat. Expozice umožňovala různé pohledy či zamyšlení nad fenoménem „čas“, například: čas a umění, čas a hudba, čas a medicína, čas a móda, čas a obuv nebo čas a technika. Byly zde k vidění kalendáře z různých období, historické měřiče času. Vysvětlují tu základní principy

mechanického strojku hodin a jeho postupné zdokonalování. Lze vidět maketu nultého poledníku, nejrůznější typy a tvary kyvadel. Na dotykových obrazovkách jsme si prohlédli názorná vysvětlující videa. Byly zde i audioukázky vyzvánění zvonů a zvonkoher ze světa.

Mohli jsme zároveň vidět, jak vypadalo vybavení hodináře v minulosti. Žasli jsme nad tím, jak byl schopen dělat složité operace s jednoduchým vybavením. Ve Šternberku totiž sídlila firma Chronotechna, kde se vyráběly budíky. Na informačních panelech bylo možné sledovat celý její vývoj až do ukončení výroby. Někteří si jejich výrobky pamatujeme, ostatně je máme funkční doma. Budete-li se sami chtít přesvědčit o rozsahu expozice, nezapomeňte, že na parkovišti před muzeem je nutno platit parkovné, abyste nedopadli jako jeden z řidičů naší kolony. . .



Obr. 18 — Šternberk, muzeum Expozice času.

Následoval přejezd do Strukova a do Uničova. Protože oběd byl vyjednaný na pozdější dobu, využili jsme čas k návštěvě muzea vězeňství. V expozici jsme viděli mučící nástroje i podmínky, v jakých vězni žili. Musíme pochválit pracovníka muzea jednak za jeho přehled a jednak za ochotu. Provedl nás nad rámec svých povinností městem a sdělil nám řadu kuriozit. Dozvěděli jsme se také, kde v minulosti bývaly v Uničově sluneční hodiny.

Další zastávky u slunečních hodin byly v Pasece a u bývalé papírny v Dlouhé Loučce. Následoval dlouhý přejezd asi 25 km do Dolní Moravice. Zde jsme mohli ochutnat místní minerální pramen. V sousední Malé Morávce proběhlo velice zajímavě zastavení u hodin na kostele. Pamatuji tři případy, kdy jsme při návštěvě hodin „štelovali ručičku“. Ani tentokrát jsme nemohli ponechat pokřivení bez nápravy. Nevím, jak daleko pro žebřík šli a kolik námahy jim dalo přesvědčit majitele. Kdo u toho nebyl, o moc přišel. Pravděpodobně si to zase někde zopakujeme. Víím, že aktéři za nápravu nic nedostali, ale obměnil jsem jedno vyúčtování: narovnáni stínové tyčky 1,- Kč; věděl jak 350,- Kč.



Obr. 19 — Náprava ukazatele hodin v Malé Morávce.

Poslední zastávky byly v Rýmařově a v Sobotíně. Od poslední Milošovy návštěvy před třemi lety objekt doznal řady změn. Sanace byly dokončeny a objekt je nyní ohrazen robustním kovovým plotem. Vzhledem k časovému zpoždění jsme si nechali návštěvu hodin ve Velkých Losinách na další den. Místem našeho nocování bylo centrum Gól v Loučné nad Desnou. Protože jsme se při večeri v restaurantu Biograf zdrželi, nezbyl nám bohužel čas na další diskuzi nebo organizaci společného zájezdu do Mnichova.

Neděle. Ve Velkých Losinách jsme raději zaparkovali v centru a k zámku se vydali procházkovou trasou. Zámek by stál za samostatnou návštěvu. Muzeum kočárů je sice také v Čechách pod Kosířem, ale i zde je ledacos k vidění. Po vyfocení hodin na nádvoří jsme se však vrátili do centra a většina z nás navštívila ruční papírnu. Z parkoviště jsme odjeli k dalším stanovištím, nejprve k jednomu z rodinných domků a pak ke kostelu. V prvním případě jsme opět viděli rušivé stíny vzdušných vedení. Druhé hodiny rozproudily úvahy a bohatou diskuzi o tom, jaké procento hodin je s gnómonickou chybou.

Následovala zastávka v Šumperku u hodin na adrese Fialova 4. Pak přejíždíme k hodinám v Bezručově 4. Oba domy zřejmě navrhoval stejný architekt. Stínový ukazatel je shodného provedení „plocháč“. I provedení číselníku s dělením po 5 minutách je prakticky shodné. Kromě toho jsme navštívili adresu Jánošíkova 1. Poslední hodiny v Šumperku byly na bývalé radnici, na adrese náměstí Míru 1. Dovolil jsem si upozornit na jednu zajímavost, která mi vrtá v hlavě — proč je součástí jedné z podpěr napínák?

Po poledni jsme odjeli do Bludova. Sice jsme měli příslibený vstup na nádvoří, na němž jsou sluneční hodiny, ale bohužel jsme se tam nedokázali dostat. Alespoň jsme se v obci zastavili na oběd. Samotný závěr patřil novým slunečním hodinám

v Hoštejně na základní a mateřské škole. Zde nás čekali kolem 15. hodiny. Jindra se přiznal, že je to jeho práce. První reakcí každého z nás bylo: „Proč u hodinových čar nejsou číslice?“ Vysvětlení je jednoduché: aby na zdi příliš nevyčníkaly, jsou číslice malé (v bílém pruhu). Datová křivka pod přímkou rovnodenností představuje konec srpna/začátek září, tedy konec prázdnin a začátek školního roku. Protože je Jindra recesista, umístil číslici pro VI. odpolední hodinu z boku budovy. Po společné dvoudenní akci jsme se naposledy seskupili, aby mohlo vzniknout společné foto. Pouze ti nejvytrvalejší se vydali na kopec Hoštejn (asi 300 metrů strmého stoupání), kde býval kdysi hrad, dnes zřícenina. Stojí tam obelisk, který byl postaven roku 1847 jako památník dokončení železniční tratě z Prahy do Olomouce.



Obr. 20 — Účastníci podzimní akce v Hoštejně.

Sluneční hodiny 3. kvartálu

Jaromír Ciesla

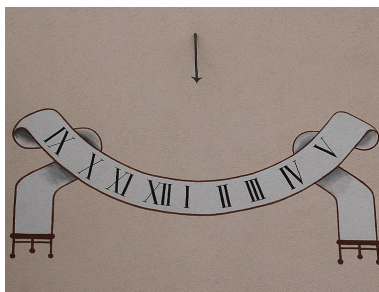
V průběhu 3. kvartálu přibylo do katalogu slunečních hodin 31 nových záznamů, z tohoto počtu jich 18 pochází z českých zemí. Velice pěkná realizace rovníkových slunečních hodin, které se v naší soutěži umístily na prvním místě, se povedla v Úsově na náměstí Míru. Číselník je upevněn na kamenném kvádru tak, aby ležel rovnoběžně s rovinou rovníku. Ve středu číselníku je ukotven kolmý ukazatel, který je tedy rovnoběžný se zemskou osou. Rozsah číselníku je od 6. hodiny

ranní do 6. hodiny odpolední a ukazuje pravý místní sluneční čas. Nad ukazatelem je text „Ago gratias ad solem“, „Žijeme díky slunci“, a rok MMXVII. Autorem hodin, které byly instalované 23. 6. 2017, je pan Antonín Mangolt.



Obr. 21 — Úsov, náměstí Mírů (evidenční číslo SU 24).

O tom, že i skromně provedený číselník slunečních hodin se může umístit na pěkném druhém místě, nás přesvědčily svislé sluneční hodiny z obce Skryje v okrese Rakovník, na fasádě restaurace. Ukazatelem je polos, který vrhá stín na číslice v rozsahu IX–I–V, jež jsou vyneseny na prověšené šále. Dle číslování lze usuzovat, že je u hodin použito času posunutého o hodinu, který se více blíží letnímu času.



Obr. 22 — Skryje 48 (RA 46).

V rámci projektu Žijeme tady, který byl realizován skupinou studentů pod vedením doc. Ing. Pavla Beneše, vznikly sluneční hodiny ve tvaru zemské polokoule (obr. 23). Hodiny můžeme označit jako polární prstencové. Hodinové rysky jsou rovnoběžné s ukazatelem (polární osou) a jsou vyneseny na válcové ploše, která zde představuje rovník. Hodiny ukazují pravý místní sluneční čas. Autorem konstrukce je umělecký kovář Václav Zavřel.



Obr. 23 — Praha Suchdol (6 29).

Jako nejpozoruhodnější v zahraniční části se ukázaly sluneční hodiny ze Španělska. Na pláži Peñón, která leží asi 5 km východně od Malágy, jsou na 1,5 m vysokém sloupku jižní polární hodiny. Číselník v rozsahu 7–12–7 hodin s dělením po čtvrt hodině je vyrytý v horní, šikmo seříznuté ploše. Sklon číselníku odpovídá místní zeměpisné šířce. Čas je indikován horní hranou kulisového ukazatele. Kromě času je ukazováno datum, které se odečítá podle polohy horního rohu ukazatele. Sada příslušných datových křivek je označena znaky zvěrokruhu. Součástí hodin je i návod na výpočet pásmového času. Vzhledem k zeměpisné délce ($4^{\circ} 20'$ z. d.) se v období listopad až březen k času na slunečních hodinách přičítá více než jedna hodina a v období duben až říjen více než dvě.



Obr. 24 — Peñón del Cuervo, Španělsko (ES XX 19).

Velice zajímavé analematické sluneční hodiny můžeme najít v centru Rigy. Hodiny jsou zakomponované v dlažbě v prostoru před obchodním centrem Origo. Datová deska je vyvedená jako kovová plastika a má tvar analemy, na níž jsou značky pro první a patnáctý den v měsíci. Díky analemě lze odhadovat hodnotu časové rovnice a získat tak z pravého času čas střední. Za poznámku ale stojí, že osoba vrhající stín se má správně postavit na *osu* analemy a nikoliv na její okraj.

Vedle analemy je umístěna směrová růžice s vyznačenými směry ke světovým metropolím. Čísla hodin jsou rozmístěna na elipse, vymezující rozměr číselníku.

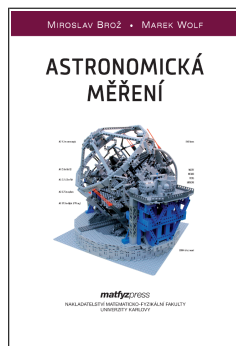


Obr. 25 — Riga, Lotyšsko (LV RI 2).

Knih **Astronomická měření**

Miroslav Brož

Vzhledem k rychlému rozvoji techniky se může zdát poněkud úmorné, ne-li nesmyslné, psát knihu s názvem *Astronomická měření* [1]. Na druhou stranu, když jsem takové (vesměs cizojazyčné) knihy sám četl, byl jsem fascinován tím, jak to všechno funguje. Proto jsme se pokusili o vysvětlení nejruznějších přístrojů v češtině. Na úvod jsme ovšem zařadili kapitoly o statistice, optice, difrakci a atmosféře, které jsou určitými prerekvizitami dalšího výkladu. Největší důraz klademe na optickou a blízkou infračervenou astronomii, se kterou jsou největší zkušenosti. Po nezbytném přehledu dalekohledů, filtrů, montáží a detektorů se věnujeme přímému zobrazení, fotometrii, astrometrii, spektroskopii, polarimetrii nebo interferometrii. Vysvětlujeme i fungování podpůrných přístrojů, jako je adaptivní optika. Detailněji rozebíráme specifika jednotlivých oborů spektra: rádiového, dalekého infračerveného, ultrafialového, rentgenového a gama. Musíme ovšem zmínit i detektory méně obvyklých typů, sloužící pro měření neutrin, částic nebo gravitačních vln. Samostatně diskutujeme kosmickou geodézii, GPS a měření vzdáleností. Jako příklady používáme současné nejmodernější přístroje, jako jsou ELT, HARPS, CHARA, ALMA, XMM, Borexino, LIGO nebo GOCE. Rozsah knihy je 343 stran.



[1] BROŽ, M., WOLF, M. *Astronomická měření*. Praha: Matfyzpress, 2017.

Mapka oblohy



Obr. 26 — Mapka oblohy spočtená pro 1. ledna 19 h UT = 20 h SEČ a zeměpisnou šířku $\phi = 50^\circ 10' 38''$. Obdobnou situaci můžeme čekat 1. února v 18 h SEČ. Nahoře je sever, dole jih, vlevo východ, vpravo západ. Vysoko téměř v zenitu najdeme Kasiopeju a poblíž ní si všimneme mlhavý obláček, dvojitou hvězdkou χ a h Persei. Večer nad severozápadním obzorem můžeme díky dlouhé noci spatřit poslední z letních souhvězdí, například Labuť. Nad jihozápadem vidíme souhvězdí podzimní. Pro orientaci je tedy nejvýznamnější Pegasův čtverec. Nad jihovýchodem spatříme souhvězdí zimní, obzvláště nápadný je Orion. Nízko nad jihem však můžeme zkusit vyhledat velmi nenápadné jižní souhvězdí Pec, mezi Eridanem a Velrybou.

