

POVĚTROŇ

Královéhradecký astronomický časopis * ročník 23 * číslo 4/2015

A way to infinity

1. A 15 minute full- dome documentary about infinity.
2. Inspired by Petr Vopěnka's Discussions with Geometry
3. What is infinity and its role in mathematics?
4. Is the Universe really infinite?
5. With playful jazz music by Kevin MacLeod
6. Suitable for older school kids and adults
7. Sooth in your digital planetarium

$$R_{ik} = \frac{1}{2} R g_{ik} + \frac{\Lambda}{2} g_{ik} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik}$$

$$R_{ik} = R^m_{ik}$$

$$R^m_{ik} = \frac{\partial \Gamma^m_{ik}}{\partial x^l} - \frac{\partial \Gamma^m_{il}}{\partial x^k} + \Gamma^m_{nl} \Gamma^{nl}_{ik} - \Gamma^m_{nk} \Gamma^{nl}_{il}$$

$$\Gamma^l_{ki} = \frac{1}{2} g^{lm} \left(\frac{\partial g_{mi}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{mk}}{\partial x^i} - \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^m} \right)$$

$$T^i_k = \begin{pmatrix} \rho & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{p}{c^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{p}{c^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{p}{c^2} \end{pmatrix}$$

$$g_{ik} = \begin{pmatrix} -c^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a(t)^2 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{1-Kr^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a(t)^2 r^2 d\theta^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a(t)^2 r^2 \sin^2 \theta d\phi^2 \end{pmatrix}$$

$$\dot{a}^2 + \frac{K}{c^2} = \frac{8\pi G}{c^4} \rho$$

SLOVO ÚVODEM. Když jsem před lety otevřel Rozpravy s geometrií, monumentální dílo našeho předního matematika Petra Vopěnky, byl jsem uchváten jeho pojednáním o nekonečnu. Téma jako stvořené pro digitální planetárium! Ztvárnili jsme jej do podoby krátkého filmu „Cesta k nekonečnu“. Na tomto místě bych rád stručně vysvětlil, proč film vypadá tak, jak vypadá: (i) obrazy jsou vcelku jednoduché, čili názorné; (ii) chtěli jsme, aby matematika byla ve filmu *vidět*; (iii) když definujeme $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \pm\infty$, ukazujeme onu podstatu; (iv) složité vypadající rovnice (viz obr.) jsou doopravdy složité, netřeba to zastírat; (v) asi nemá cenu dělat film, který by se podobal jinému filmu. Dost řeči, přijďte se někdy podívat.

Dále zařazujeme článek o tom, že technologie CCD detektorů s téměř 100% kvantovou účinností je vlastně naprosto nedokonalá a beznadějně zastaralá. Martin Lehký sumarizuje pozorování uskutečněná (mj. pomocí CCD; ts) v roce 2015. Nakonec Jaromír Ciesla vybírá ty nejpozoruhodnější přírůstky do katalogu slunečních hodin, a to za celého půl roku.

Miroslav Brož

Obsah

strana

| | |
|--|----|
| Miroslav Brož, Lenka Trojanová, Rostislav Brož: | |
| <i>Film Cesta k nekonečnu (scénář)</i> | 3 |
| Miroslav Brož: <i>Supravodivé detektory</i> | 7 |
| Martin Lehký: <i>Přehled CCD pozorování za rok 2015</i> | 9 |
| Martin Lehký: <i>Přehled vizuálních pozorování za rok 2015</i> | 11 |
| Jaromír Ciesla: <i>Sluneční hodiny 1. kvartálu</i> | 12 |
| Jaromír Ciesla: <i>Sluneční hodiny 2. kvartálu</i> | 16 |

Titulní strana — Jeden obraz z filmu Cesta k nekonečnu. Prostorové souřadnice x, y, z v rozpínaném prostoru. Einsteinovy rovnice pole, Riemannův tenzor, Ricciho skalár, Christoffelovy symboly, tenzor energie a hybnosti, metrika FLRW (pro homogenní a izotropní vesmír) a Friedmannovy rovnice, které určují vývoj expanzního faktoru $a(t)$. K článku na str. 3. Podrobnější informace na <http://www.astrohk.cz/infinity/>.

Povětroň 4/2015; Hradec Králové, 2015.

Vydala: **Astronomická společnost v Hradci Králové** (2. 1. 2016 na 299. setkání ASHK)

ve spolupráci s **Hvězdárnou a planetáriem v Hradci Králové**
vydání 1., 20 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 poštovního)

Adresa: ASHK, Národních mučedníků 256, Hradec Králové 8, 500 08; IČO: 64810828

e-mail: ashk@ashk.cz, web: <http://www.ashk.cz>

Film Cesta k nekonečnu (scénář)

Miroslav Brož, Lenka Trojanová, Rostislav Brož

0. animované logo hvězdárny [0:20], 1. cesta autem na hvězdárnu [0:40], 2. celooblohový záběr z terasy [0:20]

V každodenním běhu našich životů nám zbývá jen málo času. . . na to, abychom se zamýšleli. . . nad tím, co přesahuje nás. . . nad tím, co přesahuje všechny meze. . . nad nekonečnem. . . ale teď ten čas je.

3. Cesta k nekonečnu [0:10], 4. nekonečno na kružnici [0:40]

Nekonečno nám může být překvapivě blízké, skrývá se například v kružnici, kterou lze obíhat stále kolem dokola, i když kružnice sama o sobě je omezená.

Jako bychom se ocitli v tísnivém uzavřeném bludišti, kterým do úmuru procházíme. Symbol v podobě ležaté osmičky odkazuje právě na takové „bludné“, nikdy nekončící dění.

5. nekonečno za horizontem [0:40]

Jiné nekonečno můžeme vycítit v dáli, za horizontem. Je pro nás ovšem nedosažitelné, neboť obzor před námi je prchavý.

Tušíme jej i v plynutí času; myslíme si třeba, že budoucnost se tvoří v jakémsi apeiru, dává vzniknout pomíjivé přítomnosti, která se záhy rozpadá v minulost a noří se zpět do apeira.

6. nekonečno na úsečce [0:50]

Neuvěřitelné nekonečno bylo objeveno na číselné ose. I přesto, že čísel přirozených je nekonečně mnoho, nestačí nám na to, abychom spočítali čísla reálná, byť jen mezi nulou a jedničkou.

Zkusíme-li je všechna vzájemně přiřadit, tak jako Cantor, záhy se dostaneme do sporu. Jedno nekonečno, alef jedna, je tedy evidentně mohutnější než jiné, alef nula.

7. nekonečno jako limita [1:00]

Absolutní nekonečno je nanejvýš užitečnou abstrakcí, bez které by moderní matematika nemohla existovat. Vcelku běžně se setkáváme s divergentními posloupnostmi, limitami funkcí v nevlastních bodech, či nevlastními limitami funkcí ve vlastních bodech.

„Limita funkce $f(x)$ pro x jdoucí k a jest nevlastní, pokud pro libovolné y větší než nula existuje δ větší než nula takové, že pro x z prstencového delta okolí bodu a je absolutní hodnota $f(x)$ větší než y .“ I to je jedna z podob nekonečna.

Velká otázka ale zůstává: jsou nekonečna pouze potenciální, teoretické možnosti, nebo i aktuální, opravdu existující?

8. obloha nad Hradcem Králové [0:30]

A když už o tom mluvíme... Je vesmír nekonečný? Je nekonečný v prostoru? Je nekonečný v čase? Jak jinak to zjistit, než že se pokusíme změřit vzdálenosti a věk nebeských těles? Nejpřesnější byly určeny vzdálenosti ve sluneční soustavě...

9. trajektorie Voyageru v Uniview [0:30]

Jsou dosažitelné kosmickými sondami, které vysílají telemetrické údaje. Ty se šíří rychlostí světla ve vakuu, bezmála 300 000 kilometrů za sekundu. Voyager 1, vypuštěný roce 1977, je nyní tak daleko, že jeho rádiový signál k Zemi letí skoro 1 den.

10. souhvězdí Orion [0:20], 11. dráha Země, paralaxa [0:30]

Cizí hvězdy jsou ovšem mnohem dál, jejich světlo k nám letí roky, desítky i tisíce roků. Tyto nepředstavitelné mezihvězdné vzdálenosti měříme s pomocí geometrie.

Hvězdu pozorujeme ze dvou různých míst na oběžné dráze Země kolem Slunce, vzdálených od sebe d , tj. asi 300 milionů kilometrů, a měříme příslušnou změnu směru ke hvězdě, úhel α . Neznámou vzdálenost x pak jednoduše vypočítáme, $x = (d/2) / \operatorname{tg}(\alpha/2)$.

12. let dronu od hvězdárny [0:30]

Abychom mohli spatřit ještě vzdálenější a slabší objekty, potřebujeme nutně tmavou oblohu. Čím dál od civilizace, tím lépe...

13. temná obloha ze Šerlichu [0:40]

Z pohraničních hor vidíme očima vícero mlhavých „obláčků“. Jeden z nich, v souhvězdí Herkula, se jmenuje M13. Jedná se o kulovou hvězdokupu, čítající řádově 300 000 hvězd. Pro hvězdné populace se vzdálenosti určují snadněji, a to měřením relativních jasností a barevných indexů. Víme tak, že se hvězdokupa nachází asi 22 000 světelných let od nás.

14. pohled z kopule [0:20], 15. galaxie M33 [0:30]

Bohužel, pouhým okem nelze vidět vše; fotonů je příliš málo a šumu příliš mnoho. Pomozme si proto alespoň triedrem anebo astronomickým dalekohledem. V souhvězdí Trojúhelníku pak zahlédneme M33.

Záhy zjistíme, že takové „obláčky“ jsou vzdálenými hvězdnými ostrovy, obdobnými jako naše Galaxie — Mléčná dráha. Nacházíme v nich totiž obdobné typy hvězd, cefeid, nov, supernov... jen podstatně slabší, protože jsou miliony, desítky milionů i stovky milionů světelných let daleko.

16. velkoškálová struktura v Uniview [0:30]

Nejvzdálenější objekt, který můžeme uvidět dalekohledem z hvězdárny, je ne-nápadný kvasar 3C 273. Ve vzdálenosti 2,2 miliardy světelných roků jej vidíme jen díky obrovskému zářivému výkonu, odpovídajícímu 4 bilionům sluncí, za který je zřejmě zodpovědná obří černá díra s akrečním diskem.

17. část animace VLT [0:30]

S opravdu velkými dalekohledy, jako je VLT, bychom sice spatřili i ty nejslabší galaxie a nejvzdálenější kvasary, 13 miliard světelných let „daleko“¹, ale ani to pochopitelně není hledané nekonečno. . .

18. nitro hvězdy Rigel [1:00]

Určování stáří je jiný a složitější problém.

Hvězdy a dvojhvězdy studujeme pomocí astrofyzikálních modelů. Rovnice kontinuity, hydrostatické rovnováhy, tepelné rovnováhy a přenosu energie nám umožňují ponořit se do jejich nitra, vypočítat profily hustoty, teploty, tlaku, luminozity i určit věk.

Například jasný Rigel ze souhvězdí Oriona, modrý veleobr, vznikl před „pouhými“ 10 miliony let. Dnes má v centru teplotu 128 milionů kelvinů, při níž se částice α , čili jádra helia, přeměňují na jádra uhlíku. Navíc ve slupce kolem centra probíhají přeměny protonů na částice α .

19. let skrz hvězdokupu M13 v Uniview [0:40]

Naopak nejstarší hvězdy se podařilo nalézt ve zmiňovaných kulových hvězdokupách. Jedná se o červené trpaslíky, hvězdy s hmotností menší než $0,9 M_{\odot}$, které ve svém jádru přeměňují protony na částice α , ale velmi pozvolně. Jejich věk dosahuje až 13 miliard let.

13 miliard let, 13 miliard světelných let. . . To nemůže být náhoda. Ve vesmíru se nám podařilo nalézt světlo, které vzniklo dávno a daleko. . .

. . . ale pro nalezení nekonečna není důležité světlo, nýbrž tma!

20. postupně se objevující hvězdy, Olbersův paradox [0:40]

Kdyby byl vesmír nekonečný, kdyby trval nekonečně dlouhou dobu, kdyby v něm hvězdy svítily věčně, celá obloha by svítila jako žhavý povrch hvězd!

¹ Jde o zaokrouhlenou hodnotu vzdálenosti d_{ltt} formálně vypočtenou z *doby* šíření světla. Pro přijímané kosmologické parametry (Suzuki aj. 2011) $H_0 = 70,9 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\Omega_{\Lambda} = 0,723$, $\Omega_{\text{m}} = 0,266$ by ovšem pro objekt s pozorovaným rudým posuvem $z \equiv (\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{em}}) / \lambda_{\text{em}} = 10,7$ (Coe aj. 2012) vycházely různě definované vzdálenosti různě (Wright 2006): cestovní $d_{\text{ltt}} = 13,3 \text{ Gly}$, souhybná $d_{\text{C}} = 32,2 \text{ Gly}$ (tzn. dnešní), úhломěrná $d_{\Lambda} = 2,75 \text{ Gly}$ (tehdejší), luminozitní $d_{\text{L}} = 378 \text{ Gly}$ (!).

Namísto toho nás obklopuje noc — Olbersův paradox, svědčící o tom, že jeden nebo více našich předpokladů je chybných.

21. část animace Illustris [0:20]

Dnes již víme, že hvězdy nemohou svítit věčně. Dnes již víme, že vesmír tu nebyl nekonečně dlouho. Co nám ale zůstává, je nekonečný prostor celého vesmíru.

22. Einsteinovy rovnice pole [1:00]

Nekonečno totiž pokládáme za ideální, v jistém smyslu jednoduché. Nejjednodušší modely vesmíru, sestrojené na základě Einsteinových rovnic pole, předpokládají, že vesmír byl od času $t > 0$ nekonečný, téměř homogenní a izotropní.

Prostor však nelze pokládat za statický! Spektroskopická měření radiálních rychlostí galaxií, fotometrie supernov typu Ia, nepatrné fluktuační kosmického mikrovlnného pozadí nebo pozorování velkoškálových struktur — to vše svědčí o tom, že vzdálenosti musíme násobit expanzním faktorem a , závislým na čase t .

Nekonečný vesmír se tedy rozpíná, ale nezvětšuje. Nekonečno násobené kladným konečným číslem je totiž stále totéž — nekonečno se stejnou mohutností.

23. plocha posledního rozptylu, souřadnicové osy pokračující do nekonečna [0:40]

Navzdory tomu, že jsme jakožto pozorovatelé vesmíru omezeni horizontem², čili dobou existence prostoru a času, ($13,8 \pm 0,1$) miliardy let, zdá se nám pravděpodobnější a takřka nevyhnutelné, že za horizontem vesmír pokračuje dál a dál.

Třeba ale někdo z nás, ve svojí snaze o hluboké porozumění vesmíru, v budoucnu prokáže opak. . .

24. titulky, zdroje [0:20], 25. Space Ends Here [0:15], Σ [14:35]

- [1] COE, D. A. J. *CLASH: Three strongly lensed images of a candidate $z \sim 11$ galaxy*. *Astrophys. J.*, **762**, 32, 2013.
- [2] SUZUKI, N. A. J. *The Hubble Space Telescope cluster supernova survey. V. Improving the dark-energy constraints above $z > 1$ and building an early-type-hosted supernova sample*. *Astrophys. J.*, **746**, 85, 2011.
- [3] WRIGHT, E. *A cosmology calculator for the World Wide Web*. *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **118**, 850, 1711–1715, 2006.
- [4] VOPĚNKA P. *Úhelný kámen evropské vzdělanosti a moci. Souborné vydání Rozprav s geometrií*. Praha: Práh, 2011.

² Přesněji *částicovým* horizontem. Technicky nás ovšem omezuje rozptylování fotonů v raném vesmíru, takže hranici tvoří *plocha posledního rozptylu* po kombinaci iontů a volných elektronů do podoby atomů. Fotonů uvolněné tehdy pozorujeme dnes jako kosmické „mikrovlnné“ pozadí, okolo $\lambda \doteq 1,9$ mm neboli $f \doteq 160$ GHz.

Supravodivé kryogenické detektory pracují se supravodiči, v nichž se nacházejí elektronové páry s malou disociační energií $E_d \simeq 10^{-3}$ eV. Není pak divu, že i dlouhovlnný foton ($\lambda = hc/E_\gamma \simeq 1$ mm) může způsobit jejich disociaci, což je základ pro detekci fotonu (Kitchin 2014). Žádné dlouhé expozice, velmi krátké doby odezvy ($\tau \simeq 1 \mu\text{s}$) i mrtvé doby, a co je nejdůležitější, kratší λ způsobuje disociaci *více* párů, čili máme „zdarma“ spektrální rozlišení!

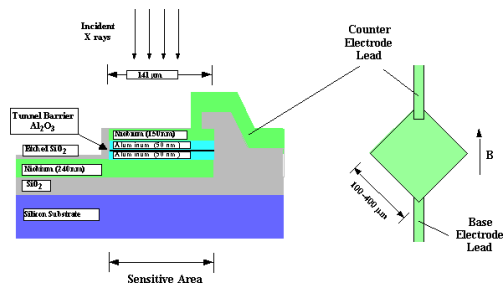
Supravodivost. Drobná potíž je, že potřebujeme supravodivost. Odpor klesá náhle k nule až při určité kritické teplotě T_{on} , tzn. odporně nízké (Onnes 1911). Jev byl teoreticky vysvětlen až později (Ginzburg a Landau 1950, Bardeen aj. 1957) jako vznik „dvojic“ elektronů, čili Cooperových párů.³

Vodivostní elektrony jsou v kovech téměř volné. Působí ovšem na ionty a ty vytvářejí jinde převahu kladného náboje (na niž lze nahlížet jako na fonon), který přitahuje druhý e^- . Neznamená to samozřejmě, že pár vypadá takto: e^-e^- , elektrony se stále vzájemně odpuzují; vzájemná vzdálenost bývá relativně velká, řádově 10^2 nm. Pár již není fermion, nýbrž boson, tudíž nedodrží Pauliho vylučovací princip.

STJ. Jedním z konkrétních způsobů detekce fotonu je supravodivý tunelovací spoj (STJ, angl. superconducting tunnel junction). Funguje na principu Josephsonova jevu (Josephson 1962); ve struktuře supravodič – *tenký* izolant – supravodič (obr. 1) e^- kvantověmechanicky tunelují skrz a spojem teče proud izolantu navzdory. Jako materiál se používá materiál Ta, Ha, Ni, Al ochlazený na $T \simeq 0,1 T_{\text{on}}$, tzn. *pod* 1 K. Proud vytvářený páry potlačuje vnější magnetické pole. Disociuje-li foton Cooperův pár (nebo páry), volné elektrony jsou urychlovány vnějším napětím a vytvářejí měřitelný proudový impuls.

Rozměry matic dosahují zatím jen 10^1 krát 10^1 pixelů; jednu takovou kamerou byl vybaven Herschelův dalekohled (WHT). Rozsah citlivosti je neskutečný, od rentgenů až po zmiňované mm vlny. Spektrální rozlišení je ve viditelné oblasti střední, $\lambda/\Delta\lambda \simeq 10^3$; nemůže se pochopitelně rovnat vysokodisperzním spektrografům. Podotkněme ale, že zde nemusíme stavět onen spektrograf. Spoje nacházejí využití i jako heterodynové přijímače, napěťové standardy nebo magnetometry.

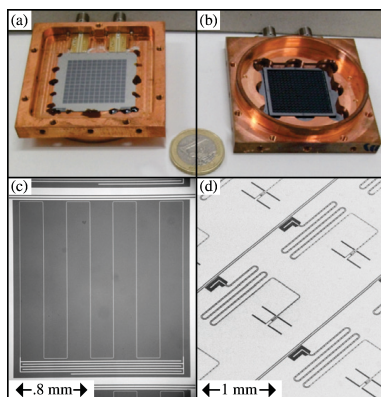
³ Pro vysokoteplotní supravodiče ale vysvětlení musí být odlišné. Nám jsou beztak na nic, protože vysokoteplotní znamená, že disociační energie Cooperova páru je vysoká (vydrží excitaci tepelnými pohyby, $E_t \simeq kT$), čímž bychom přišli o detekci $\lambda \gtrsim hc/E_t$.



Obr. 1 — Konstrukce supravodivého tunelovacího spoje STJ; vlevo řez, vpravo pohled zhora. Sestává z následujících několika vrstev: oxidu křemičitého SiO_2 , niobu (tloušky 240 nm), hliníku (50 nm), oxidu hlinitého Al_2O_3 (tenký izolant, 10^0 nm, tunelovaná bariéra), hliníku (50 nm), niobu (150 nm) a samozřejmě potřebných vodičů. Hliník je použit proto, že jeho oxidace probíhá rovnoměrně, a lze tedy připravit velmi tenké a zároveň souvislé vrstvy. Převzato z (<http://cryo-detectors.1lnl.gov/STJunct.htm>).

KID. Kinetický indukční detektor (KID, angl. kinetic inductance detector) je tenká vrstva supravodiče, který má nenulovou impedanci, neboť Cooperovy páry mají určitou hmotnost a setrvačnost, a tudíž se brání urychlování a zpomalování při přiložení střídavého napětí.

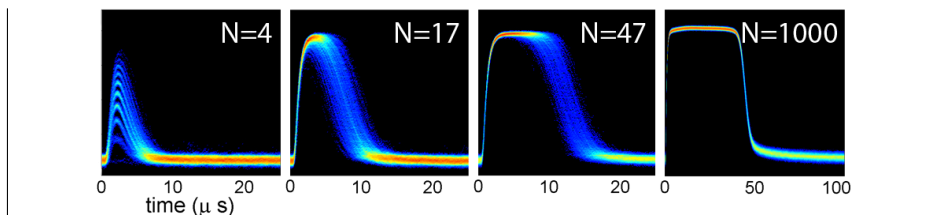
Po absorpci fotonu se změní počet párů, potažmo indukance. Změna se nej-
přesněji měří spojením s kondenzátorem, kterým se vytváří rezonanční obvod. Měří se tedy změna rezonanční frekvence; tato bývá v mikrovlnné oblasti, ale to nijak nesouvisí s rozsahem citlivosti detektoru. Příkladem může být kamera ARCONS (32×32 pixelů) na Palomarském dalekohledu nebo obr. 2.



Obr. 2 — Detektor typu KID pro přístroj NIKA. Sestává celkem ze 144 pixelů se sdruženým vyčítáním (vlevo nahoře). Jeden pixel má rozměry 2,25 mm (vlevo dole). Použitý kryostat dovoluje dosáhnout teploty pod 100 mK. Převzato z Monfardini aj. (2011).

TES. Supravodivý přechodový detektor (TES, angl. transition-edge sensor) pracuje na teplotě těsně pod T_{on} , takže při absorpci fotonu se T wolframového elementu zvýší nad, což vede k velkému nárůstu jeho odporu, respektive napětí na něm, $U = RI$.

Sestává ze tří základních částí: (i) absorbér, pro nějž je požadována nízká tepelná kapacita a rozumná tepelná vodivost, (ii) teploměr, realizovaný zmiňovanou změnou odporu, a (iii) tepelný most, odvádějící zachycenou energii do rezerváru, aby byl prvek opět připraven (cf. obr. 3). Detektor typu TES byl úspěšně použit na South Pole Telescope (SPT; Hanson aj. 2013).



Obr. 3 — Napěťová odezva prvku supravodivého přechodového detektoru TES na různé počty absorbovaných fotonů ($N = 4$ až 1000). Nástup je rychlý ($1 \mu\text{s}$), relaxace se prodlužuje s počtem fotonů. Převzato z (<http://www.nist.gov/pml/div686/tes.cfm>)

- [1] BARDEEN, J., COOPER, L.N., SCHRIEFFER, J.R. *Theory of superconductivity*. Phys. Rev., **108**, 5, 1175–1205, 1957.
- [2] GINZBURG V.L., LANDAU, L.D. *On the theory of superconductivity*. Zhurnal Eksperimentalnoi i Teoreticheskoj Fiziki, **20**, 1064, 1950.
- [3] HANSON, D. AJ. *Detection of B-mode polarization in the cosmic microwave background with data from the South Pole Telescope*. Phys. Rev. Lett., **111**, 14, 141301, 2013.
- [4] KITCHIN C.R. *Astronomical techniques*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2014, ISBN 978-1466511156.
- [5] MONFARDINI A. AJ. *A dual-band millimeter-wave kinetic inductance camera for the IRAM 30 m telescope*. Astrophys. J. Suppl. Ser., **194**, 24, 2011.
- [6] ONNES H.K. *The resistance of pure mercury at helium temperatures*. Commun. Phys. Lab. Univ. Leiden, **12**, 120, 1911.

Přehled CCD pozorování za rok 2015

Martin Lehký

Potíže na dalekohledu Jana Šindela (0,40 m, $f/5$), které se vyskytly během uplynulého roku, vyvrcholily a toužebně očekávaný servisní zásah se konečně uskutečnil. Od září byl tedy dalekohled mimo provoz z důvodu výroby nové deklinační osy a pokovení zrcadel.

Pozorovací program JST byl z důvodu omezené pohyblivosti upraven a dotkl se opět astrometrie malých těles sluneční soustavy, fotometrie fyzicky proměnných hvězd a aktivních galaktických jader, tedy programu, který vyžaduje poměrně

časté přejezdy. Po dobu činnosti tak byly sledovány převážně zákrytové dvojhvězdy z projektu Sekce proměnných hvězd a exoplanet při České astronomické společnosti. Jejich výběr se stejně jako v letech minulých opíral o zajímavý $O-C$ diagram vykazující sinusoidální změny, stáčení přímky apsid nebo zkracování či prodlužování periody. Všechny snímky z JST byly pořízeny pomocí CCD kamery G2-1600 se sadou standardních filtrů BVRcIc. Do výběru se celkem dostalo 34 hvězd a výsledná fotometrie přinesla 178 okamžiků minim. Platná kalibrace JST na standardní Landoltova pole umožnila pokračování fotometrie fyzicky proměnných hvězd. Sledována byla 1 eruptivní hvězda (YY Her, 20 měření), 1 pulzující hvězda (V1107 Her, 13 měření) a 1 hvězda bez určeného typu proměnnosti (ASAS J175019+0429.1 Oph, 166 měření). Do zorného pole se také dostala 2 aktivní galaktická jádra (NGC 4151 CVn a MKN 421 UMA; celkem 188 měření).

Pod odsuvnou střechou vedle hlavního dalekohledu JST byla tradičně po celý rok činná sestava HK25: montáž EQ-6 nesoucí reflektor 0,25 m, $f/3,92$, vybavený CCD kamerou ST-7 s filtrem Rc. HK25 fotometricky sledovala 62 zákrytových proměnných hvězd z projektu SPHE a bylo získáno 106 okamžiků minim.

Během roku se do pozorování také stále více zapojoval robotický dalekohled Blue Eye 600 na ondřejovské observatoři, jakožto výsledek společného projektu firmy Projectsoft HK a Astronomického ústavu MFF UK, který byl uskutečněn díky grantové podpoře Technologické agentury České republiky (TAČR).

Ultrarychlá alt-azimutální montáž, umožňující pohyb rychlostí až $45^\circ/s$, nese teleskop RiLA 0,60 m, $f/5$, Ritchey-Chrétien, s CCD kamerou osazenou citlivým senzorem E2V 42-40 NIMO. Díky ovládání přes internet může být pozorování spuštěno z libovolné lokace. Níže uvedená měření byla převážně uskutečněna z domečku u hvězdárny, ale část proběhla z tepla domova a také z Českých Budějovic. V rámci zkušebního provozu se do zorného pole dostala AX Her z programu NYX (5 okamžiků minim) a mimoděk i sousední slabá zákrytová proměnná hvězda CSS J181611.8+494520 Her (4 okamžiky minim). Ve dvou nocích se dalekohled zaměřil i na galaxii M31 And, kde zachytil novu 2015-09c (10 měření).

Drtivá většina pozorovacího času však byla samozřejmě věnována primárnímu úkolu, fotometrii malých planetek z programu MFF UK. Sledováno bylo celkem 11 objektů: (60) Echo, (70) Panopaea, (200) Dynamene, (268) Adorea, (339) Dorothea, (356) Liguria, (639) Latona, (986) Amelia, (1017) Jacqueline, (1723) Klemola, (6810) Juanclaria, a to po dobu 196,5 hodiny. Astrometricky byly sledovány 2 komety (40 měření). Polohy planetek však zatím nejsou kompletně zpracovány ani publikovány.

Zvýšená pozornost byla opět věnována rodině HKV, tj. proměnných hvězd objevených na královehradecké hvězdárně. Dalekohled JST sledoval HKV15 Gem a HKV18 Boo (8 okamžiků minim). Dalekohled HK25 pak sledoval HKV16 Aur

a HKV17 Gem (2 okamžiky minim). Oba dalekohledy se pak zapojily do systematického sledování dříve nalezených a prozatím neregistrovaných a nepublikovaných proměnných hvězd. Celkem bylo sledováno 8 zákrytových dvojhvězd a získáno 83 okamžiků minim a u dvou fyzicky proměnných hvězd 1 211 měření. Rodina HKV se nerozrostla; zatím. Je ale velmi pravděpodobné, že v dlouhých fotometrických řadách z BE600 budou nějaké nové proměnné hvězdy nalezeny.

Suma sumárum bylo v roce 2015 během 98 nocí sledováno 110 zákrytových proměnných hvězd (390 okamžiků minim), 5 fyzicky proměnných hvězd (1 410 měření), 1 nova (10 měření), 2 aktivní galaktická jádra (188 měření) a byla provedena fotometrie 11 malých planetek. Astrometrie přinesla 40 poloh od 2 komet.

Využití observačního času pokračovalo především díky souběžné činnosti JST, HKV25 a BE600 na vysoké úrovni. Softwarové vybavení zůstalo opět bez větších změn. Ke zpracování fotometrických pozorování byl využíván CMunipack 1.1.26 Davida Motla a Peranso 2.50. Velké poděkování patří za podporu Hvězdárně a planetáriu v Hradci Králové, docentu Marku Wolfovi z MFF UK v Praze za zapůjčení CCD kamery G2–1600 se sadou filtrů BVRcIc, firmě Projectsoft a celé řadě dalších lidí, bez jejichž podpory by nemohla být výše uvedená pozorování uskutečněna. V poslední řadě patří velké díky i ASHK.

Většina fotometrických pozorování byla publikována v databázi BRNO SPHE (a připravena k publikaci v Open European Journal on Variable stars), MEDUZA SPHE, NYX nebo zaslána vedoucím daných projektů.

Přehled vizuálních pozorování za rok 2015

Martin Lehký

Vizuální pozorování probíhala jako obvykle na zahradě u domečku — observační základny Astronomické společnosti v Hradci Králové. Z přístrojového vybavení jsem převážně využíval Somet Binar 25 × 100.

Primárním programem bylo tradičně vizuální pozorování komet, kde bývá úkolem určení celkové jasnosti komy, úhlového průměru komy, stupně centrální kondenzace a v případě přítomnosti chvostu určení jeho pozičního úhlu a délky. Během roku 2015 jsem spatřil celkem 3 komety a získal 52 odhadů celkové jasnosti komy. Ve všech případech se jednalo o jasné objekty, přičemž titul „Nejjasnější kometa roku“ získala kometa C/2014 Q2 (Lovejoy). V prvních dnech nového roku zářila na večerní obloze, kdy během rychlého přesunu z Eridanu přes Býka na Andromedu dosáhla jasnosti 3,9 mag.

| jméno a označení komety | interval pozorování | počet pozorování |
|-------------------------|---------------------|------------------|
| C/2013 US10 (Catalina) | 30. 12. – 31. 12. | 2 |
| C/2014 Q2 (Lovejoy) | 6. 1. – 22. 7. | 50 |
| C/2014 S2 (PanSTARRS) | 30. 12. – 31. 12. | 1 |

Tab. 1 — Komety pozorované během roku 2015.

Po započtení výše uvedených pozorování se ukazuje, že od 11. 12. 1987 jsem spatřil 232 různých komet a získal 3 440 odhadů celkové jasnosti komety, plus 35 negativních pozorování a 10 samostatných popisů vzhledu komety, bez určení jasnosti.

Pokračoval i odpočinkový program — pozorování jasných fyzicky proměnných hvězd. Celkem jsem sledoval 1 novu (V5669 Sgr; 4 odhady jasnosti), 15 pulzujících hvězd (349 odhadů jasnosti), 2 eruptivní hvězdy (46 odhadů jasnosti). Suma sumárum 18 hvězd a 399 odhadů jasnosti.

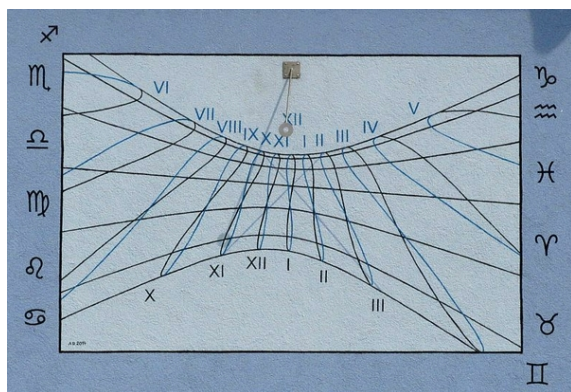
Získaná pozorování komet byla odeslána do hlavní celosvětové databáze ICQ a poskytnuta také několika lokálním databázím. Vizualní pozorování fyzicky proměnných hvězd byla publikována v databázi MEDUZA Sekce proměnných hvězd a exoplanet při České astronomické společnosti.

Sluneční hodiny 1. kvartálu

Jaromír Ciesla

Začátek roku 2015 byl na přírůstky v katalogu slunečních hodin poměrně slabý. Za první tři měsíce přibylo jen 33 nových záznamů a z nich byly jenom čtyři ze zahraničí.

Na prvním místě v domácí části se umístily svislé sluneční hodiny z obce Chýně. Gnómonicky bohatý číselník o rozměru 2,3 × 1,6 m můžeme spatřit na průčelí rodinného domku na ulici Hlavní 52. Místo klasických hodinových rysek jsou na číselníku použity analemy pro každou hodinu. Pro snadnější orientaci jsou barevně odlišené části zima – jaro a léto – podzim. Rozsah číselníku je od šesté hodiny ranní do páté hodiny odpolední. Sluneční hodiny jsou značené římskými číslicemi, a to v horní části pro období, kdy platí SEČ, a ve spodní části pro období vlády SELČ.



Obr. 4 — Chýně, Hlavní 52 (evidenční číslo PZ 40).

Číselník obsahuje také sadu sedmi datových křivek, které jsou označené symboly dle vstupu do jednotlivých znamení zvěrokruhu. Podle sklonu přímky pro rovnodennost je patrné, že stěna s číselníkem je mírně natočená k západu. Azimut stěny je -4° . U hodin je použit šikmý ukazatel, který je zakončen stínítkem s očkem, díky kterému je dobře patrné, kam dopadá sluneční paprsek.

Provedení slunečních hodin je čisté a přesné. Jejich autorem je pan Lukáš Palatinus. Návrh byl prováděn pomocí programu SHC, který je dostupný na stránkách katalogu.

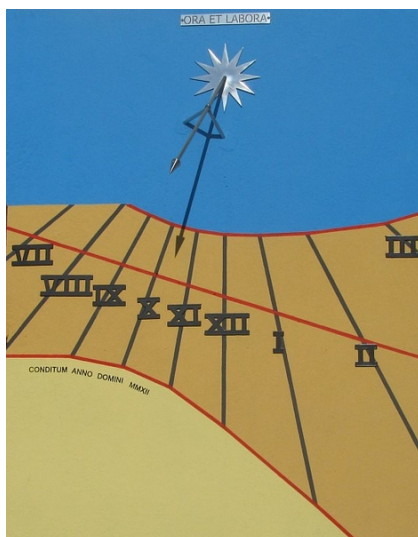
Na druhém místě se usadily svislé sluneční hodiny z obce Senička v Olomouckém okrese. Číselník hodin je namalován na stěně hájenky, jejíž azimut je 28° . Jejich autor pan Grézl si s grafickým provedením vyhrál, a tak není divu, že hodiny svým vzhledem zaujaly naši porotu, která jim přiřkla 14 bodů.



Obr. 5 — Senička 53 (ev. č. OC 65).

Rozměr číselníku je $1,5 \times 1,2$ m a obsahuje hodinové rysky od půl deváté hodiny ranní do šesté hodiny odpolední, které jsou doplněné značkami pro půlky hodin a sedmi datovými křivkami. Za pozornost stojí použití analemy na polední hodinové rysce. Z jejího tvaru je dobře patrné kolísání pravého slunečního času během roku. Pro lepší orientaci by bylo vhodnější provedení alespoň ve dvou barvách. Jako ukazatel je použit polos s nodem, který svým stínem přesně ukazuje své místo v čase. Nad rovinou horizontu pak můžeme číst ještě jedno poselství: „Dokud zářím, věky plynou“.

Na třetím místě, se získkem 10 bodů, se umístily svislé sluneční hodiny z Čeladné, místní části Podolánky. Rozměr číselníku je $1,4 \times 2$ m a je namalován na stěně s azimutem -21° . Jako ukazatel slouží polos o délce 55 cm, který je zakončen šipkou.



Obr. 6 — Čeladná 428 (FM 9).

Pracovní rozsah hodin je od osmé hodiny ranní do třetí odpolední. Hodiny jsou značené římskými číslicemi. Nad patou ukazatele je čitelný nápis „ORA ET LABORA“ (Modli se a pracuj). Pod číselníkem je text „CONDITUM ANNO DOMINI MMXII“ (Založeno léta páně 2012). Autorem hodin je pan Petr Geschwinder.

V zahraniční části naší soutěže bylo pro malý počet adeptů rozhodování velice jednoduché, úroveň hodin na prvních dvou místech je i přesto poměrně vysoká.

Na první místo se dostaly historicky hodnotné sluneční hodiny z roku 1648, které můžeme spatřit na věži kostela Svaté Markéty v Belgickém městě Knokke-Heist. Podle symetrického vzhledu číselníku je patrné, že se jedná o jižní svislé sluneční hodiny s pracovním rozsahem 6–12–6 hodin. Kromě celých hodin, které jsou značené ryskami a arabskými číslicemi, jsou na číselníku také značky pro půlky hodin. Jako ukazatel je zde použit polos s rozdvojenou podpěrou, která zajišťuje dostatečnou tuhost. Ve středu číselníku je vyobrazen rytířský erb.

Na druhém místě se uchytily vodorovné sluneční hodiny z irského Dublinu. Hodiny jsou součástí zahrady Iveagh Gardens. Můžeme je tam naléztí uprostřed bludiště na podstavci vysokém 1 m. Kruhový číselník o průměru 365 mm je bohatě gravírován. Rozsah číselníku je od čtvrté hodiny ranní do osmé večerní. Jemnější dělení stupnice je provedeno po 30, 15 a 5 minutách.

Jelikož je použit široký ukazatel, je značka pro poledne zdvojená tak, aby odpovídala jeho šířce. Ve středu číselníku je vyobrazená světová růžice s vyznačením



Obr. 7 — Knokke-Heist (BE WW 3).



Obr. 8 — Dublin, Clonmel Street, Iveagh Gardens (IE DUB 4).

směrů S, SW, W, NW, N, NE, E, SE. Rovněž lze na číselníku pozorovat poškození vandaly. Zvlášť mimo číselník se nachází ještě tabulka s návodem na použití a s grafem časové rovnice.

Na třetí příčce skončily svislé sluneční hodiny umístěné na budově Trinity College v Dublinu. Číselník je gravírován na měděné desce. Jeho rozsah je od půl sedmé ráno do půl sedmé večer. Hodiny jsou ještě dělené kratšími ryskami co každých 30 a 15 minut. Jak je patrné ze stínu šikmého ukazatele, byl tento ohnut a jeho podpěra uvolněna.



Obr. 9 — Dublin, Trinity College (IE DUB 3).

Zhotovení podobného číselníku je vcelku jednoduché technikou foto leptu. Provádí se tak, že si nejdříve vytvoříme na průhledný papír nákres číselníku s dostatečným krytím. Na měděnou či mosaznou desku nanese se ve tmě světlocitlivou barvu. Po zaschnutí barvy nákres těsně přiložíme na desku ze strany barvy a osvítime UV lampou. Následně odvoláme nenasvícenou vrstvu a vyleptáme v roztoku chloridu železitého. Podrobné návody můžeme nalézt na internetu.

Sluneční hodiny 2. kvartálu

Jaromír Ciesla

Během druhého kvartálu roku 2015 přibylo do katalogu 45 nových přírůstků. Z tohoto počtu jich na domácí připadá 32 a na zahraniční zbylých 13.

Jistě nikoho nepřekvapí, že se na prvním místě v tomto kole naší malé soustěže umístily horizontální azimutální sluneční hodiny, které byly letos instalované v obci Žlutava. Konstrukčně se jedná o velice zajímavé a svým provedením jedinečné sluneční hodiny, které by si zasloužily vlastní článek od jejich autora, kterým je ing. Vratislav Zíka.

Pomocí těchto slunečních hodin odvozujeme čas z azimutu Slunce. A jelikož je rovina číselníku ve vodorovné poloze, odtud je jejich název: vodorovné azimutální sluneční hodiny. Číselník slunečních hodin je vyrytý do mosazné desky o rozměru $0,7 \times 0,6$ m, která je zasazena v horní části velikého balvanu. Jednotlivé hodinové rysky jsou vynášené s odstupem po patnácti minutách. Jelikož je v konstrukci obsažena jak hodnota časové rovnice, tak i hodnota korekce o zeměpisnou délku, lze z hodin přímo odečítat střední sluneční čas pásmového poledníku.



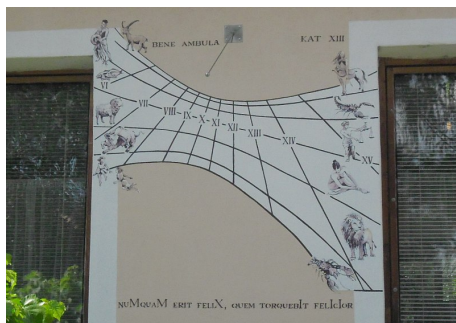
Obr. 10 — Vodorovné azimutální sluneční hodiny ve Žlutavě (ZL 28).

U hodin nenalezneme klasický ukazatel, jaký bývá u běžných slunečních hodin, ale používají pravítka s datovou stupnicí, které je otočně uchyceno. Jak postupujeme při zjišťování času? Za slunného dne natočíme pravítko s datovou stupnicí ve směru od Slunce tak, aby jeho hrany nevrhaly stín. Čas potom odečteme z polohy rysky aktuálního data mezi hodinovými ryskami.

Na druhém místě se usadily svislé sluneční hodiny z obce Topolná v okrese Uherské Hradiště. Jak je ze sklonu číselníku a orientace šikmého ukazatele patrné, jedná se o číselník vnesený na stěně, která je natočená přibližně k jihovýchodu. Zde je azimut stěny -20° .

Hodinové rysky jsou vyneseny po jedné hodině v rozsahu od šesté do patnácté a označené římskými číslicemi. Plocha číselníku je v horní části ohraničená hyperbolou zimního slunovratu a v dolní části hyperbolou letního slunovratu. Mezi těmito dvěma křivkami se nacházejí ještě další datové čáry, označující vstup Slunce do jednotlivých znamení zvěrokruhu. Datové čáry jsou označeny symboly jednotlivých znamení.

Jako ukazatel je použit polos; podle konce jeho stínu se orientujeme mezi datovými čarami. Čas je indikován celou délkou stínu ukazatele. Na číselníku je napsáno motto: „BENE AMBULA“, „KAT XIII“ a „nuMquaM erit feliX, quem torquebIt feliCior“, obsahující letopočet v chronogramu MMXIII.



Obr. 11 — Svislé sluneční hodiny v Topolné 14 (UH 29).

Dvojice pěkných kovových artefaktů zdobí dvůr areálu zemědělského družstva v Boru. Jedním z těchto uměleckých děl jsou i jižní prstencové polární sluneční hodiny. I přes stručné provedení je vidět pečlivost, s jakou byly vykovány. Hodinové značky od osmé hodiny ranní do čtvrté odpolední jsou umístěné na části prstence, která leží v rovině rovníku. Jako ukazatel slouží osa tohoto prstence, která je rovnoběžná s rotační osou Země.



Obr. 12 — Polární prstencové sluneční hodiny v Boru 98 (KV 60).

Velice pěkné snímky slunečních hodin k nám do katalogu dorazily z USA, konkrétně z New Yorku. Číselník těchto hodin bych klasifikoval jako vícenásobnou soustavu inklinálních slunečních hodin obecně orientovaných. Při prvním pohledu je pozorovatel z několika číselníků jistě dosti zmatený. I při detailním pohledu se na hodinách složitě orientuje.

Hodiny mají dva ukazatele a dvě sady číselníků. V horní části je ukazatel ve tvaru prstence, který se promítá do soustavy hodinových a datových čar. Ve spodní polovině je použito šterbinového ukazatele s nodem. Poloha tohoto nodu,

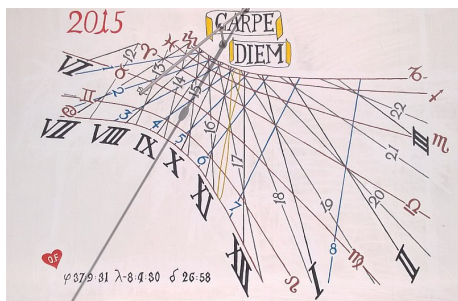
umístěného ve středu šterbiny, se promítá v závislosti na roční době na jeden ze čtyř číselníků. Jelikož se tyto čtyři číselníky od sebe liší svým sklonem a natočením, jsou i hodinové rýsky rozmístěné s mírným rozdílem.



Obr. 13 — Vícenásobné sluneční hodiny v New Yorku, Flushing Meadow Park (US NY 10).

Za slunečními hodinami z druhého místa bychom museli jet až na samý jih Portugalska, do města Loulé, čtvrti Palmeiral. Mají gnomonicky bohatý číselník, který je ale značně nepřehledný. Kromě slunečních hodin s rozsahem VI–XII–III zde nalezneme analemu pro pravé poledne multého poledníku, italské hodiny v rozsahu 12 až 22 hodin od západu Slunce a babylonské hodiny v rozsahu 1 až 8 hodin od východu Slunce.

Na hodinách jsou také vyneseny datové čáry označené znaky zodiaku. Jako ukazatel slouží polos s nodem. Ve spodní části pod číselníkem jsou vypsány zeměpisné souřadnice stanoviště a azimut stěny. Nad číselníkem můžeme číst rok vzniku 2015 a motto „Carpe Diem“.



Obr. 14 — Svislé sluneční hodiny v Loulé, Palmeiral (PT XX 9).

Ve druhém kvartálu přibyly do katalogu nejdny velice zajímavé sluneční hodiny a ani třetí místo zahraniční části není výjimkou. Jižní polární sluneční hodiny, které se nacházejí v Jeruzalémě, představují velmi zajímavé řešení velmi jednoduchého číselníku.

Ukazatel představuje šterbina, která je rovnoběžná se zemskou osou. Hodinové rysky na polárních hodinách jsou rovnoběžné navzájem a také rovnoběžné se zemskou osou. Hodinové rysky jsou kromě číslic označené také příslušným počtem puntíků. Zajímavostí je kruhový prstenec ve středu ukazatele, který spolu s kruhovým otvorem v číselníku slouží jako ukazatel poledních vodorovných slunečních hodin. Stupnice těchto hodin se značkami pro rovnodennosti a slunovraty se nachází v prostoru za číselníkem polárních hodin.



Obr. 15 — Polární rovinné sluneční hodiny v Jeruzalémě (IT JE 2).

Závěrem děkuji všem příznivcům slunečních hodin za jejich příspěvky a také za zaslání hlasování.