

Obsah	strana
Miroslav Brož: <i>Sluneční hodiny (14) — Konstrukce analematických hodin</i> . . .	4
Martin Lehký: <i>Informace v gravitačních vlnách</i>	12
Jana Albrechtová: <i>Absolutní NIC</i>	17
Martin Cholasta, Petr Horálek: <i>Děni na obloze v listopadu 2006</i>	18
<i>Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové</i>	19
Petr Horálek: <i>Krásná astronomie u Sečské přehrady (2)</i>	20
Martin Lehký: <i>Ze starých tisků VIII.</i>	22
František Hovorka: <i>Rozloučení s Josefem Bartoškou</i>	23
Martin Cholasta: <i>Pepa Bartoška a jeho kroužek</i>	25
Miroslav Brož: <i>Jak si budu pamatovat Pepíka Bartoška</i>	25
Jan Veselý: <i>Vzpomínka na Josefa Bartoška</i>	27

vzpomínky písemně, zvukovou ani obrazovou nahrávkou, což je velká škoda. Proto jsem se rozhodl, že se pokusím některé tyto vzpomínky zachytit ještě před smrtí, neboť pak na to již nebude čas. Jak známo: mrtvý prd ví, a taky nic nepíše. No, a při jízdě na kole po mokřem náleďi nikdo neví dne ani hodiny.

V době mezi vánocemi a Silvestrem 2002 touto vzpomínkou vykonávám malou potřebu doplnění historie hvězdárny. Vyjadřuji mé tiché poděkování JB JB (Josefa Bartoška MUDr. Jaroslavu Brychtoví) za zcela nad lidský výkon prosazení stavby budovy Hvězdárny a planetária v Hradci Králové, abych měl kam chodit do práce jako zřízenec planetária a vykonávat tam též velkou potřebu šíření astronomických poznatků mezi široké vrstvy obyvatelstva v řadách návštěvníků.



Pepíka si budu pamatovat jako velmi veselého a také bystrého člověka. Bylo radost s ním dát řeč, třeba jen na chvilku. Obvykle jsem však musel dobře poslouchat a být ve střehu, protože v každé druhé, nebo nejpозději třetí větě byla nějaká pointa. Když jsem nezabral, měl jsem prostě smůlu. V opačném případě jste se mohli zasmát spolu.

Jeho přednášky se těšily oblibě mezi veřejností, žactvem i mezi ostatními pracovníky hvězdárny. Sem tam se stalo, že po dvou hodinách pronesl větu „Tak tolik na úvod“ a pokračoval. Když se nakonec otevřely dveře kinosálu, vyšli posluchači obtíženi informacemi a za nimi zářící Pepík.

Vzpomínám na Pepíkův organizační nadhled, s jakým zvládal různorodé skupiny návštěvníků přijíždějící na hvězdárnu. Pověstná je třeba skupina 100 vojáků, která se celá najednou (!) vešla do malého planetária. Jedním z vůbec nejpůsobivějších programů, kdy v planetáriu uskutečněných, byla bezpochyby letní noční bouře, samozřejmě včetně lijáku.

S grácií zvládal odpovědi na dotazy přicházející na hvězdárnu, a to i neobčejně odborné i laické. Například na sérii opravdu laických telefonátů, vyvolaných neseriózní novinovou zprávou, že „Mars bude dnes večer pouhých 65 kilometrů od Země“, odpovídal: „Není, to máte informace z rána, teďka už je Mars u Chlumce!“ Odpovídal všem, bez rozdílu věku a vzdělání tazatele; odpovídal dokonce i na dotazy zcela neastronomické. Problém si vždy sám důkladně prostudoval, říkával třeba: „Tak na tohle je na internetu přes 100 000 odkazů!“ (A značnou část z nich prošel).

Na dotaz „Josef Bartoška“ tolik odkazů není. To ale myslím vyjadřuje skutečnost, že Pepík nebyl jaksi „elektronický“, ale komunikoval s lidmi prostě přímo.

[1] BARTOŠKA, J. *Bílá a černá místa v historii hvězdárny v Hradci Králové*. Povětroň 2/2003, s. 13.

[2] *Pepík Bartoška* [online]. (http://www.astrohk.cz/pepik_bartoska/).



Obř. 2 — Severojižní osa analematických hodin u hvězdárny se shoduje s osou blízkých rovníkových hodin ve tvaru budíku, o nichž jsme psali v Povětroňi 6/2005. Na datové stupnici jsou kromě počátků měsíců vyznačeny malými trojúhelníčky i rovnodennosti a slunovraty.

Titulní strana: Analematické sluneční hodiny před hvězdárnou v Hradci Králové, které jsme vytvořili s Karlem Zubatým v září 2006. Jsou malované na asfalt chlorprénovou barvou. Na snímku účastníci přednášky o slunečních hodinách 30. září 2006 diskutují Lambertovy kružnice a jejich případnou aproximaci úsečkami. Foto Pavel Uhrin. K článku na str. 4.

Miroslav Brož

Analematické sluneční hodiny mají obvykle vodorovný eliptický číselník a svislý pohyblivý ukazatel, který se posouvá po datové úsečce podle aktuálního data.¹ Narozdíl od obvyklých slunečních hodin zde není ukazatel rovnoběžný se zemskou osou a , přestože se jedná o kolmý ukazatel, ani nezáleží na jeho délce, protože čas je ukazován *směrem* vrženého stínu, nikoli koncovým bodem stínu. Za takových podmínek (v případě venkovních hodin) se přímo nabízí, aby tím ukazatelem byl sám člověk, který chce zjistit, kolik je hodin. Prostě se postaví na správnou značku na datové úsečce a jeho stín ukáže směrem ke správné hodinové značce; případně si ještě může pomoci vztýčenýma sepjatýma rukama.²

Než osvětlíme princip analematických hodin, připomeňme, jak vypadají hodiny polární prstencové (obr. 3): mají šikmý ukazatel (polos) rovnoběžný s osou Země, tedy ležící ve svislé severo–jižní rovině a s vodorovnou rovinou svírající úhel φ , rovný zeměpisné šířce stanoviště. Kruhový prstenec o poloměru a je upevněn tak, aby měl střed S v ukazateli a ležel v rovině kolmé (tj. rovině rovnoběžné s rovníkem). Hodinová stupnice je v tomto případě velmi jednoduchá — celé hodiny jsou vyneseny rovnoměrně po 15° .

Nyní si ještě uvědomme, který bod ukazatele vrhá stín na prstenec, když se během roku mění úhlová výška slunce nad rovníkem (tj. deklinace δ Slunce) v rozmezí $\pm \varepsilon$, kde $\varepsilon = 23^\circ 27'$ je vzájemný sklon ekliptiky a rovníku (obr. 4). Při rovnodennostech, kdy je $\delta = 0^\circ$, je to přímo střed S . Při letním a zimním slunovratu, kdy je $\delta = \varepsilon$, resp. $-\varepsilon$ jsou to body L a Z . Obecně platí, že pro daný den, kdy má slunce určitou deklinaci δ , má příslušný bod souřadnici rovny $a \operatorname{tg} \delta$, měřenou od S podél polosy kladně na sever.

Analematické hodiny jsou vlastně průmětem polárních prstencových hodin do vodorovné roviny (obr. 5). Z kruhového číselníku se tak stane *elipsa* s poloosami o délkách a a $b = a \sin \varphi$, přičemž kratší osa $C'D'$ je orientována ve směru sever–jih. Chceme-li, aby na promítnuté hodinové značky ukazoval stín svislého ukazatele, musíme jej umístit přesně pod ten bod polosy, který vrhal stín na prstenec. Během roku se tato poloha mění s deklinací slunce mezi body $L'Z'$.

¹ Pro sluneční hodiny, na nichž je vyznačena analema („osmička“), vyjadřující polohu pravého slunce na obloze během roku pro určitou denní hodinu, se užívá termín *analematické*. Viz např. [1].

² Analematické hodiny, pracující na principu azimutu, mohou mít důležitou funkci u přenosných hodin. V kombinaci s dalšími hodinami pracujícími na principu hodinového úhlu (nejčastěji vodorovnými) nahrazují kompas potřebný pro jejich správnou orientaci vůči světovým stranám. Stačí posunout svislý ukazatel analematických hodin na aktuální datum a pak s celým zařízením otáčet okolo svislé osy, dokud na obou číselnících nebudou stíny ukazovat tentýž (správný) časový údaj.

Martin Cholasta

Pepu Bartošku jsem poznal před 26 lety coby 11 letý kluk bydlící v nedalekém rozestaveném sídlišti a toužící poznat tajemství noční oblohy. Hned od začátku existence kroužku nás Pepa nebral jako žáčky, nýbrž jako rovnocenné partnery k debatám. Vytvořil nám takové zázemí na hvězdárně, které nám leckdo z našich vrstevníků mohl jenom závidět. Jeho humor byl tmelícím pojivem nás kroužkařů. Jeho recesistické kousky přecházely v legendy. Ale to nejlivnější, co Pepa dokázal, bylo probudit u nás začínajících pubertáků celoživotní lásku k astronomii.

Abych ukázal originalnost Pepíkových myšlenek, připomeanu jednu historku. Jednou šel Pepa nakupovat do potravín. Na první Pepíkovu žádost, že chce 3 centimetry salámu paní prodavačka sice s rozpaky, ale vcelku rychle zareagovala. Druhá Pepíkova žádost, že chce 1 radián syra, paní prodavačku zcela zmátla. Po chvíli uvažování ukrojila zcela nazdařbůh kus syra. Pepa jí řekl, že to sice není 1 radián, ale že to může nechat.

Pepa nám všem bude velmi scházet.



Obr. 19 — Účastníci Pepíkova astronomického kroužku v roce 2001.

Jak si budu pamatovat Pepíka Bartošku

Miroslav Brož

Když jsem listoval Pepíkovými články, zaujal mne ten z Povětróně 2/2003 o listovní hvězdárny, protože je v úvodu osobní. Dovolte mi z něj odcitovat první dva odstavce, které se mi moc líbily:

Každým okamžikem se současnost řítí do propadlitě času, které nazýváme minulost. To, co bude v budoucnosti, většinou přesně nevíme. Nutno dodat, že to je jediné dobře, protože by jistota budoucích událostí nenechala řadu lidí spát. Během práce na hradecké hvězdárně jsem měl to štěstí (nebo smůlu) setkat se s řadou lidí, kteří mi vyprávěli o velice pohnutých počátcích hvězdárny v Hradci Králové. A většinou tito lidé neznamenali svoje

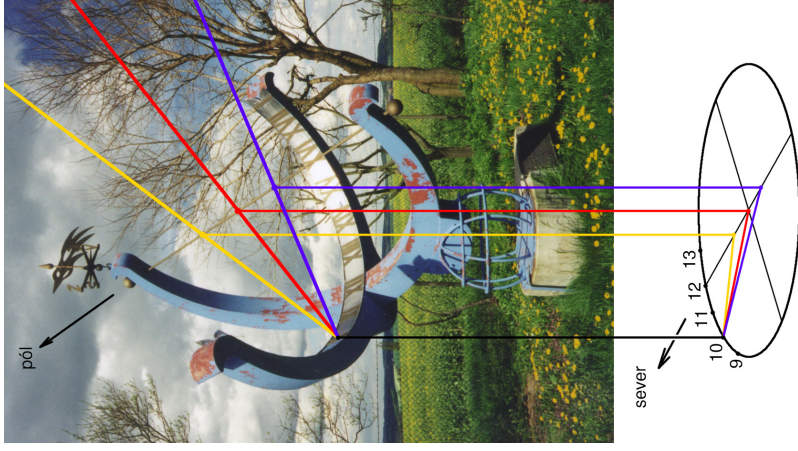
Na hvězdárně Pepík předával své poznatky, zpřístupňoval astronomii lidem, hlavně dětem a dělal to způsobem, který se musel vřít do paměti každému návštěvníkovi. Jeho humor byl osobitý a každý program byl jím prodchnut. A nebyly to jen tisíce, ale několik set tisíc návštěvníků, převážně dětí, které během jeho dvadřicetiletého působení na hradecké hvězdárně přišly s Pepíkem do styku a jímž zůstal v paměti. Byly to děti nejen z Hradce Králové a okolí, ale z velké oblasti, snad třetiny Čech od České Lípy a Liberce až na Moravu po Jihlavu a Jeseník. A to vše nejen během školního roku přímo zde na hvězdárně, ale řadu let vyjžděl i během prázdnin s astronomickým programem na letní tábory dětí. Na hvězdárně vedl astronomický kroužek mládeže, krom toho se v posledních letech staral o knihovnu hvězdárny, o její filmotéku, později videotéku odborných filmů, řadu let organizoval přehlídky Techfilm a Ekofilm. Přispíval také do novin, jeho sloh byl neotřelý, zajímavý, poskytoval rozhovory do rozhlasových i televizních vysílání, působil jako lektor i mimo hvězdárnu. Mnoho lidí po celé republice ho zná z jeho obsáhlé korespondence. Zodpovídal tisíce odborných dotazů, neodmítal ani ty nesmyslné a absurdní, s humorem na ně obsírně odpovídal.

Pepík byl hradeckým patriotem v dobrém slova smyslu, studoval historii města, hlavně ve vztahu k astronomii. Po roce 1989 byl spoluniciátorem obnovení činnosti samostatné hradecké Astronomické společnosti, která byla v padesátých letech včleněna do jednotné Československé astronomické společnosti.

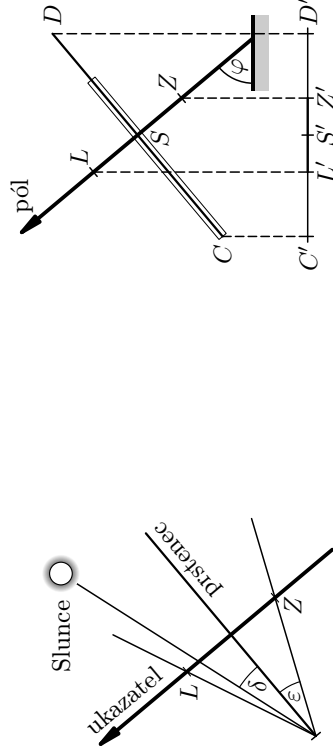
Po astronomii byla druhou Pepíkovou vášní cyklistika. Po svém otci sice zdědil auto Trabant, jediné auto svého života, a do poslední chvíle ho také udržoval v provozu. Nejvíce a nejraději však jezdil na kole, denně nejen do práce, ale desítky kilometrů po městě a okolí. Jezdil na kole i v zahraničí a řadu let v rámci Ebicyklu, známé to cyklistické jízdy hvězdářů od hvězdárny k hvězdárně po Čechách, Moravě i po Slovensku. Tam byl také charakteristickou postavou známou jako kouzelník Žito a všude spoluvytvářel legraci a dobrou pohodu. Pepík byl pracovitý i manuálně. Při práci a studiu postavil svépomocné byt, opravil chalu pu manželečiny ch rodí tů, pomáhal vždy ochotně a z vlastní iniciativy ostatním. I když obě jeho manželství nenaplnila zřejmě jeho očekávání, své dva syny Martina a Pavla miloval, věnoval jim mnoho času a úsilí a do poslední chvíle jim byl oporou.

Hvězdárna byla Pepíkovi druhým domovem, v některých obdobách snad dokonce domovem prvním. Hvězdárnu měl rád, práci na ní taky, byl na ni hrdý, ke hvězdárně přímo patřil. Zůstala po něm velká mezera, chybí nám a zřejmě dlouho chybět bude. Především jeho věčný úsměv, humor, radost a dobrá nálada, které předával všem, s nimiž se setkával. Bylo vždy příjemné se s ním potkat a prohodit třeba jen pár slov, i když většinou se rozhovor protáhl a bylo obtížné se odpoutat. Od jeho náhlé smrti uplynulo již jedenáct dnů, myšlenky se však stále vracejí, nelze zapomenout.

Pane kolego, budeme na Vás dlouho s láskou vzpomínat.



Obr. 3 — Polární prstencové sluneční hodiny a jejich průmět do vodorovné roviny. (Jedná se o hodiny u hvězdárny ve Vlašimi. Foto Jan Trebichavský (1997).)



Obr. 4 — Situace v rovině kolmé k rovníku, která prochází sluncem a ukazatelem.

Obr. 5 — Průmět roviny rovníku do vodorovné roviny, pohled od východu.

Znajíce princip analematických hodin, můžeme přistoupit k podrobnému návodu na jejich konstrukci:

- 1) Vytyčíme směr sever-jih podle stínu vrženého vislou tyčí v okamžiku pravého poledne, jež *nenástává* ve 12 h středoevropského času (SEČ), ale ve

$$12 \text{ h} + (15 - [\lambda]^\circ) \cdot 4 \text{ min} - E, \quad (1)$$

kde výraz $(15 - [\lambda]^\circ)$ vyjadřuje rozdíl zeměpisných délek pásmového poledníku a stanoviště (ve stupních a jejich desetinných) a E je hodnota časové rovnice (viz tab. 1). Existují samozřejmě i jiné způsoby vytyčení severo-jžního směru: například metoda soustředěných kružnic³ nebo GPS⁴; nedoporučujeme však použít magnetického kompasu. Zavedeme souřadnice jako na obr. 6.

- 2) Zvolíme délku velké poloosy a , pak délka malé poloosy je

$$b = a \sin \varphi, \quad (2)$$

největší rozměr hodin je $2a$. Elipsu bychom neměli dělat příliš velkou, aby stín postavy většinou sahal k hodinovým značkám, ani příliš malou, neboť stín postavy je poměrně široký. V našich zeměpisných šířkách vychází pro dospělé lidi vhodný rozměr $2a$ asi 5 m. Elipsu na hodinách můžeme (ale nemusíme) vytyčit — existují dva jednoduché způsoby (obr. 7):

- a) Do ohnisek F a F' , která jsou od středu S vzdálena o $c = \sqrt{a^2 - b^2}$, upevníme tyčky, ke kterým přivážíme pevné lanko o délce $2a$. Při napnutém lanku „objedeme“ ohniska křídou.
- b) Na lati o délce a vyznačíme body A , B , C tak, aby platilo $|AC| = a$, $|AB| = b$. Lať budeme k osám x , y přikládat takovým způsobem, aby bod B vždy ležel na ose x a C na y . Bod A potom leží na elipse.

- 3) Vytvoříme hodinové značky, jež mají souřadnice

$$x = a \sin t, \quad y = b \sin t, \quad (3)$$

³ Metoda soustředěných kružnic spočívá v narysování několika kružnic o různých poloměrech na vodorovné zemi okolo svislého ukazatele, který určuje střed soustředěných kružnic. Během dne protne konec stínu každou kružnici dvakrát (jednou dopoledne a jednou odpoledne). Spojíme dvojice průsečíků a najdeme středy těchto sečen, jejichž spojnice určuje směr sever-jih.

⁴ Máme-li k dispozici přístroj pro příjem družicových signálů GPS (Global Positioning System), který je schopen měřit polohu s chybou jednoho metru (tj. asi $0,05''$ v zeměpisné délce a šířce), určíme souřadnice dvou bodů na stanovišti, pak vypočítáme azimut jejich spojnice a podle něj vytyčíme azimut 180° . Měřené body by měly být vzdálené alespoň 100 m, aby chyba určení směru byla menší než $0,5^\circ$

velmi nejspíše, jak se nyní náš život bude jevit těm, kdož přijdou po nás a uvidí jej v plné denní záři. Ale my, i v tom světle, které máme, chápeme, jak se zdá, že hlavní poselství astronomie je poselstvím naděje pro lidstvo a odpovědnosti pro jednotlivce — odpovědnosti, neboť my tvoříme plány a klademe základy pro budoucnost delší, než jakou si sami dovedeme představit.

- [1] JEANS, James *Vesmír kolem nás*. Přeložil dr. Boh. Mašek. Praha: Ústřední dělnické knihkupectví a nakladatelství (Ant. Svěcený), 1931. 292 s. [Citováno ze strany 278].



Sir James Hopwood Jeans (11. 9. 1877 v Ormskirku–16. 9. 1946 v Dorkingu), anglický matematik, fyzik a astronom. Svoji práci zasáhl především do oblasti kosmologie, kvantové teorie a vývoje hvězd. Napsal také několik vynikajících popularizačních knih, ve kterých se snažil o srozumitelné zprostředkování nejnovějších poznatků. Za celoživotní přínos vědě jsou jmenem Jeans pokřtěny krátery na povrchu Měsíce a Marsu.

Rozloučení s Josefem Bartoškou⁷ František Hovorka

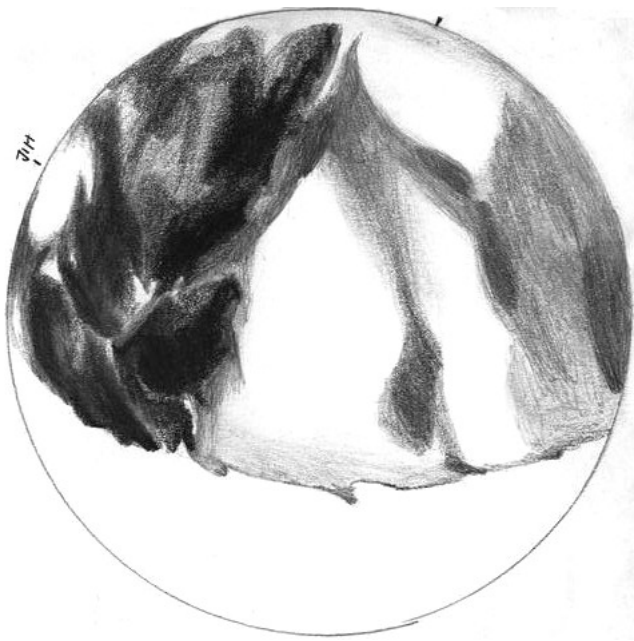
Draží přátelé, vážení hosté, sešli jsme se, abychom se rozloučili a zavzpomínali na našeho kolegu, spolupracovníka, přítele, Dr. Josefa Bartošku.

Pepík, nebo Pepíček, jak jsme mu všichni říkali, se narodil v době, kdy se hradecká hvězdárna ještě stavěla. Brzy nato ale přišla doba pronikání do vesmíru, první družice, první člověk v kosmu. Ta nadšená atmosféra a zřejmě nějaký impuls ve škole přivedly mladého Pepíka, tehdy dvanáctiletého žáka základní školy, v roce 1962 na hvězdárnu do astronomického kroužku. V kroužku vydržel, nejlépe ho zpočátku bavily výpočty, a působil v něm i během gymnaziálních studií až do roku 1968, kdy odešel na studia do Prahy.

Na hvězdárnu se vrátil v roce 1974 po dokončení studia na Pedagogické fakultě v Hradci Králové, aby plně rozvinul svůj zájem o astronomii. Snažil se udržet krok s tímto rychle se rozvíjejícím vědním oborem, soustavně četl a studoval astronomické knihy a časopisy — měl vynikající paměť, dalo by se s malou nadsázkou říci, že se stal chodící encyklopedií. V letech 1975 až 1977 absolvoval čtyřsemestrální postgraduální studium astronomie a astrofyziky na MFF UK v Praze. Snažil se pronikat i do příbuzných oborů, jak přirodovědných, tam hlavně do meteorologie, tak i společenskovědních. V letech 1980 až 1983 navštěvoval další postgraduální studium, a to teorie kultury na FF UK v Praze. V roce 1985, po složení rigorózní zkoušky, mu byl na Pedagogické fakultě v Hradci Králové přiznán titul doktora pedagogiky.



- ⁷ Řeč přednesená při rozloučení s PaedDr. Josefem Bartoškou v přednáškovém sále Hvězdárny a planetária v Hradci Králové 26. října 2006.



Obr. 18 — Mars 30. srpna 2005, 4 h 9 min až 4 h 21 min UT; přístroj: reflektor 0,25 m, $f/5$; zvětšení: 66 krát; místo: Seč, Ústupky, pláž; podminky: 8; teplota: 14 °C.

Ze starých tisků VIII.

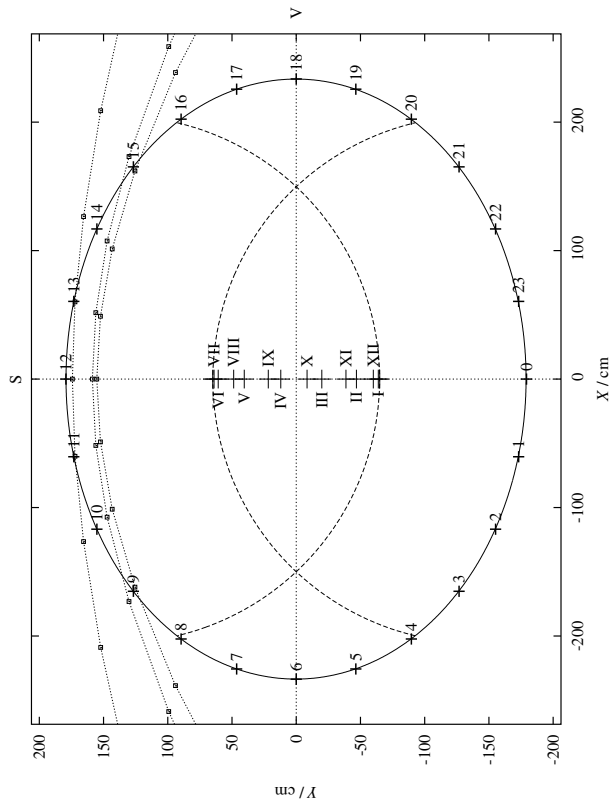
Martin Lehký

[] Rozsahem prostorovým jest astronomická zvěst při nejmenším melancholicky ohromná a sklíčující. Rozsahem časovým se stává zvěstí téměř nekonečné možnosti i naděje. Jako občané vesmíru žijeme spíše blíže k jeho konci než při jeho začátku, neboť podle všeho se už větší část vesmíru přeměnila v záření dříve, než jsme se objevili na jevišti. Jako obyvatelé Země žijeme na samém počátku času. Objevíli jsme se v mladistvé nádeře ranního svítání a den téměř nedohledné délky otvírá se před námi; a my si těžko dovedeme představití, jak bude vyplněn. Až se naši potomci ve vzdálených věcích ohlédnou zpět s druhého konce času, spatří náš nynější věk jako mlžný úsvit světových dějin. Naši dnešní současníci budou vypadati jako ponuří hrdinové, kteří si razili cestu pralesy nevědomosti, omylů a pověr, aby odhalili pravdu, aby se naučili, jak krotiti přírodní síly a učiniti svět důstojným, by v něm lidstvo přebývalo. Jsme ještě příliš pohříženi v ranní šedi, abychom si dovedli představití, třeba jen



datum	E /min	datum	E /min
1. 1.	-3	1. 7.	-3
15. 1.	-9	15. 7.	-6
1. 2.	-14	1. 8.	-6
15. 2.	-14	15. 8.	-4
1. 3.	-13	1. 9.	0
15. 3.	-9	15. 9.	+5
1. 4.	-4	1. 10.	+10
15. 4.	0	15. 10.	+14
1. 5.	+3	1. 11.	+16
15. 5.	+4	15. 11.	+15
1. 6.	+2	1. 12.	+11
15. 6.	0	15. 12.	+5

Tab. 1 — Hodnoty E časové rovnice během roku. Hodnoty pro jiná data, než která jsou v tabulce uvedena, vypočítáme interpolací ze dvou nejbližších dat.



Obr. 6 — Schéma analematických hodin v Bohdaneči, spočtené programem SHA. Hodinové značky na schématu jsou popsány arabskými číslicemi, datová úsečka římskými, čárkované čáry znázorňují části Lambertových kružnic pro letní a zimní slunovrat. Tečkované křivky se čtveřecími značkami značí, kam dosahuje stín člověka (ukazatele) vysokého 180 cm v různých denních a ročních dobách.

kde t je hodinový úhel slunce; pro 12. hodinu PMSČ je $t = 0^\circ$, pro 13. $t = 15^\circ$, pro 14. $t = 30^\circ$ atd. Na 50° s. š. má smysl vyznačovat pouze hodiny od 4 do 20. Kontrolou je, že značky leží na výše zmiňované elipse.

4) Vytvoříme datovou úsečku. Její celková délka je

$$|L'Z'| = 2a \operatorname{tg} \varepsilon \cos \varphi, \quad (4)$$

souřadnice pro začátky jednotlivých měsíců získáme ze vztahu

$$x = 0, \quad y = a \operatorname{tg} \delta \quad (5)$$

dosažením za δ z tab. 2. Na datovou úsečku můžeme samozřejmě vynést i libovolná jiná data, např. okamžiky vstupu slunce do znamení zvířetníku (tab. 3). Často se datová úsečka řeší jako obdélník rozdělený na menší obdélníky s číslicemi I až XII nebo se zkratkami Jan. až Dec. (obr. 8). Nezapomeňme však, že ukazatel—člověk musí stát vždy na ose y obdélníku.

5) Hodiny můžeme doplnit *Lambertovými kružnicemi*, resp. oblouky, které spojují body datové úsečky s obvodovou elipsou a vyznačují tak okamžiky východu a západu slunce pro dané datum. Středů a poloměry R těchto kružnic jsou dány

$$x = 0, \quad y = a \cos \varphi / \operatorname{tg}(2\delta), \quad (6)$$

$$R = a \cos \varphi \sin(2\delta). \quad (7)$$

Pro rovnodennosti kružnice přechází v přímku $A'B'$. Tento prvek hodin není závislý na slunečním svitu, umožní nám dobře odhadnout, kdy vychází a zapadá slunce v různých dnech roku, a je tak funkční ozdobou číselníku.

Na analematických hodinách čteme pravý místní sluneční čas (PMSČ). Abychom zjistili středoevropský čas (SEČ), užíváný v občanském životě, musíme k PMSČ přičíst opravu o zeměpisnou délku a *odečíst* hodnotu E časové rovnice (viz tab. 1):⁵

$$\text{SEČ} = \text{PMSČ} + (15 - [\lambda]^\circ) \cdot 4 \text{ min} - E. \quad (8)$$

Je-li v platnosti letní čas (SELČ), tj. od poslední neděle v březnu do poslední neděle v říjnu, musíme k údajům přičíst ještě jednu hodinu:

$$\text{SELČ} = \text{SEČ} + 1 \text{ h}. \quad (9)$$

⁵ Když bychom na analematických hodinách chtěli číst přímo SEČ, museli bychom hodinové rýsky na elipse posunout o rozdíl zeměpisné délky pásmového poledníku a stanoviště a navíc místo každé nakreslit (obecně různé) průměty analem. Čtení na takových hodinách by bylo dosti obtížné. Existuje však i možnost nahradit datovou úsečku dvěma složitějšími aproximativními křivkami (nikoli analemami!) tak, že hodiny ukazují střední sluneční čas, ale jen s *určitou přesností*. To je případ slunečních hodin v Longwood Gardens [7].

výhled k vesmíru dost omezený, ale na četnost meteorů to stačilo. Mezná hvězdná velikost v zenitu dosahovala 6,8 magnitudy a děti měli zážitek na celý život. Já taky.

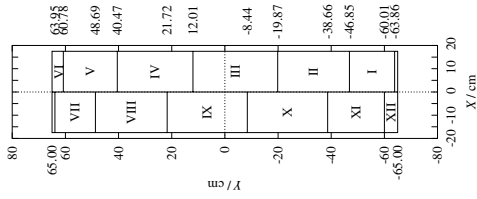
O čtyři dny později se opět ocitám na chatě. Můj otec zrovna pořádal s přáteli, s nimiž si užíval krásných středoškolských let, velikou oslavu jejich padesátin. Každý chtěl Perseidy vidět, jenže divadlo se nekonalo. Navečer jsem se sice poctivě připravil, lehl si na pláž, ale ještě Měsíc nezapadl, když ho pohltila ze západu ženoucí se studená fronta. Mezná hvězdná velikost se dramaticky změnila z 5 mag na 0,5 mag. Probudil mě nakonec až déšť a víchr do tváře.

Snad jako náhrada přišel další den. Při večerním rybolovu se náhle z jihu nízko nad obzorem vynořilo bílé pomalu letící světélko a extrémně zjasnilo (přesně ve 20 h 19 min UT). Plulo skoro přes třetinu oblohy jako jasný pomalý meteor. Zlomilo můj dosavadní rekord — mělo „jen“ asi — 1,5 mag, ale letělo celých 8 sekund! (A to od okamžiku, co jsem to začal počítat.) Nakonec skutečně zhasl, ale pouhé 3° nad obzorem. Rozrušení přátelé pouze zhluboka dýchali a jeden z nich, Martin, škodolibě prohlásil: „Tak to bylo na Prahu...“⁴

30. srpna, Mars. Konečně začali brát kapři. A jací! Celý týden jsem chodíval brzy ráno, často do mlhy nebo rosy. Vstával jsem před čtvrtou ranní, kdy se smí začít chytat a milovně jsem sledoval ranní rozbřesk. Jak tma ustupuje na západ, jak ptáci začínají pít, jak občas voda klidná zmizela pod rozvířenou tvář. Nebo jak hvězdy slábnou do poslední — často to bývala Vega z Lyry nízko nad severozápadním obzorem. Občas ještě padl nějaký bolid, přelétla ISS a já u toho tahal kapra. Okolní rybáři si snad jen klepali na kebulu — co je to za blázna, když místo na prut čumí do nebe, kde nic není. Jenže ono bylo. Mars. Ten jediný přetrvál boj o výdřž před oslnivým sluncem, jež bylo nevysoce nad obzorem. Viděl jsem ho ještě do osmé hodiny, podle čírosti nebe i déle.

Jednou mi to nedalo, přeci jenom jsem na počátku července Mars kreslil. Tak jsem se k tomu opět odhodlal. To byste nevěřili, co člověk rybář—astronom prožívá v jednom kuse za napětí. Nahodit návnadu, zaseknout na druhém prutu rybu, vytáhnout, pustit, nahodit, chvíli pozorovat a jen dám oko k okularu, už mi zase očko na vlasici u prutu signalizuje záběr. Co by člověk stihl za pět minut, dělá půl hodiny.

Když jsem opět šťastně dolovil, a nepřišel kupodivu jiný rybář, přilétla zase ta sova. Vždycky jsem si myslel, že je to jen noční pták. Ale tahle ne — ohromná hlava mě prosvítila za ušima a sova zašustila do stromů ve snaze přistát. Šel jsem do toho lesíka a koukám, hledám — už ji vidím. Sedí vysoko jako huňatý balvan. A co víc, kouká se přímo na mě. Nevím, v tuhle chvíli, co to znamená, každopádně je to symbolické. A jak tak po dlouhém pohledu tápu zpět k prutům, přebírám si tu vzpomínku, vidím další skvost — jako u Ježíše apoštolové — stálo 12 jedlých hub okolo jednoho pařízku pod stromem té sovy. Jen pár metrů a zamaskované byly listím. K tomu už není slovy co říct.



Obr. 8 — Nákras středové desky s datovou úsečkou pro analematické hodiny v Bohdanečích.



Obr. 9 — Detail středové desky a číslic na hodinách v Bohdanečích.



Obr. 10 — Analematické sluneční hodiny v Bohdanečích, na kterých jsme pracovali s Vaškem Knollem. Hodiny jsme navrhli programem SHA (viz schéma na obr. 6). Kamenické práce provedl pan Hrubý; hodiny do terénu umístila firma pana Kůčery, investorem bylo město Bohdaneč. Na fotografii jsou zachyceni také účastníci výletu za slunečními hodinami ve východních Čechách, který pořádala královéhradecká hvězdárna 1. října 2006 [6].



Obr. 16 — Náčrt konjunkce Měsíce a Saturnu 13. listopadu 2006 podle programu Stellarium [2].

- [1] PŘÍHODA, P. aj. *Hvězdářská ročenka 2006*. Praha: Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy, 2005. ISBN 80-86017-43-5.
- [2] *Stellarium* [online]. [cit. 2006-10-30]. (<<http://www.stellarium.org>>).

Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové — listopad 2006

Otvírací dny pro veřejnost jsou středa, pátek a sobota. Od 19:00 se koná večerní program, ve 20:30 začíná večerní pozorování. V sobotu je pak navíc od 14:00 pozorování Slunce a od 15:00 program pro děti. Podrobnosti o jednotlivých programech jsou uvedeny níže. Vstupné 10,- až 45,- Kč podle druhu programu a věku návštěvníka. Změna programu vyhrazena.

Pozorování Slunce soboty ve 14:00
 projekce Slunce dalekohledem, sluneční skvrny, protuberance, sluneční aktivita, při nepříznivém počasí ze záznamu

Program pro děti soboty v 15:00
 podzimní hvězdná obloha s astronomickou pohádkou **Perseus** v planetáriu, starší dětské filmy, ukázka dalekohledu, při jasné obloze pozorování Slunce

Večerní program středy, pátky a soboty ve 19:00 (kromě 17. 11.)
 podzimní hvězdná obloha v planetáriu, výstava, film, ukázka dalekohledu, aktuální informace s využitím velkoplošné videoprojekce

Večerní pozorování středy, pátky a soboty ve 20:30 (kromě 17. 11.)
 ukázky za zajímavých objektů večerní oblohy, *jen při jasné obloze!*

Přednášky
 sobota 4. 11. v 17:00 — **Meziplanetární hmota očima kosmických sond** — přednáší Ivo Míček; v rámci semináře Společnosti pro meziplanetární hmotu
 sobota 11. 11. v 17:00 — **Mokrý nebo suchý Mars?** (pohled na Mars trochu jinak) — přednáší Prof. Ing. Milík Tichý, DrSc., ČVUT Praha
 sobota 18. 11. v 17:00 — **Odhalení modelu měsíčního kráteru Tycho** (s úvodním slovem a ukázkou modelů kosmických sond) — promluví Jaroslav Svoboda, Karel Zubatý, Miroslav Brož, Karel Bejček a Petr Balda

větříku šumícího v korunách větví utíhajícího dne. Vždyť to je snad ta největší romantika, kterou si lze v životě představit.

Za druhé se na to podíváme z realistického pohledu. Nastalo by to úplně nic, které jsem již zmiňovala na začátku. Lidé, zvířata, rostliny, a celkově všechny ostatní organismy by vymřeli na nedostatek světla, energie, potravin a vůbec všeho, co je k životu potřebné. Naše planeta Země by se stala pustou a chladnou. A to nemluvě ani o okolních planetách. Je těžké uvažovat, jak by to vypadalo na nich, když jsem se tam nikdy nedostala. Ale určitě je to, že by teplota o hodně klesla do záporných čísel. Teď se mi honí hlavou spousta myšlenek, co by lidstvo mohlo dělat, ale všechny závisí na hvězdách. Nikdy bych neřekla, že uvažovat o tomhle bude tak těžké.

Teď už mi dochází, proč lidé před námi uctívali Slunce jako boha. Pravda, nemusejí používat tak drastické metody, že vyrvali ještě bušící srdce z lidského těla, myslím že by stačilo nasbírat lesní plody nebo něco takového. Jestli si někdo zaslouží naši úctu, tak to není Budha, či Ježíš Kristus ani Zeus, ale právě Slunce.

Takže abych to na závěr shrnula — jsem velmi ráda, že žiju tady na Zemi, kde nám zánik Slunce hrozí až za 5 miliard let, a to už nebude moje starost. Taký jsem moc vděčná i za ostatní hvězdy, protože zrovna já trávím u večerní oblohy spoustu času.

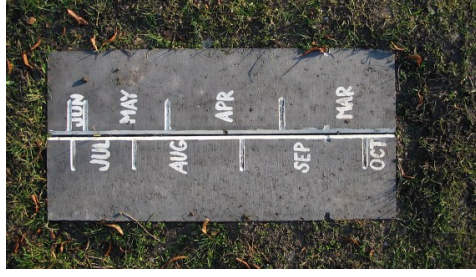
Děni na obloze v listopadu 2006

Martin Cholasta, Petr Horálek

Z meteorických rojů by mohl letos příjemně překvapit roj Leonid. Při jeho maximu uvidíme mimo jiné částice z mateřské komety 55P/Tempel-Tuttle, které kometa zanechala podél své dráhy při návratu v roce 1932. Je to také pravděpodobně vůbec poslední možnost spatřit nějaké větší frekvence meteorů tohoto roje před mnohaletou přestávkou. Maximum kolem roku 2022 odborníci nepředpokládají, neboť kometa prolétne blízko planety Jupiter, takže další velký návrat očekáváme až za 59 let. Letos maximum nastane 19. listopadu v 5 h 45 min SEČ, frekvence by mohla dosáhnout 80 meteorů za hodinu. Měsíc rušit nebude, je den před novem.

Kometa C/2006 M4 Swan je kvůli výhodné pozici v listopadu mnohem snadněji pozorovatelná. Navíc 24. října náhle zjasněla na 4,3 mag a dostala se nad hranici viditelnosti pouhým okem. Celou první polovinu listopadu ji nalezneme v jihovýchodní části souhvězdí Herkules, 16. listopadu pak vstoupí do Orla, kde bude po zbytek měsíce. Podle odhadů před výbuchem měla mít na začátku listopadu 8. magnitudu, a koncem listopadu méně než 11 magnitud, ale nyní je vývoj jasnosti nejistý.

13. listopadu v 1 hodinu ráno se k sobě přiblíží Saturn a Měsíc na vzdálenost 1,2°. Tuto konjunktci lze pozorovat nad východním obzorem. Měsíc a Saturn se budou v té době nacházet v souhvězdí Lva (obr. 16)



Obr. 11 — Analematické hodiny u Gymnázia Boženy Němcové, na Pospíšilově třídě v Hradci Králové. Středová deska těchto hodin je záměrně vyrobená kratší a nezahrnuje zimní měsíce, kdy hodiny obvykle nejsou využívány. Jejich konstruktérem je Jan Veselý a studentí gymnázia.



Obr. 12 — Pepík Bartoška zde názorně předvádí, že při troše šikovnosti může analematické hodiny užít i cyklista za jízdy. Foto Jan Veselý.

Absolutní nic, tak by se dal nazvat život bez hvězd, který by ani nebyl životem. Vždyť právě Slunce a jeho nebeští „kolegové“ nám obstarávají život, energii, světlo, závalu, nekonečné přemýšlení a bádání o vesmíru a takhle bychom mohla pokračovat do nekonečna. Avšak nikoho nenapadá otázka, díky komu jsme tady na Zemi, všichni by odpovídali, že díky mamince a tatínkovi — ale je to pravda? Myslí, že ne tak úplně. Takhle bychom se mohli vyptávat všech generací, ale oni by odpovídali pořád stejně. Teprve tehdy, kdy bychom s touto otázkou došli až k bakteriím, tak by možná přiznali, že i díky hvězdám. Vždyť lidé ani pořádně nevědí, co jsou to ty svítící body, které je možné pozorovat po západu Slunce na jasném obloze. Ale to už jsem se dostala trochu jinam, než směřuje otázka. Tedy mohou nastat pouze dva případy, co by se stalo, kdyby nebyly hvězdy.

Zapravě se na to podíváme z teoretického hlediska. Lidé by si toho vůbec nevšimli. Tedy abych byla přesná, většina lidí. Jediní, kdo by oplakávali ty nádherné obrovské, žhavé koule, by byli astronomové, meteorologové, astrologové, básníci a také minimální procento lidstva, které představuje většinou romantiky nebo zamilované. Když se to tak vezme kolem a kolem, tak lidé s těmito povoláními nebo zálibou popřípadě vlastnostmi, by ani nemohli žít. Když se na to podíváme z blízka, co by dělal hvězdář bez hvězd? Seděl by u teleskopu a koukal do tmy? Ale v tom by nenašel žádnou zábavu, takže by mu asi nezbyvalo nic jiného, než se requalifikovat — jak se dnes radí lidem, kteří se svojí profesí nenajdou uplatnění. Dalším na „seznamu“ byl meteorolog. Jak ten by mohl předpovídat jaké bude počasí, kolik bude stupňů teploty a kdy vyjde a zapadne ten den Slunce? Takže by jen předpovídal, kolik bude na obloze vidět mraků, jakého druhu budou a celkově se zajímal pouze o oblačnost. Teď mě tak napadá, co by vlastně přál pan Zákopčaník? Nyní nám přeje „Slunce v duši“, ale bez hvězd by si zřejmě musel změnit poslední větu třeba na „Bezoblačno v duši“. Astrologové — ti by zase neměli podle čeho předpovídat vlastnosti měsíčních znamení a další věci neúprosně související s astrologií. Další v řadě jsou básníci. O čem by asi tak chudáci psali, kdyby nebyly hvězdy? Protože většinou, když jsem četla nějakou báseň, tak se v ní objevovala vesmírná tělesa. Ať už hovorili o luně, hvězdičce či sluníčku, básně tedy rovněž úzce souvisí s vesmírnými tělesy. A nemuseli to být pouze básně. Co třeba všelijaké moudrosti, písně, divadelní hry, pohádky a i jiná díla. A nesmím zapomenout ani na romantiky. No to je kapitola sama pro sebe. Vždyť oni se ve hvězdách vyzývají! Co by dělali, o čem by stále snili a přemýšleli bez červenavých západů a časných východů slunce? Anebo bez večerního pozorování hvězd, někde na samotě, nikým a ničím nevyrušování, pouze za svitu Měsíce a lehkého teplého

⁶ Text oceněný v Hradeckém Škrabáku 2006 třetí cenou v kategorii Publicistika. Viz Povětroň 3/2006.

- [1] BROŽ, M., NOSEK, M., TREBICHAŤSKÝ, J., PECINOVÁ, D. Editoři *Sluneční hodiny na pevných stanovištích. Čechy, Morava, Slezsko a Slovensko*. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1204-4.
- [2] BROŽ, M., NOSEK, M. aj. *Sluneční hodiny v České republice a na Slovensku* [online]. [cit. 2006-10-30]. <http://www.astrohk.cz/slunecni_hodiny.html>.
- [3] BROŽ, M. *SHA | Návrh analematických hodin* [online]. [cit. 2006-10-30]. <<http://mail.astrohk.cz/~mira/sha/sha.php>>.
- [4] BUDD, C. J., SANGWIN, C. J. *Analemmatic sundials: How to build one and why they work* [online]. [cit. 2004-10-26]. <<http://plus.maths.org/issue11/features/sundials/>>.
- [5] MAES, F. *Frans Maes' Sundial site* [online]. [cit. 2004-10-26]. <<http://www.biol.rug.nl/maes/zonewijzers/welcome-e.htm>>.
- [6] NOSEK, M. *Informace o akci v Hradci Králové* [online]. [cit. 2006-10-30]. <http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz/akce_HK.html>.
- [7] SAWYER, F. W. *Of Analemmas, Mean Time, and the Analemmatic Sundial* [online]. [cit. 2004-10-26]. <<http://www.longwoodgardens.org/Sundial/Analemma.html>>.

Informace v gravitačních vlnách

Martin Lehký

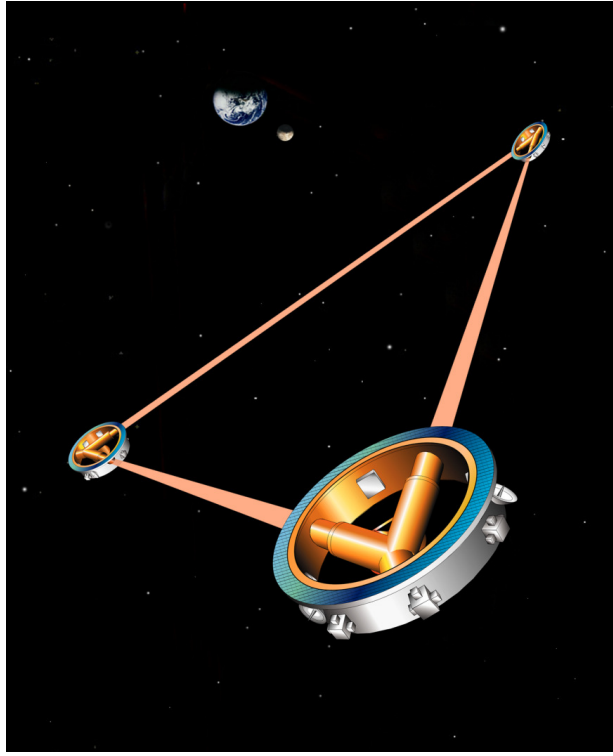
Existenci gravitačních vln předpověděl již v roce 1915 Albert Einstein ve své obecné teorii relativity. „Rozkmitání časoprostoru“ může být důsledkem nerovnoměrné, náhlé a významné změny rozložení „hmoty“ a jejího pohybu.

Současný zdroj gravitačních vln lze členit na periodické a neperiodické.

Periodickými zdroji mohou být rotující tělesa (v případě, že rotační osa není osou axiální symetrie), dvojhvězdné a vícenásobné systémy. Vykazují pravidelné a časově dlouhodobé emitování gravitačních vln.

Neperiodickými zdroji jsou výbuchy supernov, nov, kataklyzmických hvězd, srážky těles, jimž přispíváme velké hmotnosti (hvězd, neutronových hvězd, černých děr). Jde o impulsní zdroje gravitačních vln o velké intenzitě.

Teoretikové navíc uvažují o existenci kosmologických gravitačních vln, které mohly vzniknout v rané fázi vývoje vesmíru, přímo při velkém třesku nebo během fáze inflace. Mají být generované nehomogenitami a turbulencemi superhusté hmoty. Pokud skutečně existují a podaří se jejich detekce, otevře se nám okno do neskutečně hluboké minulosti, do období, kdy byl vesmír velmi žhavý a neprůhledný. Pomocí elektromagnetického vlnění, reliktního záření, můžeme studovat vesmír 380 000 let po velkém třesku, ale s pomocí gravitačních vln bychom mohli nahlédnout do času 10^{-43} s po velkém třesku. Byl by to obrovský posun a zajisté by přinesl mnoho odpovědí na otázky vzniku vesmíru a jeho dalšího vývoje.



Obr. 15 — Umělecká představa trojice interferometrických satelitů LISA. Převzato z [9].

Nezbývá než doufat, že se podaří projekt dovést do zdárného konce, a těšit se na výsledky, které nám mohou otevřít cestu do hluboké historie vesmíru.

- [1] ULLMANN, V. *Obecná teorie relativity: Fyzika gravitace: 2. 7. Gravitační vlny* [online]. [cit. 2006-02-18]. (<http://astronuklfyzika.cz/Gravitace2-7.htm>).
- [2] *Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://www.ligo.caltech.edu>).
- [3] *LIGO Hanford Observatory* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://www.ligo-wa.caltech.edu>).
- [4] *LIGO Livingston Observatory* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://www.ligo-la.caltech.edu>).
- [5] *GEO 600 Home Page (Hannover)* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://www.geo600.uni-hannover.de>).
- [6] *VIRGO* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://www Cascina.virgo.infn.it>).
- [7] *TAMA 300* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://tamago.mtk.nao.ac.jp>).
- [8] *EINSTEIN@home* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://einstein.phys.uwm.edu>).
- [9] *LISA: Laser Interferometer Space Antenna* [online]. [cit. 2006-02-19]. (<http://lisa.jpl.nasa.gov>).

Detekce gravitačních vln je velice obtížná, především pro jejich malou intenzitu. Na otevření gravitačního okna do vesmíru tak čeká lidstvo již několik desetiletí, za nemalých finančních prostředků staví stále dokonalejší a přesnější detektory, ale snaha zatím zůstává bez odezvy. Zdá se však, že v brzké době by se mohla přímá detekce gravitačních vln podařit.

Postupně jsou uváděny do provozu velice citlivé detektory, které by měly být schopné zaznamenat gravitační vlny impulsního původu. Principem této metody je sledování velice jemných změn vzdáleností mezi testovacími tělesy pomocí *laserové interferometrie*. Současně vyslaný svazek elektromagnetického záření putuje dvojicí na sebe kolmých ramen (vakuovou trubici) k volně zavěšeným masivním testovacím tělesům, od kterých se odrazí a míří zpět k fotoelektrickému detektoru. Vzájemným porovnáním obou příchodích svazků se pozná, zda nebyla testovací tělesa mechanicky ovlivněna průchodem gravitační vlny, což by se projevilo fázovým posunem a změnou intenzity laserového paprsku. Na první pohled jednoduché, ale ve skutečnosti se jedná o velice složitě zařízení, nepředstavitelně náročné na vybudování, seřízení a provozování. Například laserový paprsek musí mít přesné danou vlnovou délku, nesmí docházet k fluktuacím intenzity, musí být přesně směřován na kilometry vzdálená testovací tělesa, která pomocí důmyslné spleti lanek visí volně zavěšená v prostoru a musí být maximálně rezistentní vůči přirozeným a antropickým rušivým vlivům.

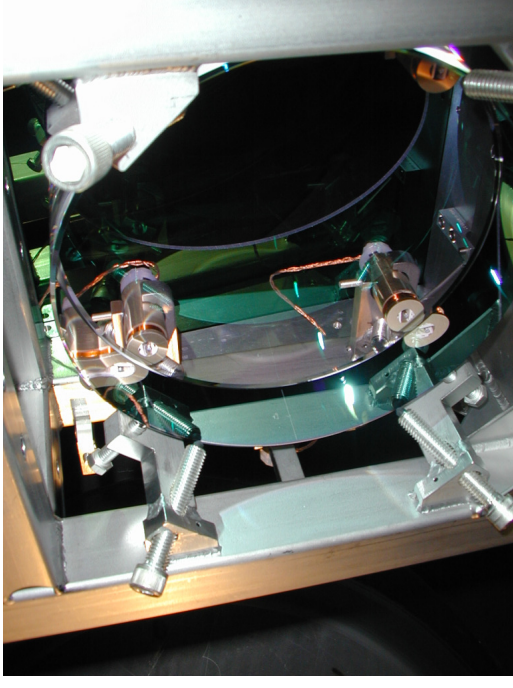
Samořejmě rušivé vlivy nelze zcela odstranit, ale snahou je především jejich maximální eliminace. Měření pohybu, vibrací a pohupování testovacích těles probíhá s přesností zlomků průměru atomu, což na geologicky aktivní Zemi není jednoduché. Když se navíc k přirozeným otřesům přidá neklid způsobený biosférou a lidskou činností, je to problém o několik řádů složitější. Využitím nejnovějších poznatků a technologií z oblasti kvantové optiky, techniky vysokého vakuu a dalších souvisejících oborů, se však daří dosahovat téměř magické hranice relativní citlivosti 10^{-21} a přímá detekce gravitačních vln se zdá být jen otázkou času [1].

Mezi nejvýznamnější projekty současnosti patří detektor LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) [2], který vzniknul za podpory National Science Foundation. Tedy abychom byli přesní, jedná se o dvojici identických detektorů: LIGO Hanford Observatory [3] (pod správou California Institute of Technology) a LIGO Livingston Observatory [4] (pod správou Massachusetts Institute of Technology). Interferometry s délkou ramen 4 km dosahují relativní citlivosti 10^{-21} a do výzkumu se zapojily v roce 2002 (obr. 13, 14). Odpověď na otázku, proč bylo provedeno zdvojení detektoru, hledejme na konci minulého odstavce. Důvodem byla maximální eliminace rušivých vlivů. Detektory byly vybudovány ve státech Louisiana a Washington, vzdáleny asi 3 000 km od sebe, tj. příliš daleko na to, aby signály byly rušeny shodně nějakou místní anomálií. Výsledky měření podléhají koincidenční analýze, která změny zaznamenané pouze na jedné stanici jednoznačně odsunuje mimo kategorii událostí způsobených gravitačním vlněním.



Obr. 13 — Letecký pohled na detektor gravitačních vln LIGO Livingston Observatory, resp. jeden ze 4 km tunelů s interferometrem. Převzato z [2].

Další zdokonalení posuzování původu zaznamenaných anomálií přináší stále se rozvíjející široká mezinárodní spolupráce. Propojením detektorů se rodí globální síť: LIGO, GEO600 [5] (British-German Laser Interferometric Gravitational Wave Detector v Německu, Schäferbergu poblíž Hannoveru, o délce ramen 600 m), VIRGO [6] (Italian-French Laser Interferometric Gravitational Wave Detector v Itálii, jihovýchodně od města Pisa, o délce ramen 3 km) a TAMA300 [7] (Japanese Laser Interferometric Gravitational Wave Project v Japonsku, o délce ramen 300 m). Síť by měla filtrovat náhodné anomálie a navíc, v případě úspěšného zachycení skutečné gravitační vlny, by měla být schopna určit směr, odkud k nám přišla (z časového rozdílu detekce vlny na jednotlivých interferometrech), a to s přesností jednoho stupně.



Obr. 14 — Jedno ze zrcadel interferometru LIGO. Převzato z [2].

Analýza obrovského množství dat proudících z detektorů je velice náročná. Vzhledem k omezeným výpočetním zdrojům využívají vědci infrastrukturu BOINC, vzešlou z projektu SETI. Tisíce domácích počítačů zapojených do projektu *Einstein@home* [8] tak pomáhají při hledání očekávaných gravitačních vln.

Jaká je šance na úspěch a budoucnost? Z dnešního pohledu se zdá, že jsme již opravdu blízko, ale s naprostou jistotou to nemůžeme tvrdit. Dřívější teoretické předpovědi ukazovaly, že na detekci gravitačních vln budou stačit detektory s citlivostí 10^{-15} až 10^{-18} , tedy rezonanční detektory. Experimenty a nejnovější teoretický výzkum nás však přesvědčují, že hranice citlivosti je o poznání níže, kolem 10^{-20} . Může se však stát, že ani tato hodnota není konečná. Budoucí projekty se tak zřejmě budou muset vypořádat s mnoha úskalími. Modernizace a stále zkonalování stávajících pozemních detektorů přinese zvýšení citlivosti až k 10^{-23} , ale již nyní je jisté, že pro přesnější měření je nezbytný „útlěk“ z neklidné Země do meziplanetárního prostoru.

První mimozemskou observatoří bude LISA [9] (Laser Interferometer Space Antenna), která vzniká ve spolupráci vesmírných organizací ESA a NASA. Vypuštění je plánované na rok 2015 (pomocí rakety Delta IV) a pokud se vše podaří, bude trojice satelitů (obr. 15) umístěna na heliocentrickou dráhu ve vzdálenosti 1 AU od Slunce, asi 20 stupňů za Zemí, což by mělo stačit na eliminaci gravitačního vlivu planety. Formace tří těles, základna pro vysílání a příjem laserového paprsku a dvojnásobně odraznými zrcátky, bude na oběžné dráze udržována v naprosto přesných rozestupech. Ačkoli délka ramene interferometru bude asi 5 miliónů km, použitá technologie dovolí korekci polohy s přesností na 10 nm!