Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Michal Křížek

Pražský orloj, jak jej neznáte

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 58 (2013), No. 3, 177–180

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/143452

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2013

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* http://dml.cz

Pražský orloj, jak jej neznáte

Vážení a milí čtenáři,

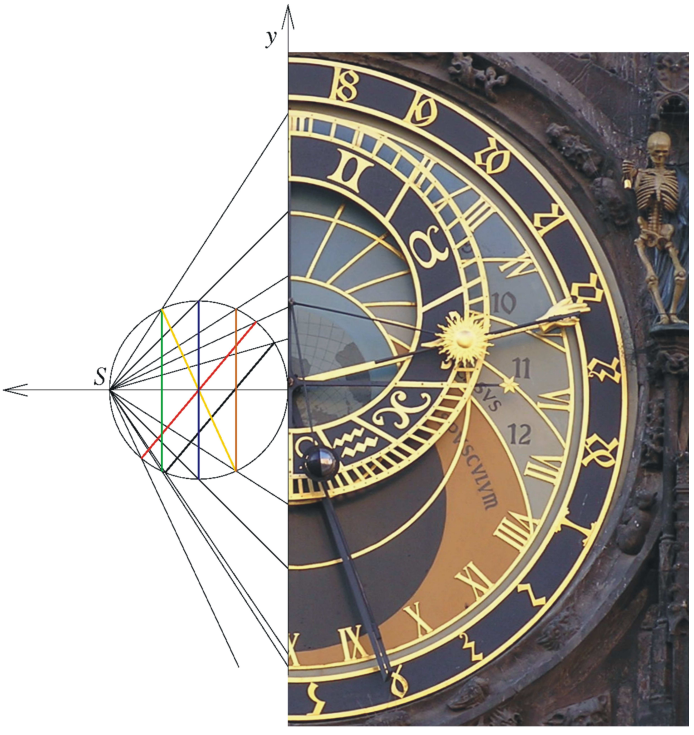
toto číslo Pokroků je věnováno památce PhDr. Zdeňka Horského, CSc., významného vědeckého pracovníka Astronomického ústavu ČSAV, který zemřel před 25 lety. Jeho obdivuhodné dílo je spjato především s historií astronomie. Proslavil se např. svými monografiemi *Kepler v Praze* [2] či *Pražský orloj* [3], které jen těžko kdy budou překonány. Zdeněk Horský se bohužel vydání [3] nedožil.

Obr. 1. Zdeněk Horský (11. 3. 1929–8. 5. 1988)

Pražský orloj je zcela výjimečná astronomická památka. Byla o něm napsána celá řada dalších knih, a tak je velice obtížné přispět něčím novým. Koncem mezinárodního roku astronomie 2009 vyšlo speciální číslo Pokroků [9], které bylo celé věnováno 600. výročí vzniku pražského orloje[1], obsahovalo některé novinky a mělo docela velký ohlas. Proto Jednota českých matematiků a fyziků společně s Historickou sekcí České astronomické společnosti a dalšími institucemi uspořádala v období 2010–2011 sérii deseti seminářů věnovaných této významné události (viz PMFA *55* (2010), 317–319). Část odpřednášených příspěvků otiskujeme i v tomto čísle, aby nezapadly některé důležité myšlenky a objevy, které účastníci seminářů učinili, a aby následující generace znovu neobjevovaly již objevené. Po dalších sto letech by se navíc jen obtížně dohlédávala a rekonstruovala některá uváděná fakta.

Kvůli lepší orientaci v tomto čísle nejprve uveďme, jak je astronomický ciferník orloje zkonstruován (viz též [1], [5], [14]). Ciferník slouží jako čtvery hodiny s různě definovanými časy a současně též znázorňuje geocentrický model vesmíru s nehybnou Zemí uprostřed, kolem níž obíhají Slunce, Měsíc a znamení zvěrokruhu nebeské sféry, která leží na ekliptice. Část sféry od obratníku Raka dolů je přitom zobrazena do roviny pomocí stereografické projekce. Střed promítání S je v severním pólu a projekční rovina je tečná k jižnímu pólu. Snadno nahlédneme, že se nebeský rovník i obratníky Raka

[1] Orloj se nachází v těsné blízkosti pražského poledníku [15] na Staroměstském náměstí.



Obr. 2. Stereografická projekce šesti základních kružnic nebeské sféry na astronomický ciferník pražského orloje (vlevo je bokorys, vpravo půdorys). Střed promítání je v severním pólu S nebeské sféry a jižní pól je ve středu ciferníku. Nebeský rovník (znázorněn modře) je rovnoběžný s obratníkem Raka (zeleně) a Kozoroha (hnědě). Ekliptika (žlutě) svírá s nebeským rovníkem úhel 23.45°. Pražský horizont (červeně) svírá s nebeským rovníkem úhel 39.91°. Kružnice astronomické noci (černě) je 18° pod horizontem a je s ním rovnoběžná (foto Pavel Křížek).

a Kozoroha na nebeské sféře zobrazí v projekční rovině xy na kružnice (viz obr. 2). Ekliptika, pražský horizont a kružnice astronomické noci na nebeské sféře, i když nejsou rovnoběžné s rovinou rovníku, se také zobrazují na kružnice, což ale vůbec není triviální dokázat. Platí totiž následující věta (viz např. [5]):

Věta (Ptolemaiova). *Kružnice ležící na kulové ploše a neprocházející středem promítání S se při stereografické projekci zobrazí opět na kružnici.*

Na obrázku 2 vidíme, jak se promítá šest základních kružnic nebeské sféry do roviny ciferníku. Výsledné obrazy jsou tedy podle Ptolemaiovy věty opět kružnice. Vzory i obrazy se nazývají stejně. Např. kružnice na ciferníku, u níž jsou na obr. 2 římské číslice, se nazývá obratník Raka stejně jako odpovídající kružnice nebeské sféry. K nedorozumění dojít nemůže. Vztahy pro určení poloměrů a středů jednotlivých kružnic jsou uvedeny např. v [6].

Vidíme, že ekliptika se dotýká obou obratníků. Projekce hvězd nebeské sféry nejsou znázorněny. Hlavním důvodem je patrně skutečnost, že při projekci ze severního pólu by se dovnitř ekliptiky zobrazily zejména hvězdy z jižní polokoule, což není významné.

Co v předloženém čísle Pokroků naleznete? Přinášíme vám exkluzivní rozhovor redaktorky Českého rozhlasu Jany Olivové s Milanem Patkou, který jako student objevil závažnou chybu na astronomickém ciferníku v zakreslení astronomické noci. Drobných konstrukčních chyb je celá řada. Např. nebeský rovník lze rozdělit na 12 částí po 30° pomocí poledníků, které ale ekliptiku nedělí po 30°, protože ekliptika má k rovníku sklon 23.45°. Již Ptolemaios věděl, že stereografická projekce zachovává úhly [9, s. 283]. Přesto je ekliptika (zvěrokruh) na orloji nesprávně rozdělena úsečkami po 30°, které se v prodloužení protínají v jižním pólu. Vzniklá chyba činí několik stupňů [7, s. 338].

K různým chybám docházelo i během rekonstrukcí pražského orloje. Např. velikosti základních kružnic na astronomickém ciferníku by se daly o trochu zlepšit. Těmto i dalším nedokonalostem se věnuje současný orlojník Petr Skála. Z jeho příspěvku je rovněž patrno, jaké proměny prodělal astronomický ciferník v průběhu staletí.

Funkce denních planetních hodin[2] pražského orloje je popsána v [10]. Jejich vějířovitě se rozvírající oblouky jsou na obr. 2 vpravo označeny arabskými číslovkami. Horizont s označením 12 je část kružnice a oblouk 6 je úsečkou. Ostatní oblouky vypadají jako kružnicové. Karel Sandler však přišel s velice překvapivou matematickou větou:

Věta (Sandlerova). *Kdyby oblouky planetních hodin byly kružnicové, byla by možná trisekce libovolného úhlu pomocí kružítka a pravítka.*

I když lze pomocí vlastností stereografické projekce také dokázat [6], že „teoretické“ oblouky planetních hodin nejsou částmi kružnic (kromě horizontu), je z matematického hlediska Sandlerova věta včetně původního důkazu velice elegantní a lze jen obdivovat jeho skvělou geometrickou představivost. Volí speciální horizont[3] tak, aby bylo možno rozdělit příslušný oblouk obratníku Raka a Kozoroha na 12 stejných dílů. Přitom předpokládá, že sluneční ukazatel obíhá střed ciferníku během dne po kružnicích.

Petr Král, Antonín Vrba a Pavel Baudisch napsali poutavý článek Astrolabium Parvum. Cenné jsou zejména komentáře včetně vysvětlení použitých geometrických konstrukcí. Původní rukopis je totiž díky zastaralému písmu jen obtížně čitelný.

V Jiráskových Starých pověstech českých [4, s. 177] se píše, že *orloj pochází z dob krále Vladislava II. z r. 1490 a je prací mistra Hanuše, slovutného hvězdáře, jenž jej pak se svým žákem Jakubem řídil.*[4] Zdeněk Horský se však vážně zabýval změnou datace vzniku orloje — místo 1490 navrhoval již rok 1410. K tomuto časovému posunu o 80 let hlouběji do minulosti také přispěl Stanislav Macháček, jehož autentickou výpověď uvádíme.

Milan Patka podrobně popisuje dochovanou rytinu staroměstského orloje z roku 1837. Na ní si můžeme všimnout, že se např. měsíční ukazatel pohybuje dále od středu, než je tomu nyní. Antonín Vrba pak v návazném článku popisuje orloj na nejstarších dochovalých fotografiích.

Inspiraci pro překvapivé „sčítací“ vlastnosti závěrkového kolečka bicího stroje pražského orloje (viz [3, s. 78]) čerpal Zdeněk Horský pravděpodobně z díla [13], i když jej necituje. Jejich matematické analýze jsou pak věnovány další anglicky psané práce, např. [8], [11], [12], [16], [17]. V [13, s. 24] se píše: *In clocks that struck 12 hours*

[2] O nočních planetních hodinách pojednáme na s. 260.

[3] Speciální volba horizontu není podstatná. Množina úhlů, pro než existuje jejich eukleidovská trisekce, je totiž hustá, protože postupným půlením můžeme zkonstruovat např. úhly $72° - 60° = 12°, 6°, 3°, 1.5°, \ldots$

[4] A. Jirásek se inspiroval Táborského Zprávou o orloji staroměstském (J. Teige, Praha, 1901, s. 24).

only there was not much trouble, but 24-hour clocks were a different matter. Making a small striking train which accurately and reliably strikes the 300 strokes from 1 to 24 demands considerable precision not only in the count wheel, but in much of the rest of the train as well. Pak se uvádí několik metod, jak přesnost regulace zvýšit (např. při opotřebení zubů). Jednou z nich je použít pomocné závěrkové kolečko. Petr Skála se však domnívá, že v současnosti malé závěrkové kolečko žádnou takovou regulační funkci nemá. Jeho detailní rozbor jistě stojí za přečtení. Hodiny odbíjející 24 hodin se stejným závěrkovým kolečkem lze spatřit i v Britském muzeu v Londýně.

Naši přední odborníci na dílo Zdeňka Horského, manželé Hadravovi, připravili článek, který poukazuje na obrovskou šíři jeho vědeckého záběru.

Roman Pipek nás podrobně seznamuje s poškozením pražského orloje v květnu 1945. Analyzuje, kde mohlo stát německé samohybné dělo, které orloj zničilo.

Literatura

[1] Dvořák, J.: *Co ukazuje staroměstský orloj.* Vesmír *42* (1963), 133–135.

[2] Horský, Z.: *Kepler v Praze.* Mladá fronta, Praha, 1980.

[3] Horský, Z.: *Pražský orloj.* Panorama, Praha, 1988.

[4] Jirásek, A.: *Staré pověsti české.* Jos. R. Vilímek, Praha, 1933.

[5] Křížek, F., Křížek, M.: *Astronomický ciferník pražského orloje.* Rozhledy mat.-fyz. *86 (1)* (2011), 1–6.

[6] Křížek, M., Křížek, P.: *Kružnice na astronomickém ciferníku pražského orloje.* Matematika – fyzika – informatika *19* (2010), 577–586.

[7] Křížek, M., Křížek, P., Šolc, J.: *Astronomické omyly provázející pražský orloj.* Čs. čas. fyz. *60* (2010), 337–340.

[8] Křížek, M., Somer, L.: *On peculiar Šindel sequences.* JP J. Algebra Number Theory Appl. *17* (2010), 129–140.

[9] Křížek, M., Šolc, J., Šolcová, A. (eds.): *600 let pražského orloje.* PMFA *54 (4)* (2009), 112 stran.

[10] Křížek, M., Šolcová, A.: *Pražský orloj a planetní hodiny.* Astropis *17 (3)* (2010), 35–37.

[11] Křížek, M., Šolcová, A., Somer, L.: *The mathematics behind Prague's horologe* (in Chinese and English). Math. Culture *1 (2)* (2010), 69–77.

[12] Křížek, M., Šolcová, A., Somer, L.: *600 years of Prague's horologe and the mathematics behind it.* Math. Spectrum *44* (2011/2012), 28–33.

[13] Leopold, J. H.: *The Almanus manuscript (Rome circa 1475–circa 1485).* Hutchinson of London, 1971.

[14] Rada, M.: *Pražský orloj. Co je možno odečíst na astronomickém ciferníku orloje?* Dostupné z: `http://www.volny.cz/mrada/orloj/orloj5`

[15] Seget, K.: *Pražský poledník má nové označení.* Lidé a Země *38* (1989), 472.

[16] Weintraub, S. H.: *Count-wheels.* Ars Combin. *36* (1993), 241–247.

[17] Weintraub, S. H.: *Count-wheels: A mathematical problem arising in horology.* Amer. Math. Monthly *102* (1995), 310–316.

Michal Křížek

vedoucí redaktor PMFA