

Zápas o pražský orloj

Osud zeměkoule na astronomickém ciferníku pražského orloje a proč jej zachovat

Michal Křížek¹, Jana Žďárská²

¹Matematický ústav AV ČR, Žitná 25, 115 67 Praha

²Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

Staroměstský orloj je zřejmě nejlépe zachovaný středověký orloj na světě, který dosud funguje. Tvoří součást historického centra Prahy a je zapsán na seznam kulturních památek UNESCO. Již po staletí jej provázejí děsivé legendy, které zastrašují každého, kdo by do něj chtěl nevhodným způsobem zasáhnout. Ani ty však nedokázaly zabránit potyčkám, jež se kolem orloje v současné době rozpoutaly.

Na speciálním semináři, který na toto téma proběhl 26. dubna v Praze, se vyjadřovali k rekonstrukci orloje vědci, astronomové, památkáři i zástupci pražského magistrátu. Jeho osud se ale v podstatě dotýká jednoho každého z nás. A snad i proto bitva o jeho budoucí podobu stále plápolá a nalézt uspokojivý konsensus je velice obtížné. Připomeňme si proto základní data a údaje, o které je spor veden, a pokusme se nalézt cestu tam, kde je zatím jen prošlapaná pěšina.

Pražský orloj představuje naprosto unikátní národní kulturní památku. Jeho astronomický ciferník znázorňuje geocentrický kosmologický model z počátku 15. století. Kolem nehybné Země uprostřed obíhá po ekliptice sluneční a měsíční ukazatel, každý jinou rychlostí, a celá ekliptika se znameními zvěrokruhu se také otáčí. Zakřivená nebeská sféra je pomocí stereografické projekce převedena do roviny astronomického ciferníku orloje (viz např. [2, 3, 5, 6, 8]). Více podrobností lze též nalézt ve dvou speciálních číslech 4/2009 a 3/2013 časopisu *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, která jsou výhradně věnována pražskému orloji a jsou volně k dispozici v digitální matematické knihovně *dml.cz*.

V září roku 2018 byla dokončena generální rekonstrukce pražského orloje. Ke všeobecnému zděšení astronomů i zainteresované laické veřejnosti bylo značně pozměněno barevné omalování astronomického ciferníku (srov. obr. 1 a 2). Znamý historik astronomie doc. RNDr. Petr Hadrava, DrSc., to vtípně komentoval slovy: „*Loňská změna vzhledu ciferníku je po výstřelu německého tanku v květnu 1945 druhá nejhorší rána, která orloj za posledních přinejmenším sto let postihla.*“ (srov. obr. 3 a článek [4]).

Nově zrestaurovaný ciferník má bohužel několik závažných nedostatků. Například není jasně a ostře vyznačena oblast astronomické noci, kdy je Slunce alespoň 18 stupňů pod pražským horizontem. Na obr. 1 je tato oblast znázorněna černým kruhem, který byl



Obr. 1 Astronomický ciferník pražského orloje před rekonstrukcí. Uprostřed je znázorněná Země a kolem ní jsou koncentricky umístěny tři kružnice reprezentující postupně od středu obratník Kozoroha, nebeský rovník a obratník Raka doplněný římskými čísly. Foto: Michal Křížek



Obr. 2 Stav astronomického ciferníku po jeho rekonstrukci dokončené v září roku 2018. Foto: Jana Žďárská

v minulém století několikrát špatně zakreslen, a teprve díky nesmírnému úsilí pana Milana Patky se chyby podařilo odstranit (viz např. [7]). Na nově zrekonstruovaném ciferníku tak bohužel nelze odečítat dobu, kdy nastala astronomická noc. Také není patrné, že v Praze kolem letního slunovratu astronomická noc nenastává. Přitom např. orloje v Lundu, Bernu či Doberanu mají podobné černé kruhy zřetelně vyznačeny. Rovněž nápisy AVRORA (= svítání) a CREPVSCVLVM (= stmívání) jsou na nové desce jen obtížně čitelné (srov. obr. 1 a 2).

Další výtky směřují ke schematickému znázornění sférických souřadnic Země, což se zdá být nepřiměřeným zásahem do předešlé podoby ciferníku (viz obr. 1 a 2). Z vyobrazení orloje v Teicherovi [12] přitom víme, že zeměkoule byla na orloji znázorněna již v roce 1735, a dokonce byl u ní nápis Globus Terraqueus (srov. též [1]). Z historických pramenů můžeme zjistit, že se podoba astronomického ciferníku často měnila (viz např. [9, 10, 13]), avšak tvůrci nového designu se většinou snažili neopakovat chyby předchozích generací.

V současné době ale bohužel není jednotný názor na to, jak dát ciferník opět do pořádku. Jedni si nepřejí žádné změny, druzí naopak po změnách volají. Například se jim nelíbí, že na ciferníku z obr. 1 byl znázorněn Madagaskar či Jižní Amerika, což jsou oblasti, které na počátku 15. století nebyly v našich krajinách známé. Objevují se i názory zcela odstranit znázornění Země uprostřed a na uvolněném místě doplnit přerušovaný pražský horizont (na obr. 1 jsou příslušné kruhové oblouky označeny nápisy ORTVS a OCCASVS). Argumentuje se tím, že astronomický ciferník znázorňuje část nebeské sféry, která je pomocí stereografické projekce z nebeského severního pólu S převedena do roviny tečné v jižním pólu J , a že se Země na nebeské sféře nenachází. Podívejme se proto nyní podrobněji na tento problém.

Země sice na nebeské sféře není, ale lze ji zahrnout do stereografické projekce tím, že budeme uvažovat zeměkouli uprostřed nebeské sféry (viz [3, str. 36]), což je v dokonalé shodě se skutečností. Tím se nám střed Země Z promítne do jižního pólu J nebeské sféry tak, jak je nakresleno na obr. 4. Obrys Země se proto bude nutně nacházet v okolí jižního pólu J , tj. středu astronomického ciferníku. Tento způsob projekce výstižně demonstruje geocentrický model, kdy se kolem nehybné Země uprostřed otáčí Slunce, Měsíc i nebeská sféra, která je pro jednoduchost nahrazena jen ekliptikou.

To, že je Země kulatá, tvrdil již Aristoteles ve svém pojednání „*O nebi*“, protože její stín viditelný na povrchu Měsíce při měsíčních zatměních je vždy kruhový, ať je Země jakkoliv natočená. Již v roce 545 př. n. l. Anaximandros změřil výšky Slunce při letním a zimním slunovratu a jejich rozdíl vydělil dvěma. Získal tak úhel $23,5^\circ$ mezi rovinou zemského rovníku a rovinou ekliptiky. Velikost Země na astronomickém ciferníku z obr. 1 je překvapivě svázána právě s tímto úhlem, jak si nyní ukážeme.

Pro jednoduchost budeme pracovat v bezrozměrných délkách a poloměr nebeské sféry zvolíme roven jedné, tj.

$$|S| = 2. \quad (1)$$

Skutečné rozměry lze pak snadno dopočítat, protože průměr nebeského rovníku na astronomickém ciferníku je 165 cm (viz [7]). Označme D bod dotyku tečny



Obr. 3 Stav astronomického ciferníku po zásahu německým tankem v květnu 1945. Foto: Eva Křížková

vedené ze severního pólu S nebeské sféry k zeměkouli a nechť D' je jeho stereografická projekce. Označme dále α úhel JSD' . Z obr. 4 a rovnosti (1) je pak patrné, že

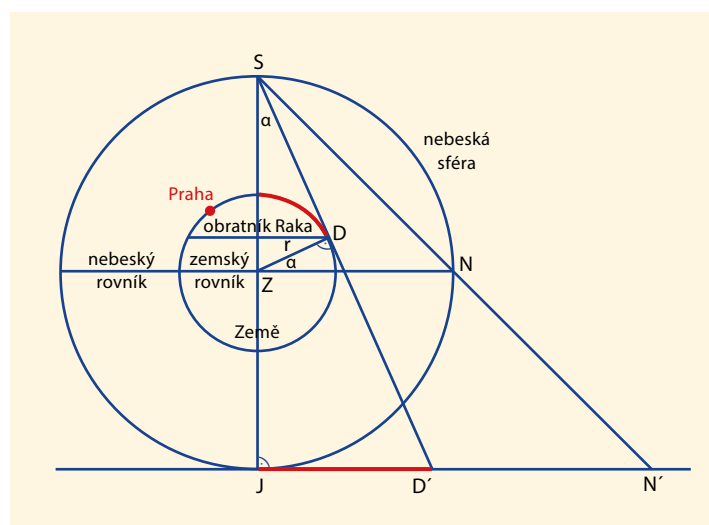
$$\text{tg } \alpha = |JD'|/2. \quad (2)$$

Protože skutečná velikost zemského poloměru na ciferníku z obr. 1 je přibližně 36 cm (stejnou relativní velikost má i zemský poloměr v [12] z roku 1735), odpovídající úhel činí

$$\alpha = \text{arctg}(2 \cdot 36/165) \approx 23,5^\circ. \quad (3)$$

Tato zajímavá numerická shoda se sklonem zemské osy k rovině ekliptiky (na tři platné cifry) patrně není náhoda. Proč byla velikost Země na ciferníku zvolena právě tímto způsobem, se nejspíš už nedozvíme, protože dokumentace k orloji shořela v květnu 1945. Nicméně níže poukážeme na poněkud překvapivé použití právě tohoto úhlu α .

Dále odvodíme vztah pro relativní velikost poloměru Země uprostřed nebeské sféry, který byl použit na ci-



Obr. 4 Stereografická projekce zeměkoule ze severního pólu S nebeské sféry do roviny tečné k nebeské sféře v jižním pólu J . Poloměr Země $r = |ZD|$ se při projekci zobrazí na úsečku $|JD'|$. Nebeský rovník o poloměru $|ZN| = 1$ se zobrazí na úsečku o délce $|JN'| = 2$, která je rovna poloměru nebeského rovníku na astronomickém ciferníku.



Obr. 5 Podoba astronomického ciferníku z června 2019. Foto: Jana Žďárská

ferníku z obr. 1. Pomocí (1), (2), (3) a vztahu $r = |ZD| = \sin \alpha$ po dosazení dostáváme

$$r = \sin \alpha = \sin(\arctg(|JD'|/2)) = 0,3987\dots$$

Ve středu olomouckého orloje je symbol Slunce, který označuje, že jde o heliocentrický model vesmíru. Proto by měl zůstat uprostřed ciferníku pražského orloje symbol Země, aby bylo patrné, že jde o geocentrický model vesmíru. Již Jan Táborský z Kokotské Hory v roce 1570 píše (viz [11, kap. XVIII]): „*Také sem dal uprostřed sféry udělati puklu, kdež prve nic nebylo ...*“

Z obr. 4 je zřejmé, že by na orloji mohla být schematicky v hrubých rysech znázorněna jen severní část zemského povrchu až po zemský obratník Raka (nepřést s nebeským obratníkem Raka). Tím by odpadly diskuze o Madagaskaru či Jižní Americe, a navíc by zlacená sluneční rafe ukazovala, na kterém zemském poledníku Slunce kulminuje. Současné znázornění Země na obr. 2 tuto informaci nepřináší. Z obr. 4 je patrné, že Praha by neměla být uprostřed ciferníku, jak je tomu na obr. 2. Nesprávnou polohu Prahy uprostřed ciferníku kritizuje ve své knize i Zdeněk Horský, viz [3, str. 54]. Poznamenejme ještě, že Praha má na Teicherově obrázku z roku 1735 správnou polohu, tj. nad středem ciferníku (srov. [1, str. 9]). Neodborné zásahy do vzhledu astronomického ciferníku tak bohužel ničí práci předchozích generací.

Co se týká pražského horizontu, je pravda, že je uprostřed přerušen. Lze jej však protáhnout tak, aniž by to narušilo znázornění Země. Důvodem je skutečnost, že $|JD'| = 72/165 < 0,467$, kde 0,467 je podle [7, str. 338] bezrozměrná výška pražského horizontu nad středem ciferníku. Dovnitř oblasti ohraničené obratníkem Kozoroha se sluneční ani měsíční ukazatel nikdy nedostanou, a tak doplnění horizontu doprostřed ciferníku není nutné.

Pražský orloj je jedinečná technická památka naší země. Dodnes měří jak babylonský (hvězdný), tak i staročeský čas. Věřme, že nenastane situace, která postihla tehdejší pyšné a domýšlivé stavitele babylonské věže, jež za to podle pověsti potrestal Bůh tím, že „... *dopusťtil, aby se jejich jednotná řeč zmátla a oni si navzájem přestali rozumět*“.

Po redakční uzávěrce došlo již ke čtvrtému přemalování astronomického ciferníku během jednoho roku – viz obr. 5.

Literatura

- [1] M. Brož: „Astronomicky správné řešení astrolábu Pražského orloje“, *Povětroň* 27 3–10 (2019).
- [2] A. Hadravová, P. Hadrava: Křišťan z Prachatic: *Stavba a užití astrolábu*. Filosofie – nakl. Filosofického ústavu AV ČR, Praha 2001.
- [3] Z. Horský: *Pražský orloj*. Panorama, Praha 1988.
- [4] J. Klepešta: „Zkáza pražského orloje“, *Říše hvězd* 26, 52–54 (1945).
- [5] F. Křížek, M. Křížek: „Astronomický ciferník pražského orloje“, *Rozhledy mat. fyz.* 86 1–6 (2011).
- [6] M. Křížek, P. Křížek: „Kružnice na astronomickém ciferníku pražského orloje“, *Matematika–fyzika–informatika* 19, 577–586 (2010).
- [7] M. Křížek, P. Křížek, J. Šolc: „Astronomické omyly provázející pražský orloj“, *Čs. čas. fyz.* 60, 337–340 (2010).
- [8] M. Křížek, J. Šolc, A. Šolcová: „Pražský orloj a stereografická projekce“, *Matematika–fyzika–informatika* 17, 129–139 (2007).
- [9] M. Patka: „Rytina pražského orloje z roku 1837“, *Pokroky mat. fyz. astronom.* 58 215–220 (2013).
- [10] P. Skála: „Vývoj podoby astrolábu Pražského orloje“, *Průzkumy památek XXIII* 117–130 (2016).
- [11] J. Teige: „Jana Táborského z Klokotské Hory Zpráva o orloji Staroměstském (1570)“, *Spol. přátel starožitností českých v Praze*, 1–28 (1901).
- [12] A. G. Teicher: *Beschreibung der zukunfft-reichen Uhr-Herds auf dem Rath-Haus der Königlichen Alt-Stadt Prag*. Prag 1735.
- [13] A. Vrba: „Orloj na nejstarších fotografiích“, *Pokroky mat. fyz. astronom.* 58 221–224 (2013).

