

Oběh Země kolem Slunce

Oběh Země kolem Slunce představuje jeden ze základních pohybů naší planety. Tento pohyb má celou řadu projevů na nebeské sféře a nese s sebou řadu bezprostředních důsledků na krajinnou sféru. Historie poznání těchto pohybů je i příběhem vývoje názorů na postavení Země, ale i člověka ve vesmíru. Téma oběhu Země kolem Slunce přesahuje rámec jednoho oboru a kromě geografie zasahuje do astronomie, historie, fyziky, matematiky a filozofie.

Heliocentrický vs. geocentrický názor

To, co dnes považujeme i díky snímkům vesmírných sond za samozřejmé, že Země obíhá kolem Slunce, nebylo jednoznačně přijímáno v předešlých historických obdobích. Zatímco v antice nalezneme stoupence a propagátory geocentrického i heliocentrického, lépe řečeno negeocentrického názoru (obr. 1; viz box Filoláos a Aristarchos), tak po celý středověk a počátek novověku, kdy dominovala autorita křesťanské církve, byl dogmaticky prosazován geocentrický systém.

Na straně představitelů propagujících geocentrický názor (obr. 2) je možné najít početnou skupinu antických filozofů, včetně těch nejvýznamnějších jmen, mezi která patřil Aristotelés (384–322 př. n. l.), Hipparchos (190–125 př. n. l.) či Klaudios Ptolemaios (85–165 n. l.), jejichž kosmologický model vesmíru přetrval více než 1 400 let. Podle Aristotela měly hvězdy a všechna nebeská tělesa za Měsícem nejvyšší metafyzickou vznešenost a byla tvořena mýtickým éterem (Dicks 1970). Naopak nedokonalá Země tyto božské vlastnosti neměla. Heliocentrická kosmologie prosazovaná od druhé poloviny 16. století znamenala, že se Země měla stát nebeským tělesem podobně jako hvězdy, které tím měly přijít o svoji metafyzickou aureolu. Proto byla tato myšlenka pro církevní autority naprosto nepřijatelná, a proto ji tvrdě potíraly, což na svou kůži pocítili zejména ti, kteří heliocentrismus prezentovali mezi prvními.

Nejprve to byl Mikuláš Koperník (1473–1543), který ve svém díle *De revolutionibus orbium coelestium* (Oběhy nebeských sfér) vydaném v roce 1542 zveřejnil na základě pozorování hvězd svou představu heliocentrismu. V jeho pojetí se planety včetně Země pohybovaly kolem Slunce po kruhových drahách (obr. 3). Vydáním svého díla se Koperník dostal do konfliktu s církví, která jeho knihu dala na index zakázaných knih. Nicméně rozpory

neměl jen s církví, ale například Tycho de Brahe (1546–1601) vytvořil vlastní systém, kde Měsíc i Slunce obíhalo kolem Země a ostatní planety pak kolem Slunce, aby nemusel přistoupit na Koperníkův model. Přestože Johannes Kepler (1571–1630) byl stoupencem Koperníkova učení, získal pozici asistenta u Tycho de Brahe, který v té době působil v Praze u dvora Rudolfa II. Kepler se zprvu stejně jako Koperník domníval, že se planety pohybují po kruhových drahách a jako velmi dobrý matematik se snažil najít způsob, jak by mohl vypočítat pozici planet dopředu. K tomu potřeboval znát jejich poměrové vzdálenosti od Slunce, pro což využil tzv. platónská tělesa. Do koule, která představovala sféru Saturnu jako tehdy nejvzdálenější známé planety, vložil krychli jako první platónské těleso (obr. 4), jejíž rohy se dotýkaly Saturnovy sféry. Pak do této krychle vepsal kouli, která se zevnitř dotýkala stěn krychle. Tak získal sféru Jupiteru. Dovnitř Jupiterovy sféry obdobně jako v předešlém případě

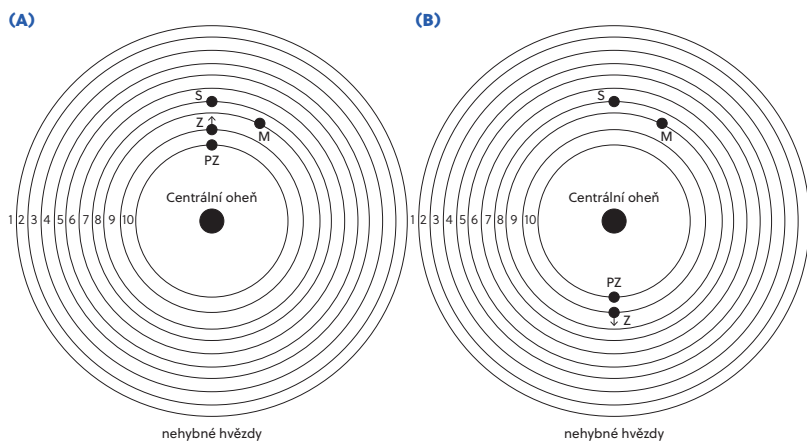
Marek Křížek

Univerzita Karlova,
Přírodovědecká fakulta,
katedra fyzické geografie
a geoekologie;
marek.krizek@natur.cuni.cz

Filoláos a Aristarchos

Filoláos z Krotónu (cca 470–399 př. n. l.) jako zástupce pythagorejské školy tvrdil, že Země, Měsíc, pět tehdy známých planet, hvězdy, ale i Slunce obíhají okolo tzv. „středového ohně“ (Aristotelés 2012). Nejde tedy o heliocentrickou soustavu v pravém slova smyslu, avšak Země v této soustavě není ani středem vesmíru (obr. 1). Pohybuje se stejně jako ostatní tělesa. Onen „středový oheň“ v jeho představách nebyl pro Zemi zdrojem světla a tepla, tím bylo Slunce (Huffman 2016).

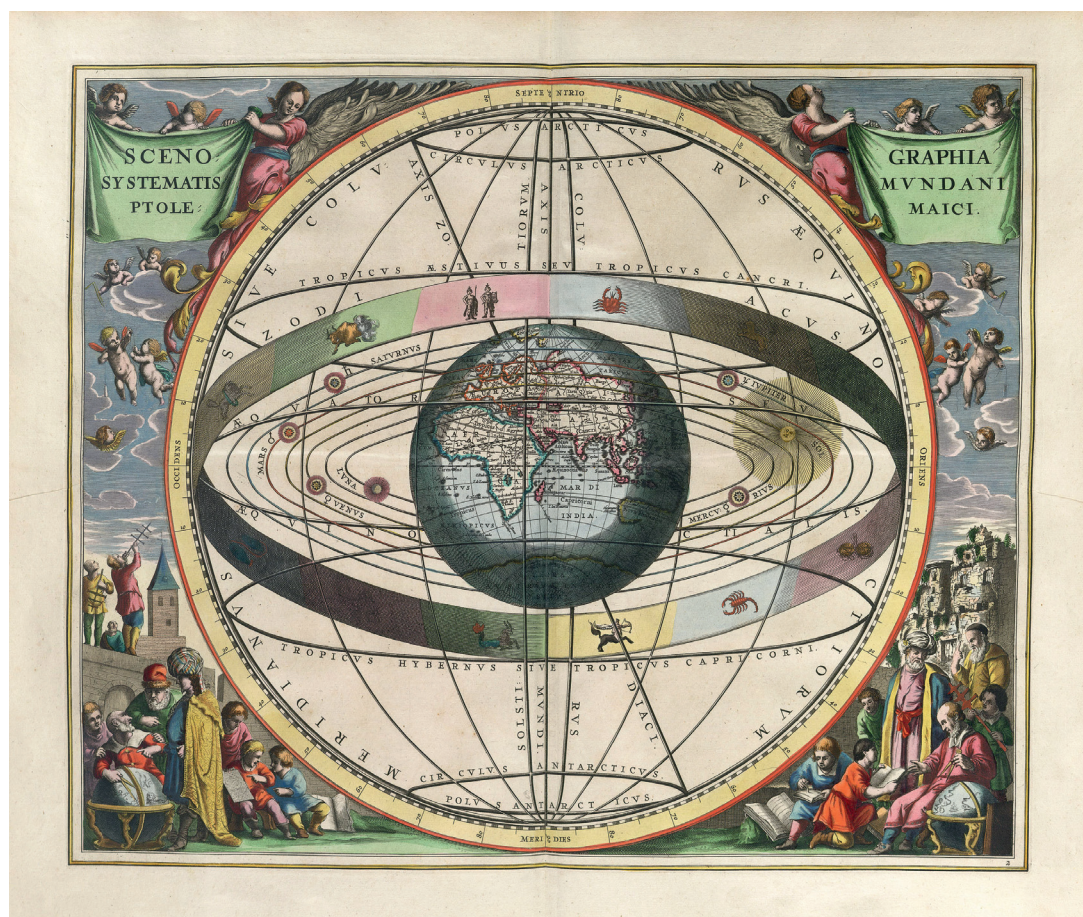
Aristarchos ze Samu (cca 310–230 př. n. l.) je sice považován za autora heliocentrického názoru, avšak jeho představa o tom, že Země obíhá kolem Slunce, se nedochovala přímo v jeho díle, ale je popsána jen zprostředkovaně. Naopak v jediném dochovaném Aristarchově spisu *O velikostech a vzdálenostech Slunce a Měsíce* není o heliocentrismu žádná zmínka a naopak se zde předpokládá, že Slunce a Měsíc se pohybují v kružnicích kolem Země (Špelda 2006). Dokonce se uvažuje, že heliocentrická soustava prezentovaná Aristarchem byla jen jakousi pracovní hypotézou, a proto zůstala víceméně bez výraznějších šířitelů a nástupců.



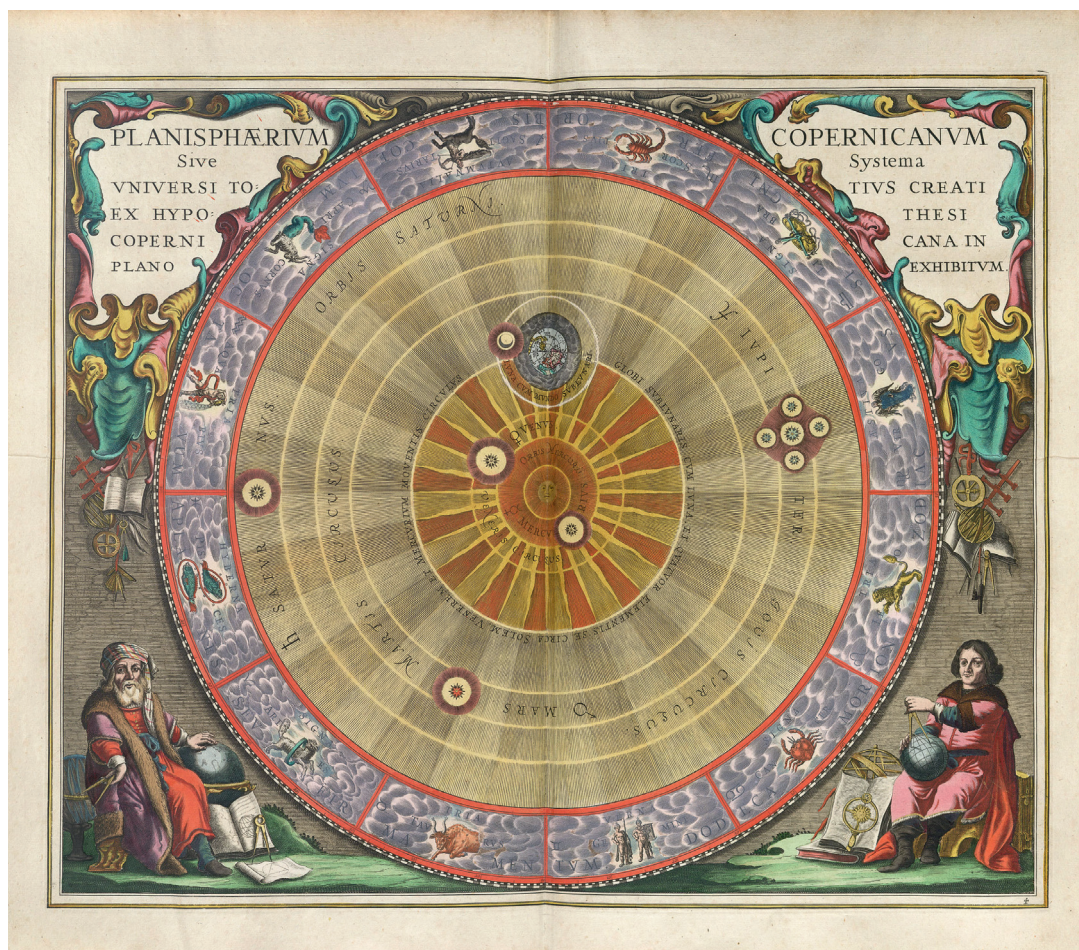
OBR. 1 Filoláův model vesmíru s postavením Země (Z), Slunce (S), Měsíce (M) a „Protizemě“ (PZ) v poledne (A) a o půlnoci (B) dle Huffmana (2016). Středem vesmíru je „Centrální oheň“, kolem kterého obíhají všechna tělesa, tj. hvězdy, Země, Měsíc, pět planet (jejich jména a informace o pořadí nejsou známy, proto nebyly zakresleny do schématu), ale i Slunce a „Protizemě“ leží mezi Zemí a „Centrálním ohněm“. „Centrální oheň“ ani „Protizemě“ dle Filoláa není vidět, neboť obývaná část Země je odvrácená od středu směrem ke hvězdám. Z toho plyne, že rotaci Země Filoláos nepředpokládal. Protizemě se dle Filoláa pohybovala po své orbite stejně rychle jako Země, což není dle třetího Keplerova zákona možné.

vložil čtyřstěn jako druhé platónské těleso. Tomuto čtyřstěnu vepsal opět kouli a získal tak sféru Marsu. Do sféry Marsu vložil dvanáctistěn jako třetí platónské těleso a jemu vepsal kouli, a tak získal sféru oběhu naší Země. Do sféry Země vložil dvacetistěn jako čtvrté platónské těleso a jemu vepsal sféru Venuše. Do sféry Venuše vepsal osmistěn jako poslední a páté platónské těleso a jemu vepsal sféru planety Merkur. Takto vytvořený model opřený o platónská tělesa byl poměrně přesný. Jeho chyba

byla menší než 10 %, avšak precizní Kepler chtěl vytvořit dokonalý model naprosto odpovídající realitě. Po smrti Tychona de Brahe získal Kepler jeho detailní a přesná astronomická pozorování planet, na jejichž základě zjistil, že Mars opisuje elipsu a nikoliv kružnici. Tak poznal, že myšlenka svázaná s počátkem jeho kariéry a publikovaná v knize *Mysterium cosmographicum* (Tajemství vesmíru) byla mylná a ve svém spise *Astronomia nova* (Nová astronomie) vydaném roku 1609 v Praze formuloval své první dva z celkových tří zákonů (viz box Keplerovy zákony), které jsou dodnes platné. Třetí zákon formuloval Kepler až o deset let později. Kepler tak potvrdil platnost heliocentrického systému a ve svých zákonech popsal, jak se planety pohybují, ale nevěděl proč. To zodpověděl až Isaac Newton (1643–1727), který odhalil, že příčinou pohybu planet je gravitace. Ve výčtu architektů novověkého heliocentrického názoru nelze vynechat Galilea Galileiho (1564–1642). Nejenže Galileo byl v kontaktu s Keplerem a vzájemně se morálně podporovali v boji za pravdu, ale s pomocí dalekohledu na začátku roku 1610 objevil, že kolem Jupitera obíhají čtyři družice – měsíce (Ganymedes, Io, Europa, Callisto), které dnes nazýváme galileovskými (tyto čtyři měsíce jsou z rodiny Jupiterových měsíců



OBR. 2 Ptolemaiov model vesmíru, jehož středem byla Země, vyobrazený Andreasem Cellariem v atlasu hvězd *Harmonia Macrocosmica* (1660). Zdroj: Utrecht University, www.staff.science.uu.nl/~gent0113/cellarius/cellarius_plates.htm.



OBR. 3 Koperníkův systém vyobrazený Andreasem Cellariem v atlase hvězd *Harmonia Macrocosmica* (1660). Zdroj: Utrecht University, www.staff.science.uu.nl/~gent0113/cellarius/cellarius_plates.htm.

Abstract

The Earth motion around the Sun.

The paper presents the evolution of views on Earth motion around the Sun, orbital characteristics, the evidence and the consequences of this motion. The essence of geocentric and heliocentric models is described in detail. Special attention is paid to explaining Kepler's laws. The article corrects misconceptions that appear in some Czech geographic textbooks.

největší a nejjasnější). Objevil tedy tělesa, která nekroužila kolem Země, což bylo v rozporu s Ptolemaiovým modelem vesmíru, kde vše obíhalo kolem Země. Dále si všiml, že Venuše prochází fázemi podobně jako Měsíc a že tyto fáze jsou opačné, než popisoval Ptolemaios. Pomocí dalekohledu zjistil, že měsíční povrch není hladký, jak tvrdil Aristoteles, ale že jsou na něm hory, prolákliny, krátery atd. Stejně tak na základě experimentů odvodil, že těžší tělesa nepadají rychleji než lehčí, což byl objev, který rovněž rozporoval aristotelovské učení a relativizoval autoritu toho, kdo vybudoval křesťanskou církví přijímaný pohled na vesmír. Zákaz z roku 1616 o šíření jeho myšlenek podporujících Koperníkovu učení ukázal, že tehdejší křesťanský svět nebyl na Galileova zjištění připraven. Po katolickými cenzory odsouhlaseném vydání knihy *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (*Dialogy o dvou největších systémech světa*), kde se ve třetí kapitole věnoval ročnímu oběhu Země kolem Slunce (Drake 1980), byl v následujícím roce 1633 předvolán před inkviziční tribunál a následně byl odsouzen k domácímu vězení, kde strávil posledních 15 let svého života, a jeho *Dialogy* byly zařazeny na seznam zakázaných knih. Síla intelektu nad dogmatismem

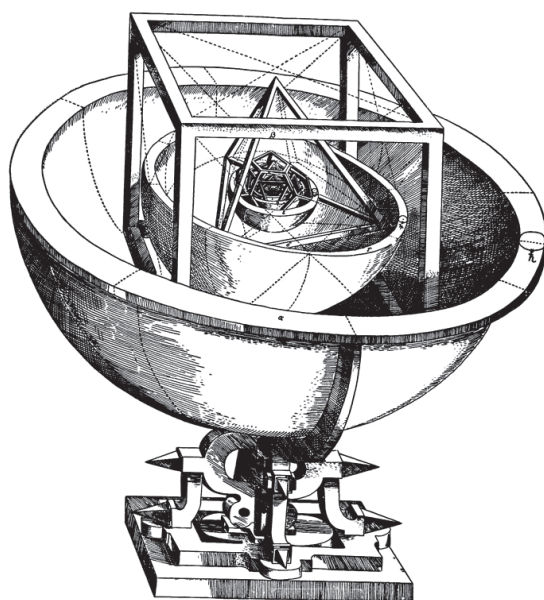
vyhrála až po 359 letech, kdy v roce 1992 došlo k rehabilitaci Galilea papežem Janem Pavlem II.

Dnes však víme, že ani Slunce není středem vesmíru, stejně jako to předpokládal a hlásal Giordano Bruno (1548–1600), který byl za své učení upálen. Naše hvězda Slunce společně s ostatními tělesy Sluneční soustavy obíhá střed naší Galaxie (jež je

Keplerovy zákony

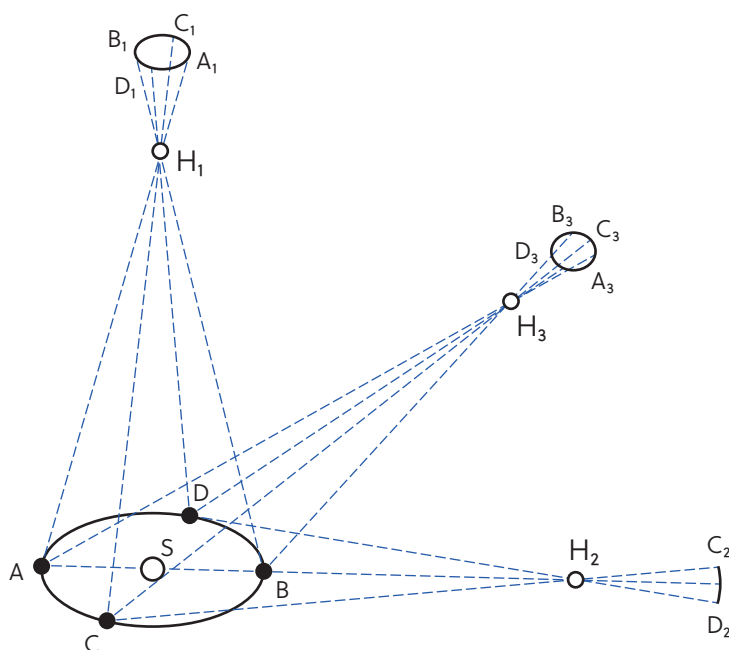
1. Planety se pohybují po elipsách málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce.
2. Plochy opsané průvodičem planety za stejné doby jsou stejné ($r_1 / r_2 = v_2 / v_1$; kde r_1, r_2 jsou vzdálenosti dané planety od Slunce ve dvou různých bodech její oběžné dráhy, v_1, v_2 jsou rychlosti dané planety ve dvou různých bodech její oběžné dráhy).
3. Druhé mocniny oběžných dob dvou planet jsou ve stejném poměru jako třetí mocniny jejich velkých poloos ($P_1^2 / P_2^2 = a_1^3 / a_2^3$; kde a_1, a_2 jsou střední vzdálenosti obou planet od Slunce, P_1, P_2 jsou oběžné doby obou planet). Toto fyzikální vyjádření platí pro tělesa zanedbatelné hmotnosti oproti centrálnímu tělesu (Slunce) a je zjednodušením zápisu $a_1^3 / a_2^3 = P_1^2 / P_2^2 \cdot (M_c + m_1) / (M_c + m_2)$, kde M_c je hmotnost centrálního tělesa, m_1, m_2 jsou hmotnosti těles; při zanedbatelné hmotnosti obíhajících těles vzhledem k centrálnímu tělesu je poměr $(M_c + m_1) / (M_c + m_2)$ přibližně roven M_c / M_c , což je 1. Je nutné si uvědomit, že Kepler formuloval svůj třetí zákon bez znalosti gravitace.

OBR. 4 První Keplerův model vesmíru postavený na platónských tělesech, který Kepler posléze opustil. Zdroj: Wikimedia Commons.



OBR. 5 Princip pozorování zdánlivého paralaktického pohybu hvězd způsobeného oběhem Země kolem Slunce (dle Vanýska 1980).

Hvězda zdánlivě opisuje v závislosti na své poloze vůči rovině ekliptiky paralaktickou elipsu o různé excentricitě nebo úsečku. Pokud pozorovaná hvězda leží v ose (pólu) ekliptiky (H_1), pak je její paralaktická elipsa přímou zmenšeninou oběžné dráhy Země kolem Slunce. Pokud pozorovaná hvězda leží v rovině ekliptiky (H_2), pak se zdánlivě pohybuje po úsečce. Pokud hvězda leží v obecné poloze vzhledem k rovině ekliptiky (H_3), pak opisuje elipsu.



nazývána Mléčná dráha). A ani ta není středem vesmíru, jak ukázal Edwin Hubble (1889–1953) v roce 1923, a společně s ostatními galaxiemi je součástí tzv. Místní skupiny galaxií, která je jen jednou z nepřehledného množství dalších skupin galaxií, které se ztrácejí v rozlehlém vesmíru, kde 22 % tvoří temná hmota a 74 % temná energie, o nichž fakticky víme velmi málo, resp. téměř nic.

Charakteristika oběhu Země kolem Slunce

Fyzikálně vzato Země obíhá kolem společného těžiště soustavy Země–Slunce, jehož vzdálenost od středu Slunce činí 4 499,5 km, což je 0,6 % poloměru

Slunce a leží uvnitř něj. Oběh Země kolem Slunce se děje po eliptické dráze, jejíž výstřednost se mění s periodou 100 000 let v rozsahu od 0,000055 do 0,0679, přičemž její současná hodnota činí jen 0,0167. Střední vzdálenost Země Slunce je $149,6 \cdot 10^6$ km, přičemž v přísluní (též perihelium či perihel, tj. když je Země Slunci nejbližší; v současné době nastává 3. či 4. ledna) činí vzdálenost $147 \cdot 10^6$ km a v odslní (též afelium či afel, tj. když je Země od Slunce nejdále; v současné době nastává 4. července) je to $152 \cdot 10^6$ km. V přísluní se Země v souladu s druhým Keplerovým zákonem pohybuje nejrychleji ($v_{\max} = 30,27$ km/s) a v odslní nejpomaleji ($v_{\min} = 29,27$ km/s).

Doba, za kterou Země oběhne kolem Slunce vztaheno vzhledem ke stálici, resp. kdy opíše úhel 360° , se nazývá siderický rok a trvá 365,2564 dne. Nicméně pro konstrukci kalendáře (viz Křížek 2006a), který respektuje sezónní cyklus přírody, je důležitý časový úsek odpovídající dvěma po sobě jdoucím průchodům středu Slunce středním jarním bodem (viz box jarní bod), což odpovídá 365,24219 dnům, tj. cca 365 dnů, 5 hodin, 48 minut a 45 sekundy. Tropický rok je kratší o cca 20 minut než rok siderický, protože jarní bod se vlivem precesního pohybu zemské osy (viz box precese) meziročně posune o $50,26''$ proti zdánlivému pohybu Slunce, tedy Slunce pak opíše při svém zdánlivém pohybu po ekliptice (což je průsečnice roviny oběžné dráhy Země kolem Slunce a nebeské sféry) úhlovou vzdálenost $359^\circ 59' 9,74''$. Délku tropického roku s obdivuhodnou přesností vypočetl již výše zmíněný Hipparchos. Chyba byla pouhých 6 minut od skutečnosti. Na základě přesně spočtené délky roku, resp. nepatrného posouvání jarního bodu po ekliptice, Hipparchos objevil výše zmíněnou precesi (Křížek 2016).

Důkazy oběhu Země kolem Slunce

Nepřímý důkaz oběhu Země kolem Slunce vychází ze znalosti rozdílných hmotností obou těles. Slunce je milionkrát hmotnější než Země, a proto na základě pozorování rotace jiných těles a na základě Newtonova gravitačního zákona je zřejmé, že méně hmotné těleso (Země) obíhá kolem Slunce. Mezi přímé důkazy oběhu Země kolem Slunce patří roční paralaxa hvězd a aberace.

Roční paralaxa hvězdy je úhel, pod kterým lze pozorovat vzdálenost Země–Slunce z dané hvězdy. Princip jejího měření je založen na pozorování hvězdy ze dvou mezních poloh Země na oběžné dráze kolem Slunce. Daná hvězda by pak z obou mezních poloh měla být projektována do jiné části hvězdného pozadí nebeské sféry (obr. 5). Paralaxu jakékoliv hvězdy nebylo možné v antice dobovými přístroji změřit, jelikož je velmi malá, resp. tehdejší vědci velmi podcenili vzdálenost ke hvězdám. Poprvé se roční

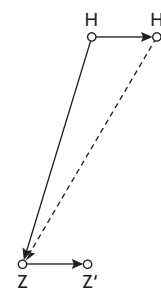
paralaxu podařilo změřit až Fridrichu W. Besselovi (1784–1846) v roce 1838 pro hvězdu 61 Cygni a jím uvedená hodnota paralaxy této hvězdy byla $0,314''$. Nicméně i po Besselovi bylo měření paralaxy hvězd obtížné a bylo zatíženo velkou chybou, což dokládá skutečnost, že ještě do počátku 20. let 20. století se podařilo paralaxu určit jen pro cca stovku hvězd. Dnes díky lepší pozorovací technice a zejména satelitům známe paralaxy pro cca 100 000 hvězd, ovšem jsou to hvězdy jen z naší Galaxie a jejich vzdálenost je menší než 1000 světelných let. Například roční paralaxa Proximy Centauri je $0,763''$, Siria $0,376''$ a Polárky $0,008''$. Aberaci objevil v 18. století náhodou při hledání důkazu paralaxy James Bradley (1693–1762). Jde o úhel mezi zdánlivým a skutečným směrem zaměřeným z pohybujícího se tělesa (Země) na světelný zdroj – hvězdu (obr. 6).

Důsledky oběhu Země kolem Slunce

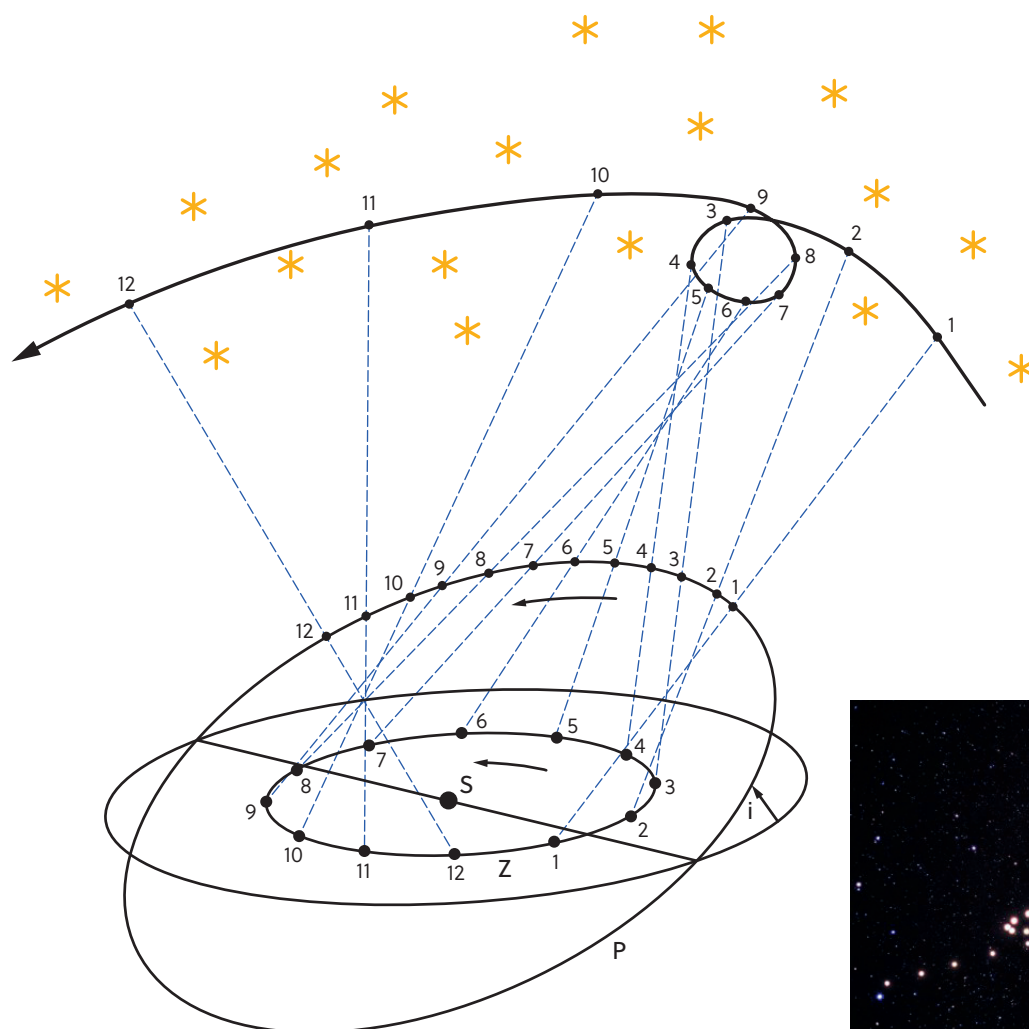
Nejzřetelnějším průvodním jevem oběhu Země kolem Slunce je zdánlivý pohyb slunečního disku po ekliptice. V průběhu roku se mění poloha Slunce na ekliptice, která se promítá do různých souhvězdí

označovaných jako ekliptikální či zvětrníkova nebo tzv. souhvězdí zvěrokruhu. Souhvězdí, do kterého je Slunce v danou dobu projektováno, se dá přímým pozorováním zjistit buď těsně před východem či těsně po západu Slunce nebo při úplném zatmění Slunce, kdy hvězdy mají možnost vystoupit z přezářené oblohy.

Dalším důsledkem oběhu Země kolem Slunce pozorovaným na nebi je specifický pohyb planet na nebeské sféře. Planety se při pozorování ze Země zdánlivě zastavují, vracejí a vytvářejí smyčky (obr. 7), což je způsobeno kombinací oběhu planet a Země kolem Slunce. Právě tento pohyb „bloudících hvězd“ poutal odjakživa pozornost, a proto se jim začalo říkat hvězdní poutníci, řecky *astēr planētēs*. Pro geocentrický model vesmíru byly tyto pohyby „bludných hvězd“ velmi těžko vysvětlitelné a kvůli nim musely být do modelu zavedeny složité epicykly, kdy se planety měly pohybovat po sekundárních malých kruhových drahách, jejichž středy ležely na větší kruhové dráze. Naopak v heliocentrickém systému pohyby planet po nebi nebylo složité vysvětlit, resp. byly přímo jeho důsledkem.



OBR. 6 Princip aberace. Země se za hodinu posune z bodu Z do Z', rychlost Země je rovna $107\,200\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, šipka HZ představuje světlo letící k Zemi od hvězdy, přičemž její délka vyjadřuje rychlost světla, pohyb Země z polohy Z do Z' se projeví tak, jako by paprsek putoval po čáře H'Z. Hvězda je tak posunutá o úhel HZH'.



OBR. 7 Vznik zdánlivých smyček planet (dle Vanýska 1980). Vnější planeta se na pozemském nebi pohybuje mezi hvězdami od západu k východu (pohyb přímý), její pohyb se před opozicí (což je poloha, kdy je při pohledu ze Země na opačné straně oblohy než Slunce) zpomalí a začne se pohybovat od východu k západu. Po opozici se její pohyb opět postupně změní na přímý. Na časosběrné fotografii je zachycena smyčka, kterou vykonal planeta Mars mezi hvězdami souhvězdí Raka od října 2009 do května 2010. Foto: Tunc Tezel / hvezdarna.cz.





OBR. 8 Prstencové zatmění Slunce, Albuquerque, Nové Mexiko, USA, 20. května 2012. Tohoto dne byl Měsíc od Země daleko, takže jeho úhlová velikost byla menší a nebyl tak schopný zakrýt celý sluneční kotouč, proto nevzniklo úplné zatmění Slunce, ale jen prstencové. Foto: Colleen Pinski / NASA.

Důsledkem kolísající vzdálenosti Země Slunce (viz výše) se na pozemském nebi mění úhlová velikost Slunce. V periheliu má Slunce úhlový průměr $32'42''$ a v afelu $31'36''$. Tento nepatrný rozdíl, který fakticky prostým okem nejsme schopni rozeznat, ovlivňuje to, zda v době slunečního zatmění je Měsíc (úhlový průměr Měsíce v perigeu čili přizemí je $33'30''$ a v apogeu čili odzemí je $29'26''$) schopen překrýt sluneční kotouč. Podle toho pak nastává úplné zatmění (pokud je úhlový průměr Měsíce větší než úhlový průměr Slunce), nebo prstencové zatmění (pokud je úhlová velikost Slunce větší než má před něj postavený Měsíc, obr. 8). V důsledku měnící se vzdálenosti Země od Slunce kolísá rovněž množství dopadajícího slunečního záření. V současné době rozdíl přijímané energie mezi periheliem a afeliem činí cca 7 %, přičemž intenzita slunečního elektromagnetického záření, které dopadá na horní

hranici zemské atmosféry na jednotkovou plochu kolmou k paprskům při střední vzdálenosti Země Slunce v roce 2008, byla 1361 W/m^2 (Kopp, Lean 2011). Toto však není příčinou střídání současných ročních období, tou je sklon zemské osy a její orientace ke Slunci (viz pohyblivý model na www.zemvevesmiru.cz), které způsobují, že se během oběhu Země kolem Slunce mění oslunění jednotlivých částí zeměkoule. Během našeho léta je ke Slunci přikloněná severní polokoule a sluneční paprsky na ni dopadají pod větším úhlem a naopak během naší zimy je přikloněná jižní polokoule a paprsky dopadají pod větším úhlem na jižní polokouli.

Důsledkem nerovnoměrného pohybu Země kolem Slunce je nestejná délka ročních období. Období od jarní rovnodennosti po podzimní rovnodennost, kdy je Země od Slunce dále a v důsledku toho se pohybuje pomaleji, je o cca 7,5 dne delší než od podzimní po jarní rovnodennost. Již Hipparchos zjistil, že astronomické jaro tehdy mělo 94,5 dne, léto 92,5 dne, podzim 88,25 dne a zima 90,25 dne (Špelda 2006). Dnes je na severní polokouli nejdelším obdobím léto (93,5 dne), nikoliv jaro (93 dne). Proměnlivá rychlost oběhu Země má za následek i to, že se v průběhu roku mění délka pravého slunečního dne, což je doba mezi dvěma po sobě následujícími maximálními/minimálními výškami pravého Slunce nad/pod obzorem. Délka pravého slunečního dne je tak v létě kratší než v zimě. Z toho plyne, že plynutí pravého slunečního času není rovnoměrné a není tedy vhodné pro potřebu občanského měření času, jelikož hodina v létě by byla jinak dlouhá než hodina v zimě. Proto byl zaveden tzv. střední sluneční čas (více viz Šobr 2006).

Literatura a zdroje dat

- ARISTOTELÉS (2012): O nebi, O vzniku a zániku. Překlad Miloslav Okál. Thetis, Bratislava.
- DICKS, D. R. (1970): Early Greek Astronomy to Aristotle, Ithaca, New York.
- DRAKE, S. (1980): Galileo. Oxford Paperbacks, Oxford.
- HUFFMAN, C. (2016): Philolaus. In: Zalta, E. N. (ed.): The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Stanford University, Stanford. plato.stanford.edu/archives/sum2016/entries/philolaus (15. 11. 2018).
- KOPP, G., LEAN, J. L. (2011): A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. Geophysical Research Letters, 38(1), 1–7.
- KŘÍŽEK, M. (2006a): Jak vznikl náš kalendář. Geografické rozhledy, 15(4), 2–4.
- KŘÍŽEK, M. (2006b): Navigace podle hvězd. Geografické rozhledy, 16(2), 4–5.
- KŘÍŽEK, M. (2016): Přírodní cykly. Geografické rozhledy, 26(2), 2–3.
- ŠOBR, M. (2006): Jak se měří čas. Geografické rozhledy, 15(4), 8–9.
- ŠPELDA, D. (2006): Astronomie v antice. Montanex, Ostrava.
- VANÝSEK, V. (1980): Základy astronomie a astrofyziky. Academia, Praha.

Jarní bod a precese

Jarní bod je spolu s podzimním bodem definován jako jeden ze dvou průsečíků ekliptiky se světovým rovníkem. V jarním bodě se nachází Slunce v době jarní rovnodennosti, v podzimním bodě se nachází v době podzimní rovnodennosti. Jarní a podzimní bod spolu se severním a jižním světovým pólem leží na tzv. koluru rovnodennosti (Křížek 2006b).

Precese představuje krouživý pohyb zemské osy, která opisuje pomyslný plášť kužele s vrcholem ve středu Země. Perioda precesního pohybu je cca 26 000 let a označuje se jako tzv. platónský rok. Precese způsobuje, že se během této periody mění pozice jarního bodu a v důsledku toho i doba, kdy nastává přísluní a odsuní. Zatímco dnes přísluní nastává 4. ledna, tak za 5 000 let bude přísluní nastávat zhruba v období jarní rovnodennosti, za dalších 5 000 let nastane v době letního slunovratu a za dalších 5 000 let, tedy za 15 000 let od současnosti bude přísluní nastávat v době podzimní rovnodennosti. Toto „stěhování“ přísluní (resp. precese, která je jeho příčinou) je jednou ze složek tzv. Milankovičových cyklů a má spolu s dalšími složkami zásadní význam pro kolísání klimatu v průběhu čtvrtohor (Křížek 2016).



Země v pohybu

Oběh Země kolem slunce

Sváhy v pohybu

Cestovní ruch jako nástroj zahraniční politiky: příklad Číny

3

Tento soubor (článek) je vlastnictvím časopisu Geografické rozhledy a podléhá právní ochraně. ■ Vydavatel i nakladatel časopisu si vyhrazují právo článek zveřejňovat na webových stránkách a sociálních sítích časopisu za účelem propagace časopisu. ■ Dílo není určeno ke komerčnímu využití. Smí se šířit, pokud jsou korektně uvedeny údaje o autorovi, článku a jako zdroj citován časopis Geografické rozhledy.