

Zajímavé úlohy z historie astronomie

VLADIMÍR ŠTEFL

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Hvězdná obloha svojí tajemností a krásou vždy přitahovala mladé lidi, byla a je zdrojem neopakovatelných emocí a hlubokých estetických prožitků. Obdobně je zajímavé a vzrušující sledovat historický vývoj astronomie. Umocněným motivačním nábojem pro svoji přitažlivost se vyznačují úlohy z historie astronomie. Jsou v článku uspořádány v časovém historickém pořadí. Mohou pomoci při motivaci ve výuce fyziky na středních školách.

Před několika tisíci léty astronomie vznikla z potřeb určování času a orientace na Zemi. Vycházela z geometrie a matematiky, obloha sloužila jako nejstarší praktická učebnice. Důvtipnými metodami opírajícími se především o trigonometrické úvahy dokázali antičtí astronomové určovat ze změn polohy a délky stínu gnómonu časový interval – rok. Později odhalení kinematických zákonitostí pohybu planet předcházela přesná pozorování Tychona Brahe. Určování hmotností kosmických těles umožnil III. Keplerův zákon v přesném tvaru. Aplikace Dopplerova jevu do astrofyziky vedla ke stanovení radiálních rychlostí hvězd. To jsou některé z námětů využitě při zpracování historických úloh.

Lze z pozorování stínu gnómonu určit délku roku?

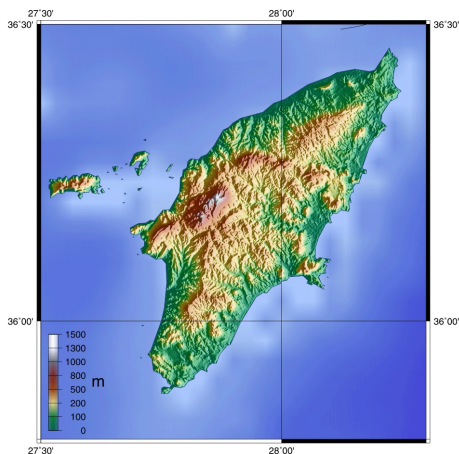
Ve starověké Číně podle [1] objevili, že délka stínu gnómonu v poledne za zimního slunovratu, při původním kalendáři s délkou roku 365 dnů, není rovna délce stínu změřeného v předchozím roce. Za jaký časový interval budou délky stínu gnómonu stejné? Učinili v starověké Číně nějaký závěr o délce roku?

Řešení: Pozorování ukázala periodičnost sledovaného jevu v průběhu 1 461 dnů. Za tuto dobu proběhly čtyři úplné cykly. Odtud astronomové dovodili, že délka roku není rovna celému počtu dnů, nýbrž $1\,461/4 = 365,25$ dne.

Kdo sestavil první katalog hvězd?

Odpověď na uvedenou otázku umožňuje posoudit metoda obsažená v následující úloze. První katalog hvězd sestavil Hipparchos (190–120) žijící převážně na **Rhodosu** nebo Ptolemaios (90–160) v **Alexandrii**? Zvolme příkladně hvězdu Canopus k propočtu její pozorovatelnosti ze dvou zmiňovaných míst odlišných zeměpisných šířek. Mohl ji Hipparchos pozorovat na obloze minimálně 1° nad jižním obzorem při průchodu poledníkem, jestliže má souřadnice: rektascenzi $\alpha = 6\text{ h } 23' 57''$, deklinaci $\delta = -52^\circ 41' 44''$?

Řešení: K pozorovatelnosti hvězdy je nezbytná podmínka hodnoty deklinace $\delta = -52^\circ 41' 44'' - 1^\circ = -53^\circ 41' 44''$. Místní zenit na Rhodosu má deklinaci $-53^\circ 41' 44'' + 90^\circ = 36^\circ 18' 16''$, což odpovídá zeměpisné šířce ostrova Rhodos (obr. 1).

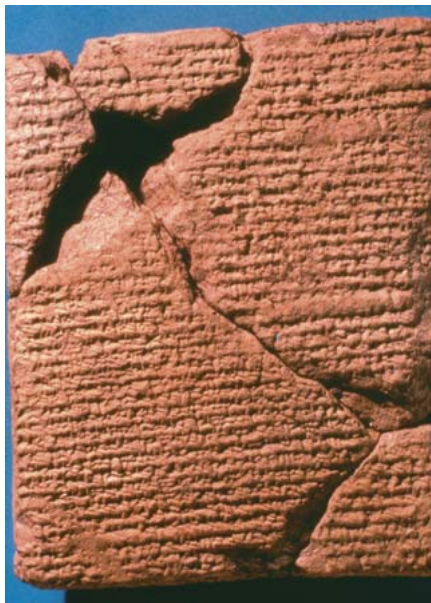


Obr. 1

Rotuje Země kolem své osy stále stejně?

Jak vysvětlíte skutečnost, že údaje babylonské kroniky (obr. 2), uvádějící úplné zatmění Slunce ráno 15. dubna 136 př. n. l. v 8 hod 45 minut, zatímco pás totality propočítaný z poloh Slunce a Měsíce při současné rychlosti rotace Země (obr. 3), by se měl nacházet mezi východním Španělskem a Mallorkou. Objasněte tento rozpor!

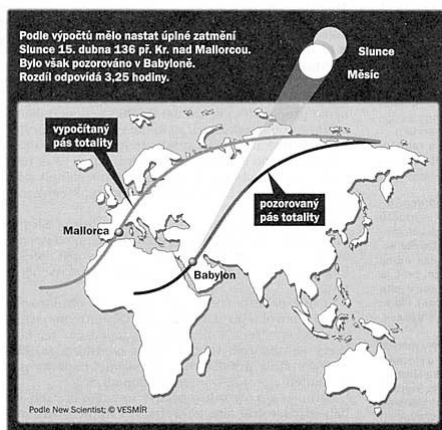
Řešení: Příčinou je zpomalování rotace Země, průměrně se den prodlužuje o 0,0016 s za století. Za $t = 2000$ roků $= 6,3 \cdot 10^{10}$ s při velikosti zpomalení $\varepsilon = 4,7 \cdot 10^{-22} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$, je velikost úhlu zpoždění $\varphi = 1/2 \varepsilon t^2 = 0,9 \text{ rad} \approx 50^\circ$, úhel pootočení Země $\approx 3\text{h } 15\text{min}$. Podrobně rozvedeno činí zpomalení za 100 roků $(0,0008 \times 365\,250) \approx 29 \text{ s}$, za 1 000 roků $0,008 \times 365\,250 \approx 48,5 \text{ min}$ a za 2 000 roků $0,016 \times 365\,250 \approx 195 \text{ min} \approx 3 \text{ h } 15 \text{ min}$ [2].



Obr. 2

Fyzikální zdůvodnění lze stručně shrnout následovně. Zpomalování rotace Země je vyvoláno silami přílivového tření způsobenými především měsíčními slap. Dvojice působících sil mezi Měsícem a slapovými výdutěmi Země vyvolávají momenty sil, zpomalující rotaci Země. Důsledkem pro Měsíc je jeho dodatečné tečné zrychlení a postupné vzdalování od Země. Přitom se zmenšuje jeho kinetická energie, což je kompensováno nárůstem potenciální energie. V izolované soustavě, za kterou můžeme zjednodušeně považovat soustavu Země – Měsíc, platí zákon zachování celkového momentu hybnosti. Ten se skládá z vlastních rotačních momentů hybnosti Země a Měsíce a z dráhových momentů hybnosti obou těles. Vzhledem

k pomalé rotaci Měsíce lze zanedbávat jeho vlastní rotační moment L_{Mrot} stejně jako dráhový moment hybnosti Země L_{Zdrah} . Zjednodušeně proto uvažujeme pouze vlastní rotační moment hybnosti Země L_{Zrot} a dráhový moment hybnosti Měsíce L_{Mdrah} , shrnuto $L_{\text{rot}} = L_{\text{Mdrah}}$. Přibližné rozdělení momentů hybnosti v soustavě Země – Měsíc je nyní následující $L_{\text{Zrot}}-18\%$, $L_{\text{Mdrah}}-82\%$. Popsaný proces bude pokračovat, dokud úhlová rychlost rotace Země nebude rovna úhlové rychlosti oběžného pohybu Měsíce kolem Země

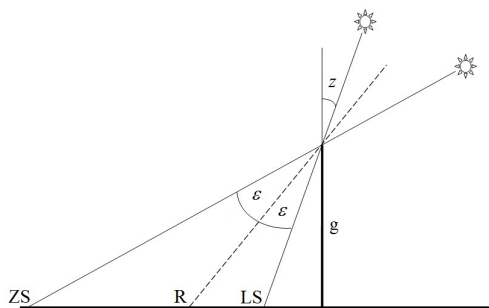


Obr. 3

Co vše lze stanovit ze stínu gnómonu?

I v pozdní antice byla ke stanovení zeměpisné šířky φ a sklonu ekliptiky ε používána standardní metoda, vycházející z určování zenitové vzdálenosti Slunce, úhlové vzdálenosti od zenitu měřené po vertikální kružnici v poledne v okamžicích letního a zimního slunovratu h_{min} a h_{max} . Z velikosti stínů gnómonu (obr. 4), kde ZS označuje zimní slunovrat, R rovnodennost, LS letní slunovrat a z zenitovou vzdálenost.

V letech 139–140 n. l. Ptolemaiem zjištěná výška Slunce na obloze při pozorování v Alexandrii činila při letním slunovratu $h_{\text{let}} = 82^{\circ}24'$, při zimním $h_{\text{zim}} = 35^{\circ}36'$. Určete zeměpisnou šířku místa pozorování a sklon ekliptiky v Ptolemaiově době.



Obr. 4

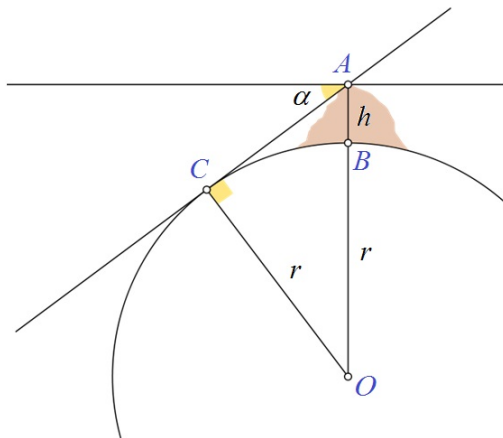
Řešení: Zenitová vzdálenost činí $z = 90^\circ - h$, po dosazení $z_{\min} = 90^\circ - 82^\circ 24' = 7^\circ 36'$, $z_{\max} = 90^\circ - 35^\circ 36' = 54^\circ 24'$. Po dosazení $\varphi = \frac{z_{\max} + z_{\min}}{2} = 31^\circ$. Přesná hodnota uváděná Ptolemaiem v *Almagestu* [4] činí $30^\circ 58'$. Hodnotu sklonu ekliptiky nalezneme ze vztahu $\varepsilon = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} = 23^\circ 24'$. Ptolemaios ji později bez uvedení podrobností upřesnil v II. knize kap. 4 [3] na $\varepsilon = 23^\circ 51' 20''$, pravděpodobně ji převzal ze starších Hipparchových pozorování. Teoreticky vypočítaná hodnota měla činit $\varepsilon = 23^\circ 40' 48''$.

Stanovení poloměru Země

Arabský matematik a astronom *al-Biruni* (973–1048) použil ke stanovení poloměru Země následující metodu. Z hory o známé výšce úhломěrným způsobem určil pokles horizontu α (obr. 5). V trojúhelníku COA je rovněž úhel $\alpha = \angle COA$, tedy platí $\cos \alpha = \frac{r}{r+h}$, odkud $r = \frac{h \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$. Nalezněte při známé výšce hory $h = 1$ km a úhlu deprese $\alpha = 1^\circ$ poloměr Země. Dosazením obdržíme pro poloměr Země $r = 6375$ km.

Určení siderické oběžné doby planet.

V Oběžích publikovaná Koperníková heliocentrická teorie vedla mimo jiné k zavedení siderických oběžných dob pro planety obíhající kolem Slunce. Platí pro ně vztah $\frac{1}{T_{\text{psid}}} = \frac{1}{T_{\text{Zsid}}} = \frac{1}{T_{\text{psyn}}}$. Koperník znal přesně siderickou oběžnou dobu Země $T_{\text{Zsid}} = 365,256$ dne. Jak postupoval při určení siderické oběžné doby Marsu T_{Msid} , jestliže pro Mars $T_{\text{TMsid}} = 780$ dne.



Obr. 5

Řešení: Do uvedeného Koperníkova vztahu pro T_{psid} dosadíme a obdržíme $T_{\text{Msid}} = 687$ dne.

Jaká byla úhlová přesnost zedního kvadrantu Tychona Brahe?



Obr. 6

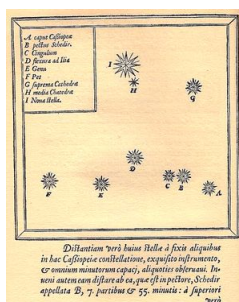
Tycho Brahe (1546–1601) na Hvenu používal k pozorování zední kvadrant, jehož poloměr stupnice byl $R = 6$ m a přesnost odečítání na stupnici činila $\Delta = 2$ mm.

Řešení: Platí $\text{tg } \Theta = \frac{\Delta}{R} = 0,000\,33 \text{ rad} = 69'' \cong 1'$. Analýza stanovení přesnosti poloh nejjasnějších tzv. vztažných hvězd zvolených Tychonem

ukázala, že průměrná přesnost pozorování činila přibližně $35''$, byla dosahována vícenásobnými opakovanými měřeními.

Pozorování supernovy 1572.

Navečer 11. listopadu 1572 Tycho Brahe na Hvenu pozoroval „novou“ hvězdu (obr. 7), jak dnes víme supernovu v souhvězdí Kassiopei. K tomu poznamenal: „Večer, po západu Slunce, když jsem jako obvykle sledoval hvězdy na jasné obloze jsem zjistil, že téměř přímo nad mou hlavou zářila nová a neobvyklá hvězda, převyšující svou jasností všechny ostatní...“ Tycho proměřil a zapsal úhlové vzdálenosti nové hvězdy od devíti nejjasnějších hvězd souhvězdí Kassiopei. Sledovaná supernova byla jasnější než Sírius a bylo možné ji pozorovat i v průběhu dne. Jaká byla její výška při horní a dolní kulminaci? Bylo reálné, aby Tycho Brahe porovnával jasnost supernovy a Síria? Zpracováno podle [1].



Obr. 7

Řešení: Přesné současné souřadnice supernovy 1572 můžeme nalézt v hvězdářských ročenkách, identifikaci umožnil rádiový zdroj spojený s pozůstatkem supernovy. Jeho souřadnice jsou $\alpha = 0 \text{ h } 25 \text{ min}$ a $\delta = +64^\circ 12'$. Po provedení korekce na precesi za uběhnutých 440 roků získáme souřadnice $\alpha = 0 \text{ h } 02 \text{ min}$ a $\delta = +61^\circ 42'$. Zeměpisná šířka místa pozorování na ostrově Hven je přibližně 56° . Zenitová vzdálenost při horní kulminaci je $5^\circ 42'$, tudíž výška nad horizontem dosahuje $84^\circ 18'$. Při dolní kulminaci je zenitová vzdálenost rovna $z_d = 180^\circ - (\delta + \varphi) = 62^\circ 18'$ a výška nad horizontem $90^\circ - 62^\circ 18' = 27^\circ 42'$. Shrnutí: supernova 1572 se nacházela pro pozorování dostatečně vysoko nad horizontem. Uprostřed listopadu souhvězdí Kassiopei kulminuje kolem 20. hodiny večerní. V listopadu Sí-

rius vychází kolem půlnoci, tudíž bylo možné porovnávat jeho jasnost s jasností supernovy. Popis uvedených pozorování je ve spisu [4].

Kdy se narodil Robert Hooke aneb jak převádět data z juliánského do gregoriánského kalendáře?

K využívání starších astronomických pozorování je důležitá znalost přepočtu dat N_j z juliánského kalendáře do gregoriánského N_g . Při tom je nutné k N_j přidat počet dní n , určených vztahem $n = C - \frac{C_1}{4} - 2$, kde C je počet celých uběhlých století, C_1 nejbližší menší počet století dělitelný čtyřmi. Pro převod platí vztah $N_g = N_j + n$. Příkladně pro století 1801 do 1900: $n = 18 - \frac{16}{4} - 2 = 12$.

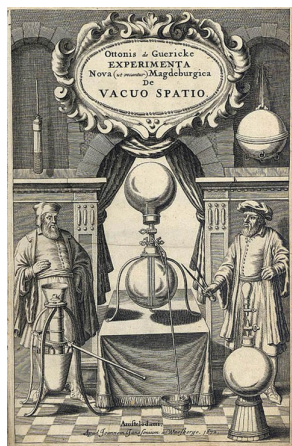
Anglický matematik, fyzik a astronom *Robert Hooke* (1635–1703) se narodil podle juliánského kalendáře 18. července 1635. Nalezněte jeho datum narození podle gregoriánského kalendáře.

Řešení: Použijeme vztah $N_g = N_j + n$, kde za n dosazujeme $n = C - \frac{C_1}{4} - 2$, tudíž $n = 10$. Proto $N_g = N_j + n = 28$. července 1635.

Vyvrácení geocentrické teorie

Německý fyzik *Otto von Guericke* (1602–1686) proslul především svými experimenty s magdeburskými polokoulemi, dokazujícími tlak vzduchu, titulní list jeho nejvýznamnějšího spisu je na obr. 8. Byl rovněž velmi přesvědčivým obhájcem heliocentrismu, ve spisu [5] uvádí v jeho prospěch následující výpočet. V něm vycházel z předpokladu, že hvězdy jsou velmi vzdálené a nachází se v různých vzdálenostech. Podle Guerickeho by bylo absurdní předpokládat, že obíhají kolem Země s oběžnou dobou 24 hodin. Jako příklad uvádí hvězdu s paralaxou $1''$. Jakou rychlostí by se musela pohybovat? Výsledek uveďte v Guerickeho užívaných německých mílech, 1 míle = 7,5 km.

Řešení: Hvězda s paralaxou $1''$ se nachází ve vzdálenosti $r = \frac{1}{\pi} = 1 \text{ pc} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$. Při úhlové rychlosti Země $\omega = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ by rychlost hvězdy činila $v = \omega r = 2,25 \cdot 10^{10} \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, v tehdy používaných jednotkách $3 \cdot 10^9 \text{ mil} \cdot \text{s}^{-1}$. Z tak obrovské hodnoty rychlosti hvězdy učinil Guericke zobecnující závěr, že Země rotuje jednou za 24 hodin kolem své osy a pohyb hvězd po obloze je pouze pozorovaným důsledkem.



Obr. 8

V kterém vydání Výkladu světové soustavy je chyba?

Anglický fyzik a matematik *Isaac Newton* (1643–1726) v třetí knize Principií Výklad světové soustavy se zabývá mimo jiné pohybem čtyř tehdy známých měsíců Jupitera, které německý astronom *Simon Marius* (1573–1624) nazval roku 1614 Io, Europa, Ganymed a Kallisto. Zjednodušeně předpokládal, že jejich dráhy jsou kruhové. Jak dnes víme, jde o eliptické dráhy s velmi malými excentricitami, ležícími v rozmezí 0,002 až 0,009. Velikosti velkých poloos drah měsíců postupně v nyní používaných jednotkách jsou $4,22 \cdot 10^8$ m, $6,71 \cdot 10^8$ m, $1,07 \cdot 10^9$ m, $1,88 \cdot 10^9$ m. Hodnoty oběžných dob měsíců Newton převzal z pozorování *Johna Flamsteeda* (1646–1719). V původním vydání Principií jakož i v roku 1999 [6] jsou uvedeny hodnoty:

Io	1 den	18 hod	28 minut	36 sekund
Europa	3 dny	13 hod	17 minut	54 sekund
Ganymed	7 dnů	3 hod	59 minut	36 sekund
Kallisto	16 dnů	18 hod	59 minut	13 sekund

V samostatném vydání Výkladu světové soustavy [7] z roku 1969 je u měsíce Europa oběžná doba 3 dny 17 hod 17 minut 54 sekund. Která ze zmiňovaných hodnot oběžných dob je správná?

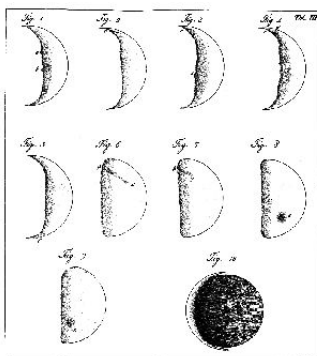
Řešení: Pro všechny měsíce dosadíme velikosti velkých poloos oběžných drah a oběžné doby z [6] do III. Keplerova zákona $\frac{a^3}{T^2} = k$, získáme postupně $k_1 = 3,21 \cdot 10^{15} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$. Oběžná doba měsíce Europa ze [7] vede k hodnotě $k_2 = 2,92 \cdot 10^{15} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$. Není v souladu s hodnotou pro zbývající měsíce, tedy hodnota oběžné doby měsíce Evropa ve vydání [7] obsahuje tiskovou chybu.

Platí pro Ceres Titiusovo – Bodeovo pravidlo?

V novodobých dějinách počínaje *Johannem Keplerem* (1571–1630) existovaly racionální snahy o formulování empirického zákona, popisujícího rozložení planetárních vzdáleností od Slunce. Vyvrcholily v 18. století, kdy německý matematik a fyzik *Johann Daniel Titius* (1729–1796) a německý matematik a astronom *Johann Elert Bode* (1747–1826) formulovali v letech 1766–1772 v [8] vztah v nyní používaném tvaru $a_k = 0,4 + 0,3 \times 2^k$ ($k = -\infty, 0, 1, 2, \dots$), kde a_k je vyjádřeno v jednotkách AU. Ověřte výpočtem, že planetka Ceres objevená v lednu 1801 italským astronomem *Giuseppem Piazzim* (1746–1826) splňuje tento zákon. Připomínáme, že velká poloosa její dráhy vypočtená na podzim 1801 *Carlem Friedrichem Gaussem* (1777–1855) měla hodnotu $a = 2,77 \text{ AU}$.

Řešení: Dosazením do Titiusova-Bodeova pravidla pro $k = 3$ obdržíme $a = 2,8 \text{ AU}$.

Je výška hor na planetách omezena?



Obr. 9

První systematická pozorování Venuše v moderní době prováděl německý astronom *Johann Schröter* (1745–1816). Nákresy z jeho pozorování jsou na obr. 9. Nerovnosti na čáře terminátoru, vyvolané jak dnes víme nestejnorodostí atmosféry, vysvětloval existencí hor. Kladl si otázku, jaká může být nejvyšší výška hor na této planetě respektive obecně na planetách?

Řešení: Hory s velkou výškou svojí tíhou narušují krystalickou mřížku hornin (žuly, granitu), která se roztavuje. Fyzikálně vyjádřeno gravitační potenciální energie hory se projevuje stlačením materiálu hornin, částice se k sobě přibližují. Uvolněná energie se přemění na tepelnou. Nejprve při znalosti charakteristik Venuše $M = 4,87 \cdot 10^{24}$ kg, $R = 6052$ km určíme tíhové zrychlení na jejím povrchu $g = G \frac{M}{R^2} = 8,87 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Dále stanovíme maximální výšku hory následující úvahou. Předpokládejme zjednodušeně válcový tvar hory o výšce h . Jestliže bychom hypoteticky zvětšili maximální výšku h_m o Δh , o stejnou hodnotu by se snížila v důsledku roztavení hornin v základně hory. Platí tak vztah $M_h g \Delta h = Q \rho S \Delta h$, kde M_h je hmotnost hory. Po dosazení $M_h = h_m \Delta S$ obdržíme $h_m \rho S \Delta g h = Q \rho S \Delta h$, odkud po úpravě $h_m = \frac{Q}{g} = 11\,300$ m, při měrném skupenském teple tání hornin s převládající kovalentní vazbou, např. žuly $Q = 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší hory s výškou přibližně 25 km až 27 km na planetách Sluneční soustavy existují na Marsu, kde je na povrchu nižší tíhové zrychlení než na Venuši či Zemi.

Jaká je hodnota Gaussovy gravitační konstanty a jaký je smysl jejího zavedení?

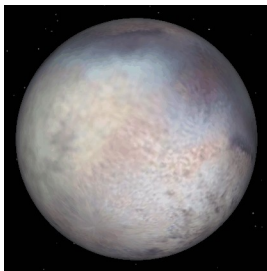
Úpravou III. Keplerova zákona obdržel *Carl Friedrich Gauss* (obr. 10) vztah pro tzv. gravitační konstantu $k = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{p\sqrt{1+M}}$. Naleznete její číselnou hodnotu v jednotkách zvolených Gaussem. Za planetu zvolil Zemi $M = M_Z$. Velikost velké poloosy $a = 1$ AU, oběžná doba Země $P = 365,256\,383\,5$ středního slunečního dne, hmotnost Slunce zvolil Gauss za jednotkovou, $\frac{M_Z}{M_S} = \frac{1}{354\,710}$.

Řešení: Dosazením uvedených číselných hodnot nalezneme $k = 0,0172 \text{ rad} = 0,9856^\circ$. Její použití umožňuje např. určovat oběžnou dobu planet ve dnech.



Obr. 10

Proč obíhá Triton rychleji kolem Neptuna než Měsíc kolem Země?



Obr. 11

Německý astronom *Johann Gottfried Galle* (1812–1910) v noci z 23. na 24. září roku 1846 potvrdil výpočty francouzského matematika a astronoma *Urbaina Jeana Leverrier*a (1811–1877) a našel na obloze planetu Neptun. Již 17 dnů po tomto objevu, tedy 10. října 1846 anglický astronom *William Lassell* (1799–1880) objevil první měsíc Neptuna Triton (obr. 11).

Určete hmotnost Neptuna. Proč měsíc Triton, pohybující se mimochodem jako jediný ve sluneční soustavě retrográdně, obíhající v přibližně stejné vzdálenosti jako náš Měsíc, má oběžnou dobu „pouze“ $T = 5,877$ dne?

Řešení: Při objasnění použijeme III. Keplerův zákon v přesném tvaru, do kterého dosadíme známou vzdálenost Tritonu od Neptuna $a_T = 355\,000$ km, $\frac{a^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2}(M_{\text{Nep}} + M_{\text{Tn}})$. Nalezneme $M_{\text{Nep}} = 10^{26}$ kg při zanedbání hmotnosti Tritonu. Neptun ve srovnání se Zemí má větší hmotnost, tudíž se vyznačuje gravitačním polem s vyšší intenzitou, Triton musí obíhat rychleji.

Nalezení oběžné doby a velikosti velké poloosy Tuttleovy komety.

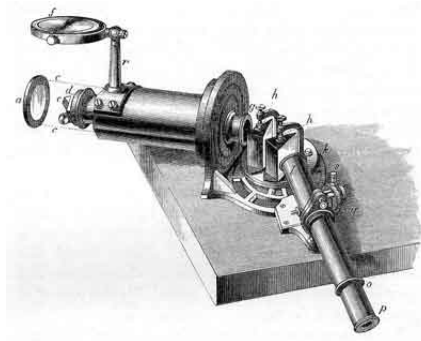
Obr. 12

Americký astronom *Horace Parnell Tuttle* (1837–1923) zjistil, že kometa s velmi podobnými dráhovými elementy prošla perigeem 31. ledna 1790, 24. února 1858 a 11. září 1885. Jaká je její oběžná doba a velikost velké poloosy?

Řešení: Uvedená data převedeme na juliánská, z rozdílů dat a patřičných násobků stanovíme oběžnou dobu, $T_T = 5\,003$ dne $= 13,7$ roku. Z III. Keplerova zákona při volbě a v AU a T v rocích nalezneme velikost velké poloosy $a = 5,7$ AU. Na obr. 12 je Tuttleova kometa objevená 5. ledna 1858.

První stanovení radiální rychlosti hvězd

Průkopník používání spektroskopie v astrofyzice anglický lékař a astrofyzik *William Huggins* (1824–1910) v roce 1868 určil radiální rychlost Síria na $-18,3$ mil $\cdot \text{s}^{-1}$, použil anglické míle, tudíž v převodu $-29,4$ km $\cdot \text{s}^{-1}$. V současnosti upřesněná hodnota radiální rychlosti hmotného středu soustavy Sírius A a B je $-7,6$ km $\cdot \text{s}^{-1}$. Jakou velikost posuvu nyní naměřeného astrofyzici zjistili ve směru krátkovlnného konce spektra u čáry H_β o laboratorní vlnové délce $\lambda_1 = 486,134$ nm? Na obr. 13 je původní Hugginsův spektroskop.

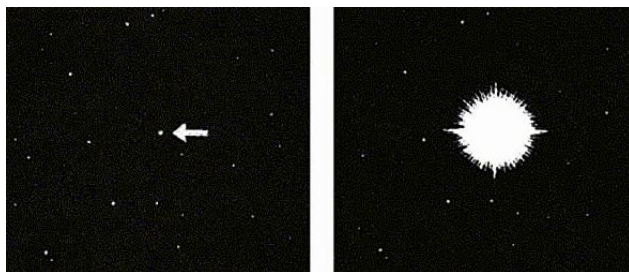


Obr. 13

Řešení: Dosazením do vztahu pro Dopplerův jev obdržíme $y_1 = c \frac{\Delta}{\lambda} \lambda$, odtud $\Delta\lambda = -1,2 \cdot 10^{-2}$ nm. Naměřená vlnová délka činila 486,122 nm.

Kolikrát se zvýšila jasnost Novy Herculis?

Z pozorování Novy Herculis 1934 (obr. 14), bylo zjištěno, že její jasnost v maximu dosahovala 2 mag, zatímco původní činila 15 mag.



Obr. 14

Kolikrát se zvýšila její jasnost? Původní pozorovací údaje jsou v [9].

Řešení: Dosazením do Pogsonovy rovnice $\frac{\phi_1}{\phi_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$ jsme našli poměr zvýšení jasnosti.

Literatura

- [1] *Gusev, E. B., Surdin, V. G.*: Rasširjaja granicy Vselennoj. Izdatelstvo MCNMO, Moskva 2003.
- [2] *Stephenson, F. R.*: Historical eclipses and Earth's rotation. *Astronomy and Geophysics* 44 (2003), Issue 2, p. 22-27.
- [3] *Toomer, G. J.*: Ptolemy's Almagest. Princeton University Press, Princeton 1998.
- [4] *Tycho Brahe*: De Nova Stella. 1573.
- [5] *Guericke, O.*: Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio. 1672.
- [6] *Newton, I.*: The Principia. Mathematical Principles of Natural Philosophy. University of California Press. Berkeley and Los Angeles Kalifornia, London England 1999.
- [7] *Newton, I.*: A Treatise of the System of the World. Dawson of Pall Mall, London 1969.
- [8] *Bode J. E.*: Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels. Hamburg 1772.
- [10] *Beer, A.*: The light-curve and the visual spectrum of Nova Herculis 1934. *Monthly Notices of Royal Astronomy Society* 95 (1935), p. 538-547.

Zdroje vyobrazení

- Obr. 1 http://mapsof.net/uploads/static-maps/rhodos_topo.png
- Obr. 2 http://www.bible-history.com/map_babylonian_captivity/babylonian_chronicle.jpg
- Obr. 3 <http://www.vesmir.cz/clanek/historicke-zaznamy-zatmeni>
- Obr. 6 <http://kvmagruder.net/bcp/index.html>
- Obr. 7 http://spider.seds.org/spider/Vars/Pics/tyc_sn.jpg
- Obr. 8 <http://www.library.usyd.edu.au/libraries/rare/modernity/vonguericke.html>
- Obr. 9 <http://www.eso.org/public/outreach/eduoff/vt-2004/Background/Infol2/EIS-D5.html>
- Obr. 10 http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ACarl_Friedrich_Gauss_1840_by_Jensen.jpg
- Obr. 11 http://aldebaran.cz/fotografie/planety_neptun.html
- Obr. 12 http://www.machunter.org/john_comet%20tuttle.html
- Obr. 13 <https://eee.uci.edu/clients/bjbecker/huggins/hugginsspectroscopaea.jpg>
- Obr. 14 <http://user.physics.unc.edu/~evans/pub/A31/Lecture20-Compact-Stars/nova-herculis.jpg>