

Sbírka příkladů k přednášce Astronomie pro studijní skupiny 4. roč. U MF/ZŠ, 5. roč. U MF, FI/SS

- Zjistěte, kolik různých zdrojů záření na obloze může rozlišit dalekohled na umělé družici, jestliže má rozlišovací schopnost $1''$. (Uvažujte, že je pozorována celá obloha.) [5 346 383 779 čtver.""]
- Kolik čtverečních stupňů pokrývá celou oblohu? (Vyjádřete plný prostorový úhel 4π ve čtverečních stupních.) [41253,48 čtver.°]
- Jaký díl oblohy (např. v procentech) zaujímá plocha slunečního nebo měsíčního disku, jestliže mají oba úhlový průměr asi $30'$?
- Rovníková paralaxa Měsíce je $57' 2,7''$; úhlový poloměr $15' 32,6''$. Vypočtěte vzdálenost r Měsíce od Země a poloměr R Měsíce v jednotkách poloměru Země. [$r = 60,3 R_Z$, $R = 0,272 R_Z$]
- Rovníková paralaxa Slunce je $8,8''$, úhlový poloměr Slunce $16' 01''$. Určete poloměr Slunce v jednotkách poloměru Země. [109 R_Z]
- Za jak dlouho opíše v důsledku precese světový pól úhel 5° (precesní konstanta $50,25''$ za rok)? [357 roků]
- V okamžiku dolní konjunkce Venuše byl vyslán radiový signál. Jeho odraz od planety byl přijat za 276 sekund. Vypočtěte střední vzdálenost Země – Slunce, tj. 1AU, je-li siderická oběžná doba Venuše 224,70 dne. Dráhy planet považujte za kruhové.
- Jaká je roční paralaxa Siria (α CMa), který leží ve vzdálenosti 8,67 světelných roků od Slunce? [0,376"]
- Roční paralaxa Procyona (α CMi) byla změřena $0,312''$ se střední chybou $\pm 0,006''$. Určete vzdálenost hvězdy a její střední chybu. Jaká je relativní chyba v procentech? [3,21 \pm 0,06 pc, 2%]
- Jak velká je roční aberace pro pozorovatele na Venuši? Vzdálenost Venuše od Slunce $r = 0,723$ AU, oběžná doba $P = 0,615$ roku. [24"]
- Jak velká je roční aberace pro pozorovatele na Jupiteru? Vzdálenost Jupitera od Slunce $r = 778 \cdot 10^6$ km, oběžná doba $P = 4 333$ dní. [9"]
- Vypočtěte rychlost světla, víte-li, že aberační konstanta je $20,47''$ a střední rychlost Země kolem Slunce je rovna $v = 29,77$ km/s.
- Vypočtěte pomocí aberační konstanty ($20,47''$) dobu, za kterou k nám dorazí světlo ze Slunce a určete střední vzdálenost Země od Slunce. [8 min 19 s, 150 10^6 km]
- Vypočtěte délku kužele zemského stínu. Poloměr Slunce R , Země r , jejich vzdálenost Δ .
- Necht' poloměr Země je r , poloměr Slunce $R = 109 r$, jejich vzdálenost $L = 23 680 r$, vzdálenost Měsíce od Země $l = 60 r$. Vypočtěte poloměr kolmého řezu zemského stínu ve vzdálenosti l od středu Země.
- Nejmenší vzdálenost Halleyovy komety od Slunce je 0,59 AU, největší vzdálenost 35,4 AU. Určete excentricitu dráhy a oběžnou dobu komety. [$e = 0,967$, $P = 76,3$ roku]
- Dráha komety P/Encke má hlavní poloosu 2,22 AU a excentricitu 0,847. Určete její periodu a vzdálenost od Slunce v perihelu.
- Kometa 1882 II s periodou 770 let měla vzdálenost perihelu pouhých 0,00775 AU. Vypočtěte hlavní poloosu dráhy, její excentricitu a rychlost v perihelu a afelu.
- S jakou periodou by obíhala hypotetická planeta ve vzdálenosti 100 AU od Slunce. [1000 let]
- Planetka Hermes obíhá kolem Slunce po dráze s velkou poloosou $a = 1,29$ AU a excentricitou $e = 0,475$. Určete oběžnou dobu planetky a její nejmenší vzdálenost od Slunce. Diskutujte též nejmenší vzdálenost od Země.
- V románu Hector Servadac popisuje Jules Verne kometu s periodou 2 roky, jejíž vzdálenost od Slunce je v afelu rovna $820 \cdot 10^6$ km. Může existovat taková kometa? [e , $a_p = -343 \cdot 10^6$ km]
- Vypočtěte hmotnost Marsu v jednotkách hmotnosti Země z pohybu Marsova měsíce Deimose, který obíhá kolem Marsu ve vzdálenosti $r = 23,5 \cdot 10^3$ km a má oběžnou dobu $p = 1,262$ dne. Odpovídající hodnoty pro Měsíc jsou $R = 384,4 \cdot 10^3$ km, $P = 27,32$ dne. Hmotnost Měsíce i Deimose zanedbejte.
- Vypočtěte hmotnost planety Jupiter v jednotkách hmotnosti Země, když víte, že jeho družice je vzdálena od středu planety 422 000 km a doba oběhu činí 1,77 dne.
- Vypočtěte hmotnost planety Saturn v jednotkách hmotnosti Země podle pohybu jeho měsíce Hyperiona ($a = 1,48 \cdot 10^6$ m, $P = 21,3$ dne). Počítejte vzhledem k hmotnosti Země a oběhu jejího Měsíce ($a = 384 000$ km, $P = 27,3$ dne).
- Vypočtěte hmotnost planety Uran v jednotkách hmotnosti Země, když víte, že jeho družice Titan je vzdálena od středu planety 438 000 km a doba oběhu činí 8 dní a 17 hod.
- Vypočtěte hmotnost planety Neptun v jednotkách hmotnosti Země, když víte že jeho družice je vzdálena od středu planety 354 000 km a doba oběhu činí 5 dní a 21 hodin.
- Vypočtěte hmotnost Slunce v jednotkách hmotnosti Země, je-li dána oběžná doba Země $T = 365,25$ dne, Měsíce $t = 27,321$ dne, poloměr dráhy Země $R = 149,6 \cdot 10^6$ km a Měsíce $r = 384 400$ km.
- Vypočtěte hmotnost Slunce ze známého poloměru zemské dráhy a doby oběhu Země. ($\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg·s²).
- Jak se změní oběžná doba planety, jestliže se velká poloosa zvětší o malou veličinu Δa ?

30. Střední vzdálenost Marsu od Slunce je 1,523 AU, excentricita jeho dráhy 0,094. Určete poměr a velikosti rychlostí v perihelu a afelu. [$v_p/v_a = 1,2075$]
31. Vzdálenost Pluta od Slunce je v perihelu 29,65 AU, v afelu 49,25 AU. Určete oběžnou dobu P a excentricitu Plutovy dráhy. Určete poměr a velikosti rychlostí v perihelu a afelu. [$P = 248$ let, $e = 0,249$]
32. Dráha komety má excentricitu $e = 0,9$ a periodu $P = 1000$ let. Jaká je vzdálenost komety od Slunce v perihelu a afelu? [10, 190 AU]
33. Jak dlouho by Měsíc padal k Zemi, kdyby se náhle přerušil jeho pohyb? Oběžná doba Měsíce je 27,3 dne. [4,8 dne]
34. Za jak dlouho by planeta Pluto dopadla na povrch Slunce, kdyby se náhle zastavila? Oběžná doba Pluta je 248 roků. [44 roků]
35. Vypočítejte vzdálenost Marsu od Země při opozici: a) je-li Mars v perihelu; b) je-li v afelu své dráhy. Dráhu Země považujte za kruhovou, sklon dráhy Marsu zanedbejte. Velká poloosa dráhy Marsu je $a = 227,8 \cdot 10^6$ km, excentricita $e = 0,0934$, poloměr dráhy Země $r = 149,5 \cdot 10^6$ km. [a) $d = 57,0 \cdot 10^6$ km, b) $d = 99,6 \cdot 10^6$ km]
36. Vypočítejte rychlost, jakou se musí pohybovat umělá družice těsně nad povrchem Země (tzv. 1. kosmická rychlost). Určete oběžnou dobu této družice. Poloměr Země $R = 6,371 \cdot 10^6$ m, hmotnost $M = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg. [$v = 7,91$ km/s, $P = 1$ h 24,5 min]
37. Určete střední vzdálenost Země – Měsíc, když znáte: poloměr Země $r = 6370$ km, její střední hustotu $\rho = 5500$ kg/m³ a oběžnou dobu Měsíce $T = 27,32$ dne.
38. Ověřte 3. Keplerův zákon pro pět Saturnových satelitů, doplňte tabulku a pokuste se vyjádřit jejich vzdálenost jako funkci pořadí:
- | | jméno | perioda P [dny] | vzdálenost a [10^{-3} AU] |
|----|-----------|-------------------|--------------------------------|
| 1. | Janus | 0,723 | 1,04 |
| 2. | Mimas | ??? | 1,26 |
| 3. | Enceladus | 1,370 | 1,59 |
| 4. | Tethys | 1,888 | ??? |
| 5. | Dione | 2,737 | 2,52 |
39. Určete ve sluneční soustavě geometrické místo bodů, ve kterých jsou si přitažlivé síly Slunce a Země rovny.
40. Dvě hvězdy, obě s hmotností Slunce, obíhají okolo společného těžiště s periodou $P = 3$ dny. Určete poloměr kružnice, kterou hvězdy opisují. [0,026 AU]
41. Odvoďte z věty o viriálu hmotnost hvězdokupy Plejády za předpokladu, že její průměr činí asi 2,5 pc a rozptyl středních rychlostí hvězd asi 1,6 km/s. [$M = 400 M_\odot$]
42. Jaký je zářivý tok objektivem dalekohledu o obsahu 1 m², jestliže pozorujeme (mimo atmosféru Země) hvězdu Proxima Centauri? Její zářivý výkon je $1,65 \cdot 10^{-23}$ W a vzdálenost 1,31 pc. [$8,03 \cdot 10^{-12}$ W]
43. Jasnost proměnné hvězdy je v maximu 16krát větší než v minimu. Jaký je rozdíl hvězdných velikostí? [3 mag]
44. Proměnná hvězda Mira (o Ceti) má v maximu vizuální hvězdnou velikost 2,5 mag, v minimu 9,2 mag. Kolikrát je její jasnost v maximu větší než v minimu? [480krát]
45. Jakou jasnost má nejslabší hvězda, kterou můžeme spatřit dalekohledem průměru objektivu 50 mm? Zanedbejte ztráty v optice a předpokládejte průměr zornice oka adaptovaného na tmu 5 mm. [11 mag]
46. Jakou jasnost má nejslabší hvězda, kterou můžeme spatřit dalekohledem průměru objektivu 100 mm? Zanedbejte ztráty v optice a předpokládejte průměr zornice oka adaptovaného na tmu 5 mm. [12,5 mag]
47. Dvojhvězda Castor (α Gem) má složky s hvězdnými velikostmi 1,99 mag a 2,85 mag. Jaká je hvězdná velikost Castora při pozorování prostým okem, kdy složky nelze rozlišit? [1,58 mag]
48. Kolik hvězd velikosti 0 mag by nahradilo celkovou zářivost hvězd s velikostmi v rozmezí 10 - 11 mag, kterých je na obloze 546 000 (počítáno ze Země). Uvažujte střední velikost 10,5 mag. [34 hvězd]
49. Kolik hvězd s velikostí 6 mag má stejnou jasnost jak jedna hvězda s velikostí 1 mag? [100 hvězd]
50. Představte si, že jste ve středu kulové hvězdokupy o poloměru 5 pc, obsahující 10^5 hvězd podobných Slunci. Jaký bude průměrný jas oblohy? (Předpokládejte, že všechny hvězdy jsou od vás vzdáleny asi 1 pc, jas vyjádřete v magnitudách na čtvereční stupeň, absolutní velikost Slunce vezměte přibližně 5 mag.)
51. Jaká je hvězdná velikost dvojhvězdy, jejíž složky, okem nerozlišitelné, mají hvězdné velikosti $m_1 = 1,0$ a $m_2 = 2,0$ mag? [0,64 mag]
52. Určete paralaxu π hvězdy, která má modul vzdálenosti $m - M = 8$ mag? [$\pi = 0,0025''$]
53. Hvězda podobná Slunci má hvězdnou velikost $m = +10$ mag. V jaké leží vzdálenosti? [100 pc]
54. Hvězdná velikost Síria (α CMa) je $m = -1,43$ mag, paralaxa $\pi = 0,376''$. Vypočítejte absolutní hvězdnou velikost M . [1,45 mag]
55. Určete absolutní hvězdnou velikost hvězdy Antares (α Sco), jejíž hvězdná velikost je $m = 0,98$ mag a paralaxa rovna $\pi = 0,0087''$ [$M = -4,32$ mag]

56. Určete vzdálenost spirální galaxie M31 v souhvězdí Andromedy, když víte, že roku 1885 tam vzplála nova, která dosáhla maximální hvězdné velikosti +7,0 mag (absolutní hvězdná velikost -16,2 mag). Jaká by byla vzdálenost této galaxie, kdyby se jednalo o výbuch supernovy (abs. hv. vel. -19 mag) ?
[437 kpc, 1,58 Mpc]
57. Jak se změní hvězdná velikost komety, jestliže se její vzdálenost od Slunce i od Země zdvojnásobí. Změna jasnosti komety je dána vztahem $I_1/I_0 = (\Delta_0/\Delta_1)^2 (r_0/r_1)^4$,
kde Δ je vzdálenost od Země a r vzdálenost od Slunce.
58. Jakou hvězdnou velikost má Slunce pozorované z nejbližší hvězdy, jejíž vzdálenost je 270 000 AU?
59. Hvězda ve vzdálenosti r má radiální rychlost v . Za kolik let se její hvězdná velikost změní n -krát?
60. Hvězdná velikost Vegy (α Lyr) je $m = +0,1$ mag. Jak se změní její hvězdná velikost, jestliže vzdálenost od Slunce bude 1000krát větší? Bude v tomto případě viditelná očima?
61. Ze znalosti sluneční konstanty $K = 1390 \text{ W/m}^2$ a poloměru Slunce $R = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$, vypočítejte jeho zářivý výkon a povrchovou efektivní teplotu ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4}$).
[$T_{\text{ef}} = 5880 \text{ K}$]
62. Vypočítejte teplotu AČT, která se nalézá ve stejné vzdálenosti od Slunce jako Merkur. ($K = 1370 \text{ W m}^{-2}$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4}$)
63. Odhadněte povrchovou teplotu Země, která odráží 37% dopadající sluneční energie. ($K = 1370 \text{ W m}^{-2}$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4}$)
64. Jak se změní povrchová teplota Slunce, když hodnota sluneční konstanty poklesne o 1%?
65. Určete povrchovou teplotu Slunce, pokud víte, že zářivá energie ve vlnových délkách 433 a 866 nm je 456, resp. 174 relativních jednotek. *Návod:* Užijte Wienův zákon ve tvaru $E = a \lambda^{-5} \exp(-c/\lambda T)$, kde $c = 1,432$ a λ je vyjádřeno v cm.
66. Vypočítejte poloměr hvězdy Antares (α Sco) v jednotkách poloměru Slunce, jehož hvězdná velikost je +0,98 mag, paralaxa 0,0087" a efektivní teplota 3100 K.
[600 R_{s}]
67. Vypočítejte poloměr hvězdy Aldebaran (α Tau), který má paralaxu 0,048", povrchovou teplotu 3300 K a hvězdnou velikost +0,85 mag. Určete jeho úhlový průměr.
[60 R_{s} , 0,030"]
68. Vypočítejte sluneční konstantu pro Venuši, jejíž střední vzdálenost od Slunce je 0,723 AU, sluneční konstanta pro Zemi $K = 1370 \text{ W/m}^2$.
69. Sirius A má efektivní teplotu 10 000 K, jeho průvodce asi 30 000 K, ale jasnost má menší. Paralaxa je 0,38", oběžná doba $P = 50$ let, těžiště soustavy leží v 1/3 spojnice od složky A, délka spojnice je 2,5". Určete: a) délku spojnice v AU, b) hmotnosti složek, c) zářivé výkony složek ($m = -1,45$ mag a +8,86 mag), d) poloměry složek a e) hustoty složek.
[20 AU; 2,14 M_{s} , 1,053 M_{s} ; 1,7 R_{\odot} , 0,0073 R_{s}]
70. Vypočítejte sluneční konstantu pro Mars, jehož střední vzdálenost od Slunce je 1,52 AU, sluneční konstanta pro Zemi $K = 1370 \text{ W/m}^2$.
71. Sluneční záření nese maximální energii v okolí vlnové délky $\lambda = 480 \text{ nm}$, $b = 2897,89 \mu\text{K}$. Vypočítejte povrchovou teplotu Slunce.
72. Hvězdná velikost Siria je -1,58 mag, jeho průvodce 8,44 mag. Kolikrát je zářivý výkon Siria větší?
73. Porovnejte průměry hvězdy Antares (α Sco) a Barnardovy hvězdy, jejichž absolutní hvězdné velikosti jsou -4,0 mag a +13,4 mag, ale jejich povrchové teploty jsou zhruba stejné.
74. Určete poloměr hvězdy Aldebaran a jeho úhlový průměr, když víte, že jeho paralaxa $\pi = 0,057''$, efektivní teplota 3300 K a absolutní hvězdná velikost $M = -0,1$ mag.
75. Vypočítejte střední hustotu hvězdy 40 Eri B, když víte, že její teplota je 11 000 K, absolutní hvězdná velikost $M = +11,2$ mag a hmotnost 0,44 hmotnosti Slunce.
76. Určete střední hustotu bílého trpaslíka, který je složkou dvojhvězdy. Poměr hmotností obou hvězd je 2:1, rozdíl hvězdných velikostí je 10 mag a jejich spektra jsou stejná. Střední hustota hlavní složky je 200 kg/m^3 .
77. Jak se posune sodíková čára ($\lambda = 589,6 \text{ nm}$ ve spektru hvězdy, která má radiální rychlost +161 km/s)
[o 0,316 nm k červené]
78. Ve spektru novy v souhvězdí Herkula z r. 1934 byla čára vodíku H gama ($\lambda = 434,1 \text{ nm}$) posunuta o 1,01 nm k fialovému konci spektra. Jaká byla rychlost plynu vyvrženého hvězdou? [kolem 700 km/s]
79. Ve spektru Kapteynovy hvězdy je čára vápníku o vlnové délce 422,7 nm posunuta k červenému konci spektra. Určete radiální rychlost hvězdy.
[+242 km/s]
80. Ve spektru hvězdy je čára vápníku o vlnové délce 422,7 nm posunuta o 0,07 nm k fialovému konci spektra. Určete radiální rychlost hvězdy.
[-49 km/s]
81. Barnardova hvězda má největší známý vlastní pohyb 10,27"/rok. Její vzdálenost od Slunce 1,83 pc. Vypočítejte tangenciální rychlost.
[89 km/s]
82. Vypočítejte tangenciální rychlost Siria, jehož paralaxa je 0,376" a vlastní pohyb je 1,315"/rok. [16,6 km/s]
83. Radiální rychlost Capelly (α Aur) je +30 km/s , paralaxa 0,073", vlastní pohyb 0,51"/rok. Určete velikost prostorové rychlosti a úhel, který svírá její vektor se zorným paprskem.
[45 km/s , 48°]
84. Radiální rychlost Vegy (α Lyr) je -14 km/s , paralaxa 0,124" a vlastní pohyb 0,348"/rok. Určete prostorovou rychlost Vegy vzhledem ke Slunci.
85. Určete úhel, který svírá prostorová rychlost hvězdy se směrem zorného paprsku, má-li hvězda vlastní pohyb 10krát větší než paralaxu a její radiální rychlost je 27,3 km/s .

86. Na jakou vzdálenost se může ke Slunci přiblížit hvězda s paralaxou $0,1''$, vlastním pohybem $0,211''/\text{rok}$ a radiální rychlostí -70 km/s .
87. Kolikrát se změní poloměr cefeidy, jestliže amplituda světelných změn je $1,5 \text{ mag}$.
88. Určete dynamickou paralaxu a hmotnosti složek dvojhvězdy 70 Oph . Velká poloosa $4,551''$, oběžná doba $87,85 \text{ roku}$, hvězdné velikosti složek $3,93$ a $5,29 \text{ mag}$. *Návod: Řešte metodou postupných aproximací, mezi hmotností m a absolutní hvězdnou velikostí M užijte vztahu: $\log m = 0,56 - 0,12 M$.*
 $[0,209''; 0,78 \text{ a } 0,55 M_{\odot}]$
89. Určete poměr poloměrů složek zákrytové dvojhvězdy RZ Cas , jejíž hvězdná velikost v maximu je $6,4 \text{ mag}$ a v minimu $7,7 \text{ mag}$ (za předpokladu, že průvodce je zcela tmavý).
90. Jak je vzdálena galaxie, jejíž čára N_1 má vlnovou délku čáry N_2 ? Obě jsou čáry O III (dvakrát ionizovaného kyslíku), jejichž laboratorní vlnové délky jsou $N_1 = 499,5 \text{ nm}$, $N_2 = 500,7 \text{ nm}$, $H = 50 \text{ km/s/Mpc}$.
 $[36 \text{ Mpc}]$
91. Předpokládejme, že Hubblov vztah platí i pro kvasary. a) Jak daleko by byl vzdálen objekt $3\text{C } 9$, kde čára L_{α} je pozorována na $364,5 \text{ nm}$? (L_{α} v klidu $121,5 \text{ nm}$). b) Jakou by měl kvasar $3\text{C}9$ absolutní hvězdnou velikost, jestliže se jeví jako objekt 13 mag ?
 $[z = 2, 4800 \text{ Mpc}]$
92. Kosmologický rudý posuv známého kvasaru $3\text{C } 273$ je $z = 0,158$, Hubblova konstanta $H = 50 \text{ km/s/Mpc}$. Určete jeho vzdálenost.
93. Jaký je interval rychlostí meteoroidů s parabolickou dráhou, se kterými se setkává Země?
94. Molekuly kyanu CN se vlivem slunečního záření uvolňují na povrchu kometárního jádra při teplotě 200°C . Tyto molekuly opouští jádro komety o průměru $d = 100 \text{ m}$ s hustotou $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$. *Návod: Srovnejte parabolickou (tj. únikovou) rychlost na povrchu komety se střední kvadratickou rychlostí molekul.*
 $[4,2 \text{ cm/s} \times 475 \text{ m/s}]$
95. Kolik srážek Země s meteorickými tělesy bychom zaregistrovali za jeden den, kdyby průměrná vzdálenost těchto částic v kosmickém prostoru byla 160 km ve všech souřadnicových směrech?
96. Sluneční konstanta má hodnotu 1390 W/m^2 . Jak velké množství meteorických částic musí dopadnout na 1 m^2 rychlostí 40 km/s , aby vzniklo stejné množství tepla?
97. Jak se změní hmotnost Slunce za rok, jestliže je jeho zářivý výkon $4 \cdot 10^{26} \text{ W}$? *Návod: $E = mc^2$.*
98. Sluneční konstanta je $K = 1370 \text{ W/m}^2$. O kolik kg klesne za rok hmotnost Slunce? Kolik kg vodíku se přitom přemění v hélium? (Hmotností schodek mezi čtyřmi protony a jádrem hélia je $0,007$.)
 $[dm/dt = -1,4 \cdot 10^{16} \text{ kg}, 2 \cdot 10^{18} \text{ kg H}]$
99. Jak dlouho bude ještě zářit Slunce současným výkonem ($4 \cdot 10^{26} \text{ W}$)? Uvažte, že třetinu hmotnosti Slunce ($2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$) tvoří vodík, z jehož jednoho gramu se při změně na hélium uvolní energie $6,6 \cdot 10^{11} \text{ joule}$.
100. Odvodte vztah pro sluneční konstantu K měřenou termometrem tvaru krychle o hraně a . Za čas t se teplota vody s měrným teplem c zvýší z T_1 na T_2 . Ztráty tepla vyzářením z jednotky povrchu jsou j .
101. Vzdálenost Merkura od Slunce je $0,387 \text{ AU}$. Vypočtete, jaká je jeho maximální elongace. Dráhu Merkura pokládejte za kruhovou.
102. Vypočtete vzdálenost Jupiter – Mars v okamžiku, kdy je pro pozorovatele na Zemi Jupiter v opozici a Mars v kvadratuře. Střední vzdálenosti od Slunce jsou 1.52 , resp. 5.20 AU .
103. Odhadněte, jakou nejvyšší vzdálenost může mít střed Slunce od těžiště sluneční soustavy. Uvažujte pouze čtyři hmotné vnější planety.

Tabulka:

planeta	a [AU]	m [M_z]	d [10^3 km]
Merkur	0,387	0,055	4,88
Venuše	0,723	0,815	12,1
Země	1,0	1,0	12,8
Mars	1,524	0,107	6,8
Jupiter	5,20	317,9	142,8
Saturn	9,54	95,2	120
Uran	19,2	14,5	50,8
Neptun	30,1	17,2	48,6
(Pluto)	39,3	0,003	3,2
(Slunce)		332 685	$R = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$

104. Uvažujte zmenšený model sluneční soustavy, v němž jsou zachovány poměry velikostí těles a jejich vzdáleností (viz. tabulka předchozí úlohy). Slunce je představováno kulovou žárovkou o průměru 14 cm . Jaké vzdálenosti a velikosti mají v tomto modelu planety? Jaký výkon musí mít žárovka, aby byla dodržena hodnota sluneční konstanty?

$[r \text{ [m]: } 5,8; 10,8; 15,0; 22,8; 77,8; 142, 287, 449, 591; 3,876 \cdot 10^6 \text{ W}]$