

Základy astronomie 1

Příklady ke cvičením

*Sbírka zadání příkladů k předmětu
F1251 Základy astronomie 1*

Václav Glos, Gabriel Szász,
Jan Rokos, Lenka Rokosová,
Jiří Liška, Tereza Klocová,
Jakub Kolář

Obsah

1	Astronomické jednotky	1
2	Astronomické jednotky (pokračování)	2
3	Čas, kalendář, soustavy souřadnic	3
4	Čas, kalendář, soustavy souřadnic (pokračování)	4
5	Objekty Sluneční soustavy	5
6	Objekty Sluneční soustavy (pokračování), paralaxa	6
7	Spektroskopie	7
8	Fotometrie	8
9	Fotometrie (pokračování), dalekohledy	9
10	Gravitační pole, Dopplerův jev	10

1 Astronomické jednotky

- 1.1 Astronomická jednotka (*astronomical unit* – au) je střední vzdáleností Země od Slunce. Její hodnota je 149 597 871 km ($1,5 \cdot 10^8$ km). Spočítejte, jak dlouho světlu trvá, než doletí ze Slunce na Zemi, jestliže znáte rychlost světla ve vakuu 299 792 485 m/s ($3 \cdot 10^8$ m/s),
- 1.2 Světelný rok (*light year* – ly) je vzdálenost, kterou světlo ve vakuu urazí za 1 rok. Jaké vzdálenosti v metrech odpovídá 1 ly? Kolik je to astronomických jednotek?
- 1.3 Jeden parsek (*parsec* – pc) je vzdálenost, ze které vidíme 1 au pod úhlem jedné úhlové vteřiny ($1''$). Kolik je to metrů, astronomických jednotek a světelných roků?
- 1.4 Charakteristiky Slunce se v astrofyzice používají jako základní jednotky, jejich znalost je proto důležitá. Vypočítejte hmotnost Slunce M_{\odot} , jestliže víte jeho poloměr $R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$ m a střední hustotu Slunce $\rho_{\odot} = 1,41 \cdot 10^3$ kg/m³.
- 1.5 Sirius, nejjasnější hvězda naší noční oblohy (suhvězdí Velkého psa), je ve skutečnosti dvojhvězda (perioda oběhu 50,1 roku). Jasnější složka má hmotnost $M_{S1} = 4,02 \cdot 10^{30}$ kg a poloměr $R_{S1} = 1,2528 \cdot 10^9$ m. Méně jasná složka má hmotnost $M_{S2} = 1,95 \cdot 10^{30}$ kg a poloměr $R_{S2} = 5,88 \cdot 10^6$ m.
 - (a) Vyjádřete hmotnost a poloměr v jednotkách Slunce M_{\odot} a R_{\odot} . Co tyto parametry vypovídají o složkách dvojhvězdy?
 - (b) Ve fyzice hvězdných soustav se často používá veličina $q = M_2/M_1$ vyjadřující poměr hmotností složek dvojhvězdy. Spočítejte poměr hmotností q_S složek Siria. Může být tato veličina větší než jedna? Jestli ano, co nám $q > 1$ napovídá o povaze složek?

2 Astronomické jednotky (pokračování)

- 2.1 Spočítejte úhlový průměr Slunce a Měsíce pro pozorovatele na Zemi, jestliže víte: průměr Měsíce je $d_M = 3,476 \cdot 10^6$ m, vzdálenost Měsíce od Země je $r_{MZ} = 3,844 \cdot 10^5$ m, průměr Slunce je $d_\odot = 1,392 \cdot 10^6$ km, vzdálenost Slunce od Země je $r_{ZS} = 1,496 \cdot 10^{11}$ m.
- 2.2 Vypočítejte úhlový průměr hvězdy Proxima Centauri (nejbližší hvězda k Sluneční soustavě), jestliže znáte její průměr $d_{PC} = 214\,600$ km a její vzdálenost $r_{PC} = 4,243$ ly.
- 2.3 DŮ Jak velké by viděli Slunce případní pozorovatelé na planetě Merkur a trpasličí planetě Pluto? Průměr Slunce je $d_\odot = 1,392 \cdot 10^6$ km, střední vzdálenost Merkuru od Slunce je 0,387 au a střední vzdálenost Pluta je 39,5 au. Porovnejte s úhlovým průměrem Slunce pozorovaným ze Země.
- 2.4 Na obloze s omezeným obzorem zahlédnete „padat hvězdu“, za 0,5 s uletí na obloze dráhu odpovídající 13° . Byl to meteor nebo dopravní letadlo? Typická výška letadla je 10 km a rychlost 1 000 km/h. Meteor vidíme ve výšce 85 km a jeho rychlost se pohybuje okolo 40 km/s.
- 2.5 Meteoroid o hmotnosti 10 kg vletí do atmosféry Země a při dopadu na povrch má rychlost 40 km/s. V případě, že po průletu atmosférou mu zbude jen desetina své hmotnosti, jak velkou energii bude mít srážka?
- 2.6 Vzdálenost Galaxie v Andromedě M31 je $r_{M31} = 778$ kpc. Jak dlouho potrvá světlu, než k nám doletí z této galaxie?

3 Čas, kalendář, soustavy souřadnic

- 3.1 Některé astronomické souřadnice se namísto ve stupních vyjadřují v úhlových hodinách. Kolik stupňům odpovídá 12 úhlových hodin? Kolik úhlových minut odpovídá jednomu stupni?
- 3.2 Juliánské datum JD je číslo, které každým dnem roste o jedničku, přičemž zlomková část tohoto čísla značí část dne, jenž uplynula od poledne světového času (12:00:00 UT). Tato časová škála je často používaná v astronomii, zejména pro dlouhodobě děje. Pokud víte, že 1. 1. 2012 v 0:00:00 světového času bylo $JD = 2\,455\,927,5$, spočítejte JD dne 9. 10. 2018 v 16:50 SELČ.
- 3.3 Určete rozdíl místního a pásmového času pro Brno $\lambda_B = 16^\circ 35' 1,8''$ východní délky a taky pro město Aš $\lambda_A = 12^\circ 11' 42''$. Jaký bude rozdíl místních časů v Brně a Aši?
- 3.4 Jaká je maximální a minimální deklinace δ objektu, který může člověk vidět ze severní zeměpisné šířky $\varphi = 50^\circ$? Hvězdy kterých deklinací jsou na tomto místě cirkumpolární?
- 3.5 DŮ Úlohu 3.4 zopakujte pro zeměpisné šířky $\varphi_1 = 2^\circ$ a $\varphi_2 = 80^\circ$.
- 3.6 Jak vysoko nad obzorem se nachází Polárka pro pozorovatele na severní zeměpisné šířce $\varphi = 30^\circ$? Jaký je její azimut?
- 3.7 Jaká je maximální zeměpisná šířka φ , ze které bychom mohli pozorovat souhvězdí Jižní kříž, které má deklinaci $\delta = -63^\circ$?

4 Čas, kalendář, soustavy souřadnic (pokračování)

- 4.1 Jak vysoko nad obzorem je Slunce v pravé poledne v den jarní rovnodennosti, jestliže se nacházíme v Brně ($\varphi = 50^\circ$)? V den rovnodennosti má Slunce nulovou deklinaci.
- 4.2 V kolik hodin vyjde hvězda s rektascenzí $\alpha_1 = 14^{\text{h}}35^{\text{m}}8^{\text{s}}$, pokud víme, že hvězda se stejnou deklinací s rektascenzí $\alpha_2 = 8^{\text{h}}23^{\text{m}}53^{\text{s}}$ vyšla přesně o půlnoci?
- 4.3 Rektascenze hvězdy je $\alpha = 14^{\text{h}}30^{\text{m}}$. Určete její hodinový úhel t ve hvězdném čase $\text{LST} = \Theta = 21:14$.
- 4.4 Určete místní hvězdný čas Θ , pokud znáte hodinový úhel hvězdy $t_* = 50^\circ 13' 48''$ a její rektascenzi $\alpha_* = 13^{\text{h}}20^{\text{m}}30^{\text{s}}$.
- 4.5 Jaký je astronomický azimut Slunce v Brně v pravé poledne?
- 4.6 Jaký je astronomický azimut Slunce při východu a západu v den podzimní rovnodennosti?

5 Objekty Sluneční soustavy

- 5.1 Zakreslete aspekty pro vnitřní a vnější planetu.
- 5.2 Spočítejte maximální elongaci Merkuru a Venuše, pokud víte, že poloměr dráhy Merkuru je 0,387 au a poloměr dráhy Venuše je 0,723 au. Předpokládejte kruhové dráhy.
- 5.3 Vypočítejte vzdálenost Marsu od Země, když je Mars v kvadratuře. Poloměr dráhy Marsu je 1,52 au. Předpokládejte kruhové dráhy.
- 5.4 Vypočítejte synodické oběžné doby Venuše a Marsu pozorované ze Země, jestliže znáte jejich siderické oběžné doby: $P_V = 225$ dní, $P_M = 687$ dní. Využijte vztahu (1), kde S je synodická oběžná doba, P_I je siderická perioda vnitřní planety a P_O je siderická perioda vnější planety.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_I} - \frac{1}{P_O} \quad (1)$$

Odvození vztahu (1) najdete na stránce:

http://astro.unl.edu/naap/ssm/ssm_advanced.html

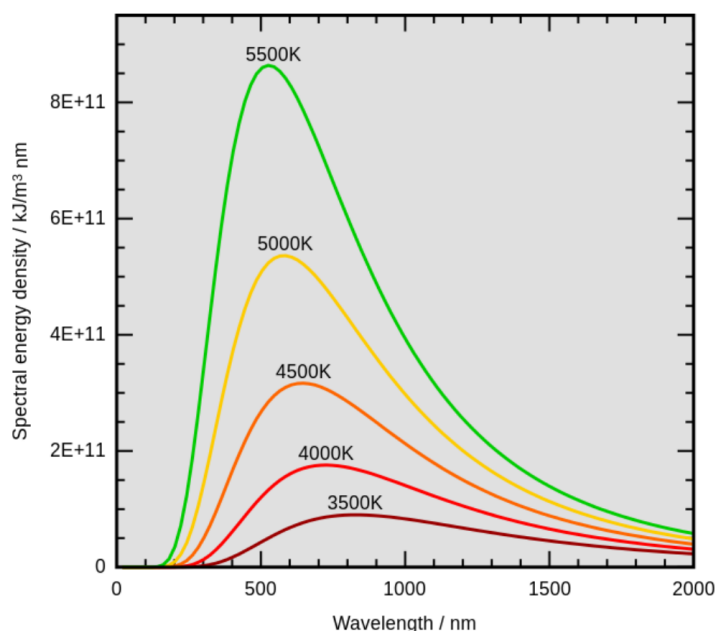
- 5.5 Vypočítejte siderickou oběžnou dobu Jupitera, pokud znáte synodickou oběžnou dobu pozorovanou ze Země $S = 398,88$ dne.
- 5.6 Planetka Hermes obíhá kolem Slunce po dráze s velkou poloosou $a = 1,655$ au a numerickou excentricitou $\varepsilon = 0,624$. Určete skutečnou excentricitu e , její největší a nejmenší vzdálenost od Slunce (r_p a r_a) a délku malé poloosy b .
- 5.7 DŮ Vyjádřete obecně velkou a malou poloosu ze znalosti nejmenší a největší vzdálenosti planetky od Slunce.

6 Objekty Sluneční soustavy (pokračování), paralaxa

- 6.1 Oběžná doba Neptunu je přibližně 165 let. Určete jeho velkou poloosu a .
- 6.2 Callisto a Ganymed jsou dva největší měsíce Jupitera. Vypočítejte hlavní poloosu měsíce Ganymed a_G , jestliže jeho oběžná doba P_G je 7,154 dní. Hlavní poloosa měsíce Callisto a_C je $1,883 \cdot 10^6$ km a jeho oběžná doba P_C je 16,689 dní.
- 6.3 Perioda oběhu měsíce Io okolo Jupiteru P_I je 1,77 dne a jeho velká poloosa a_I je $4,22 \cdot 10^8$ m. Předpokládejme, že hmotnost měsíce Io můžeme vzhledem k hmotnosti Jupitera zanedbat. Vypočítejte hmotnost Jupitera.
- 6.4 Paralaxa hvězdy Proxima Centauri je $0,769''$. Jaká je vzdálenost této hvězdy od Slunce? Určete v parsecích, světelných letech a astronomických jednotkách.
- 6.5 Družice Gaia je schopná rozlišit paralaxu od 20 úhlových mikrovteřin. Pro jakou nejvzdálenější hvězdu je schopna určit vzdálenost? Uveďte v parsecích i světelných letech. Byli bychom schopni určit vzdálenost dostatečně jasné hvězdy i na nejvzdálenějším okraji naší Galaxie? Vzdálenost Slunce od středu Galaxie je přibližně 8 kpc a maximální odhadovaný průměr Galaxie je 60 kpc.

7 Spektroskopie

- 7.1 Spektrální emisní čára neutrálního vodíku, se kterou se v astronomii setkáváme velmi často, má vlnovou délku $\lambda = 21$ cm. Spočítejte frekvenci, energii a hybnost fotonu o této vlnové délce.
- 7.2 Monochromatické světlo dopadá na fotografický film. Jednotlivý foton se zaznamená, pokud má energii alespoň 0,6 eV, která je potřebná k disociaci molekul AgBr obsažených ve filmu. Jaká je maximální vlnová délka fotonu, který můžeme zaznamenat? V jaké oblasti spektra se tento foton nachází?
- 7.3 Při anihilaci elektronu a pozitronu vznikne pár fotonů. Určete vlnovou délku těchto fotonů. Do kterého spektrálního oboru patří? Hmotnost elektronu $m_{e^-} = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.
- 7.4 Maximum energie ve slunečním spektru je na vlnové délce 500 nm. Vypočítejte povrchovou teplotu Slunce pomocí Wienova posunovacího zákona (obr. 1).



Obrázek 1: Wienov posunovací zákon.

- 7.5 Na jaké vlnové délce bude maximum vyzářené energie pro Vega, jejíž povrchová teplota je 9 600 K?
- 7.6 DŮ Příklad 7.5 vypočítejte pro povrchové teploty 3 500 K a 18 000 K. Odhadněte viditelnou barvu těchto hvězd, pokud bychom pozorovali v celé optické oblasti (bez použití filtrů).

8 Fotometrie

- 8.1 Jaký je rozdíl hvězdných velikostí dvou těles, jejichž poměr intenzit $\frac{I_1}{I_2}$ je 10, 100 a 1 000?
- 8.2 Jaký je poměr intenzit $\frac{I_1}{I_2}$ dvou hvězd, jejichž pozorované hvězdné velikosti se liší o 7 magnitud.
- 8.3 Složky okem nerozlišitelné dvojhvězdy mají hvězdné velikosti $m_1 = 1,0$ mag a $m_2 = 2,0$ mag. Jaká je pozorovaná hvězdná velikost dvojhvězdy?
- 8.4 DÚ Úlohu 8.3 zopakujte pro hvězdné velikosti $m_1 = 0,0$ mag a $m_2 = 0,5$ mag.
- 8.5 Spočítejte zářivý výkon Slunce L_{\odot} , jestliže znáte intenzitu slunečního světla pozorovanou na Zemi $I_{\odot Z} = 1\,360\text{ W}^2/\text{m}$
- 8.6 Odvoďte rovnici modulu vzdálenosti.

9 Fotometrie (pokračování), dalekohledy

- 9.1 Spočítejte absolutní hvězdnou velikost Slunce. Pozorovaná hvězdná velikost Slunce ze Země je $m_{\odot} = -26,74$ mag.
- 9.2 Hvězda 18 Scorpii je jedno z „dvojčat“ našeho Slunce (má podobnou hmotnost, poloměr, teplotu i chemické složení). Jeho pozorovaná hvězdná velikost je $m_{18\text{Sco}} = 5,5$ mag. Jak je tato hvězda vzdálená, pokud budeme předpokládat, že má stejnou absolutní hvězdnou velikost, jako naše Slunce?
- 9.3 Máme dalekohled Sky Watcher 254/1200. První číslo značí průměr objektivu v milimetrech a druhé číslo značí ohniskovou vzdálenost dalekohledu v milimetrech. Vypočítejte jeho maximální rozlišovací schopnost v zelené barvě v úhlových vteřinách. Využijeme maximální rozlišovací schopnost, pokud budeme pozorovat při seeingu $2''$?
- 9.4 Jakého zvětšení a zorného pole dosáhneme s okulárem s ohniskovou vzdáleností 12 mm a vlastním zorným polem 50° při použití na dalekohledu Sky Watcher 190/1000. Jaké zvětšení a zorné pole bude dávat stejný okulár v dalekohledu Celestron SCT 355/3910? Zorné pole uveďte v úhlových minutách.
- 9.5 Spočítejte rozlišovací schopnost radioteleskopu Arecibo v Puerto Ricu na frekvenci čáry neutrálního vodíku 1,42 GHz, pokud znáte průměr antény 305 m.

10 Gravitační pole, Dopplerův jev

- 10.1 Neutronová hvězda má hmotnost přibližně $1,5 M_{\odot}$ a poloměr 10 km. Jaké gravitační zrychlení je na povrchu hvězdy? Za jaký čas a jakou rychlostí dopadne předmět padající z výšky 1 m? Vzhledem k malé výšce předmětu můžete gravitační pole považovat za homogenní.
- 10.2 Vypočítejte oběžnou kruhovou rychlost kolem Země ve výšce 400 km.
- 10.3 Vypočítejte parametry dráhy geostacionární družice.
- 10.4 Vypočítejte únikovou rychlost z povrchu Země. Dále spočítejte únikovou rychlost ze Sluneční soustavy, pokud vyrážíme ze Země. Hmotnost Země $M_Z = 6 \cdot 10^{24}$ kg a hmotnost Slunce $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ kg.
- 10.5 Při analýze spektra hvězdy zjistíme, že čáru $H\alpha$, která se obvykle nachází na vlnové délce 656,297 nm, pozorujeme na vlnové délce 656,666 nm. S jakou rychlostí a jakým směrem se vůči nám hvězda pohybuje?
- 10.6 Jak by se změnila situace v příkladu 10.5, pokud bychom naměřili pro stejnou spektrální čáru vlnovou délku 656,281 nm?