

# 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



# 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. Vypočítejte hmotnost Slunce  $M_{\odot}$ , jestliže víte, že jeho poloměr  $R_{\odot}$  je  $6,96 \cdot 10^8$  m a střední hustota Slunce  $\rho_{\odot}$  je  $1,41 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.
- 1.5 Sirius, nejjasnější hvězda naší noční oblohy (suhvězdí Velkého psa), je ve skutečnosti dvojhvězda (perioda 50,1 roků). 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  $R_{\odot}$ .
  - (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 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  $13^\circ$ . 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 zůstane jen desetina své hmotnosti, jak velkou energii bude mít srážka? Dále převedte energii na ekvivalent kilogramů TNT, jestliže víte, že energie výbuchu TNT je 4,2 MJ/kg. (Hirošima měla 15 kT TNT, kolikrát hmotnější by musel být meteoroid aby měla srážka stejnou energii?)
- 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 Určete rozdíl místního a pásmového času pro Brno (Monte Boo)  $\lambda_{\text{MB}} = 16^\circ 35' 1,8''$  východní délky a taky pro město Aš  $\lambda_{\text{A}} = 12^\circ 11' 42''$ . Jaký bude rozdíl místních časů v Brně a Aši?
- 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 používána v astronomii, zejména pro dlouhodobě děje. Pokud víte, že 1. 1. 2012 v 0:00:00 světového času bylo  $\text{JD} = 2\,455\,927,5$ , spočítejte JD dne 9. 10. 2018 v 16:50 SELČ.
- 3.3 Některé astronomické souřadnice se namísto ve stupních vyjadřují v hodinách. Kolika stupňům odpovídá 12 hodin? Kolik minut odpovídá jednomu stupni?
- 3.4 Jaká je maximální a minimální deklinace  $\delta$  objektu, který může člověk vidět ze severní zeměpisné šířky  $\varphi = 50^\circ$ ?
- 3.5 Jak vysoko nad obzorem se nachází Polárka pro pozorovatele na severní šířce  $\varphi = 30^\circ$ ?
- 3.6 Jaká je maximální zeměpisná šířka  $\varphi$ , 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  $t$  v hvězdném čase  $\text{LST} = \Theta = 21^{\text{h}} 14^{\text{m}}$ .
- 4.4 Určete místní hvězdný čas  $\Theta$ , 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 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.
- 5.2 Vypočítejte vzdálenost Marsu od Země, když je Mars v kvadratuře. Poloměr dráhy Marsu je 1,52 au. Předpokládejte kruhové dráhy.
- 5.3 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](http://astro.unl.edu/naap/ssm/ssm_advanced.html)

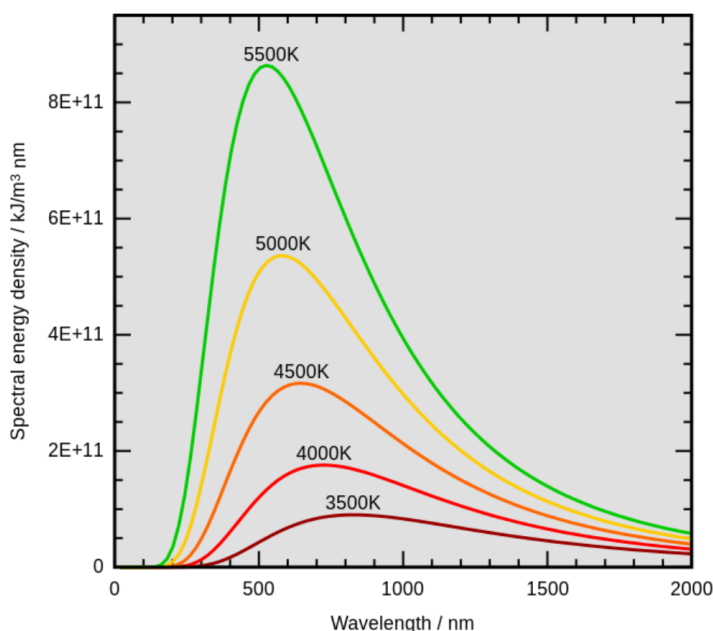
- 5.4 Vypočítejte siderickou oběžnou dobu Jupitera, pokud znáte synodickou oběžnou dobu pozorovanou ze Země  $S = 398,88$  dne.
- 5.5 Planetka Hermes obíhá kolem Slunce po dráze s velkou poloosou  $a = 1,655$  au a numerickou excentricitou  $\varepsilon = 0,624$ . Určete skutečnou excentricitu  $e$ ,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

## 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 v 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?

## 8 Fotometrie

- 8.1 Jaký je rozdíl hvězdných velikostí dvou těles, jejichž poměr intenzit  $\frac{I_1}{I_2}$  je 1, 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 Spočítejte zářivý výkon Slunce  $L_{\odot}$ , jestliže znáte intenzitu slunečního světla pozorovanou na Zemi  $I_{\odot Z} = 1\,360\text{ W/m}^2$
- 8.5 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 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  $50^\circ$  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 vyrazíme 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?