

2. ZÁKLADY ORIENTACE NA ZEMI A VE VESMÍRU

2.1 ORIENTACE NA ZEMI

2.1.1 Vztah pravoúhlých a sférických souřadnic

- prostorová souřadnicová soustava – počátek, základní směr, základní rovina
- pravoúhlá soustava souřadnic

Obr. 4.1a/68

- souřadnice polární

Obr. 4.1b/69

2.1.2 Zeměpisné souřadnice

Obr. 4.2/70

- **severní a jižní pól** – průsečíky osy zemské rotace se zemskou koulí
- **zemský rovník** – průsečnice roviny, proložené středem zeměkoule kolmo na osu rotace, se zemskou koulí
- **zeměpisná šířka** – úhel φ , který svírá normála daného místa s rovinou rovníku (0-90° - s.š. a j.š.)
- **rovnoběžka** – spojnice bodů na zemské kouli se stejnou hodnotou zeměpisné šířky
- délka rovnoběžky $d_\varphi = 2\pi r_Z \cos \varphi$
- **poledník** – průsečnice roviny proložené osou zemské rotace se zemskou koulí
- **místní poledník** – poledník procházející daným místem
- **základní (nultý) poledník** – poledník procházející zvoleným základním bodem (Greenwiche)
- **zeměpisná délka** – úhel λ , který svírá rovina poledníku daného místa s rovinou základního (nultého) poledníku (0-180° - z.d. a v.d.)
- vzdálenost dvou poledníků: $d = 2\pi r_Z \cos \varphi / 360$ (max. na rovníku, nulová na pólech)
- **zeměpisné souřadnice** (φ, λ) x **zeměpisná síť** (rovnoběžky, poledníky)

2.2 ORIENTACE NA OBLOZE

2.2.1 Nebeská sféra, zdánlivá nebeská klenba a důsledky jejího vjemu

Obr. 4.3/72

- **nebeská sféra** – myšlená kulová plocha o značně velkém poloměru, na kterou se promítají jednotlivá vesmírná tělesa
- **zenit** (nadhlavník) Z a **nadir** (podnožník) N – průsečíky svislé přímky vedené místem pozorovatel s nebeskou sférou
- **světový rovník** - průsečnice roviny zemského rovníku s nebeskou sférou
- **světové póly** (severní P_{SS} , jižní P_{SJ}) – průsečíky zemské osy s nebeskou sférou
- **obzor** – průsečnice nebeské sféry s vodorovnou rovinou proloženou místem pozorovatele (obzor matematický)
- **meridián** (místní nebeský poledník) – průsečnice roviny proložené místem pozorovatele, Z, A, P_{SS} a P_{SJ}

Obr. 4.4/73

- **zdánlivá nebeská klenba** – plocha kulového vrchlíku
- zkreslení polohy (**tělesa vidíme blíže k zenitu**) a velikosti (**tělesa zvětšují svoji úhlovou velikost s přibližováním k obzoru**) pozorovaných objektů

2.2.2 Astronomické souřadnice

- sférické souřadnicové soustavy používané pro orientaci na nebeské sféře

2.2.2.1 Souřadnice obzorníkové

Obr. 4.5/74

- základní rovina - obzor
- výšková kružnice – průsečnice nebeské sféry s rovinou proloženou hvězdou kolmo na obzor

- **výška hvězdy nad obzorem h** – úhlová vzdálenost hvězdy od obzoru (měřená po výškové kružnici od obzoru); $+90^\circ$ v zenitu, -90° v nadíru
- zenitová vzdálenost $z = 90^\circ - h$
- **azimut A** – úhel mezi rovinou meridiánu a rovinou výškové kružnice hvězdy; $0-360^\circ$ (měří se od jižního bodu obzoru ve směru zdánlivého otáčení oblohy)
- souřadnice h a A jsou proměnlivé s časem a místem pozorování

2.2.2.1 Souřadnice rovníkové

Obr. 4.675

- základní rovina - světový rovník
- deklinační kružnice - průsečnice nebeské sféry s rovinou proloženou hvězdou kolmo na světový rovník
- **deklinace δ** – úhlová vzdálenost hvězdy od světového rovníku (měřená po deklinační kružnici hvězdy); $+90^\circ$ v severním světovém a -90° v jižním světovém pólu
- pólová vzdálenost $p = 180^\circ - \delta$
- **hodinový úhel t** – úhel mezi rovinou meridiánu a rovinou deklinační kružnice hvězdy (měřen od roviny meridiánu ve směru zdánlivého otáčení oblohy – $0-24^h$ nebo $0-360^\circ$)
- souřadnice δ a t – proměnlivé s časem pozorování
- **ekliptika** – průmět roviny oběhu Země kolem Slunce na nebeskou sféru
- **jarní a podzimní bod** – průsečíky ekliptiky se světovým rovníkem
- kolur rovnodennosti – deklinační kružnice jarního bodu
- **rektascenze α** – úhel mezi rovinou koluru rovnodennosti a rovinou deklinační kružnice hvězdy (měřený od jarního bodu proti zdánlivému otáčení oblohy – $0-24^h$ nebo $0-360^\circ$)

2.2.3 Místopis oblohy

Obr. 4.9/78

- souhvězdí – původně skupiny hvězd, dnes i určitá oblast na obloze
- souhvězdí podle polohy: severního nebe, rovníková, jižního nebe
- souhvězdí podle pozorovatelnosti: obtočná (cirkumpolární), vycházející a zapadající, nepozorovatelná
- souhvězdí ekliptikální
- značení hvězd – řecká abeceda ($\alpha, \beta \dots$) popř. čísla + název souhvězdí

2.3 VÝPOČTY VE SFÉRICKÉ ASTRONOMII

2.3.1 Výška světového pólu nad obzorem

- je rovna zeměpisné šířce místa pozorovatele

Obr. 4.10/79

2.3.2 Řešení sférického trojúhelníka

Obr. 4.11/80

- **sférický trojúhelník** – tři body na povrchu koule spojené třemi hlavními kružnicemi
- hlavní kružnice – střed ve středu koule, poloměr rovný poloměru koule (např. poledníky a rovník na globusu)
- strany (oblouky hlavních kružnic) a úhly sférického trojúhelníka
- klíčové vztahy pro řešení: viz učebnice s. 80-81

2.3.3 Aplikace sférického trojúhelníka

2.3.3.1 Výpočet vzdáleností na Zemi

- výpočet vzdáleností dvou míst na rovníku

$$d = r_Z (\lambda_B - \lambda_A) / \rho$$
kde $\rho = 180^\circ / \pi = 57,296$ je převodní modul míry stupňové na obloukovou
- výpočet vzdáleností dvou míst na stejném poledníku

$$d = r_Z (\varphi_B - \varphi_A) / \rho$$

Obr. 12.12/260

- **ortodroma** – nejkratší spojnice dvou bodů na referenční kouli (kratší oblouk hlavní kružnice)
kosinová věta pro stranu c:
 $\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos \gamma$
 $\cos c = \cos (90^\circ - \varphi_B) \cos (90^\circ - \varphi_A) + \sin (90^\circ - \varphi_B) \sin (90^\circ - \varphi_A) \cos (\lambda_B - \lambda_A)$
 $d = r_Z c / \rho$
- **loxodroma** – čára na povrchu referenční koule protínající všechny poledníky v konstantním azimutu
A – vztahy pro výpočet: učebnice s. 261
- ortodroma je obecně kratší než loxodroma

2.3.3.2 Transformace souřadnic

Obr. 4.12a/82

- nautický trojúhelník a jeho prvky
 - převodní vztahy rovníková \rightarrow obzorníková soustava
- Kosinová věta: $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$ (1)
Sinová věta: $\cos h \sin A = \cos \delta \sin t$ (2)
Sinus-kosinová věta: $\cos h \cos A = -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t$ (3)
- převodní vztahy obzorníková \rightarrow rovníková soustava

2.3.4 Výpočet délky denního oblouku tělesa nad obzorem

- pro východ (západ) tělesa je jeho $h = 0^\circ$ a počítá se t v okamžiku západu nebo východu
- do vztahu (1) se dosadí $h = 0^\circ$, takže
 $0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$
 $\cos t = -\text{tg } \varphi \text{ tg } \delta$ (4)
hodinový úhel t udává polovinu denního oblouku tělesa na obloze

2.3.5 Určení azimutů západů a východů nebeských těles

- vyjde se ze vztahů (3), (4) a z $h = 0^\circ$
 $\cos A = -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t$
- po dosazení na $\cos t$ ze vztahu (4)
 $\cos A = -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta (-\sin \varphi \sin \delta / \cos \varphi \cos \delta)$
 $\cos A = -\sin \delta / \cos \varphi$
- tímto výpočtem se dostane azimut západu tělesa A_Z (0-180°)
- azimut východu $A_V = 360^\circ - A_Z$

2.4 ASTRONOMICKÉ METODY STANOVENÍ ZEMĚPISNÝCH SOUŘADNIC

- geodetické
- astronomické

2.4.1 Stanovení zeměpisné šířky řešením nautického trojúhelníka

- ze znalosti alespoň tří prvků lze počítat další
- pro stanovení φ je třeba měřit dvě: z, A, t (δ tabelována)

2.4.2 Stanovení zeměpisné šířky měřením zenitových vzdáleností hvězd v okamžiku jejich kulminace

- měření zenitové vzdálenosti téže hvězdy při její horní a dolní kulminaci
 $\varphi = 1/2 (h_1 + h_2)$
 $\varphi = 90^\circ - 1/2 (z_1 + z_2)$

Obr. 4.13a/87

- měření zenitové vzdálenosti hvězdy při horní kulminaci na sever od zenitu

$$\varphi = \delta - z$$

Obr. 4.13b/87

- měření zenitové vzdálenosti hvězdy při horní kulminaci na jih od zenitu

$$\varphi = \delta + z$$

Obr. 4.13c/87

- měření polohy hvězdy v dolní kulminaci

$$\varphi = 90^\circ - \delta + h$$

$$\varphi = 180^\circ - (\delta + z)$$

Obr. 4.13d/87

- měření zenitových vzdáleností při kulminaci dvou různých hvězd v přibližně stejných vzdálenostech od zenitu

$$\varphi = \delta_2 + z_2, \varphi = \delta_1 - z_1$$

$$\varphi = 1/2 (\delta_1 + \delta_2) + 1/2 (z_2 - z_1)$$

Obr. 4.13e/87

2.4.3 Stanovení zeměpisné šířky z polední výšky Slunce

Obr. 4.13f/87

$$\varphi = 90^\circ - h_{\text{SHK}} + \delta_s$$

2.4.4 Stanovení zeměpisné délky z rozdílu místních časů

- zeměpisné délky dvou míst se liší o tolik, o kolik se liší jejich místní časy ($1 \text{ h} = 15^\circ$)

2.4.5 Stanovení zeměpisných souřadnic metodou korespondujících výšek

- orientační metoda pro stanovení $\varphi - z$ měření výšek hvězdy a odpovídajících časů se má zjistit čas a výška hvězdy v okamžiku kulminace

2.5 REFRAKCE A ZESLABOVÁNÍ SVĚTELNÝCH PAPRSKŮ V ZEMSKÉ ATMOSFÉŘE

- mihotání hvězd

2.5.1 Atmosférická refrakce

Obr. 4.14/90 a 4.15/91

- lom světla:

$$\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = n_2 / n_1$$

α_1 - úhel dopadu, α_2 - úhel lomu, n_1, n_2 - indexy lomu

- **atmosférická refrakce** – světelný paprsek se při průchodu atmosférou zakřivuje
- refrakce R ($R = 0^\circ$ v zenitu a $R = 35'$ v rovině obzoru) zmenšuje měřenou zenitovou vzdálenost hvězdy a zvětšuje měřenou výšku hvězdy
- refrakce závisí na teplotě a tlaku vzduchu

- **důsledky refrakce:**

a) zploštění Slunce a Měsíce při obzoru

průměr Slunce $32'$, pro $h = 32'$ je $R = 30'$

b) ovlivnění doby západu a východu

vesmírná tělesa vidíme nad obzorem v době, kdy jsou ve skutečnosti pod ním

c) poslední zelený paprsek

různé vlnové délky jsou refrakcí různě ovlivněny

2.5.2 Atmosférická extinkce

Tab. 4.2/94