

Cvičení č. 7

SOUMRAKOVÉ JEVY

- a) Vypočtete trvání ranního a večerního občanského a astronomického soumraku vždy pro n-tý den měsíců března, června, září a prosince v zeměpisné šířce $\varphi = 50^\circ$ s. š.
- b) Stanovte trvání celonočního astronomického soumraku pro zeměpisné šířky 0° , $23,5^\circ$, 50° , $66,5^\circ$ a 90° s. š.
- c) Stanovte zeměpisné šířky na severní polokouli, v nichž se vyskytují bílé noci v n-tém dni měsíců března, června, září a prosince.
- d) Stanovte období, v němž se vyskytují bílé noci na 70° , 80° a 90° s. š.

Soumrak je jev, kdy je hvězdná výška Slunce sice záporná, ale Slunce je nehluboko pod obzorem, takže část slunečních paprsků ještě (resp. již) osvětluje oblohu v místě pozorovatele, a proto ještě (resp. již) není pravá noc.

Rozlišuje se ranní soumrak, který trvá od svého začátku do východu Slunce a večerní soumrak, který nastává po západu Slunce a trvá do doby, než Slunce opět klesne do určité výšky pod obzor. Podle velikosti této výšky se rozlišují tři druhy soumraku, které mají hranice určeny konvencí:

Občanský soumrak: $h_{\odot} = \langle -6^\circ; -0^\circ51' \rangle$
Nautický soumrak: $h_{\odot} = \langle -12^\circ; -0^\circ51' \rangle$
Astronomický soumrak $h_{\odot} = \langle -18^\circ; -0^\circ51' \rangle$

Ranní a večerní soumrak nastávající během jedné noci není stejně dlouhý, neboť se stále mění deklinace, rozdíl v jeho trvání však není velký.

Začátek i konec ranního a večerního soumraku se odvozuje od **pravého poledne**:

$$t_z = 12 - E - t_0$$

$t_k = 12 - E + t_0$, kde $E = T - T_v$ se určí z časové rovnice a t_0 je příslušný časový úsek (hodinový úhel) k začátku nebo konci soumraku (za $12 - E$ se dosadí hodnota pravého poledne).

t_0 se vypočítá z kosinové věty:

$$\cos t_0 = \frac{\sin h_{\odot} - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}, \quad (*)$$

kde $\varphi = 50^\circ$ s. š., δ závisí na zvoleném dni (zjistí se z hvězdářské ročenky) a za h_{\odot} se dosadí příslušná hodnota reprezentující začátek či konec soumrakového jevu:

$h_{\odot} = -0^\circ51'$ pro východ či západ Slunce, -6° pro začátek či konec občanského soumraku a -18° pro začátek či konec soumraku astronomického.

Příklad: Začátek, konec a délka trvání občanského a astronomického soumraku v zeměpisné šířce 50° s. š. dne 7.2.:

$\delta = -15^\circ31'$, $E = -14 \text{ min } 5 \text{ s}$ (pravé poledne nastává ve 12 h 14 min 5 s).

Výpočet t_0 pro $h_{\odot} = -0^{\circ}51'$:

$$\cos t_0 (-0^{\circ}51') = \frac{\sin (-0^{\circ}51') - \sin 50^{\circ} \cdot \sin (-15^{\circ}31')}{\cos 50^{\circ} \cdot \cos (-15^{\circ}31')} = \frac{-0,01483 - 0,76604 \cdot (-0,26751)}{0,64278 \cdot 0,96355}$$

$$\cos t_0 (-0^{\circ}51') = 0,30692; t_0 = 72,126^{\circ} = 4 \text{ h } 48 \text{ min } 30 \text{ s.}$$

$$t_z = 12 \text{ h} - E - t_0 = 12 \text{ h } 14 \text{ min } 5 \text{ s} - 4 \text{ h } 48 \text{ min } 30 \text{ s} = 7 \text{ h } 25 \text{ min } 35 \text{ s.}$$

$$t_k = 12 \text{ h} - E + t_0 = 12 \text{ h } 14 \text{ min } 5 \text{ s} + 4 \text{ h } 48 \text{ min } 30 \text{ s} = 17 \text{ h } 02 \text{ min } 35 \text{ s.}$$

t_z - východ Slunce, t_k - západ Slunce.

Výpočet t_0 pro $h_{\odot} = -6^{\circ}$:

$$\cos t_0 (-6^{\circ}) = \frac{\sin (-6^{\circ}) - \sin 50^{\circ} \cdot \sin (-15^{\circ}31')}{\cos 50^{\circ} \cdot \cos (-15^{\circ}31')} = \frac{-0,10452 - 0,76604 \cdot (-0,26751)}{0,64278 \cdot 0,96355}$$

$$\cos t_0 (-6^{\circ}) = 0,16211; t_0 = 80,671^{\circ} = 5 \text{ h } 22 \text{ min } 41 \text{ s.}$$

$$t_z = 12 \text{ h} - E - t_0 = 12 \text{ h } 14 \text{ min } 5 \text{ s} - 5 \text{ h } 22 \text{ min } 41 \text{ s} = 6 \text{ h } 51 \text{ min } 24 \text{ s.}$$

$$t_k = 12 \text{ h} - E + t_0 = 12 \text{ h } 14 \text{ min } 5 \text{ s} + 5 \text{ h } 22 \text{ min } 41 \text{ s} = 17 \text{ h } 36 \text{ min } 46 \text{ s.}$$

t_z - začátek ranního občanského soumraku, t_k - doba ukončení večerního občanského soumraku.

Délka trvání občanského soumraku: 17 h 36 min 46 s - 17 h 02 min 35 s = 34 min 11 s.

Výpočet t_0 pro $h_{\odot} = -18^{\circ}$:

$$\cos t_0 (-18^{\circ}) = \frac{\sin (-18^{\circ}) - \sin 50^{\circ} \cdot \sin (-15^{\circ}31')}{\cos 50^{\circ} \cdot \cos (-15^{\circ}31')} = \frac{-0,30902 - 0,76604 \cdot (-0,26751)}{0,64278 \cdot 0,96355}$$

$$\cos t_0 (-18^{\circ}) = -0,16807; t_0 = 99,676^{\circ} = 6 \text{ h } 38 \text{ min } 42 \text{ s.}$$

$$t_z = 12 \text{ h} - E - t_0 = 12 \text{ h } 14 \text{ min } 5 \text{ s} - 6 \text{ h } 38 \text{ min } 42 \text{ s} = 5 \text{ h } 35 \text{ min } 23 \text{ s.}$$

$$t_k = 12 \text{ h} - E + t_0 = 12 \text{ h } 14 \text{ min } 5 \text{ s} + 6 \text{ h } 38 \text{ min } 42 \text{ s} = 18 \text{ h } 52 \text{ min } 47 \text{ s.}$$

t_z - začátek ranního astronomického soumraku, t_k - doba ukončení večerního astronomického soumraku.

Délka trvání astronomického soumraku: 18 h 52 min 47 s - 17 h 02 min 35 s = 1 h 50 min 12 s.

V případě, že v rovnici (*) vyjde $\cos t_0 \notin \langle -1; 1 \rangle$ a pro t_0 tedy neexistuje řešení, znamená to, že v daný den Slunce nezapadne pod příslušnou hodnotu h_{\odot} pod obzor a nastává tzv. celonoční (u nás pouze astronomický) soumrak, jehož začátkem je západ Slunce a koncem až východ Slunce; nemá proto u něho smysl rozlišovat soumrak ranní a večerní, ale dá se stanovit jeho délka odpovídající trvání celé noci.

Tabulka č. 1

b) **Celonoční astronomický soumrak** se na určitém místě v průběhu roku vyskytne, pokud platí nerovnost:

$$\begin{aligned} -18^\circ < h_{\odot DK} < -0^\circ 51' \\ -18^\circ < -90^\circ + \varphi + \delta < -0^\circ 51' \\ 72^\circ - \varphi < \delta < 89^\circ 09' - \varphi \end{aligned}$$

Příklad pro 75° s. š.:

$$\begin{aligned} 72^\circ - 75^\circ < \delta < 89^\circ 09' - 75^\circ \\ -3^\circ < \delta < 14^\circ 09' \end{aligned} \quad , \text{ což nastává podle hvězdářské ročenky v obdobích} \\ 14.3. - 28.4. \text{ a } 16.8. - 1.10.$$

Tabulka č. 2

c) **Bílá noc (celonoční občanský soumrak)** se určitém místě v průběhu roku vyskytne, pokud platí nerovnost:

$$\begin{aligned} -6^\circ < h_{\odot DK} < -0^\circ 51' \\ -6^\circ < -90^\circ + \varphi + \delta < -0^\circ 51' \\ 84^\circ - \delta < \varphi < 89^\circ 09' - \delta \end{aligned}$$

Příklad pro $7.4.$:

$$\delta = +6^\circ 35'$$

$$\begin{aligned} 84^\circ - 6^\circ 35' < \varphi < 89^\circ 09' - 6^\circ 35' \\ 77^\circ 25' \text{ s. š.} < \varphi < 82^\circ 34' \text{ s. š.} \end{aligned}$$

V některých obdobích roku se tento jev na severní polokouli nevyskytuje.

Tabulka č. 3

d) viz b) a c)

Celonoční občanský soumrak se na určitém místě v průběhu roku vyskytne, pokud platí nerovnost:

$$\begin{aligned} -6^\circ < h_{\odot DK} < -0^\circ 51' \\ -6^\circ < -90^\circ + \varphi + \delta < -0^\circ 51' \\ 84^\circ - \varphi < \delta < 89^\circ 09' - \varphi \end{aligned}$$

Příklad pro 75° s. š.:

$$\begin{aligned} 84^\circ - 75^\circ < \delta < 89^\circ 09' - 75^\circ \\ 9^\circ < \delta < 14^\circ 09' \end{aligned} \quad , \text{ což nastává podle hvězdářské ročenky v obdobích} \\ 14.4. - 28.4. \text{ a } 16.8. - 31.8.$$

Tabulka č. 4

Závěr, seznam symbolů, literatura