

WERNER E. CELNIK
HERMANN-MICHAEL HAHN

Astronomie krok za krokem

NÁVOD
K ÚSPĚŠNÉMU
POZOROVÁNÍ
OBLOHY

*S předpovědí nejkrásnějších
nebeských úkazů*

NAVÍC:
ATLAS
HVĚZDNÉ
OBLOHY



Nejdůležitější měsíční útvary

Č.	Latinský název	Český název	Č.	Latinský název	Český název
1	Mare Frigoris	Moře mrazu	11	Mare Nubium	Moře oblaků
2	Mare Imbrium	Moře dešťů	12	Mare Humorum	Moře vláh
3	Mare Serenitatis	Moře jasu	13	Mare Cognitum	Moře poznání
4	Mare Vaporum	Moře par	14	Oceanus Procellarum	Oceán bouří
5	Mare Tranquillitatis	Moře klidu	15	Sinus Iridum	Záliv duhy
6	Mare Crisium	Moře nepokojů	16	Tycho	kráter Tycho
7	Mare Undarum	Moře vln	17	Copernicus	kráter Copernicus
8	Mare Spumans	Moře zpěněné	18	Plato	kráter Plato
9	Mare Fecunditatis	Moře plodnosti	19	Aristarchus	kráter Aristarchos
10	Mare Nectaris	Moře nektaru	20	Grimaldi	kráter Grimaldi



NEBESKÉ ÚKAZY 2023–2030

2023

11. 4.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
4. 6.	Venuše v největší východní elongaci (večerní obloha)
27. 8.	Saturn v opozici
19. 9.	Neptun v opozici
22. 9.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
23. 10.	Venuše v největší západní elongaci (ranní obloha)
28. 10.	částečné zatmění Měsíce
3. 11.	Jupiter v opozici
13. 11.	Uran v opozici

2024

24. 3.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
5. 9.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
8. 9.	Saturn v opozici
18. 9.	částečné zatmění Měsíce
21. 9.	Neptun v opozici
17. 11.	Uran v opozici
7. 12.	Jupiter v opozici

2025

10. 1.	Venuše v největší východní elongaci (večerní obloha)
16. 1.	Mars v opozici
8. 3.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
14. 3.	částečné zatmění Měsíce
29. 3.	částečné zatmění Slunce
1. 6.	Venuše v největší západní elongaci (ranní obloha)
19. 8.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
7. 9.	úplné zatmění Měsíce
21. 9.	Saturn v opozici
23. 9.	Neptun v opozici
21. 11.	Uran v opozici

2026

10. 1.	Jupiter v opozici
19. 2.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
15. 6.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
2. 8.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
12. 8.	částečné zatmění Slunce
15. 8.	Venuše v největší východní elongaci (večerní obloha)
28. 8.	částečné zatmění Měsíce
26. 9.	Neptun v opozici
4. 10.	Saturn v opozici
20. 11.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
25. 11.	Uran v opozici

2027

3. 1.	Venuše v největší západní elongaci (ranní obloha)
3. 2.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
11. 2.	Jupiter v opozici
19. 2.	Mars v opozici
28. 5.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
2. 8.	částečné zatmění Slunce
28. 9.	Neptun v opozici
18. 10.	Saturn v opozici
4. 11.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
30. 11.	Uran v opozici

2028

12. 3.	Jupiter v opozici
22. 3.	Venuše v největší východní elongaci (večerní obloha)
9. 5.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
10. 8.	Venuše v největší západní elongaci (ranní obloha)
30. 9.	Neptun v opozici
17. 10.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
30. 10.	Saturn v opozici
3. 12.	Uran v opozici

2029

25. 3.	Mars v opozici
12. 4.	Jupiter v opozici
21. 4.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
1. 10.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
2. 10.	Neptun v opozici
27. 10.	Venuše v největší východní elongaci (večerní obloha)
13. 11.	Saturn v opozici
8. 12.	Uran v opozici
20. 12.	úplné zatmění Měsíce

2030

22. 1.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
18. 3.	Venuše v největší západní elongaci (ranní obloha)
4. 4.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
13. 5.	Jupiter v opozici
21. 5.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
1. 6.	částečné zatmění Slunce
15. 6.	částečné zatmění Měsíce
2. 8.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
15. 9.	Merkur v největší západní elongaci (ranní obloha)
5. 10.	Neptun v opozici
26. 11.	Merkur v největší východní elongaci (večerní obloha)
27. 11.	Saturn v opozici
12. 12.	Uran v opozici

WERNER E. CELNIK
HERMANN-MICHAEL HAHN

Astronomie krok za krokem

NÁVOD
K ÚSPĚŠNÉMU
POZOROVÁNÍ
OBLOHY

*S předpovědí nejkrásnějších
nebeských úkazů*



Obsah

4 ASTRONOMIE – VAŠE NOVÉ HOBBY

.....

6 ASTRONOMIE VE DNE

- 8 Fenomény všedního dne
- 22 Dříve než se úplně setmí

26 ASTRONOMIE V NOCI

- 28 Pozorování pouhým okem
- 40 Planety a malá tělesa Sluneční soustavy

.....

58 STRUČNÁ NAUKA O DALEKOHLEDECH

- 60 Triedry a dalekohledy
- 72 Astronomická montáž

.....

84 OBJEKTY SLUNEČNÍ SOUSTAVY

- 86 Měsíc – náš vesmírný soused
- 92 Pozorování Slunce
- 102 Pozorování planet

.....

134 HVĚZDY, MLHOVINY A GALAXIE

- 136 Hvězdy – majáky ve vesmíru
- 152 Od Mléčné dráhy ke vzdáleným galaxiím



172 PRAKTICKÁ ASTROFOTOGRAFIE

- 174 Nezbytná výbava
- 177 Snímky statickým
fotoaparátem
- 181 Snímky naváděným
fotoaparátem
- 185 Snímky pomocí dalekohledu
- 190 Digitální úprava snímků
- 193 Fotografování planet: výbava
- 198 Fotografování planet: snímky
- 205 Fotografování planet:
zpracování snímků

210 PŘÍLOHA

- 210 Pozorovací deník
- 212 Atlas hvězdné oblohy
- 218 Tipy na další čtení
a užitečné adresy
- 220 Rejstřík
- 223 Zdroje fotografií

ASTRONOMIE – VAŠE NOVÉ HOBBY

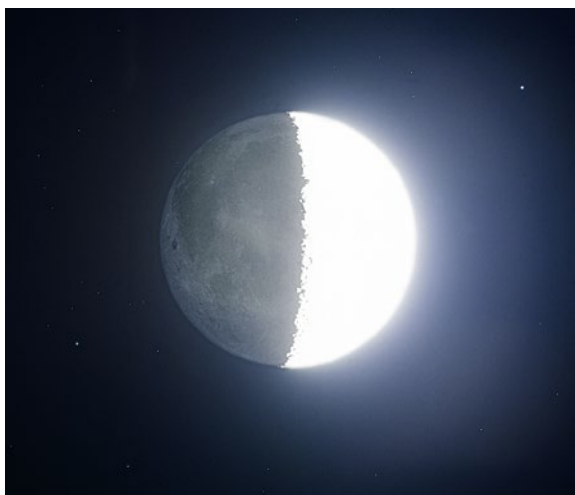
Vlahá letní noc pod zářící hvězdnou oblohou, návštěva planetária nebo hvězdárny – nejen to v nás může rychle zažehnout touhu prozkoumat vlastníma očima zázraky vesmíru. A objevit toho v něm můžeme mnohem více, než bychom vůbec tušili!

Astronomie je skvělé hobby. My, oba autoři této knihy, jsme jako přírodovědci zvyklí přistupovat k přírodním jevům věcně, střízlivě a s vědeckou pečlivostí, sbírat k nim veškeré dostupné informace, ukládat je ve formě dat a ta následně zkoumat. Přesto nás dodnes neopustila fascinace astronomií jakožto nejstarším ze všech vědních oborů. Také ve svém volném čase se věnujeme zázrakům vesmíru, které častokrát můžeme zažít na noční obloze při pozorování pouhým okem, dalekohledem nebo prostřednictvím hledáčku či displeje fotoaparátu.

Mnoho nebeských objektů a jevů můžeme pozorovat pouhým okem, stačí se na to jen soustředit. Pro jiná pozorování už potřebujeme optické pomůcky; především tehdy, když daný nebeský objekt svítí příliš slabě. Triedr nebo malý dalekohled se proto velmi rychle stane součástí výbavy každého amatérského astronoma, který už jednou s pozorováním oblohy začal. Na trhu máme k dispozici veliký výběr takových optických přístrojů, začátečník se však jen zřídka dokáže ihned důvěrně seznámit s mnohostrannými možnostmi jejich využití. A proto vám i v tomto ohledu chceme naši knihou alespoň trochu pomoci.

Jakmile si začínající příznivec pozorování hvězdné oblohy obstará použitelný optický přístroj, položí si brzy otázku, co všechno s ním vlastně může na obloze spatřit. Měsíc se svým zbrázděným povrchem je určitě docela zajímavý, ale musí tam toho být přece mnohem víc! A prohlédnout si všech 3000 hvězd, které můžeme v ideálním případě spatřit pouhým okem – vždyť to je nuda. Ano, má pravdu. Jak však můžeme takovému pozorovateli pomoci?

Pokud se v něm při čtení těchto řádků poznáváte, máme pro vás radu: navštivte některou z hvězdáren ve svém okolí a během večerů určených pro veřejnost si prohlédněte vesmírné objekty prostřednictvím veřejně přístupných dalekohledů. Zároveň



Dorůstající měsíc zářící tzv. popelavým svitem



Pás Mléčné dráhy se skládá z nesčetného množství velmi vzdálených hvězd. Tmavé oblasti jsou oblaka mezihvězdného prachu, načervenalé skvrny jsou naopak tvořeny excitovaným plynem, který žhavé hvězdy vybudily k vlastnímu záření.

ale také používejte především svůj vlastní optický přístroj.

Nejprve si však v klidu projděte tuto knihu a mějte ji u sebe jako „návod k použití“.

Postupujte systematicky a věďte si pozorovací deník, do kterého si budete zapisovat svá pozorování a řešení problémů – budete tak získávat stále větší užitek z již nabytých zkušeností a naučíte se vždy něco nového.

Mějte přitom na paměti následující: ani mezi amatérskými astronomy ještě žádný učený z nebe nespadl!

V této knize vám poskytneme informace o tom, které objekty můžete na obloze pozorovat. Představíme vám Slunce, Měsíc a všechny planety a povíme vám, co o nich víme a co s pomocí amatérských prostředků na těchto objektech můžeme spatřit.

Při pozorování hvězd a hvězdných systémů pronikneme i do hlubokého vesmíru.

I menší dalekohledy nám dokážou zpřístupnit celé množství vzdálených objektů.

Budeme diskutovat o tom, který optický přístroj se obzvlášť hodí k určitému

pozorovacímu účelu a jak funguje. Přitom vám pomůžeme zvládnout zapeklitosti spojené s jeho ovládáním a naučíme vás nastavit ho přesně pro účely pozorování vytoužených nebeských objektů.

Váš nový koníček jménem astronomie vám patrně přinese ještě více radosti, když se setkáte i s dalšími příznivci pozorování hvězdné oblohy, abyste si tak vyměnili zkušenosti a vzájemně se podpořili. Mnoho tipů a kontaktů, které vám při vašem koníčku pomohou, najdete například na centrálním webu České astronomické společnosti (astro.cz) nebo v časopisu *Astropis* a ochotně vám poradí a pomohou i na nejbližší hvězdárně.

Přejeme vám mnoho radosti během okamžiků, ve kterých se budete věnovat tomu, co je podle našeho názoru nejkrásnějším ze všech koníčků – astronomii!

*Werner E. Celník
Hermann-Michael Hahn*





ASTRONOMIE VE DNE



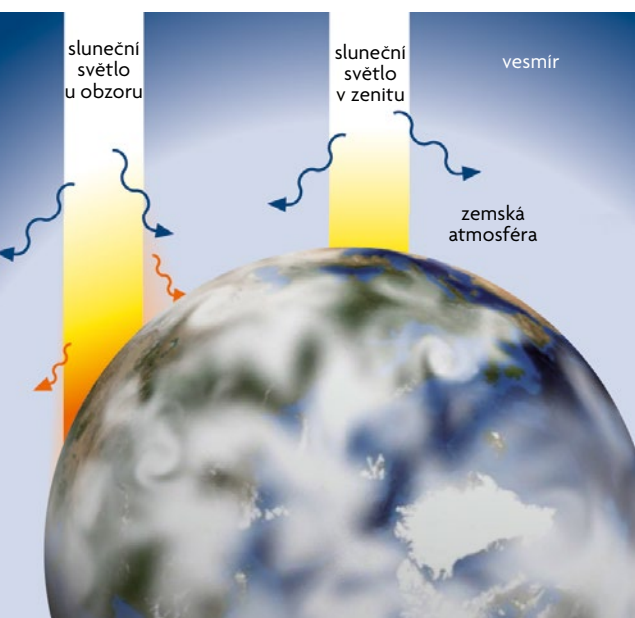
FENOMÉNY VŠEDNÍHO DNE

Naše Země bohužel není ideálním stanovištěm pro astronomická pozorování: zemská atmosféra spolkně část světla přicházejícího z hvězd a orientaci na obloze nám zpočátku ztíží také otáčení Země společně s jejím oběhem kolem Slunce.

PROČ JE NEBE MODRÉ?

Pokud si na zimní dovolené rádi užíváme bezmračné, zářivé modré oblohy v nádherně zasněžených vysokých horách, dokážeme se k odpovědi na tuto otázku o kousek přiblížit. Bílý sníh, stejně jako všechny ostatní povrchy, které vidíme jako bílé, vděčí za svou barvu své schopnosti

stejněměrně odrazet dopadající světlo všech barev. To je obzvlášť zřetelné na fotografii zasněžené krajiny, neboť zde můžeme pozorovat, že pouze Sluncem ozářený sníh se nám jeví jako skutečně bílý; sníh ve stínu, který odráží pouze modré světlo z oblohy, oproti tomu vykazuje namodralý odstín. Slunce však jednoznačně svítí žlutavě, každopádně alespoň tehdy, když je vysoko na obloze – proč tedy vidíme sníh bílý, a ne rovněž žlutý?



Ke vzniku modré oblohy a rudých západů Slunce: při kolmém dopadu světla je jeho cesta přes atmosféru poměrně krátká a oblohu zbarvuje krátkovlnné (modré) světlo. Nachází-li se Slunce nízko na obloze, je cesta světla atmosférou dlouhá a projde jí pouze dlouhovlnné (červené) světlo.

ZAJIŠŤOVÁNÍ STOP VE SNĚHU

Pokud se nám tedy sníh ve stínu jeví jako namodralý, protože může odrazet jen nebeskou modř, a sníh osvětlený Sluncem oproti tomu vypadá bílý, neboť odráží modré světlo z oblohy zároveň se žlutým slunečním svitem, potom je bílé světlo očividně výsledkem součtu světla modrého se žlutým.

A naopak: z bílého světla se stane žluté, pokud se z něj zcela nebo částečně odfiltruje jeho modrá složka. A přesně to se děje v zemské atmosféře, kde sluneční světlo, které je samo o sobě bílé, ztrácí svou modrou složku a výsledkem je pak žluté svítící Slunce na obloze.

Ted' už se jen musíme dopídit toho, co způsobuje tento rozklad bílého slunečního světla do dvou složek – do nebeské modři, která na nás dopadá stejněměrně ze všech směrů, a žlutého Slunce, které však vidíme stále stejně ostře ohraničené.



Zasněžená krajina s bílým a modrým sněhem

K tomu nám napomůže další pozorování: pouze vysoko na obloze vypadá Slunce světle žluté – blíže k horizontu ho oproti tomu vidíme čím dál víc v žlutooranžovém, oranžovém, nebo dokonce oranžově rudém odstínu. Protože by asi jen sotva kdo chtěl vážně tvrdit, že samotné Slunce mění svou barvu, musí také zde probíhat jiný proces – a možná dokonce tentýž, který je zodpovědný za modré nebe. Prohlédněme si obrázek na straně 8. V pravé části vidíme Slunce vysoko na nebi, přičemž cesta jeho světla přes zemskou atmosféru je nápadně krátká – teprve na posledních přibližně 50 kilometrech od zemského povrchu musí světlo procházet plynnou vrstvou, jejíž hustota vůbec stojí za zmínku a která se navíc směrem dolů podstatně zvyšuje. Naproti tomu v levé části obrázku se Slunce pro téhož pozorovatele nachází nízko nad obzorem. Nad vrstvou zemské atmosféry, stejně jako v minulém případě, přichází stále bílé sluneční světlo, pozorovatel na zemském povrchu však vidí Slunce v červených

odstínech a také samo nebe je nyní už ponořeno do červeného světla. I bez přesného geometrického rozvažování ihned vidíme, že cesta slunečního světla přes hustší vrstvy zemské atmosféry je nyní podstatně delší, než tomu bylo v prvním případě, neboť nyní světlo dopadá už jen šikmo na vzdušný obal Země a musí odpovídajícím způsobem také šikmo procházet jednotlivými vrstvami atmosféry. Když teď ale Slunce a obloha svítí načervenalé (a stejně tak i Sluncem osvětlený sníh ve vysokých horách získává od večerního světla zřetelný červený nádech), veškerý zbytek původně bílého slunečního světla se patrně ztratil během svého dlouhého průchodu atmosférou. Pro toto vysvětlení hovoří také skutečnost, že Slunce nyní už zdaleka nesvítí tak oslnivě a ani už tolik nehřeje jako v době kolem poledne. Modrá složka nadále zbarvuje nebe modře v oblastech vzdálených několik stovek kilometrů západněji, kde Slunce ještě stojí o něco výše nad obzorem, a když se ze zbývajících žlutého

slunečního světla navíc odfiltrují i střední vlnové délky, zbývá nám nakonec už jen oranžově rudá žhnoucí koule.

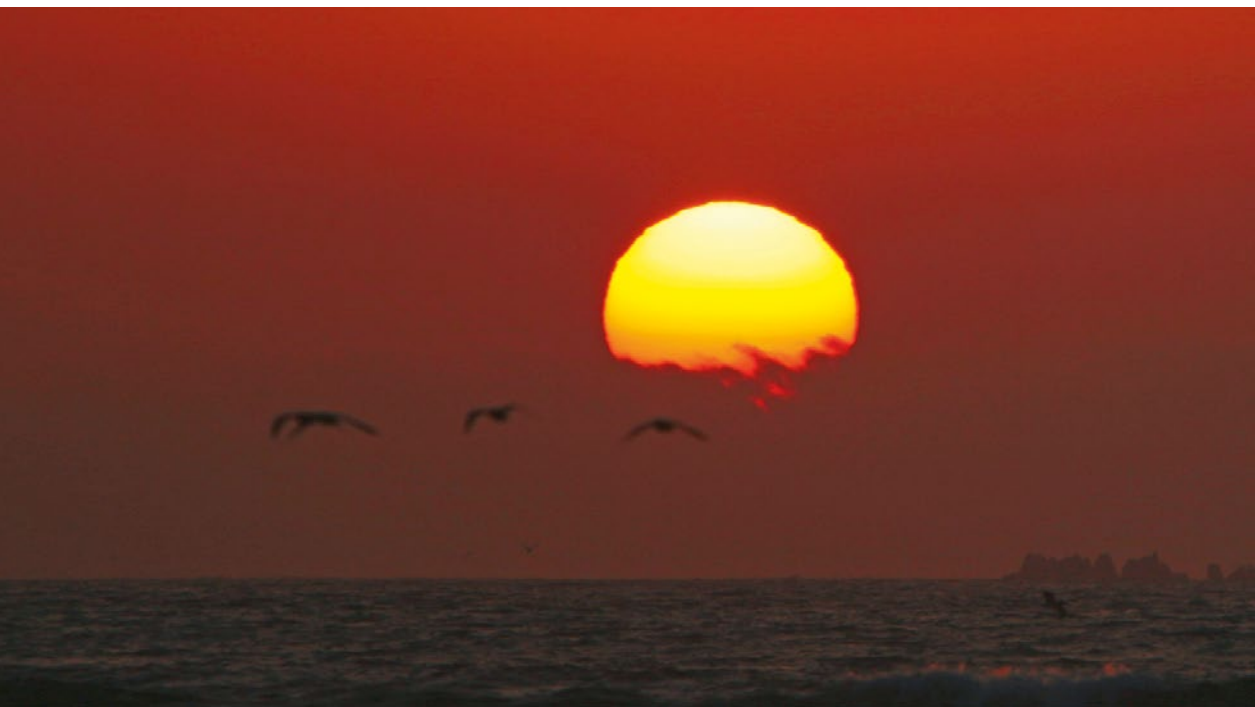
ŘEŠENÍ HÁDANKY

Jinými slovy řečeno, modré zbarvení denní oblohy vzniká selektivním procesem, který probíhá uvnitř zemské atmosféry a projevuje se tím intenzivněji, čím delší je cesta světelných paprsků přes vzdušný obal Země. Tento proces můžeme navíc obzvláště silně zaznamenat u modrého světla. Pozorování britského fyzika lorda Johna Williama Rayleigha poskytla v 19. století vysvětlení tohoto efektu: jsou to samotné atomy a molekuly zemské atmosféry, které můžeme prohlásit zodpovědnými za nebeské barevné kompozice. Dopadne-li totiž na ně sluneční světlo, na krátký okamžik se doslova zelektrizují, tuto nadbytečnou energii však musejí bezprostředně poté



Venuše a Jupiter za večerního soumraku. Jestliže víme, kde ji hledat, můžeme někdy Venuši pozorovat dokonce i na denní obloze.

znovu odevzdat svému okolí. A protože toto „navrácení“ energie, která na ně zvnějšku dopadá, probíhá do všech možných okolních směrů, je tímto část světla



Při východu a západu Slunce proniká přes zemskou atmosféru z původně bílého slunečního světla pouze jeho červená složka



22° (malé) halo vzniká lomem světla na ledových krystalech ve velkých výškách

vyčleněna z původního proudu a rozptýlena do všech ostatních směrů.

Na tomto místě nám také pomůže, když sáhneme po modelové představě fyziků pro popis světla: ti popisují světlo (i ostatní formy elektromagnetického záření) jako vlny o různých frekvencích a vlnových délkách. Jednotlivé barvy přitom odpovídají různým vlnovým délkám: například modré světlo má vlnové délky v rozmezí asi 420 až 480 nanometrů (1 nanometr = 1 miliardtina metru), zatímco světlo s vlnovou délkou 640 až 800 nanometrů se označuje jako červené. Molekuly vzduchu, o nichž jsme hovořili, jsou ještě asi padesátkrát až stokrát menší. Lord Rayleigh v roce 1861 zjistil, že popsáný proces rozptylu světla silně závisí na vlnové délce a tím podporuje jasnou selekci barev: čím kratší je vlnová délka dopadajícího světla, tím více se světlo rozptýlí – modré světlo asi 16krát více než světlo červené. Není tedy divu, že vidíme přes den modrou oblohu.

Ačkoliv se nám zářivě modré nebe může zdát jako krásné, má pro astronomická pozorování jednu podstatnou nevýhodu: je natolik jasné, že během dne nemůžeme pouhým okem spatřit hvězdy. Pouze Měsíc a Venuše – a ve výjimečných situacích také Jupiter – se dokážou proti této jasné obloze prosadit. Z toho můžeme odvodit, že denní

obloha je asi 10 000krát jasnější než obloha v noci.

ATMOSFÉRICKÉ JEVY

Že se sluneční světlo, samo o sobě bílé, skládá z různých barev, to můžeme zřetelně pozorovat také na duze. Ta vzniká tehdy, když sluneční světlo dopadá na dešťové kapky a odráží se od nich. K odrazu však při tom nedochází na vnějším povrchu dešťových kapek – tehdy by totiž vznikalo jen nesčetné množství svítících bodů, které by splynuly do bílého světelného oblouku. Ve skutečnosti však světlo vniká dovnitř kapek a přitom se „zlomí“ jako na skleněné čočce, což znamená, že se odchýlí od přímého směru. A jelikož je tento lom světla rovněž závislý na vlnové délce, odchýlí se modré světlo více než světlo červené – a pronikne tedy hlouběji do dešťové kapky až k její zadní straně, kde se nakonec odrazí. Když tedy světlo, které se tímto způsobem uvnitř dešťové kapky předem roztrídí a odrazí, z ní na její „přední straně“ znovu vystoupí, dojde opět ke zlomu jeho dráhy a i tentokrát se to více projeví u světla modrého než červeného. To následně vede k tomu, že pozorovatel vidí vějířovitý světelný oblouk v barvách typických pro duhu, které jsou uvnitř laděny do modra

a na vnější straně se uzavírají červenými odstíny. Už odpradáвна, kdy si lidé z mnoha důvodů spojili číslo sedm s dokonalostí světa, je známo sedm barev duhy: fialová – indigová – modrá – zelená – žlutá – oranžová – červená.

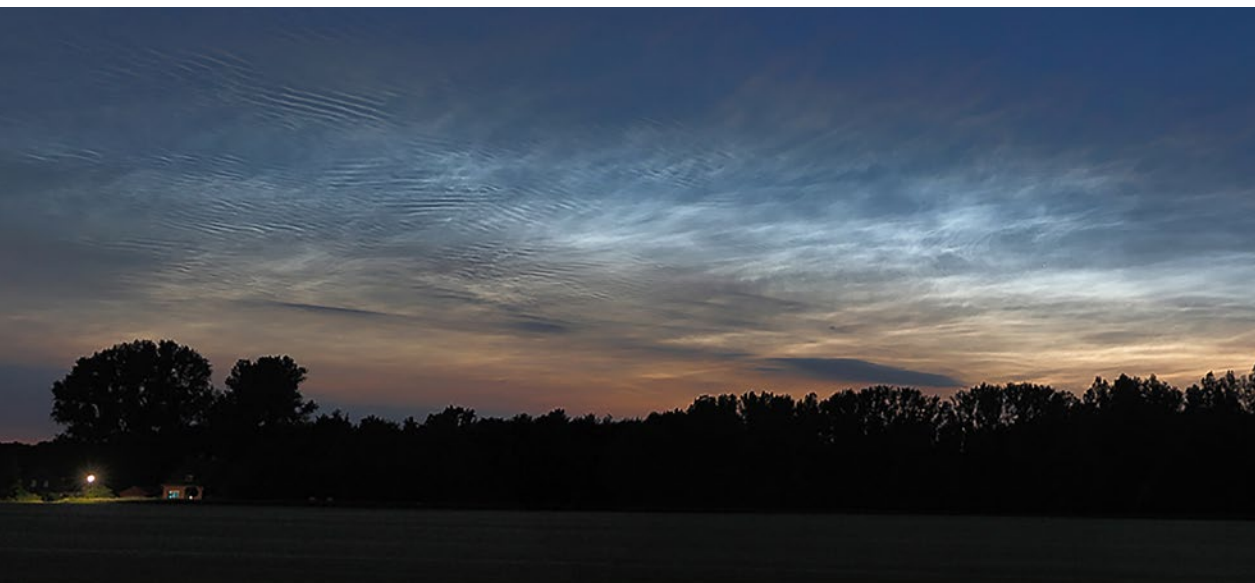
Podobnou příčinu mají i jiné optické jevy, jež vznikají v atmosféře, jako například vedlejší slunce (parhelium) a další formy halových jevů, koróny (zde v jiném významu než v astronomii) nebo také perleťové zbarvené oblaky, u kterých dochází k takzvané irizaci (iridescenci). V každém z těchto případů existuje nějaké „médium“, které rozkládá dopadající sluneční nebo též měsíční světlo na příslušné barevné složky a ty pak pod určitým úhlem odráží nebo ohýbá.

Halové jevy, k nimž kromě nejnápadnějších a nejčastěji pozorovaných vedlejších sluncí patří rovněž takzvané 22° (malé) halo nebo (méně časté) 46° (velké) halo, halový sloup, parhelický (horizontální) kruh, stejně jako mnohé další formy, jsou způsobeny lomem světla na šestibokých ledových krystalcích, přičemž příslušná orientace těchto krystalků vždy vyvolává určitou formu halového jevu: předpokladem



Vedlejší slunce patří mezi nejčastější halové jevy

pro vedlejší slunce (a vedlejší měsíce) stejně jako pro halové sloupy jsou vodorovně orientované ledové destičky, zatímco pro vnik 22° (malého) hala není určitá konkrétní orientace ledových částic nezbytná. Tyto ledové krystalky či destičky se vyskytují především ve vysokých oblacích druhu cirrus, které nám většinou předem zvěstují blížící se teplou frontu s přibývajícím vzdušnou vlhkostí. Sluneční či měsíční koróny jsou oproti



Noční svítící oblaky se u nás objevují většinou jen nízko nad obzorem

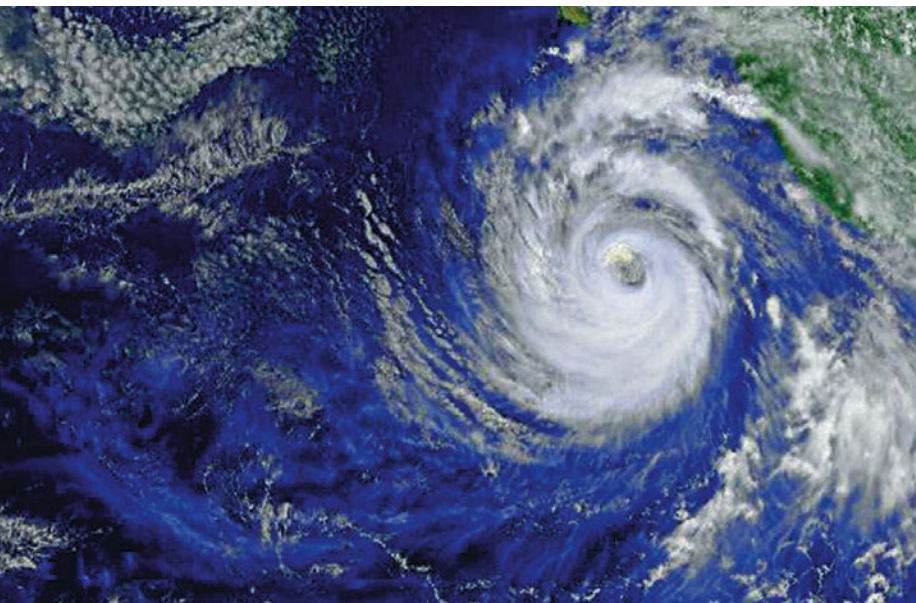


Měsíční koróna na této fotografii rovnoměrně obklopuje osvětlenou část Měsíce

tomu způsobeny většími či menšími kapkami vody v relativně řídkých oblacích, na kterých se sluneční či měsíční světlo ohýbá; čím menší tyto kapky jsou, tím větší kruhová koróna se objeví a může pak dosáhnout i úhlového průměru v rozmezí 3° až 6° . Občas můžeme malou korónu pozorovat dokonce i okolo jasné svítící Venuše. Protože i tyto jevy vznikající ohybem světla jsou závislé na jeho vlnové délce, mívají koróny načervenalý

vnější okraj; dále směrem dovnitř se jednotlivé barvy překrývají a tím znovu skládají do jednotného šedého tónu. Také příležitostně pozorovaná irizace řídkých oblaků v okolí slunečního disku má svůj původ v lomu světla uvnitř oblaku. Noční svítící oblaky, které můžeme během týdnů blízkých slunovratu pozorovat především ve vysokých severních a jižních zeměpisných šířkách, se vznášejí v extrémních výškách nad 80 kilometrů. Zde nahoře je už jen minimální vzdušná vlhkost a ta zřejmě krystalizuje na meteoritických částicích prachu, které zvnějšku permanentně dopadají na zemskou atmosféru a poté se pomalu snášejí dolů. Typický je namodralý vzhled těchto většinou vláknitých oblaků, které jsou v této výšce ještě osvětlovány (půlnočním) Sluncem, zatímco na samotném místě pozorování už soumrak více či méně pokročil. Tyto geometrické podmínky zároveň vysvětlují, proč můžeme noční svítící oblaky vidět převážně v období kolem slunovratu a především ve vysokých zeměpisných šířkách – pro pozorovatele z nižších šířek zůstávají tyto oblaky příliš nízko nad obzorem nebo už vůbec nejsou osvětleny Sluncem.





Rotace Země způsobuje, že se tlaková níže neboli cyklóna otáčí na severní polokouli vždy proti směru hodinových ručiček

NEBESKÁ OTÁČENÍ

Každý z nás už jistě v životě vypožadoval, že Slunce vždy ráno vyjde na oblohu v přibližně stejném směru a večer pak na zhruba opačné straně opět zmizí; mezitím putuje po více či méně vysokém oblouku přes oblohu, přičemž kolem poledne dosáhne své maximální výšky – kulminuje, jak říkají astronomové. Pokud bychom si po řadu dní, týdnů a měsíců stále zaznamenávali směr, kterým Slunce této kulminace dosahuje, zjistili bychom, že se v průběhu času nemění. Tento polední směr se nazývá směrem jižním, Slunce se tedy v poledne nachází přesně na jihu. Díváme-li se přímo na jih, máme po levé ruce východ a po pravé ruce západ, přičemž sever, čtvrtou ze světových stran, máme právě za zády.

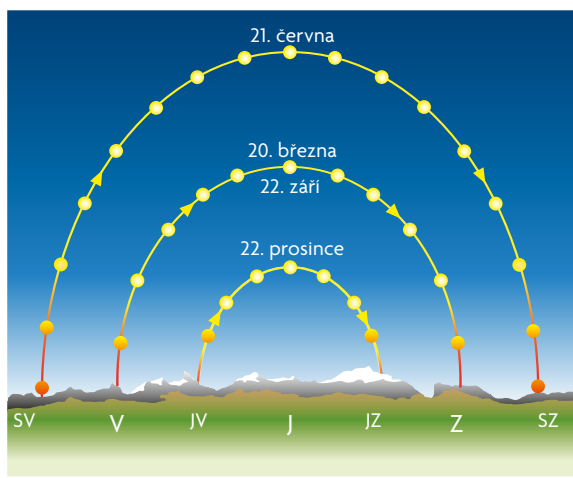
Protože se i hvězdy na noční obloze vyznačují stejným směrem pohybu, lidé dříve věřili, že se celé nebe v průběhu dne otáčí od východu k západu kolem Země. Mezitím už ovšem dávno vešlo ve známost, že se

Země za stejnou dobu otáčí v opačném směru – tedy od západu k východu – kolem vlastní osy, na rovníku pak rychlostí více než 460 metrů za sekundu, tedy vlastně rychleji než zvuk; to, že neustále neslyšíme aerodynamický (zvukový) třesk, spočívá jen v tom, že se Země otáčí společně se svou atmosférou v prázdném (vesmírném) prostoru.

Představa o otáčející se Zemi sice byla předmětem diskusí už v antickém Řecku, později však byla na základě chybějících pozorovatelných důkazů znovu zavržena – z pouhého pozorování na západ směřujícího pohybu nebeských těles po obloze nelze totiž takové rozhodnutí učinit. První experiment, který toto tvrzení dokazuje, provedl v polovině 19. století francouzský fyzik Jean Bernard Foucault: v pařížském Pantheonu nechal tehdy rozpohybovat dlouhé kyvadlo, kterým mohl předvést, jak se Země pod – stále stejným – směrem pohybu kyvadla otáčí. Další důkaz skutečně existujícího otáčení Země nám poskytují typické směry proudění větru v tropických pásmech: vzduch, který

z vyšších zeměpisných šířek (severních i jižních) proudí k rovníku, zde zaostává za vyšší rychlostí otáčení Země a nevane potom ze severu nebo z jihu, ale ze severovýchodu nebo jihovýchodu (severovýchodní, resp. jihovýchodní pasáty). Ze stejného důvodu proudí masy vzduchu v okolí oblasti nízkého tlaku na severní polokouli proti směru hodinových ručiček okolo centra tlakové níže, na jižní polokouli pak naopak po směru hodinových ručiček.

Vlivem otáčení Země se trvale mění náš směr pohledu: na východě se horizont, který ohraničuje naše zorné pole při pohledu „směrem ven“, zdánlivě stále více noří dolů a umožňuje nám tak pohled do nových vesmírných oblastí, naproti tomu na západě obzor stoupá stále výše a znovu nám pohled na nebe uzavírá. Naše řeč však tuto změnu představy o světě, která v minulosti proběhla, poněkud zaspala, neboť my stále mluvíme o tom, že Slunce (nebo jakékoliv jiné nebeské těleso) „vychází“, jakmile ho na východě můžeme spatřit, a „zapadá“, když nám horizont pohled na něj znovu zakryje. Spojíme-li navzájem jižní a severní bod, prochází tato čára zenitem (bodem, který leží přesně kolmo nad pozorovatelem) a rozděluje viditelný výřez oblohy na východní a západní polovinu (viz obrázek dole). Protože Slunce překračuje tuto čáru

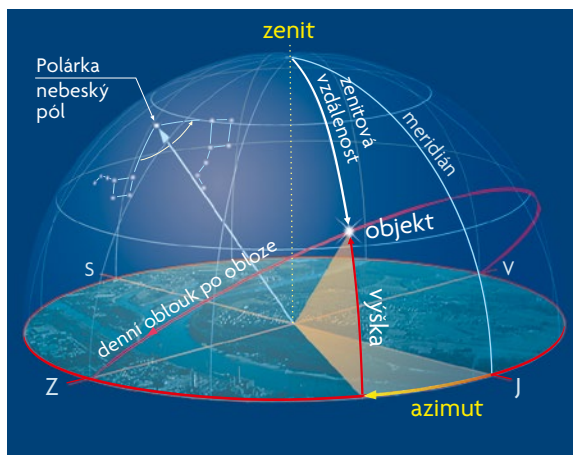


Pouze na jaře a na podzim vychází Slunce přesně na východě a zapadá přesně na západě. V zimě je oblouk, který Slunce během dne opíše po obloze, mnohem kratší, v létě naopak mnohem delší a vyšší.

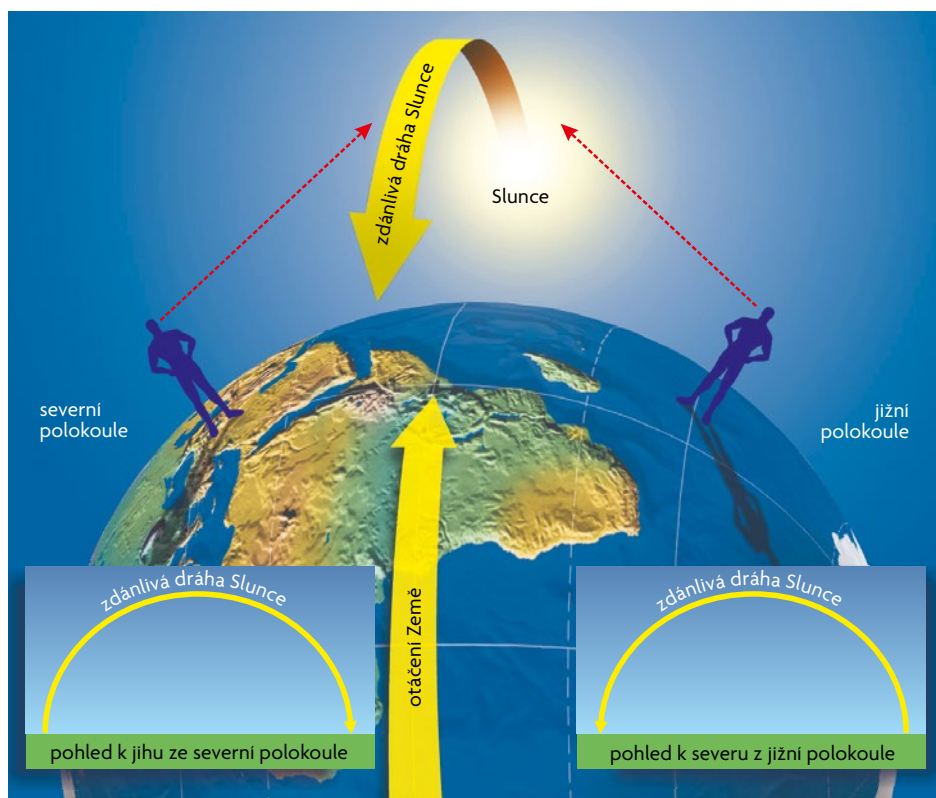
přesně v poledne, nazýváme ji místním nebeským poledníkem neboli meridiánem. Také spojnice mezi východním a západním bodem, která rozděluje oblohu na severní a jižní polovinu, má svůj specifický název: jedná se o první vertikál. Jestliže jste už někdy trávili dovolenou v Karibiku, nebo dokonce v tropech, možná jste si všimli, že zde Slunce ráno stoupá na oblohu po mnohem strmějším oblouku a večer odpovídajícím způsobem klesá

ASTRONOMICKÝ AZIMUT A VÝŠKA

Abychom dokázali určit polohu určitého nebeského tělesa na obloze, můžeme použít dvě (takzvané obzorníkové) souřadnice: astronomický azimut a výšku. Výšku příslušného tělesa měříme od horizontu ($h=0^\circ$), výška nadhlavniku neboli zenitu má pak hodnotu $+90^\circ$. Astronomický azimut nebeského tělesa se měří od jihu ($A=0^\circ$) přes západ (90°), sever (180°) a východ (270°). Azimut topografický, používaný při navigaci, má oproti tomu svůj počátek v severním směru (k severu je hodnota 0°).



Princip obzorníkových souřadnic azimutu a výšky



Při pohledu z jižní polokoule se nám zdá, že se všechna nebeská tělesa pohybují po obloze „špatným směrem“

k obzoru strměji, než je tomu u nás. To souvisí s kulovým tvarem naší Země, která v oblastech blízkých rovníku otáčí s pozorovatelem stojícím pod oblohou jinak než ve středních zeměpisných šířkách, nebo dokonce na pólech, kde bychom viděli stále stejný výřez oblohy.

PŘEVRÁCENÁ OBLOHA?

Ještě více na jih se nám dokonce bude zdát, že Slunce putuje po obloze „pozpátku“: jestliže si pozorovatel na jižní polokouli (přesněji řečeno: jižněji od momentální pozice Slunce) zapamatuje směr, ve kterém Slunce jako obvykle v poledne dosáhne svého nejvyššího postavení, potom odtud začne Slunce klesat k obzoru směrem doleva, a ne – jako u nás – doprava! Samozřejmě že se Země na jižní polokouli neotáčí jinak než u nás, my se jenom díváme jinak

na oblohu – v porovnání s pozorovatelem na severní polokouli vlastně pozpátku. Toto otočení pohledu si můžeme objasnit na následujícím příkladu. Poměry u nás (na severní polokouli) odpovídají situaci, kdy stojíme s autem před semaforem a pozorujeme provoz na příčné, zleva doprava probíhající jednosměrné ulici: všechna vozidla se pohybují zleva (od východu) přes křižovatku (jih) doprava (na západ). Bude-li však stát na opačné straně křižovatky (na jižní polokouli Země) potom uvidíme přijíždět všechna vozidla zprava (stále ještě od východu!) přes křižovatku (nyní na severu!) doleva (stále na západ!). Východ a západ zůstávají stále na svém místě, neboť Slunce stejně jako dříve vychází na východě a zapadá na západě, a také otáčení Země zůstává nezměněné, tedy od západu na východ: co se mění, je pouze směr pohledu pozorovatele.

A PŘECE SE TOČÍ...

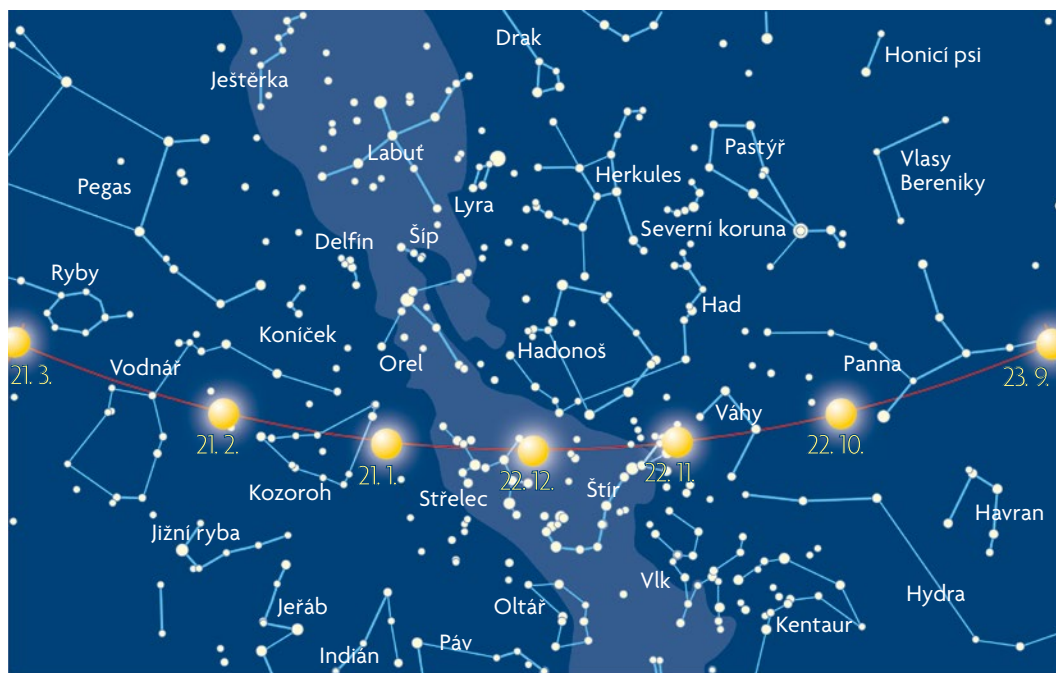
Slunce sice každé ráno vychází na východě, ale v žádném případě to nebývá ve stále stejnou dobu a také ne na stále stejném místě: v polovině či ke konci prosince se teprve pozdě vynoří na jihovýchodě, putuje po plochem oblouku nad horizontem a znovu zmizí už odpoledne na jihozápadě, zatímco o půl roku později spatříme Slunce už velmi časně zrána na severovýchodě, poté projde vysokým obloukem přes oblohu a znovu zapadne teprve pozdě večer daleko na severozápadě. To, co bylo pro lidstvo až do dob prvních raných vyspělých kultur podnětem pro každoroční přinášení obětí, kterými chtělo přimět Slunce k návratu, dokážeme již přibližně 500 let vysvětlit jako pouhý následek dalšího pohybu Země: planeta, na které žijeme, se nejenom za každých 23 hodin, 56 minut a 4,09 sekundy (= 1 hvězdný den) otočí jednou kolem své vlastní osy, nýbrž oběhne během jednoho roku také ještě jednou kolem Slunce.

ŠIKMÁ OSA

Zemská osa není ovšem orientovaná kolmo na oběžnou dráhu Země kolem Slunce, ale je vůči ní skloněná o přibližně $23,45^\circ$. Prodloužená zemská osa míří stále stejným směrem. To vede opět k tomu, že například severní polokoule Země je jednou více nakloněná směrem ke Slunci (potom je u nás léto a na jižní polokouli naopak zima) a o půl roku později je od něho naopak odkloněná (na severu zima = na jihu léto). Maximálního úhlu dosáhne Země v časech slunovratů, tedy 21. června (letní slunovrat) a 21. prosince (zimní slunovrat). Slunce v těchto dnech prochází v místech, která leží v severní (při letním slunovratu) nebo jižní (při zimním slunovratu) zeměpisné šířce $23,45^\circ$, přesně zenitem. Mezitím existují dva termíny, ve kterých se Slunce nachází přesně nad zemským rovníkem: 20. března překračuje rovník směrem na sever (jarní rovnodennost) a 22. září naproti tomu ve směru k jihu (podzimní rovnodennost).



Roční období se střídají díky relativnímu sklonu zemské osy vůči rovině oběžné dráhy Země a současnému ročnímu oběhu Země kolem Slunce



Slunce putuje v průběhu roku přes souhvězdí zvěrokruhu

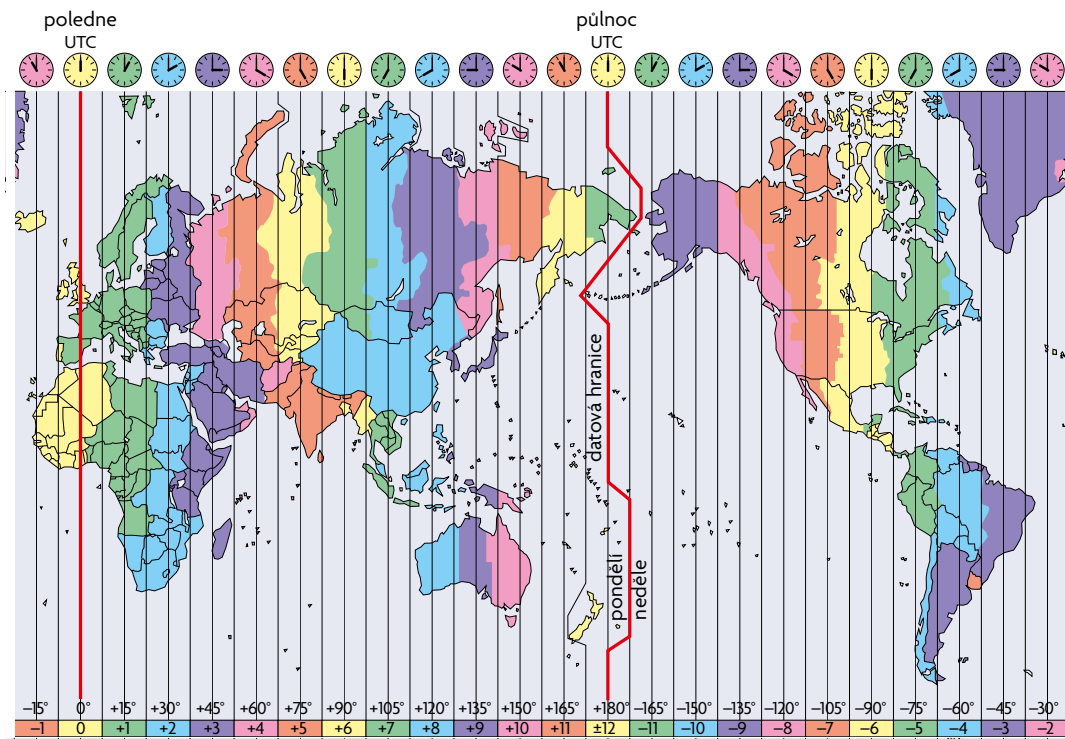
Eliptický tvar oběžné dráhy Země kolem Slunce naproti tomu za střídání ročních období na Zemi nijak zodpovědný není. Je sice pravdou, že vzdálenost Země od Slunce se během jednoho roku mění v rozmezí od 147,1 po 152,1 milionu kilometrů, přesto se Země ve svém nejbližším bodu ke Slunci (v periheliu) nachází právě na začátku ledna a naopak začátkem července je od Slunce nejdále (v afeliu).

Kromě toho toto kolísání vůči průměrné vzdálenosti mezi Sluncem a Zemí, takzvané astronomické jednotce (AU) s hodnotou okolo 149,6 milionu kilometrů, činí relativně pouze $\pm 1,7\%$, takže je intenzita slunečního svitu v afeliu (v nejbližším bodě oběžné dráhy ke Slunci) pouze asi o 7 % nižší než v periheliu (v nejvzdálenějším bodě) – to je příliš málo na to, aby se tím dalo vysvětlit střídání teplot během jednotlivých ročních období. A kromě toho by v tom případě musela na jižní i severní polokouli zároveň probíhat stejná roční

období, a ne být navzájem posunutá o půl roku, jako tomu je ve skutečnosti.

ZDÁNlivÝ BĚH SLUNCE PO OBLOZE

Pokud je tento roční cyklus východů a západů Slunce skutečně výsledkem obíhání Země kolem Slunce, potom bychom také měli Slunce v různých ročních obdobích vidět procházet na měnícím se pozadí. Hvězdy sice během dne pouhým okem nespátříme, ale pokud svá pozorování rozšíříme i na fázi soumraku, zřetelně uvidíme – přinejmenším nepřímou – toto zdánlivé putování Slunce přes jednotlivá souhvězdí zvěrokruhu: při soumraku totiž můžeme pozorovat, jak souhvězdí zvěrokruhu mizí jedno po druhém z ještě osvětlené večerní oblohy (při směru pohledu na západ, tedy tím směrem, kterým Slunce zapadlo) a po fázi jejich neviditelnosti, trvající více týdnů, se znovu vynořují před východem Slunce na ranní obloze. Před zmizením



Časová pásma Země. Časové rozdíly jsou zobrazeny v hodinách vzhledem ke koordinovanému světovému času (UTC).

souhvězdí se Slunce nachází vpravo (západně) od něj, při jeho opětovném vynoření pak naopak vlevo (východně) od téhož souhvězdí – Slunce tedy muselo v tomto mezidobí projít celým tímto souhvězdím. Z důvodu tohoto putování Země kolem Slunce tedy vidíme, jak se Slunce oproti souhvězdím každý den posune o malý kousek k východu (doleva), v průměru denně téměř o 1° . Země se proto musí každý den otočit o nepatrně více než jednou kolem své osy do toho okamžiku, než může pozorovatel opět spatřit Slunce přesně na jihu, a než tedy proběhne jeden (sluneční) den. Jeden sluneční den tudíž trvá téměř o čtyři minuty déle než jeden hvězdný den, a sice 24 hodin. Protože je jednodušší určit poledne (= kulminace Slunce) než stanovení půlnoci, počítal se až do 19. století počátek nového dne vždy od 12. hodiny polední.

POZEMSKÉ HODINY

V dřívějších staletích se veškerý život řídil postavením Slunce: východ Slunce určoval počátek dne, postavení Slunce na jihu stanovilo poledne a západ Slunce byl koncem pracovního dne. Tehdy mělo každé místo svůj „vlastní“ čas, neboť vlivem otáčení Země směrem k východu vystoupá Slunce přesně na jih v určitém východnějším položeném městě dříve než v jiném městě dále na západ. Tento rozdíl činí 4 minuty pro každý stupeň zeměpisné délky, v případě České republiky se tak například mezi Ostravou a Plzní nasčítá na přibližně 20 minut. Tento přesný místní neboli sluneční čas nám ukážou sluneční hodiny; ještě dnes na mnoha místech zdobí staré sluneční hodiny řadu pečlivě zrestaurovaných domů z oněch časů, a ukazují nám tak lokální sluneční čas.