
6 Pohyby Slunce, Měsíce a vesmírných těles

V průběhu dne všechna tělesa vykonávají pohyb po nebeské sféře od východu k západu. Tento pohyb je však pohybem zdánlivým, a je dán rotací Země (část 13.1). Kromě tohoto **zdánlivého pohybu** vykonávají vesmírná tělesa v prostoru i **skutečné pohyby**, které jsou nejlépe pozorovatelné u Slunce, Měsíce a planet. Důsledkem těchto pohybů je vznik zatmění, zákrytů a podobných úkazů. U hvězd je situace odlišná, neboť projevy jejich skutečných pohybů nemůžeme tak jednoduše pozorovat, nicméně přesná pozorování jejich poloh v dlouhých časových intervalech nám umožňují je odhalit.

6.1 Zdánlivý denní pohyb oblohy

6.1.1 ZDÁNLIVÝ POHYB VESMÍRNÝCH TĚLES PRO POZOROVATELE V RŮZNÝCH ZEMĚPISNÝCH ŠÍŘKÁCH

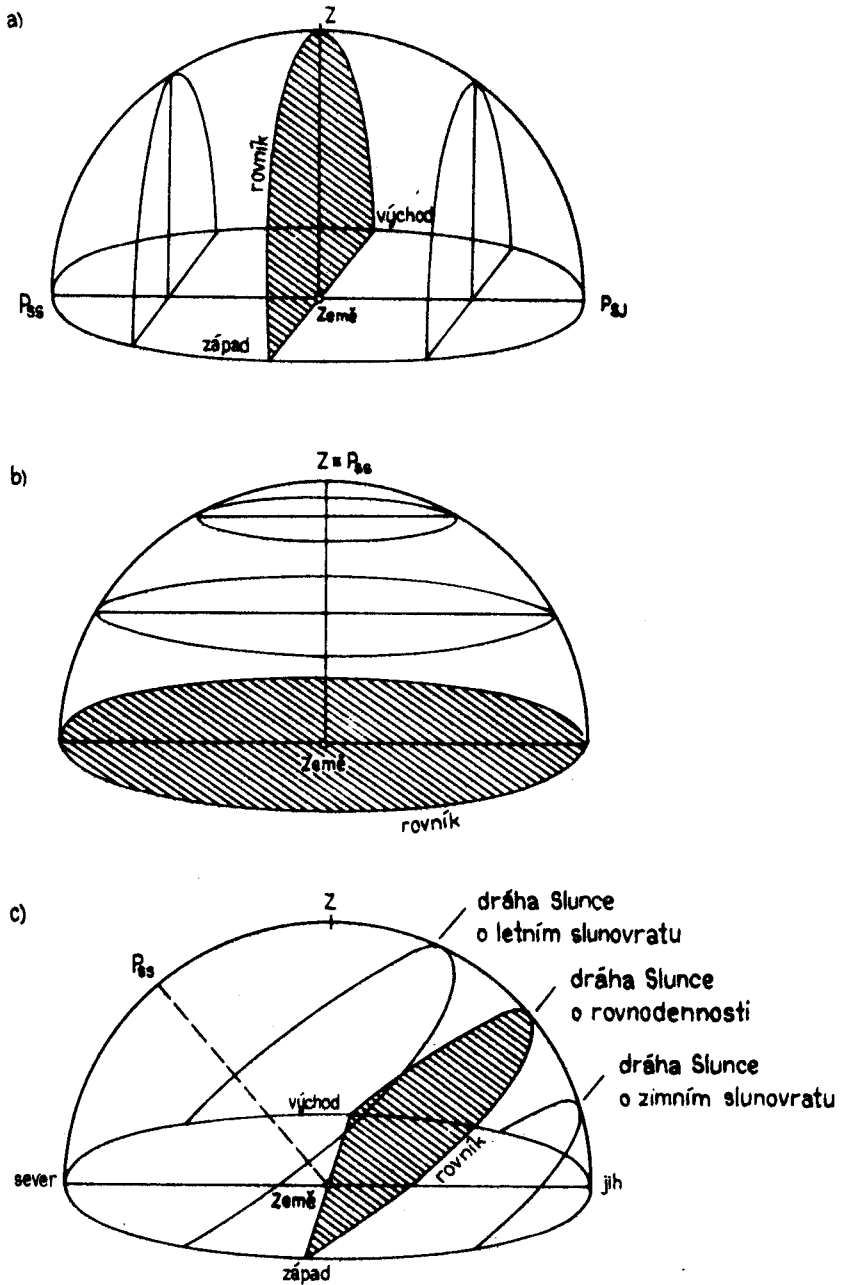
Při pozorování oblohy a zdánlivého pohybu těles na ní v různých zeměpisných šířkách je zřejmé, že se tělesa na obloze nepohybují stejně. Je tomu tak proto, že oblouky nad obzorem, které v průběhu denního pohybu na obloze tělesa vykonají, jsou závislé jednak na deklinaci (ta je u hvězd neměnná), jednak na zeměpisné šířce pozorovacího místa.

Z části 4.3.1 plyne, že výška severního světového pólu (P_{SS}) nad severním bodem obzoru je rovna zeměpisné šířce pozorovacího místa. Podle toho můžeme určit, jak se budou tělesa po obloze pohybovat.

Pro pozorovatele na rovníku ($\varphi = 0^\circ$) leží severní světový pól v rovině obzoru (v severním bodě obzoru). Rovina rovníku kolmá ke světové ose prochází zenitem a je kolmá k obzoru. Všechny objekty na nebeské sféře se pohybují zdánlivě v průběhu dne rovnoběžně s rovníkem. Za jednu otočku Země se nám nad obzorem objeví postupně všechna vesmírná tělesa. O nebeské sféře při pozorování na rovníku hovoříme jako o **kolmé sféře**. Dráhy několika hvězd v průběhu dne nad obzorem jsou na obr. 6.1a. Všechny objekty kolmo k obzoru **vycházejí** a kolmo k obzoru **zapadají**. Dráha všech objektů na obloze je stejná nad obzorem jako pod ním, takže každý objekt je 12 hodin nad obzorem a 12 hodin pod ním.

Nachází-li se pozorovatel na severním pólu Země (na jižním pólu) je zeměpisná šířka rovna $+90^\circ$ (-90°) a severní (jižní) světový pól leží přímo v zenitu. Rovina rovníku splývá s rovinou obzoru a všechny nebeské objekty se pohybují rovnoběžně s obzorem. Tato situace na nebeské sféře se nazývá **sférou rovnoběžnou** (obr. 6.1b). V tomto případě jsou všechny hvězdy **cirkumpolární**.

V ostatních případech, kdy se pozorovatel nachází v zeměpisných šířkách $0^\circ < \varphi < 90^\circ$, nazýváme nebeskou sféru **sférou šikmou** (obr. 6.1c). Některé hvězdy jsou cirkumpolární, jiné zapadající a vycházející a některé nejsou v dané zeměpisné šířce vůbec pozorovatelné (viz část



6.1 Zdánlivý pohyb vesmírných těles pro pozorovatele:

- a) na rovníku – kolmá sféra,
- b) na severním pólu – rovnoběžná sféra,
- c) v obecné zeměpisné šířce φ – šikmá sféra

4.2.3). O tom, které hvězdy jsou cirkumpolární, které vycházející a zapadající a které nevidíme, rozhoduje jejich pólová vzdálenost p . Pro cirkumpolární hvězdy platí:

$$0^\circ < p < \varphi, \quad (6.1)$$

pro vycházející a zapadající hvězdy:

$$\varphi < p < 180^\circ - \varphi, \quad (6.2)$$

a pro hvězdy v dané zeměpisné šířce φ neviditelné:

$$180^\circ - \varphi < p < 180^\circ. \quad (6.3)$$

6.1.2 ZDÁNLIVÝ DENNÍ POHYB SLUNCE PO OBLOZE

Skutečnost, že Slunce ráno vychází nad obzor na východě, že přes den „putuje“ po obloze nad jihem a večer zapadá na západě, je všem pochopitelná. Tento pozorovaný pohyb je zdánlivý a je dán skutečným otáčením Země kolem její osy. Dráhu, kterou Slunce během dne po obloze urazí, nazýváme **denním obloukem Slunce**. Její délka a sklon k obzoru závisí jednak na zeměpisné šířce, jednak na roční době. Změna dráhy Slunce v průběhu roku je dána změnou deklinace Slunce (viz část 6.2.1). Nejkratší denní oblouk vykoná Slunce o zimním slunovratu a nejdelší o slunovratu letním (obr. 6.1c).

6.2 Roční pohyb Slunce a planet

6.2.1 POHYB SLUNCE V DEKLINACI A REKTASCENZI

Země se v prostoru ve shodě s Keplerovými zákony pohybuje po elipse málo odlišné od kružnice. Celý jeden oběh vykoná přibližně za 365,25 dní. Důsledkem tohoto pohybu je, že se Slunce mezi hvězdami zdánlivě pohybuje. Denně se přibližně posune o $360^\circ/365,25 = 0,99^\circ = 59'24''$. Tento oběžný pohyb Země způsobuje především změnu rektascenze. Vzhledem k tomu, že osa Země není kolmá na rovinu ekliptiky, ale svírá s ní úhel asi $66^\circ33'$, mění se vlivem zmíněného pohybu Země i zdánlivá poloha Slunce v deklinaci. Slunce se tedy během roku pohybuje zdánlivě mezi hvězdami a určuje tak v prostoru rovinu oběhu naší Země kolem Slunce. Na obloze se nám Slunce v průběhu roku promítá na ekliptiku (obr. 6.2a).

Rektascenze Slunce se v průběhu roku mění od 0^h do 24^h (0° – 360°). 0^h nabývá Slunce v momentě jarní rovnodennosti, a denně se posune asi o 1° proti směru denního pohybu oblohy. **Deklinace** se mění v mezích 0° až $\pm 23^\circ27'$ tak, že 0° dosahuje v momentech rovnodenností a $+23^\circ27'$ o letním slunovratu ($-23^\circ27'$ o zimním slunovratu).

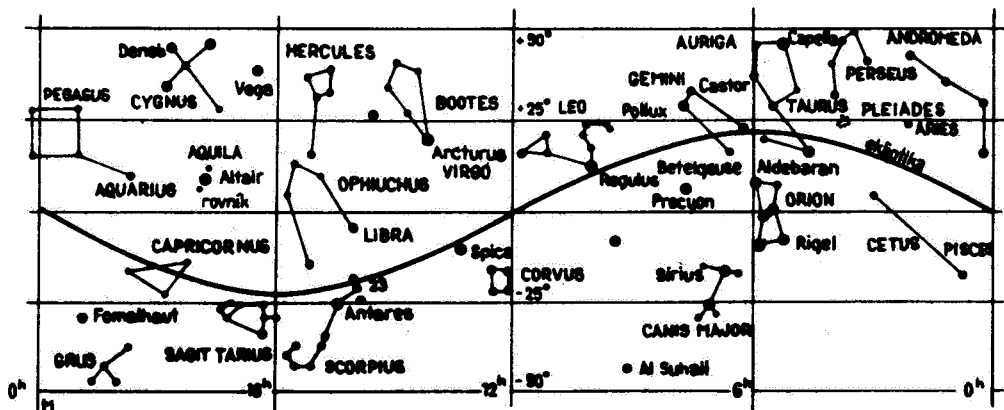
Skutečnost, že Slunce v průběhu roku mění svoji deklinaci, má za následek změnu azimutů východů a západů Slunce v průběhu roku. Azimuty západů Slunce pro každý den roku jsou uvedeny v Hvězdářské ročence.

6.2.2 EKLIPTIKÁLNÍ SOUHVĚZDÍ A VIDITELNOST HVĚZD BĚHEM ROKU

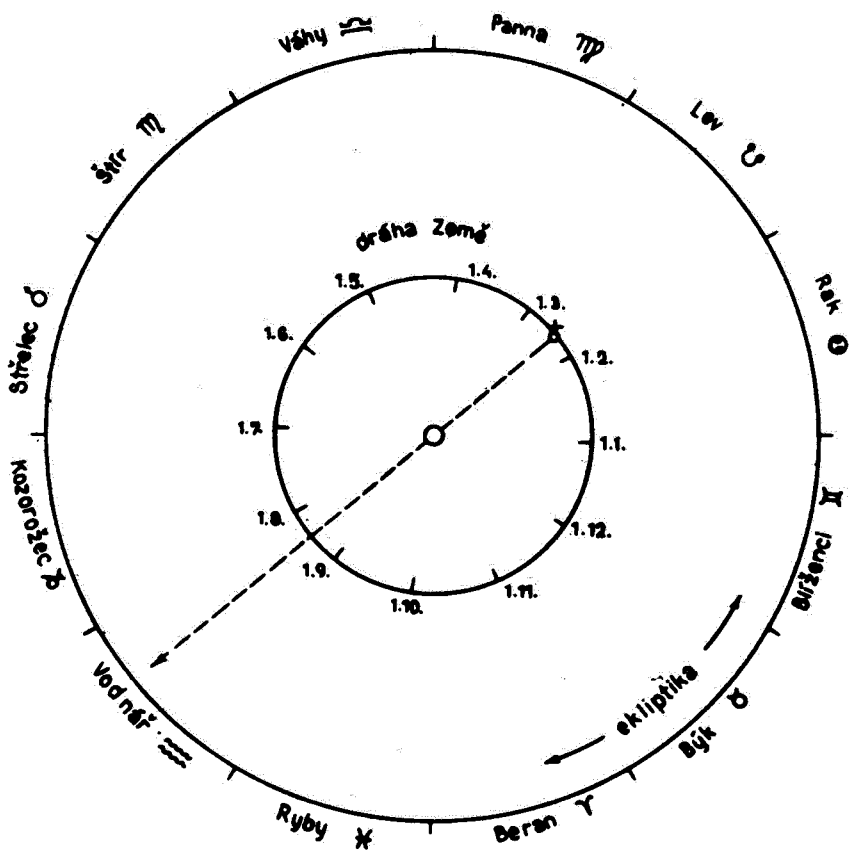
V průběhu roku se Slunce posouvá po ekliptice přibližně o 1° za den a prochází 12 souhvězdími ležícími podél ekliptiky¹⁾. Souhvězdí, kterými ekliptika prochází, se nazývají **ekliptikální souhvězdí** (zvířetníková souhvězdí, případně **zvěrokruh** nebo **zodiak**). Názvy těchto souhvězdí a jejich schematické rozmístění na obloze jsou na obr. 6.2b. V určitém okamžiku se tedy pro pozorovatele ze Země promítá Slunce do některého souhvězdí. Hvězdy tohoto souhvězdí a blízké

¹⁾ Ve skutečnosti prochází ekliptika na obloze 13 souhvězdími. Souhvězdí Hadonoše však nebylo mezi 12 souhvězdími zvířetníku zařazeno.

a)



b)



6.2 Ekliptikální souhvězdí:

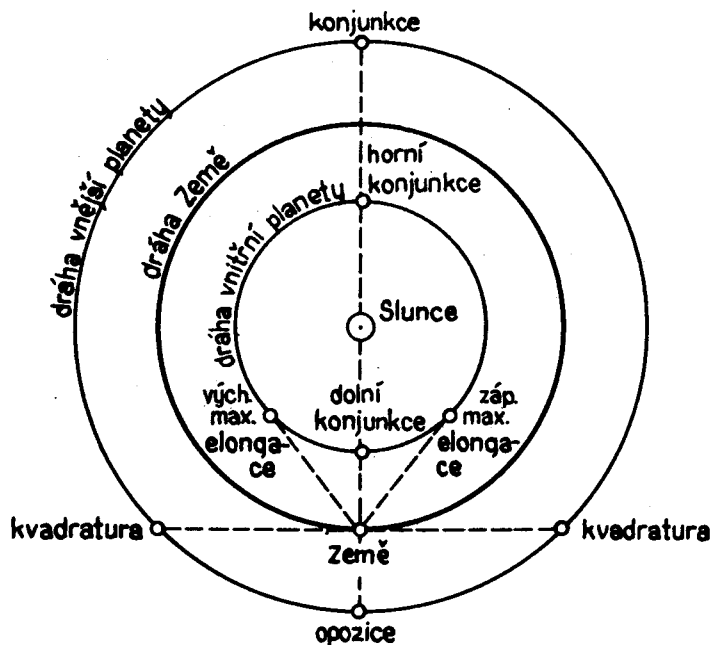
- rovňová a ekliptikální souhvězdí a zdánlivá roční dráha Slunce mezi nimi (ekliptika),
- viditelnost jednotlivých ekliptikálních souhvězdí během roku

okolí nemůže být při pozorování vidět. Po celou noc jsou však dobře pozorovatelná souhvězdí a hvězdy na opačné straně oblohy. Souhvězdí ležící na obloze v pásu v blízkosti ekliptiky (viz obr. 6.2a) se dělí podle viditelnosti na souhvězdí jednotlivých ročních dob (souvězdí jarní, letní, podzimní a zimní).

V minulosti ekliptikální souhvězdí označovala „důležitá“ postavení planet, Slunce a Měsíce a byla proto nazývána **znamení**. Vlivem precesního pohybu Země (část 13.3) se posunuly začátky všech znamení asi o jedno souhvězdí. Dnes jsou znamení definována jako úseky na ekliptice po 30° od jarního bodu (ve směru rostoucí rektascenze) bez ohledu na skutečná souhvězdí.

6.2.3 ASPEKTY, SKUTEČNÉ A ZDÁNLIVÉ POHYBY PLANET

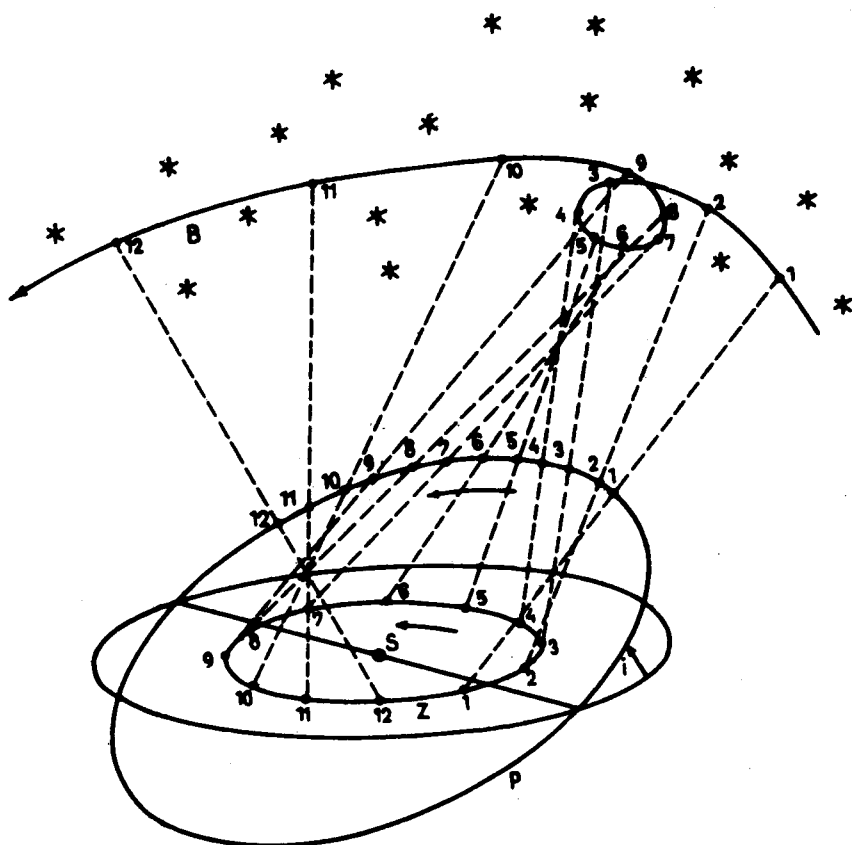
Označení některých význačných zdánlivých poloh planet (těles) na obloze vzhledem ke Slunci a Zemi nazýváme **aspekty**. Nejdůležitější aspekty jsou **konjunkce**, **opozice** a **elongace** (obr. 6.3).



6.3 Aspekty

Konjunkce (tj. **spojení**) je okamžik, kdy mají dvě planety (tělesa) stejnou rektascenzi (**konjunkce v rektascenzi**) nebo ekliptikální délku (**konjunkce v délce**). Rozeznáváme konjunkci dvou (více) planet, konjunkci planety s Měsícem či hvězdou, nebo konjunkci planety se Sluncem. Různé konjunkce planet se Sluncem jsou znázorněny na obr. 6.3. U vnitřních planet (planety Merkur a Venuše) rozeznáváme **konjunkci dolní**, je-li planeta mezi Sluncem a Zemí, a **horní**, je-li Slunce mezi planetou a Zemí. U Měsíce nastává pouze konjunkce dolní, která se nazývá nov. Jestliže při konjunkci souhlasí i druhá souřadnice (deklinace nebo ekliptikální šířka) a polohy obou těles se na obloze kryjí, vzniká zákryt, zatmění nebo přechod.

Opozice je opakem konjunkce. Je to okamžik, kdy má planeta (těleso) a Slunce o 180° rozdílnou rektascenzi (**opozice v rektascenzi**) nebo ekliptikální délku (**opozice v délce**). U vnitřních planet nemůže opozice nastat. V době opozice je těleso na opačné straně oblohy jako



6.4 Vznik smyček na obloze u vnějších planet

Slunce a kulminuje (vrcholí) kolem pólnoci. Měsíc je při opozici v úplňku. Někdy se uvádí také pojem *syzygie*, což je souhrnný název pro konjunkci a opozici u vnějších planet, nebo nov a úplněk u Měsíce.

Elongace je úhlová vzdálenost vnitřních planet od Slunce. Vychází-li planeta před Sluncem na východě, je Jitřenkou a má **elongaci západní**. Je-li pozorovatelná po západu Slunce na západě, je Večernicí a má **elongaci východní**. Největší hodnoty elongací činí u Merkuru $27^{\circ}56'$ a u Venuše $47^{\circ}47'$.

Kvadratura je postavení vnější planety nebo Měsíce tak, že úhel Slunce – Země – planeta (Měsíc) je přesně 90° ,

Pohyby planet mezi hvězdami patří k nejdéle sledovaným pohybům vesmírných těles. Protože některé z nich jsou pozorovatelné prostým okem, neušly pozorovatelům zajímavosti jejich pohybů. Vzhledem k tomu, že pohyby planet pozorujeme ze Země, jsou tyto pohyby pouze zdánlivé. Měřením těchto zdánlivých pohybů u vnějších planet (planet, které obíhají kolem Slunce dále než Země) lze zjistit, že planeta se mezi hvězdami pohybuje od západu k východu (**pohyb přímý**). V blízkosti opozice dojde ke zpomalení a zastavení tohoto pohybu, který se změní na pohyb zpětný. Po určité době dojde k zastavení tohoto zpětného pohybu a planeta se začne pohybovat opět přímým směrem. Na obloze mezi hvězdami vykoná planeta tzv. **smyčku**. Smyčky jsou nejlépe pozorovatelné u planety Marsu. Vysvětlení tohoto jevu na obloze bylo obtížně řešitelné pro geocentrickou soustavu Ptolemaiovu, ale z heliocentrické soustavy Koperníkovy smyčky při pohybu planet přímo plynou. Jejich vznik (obr. 6.4) je dán skládáním pohybů planety a Země kolem Slunce a projekcí tohoto pohybu na nebeskou sféru.

Na obr. 6.4 je Z dráha Země a čísla 1–12 jsou označeny polohy Země v jednotlivých měsících. Na dráze planety P jim odpovídají polohy planety 1–12. Projekcí na oblohu získáme příslušné místo planety 1–12 mezi hvězdami. Obecně se planety pohybují kolem Slunce ve shodě s Keplerovými zákony. Jejich dráhy neleží přesně v rovině ekliptiky, ale jsou k ní skloněny (viz tab. 3.1). Čím větší je sklon planety k ekliptice, tím otevřenější je smyčka.

Různé vzdálenosti planet od Slunce způsobují, že rychlosti planet na jejich drahách jsou velmi rozdílné. Z tab. 3.1, sloupce „Siderický střední denní pohyb“ je patrné, že změna poloh u planet blízkých ke Slunci je značná, ale u vzdálenějších postupně klesá. Znamená to, že bližší planety ke Slunci můžeme pozorovat v průběhu roku na obloze v různých souhvězdích, ale vzdálenější planety „setrvávají“ delší dobu prakticky ve stejné části oblohy.

6.3 Pohyb Měsíce

Měsíc je přirozenou družicí Země. Byl odpradáвна sledován a lidé si podrobně všimli i jeho pohybů. Známe byly především jeho fáze a zatmění. Později si lidé uvědomili, že vidí z Měsíce stále stejnou část povrchu a správně usoudili, že doba jeho oběhu kolem Země se rovná době jeho otočení kolem vlastní osy.

6.3.1 FÁZE MĚSÍCE

Velmi jednoduše lze sledovat změnu tvaru osvětlení části Měsíce – tzv. **fáze**. Vznik fází je velmi jednoduchý a je způsobován různým vzájemným postavením Měsíce, Slunce a Země (obr. 6.5). Když je Měsíc v konjunkci se Sluncem, je jeho ozářená polokoule odvrácená od Země – vznikl **nov** (poloha 1 na obr. 6.5.). V případě opozice je celá osvětlená část Měsíce přivrácená k Zemi – vznikl **úplněk** (poloha 5). Je-li Měsíc v kvadratuře (polohy 3 a 7), nastává **první** a **poslední čtvrt**. V ostatních případech je vidět jenom část osvětlené plochy. Na obr. 6.5. jsou na vnitřní kružnici vyznačeny polohy Měsíce a jejich osvětlování od Slunce (ve směru rovnoběžných šipek) a na vnější kružnici je zobrazena podoba Měsíce při pozorování ze Země.

Doba, za kterou se vystřídají všechny fáze od novu k novu, je rovna synodickému měsíci (část 6.3.2). Počet dní uplynulých od okamžiku novu nám udává **stáří Měsíce**.

6.3.2 POHYBY MĚSÍCE V PROSTORU

Měsíc se v průběhu svého **zdánlivého pohybu** promítá do ekliptikálních souhvězdí, neboť rovina jeho dráhy má k rovině ekliptiky sklon $i_{\oplus} = 5^{\circ}08'43''$.

Díky tomuto sklonu dráhy Měsíce k ekliptice může Měsíc dosáhnout největší výšky nad obzorem h_1 :

$$h_1 = 90^{\circ} - \varphi + (\varepsilon + 5^{\circ}08'43''), \quad (6.4)$$

nejmenší h_2 :

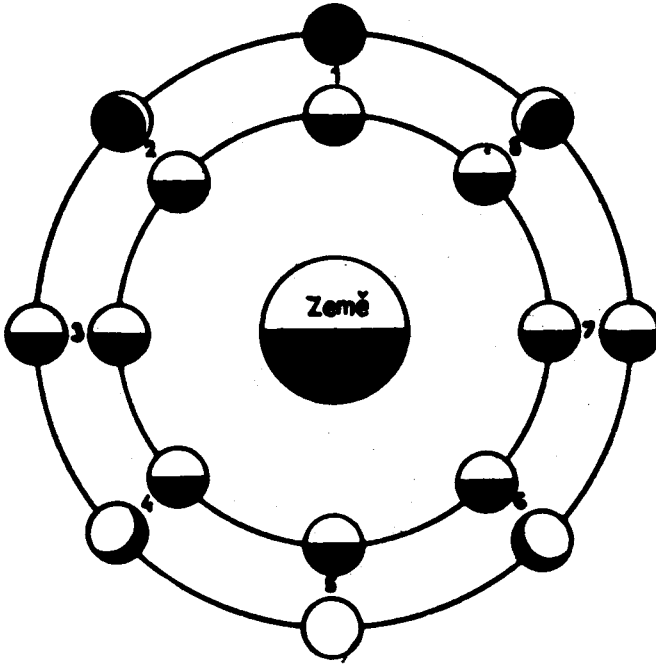
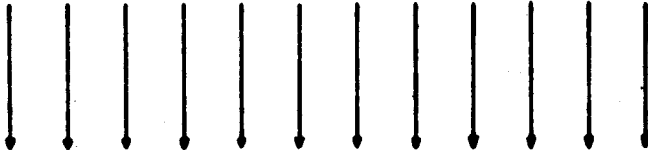
$$h_2 = 90^{\circ} - \varphi - (\varepsilon + 5^{\circ}08'43''). \quad (6.5)$$

Měsíc se pohybuje po mírně eliptické dráze s výstředností $e = 0,054\ 90$, takže se k Zemi přibližuje a vzdaluje se od ní. Největší vzdálenost v **odzemi** (**apogeu**) činí 406 740 km, nejmenší vzdálenost v **přízemí** (**perigeu**) 356 410 km, přičemž střední vzdálenost Země – Měsíc je 384 405 km.

Podle vztažných bodů rozeznáváme u Měsíce různé **periody** jeho oběhu kolem Země (určené ke středu Země):

1. **Měsíc siderický** – je doba oběhu Měsíce vzhledem ke hvězdám, která činí $27^{\text{d}}\ 07^{\text{h}}\ 43^{\text{min}}\ 11,5^{\text{s}}$.

Slunce



6.5 Fáze Měsíce (vysvětlení v textu)

2. **Měsíc synodický** – je doba oběhu Měsíce vzhledem ke Slunci (od úplňku do úplňku) v délce $29^d 12^h 44^{\min} 02,8^s$.

3. **Měsíc tropický** – je dán intervalem mezi dvěma průchody Měsíce jarním bodem a trvá $27^d 07^h 43^{\min} 04,6^s$.

4. **Měsíc anomalistický** – je doba potřebná k tomu, aby Měsíc dosáhl stejné anomálie. Odpovídá intervalu mezi dvěma průchody přízemím (přímka apsid se otáčí ve směru pohybu Měsíce jednou přibližně za 9 let). Anomalistický měsíc trvá $27^d 13^h 18^{\min} 33,1^s$.

5. **Měsíc drakonický** – je doba mezi dvěma průchody výstupným uzlem. Uzlová přímka se otáčí proti pohybu Měsíce a uzel vykoná jeden celý oběh za 18,66 roků. Drakonický měsíc trvá $27^d 05^h 05^{\min} 35,8^s$.

Právě skutečnost, že se rovina dráhy stáčí, má zajímavé následky. Tento pohyb způsobuje, že při pozorování Měsíce na obloze projde Měsíc při každém dalším oběhu jiným místem mezi hvězdami v pásu ekliptikálních souhvězdí. Do stejného místa oblohy se tedy Měsíc dostane za 18,66 let.

Známost skutečností je, že Měsíc má **vázanou rotaci**, to znamená, že přivrací k Zemi stále stejnou část svého povrchu. Je to dáno tím, že Měsíc rotuje kolem své osy – vzhledem ke hvězdám – a otočí se jednou za dobu svého siderického oběhu kolem Země. Vlivem této skutečnosti mělo by ze Země být pozorováno přesně 50 % jeho povrchu. Vlivem tzv. **librací (periodické kývavé pohyby)** můžeme pozorovat více.

Librace lze rozdělit na fyzické a optické. **Optické** jsou způsobeny různým vzájemným postavením Země a Měsíce, **fyzické** potom skutečným kýváním měsíčního tělesa. Vzhledem k důsledkům jsou důležitější librace optické, dosahující větších velikostí než fyzické. Celkově lze díky libracím přehlédnout ze Země asi 59 % měsíčního povrchu. Odvrácenou stranu nám umožnily poznat teprve automatické sondy.

Librace optické lze dále dělit na **libraci v šířce**, **libraci v délce** a **libraci paralaktickou**. **Librace v šířce** vzniká tím, že rovina rovníku Měsíce svírá s rovinou dráhy Měsíce kolem Země úhel $6^{\circ}40'$. Vlivem oběhu Měsíce kolem Země se mění přehlédnutá část měsíčního povrchu (obr. 6.6a). **Librace v délce** vzniká tím, že se Měsíc pohybuje po eliptické dráze a ve shodě s druhým Keplerovým zákonem mění na dráze svoji oběžnou rychlost. Jeho otáčení kolem vlastní osy je však rovnoměrné (ve shodě se zachováním momentu setrvačnosti). Vlivem toho natáčí k Zemi jednou východní a podruhé západní polokouli (obr. 6.6b). Výchylka Měsíce takto způsobená dosahuje až $7^{\circ}53'$ (měřeno ze středu Měsíce). Třetí optickou librací je **librace paralaktická**. Vzniká tím, že průměr Země není vzhledem k vzdálenosti Země – Měsíc zanedbatelný. Pozorujeme-li Měsíc z různých míst Země, vidíme ve stejném okamžiku různou část povrchu Měsíce (obr. 6.6c). Hodnoty této librace dosahují $\pm 1^{\circ}2'$.

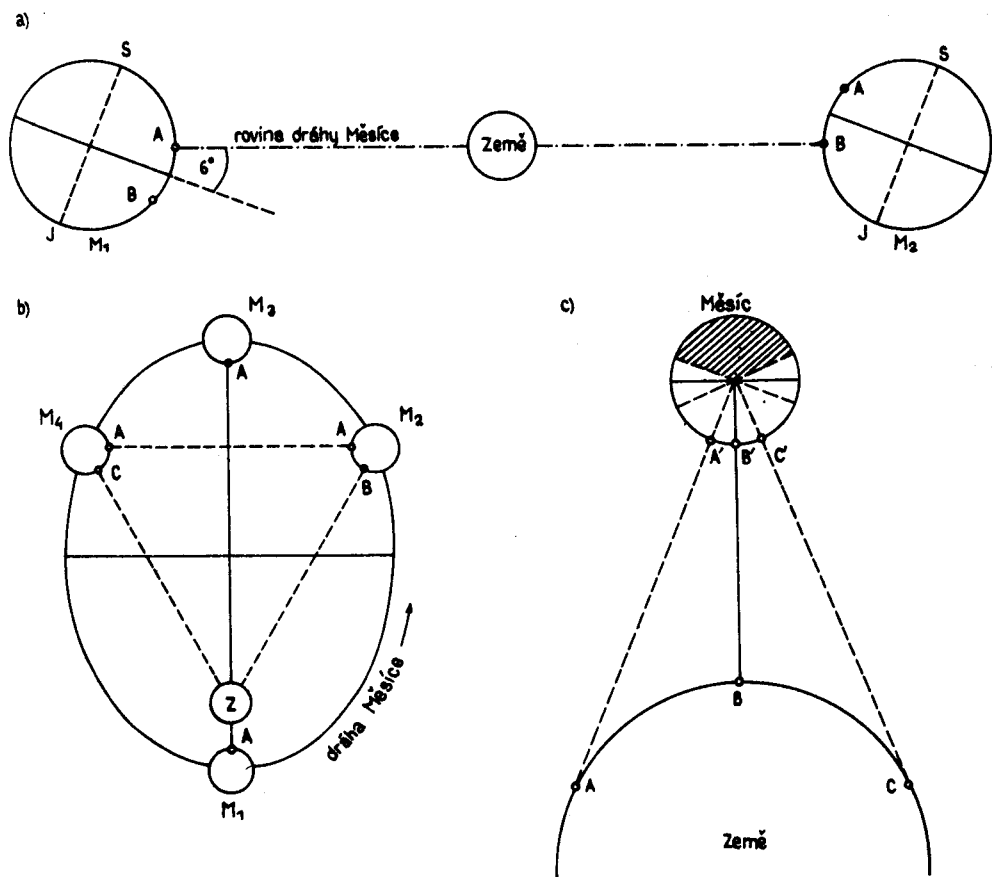
Fyzické librace jsou jen nepatrné a jsou způsobeny tím, že Měsíc není dokonalou koulí, a proto skutečně vykonává kývavý pohyb.

6.3.3 SOUSTAVA ZEMĚ–MĚSÍC A JEJÍ OBĚH KOLEM SLUNCE

Budeme-li vyšetřovat pohyb Měsíce a Země v soustavě heliocentrické, zjistíme, že přesnou dráhu určuje **těžká této soustavy**, které se nachází asi 4675 km od středu Země směrem k Měsíci (viz část 14.1.1).

Měsíc se tedy pohybuje kolem Slunce. Země svou gravitační silou způsobuje jen „zvlnění“ jeho dráhy kolem Slunce. Dráha Měsíce kolem Slunce je **konvexní (vypuklá)**, to znamená, že střed křivosti pro každou její část leží uvnitř této dráhy (obr. 6.7).

Určit absolutní pohyb Měsíce (stejně jako i jiných vesmírných těles) není možné, neboť ten závisí na vztažné soustavě, ve které pohyb vyšetřujeme.

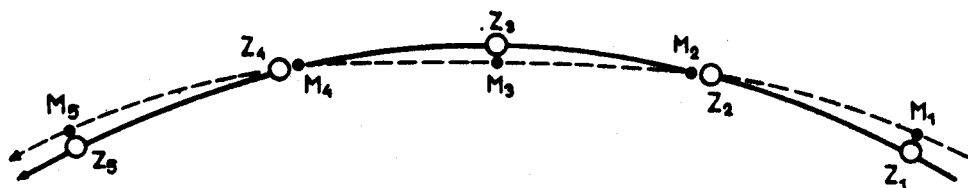


6.6 Schematické znázornění optických librací (podle V. VANÝSKA, 1980):

a) Librace v šířce: M_1 , M_2 jsou postavení Měsíce v protilehlých bodech jeho dráhy (u Měsíce jsou vyznačeny póly S, J, osa rotace a rovina rovníku). Při pozorování v průběhu oběhu Měsíce kolem Země se posouvá střed viditelné části Měsíce v selenografické šířce z bodu A do bodu B a zpět.

b) Librace v délce: M_1 , M_2 , M_3 , M_4 jsou postavení Měsíce v jednotlivých čtvrtinách oběhu Měsíce kolem Země (uvedená postavení Měsíce vyplývají z různé rychlosti Měsíce na dráze v důsledku druhého Keplerova zákona). Body A, B, C jsou pevné body na povrchu Měsíce, který se otáčí rovnoměrně kolem své osy. V průběhu pohybu se posouvá střed viditelné části Měsíce v selenografické délce z bodu A do C a zpět.

c) Paralaktická librace: body A, B, C jsou body na Zemi a A' , B' , C' odpovídající jim body – středy viditelného povrchu Měsíce z různých částí Země ve stejném časovém okamžiku



6.7 Pohyb Země (Z) a Měsíce (M) kolem Slunce

Velmi nápadnými a odedávna známými jevy jsou **sluneční** a **měsíční zatmění**. Tyto poměrně řídké astronomické jevy, dobře pozorovatelné, byly pro mnohé generace naprosto nevysvětlitelné. Lidé se jich báli a přisuzovali jim nadpřirozené vlastnosti. I dnes patří pozorování těchto jevů mezi přední události v astronomii. Kromě těchto nápadných a dobře pozorovatelných zatmění dochází vlivem pohybů jednotlivých těles ve sluneční soustavě k různým vzájemným zákrytům jednotlivých těles (Měsíce, hvězd, planet aj.). Dnes tyto jevy pomáhají především při zpřesňování poznatků o pohybech jednotlivých těles ve vesmíru.

6.4.1 ZATMĚNÍ SLUNCE A MĚSÍCE

Obě zatmění úzce souvisejí s pohybem Měsíce kolem Země. Dopadne-li na zemský povrch stín Měsíce, vzniká **zatmění Slunce**, vstoupí-li Měsíc do stínu naší Země, nastane **zatmění Měsíce**.

Takováto situace může nastat, když se všechna tělesa (Slunce, Měsíc a Země) nacházejí přibližně v jedné přímce. Tato podmínka je splněna, je-li Měsíc v uzlu své dráhy a zároveň v konjunkci nebo opozici se Sluncem.

a) Je-li Měsíc v novu (konjunkci se Sluncem), vzniká **zatmění Slunce**. Vyjdeme-li z obr. 6.8a, vidíme, že v případě zatmění Slunce mohou nastat tři případy zatmění, které jsou pozorovatelné jen v určité části Země:

1. Pozorovatelé na zemském povrchu, kteří se nacházejí přímo v **pásmu totality** (pás kam dopadá úplný stín Měsíce) – a mají tedy zakrytý celý kotouč Slunce – pozorují **zatmění úplné**.

2. Pozorovatelé na zemském povrchu, kde se promítá polostín Měsíce, pozorují jen částečně zakrytý kotouč Slunce. Jsou tedy v oblasti, kde je vidět **částečné sluneční zatmění**.

3. **Prstencové (kruhové) zatmění Slunce** vidí pozorovatelé na povrchu Země nacházející se v ose stínu Měsíce v případě, kdy měsíční stín je kratší než je okamžitá vzdálenost Země od Měsíce (obr. 6.8b). Vzniká tím, že vzdálenost Měsíce od Země se mění a tím se mění i poloha kužele stínu Měsíce v prostoru.

Protože se Měsíc kolem Země pohybuje, probíhá úplné zatmění jen krátkou dobu. V nejpříznivějším případě mohou pozorovatelé z povrchu Země studovat Slunce v totalitě (úplné zatmění) pouze 7 minut. Protože úplné sluneční zatmění umožňuje sledovat vyšší vrstvy sluneční koróny, jinak nepozorovatelné, jsou cenným zdrojem pro astrofyziku. Při úplných slunečních zatměních se proto do pásu totality sjíždějí vědecké expedice provádějící pozorování koróny.

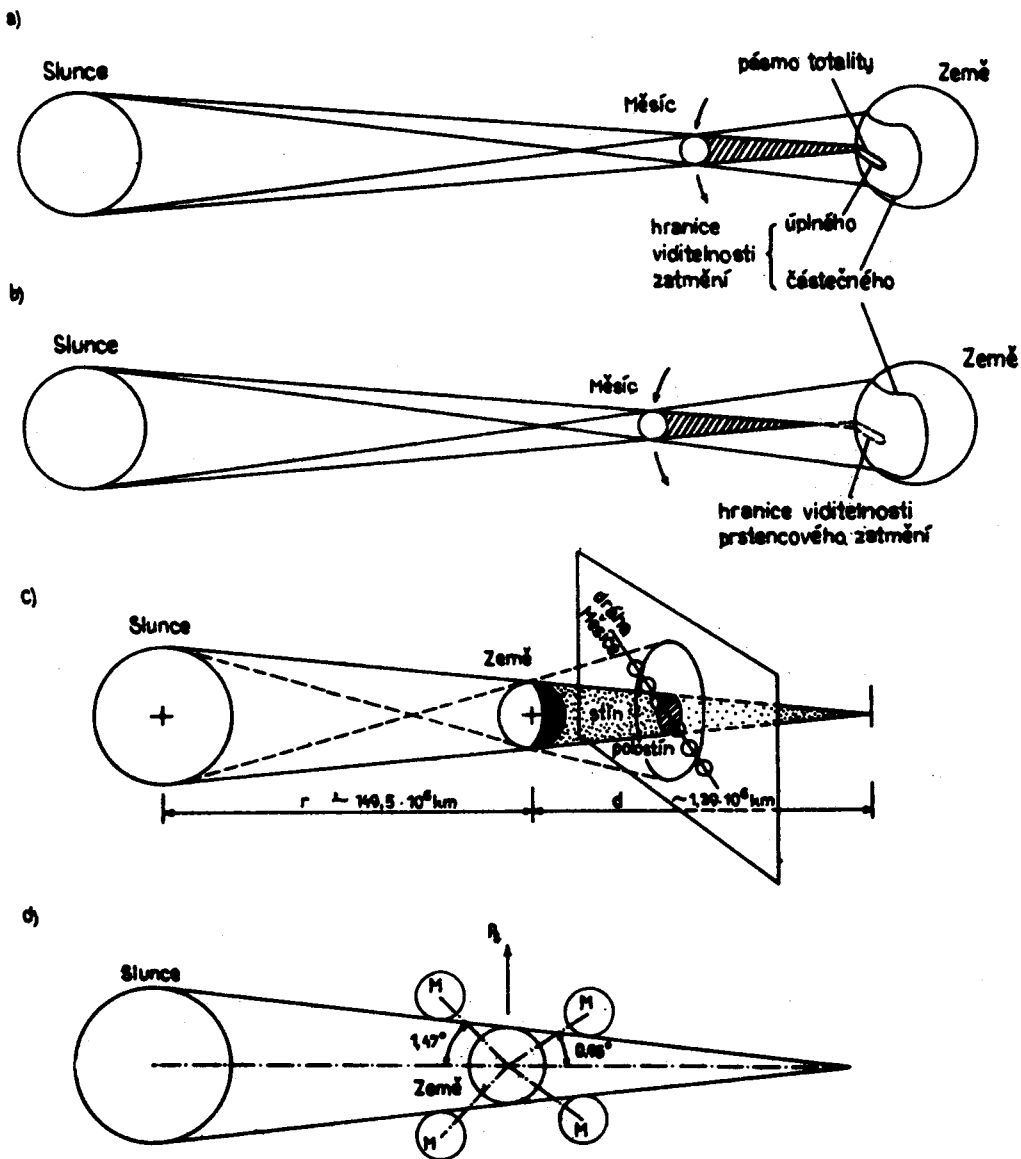
b) Je-li Měsíc v úplňku (v opozici se Sluncem), vzniká **zatmění Měsíce**. Zatmění Měsíce je pozorovatelné z celé části neosvětlené Země (všude tam, kde je Měsíc nad obzorem). Z obr. 6.8c je patrné, které případy u tohoto zatmění rozeznáváme:

1. Pokud se Měsíc nachází celý v kuželu úplného stínu Země, vzniká **úplné měsíční zatmění**.

2. Zasahuje-li jen částečně do kužele úplného stínu Země, vzniká **zatmění částečné**.

3. Dostane-li se na své dráze Měsíc pouze do polostínu Země, hovoříme o **polostínovém zatmění Měsíce**. Pozorovatelé z Měsíce by vlastně viděli částečné zatmění Slunce. Toto zatmění je však pro pozorovatele ze Země nezajímavé. Jas Měsíce poklesne jen velmi málo a tuto změnu je možno zachytit pouze fotometrickými měřeními.

Sluneční a měsíční zatmění se **cyklicky opakují**. Pokud by rovina dráhy Měsíce ležela v rovině ekliptiky, nastávala by zatmění každý nov (zatmění Slunce) a každý úplňk (zatmění Měsíce). Víme však, že tomu tak není, což je dáno vzájemným sklonem těchto drah, který činí $5^{\circ}8'43''$. Aby nastalo zatmění, stačí, aby Měsíc vstoupil do kužele daného tečnými paprsky Slunce a Země (viz obr. 6.8d). Z obrázku je zřejmé, že pro vznik slunečního zatmění stačí, aby byl Měsíc od spojnice Slunce – Země vzdálen méně než $1,47^{\circ}$, kdežto pro vznik měsíčního zatmění je podmínka ostřejší – pouze $0,95^{\circ}$ (polostínové zatmění Měsíce neuvažujeme). Z tohoto faktu vyplývá, proč jsou sluneční zatmění asi 1,55krát častější než zatmění měsíční.



6.8 Schéma slunečních a měsíčních zatmění (podle V. VANÝSKA, 1980):

- a) vznik úplného slunečního zatmění,
- b) vznik prstencového slunečního zatmění,
- c) vznik měsíčních zatmění,
- d) k odvození četnosti měsíčních a slunečních zatmění

Přesně stejná zatmění se opakují s periodou, která je dána nejmenším společným násobkem synodického a drakonického měsíce. Tato perioda se nazývá *saros* a je rovna 223 synodickým a 242 drakonickým měsícům. V této velmi dlouho známé periodě nastává 41 slunečních a 29 měsíčních zatmění.

Do této skupiny patří celá řada jevů pozorovatelných na obloze. Mezi nejdůležitější patří **zákryty hvězd Měsícem**. Obdobně jako u zatmění se zde Měsíc ocitá mezi hvězdou a Zemí. Zákryty lze pozorovat pouze u jasných hvězd, které leží v pásu podél ekliptiky, kde se pohybuje Měsíc. Při vlastním zákrytu se určuje čas začátku zákrytu (zmizení hvězdy za měsíčním kotoučkem) a čas konce zákrytu (objevení se hvězdy za měsíčním kotoučkem) a čas konce zákrytu (objevení se hvězdy na opačné straně Měsíce). Zákrytů hvězd Měsícem užíváme ke zpřesnění pohybů Měsíce.

Mezi další podobné jevy patří:

- **zákryty hvězd planetami,**
- **zákryty měsíců u jiných planet** (především u Jupitera),
- **zákryty rádiových zdrojů Měsícem a Sluncem,**
- **přechody planet přes sluneční disk,**
- **zatmění umělých družic aj.**

Všechny uvedené jevy patří ke speciálním pozorováním, která upřesňují polohy a pohyby těles jak ve sluneční soustavě, tak i mimo ni. Podrobné seznámení s těmito pozorováními a aplikacemi uvádí např. J. BOUŠKA a V. VANÝSEK (1963) nebo F. LINK (1961).