

Kroužek pro přírodovědecké talenty - 2019

I – lekce 27



MĚSÍC - II



MĚSÍC

- nejbližší kosmické těleso - 1,3 s
- po Slunci 2. nejjasnější těleso na obloze
- přibližně stejný zdánlivý průměr jako Slunce - 32'
- jediné těleso, které navštívil člověk - 12
- vázaná rotace – přivrácená / odvrácená strana
- Země-Měsíc - dvojplaneta

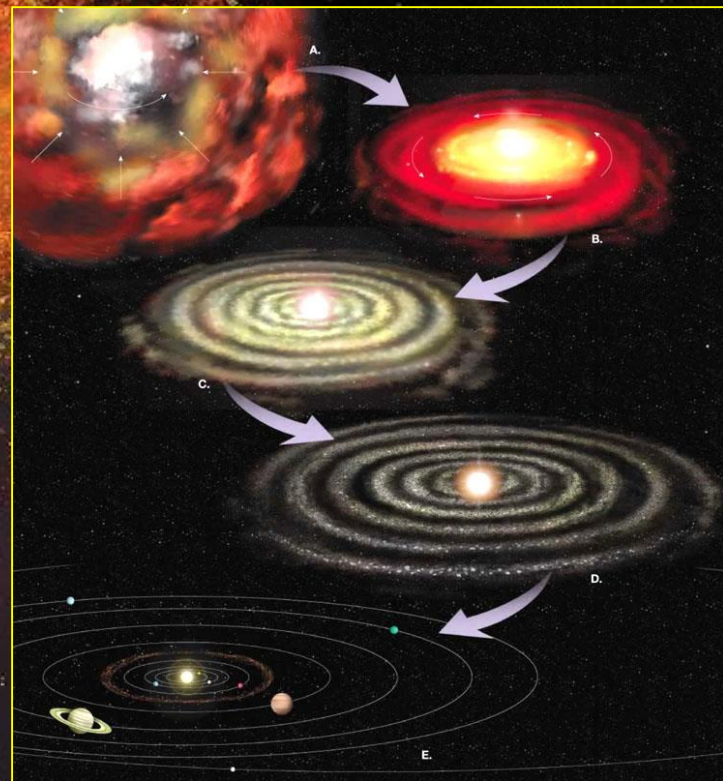


Kde se vzal?

Jak vznik(a)la sluneční soustava?

Teorie (různé):

„velká“ srážka / impakt (planeta Theia)
modifikace – více menších impaktů (min. 2 měsíce)



Srovnání se Zemí

Rovníkový průměr: 3 476 km (1 / 3,7)

Objem: 1 / 50

Hmotnost: 73×10^{21} kg (1 / 81)

Tíhové zrychlení: $1,62 \text{ m/s}^2$ (1 / 6)

Úniková rychlost: $2,4 \text{ km/s}$ (11,2)

Průměrná hustota: $3 344 \text{ kg/m}^3$ (5 515)

Atmosféra: NE (N_2 78%, O_2 21%, Ar 1%; CO_2 0,04%, Ne, He, ...)



Porovnání měsíců

**Země
(1)**



Měsíc

**Mars
(2)**

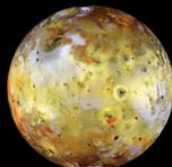
Phobos

Deimos

**Planetka
Ida**

Dactyl

**Jupiter
(69)**



Io



Europa



Ganymede



Callisto

**Saturn
(62)**

Mimas

Enceladus



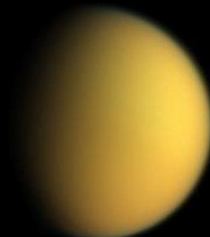
Tethys



Dione



Rhea



Titan

Hyperion



Iapetus

Phoebe

**Uran
(27)**

Puck

Miranda



Ariel



Umbriel



Titania



Oberon

**Neptun
(14)**

Proteus



Triton

Nereid

**Pluto
(5)**



Charon

Eris

Dysnomia



Země

Pohyb Měsíce po obloze a jeho změny



Rotace i pohyby Země ale i Měsíce

*Střední doba mezi dvěma průchody Měsíce poledníkem – 24 hod 50 min
(za 1 hod o svůj průměr)*

Střední doba mezi dvěma průchody Slunce poledníkem – ???

Rotace kolem osy

jednou za 27,3 dne, ale za stejnou dobu oběhne Zem

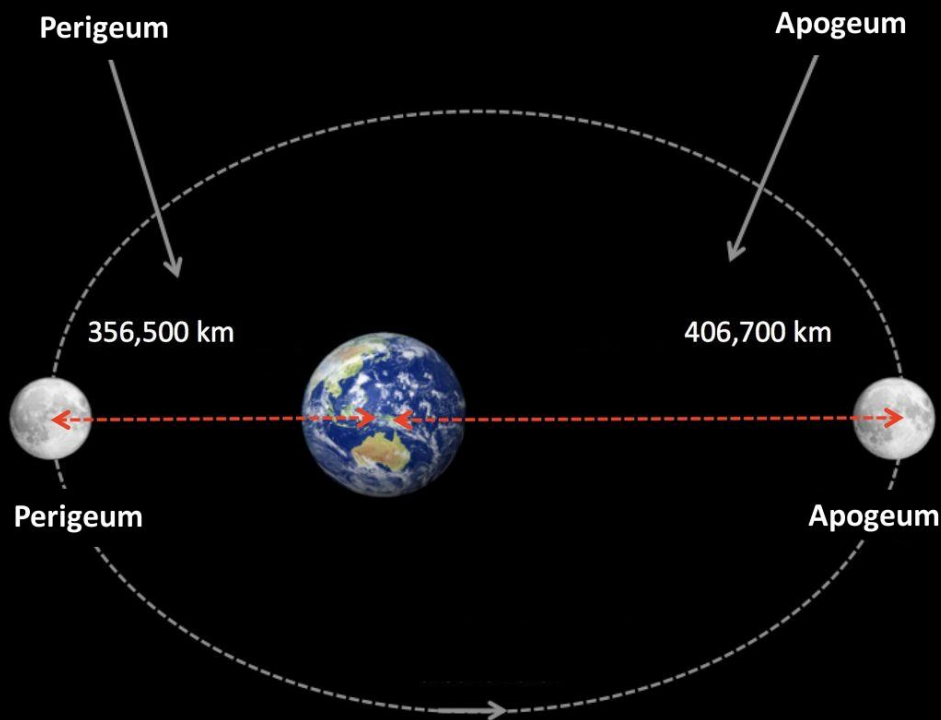
*vidíme stále stejnou (přivrácenou) stranu
= „vázaná rotace“*



(Luna 3 – 7.10.1959 !!!)



Oběh kolem Země



Dráha = elipsa

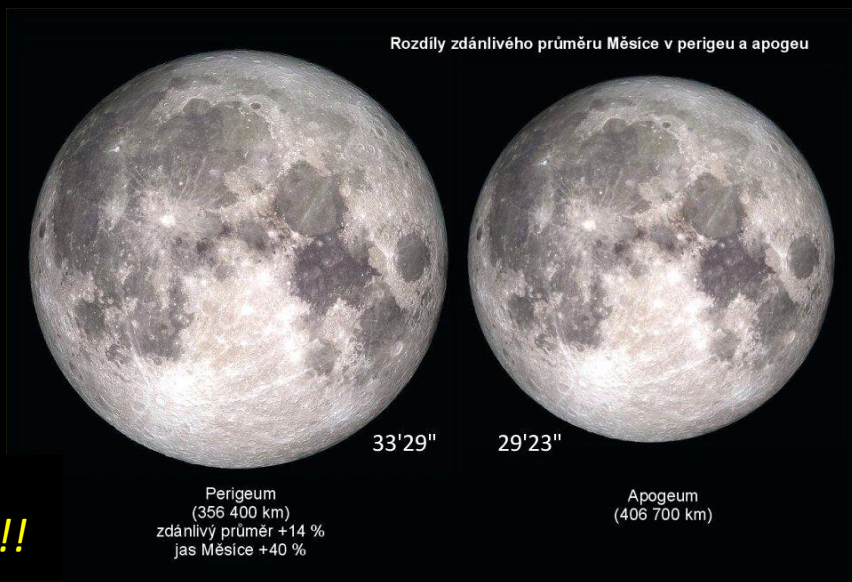
přízemí – 356 500 km

odzemí – 406 700 km

*střední vzdálenost – 384 400 km
(30 průměrů Země)*

Země

Měsíc



Doba oběhu (siderický měsíc) = 27,3 dne

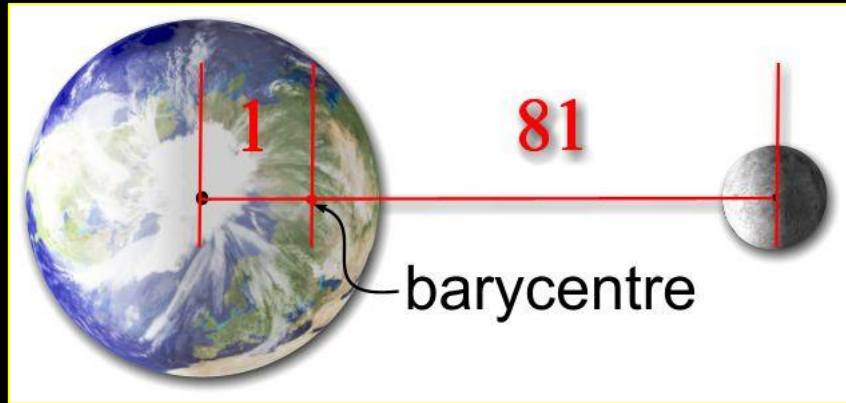
Střední rychlost oběhu – 1,02 km/s = 3 680 km/h

(Keplerovy zákony)

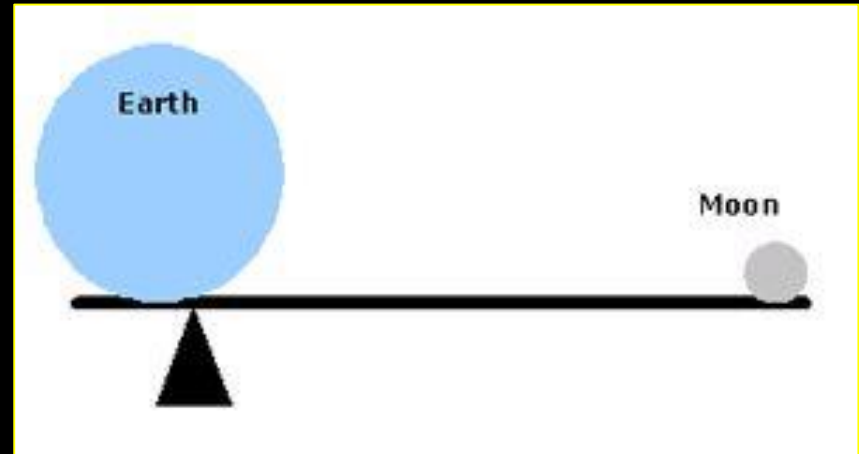
Dráha ALE – není uzavřená křivka (neustále se mění) !!!

Obíhá Měsíc kolem Země?

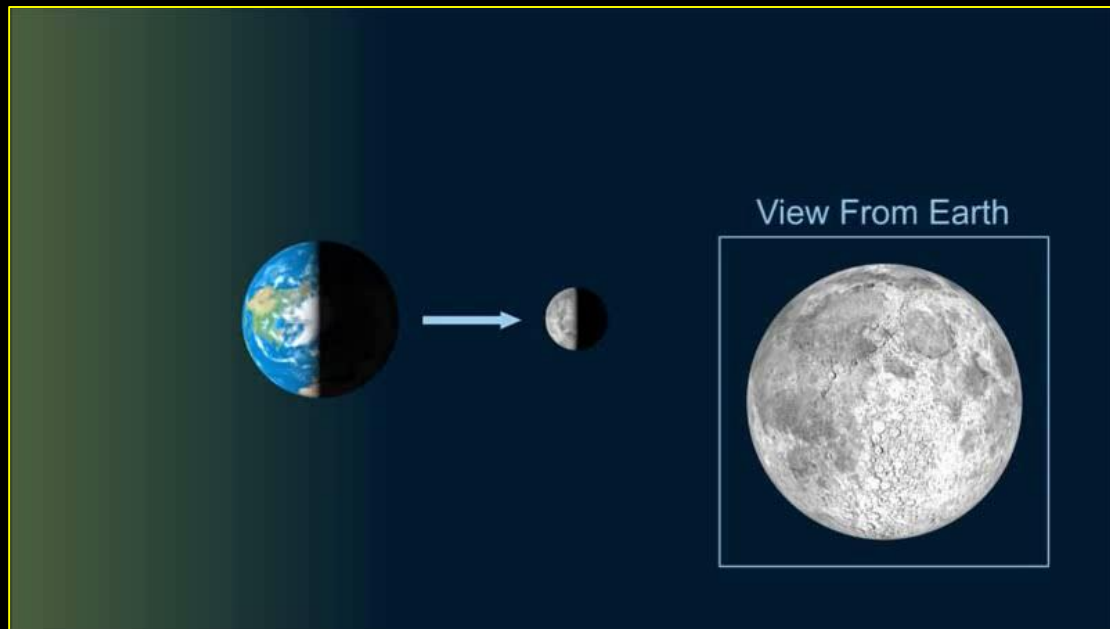
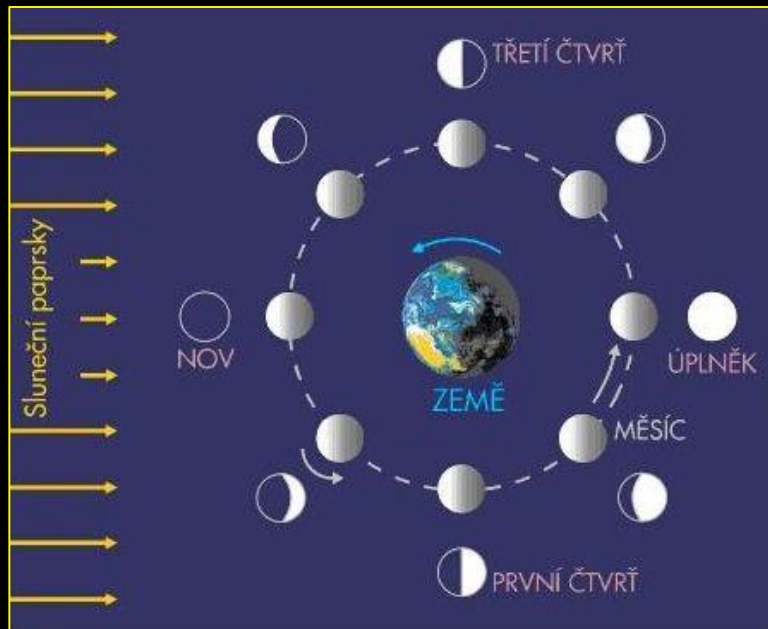
NE!!! – Měsíc i Země obíhají kolem společného těžiště (barycentra)



4 700 km od středu Země (mezi Z a M)



Obíhá Měsíc kolem Země?



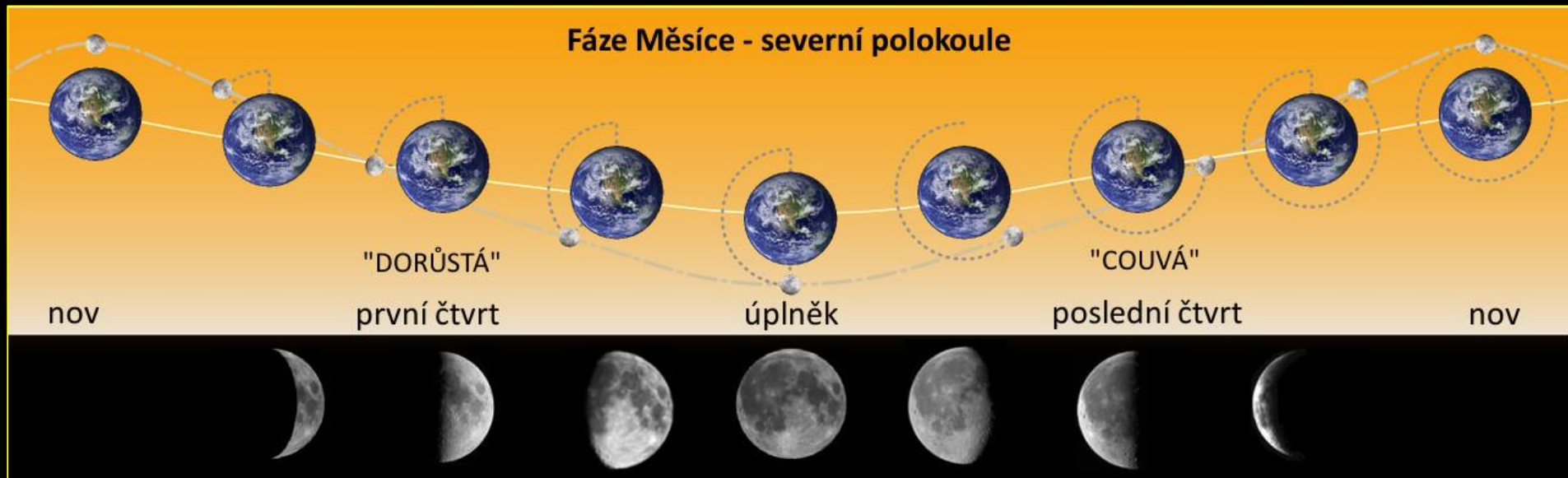
Pokud Zemi zastavíme (nebo letíme s ní nad severním pólem)

*Synodický měsíc (od novu k novu) – 29,53 dne
Lunace – číslování od 17.1.1923 (např. v HR)*

Obíhá Měsíc kolem Země?

Jenže Země obíhá Slunce průměrnou rychlostí - 29,8 km/s = 107 280 km/h !!!

Střední rychlost Měsíce kolem Země je „jen“ 1,02 km/s



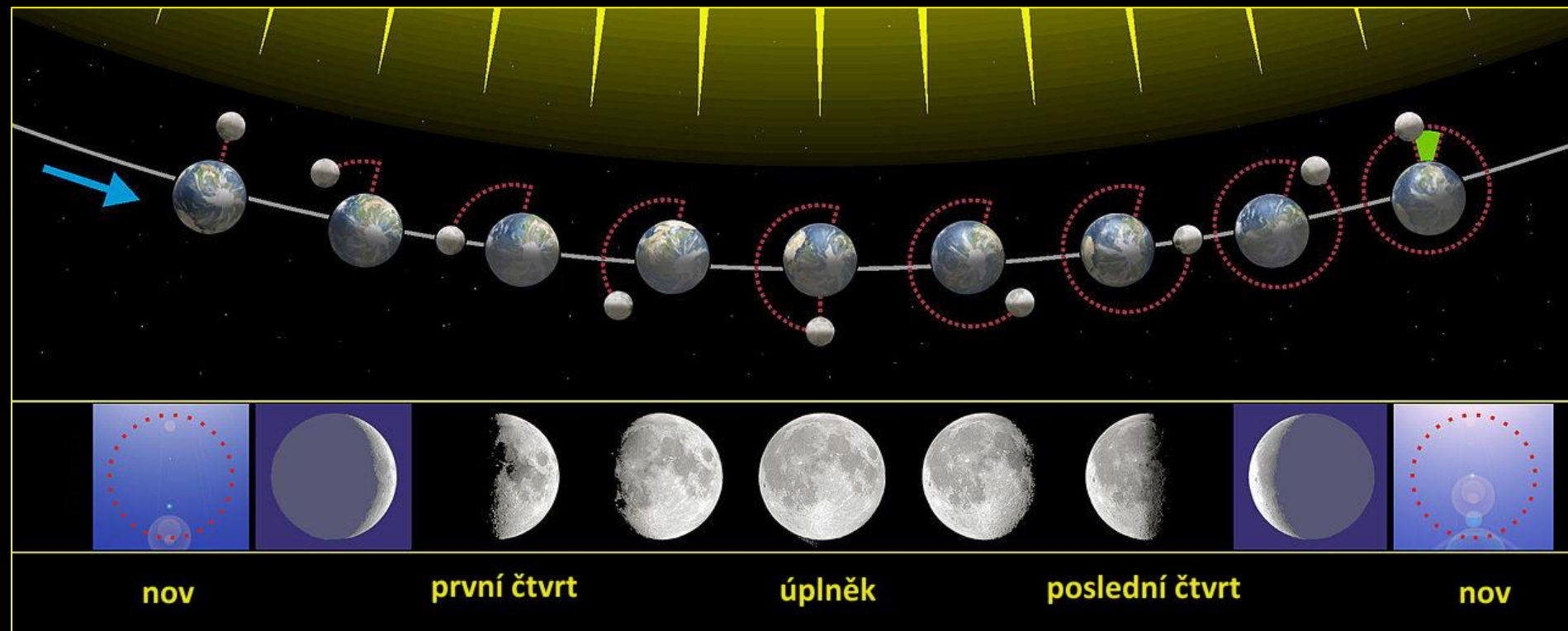
*Po „eliptické“ dráze kolem Slunce letí těžiště soustavy Z-M
Kolem této dráhy se „vlní“ Měsíc (více) i Země (méně – 1/81)*

Fáze Měsíce

„D“

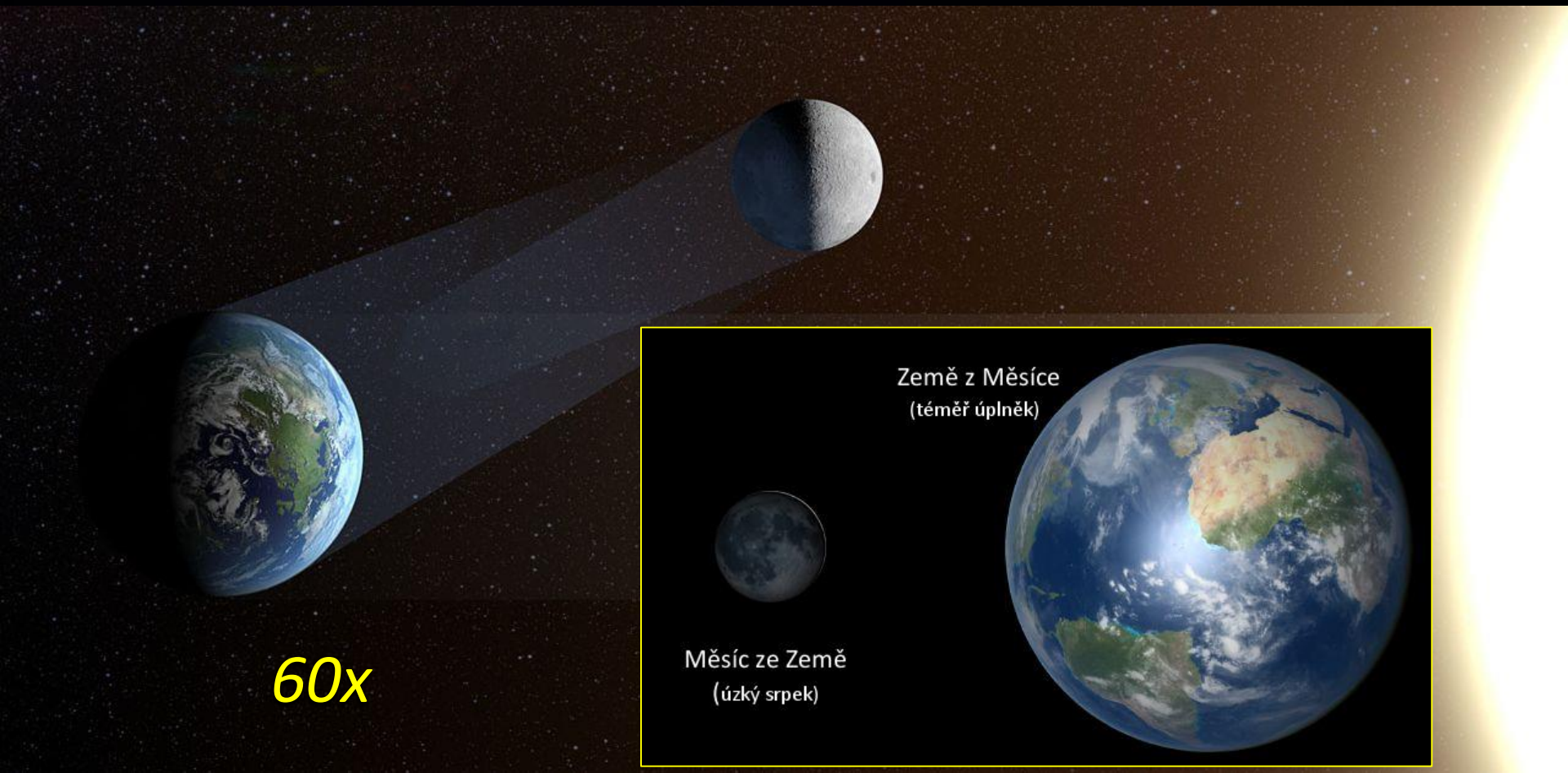
siderický měsíc vs. synodický
27,3 dne vs. 29,5 dne

„C“

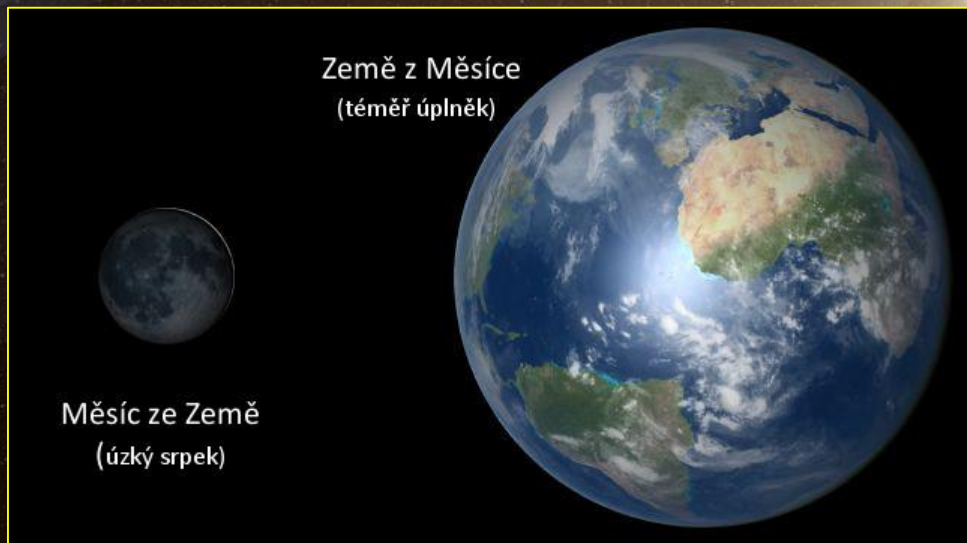


podobně hvězdný a sluneční den na Zemi (rozdíl jen cca 4 minuty)

Popelavý svit ???



60x



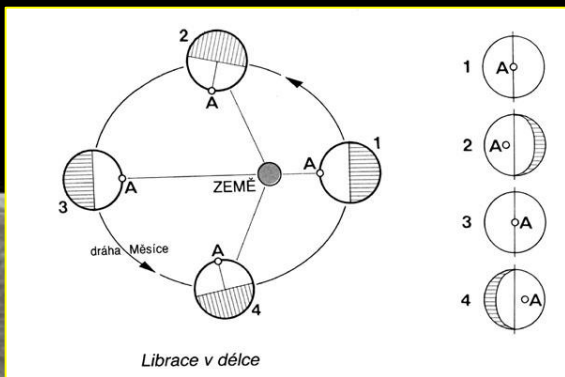
Librace (kývavé pohyby Měsíce)

vázaná rotace Měsíce + librace

- 59% povrchu ze Země
- Země na se měsíčním nebi pohybuje kolem střední polohy

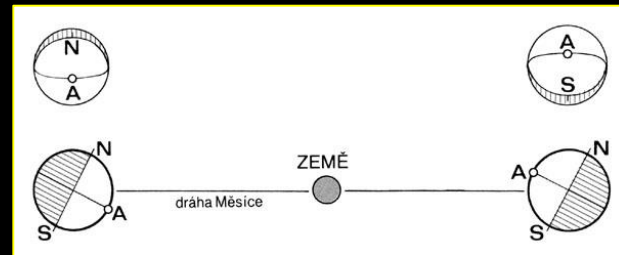
1) librace v délce (+/- 7°54')

- vázaná rotace (stálá rychlost)
- eliptická dráha (různá rychlost)



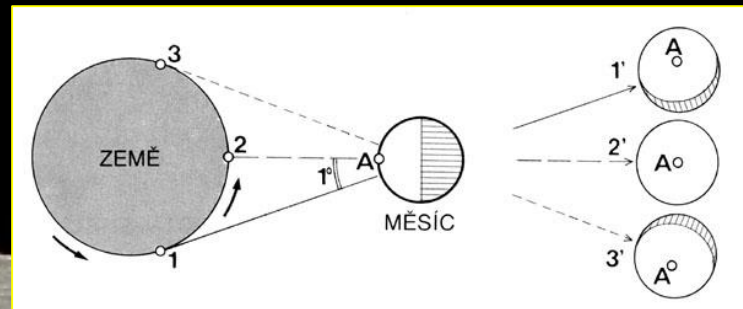
2) librace v šířce (+/- 6°50')

- sklon osy rotace k rovině dráhy



3) librace paralaktická (+/- 1°)

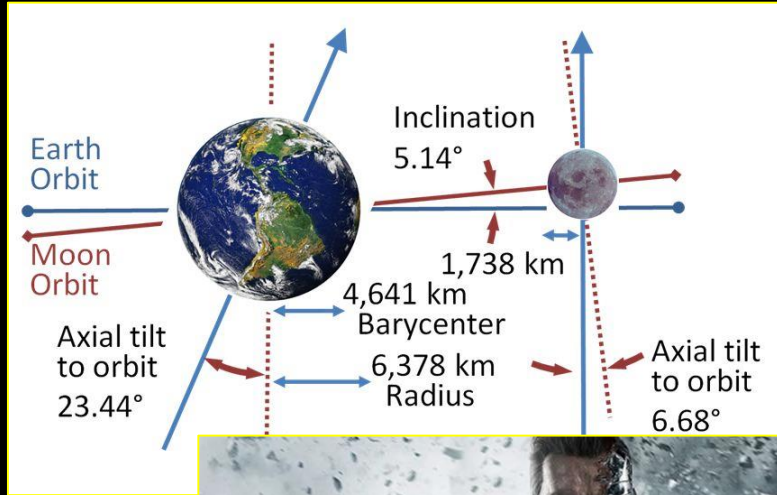
- pozorování z různých míst na Zemi



59%

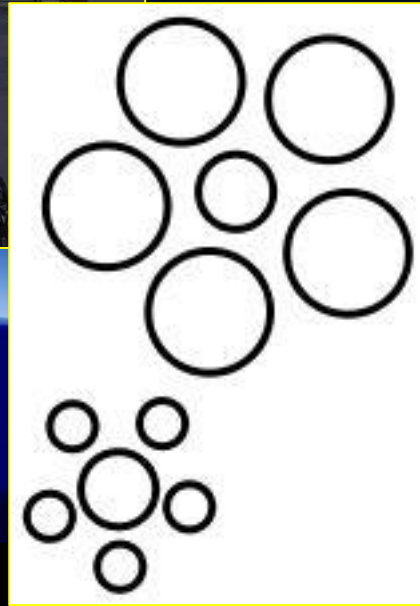
4) librace fyzická (změny rotace, ... - nepatrná)

Změny Měsíce (souhrn)



*terminátor – rozhraní světla a stínu
(denní a noční strany)
ranní / večerní terminátor – D / C*

„Měsíční iluze“



DÚ: malíček, fotka, ...

U obzoru se Měsíc (ale i Slunce) jeví větší

Zatmění ???

Zatmění Slunce – Měsíc v novu



Zatmění Měsíce – Měsíc v úplňku

*Slunce, Země, Měsíc
v jedné přímce*

(Měsíc poblíž uzlu své dráhy)



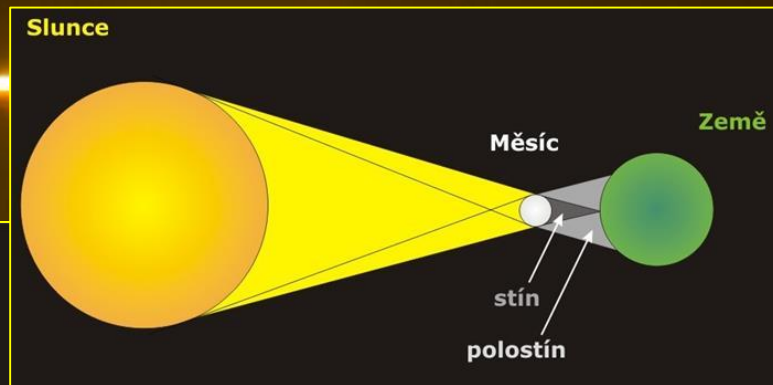
Pokud by byla rovina oběžné dráhy Země (ekliptika) i Měsíce stejná:

- při každém novu – zatmění Slunce*
- při každém úplňku – zatmění Měsíce*

Sklon dráhy k ekliptice – $5,15^\circ$:

- při novu a úplňku většinou k zatmění nedojde

Zatmění Slunce



Vznik tří druhů zatmění Slunce

poloha pozorovatele

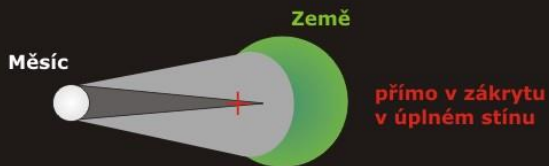
jak vypadá zatmění



mimo osu zákrytu
v polostínu

částečné

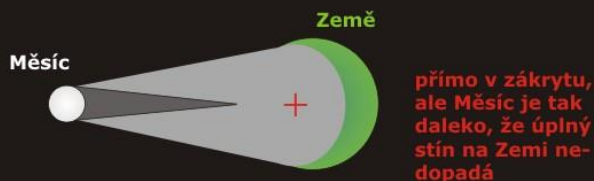
Měsíc zakryje jen
část slunečního disku



přímo v zákrytu
v úplném stínu

úplné

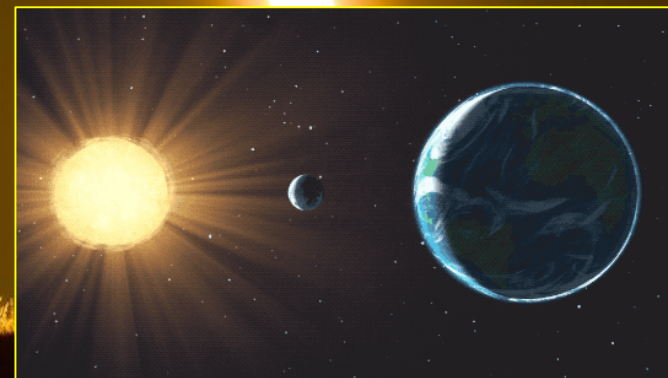
Slunce zmizí z oblohy,
kolem něj začne být
vidět koróna



přímo v zákrytu,
ale Měsíc je tak
daleko, že úplný
stín na Zemi ne-
dopadá

prstencové

Měsíc je uprostřed
slunečního disku,
ale nezakryje ho celý



Úplné zatmění Slunce

- Měsíc je $\sim 400\times$ menší než Slunce, ale $\sim 400\times$ blíže $\rightarrow \sim$ stejný úhlový průměr
- Měsíc v novu
- vzácný jev (Měsíc neobíhá v rovině ekliptiky)
- sice 2 - 5 zatmění za rok, ale pro 1 místo na Zemi v průměru 1 za 360 let
- pás totality – šířka maximálně 270 km
- maximální doba trvání – 7 min 31 s
- lze pozorovat planety, jasné hvězdy
- při částečné fázi – chránit zrak !!!
- důkaz platnosti OTR – ohyb světla v gravitačním poli

Úplné zatmění Slunce

Úplná zatmění Slunce v Česku:

SE2015Ma20T

Made by Xavie
Pas totality 7.10.2135



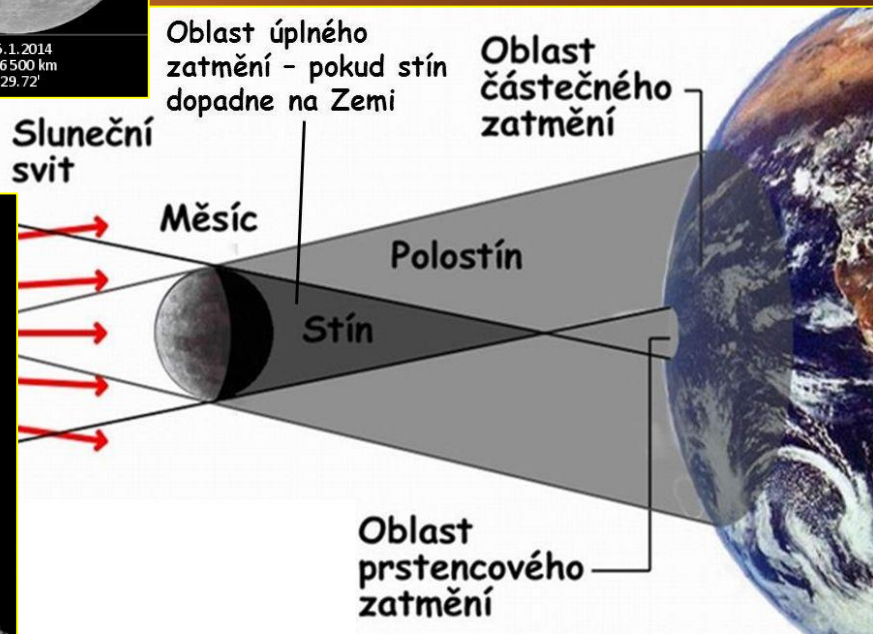
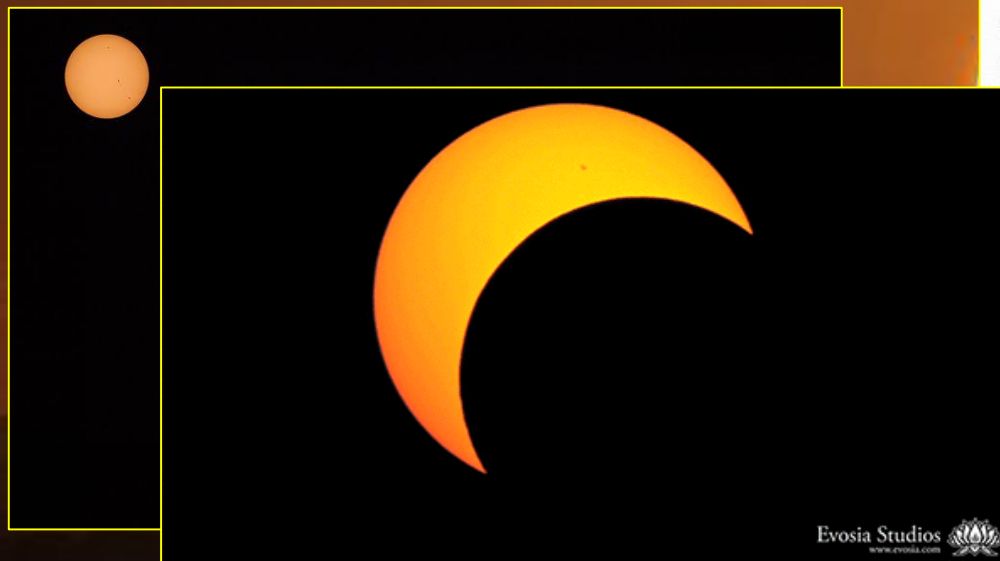
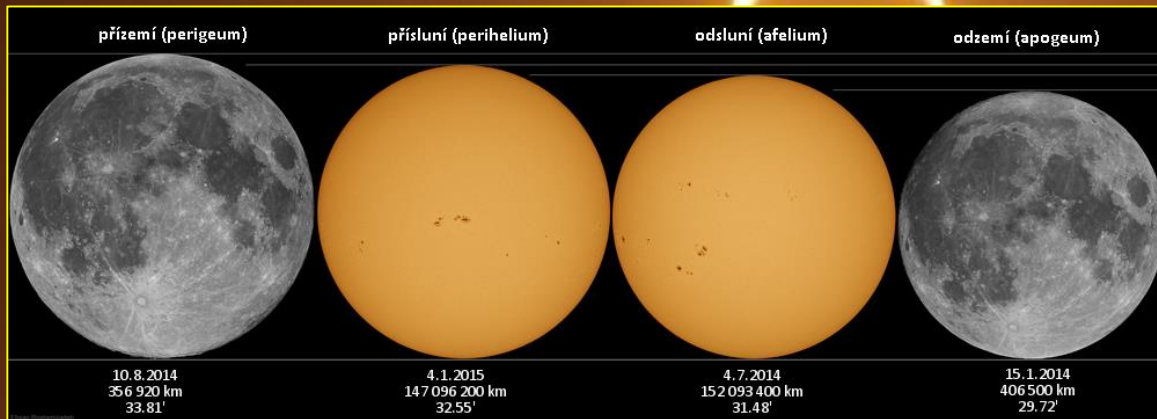
Prstencové zatmění Slunce

Dráhy Země kolem Slunce, podobně

jako Měsíce kolem Země:

*- mají tvar elipsy → úhlový rozměr se
mění během oběhu*

- dráha Měsíce má větší výstřednost



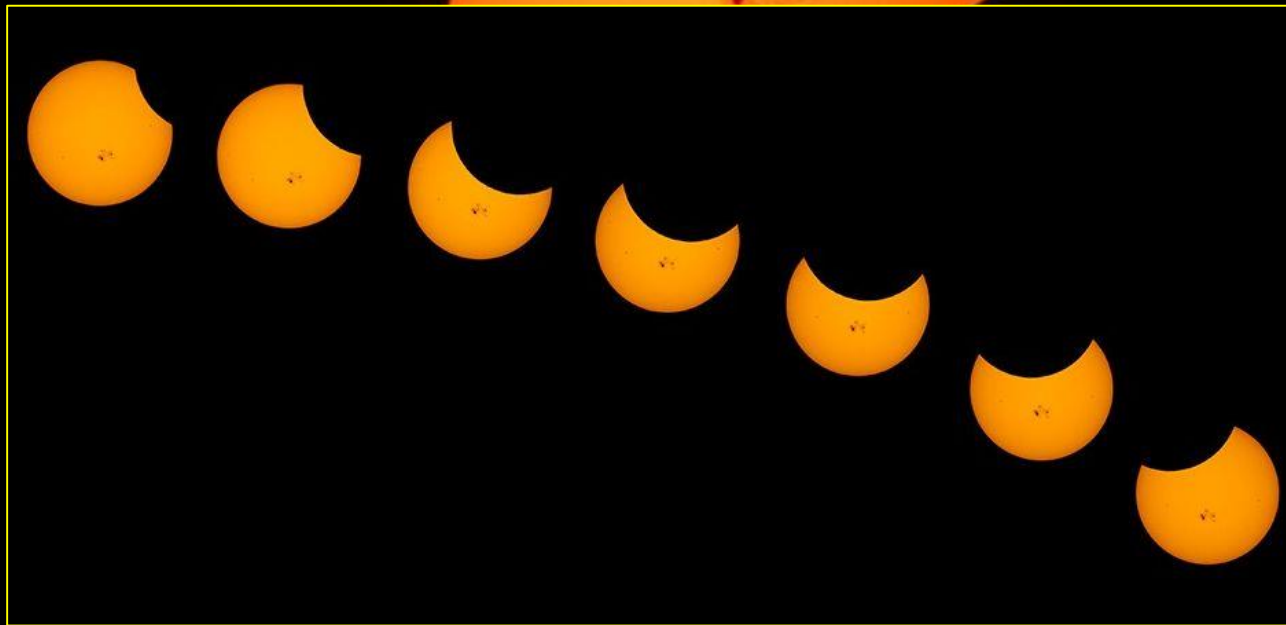
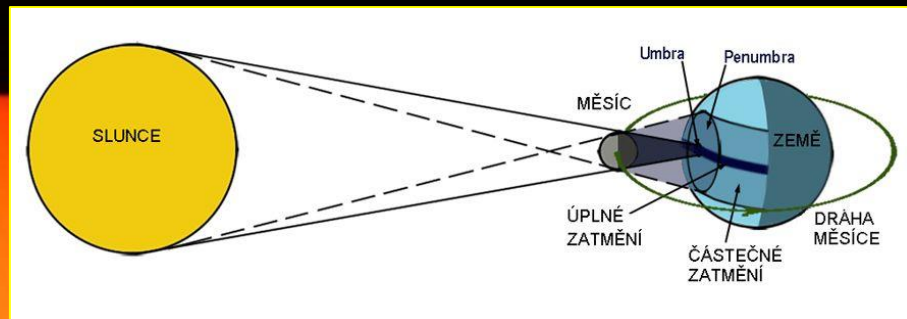
Částečné zatmění Slunce

Částečné zatmění nastává,

pokud je pozorovatel v polostínu:

*- před nebo po zatmění úplném nebo
prstencovém*

- při zatmění částečném



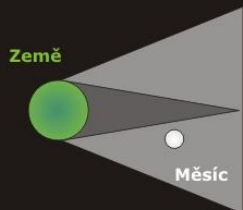
*Při pozorování vždy
chránit zrak vhodným
filtrem !!!!!*

Zatmění Měsíce

Vznik tří druhů zatmění Měsíce

poloha Měsíce

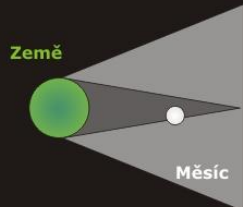
jak vypadá zatmění



Měsíc prolétá pouze polostínem Země

polostínové

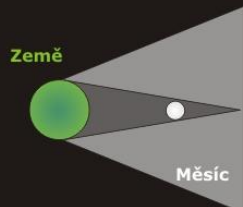
Téměř si ho nelze všimnout. Měsíční úplňk jen trochu méně jasně svítí.



Do plného stínu Země se dostane jen část Měsíce

částečné

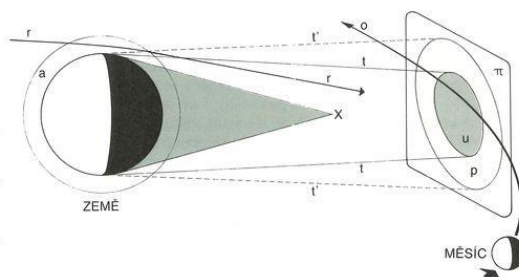
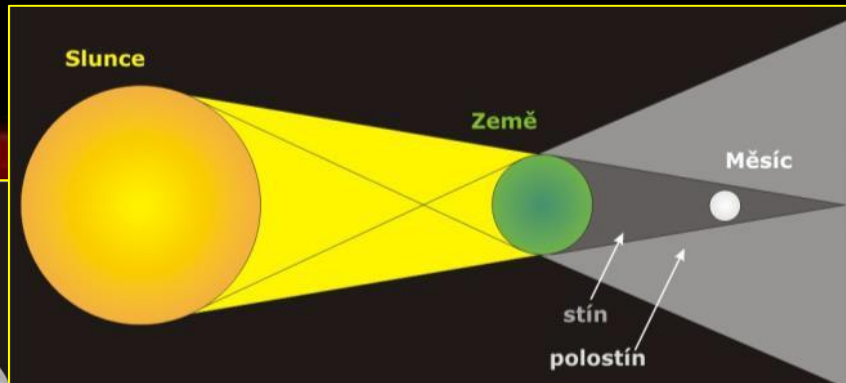
Část měsíčního disku je ponořena ve tmě. Zbylá část svítí méně než při úplňku.



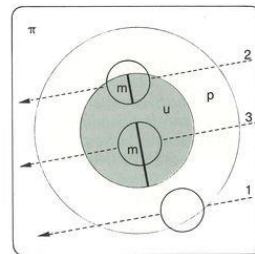
Měsíc prolétá plným stínem Země

úplné

V úplném stínu Země kupodivu není úplná tma. Měsíc zbarví do červena sluneční paprsky rozptýlené zemskou atmosférou.



Geometrické podmínky vzniku zatmění Měsíce



Polostínové (1), částečné (2) a úplné (3) zatmění Měsíce

Úplné zatmění Měsíce

- stín Země u Měsíce - $\sim 80'$ ($2,5 \times$ Měsíc); polostín - $\sim 145'$
- Měsíc v úplňku
- není tak vzácný jev jako úplné zatmění Slunce
- sice 2 - 3 zatmění za rok, ale pozorovatelné z celé polokoule (kde je vidět Měsíc)
- maximální doba trvání úplné fáze - 107 minut
- rychlost Měsíce $\sim 1 \text{ km/s}$ ($1\,800 \text{ km/h}$) - pohyb stínu od $0,5 \text{ km/s}$ (rovník)
- polostínová část zatmění - téměř nepozorovatelná
- při úplném zatmění, pokud by Země neměla atmosféru, byl by Měsíc tmavý
- díky lomu a rozptylu slunečního světla atmosférou - narudlá barva (podobně při V a Z Slunce); barva a tmavost zatmění závisí na stavu atmosféry

polostínové zatmění



Zatmění Měsíce

Aristarchos ze Samu – 3. stol. př. n. l. – „Koperník starověku“



- „zakladatel“ heliocentrického systému

- velikost stínu při zatmění Měsíce

→ Slunce mnohem větší než Země

- poměr velikostí Měsíce, Země a Slunce:

Měsíc asi 3x menší než Země (3,7x)

Slunce asi 7x větší než Země (109x)

Slunce 19x dál než Měsíc (395x)

- hypotéza - vesmír je nekonečný a hvězdy jsou vzdálená slunce

Shrnutí pohybů



Slunce

Rovina
ekliptiky

Měsíc

Vzestupný uzel

Stáčení uzlové
přímky (18,61 let)

Perigeum

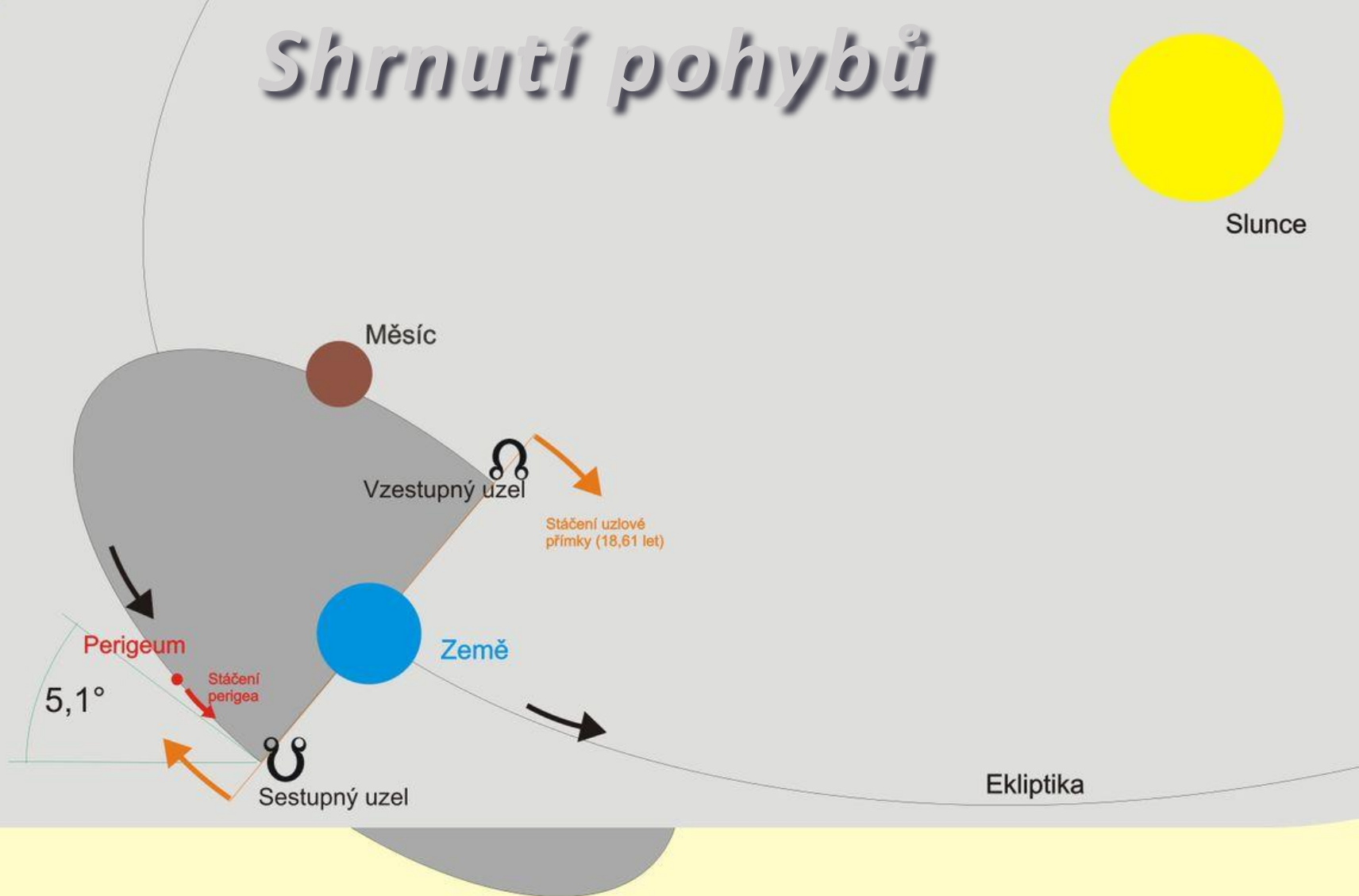
Stáčení
perigea

5,1°

Země

Sestupný uzel

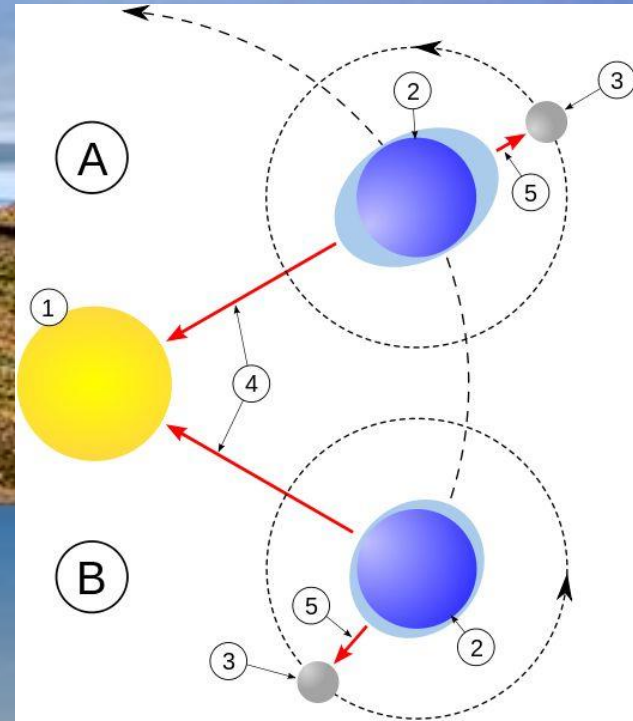
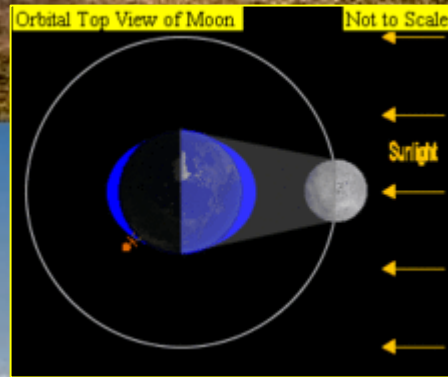
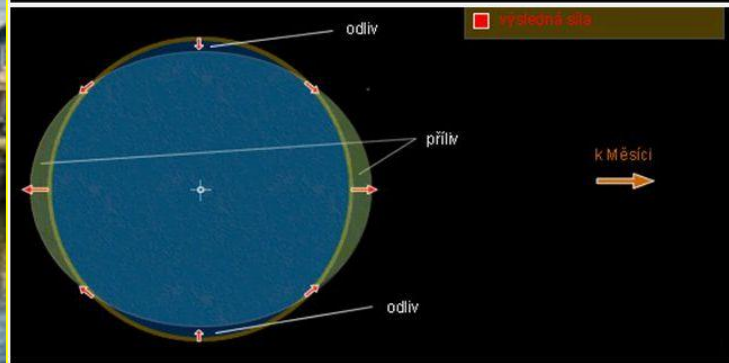
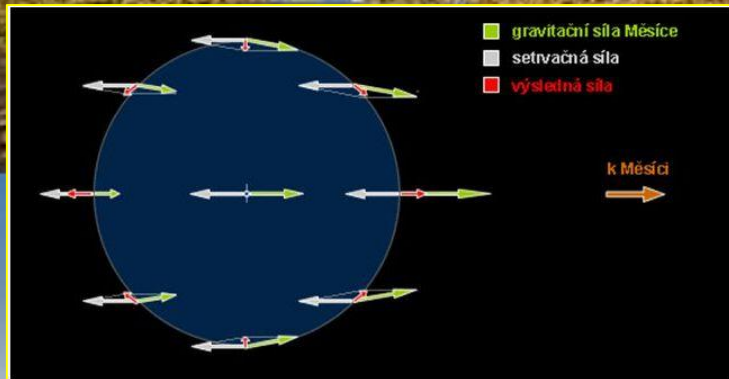
Ekliptika



Slapy ???

dmuť mořské hladiny - příliv / odliv

- deformace hladiny, ale i zemské kůry – Měsíc, Slunce
- rozpad těles (např. komety, satelity u Jupiteru) – Rocheova mez



- rozdíl:

- gravitačního působení Slunce, Měsíce ($1/r^2$)
- odstředivé síly - oběh kolem barycentra (stejná)
- vliv Měsíce a Slunce se sčítá (vektorově)
- skočný příliv – sčítají se (nov, úplňek)
- hluchý příliv – odčítají se (čtvrt)

Slapy

- *zabrzdění rotace Měsíce - vázaná*
- *brždění rotace Země (1,7 s / stol.)*
- *vzdalování Měsíce (4 cm / rok)*
- *opakování po 12 hod 25 min*
- *výška:*

*na volném moři – max. 80 cm
u pobřeží - až 20 m (profil)*



- *pro různá místa různé - komplikované*
- *přístavní čas*

Psychologický test NASA



Vaše kosmická loď ztroskotala na měsíčním povrchu.

Podle programu jste se měli setkat s mateřskou lodí ve vzdálenosti 300 km na osvětlené straně.

Při tvrdém přistání byla vaše kosmická loď poškozena a její zařízení zničeno.

Podařilo se vám zachránit pouze 15 předmětů.

Život posádky závisí na tom, zda se dostanete k mateřské lodi.

Vaším úkolem je proto vybrat pro třístakilometrovou cestu nejpotřebnější věci.

Psychologický test NASA



Uvedených 15 předmětů seřadte podle
pořadí důležitosti pro záchranu života.

Číslem 1 označte nejdůležitější předmět,
číslem 2 druhý nejdůležitější , ...

PŘEDMĚT
Krabička zápalek
Koncentrovaná potrava
Padákové hedvábí
20 m nylonového lana
Přenosné topné těleso na sluneční baterii
Dvě pistole ráže 7,62 mm
Krabice dehydrovaného mléka
Magnetický kompas
Dvě (50 kg) nádrže s kyslíkem
Hvězdná mapa měsíční oblohy
Samonafukovací záchranný člun
25 l vody
Signální rakety
Brašna první pomoci s injekčními jehlami
Přijímač a vysílač s frekvenční modulací na sluneční baterie

Řešení testu

PŘEDMĚT	POŘADÍ	ZDŮVODNĚNÍ
Krabička zápalek	15	Na Měsíci není kyslík – zcela bezcenné.
Koncentrovaná potrava	4	Účinný prostředek pro zásobování potřebnou energií.
Padákové hedvábí	8	Ochrana proti slunečním paprskům.
20 m nylonového lana	6	Užitečné pro zlézání skal, pro připoutávání raněných.
Přenosné topné těleso na sluneční baterii	13	Nepotřebné na osvětlené straně.
Dvě pistole ráže 7,62 mm	11	Možný prostředek vlastního pohonu.
Krabice dehydrovaného mléka	12	Objemnější náhražka koncentrované potravy.
Magnetický kompas	14	Pro navigaci bezcenný, Měsíc nemá polarizované magnetické pole.
Dvě (50 kg) nádrže s kyslíkem	1	Nejnaléhavěji potřebné k udržení života.
Hvězdná mapa měsíční oblohy	3	Základní navigační pomůcka.
Samonafukovací záchranný člun	9	Bombička s CO ₂ může být použita k pohonu.
25 l vody	2	Náhrada značné ztráty vlhkosti na osvětlené straně.
Signální rakety	10	Nouzové signály, až bude mateřská loď v dohledu.
Brašna první pomoci s injekčními jehlami	7	Jehly na vstřikování vitamínů, léků, ... pro speciální zařízení ve skafandru.
Přijímač a vysílač na sluneční baterie	5	Pro spojení s mateřskou lodí. Frekvenční modulace na malé vzdálenosti.

Hodnocení: 0-25 – výborný / 26-32 dobrý / 46-55 – obstojný / 56-70 - slabý