

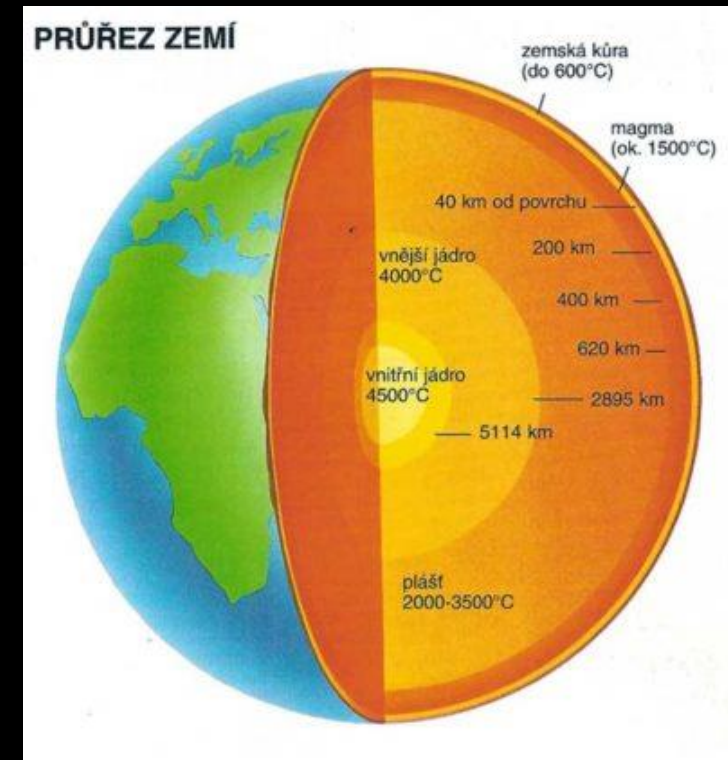
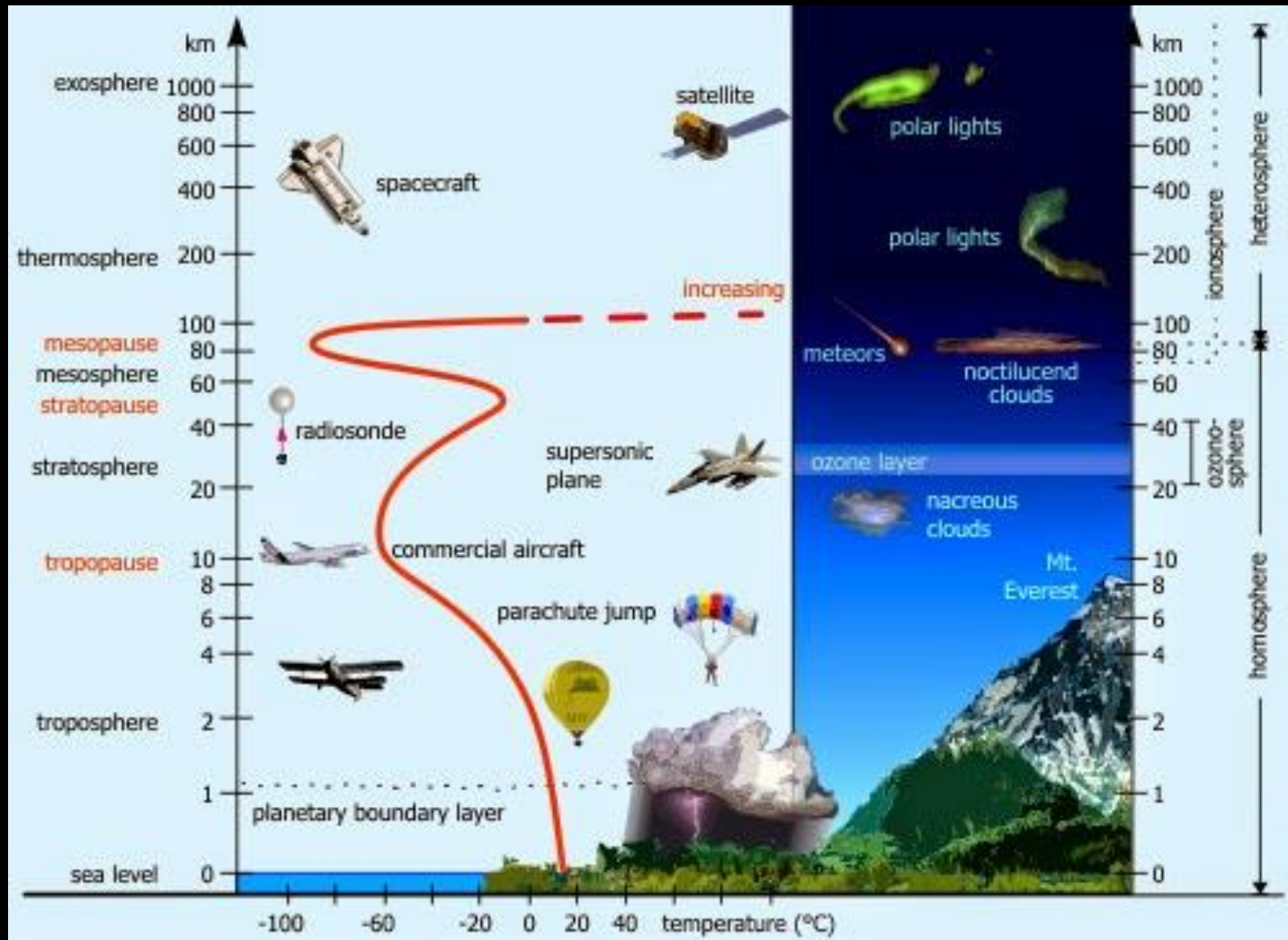
OPTICKÉ JEVY V ATMOSFÉŘE

Přednáška pro U3V, MU Brno, 5. dubna 2018

ANOTACE

- Optické jevy v atmosféře mají velmi různorodou fyzikální podstatu. Mnohé z nich jsou pro pozorovatele velmi atraktivní nejen k přímému pozorování, ale také jako náměty k fotografování nebo natáčení.
- Společně se projdeme „zahradou“ optických jevů, ve které nebudou chybět takové exempláře, jako jsou polární záře, zelený záblesk, svítící oblaka, červení skřítki nebo celá skupina halových jevů.

VLASTNOSTI SOUČASNÉ ATMOSFÉRY



VLASTNOSTI SOUČASNÉ ATMOSFÉRY

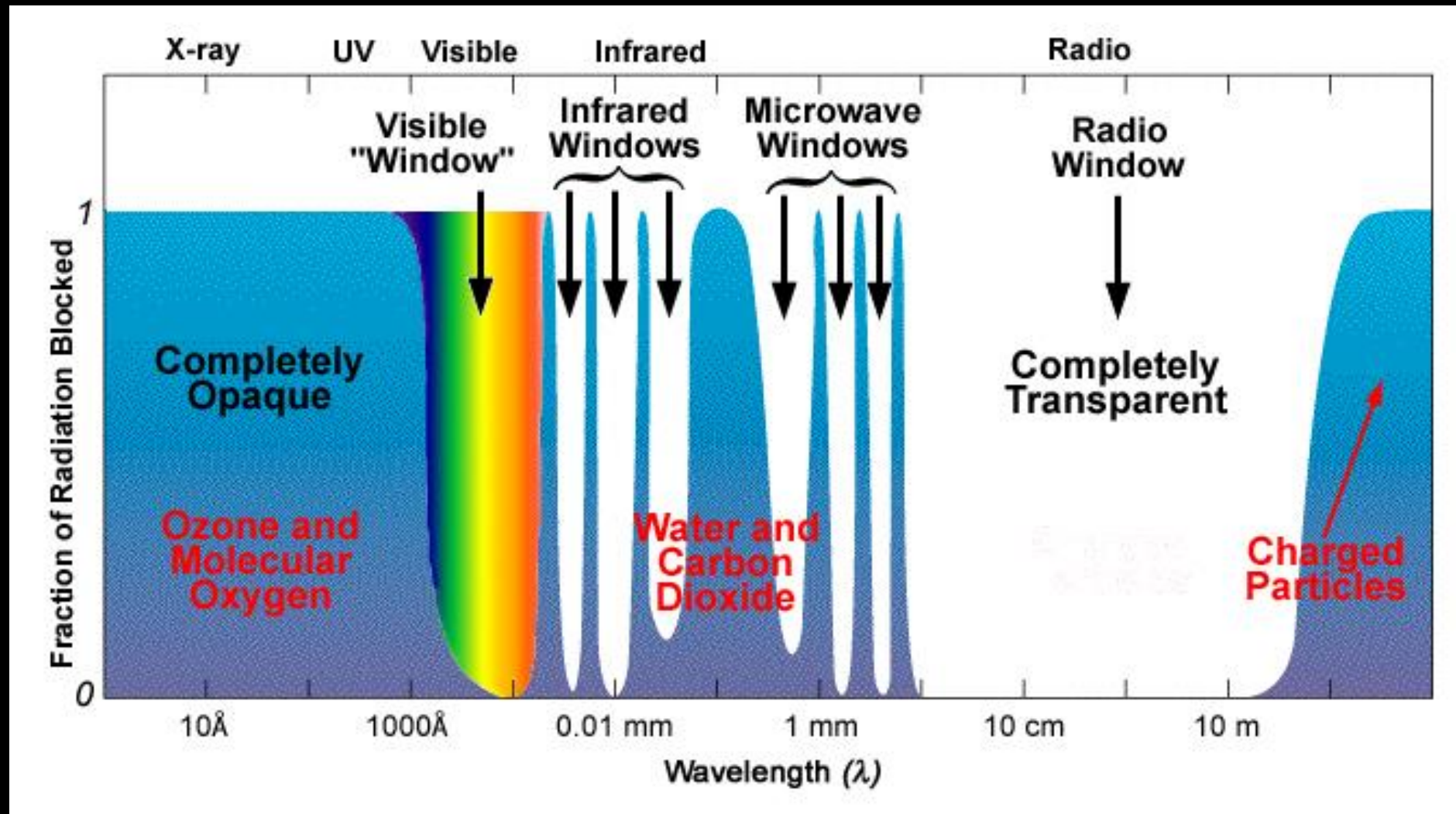
- celková hmotnost cca **$5,1 \cdot 10^{18}$ kg** (1 milióntina hmotnosti Země)
- dusík (78 %), kyslík (21 %), argon (0,9 %), oxid uhličitý (0,04 %) atd.

Nadmořská výška	Teplota	Tlak	Hustota	Gravitační zrychlení
0 m	15°C	1013,25 hPa	1,225 kg/m ³	9,81 m/s ²
11 019 m	-57°C	226,32 hPa	0,363 kg/m ³	9,77 m/s ²

VLIV ATMOSFÉRY NA ASTRONOMICKÁ POZOROVÁNÍ

- atmosféra propouští pouze v určitých „**oknech**“ (např. světlo, tedy viditelné elektromagnetické záření)
- turbulence atmosféry způsobuje **seeing** a **scintilaci**, obraz je nejen neostrý, ale není možné zaznamenat slabší objekty
- **jas pozadí** (jak přirozený, tak umělý)
- **atmosférická extinkce** (absorpce a rozptyl záření)
- působí jako optický prvek – **astronomická refrakce**

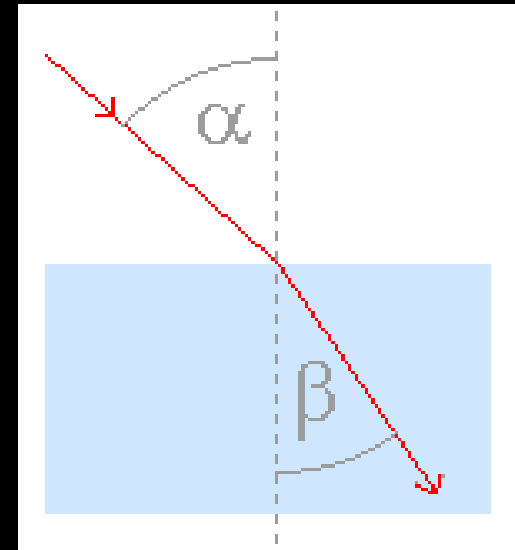
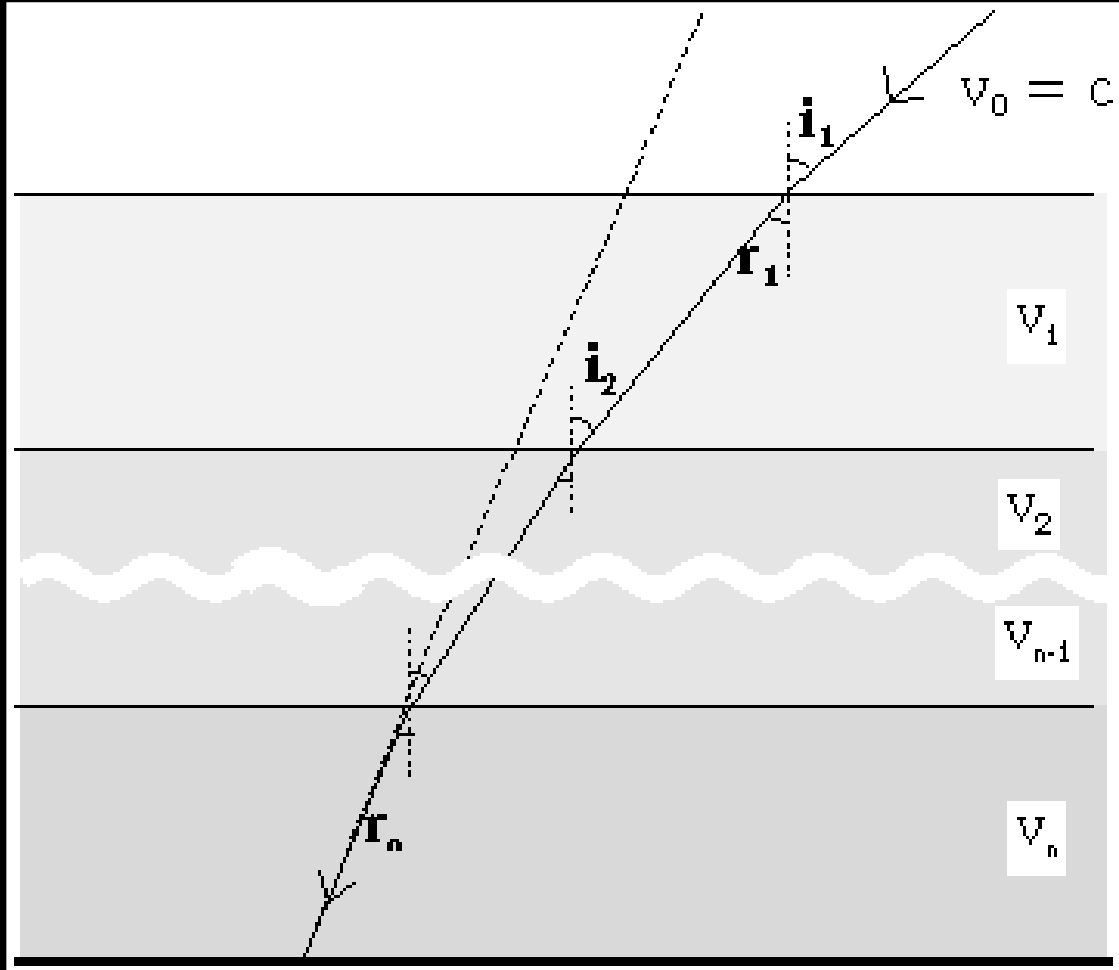
ATMOSFÉRICKÁ „OKNA“



ATMOSFÉRICKÁ REFRAKCE

- lom světla na rozhraní dvou prostředí - důležitý jev pro veškerá astronomická pozorování prováděná ze zemského povrchu
- platí známý vztah: $(\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2) = (n_2 / n_1)$, kde α_1 a α_2 jsou úhly v prostředí 1 a 2 a n_1 a n_2 příslušné indexy lomu
- pro průchod atmosférou platí, že na ni lze pohlížet jako na vícevrstevné prostředí, kdy na každém přechodu dochází k lámání světla ke kolmici, protože hustota atmosféry směrem k povrchu Země roste, jev se nazývá astronomická refrakce

ASTRONOMICKÁ REFRAKCE



ASTRONOMICKÁ REFRAKCE

- maximální vliv je u obzoru, minimálně se projeví v zenitu, pokud označíme pozorovanou zenitovou vzdálenost objektu z , pak skutečná je $z_0 = z + r$, kde r je úhel refrakce
- platí $\sin(z+r) = n \cdot \sin z$ a pro malá r pak $\sin z \cdot \cos r + \cos z \sin r = n \sin z$
- navíc můžeme položit $\cos r = 1$ a $\sin r = r$ čili pak $r = (n-1) \cdot \operatorname{tg} z$
- pro normální atmosférický tlak a $T = 0^\circ \text{C}$ je index lomu vzduchu $n = 1,000\,293$ a pouhá náhoda dává shodu, že $n - 1 = 0,000\,293$ je rovno číselně $1'$ vyjádřené v radiánech, což umožňuje pro malé úhly použít vztah $\operatorname{tg} z = r$ v obloukových minutách, čili pro $z = 45^\circ$ je $r = 1'$.
- refrakce uspíší východ a opozdí západ objektů o několik minut!
- nutno uvážit, že $r = f(n) = f(\lambda)$, červené světlo je ovlivněno méně
- refrakce má vliv i na tvar slunečního nebo měsíčního kotouče při V nebo Z

ASTRONOMICKÁ REFRAKCE

Tabulka:

	zenitová vzdálenost ($90^\circ - h$)	refrakce
•	0°	$0,0'$
•	10°	$0,2'$
•	20°	$0,4'$
•	30°	$0,5'$
•	40°	$0,8'$
•	50°	$1,1'$
•	60°	$1,7'$
•	70°	$2,6'$
•	80°	$5,3'$
•	85°	$9,9'$
•	90°	$34,4'$

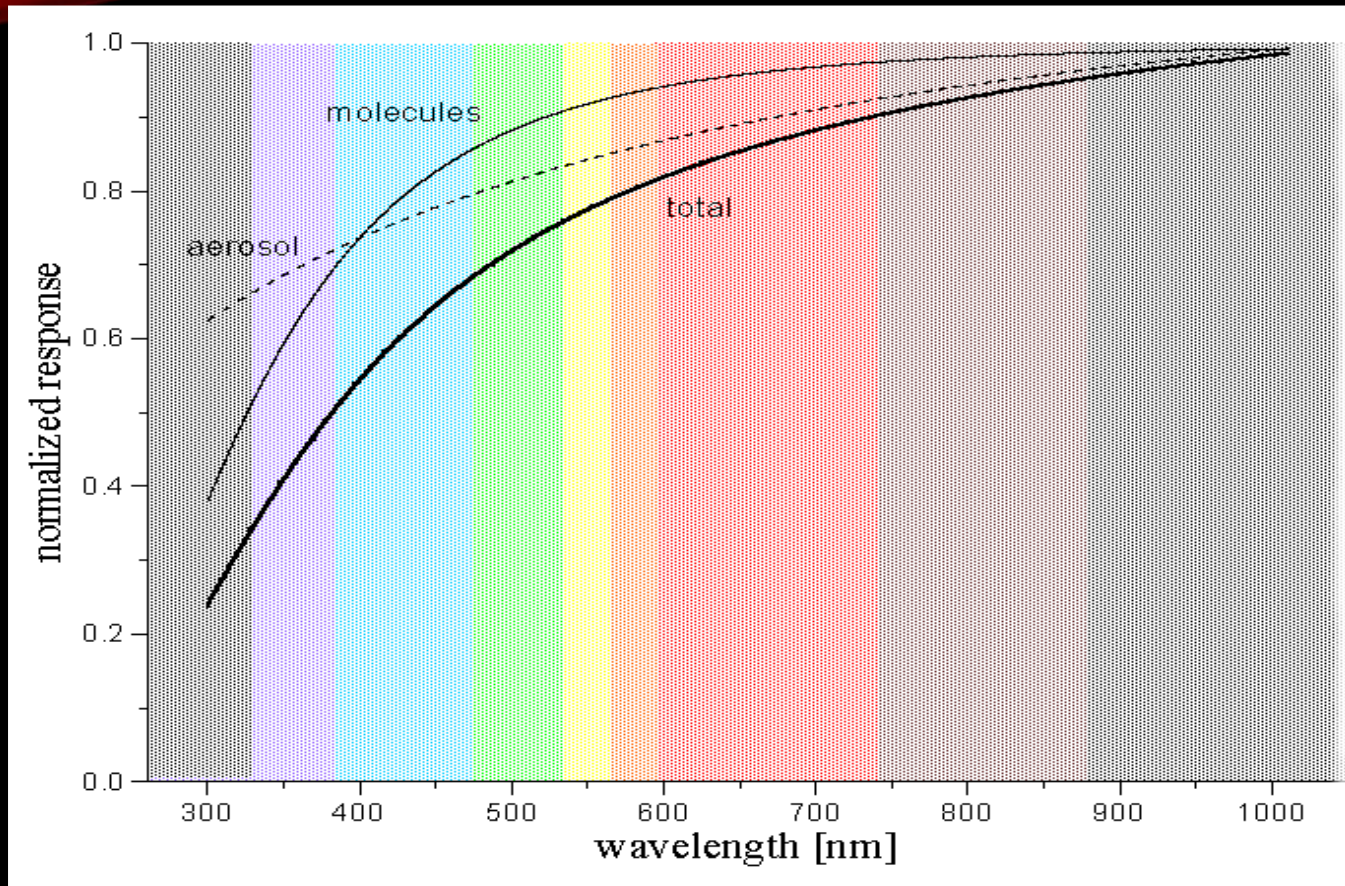


pro $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, 0 m n.m. a $T = 0^\circ \text{ C}$

ATMOSFÉRICKÁ EXTINKCE

- je to souhrnné označení pro snížení intenzity záření přicházejícího z vesmíru atmosférou Země
- *absorpce* – destruktivní proces, foton je pohlcen atomem (molekulou), např. jeho energie excituje elektron do vyšší hladiny
- *rozptyl* – srážka fotonu s částicí atmosféry, následná změna směru pohybu fotonu a energie fotonu i částice, částicí může být molekula, prach nebo kapička vody
 - *Rayleighův rozptyl* je úměrný λ^{-4}
 - *rozptyl na aerosolu* jeho závislost na vlnové délce závisí na distribuční funkci velikosti částic
 - *například Mieův rozptyl* (na malých sférických částicích) je úměrný λ^{-1}

ATMOSFÉRICKÁ EXTINKCE

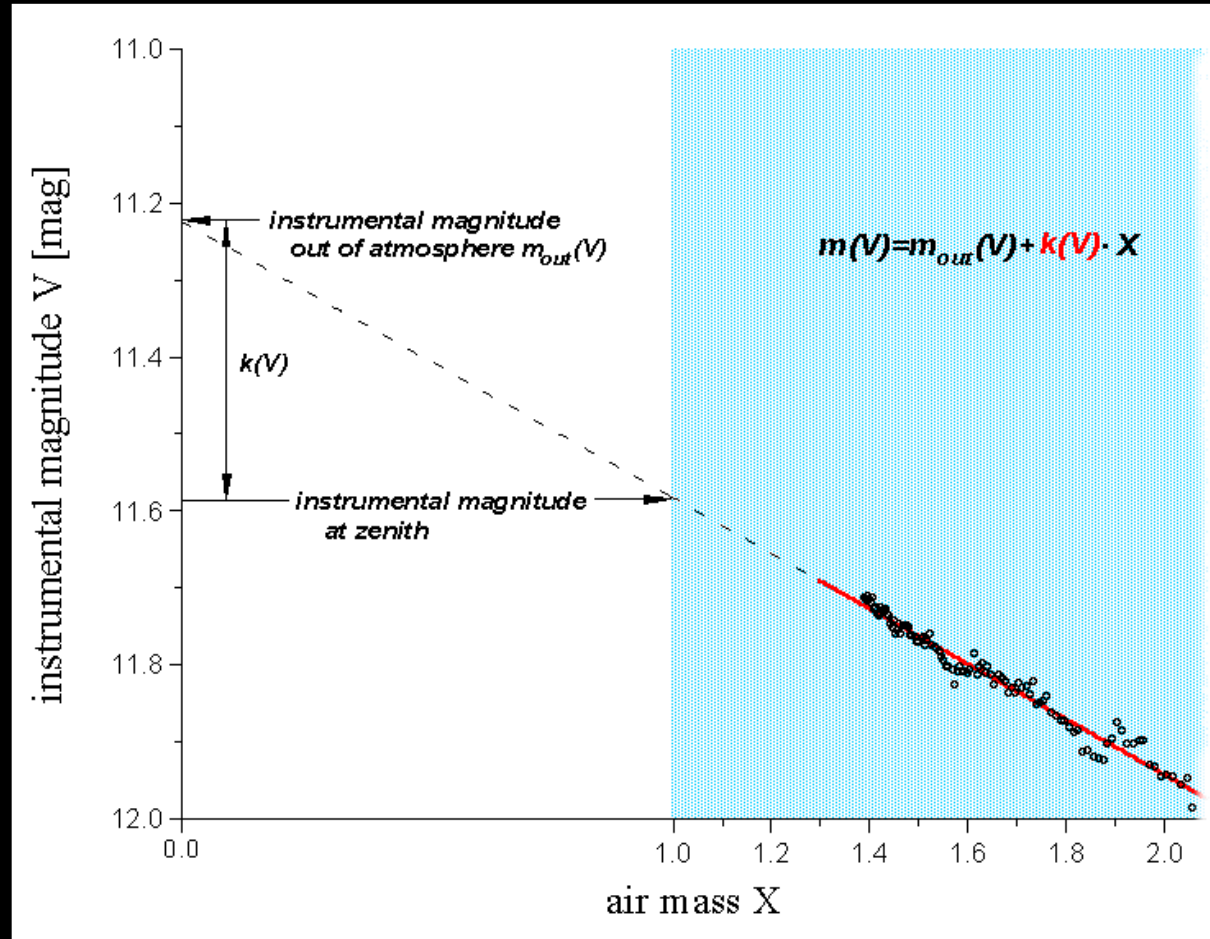


Celková extinkce se dá rozdělit do dvou složek - Rayleighova rozptylu na molekulách, který je stálou vlastností atmosféry, a rozptylu na větších pevných a kapalných částicích (aerosolech), který je velmi proměnný; na obrázku je zachycena situace, která odpovídá měřením na 65cm dalekohledu Astronomického ústavu Ondřejov za poměrně kvalitních podmínek s vyšší průzračností atmosféry. Absorpce není brána v úvahu.

ATMOSFÉRICKÁ EXTINKCE

- jak ji lze měřit?
 - měřením jasnosti jedné hvězdy neznámé hvězdné velikosti
 - měřením jasnosti více hvězd se známou hvězdnou velikostí
 - metoda „kouknu a vidím“
- [podrobnější postup](#)

ATMOSFÉRICKÁ EXTINKCE



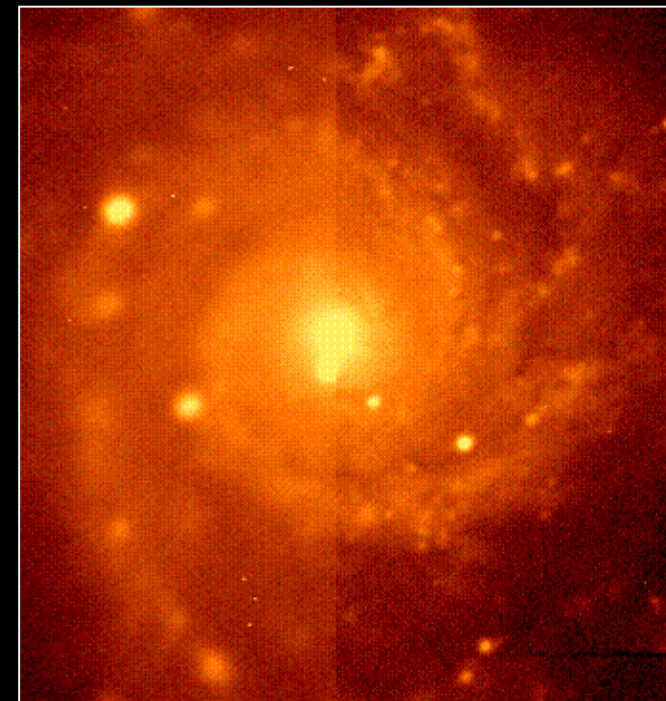
Extinkční koeficient je směrnicí přímky proložené závislostí instrumentální hvězdné velikosti objektu o konstantní mimoatmosférické jasnosti na optické hmotě. Atmosféra musí být homogenní a extinkce časově stálá.

TURBULENCE ATMOSFÉRY

má dva špatné vlivy na bodový zdroj záření

1. mění konvergenci nebo divergenci vlnoplochy a tak se zvyšuje nebo snižuje jasnost zdroje, tento efekt označujeme jako *scintilace*
2. náhodně mění lokální směr přicházejícího záření, výsledkem je náhodný pohyb obrazu, tento vliv turbulence je *seeing*

TURBULENCE ATMOSFÉRY



... NAJDU SI MÍSTO, KDE SE DOBŘE
KOUKÁ, KDE NENÍ SEEING A VÍTR DO
KOPULE NEFOUKÁ ...
(BUTY)

- vysokohorské lokality
- Antarktida
- oběžná dráha
- povrch Měsíce

- adaptivní optika



FOTOMETEORY

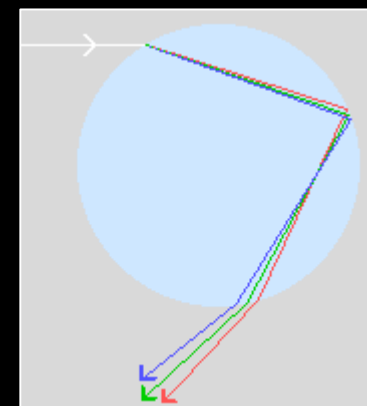
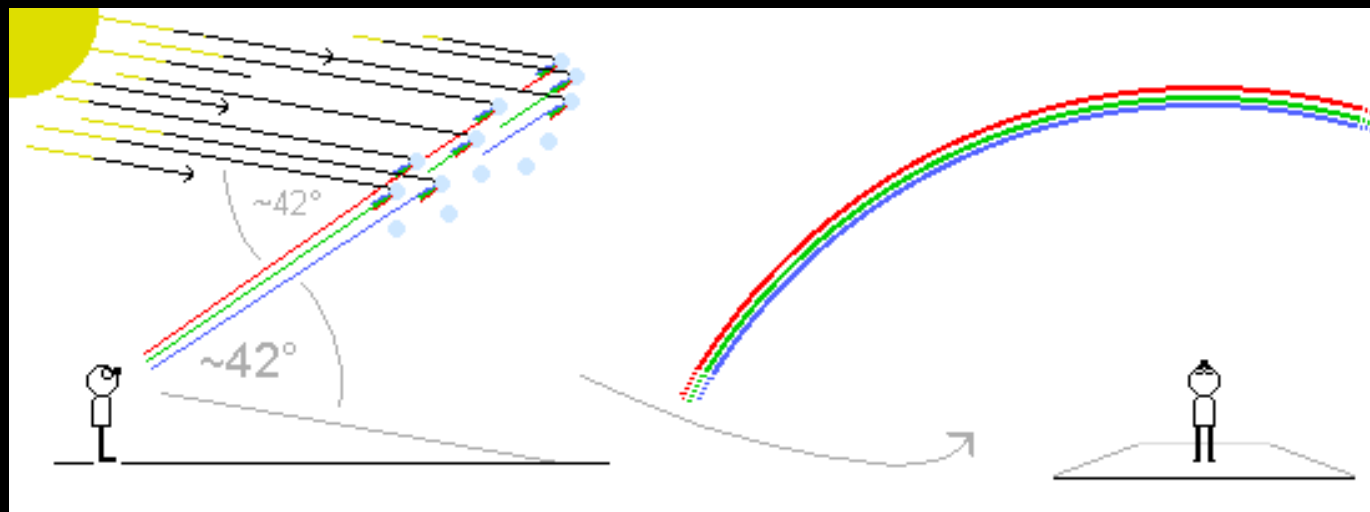
- DUHY
- KORÓNY
- GLÓRIE
- IRIZACE OBLAKŮ
- HALOVÉ JEVY
- SOUMRAKOVÉ JEVY



Z fyzikálního hlediska se jedná vždy o některý z těchto jevů:

1. odraz světla na sférické kapce,
 2. lom bez vnitřních odrazů,
 3. lom s vnitřními odrazy
- na dostatečně velkých kapkách vody

DUHY



DUHY

Závislost vzhledu duhy na velikosti kapek:

Poloměr kapky	Popis vzhledu duhy
0,5 – 1 mm	Široký fialový pruh, jasně patrná zelená a červená
0,25 mm	Slabší červená barva
0,1 – 0,15 mm	Široký pás duhy bez červené barvy
0,04 – 0,05 mm	Široký a poměrně bledý pás duhy, nejvýraznější fialová
0,03 mm	Bílý pruh v hlavní duze
< 0,025 mm	Tzv. duha v mlze, jeví se jako bílý pruh

GALERIE



- [video](#)
- [další snímky](#)

KORÓNY

- soustava barevných kroužků kolem plošného zdroje (Slunce, Měsíc atp.)



GLÓRIE

- zpětný rozptyl světla na velmi malých vodních kapičkách



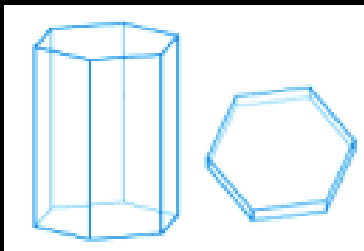
IRIZACE OBLAKŮ

- vzniká ohybem a interferencí slunečních paprsků na kapičkách oblačnosti



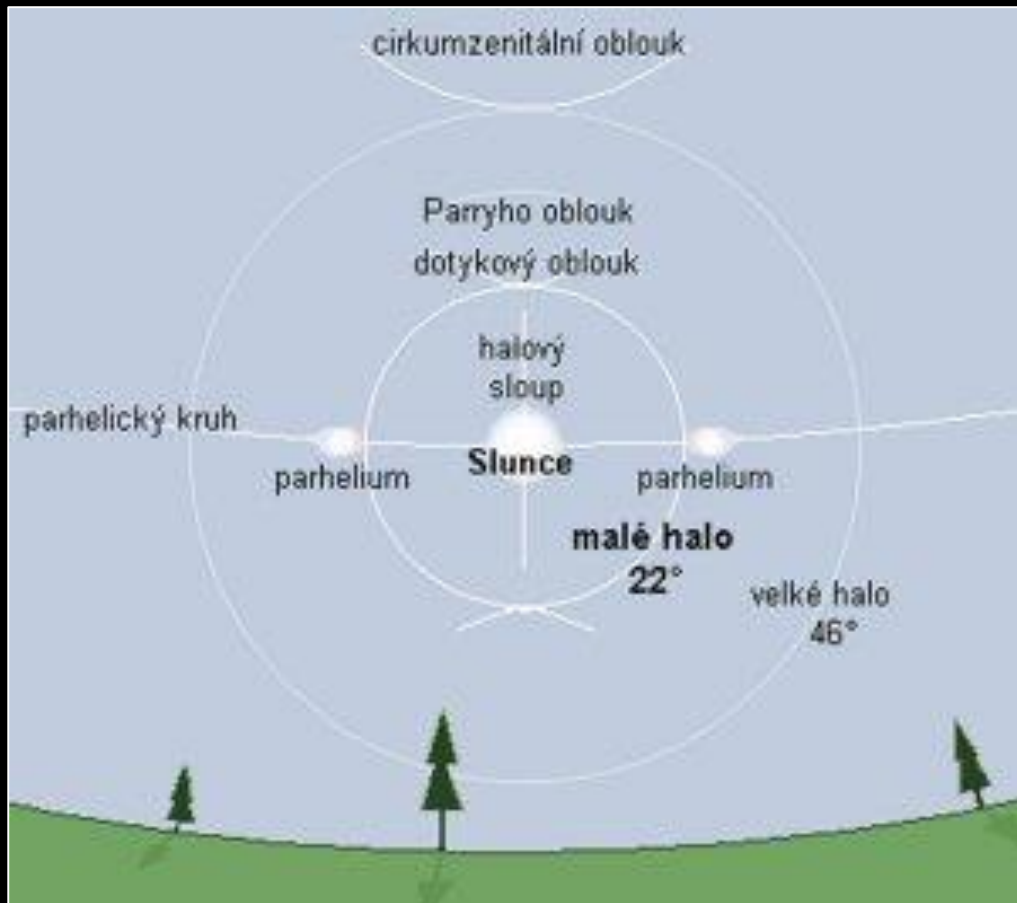
HALOVÉ JEVY

- velká skupina optických úkazů, které vznikají lomem a odrazem slunečního (měsíčního) světla **na ledových krystalcích**



HALOVÉ JEVY

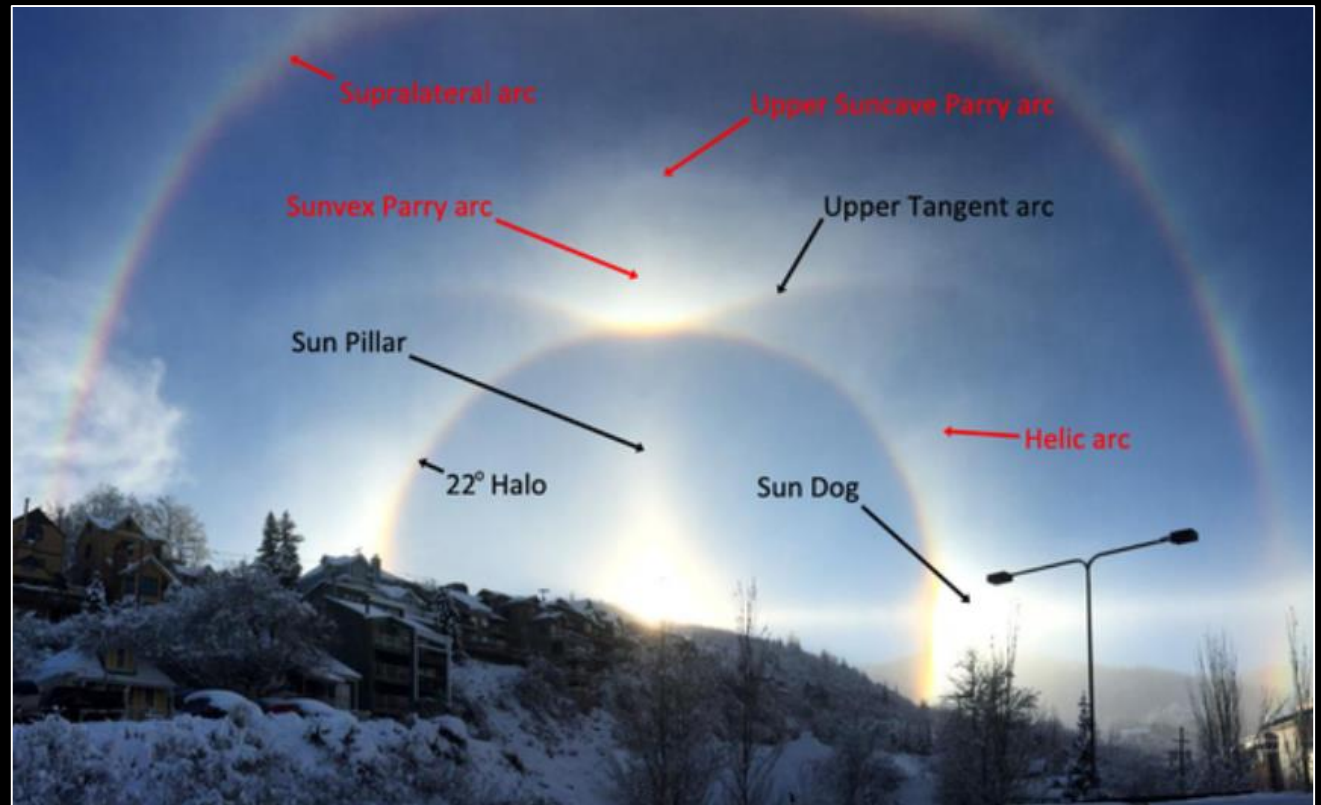
Četnost výskytu:



Halový jev	počet dní / rok
Malé halo	209
Vedlejší slunce malého hala	71
Hor. nebo dol. dotyk. oblouk MH	59
Halový sloup	34
Cirkumzenitální oblouk	31
Velké halo	18
Horizontální kruh nebo části	13
Lowitzovy oblouky	3
Dotykové oblouky VH	1
Vedlejší slunce 120°	1
Protislunce	1

HALOVÉ JEVY

- Malé halo
- Vedlejší slunce malého hala
- Hor. nebo dol. dotykový oblouk MH
- Halový sloup
- Cirkumzenitální oblouk
- Velké halo
- Horizontální kruh nebo části
- Lowitzovy oblouky
- Dotykové oblouky VH
- Vedlejší slunce 120°
- Protislunce
- [závislost na výšce Slunce](#)
- [galerie](#)
- [VIDEO](#)



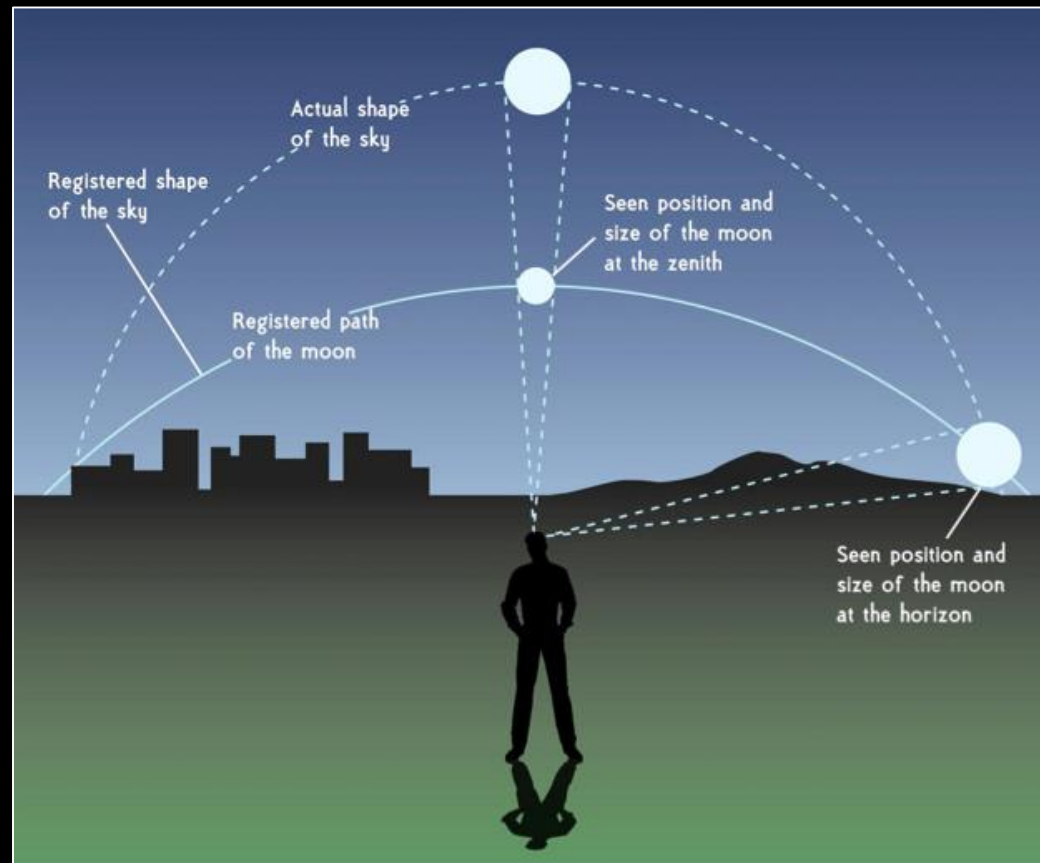
SOUMRAKOVÉ JEVY

- Občanský, nautický a astronomický soumrak - [výpočet](#)
- Fialová záře
- Zelený paprsek
- Soumrakový oblouk
- Soumrakové paprsky



MĚSÍČNÍ ILUZE

- vysvětlení?



NOČNÍ SVÍTÍCÍ OBLAKA



DALŠÍ OPTICKÉ ÚKAZY

- BLESKY
- ELIÁŠŮV OHEŇ
- POLÁRNÍ ZÁŘE
- TYNDALLŮV JEV
- BISHOPŮV KRUH
- METEORY



BLESKY

- Čárový blesk
- Rozvětvený blesk
- Kulový blesk
- Blýskavice



ČERVENÍ SKŘÍTCI



nadoblačné blesky

ELIÁŠŮV OHEŇ



TYNDALLÚV JEV



BISHOPŮV KRUH

- [Podrobněji](#)



AURORA

- [Video](#)
- [info](#)



METEORY



POUŽITÉ A DOPORUČENÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- Jan Bednář: Pozoruhodné jevy v atmosféře, Academia, 1989
- Jan Bednář: Meteorologie, Portál, 2003
- <http://ukazy.astro.cz/>
- http://www.ursus.cz/pocasi/fotoatlas_pocasi/fotoatlas_pocasi.html

... A TO JE VŠE, PŘÁTELÉ!

©

Tomáš Gráf

Ústav fyziky, FPF Slezské univerzity v Opavě

2018