

Wstęp do astrofizyki I

Wykład 6

Tomasz Kwiatkowski

10 listopad 2008 r.

Plan wykładu

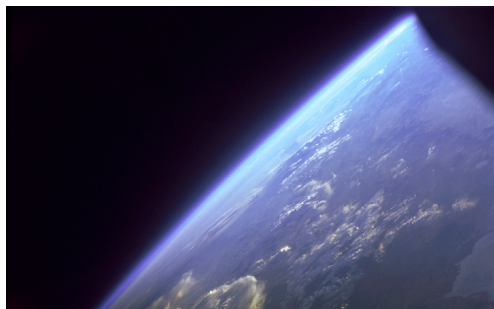
Ekstynkcja atmosferyczna

Refrakcja atmosferyczna

Scyntyłacja i seeing

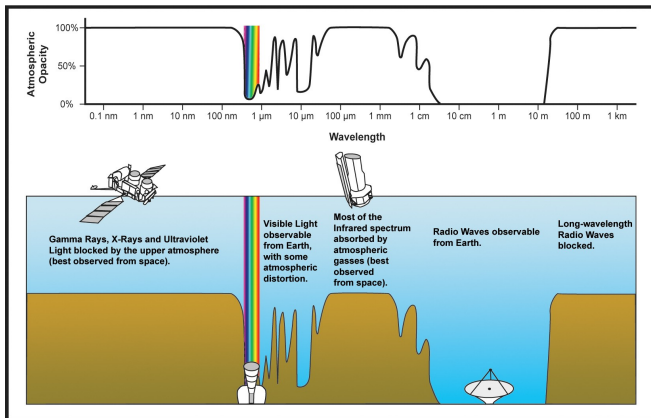
Atmosfera Ziemi

- Atmosfera jest cienka (promień Ziemi ok. 6500 km, grubość atmosfery ok. 100 km)
- Osłabia fale e-m $\Rightarrow$ ekstynkcja atmosferyczna (ekstynkcja = absorpcja + rozpraszanie)
- Zakrzywia promienie światła $\Rightarrow$ refrakcja atmosferyczna
- Gęstość atm. maleje z wysokością: im wyżej nad poziomem morza, tym ekstynkcja i refrakcja są mniejsze



Absorpcja

- Pochłanianie fal przez cząsteczki i atomy (prowadzi do zmian poziomów energetycznych: rotacyjnych i wibracyjnych cząsteczek, przeskoku elektronów w atomach, jonizacji atomów)
- Ozon (UV), CO₂ i H₂O (podczerwień)



Rozpraszanie

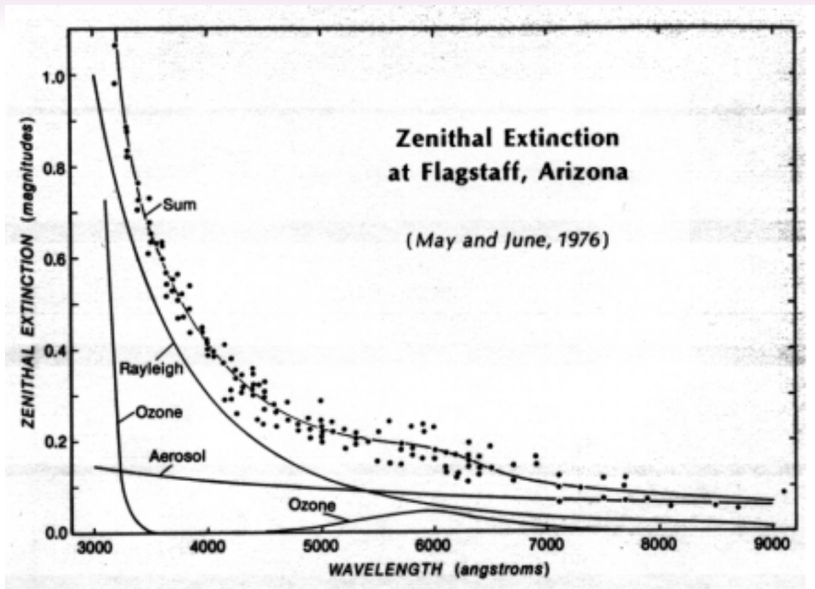
- Zmiana kierunku w wyniku oddziaływania z cząsteczkami powietrza
- Ogólne prawo rozpraszania na sferycznych cząstkach:

$$\kappa_{\lambda} \sim \lambda^{-\alpha}$$

gdzie $1 < \alpha < 4$, κ_{λ} – moc rozpraszana na długości λ

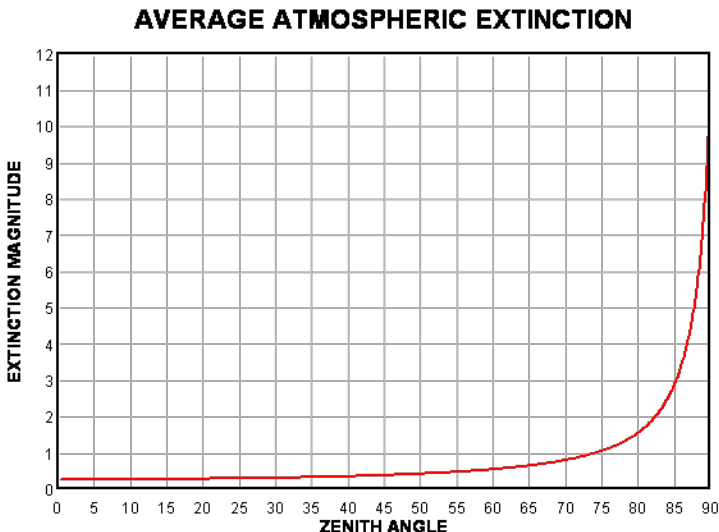
- $\alpha = 0$ – rozpraszanie na swobodnych elektronach (nieselektywne Thompsonowskie)
- $\alpha = 4$ – rozpraszanie na cząsteczkach i atomach (selektywne Rayleigh'a)
- $\alpha = 1$ – rozpraszanie na cząstkach pyłu porównywalnych z λ (materia międzygwiazdowa)
- $\alpha = 0$ – na cząstkach o średnicach dużo większych od λ (nieselektywne, na drobnych kropelkach wody w chmurze)
- A atmosferze dominuje rozpraszanie na cząsteczkach powietrza, opisane prawem Rayleigh'a

Ekstynkcja dla różnych λ



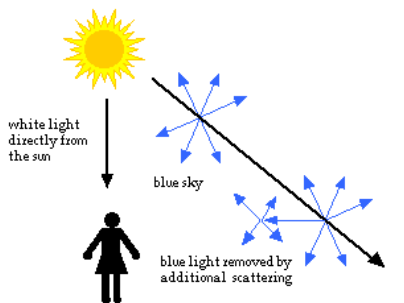
Ekstynkcja na różnych z

- Osłabienie zależy od drogi przebytej przez światło w atmosferze
- Jej miarą jest tzw. masa powietrza $X = \sec z$, $z < 70^\circ$



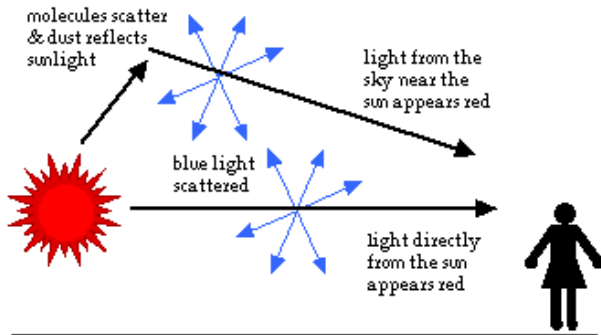
Dlaczego niebo jest niebieskie?

- Długość światła czerwonego $\lambda_{cz} = 650 \text{ nm}$, niebieskiego $\lambda_n = 450 \text{ nm}$
- Stosunek mocy rozpraszania $\lambda_{cz}^4 / \lambda_n^4 = 4.3$
- W rozproszonym przez atmosferę promieniowaniu Słońca znajduje się ok. cztery razy więcej fotonów niebieskich niż czerwonych
- Dlaczego niebo na Marsie jest czerwone?



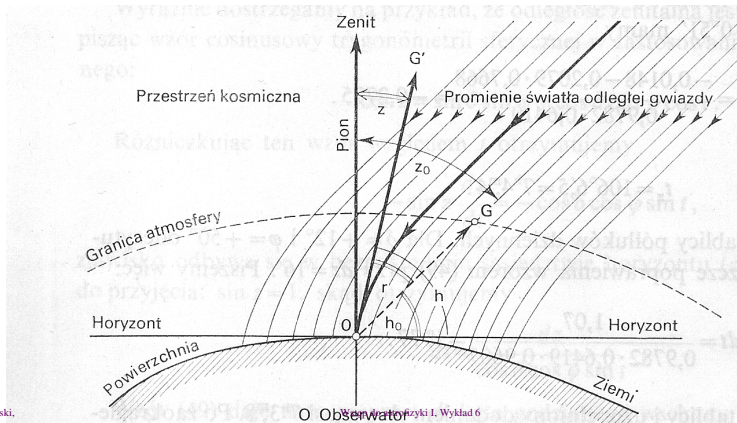
Kolor wschodzącego Słońca

- Gdy Słońce jest nisko nad horyzontem, jego promienie przebiegają znacznie dłuższą drogę w atmosferze niż to ma miejsce w ciągu dnia tak, że nie tylko promienie niebieskie, ale również żółte ulegają rozproszeniu na boki; pozostają promienie pomarańczowe i czerwone i one nadają kolor Słońcu



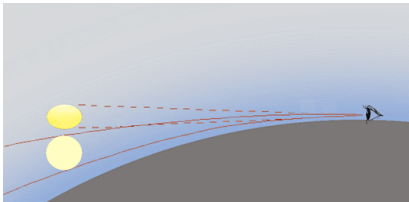
Refrakcja atmosferyczna

- kąt zakrzywienia toru promieniowania: $r = z_0 - z$; z_0 – rzeczywista odległość zenitalna, z – obserwowana odległość zenitalna
- w zenicie $r = 0^\circ$, przy horyzoncie $r = 35'$
- $r = k \tan z$, $k = 1'$, wzór dla $z < 70^\circ$
- k zależy od temperatury, ciśnienia i wilgotności



Wpływ refrakcji na wschody/zachody

- Przyspiesza wschody, opóźnia zachody
- Zniekształca tarcze Słońca i Księżyca przy horyzoncie

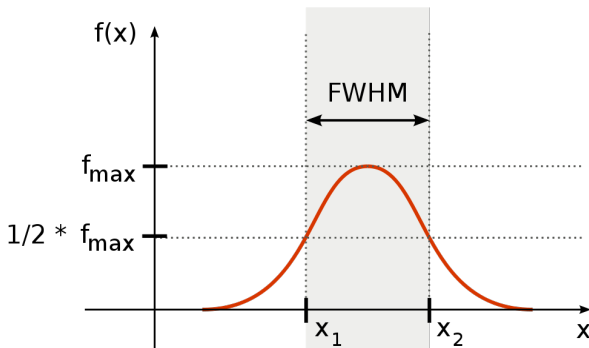


Efekty krótkookresowe: scyntylacja i seeing

- Fluktuacje parametrów atmosfery (temperatury, ciśnienia, wilgotności), zachodzą z częstotliwością kilkudziesięciu Hertzów i powodują krótkookresowe zmiany ekstynkcji i refrakcji
- scyntylacja: zmiany energii promieniowania („gwiazdy mrugają”)
- seeing: zmiany kierunku odbieranego promieniowania („gwiazdy skaczą”)

Profil obrazu gwiazdy

- Atmosfera zniekształca profil dyfrakcyjny gwiazdy (krążek Airyego)
- Obraz obserwowany przez atmosferę przybliża się zwykle dwuwymiarowym profilem Gaussa
- Miarą rozmycia tego profilu jest szerokość połówkowa (FWHM)



Seeing

- Zależy od wysokości nad poziomem morza: na nizinach średnio $FWHM \approx 3''$, w górach $FWHM \approx 1''$
- Zależy od ukształtowania terenu i pogody (niektóre miejsca są lepsze, inne gorsze; na Mouna Kea median seeing $0''.4$)
- Rekord: plateau na Antarktydzie ($< 0''.15$ przez 25% czasu)

