

Wstęp do astrofizyki I

Wykład 6

Tomasz Kwiatkowski

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Wydział Fizyki
Instytut Obserwatorium Astronomiczne

Plan wykładu

Ekstynkcja atmosferyczna

Refrakcja atmosferyczna

Scyntyłacja i seeing

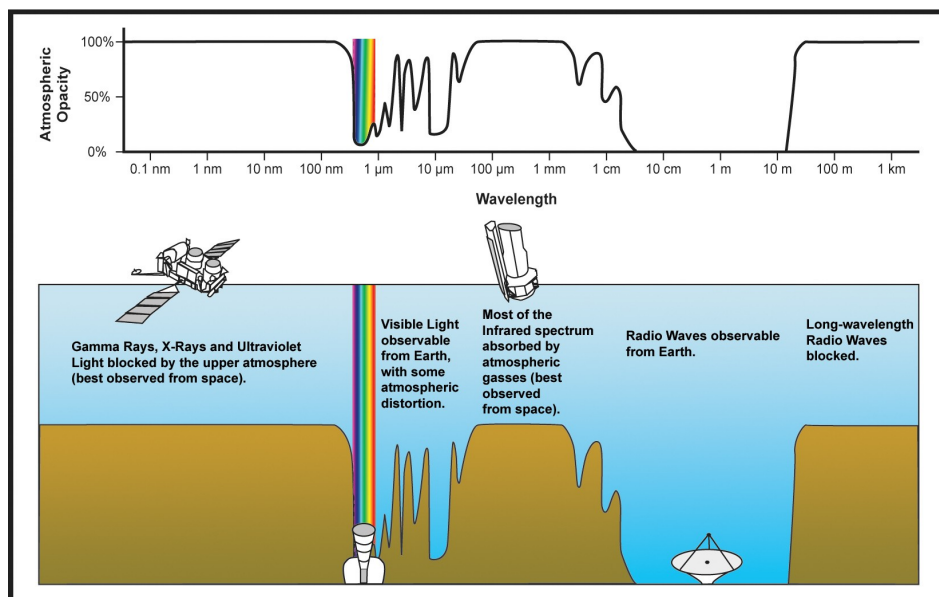
Atmosfera Ziemi

- Atmosfera jest cienka (promień Ziemi ok. 6500 km, grubość atmosfery ok. 100 km)
- Osłabia fale świetlne $\Rightarrow$ 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, przeskoiku elektronów w atomach, jonizacji atomów)
- Ozon (UV), CO₂ i H₂O (podczerwień)



Rozpraszanie

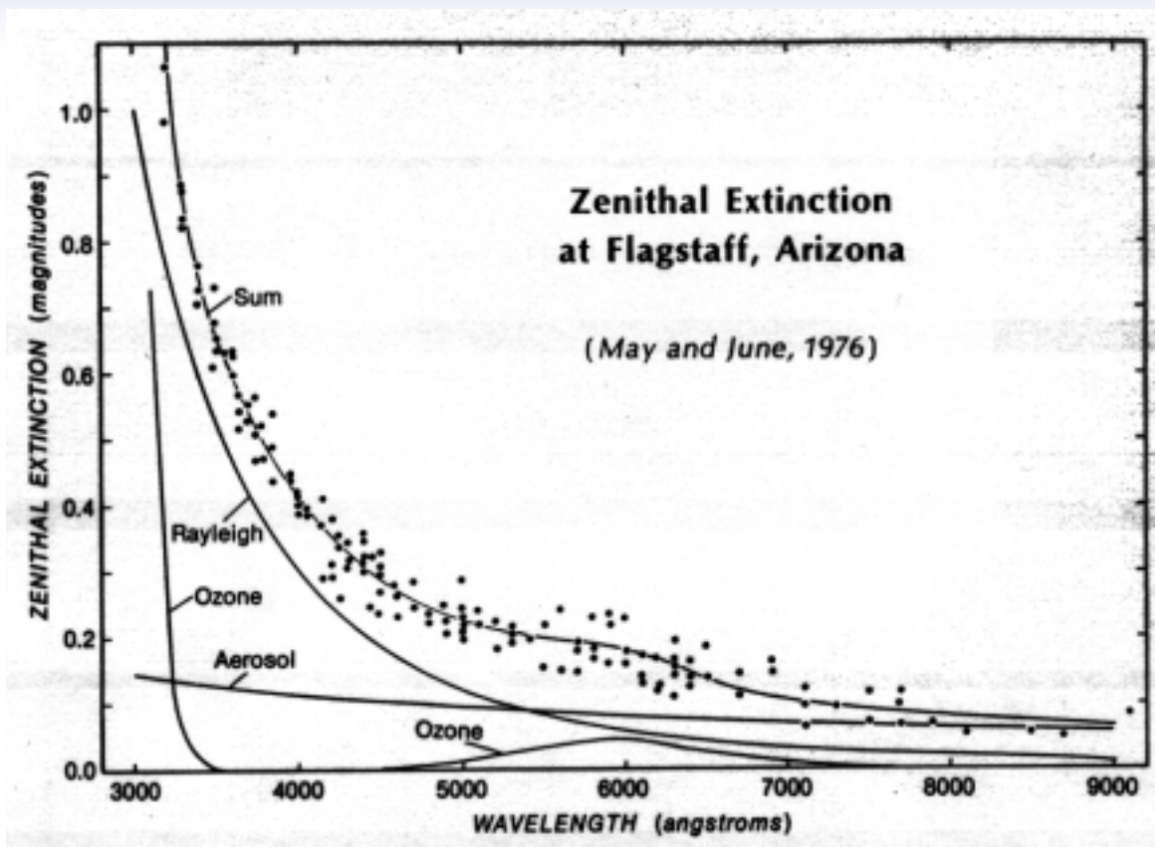
- Zmiana kierunku w wyniku oddziaływania z cząsteczkami powietrza
- Ogólne prawo rozpraszania na sferycznych cząstkach:

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

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

- $\alpha = 0$ – rozpraszanie na swobodnych elektronach (nieselektywne Thomsonowskie)
- $\alpha = 4$ – 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 aerozolu: sadzy, smogu, mgie, kropelkach wody lub kryształkach lodu w chmurze)
- W atmosferze dominuje rozpraszanie na cząsteczkach powietrza, opisane prawem Rayleigh'a: $\kappa_{\lambda} \sim \lambda^{-4}$

Ekstynkcja w zenicie dla różnych λ

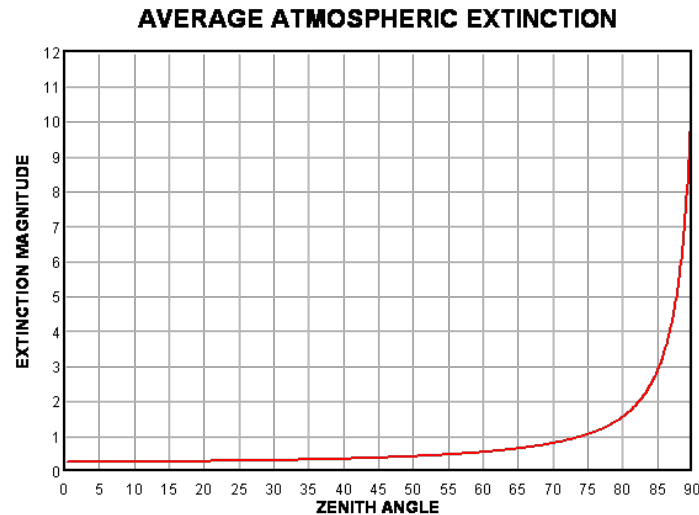


Ekstynkcja na różnych z

- Ekstynkcja zależy od drogi przebytej przez światło w atmosferze
- Jej miarą jest tzw. masa powietrza $X = \sec z$, $z < 70^\circ$
- Ekstynkcje w magnitudo podaje prawo Bouguerra:

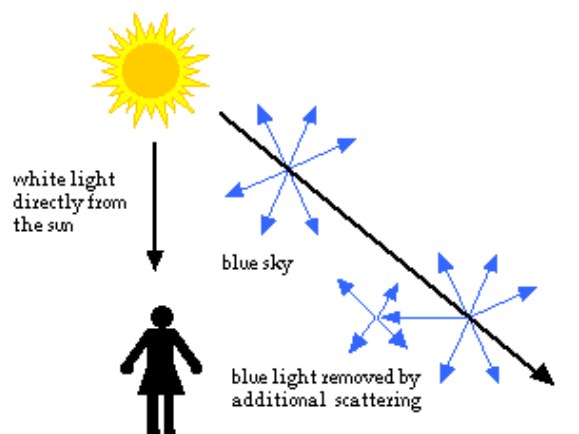
$$m = m_0 + kX \quad (1)$$

gdzie: m – jasność na danym z , m_0 – jasność poza atmosferą



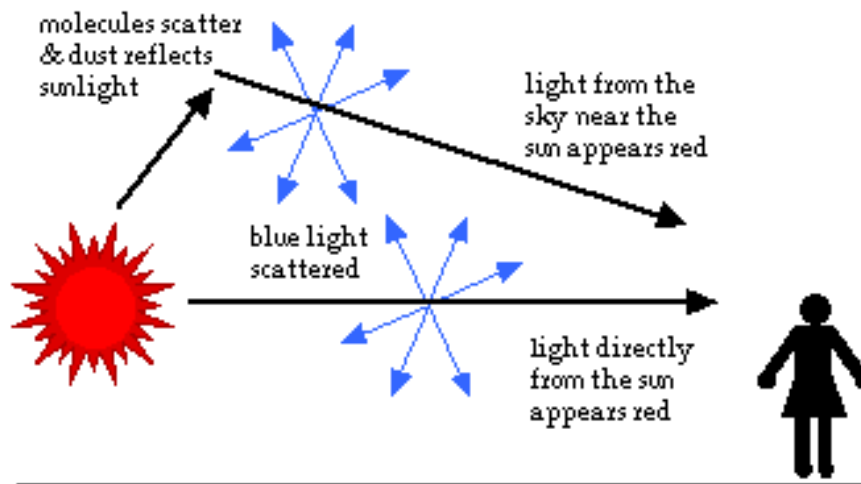
Dlaczego niebo jest niebieskie?

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



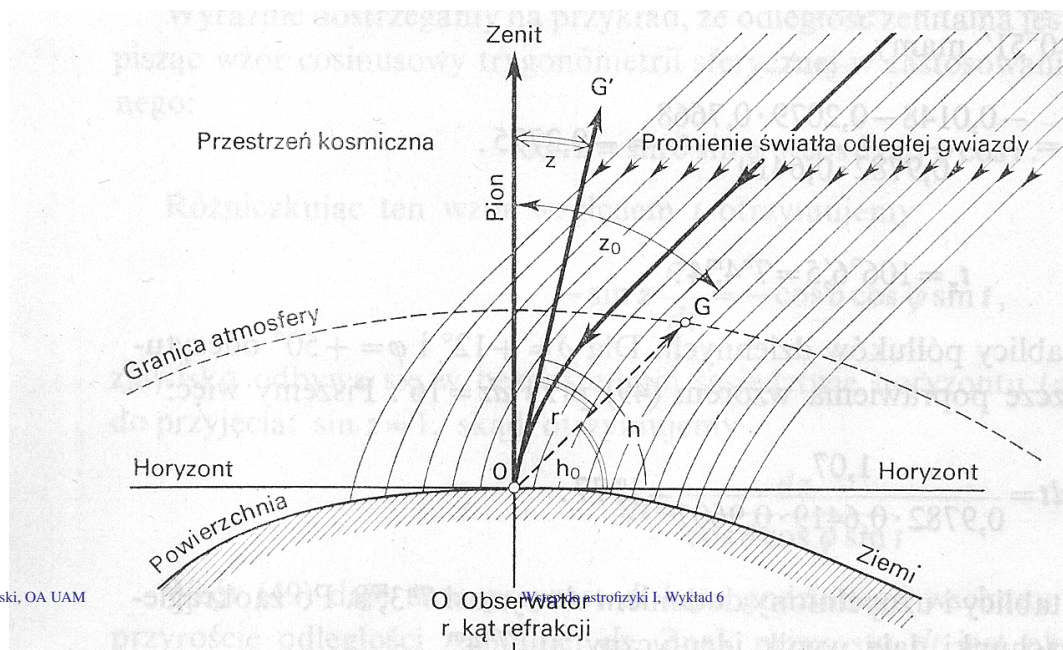
Kolor wschodzącego Słońca

- 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



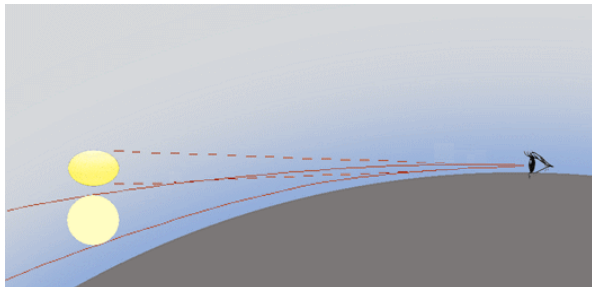
Refrakcja atmosferyczna

- 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

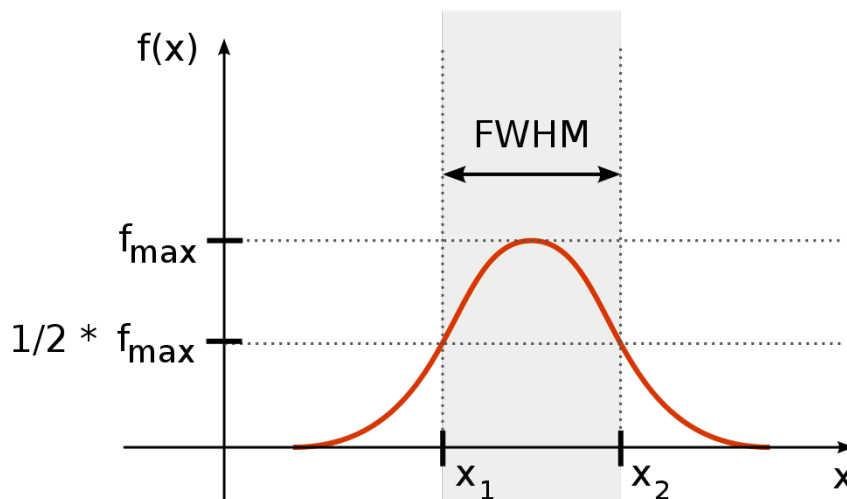


Efekty krótkookresowe: scyntylacja i seeing

- 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

- Obraz dyfrakcyjny gwiazdy opisuje krążek Airyego
- Turbulencje atmosfery dodatkowo go powiększają, uzyskany obraz opisuje funkcja PSF (*Point Spread Function*)
- PSF przybliża się zwykle dwuwymiarowym rozkładem Gaussa
- Miarą „rozmycia” obrazu gwiazdy jest szerokość połówkowa FWHM (*Full Width at Half Maximum*)



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 Mauna Kea median seeing $0''.4$)
- Rekord: plateau na Antarktydzie ($< 0''.15$ przez 25% czasu)

