Caratteristiche dello spessore ottico

- E’ praticamente una misura diretta
- L’errore e’ piccolo (1%)
- Fornisce un proxy alla quantitá di aerosol

Misure di scattering

La misura della radianza a diversi angoli non fornisce una misura diretta del coefficiente di scattering.
Infatti, dall'equazione del trasporto radiativo, in assenza di scattering multiplo, si ottiene, ricordando che $\tau(z) = \int_0^z \alpha(z')dz'$:

$$L(\tau, \mu) = -\frac{1}{\mu}\int_0^{\tau} J_1 exp(-\frac{\tau' - \tau}{\mu})d\tau'$$

con $J_1 = f\frac{\omega}{4\pi}p(\tau, \mu, \mu_0)exp(\frac{\tau}{\mu_0})$

La radianza misurata é quindi una sorta di media pesata della quantitá $\frac{\omega}{4\pi}p(\tau, \mu)$.

Solo in condizioni di atmosfera omogenea, cioé ωe p che non dipendono dall'altezza, si ha una funzione di fase definita:

$$L(\tau, \mu) = -\frac{\omega \mu_0}{4\pi(\mu - \mu_0)} p(\mu, \mu_0) f(exp(\frac{\tau}{\mu}) - exp(\frac{\tau}{\mu_0})$$

Questo in particolare significa che le caratteristiche della popolazione di aerosol non devono cambiare, e che il numero totale deve variare come il numero di molecole.

Per vedere come si calcola la funzione di fase dalla radianza misurata, consideriamo il caso in cui $\tau << 1$

$$L(\tau, \mu) = -\frac{\omega\tau}{4\pi\mu} pf$$

ovvero

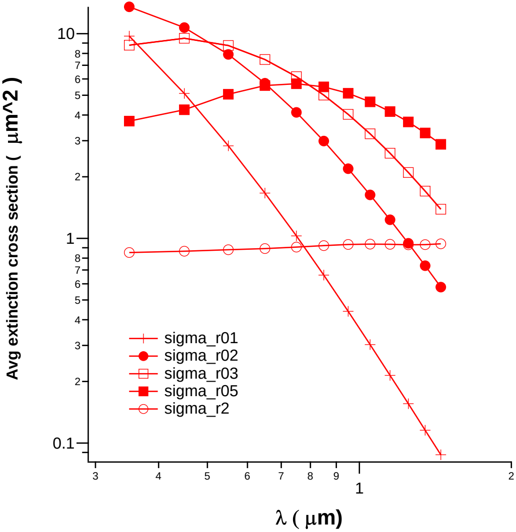
$$L(\tau, \mu, \mu_0) = -\frac{\tau_s pf}{4\pi\mu} = \frac{f}{\mu}(\int \beta^{mol}(z) + \beta^{aer}(z))$$

$$L(\tau, \mu, \mu_0) = \frac{f}{\mu}(\omega_{mol}\tau_{mol}p_{mol}() + \omega_{aer}\tau_{aer}p_{aer}())$$

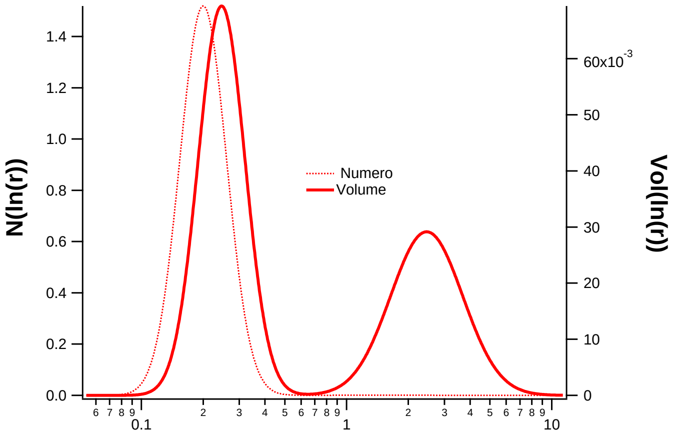
Da questa si ottiene quindi la funzione di fase aerosolica, date le caratteristiche molecolari e lo spessore ottico aerosolico. L'albedo si ottiene integrando sull'angolo solido.

Ma perché ci interessa la funzione di fase?

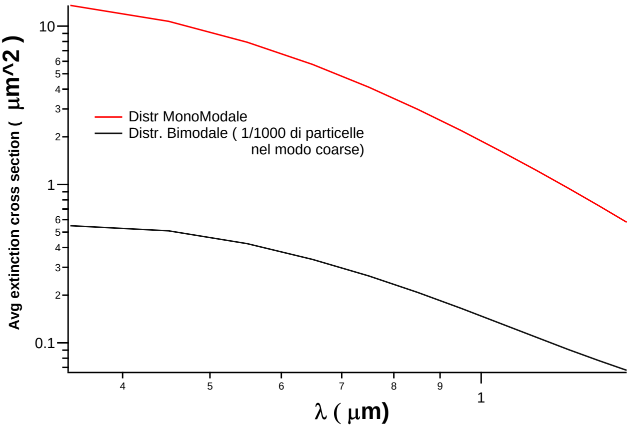
Abbiamo visto che per una distribuzione monomodo si ha un andamento spettrale dell'estinzione che dipende dal raggio centrale.



Supponiamo una distribuzione bimodale



Andamento spettrale dell'estinzione



Non possiamo distinguere nello spettro dell'estinzione le particelle grandi (anche se il loro contributo in massa é importante)

Inversione dei dati ottici

$$\tau(\lambda) = \int dz \int N(z)\sigma^{ex}(\lambda, r)P(r)dr$$

Supponendo che la P sia costante con la quota, possiamo definire $n(r) = NP(r)$ con $N = \int N(z)dz$. L'equazione si puó riscrivere come

$$\tau(\lambda) = \int \sigma^{ex}(\lambda, r)n(r)dr$$

Conoscendo $\sigma(\lambda, r)$ possiamo risolvere quest'equazione ?

Soluzione delle equazioni integrali

La nostra equazione ha la forma:

$$y(p) = \int_0^{\infty} K(p, t) f(t) dt$$

dove $y(p)$ rappresentano delle grandezze note e dipendenti da un insieme di parametri p e $f(t)$ é la funzione che si vuole determinare.
L'integrale a secondo membro puó essere trasformato approssimativamente in una somma, per cui si potrá avere

$$y(p) = \sum c_i(p) f(t_i)$$

Se abbiamo abbastanza λ possiamo finire con un sistema di equazioni lineari risolvibile.

Il Kernel

Perche' le soluzioni siano ben definite occorre che le funzioni $K(p,t)$ al variare di p siano ben distinte.
Nel nostro caso: distribuzione in volume $v(r) = \frac{4}{3}\pi r^3 n(r)$

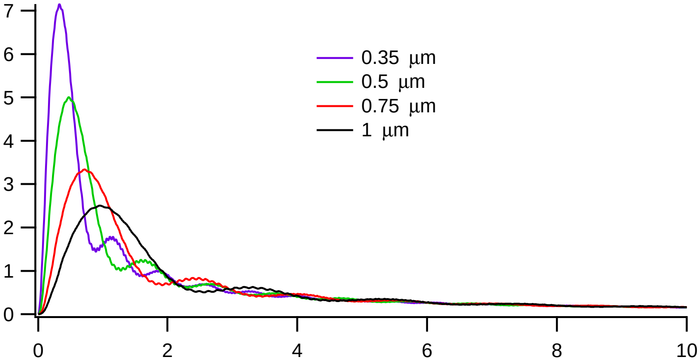
$$\tau(\lambda) = \int \sigma^{ex}(\lambda, r) n(r) dr = \int (\frac{3}{4\pi r^3}) \sigma^{ex}(\lambda, r) v(r)$$

$$\tau(\lambda) = \int (\frac{3}{4\pi r^3}) \pi r^2 Q^{ex}(\lambda, r) v(r)$$

Il nostro kernel viene a essere

$$K(\lambda, r) = \frac{3}{4r} Q^{ex}(\frac{2\pi r}{\lambda})$$

Kernel per varie lunghezze d'onda



Per raggi $> 1.5\mu m$ i kernel diventano uguali e tendono a zero, di conseguenza non si ha sensibilitá a particelle grandi.

Misure Angolari

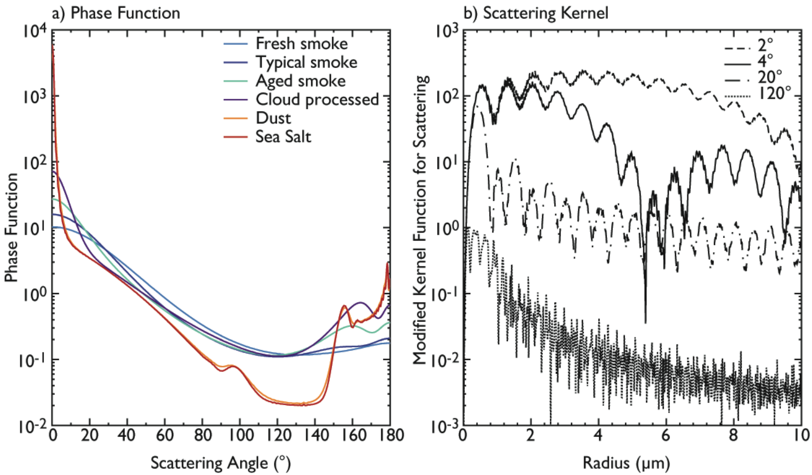
Dalla misura della radianza diffusa in funzione dell'angolo e della lunghezza d'onda si puó ottenere la funzione di fase per la popolazione di aerosol:

$$p_{aer}(\theta, \lambda) = \frac{1}{\tau_{ext}} \int_0^\infty \pi r^2 Q_e(r, \lambda) p_{aer}(\theta, r, \lambda) n(r)$$

come prima, possiamo introdurre un kernel modificato:

$$K'_{sca}(\theta, \lambda, r) = \frac{3}{4r} Q_{ext}(r, \lambda) p(r, \theta, \lambda)$$

In questo caso i kernel a diversi angoli non si sovrappongono per cui questa equazione é sensibile anche alle particelle piú grandi.



$\lambda =$ $0.675\mu m$

Metodo SDA

Si suppone che gli aerosol siano descritti da una distribuzione bimodale con un modo di particelle piccole e uno di particelle piú grandi
In questo caso la popolazione si puó considerare descritta da una somma di due termini:

$$P(r) = xG(r, r_f, S_f) + (1 - x)G(r, r_c, S_c)$$

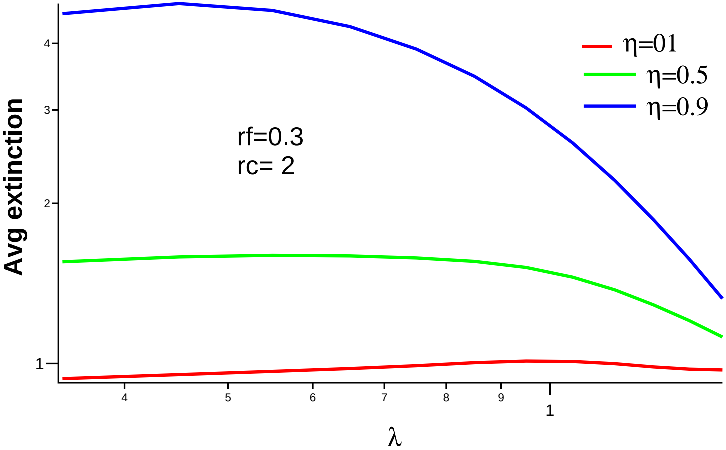
e l'estinzione sará anch'essa somma di due termini che dipenderanno dalle grandezze x, r_f, r_c

$$\sigma = x < \sigma_f > +(1 - x) < \sigma_c >$$

con

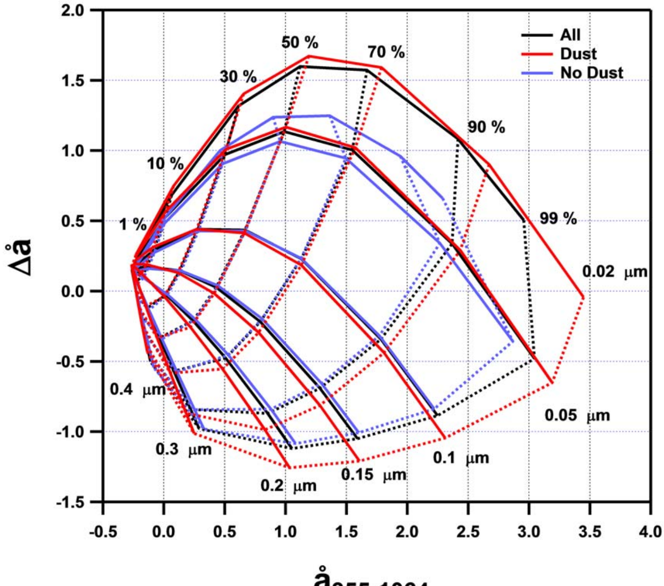
$$< \sigma_{f,c} >= \int_0^\infty \pi r^2 Q_e(r, \lambda) G(r_{f,c}) dr$$

esempio andamento estinzione



Si definisce $\eta = x\frac{\sigma_f}{\sigma}$

La ragnatela



Misura di vapore acqueo

Misurando lo spessore ottico dove e' presente assorbimento di vapore acqueo (circa 940 nm) la trasmissione é data da:

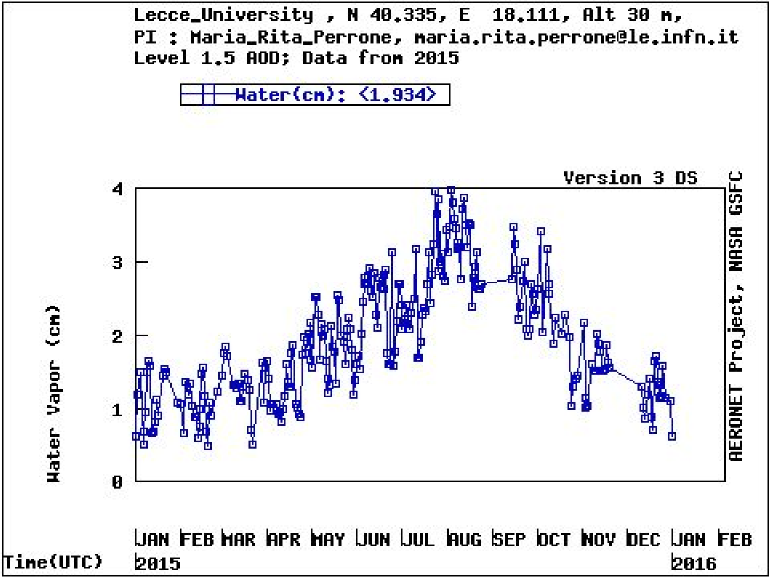
$$T = exp(-m(\tau_{mol} - \tau_{aer}))T_w$$

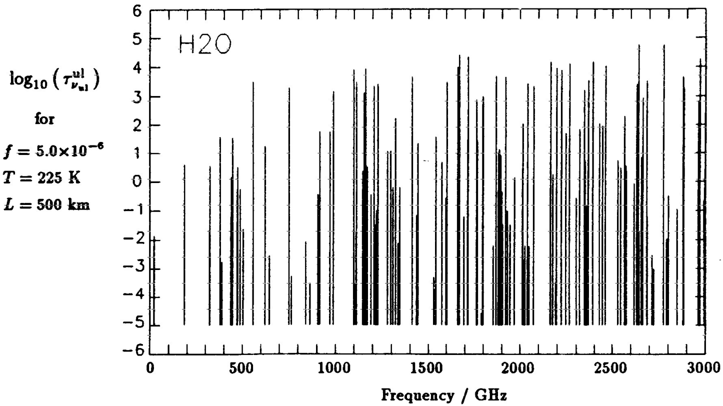
La trasmissione del vapore acqueo é complicata dal fatto che ci sono molte righe di assorbimento e una rivelazione a banda larga. Si utilizza l'approssimazione:

$$T_w = exp(-a(mW)^b)$$

con W= contenuto colonnare di vapore acqueo e a, b costanti caratteristiche dello strumento.

esempio di determinazione di vapore acqueo




$\log_{10}(\tau^{ul}_{\nu_{ul}})$
for
$f = 5.0\times10^{-6}$
$T = 225$ K
$L = 500$ km
H2O
6
5
4
3
2
1
0
−1
−2
−3
−4
−5
−6
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
Frequency / GHz