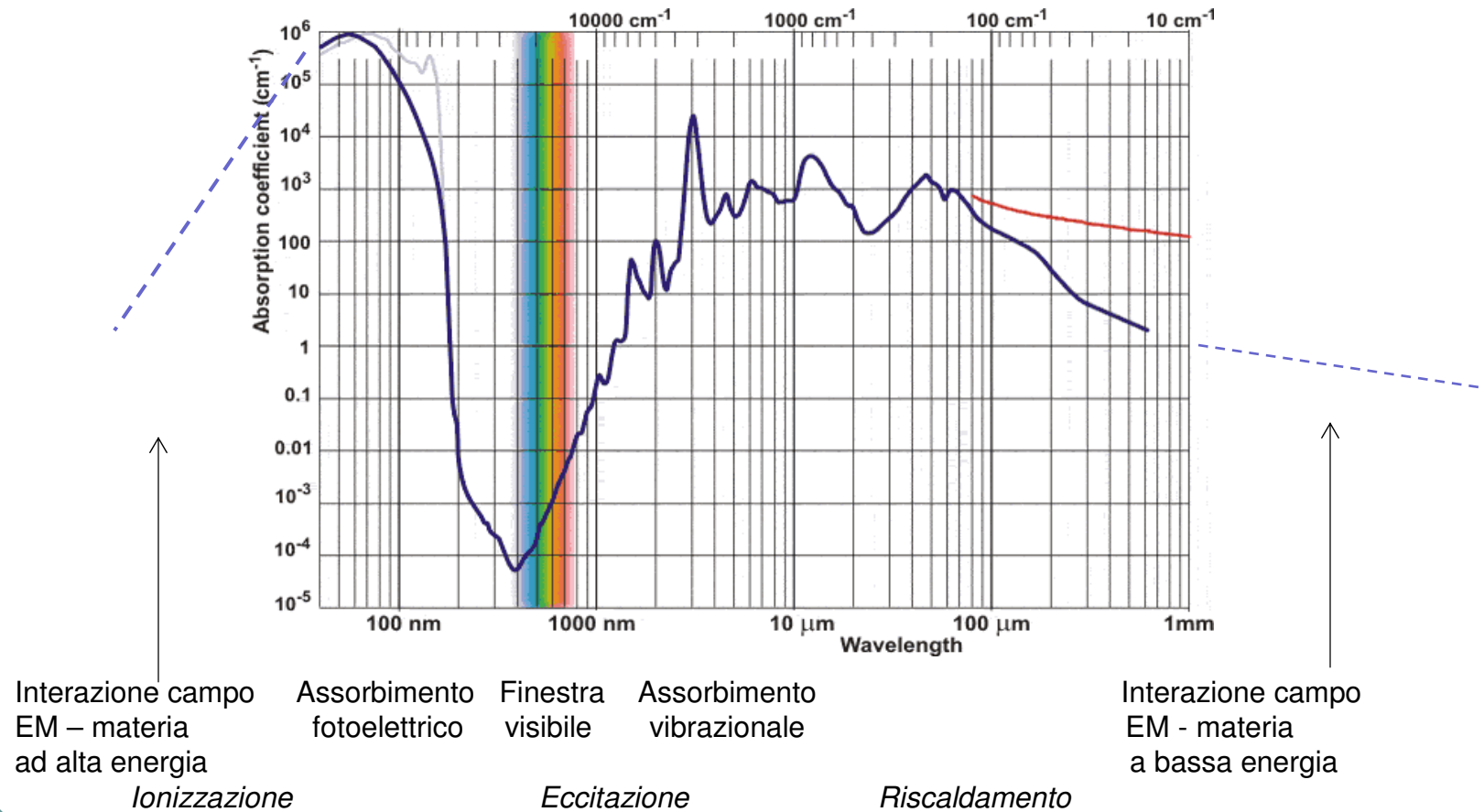


Onde, Radiazione e Relativita'

III bis – Qualche esempio di propagazione nei materiali

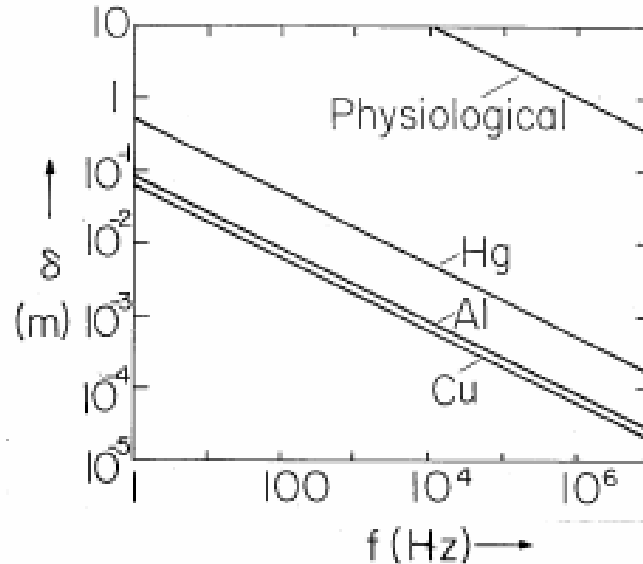
Assorbimento H₂O: UV – IR, e piu'



Effetto pelle - I

Attenuazione dei campi variabili entro i conduttori:
La corrente circola solo in uno strato esterno
Profondita' di pelle: lunghezza di attenuazione

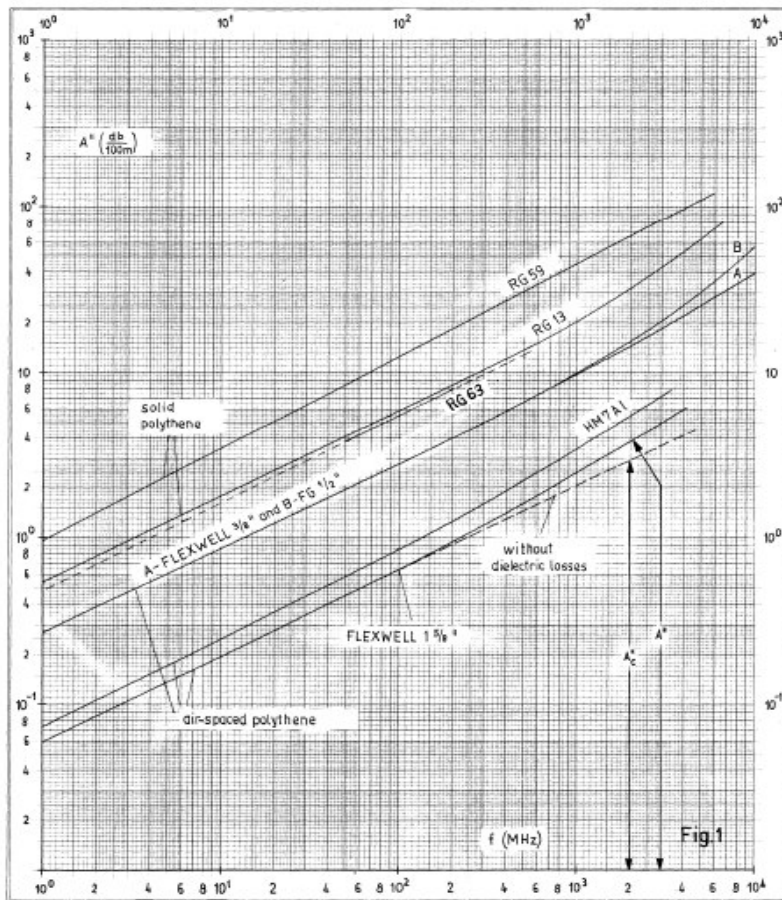
$$d = \frac{1}{k_-} \approx \lambda = \frac{2\pi}{k_+} \approx \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad \text{buoni conduttori}$$



A 10 GHz (microonde)

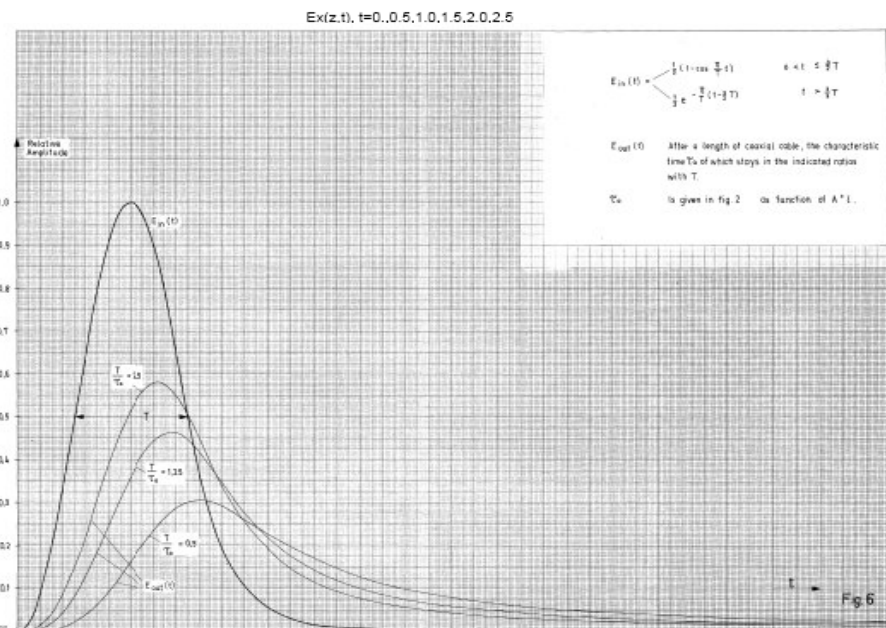
Conductor	Skin Depth (μm)
<i>Aluminum</i>	<i>0.8</i>
<i>Copper</i>	<i>0.65</i>
<i>Gold</i>	<i>0.79</i>
<i>Silver</i>	<i>0.64</i>

Effetto pelle - II



Attenuazione/lunghezza vs ν

Effetto pelle e cavi coassiali



Distorsione di un impulso vs lunghezza

Propagazione nel plasma - I

Plasma: stato particolare della materia, in cui (normalmente ad alta T) elettroni e nuclei restano slegati: materia stellare, macchine a fusione
Situazione parzialmente simile nei conduttori.

→ *In un plasma si trovano molte cariche libere*

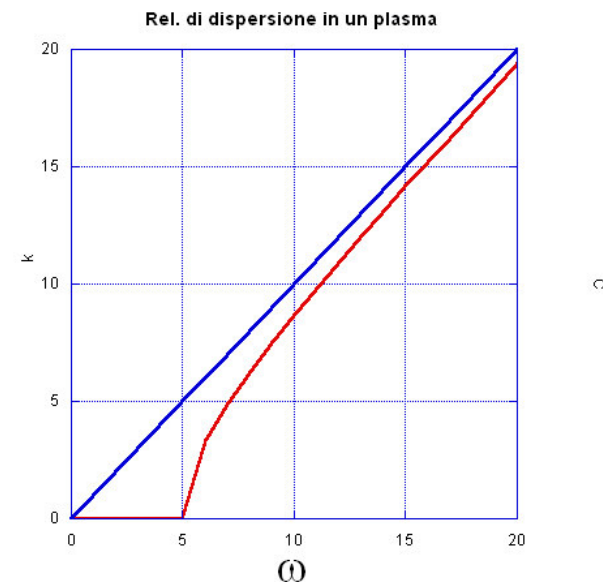
→ *Conduttività elevata*

In un plasma diluito, $\gamma \sim 0$, σ e' immag

$$\mu \cong \mu_0, \varepsilon \cong \varepsilon_0, \omega_p \equiv e \sqrt{\frac{N}{m\varepsilon_0}}$$

$$\rightarrow k^2 \cong \frac{1}{c^2} (\omega^2 - \omega_p^2)$$

ω_p e' la *frequenza di plasma* del mezzo



Propagazione nel plasma - II

Onde con frequenza $> \omega_p$: numero d'onda reale
→ Propagazione regolare

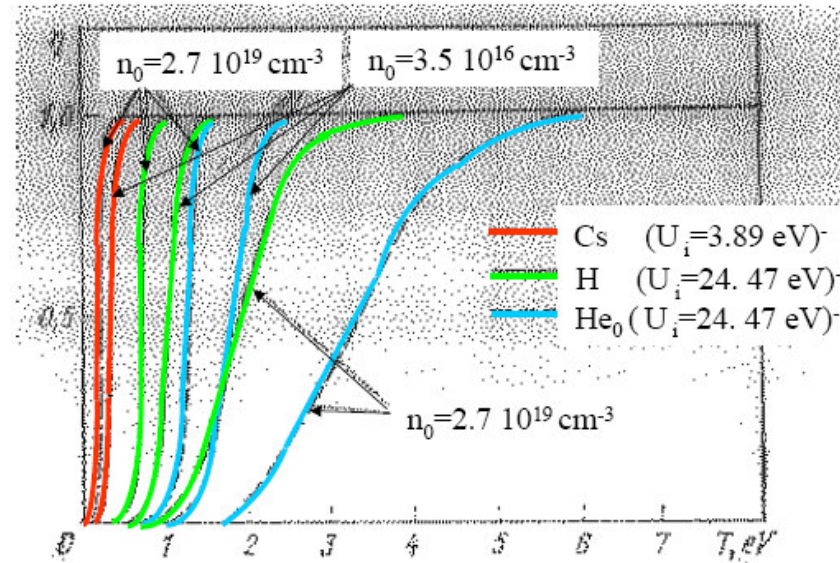
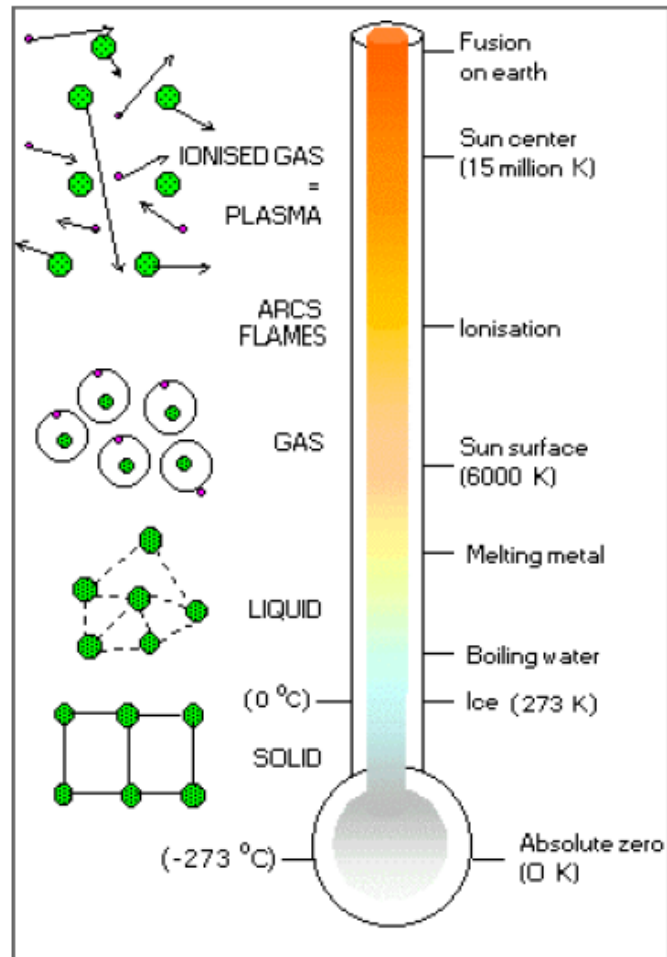
$$v = \frac{\omega}{k} = c \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2}}$$

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2}$$

Onde con frequenza $< \omega_p$: numero d'onda complesso
→ Attenuazione con lunghezza caratteristica

$$d = \frac{c}{\sqrt{\omega_p^2 - \omega^2}}$$

Plasma - I



$$\eta = \frac{n_i}{n_n} = K \frac{T^{3/2}}{n_n} e^{-\frac{U_i}{kT}}$$

Aria a 300 K: $U_i = 14.5 \text{ eV}$

$$\rightarrow \frac{n_i}{n_n} = 10^{-122} !$$

Plasmi - II

Ionizzazione:

Urto: onda e.m. + atomo neutro $\rightarrow$ ione + elettrone

Ricombinazione:

Urto: elettrone + ione $\rightarrow$ atomo neutro

$$\frac{dn_i}{dt} = \sigma_i n_i v_i$$

$$\frac{dn_r}{dt} = \sigma_r n_r v_r$$

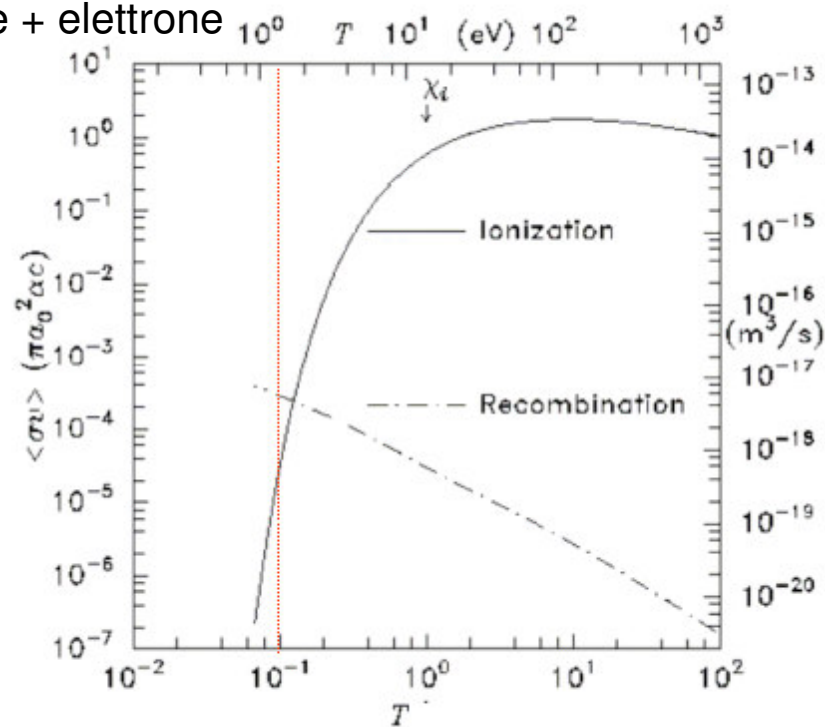
σ : sez. d'urto
v: vel. media

??

Misura della probabilit 
individuale di collisione

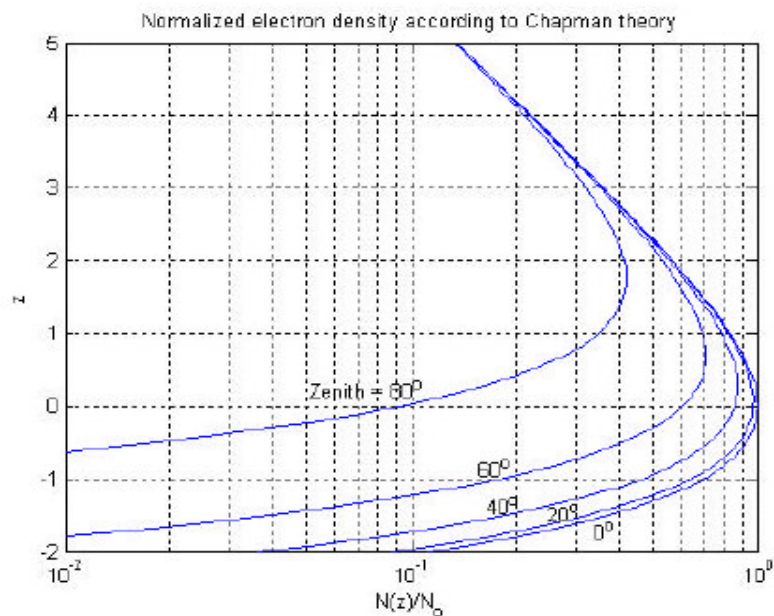
Equilibrio:

$$\frac{dn_i}{dt} = \frac{dn_r}{dt} \rightarrow \frac{n_i}{n_r} = \frac{\sigma_r v_r}{\sigma_i v_i}$$

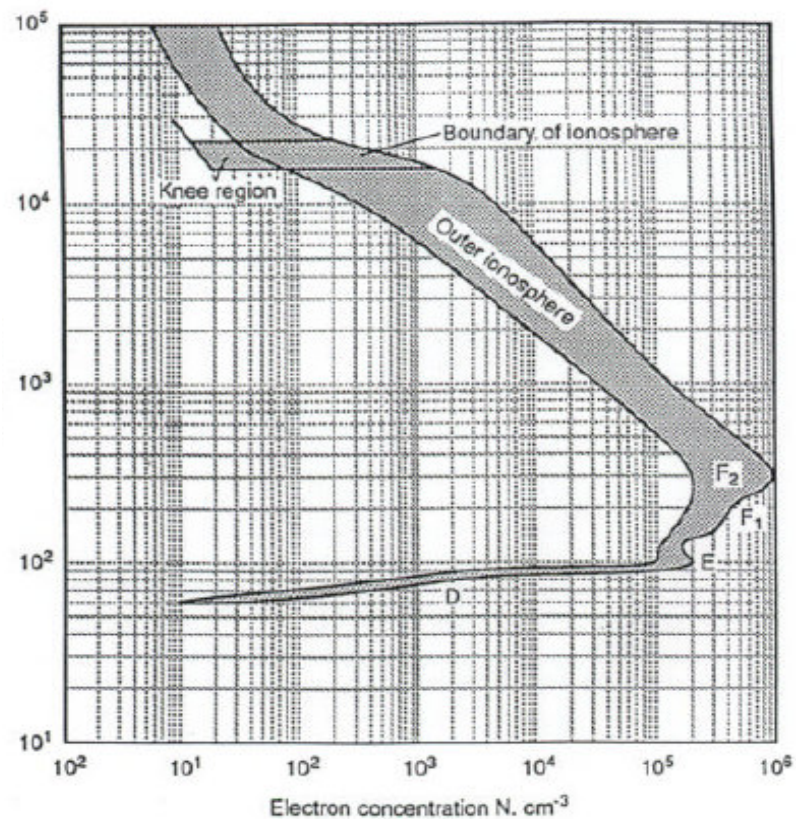


Radio onde nella ionosfera - I

Densità di elettroni liberi vs altezza



$\rightarrow \omega_p \propto \sqrt{N_e}$ variabile con l'altezza

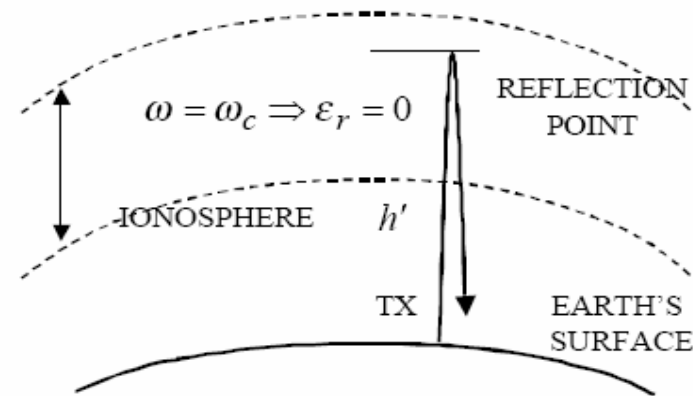


Radio onde nella ionosfera - II

$$k \cong \frac{1}{c} \sqrt{(\omega^2 - \omega_p^2)}$$

Onde ad alta frequenza riflesse a qualche altezza

$$\rightarrow \begin{cases} \omega < \omega_p & \text{no propagazione} \\ \omega > \omega_p & \text{propagazione} \\ \omega = \omega_p & \text{riflessione} \end{cases}$$



Trasmissione a grande distanza

