

**Radiazione di sincrotrone  
nell'infrarosso lontano**

远红外  
同步辐射

*Considerazioni su possibili effetti*

R. Coïsson  
Università di Parma

科松  
帕尔马大学

Frascati, 26 febbraio 2010

X-ray and UV:

$\lambda \ll$  bunch length, vacuum chamber dimensions,...

Spectrum is incoherent sum of single-particle emission  
(except if bunch is modulated: FEL)

The single-particle SR in the IR ( $\omega \ll \omega_c$ ) e`:  
proporzionale a  $\lambda^{-2/3}$

Apertura angolare  $\lambda / L$

Dove L e` la lunghezza sulla quale l'elettrone e` osservato

From a "short" magnet:spettro (a angolo fisso)  
proporzionale alla trasf. di Fourier di B(z)

Polarisation: rapporto perpendicolare/parallela aumenta

## **effects:**

Edges

Reflections

Focussing

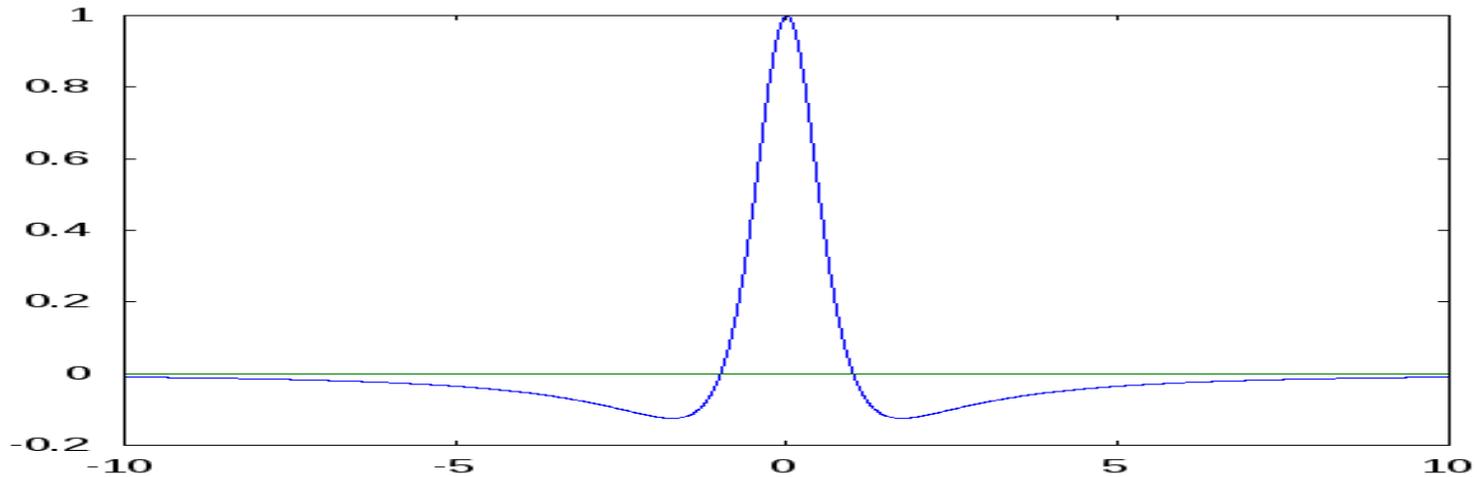
Wake effects

Limited acceptance

Coherent emission

Self-induced modulation (SASE)

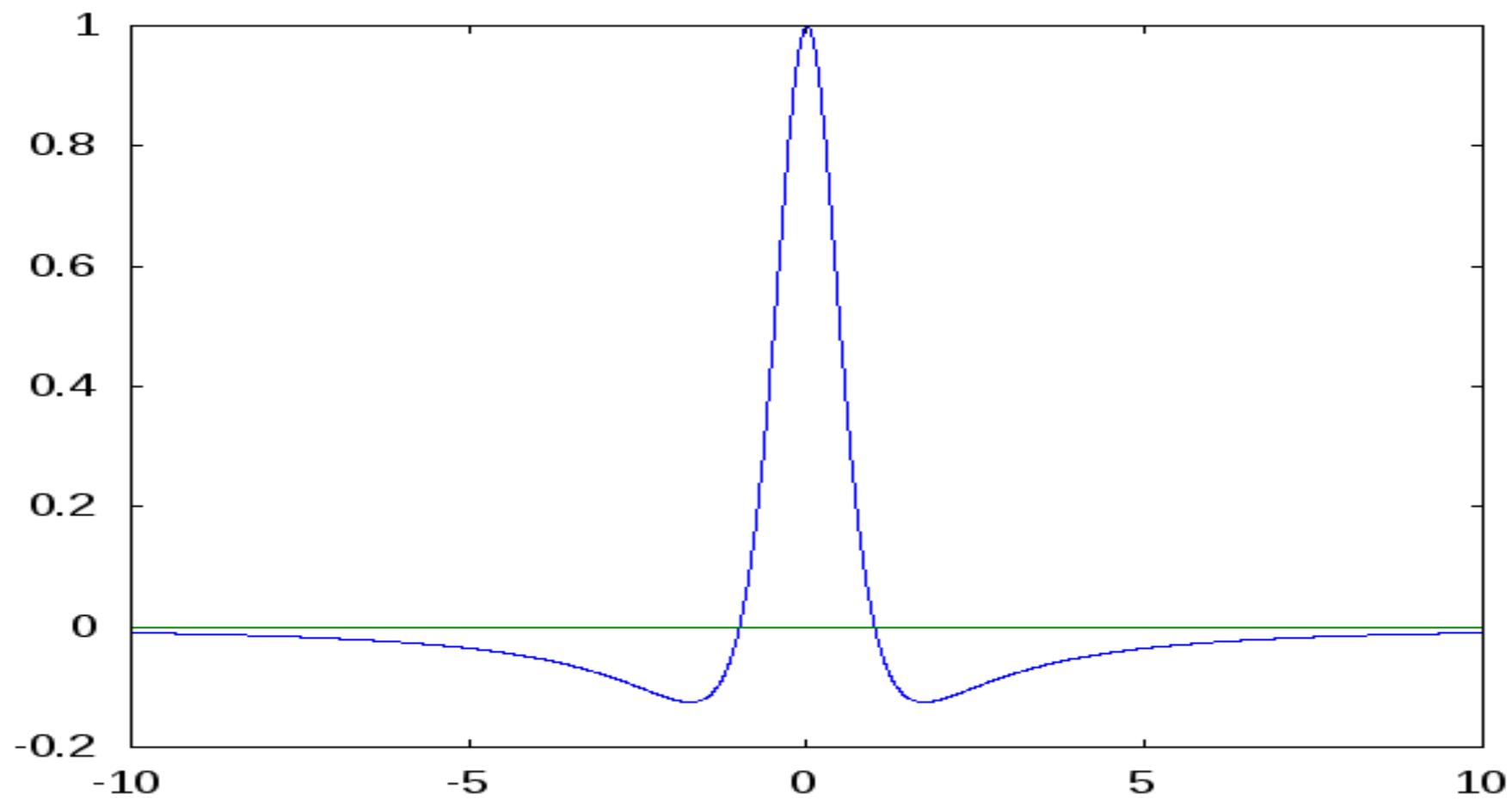
$$E(t) = (1 - \alpha t^2) / (1 + \alpha t^2)^2$$



Lontano dai bordi  $\int E(t) = 0 \longrightarrow E^2(\omega=0) = 0$

Vicino a un bordo  $E(t)h(t) \longrightarrow E(\omega)^*(1/\omega)$

Quindi lo spettro non va a zero per  $\omega \rightarrow 0$



Edge effect:

Per protoni: il protone viene 'visto' su alcuni metri ( $L \sim 6\text{m}$ ), per cui la variazione di  $B$  è brusca: la convoluzione con  $1/\omega$  produce una coda ad alta frequenza, per cui il fascio viene visto nel visibile mentre la frequenza critica è nel FIR.

Osservazione di fasci dell'SPS, CERN 1979

Per elettroni: la distanza su cui è osservato è di pochi mm ( $L \sim 3\text{mm}$ ),

Per cui la variazione di  $B$  è graduale (non è una discontinuità).

L'effetto è invece a bassa frequenza:

l'integrale di  $E(t)$  non è  $=0$ , per cui lo spettro non tende a zero a frequenza zero.

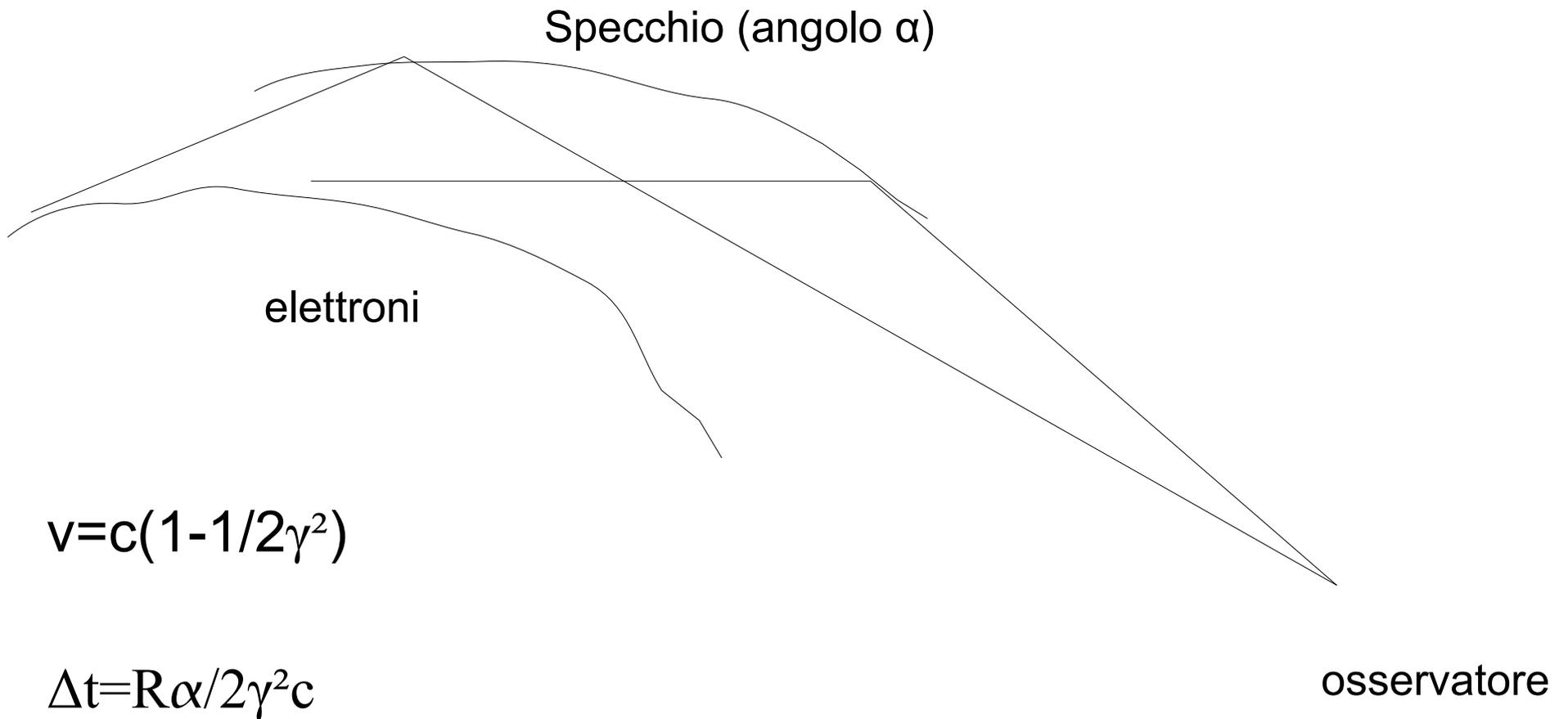
L'impulso positivo e` largo qualche mm,  
e il campo B va a 0 su qualche cm  
E(t) leggermente asimmetrico (le componenti di Fourier  
a bassa frequenza sono piu` estese (l'apertura angolare  
e` maggiore nell'IR))

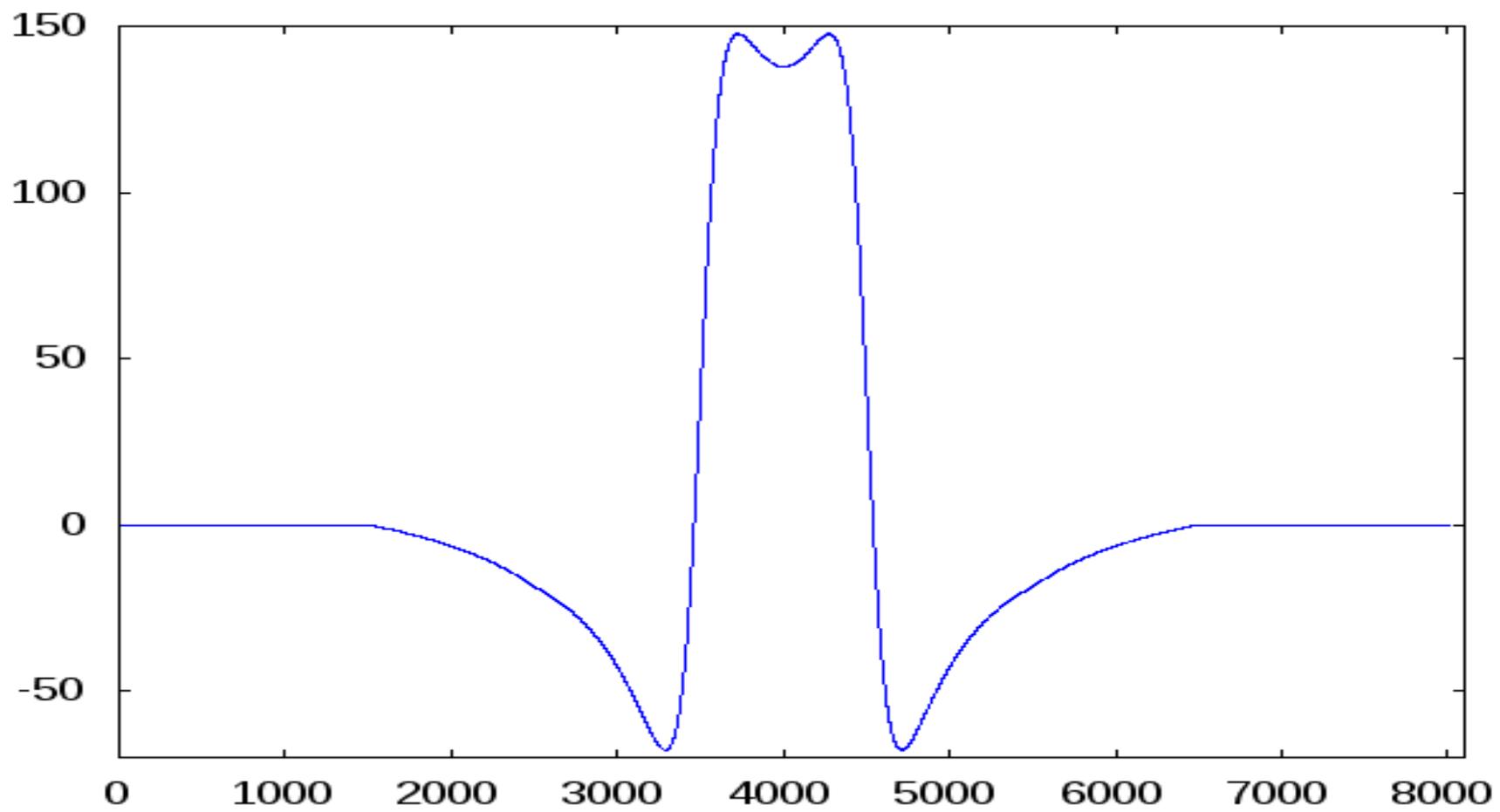
Integrale  $\neq 0$  : Bessonov's "strange waves"  
(impulso trasverso, probabilmente difficile da osservare)

Interferenza fra due edges (Nikitin 1980)

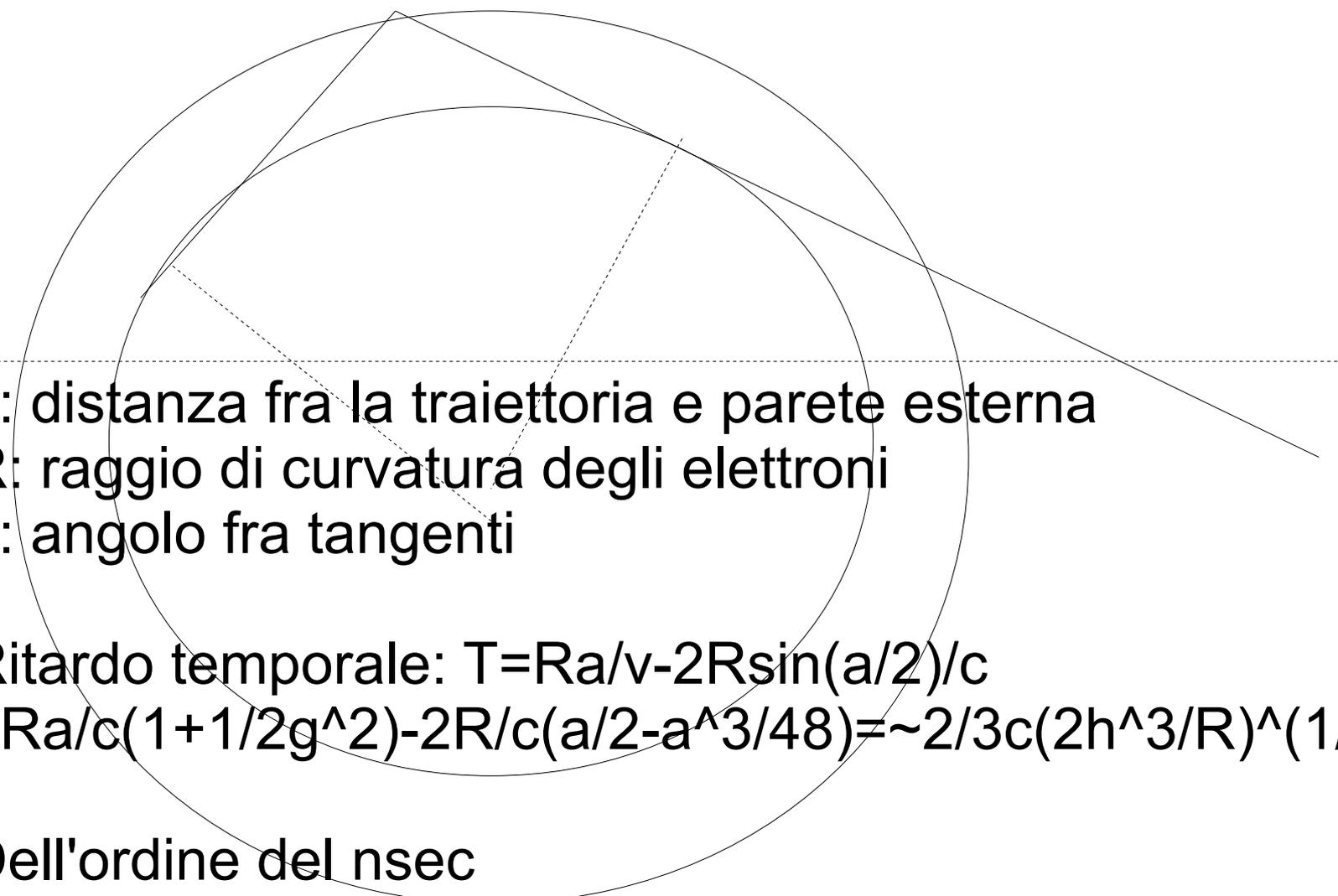
Puo` servire per scopi diagnostici

# Focussing





## Riflessioni dalla camera a vuoto



The diagram shows two concentric circles representing the inner and outer walls of a vacuum chamber. A solid line represents the trajectory of an electron, which is tangent to the inner circle at two points. A dashed line represents the radius of curvature of the trajectory. The angle between the two tangents is labeled 'a'. The distance from the trajectory to the outer wall is labeled 'h'. The radius of curvature is labeled 'R'.

h: distanza fra la traiettoria e parete esterna  
R: raggio di curvatura degli elettroni  
a: angolo fra tangenti

Ritardo temporale:  $T = Ra/v - 2R \sin(a/2)/c$   
 $= Ra/c(1 + 1/2g^2) - 2R/c(a/2 - a^3/48) \approx \sim 2/3c(2h^3/R)^{(1/2)}$

Dell'ordine del nsec

Modulazione spettro dell'ordine del GHz.

## Emissione coerente

Andamento temporale a un dato angolo: emissione di singola particella convoluta con densità nel bunch

Spettro/distib\_angolare moltiplicato per la trasf. di Fourier 3D della densità degli elettroni nel bunch.  
(teorema della convoluzione 3D)

Se il bunch è gaussiano, forte aumento dell'emissione a lunghezze d'onda comparabili con la lunghezza del bunch.

Con fascio modulato (turbolenza, ASE, FEL...)  
anche a lunghezze d'onda inferiori

*References: alcuni vecchi articoli:*

Edge effect and short magnet:  
Optics Comm. 1977, PhysRevA 1979

Osservaz. con protoni: Bossart et al. NIM 1979

FIR-SR: J.Phys.-Lett 45, L89 (1984)

SR coerente: Alta Freq. 1976, EurJPhys 1994

Interferenza bordi: Nikitin JETP 1980

Strange waves Bessonov 1981

G.Williams ApplOpt 1983