

Misura della lunghezza dei pacchetti di particelle in DAFNE

Andrea Ghigo, Angelo Stella, Carlo Vicario
INFN-LNF



Incontri di Fisica 2005
Gruppo di lavoro "I"

Incont
ri ■ di
fisica

Diagnostica con Luce di sincrotrone

- La luce di sincrotrone prodotta dal fascio di particelle che passa in un acceleratore può anche essere utilizzata come **diagnostica** del fascio stesso.
- Le dimensioni dell'immagine date dalla luce sono infatti uguali a quelle della sorgente a meno di fattori di ingrandimento del sistema ottico di trasporto

Misura delle dimensioni trasverse

- In particolare si possono misurare le dimensioni trasverse raccogliendo con un **sistema ottico** la luce emessa dal fascio di particelle ed inviandola ad una **telecamera** con cui si ricostruisce e quindi si analizza l'immagine.
- Se le particelle sono relativistiche la radiazione di sincrotrone viene emessa dalle particelle in avanti rispetto alla direzione e verso del loro moto in uno stretto cono
- l'angolo di emissione è infatti proporzionale ad $1/\gamma$ dove γ è l'energia delle particelle diviso l'energia della loro massa a riposo

Misura della distribuzione longitudinale

- Il fascio di particelle in un acceleratore circolare detto anello di accumulazione non ha una distribuzione longitudinale continua ma è costituito da **pacchetti** moltocorti. Questo è principalmente dovuto al meccanismo di accelerazione utilizzato in quasi tutti gli acceleratori moderni per il quale si utilizzano **campi a radiofrequenza**.
- La luce di sincrotrone viene utilizzata per la misura della **struttura temporale** del fascio ed in particolare per la misura della **distribuzione longitudinale** dei singoli pacchetti circolanti nell'anello.

Misura della lunghezza dei pacchetti di DAFNE

- Una descrizione completa dell'acceleratore DAFNE sul quale vi apprestate a far misure si può trovare in:

<http://www.inf.infn.it/>

La misura della lunghezza dei pacchetti circolanti in DAFNE viene effettuata in un laboratorio esterno rispetto alla sala in cui la macchina è installata. Per utilizzare lo stesso laboratorio e la stessa strumentazione per le misure sia sul fascio di elettroni che su quello di positroni la luce di sincrotrone prodotta nei due anelli viene trasportata da due linee ottiche composte da specchi e lenti nel suddetto laboratorio.

• Il progetto dei monitor di luce di sincrotrone utilizzati in DAFNE si trova in:

A. Ghigo, F. Sannibale: "**DAFNE Main Rings Synchrotron Radiation Monitors Design Criteria**"

**DAFNE Main Rings Synchrotron Radiation Monitors
Design Criteria**



Incontri di Fisica 2005

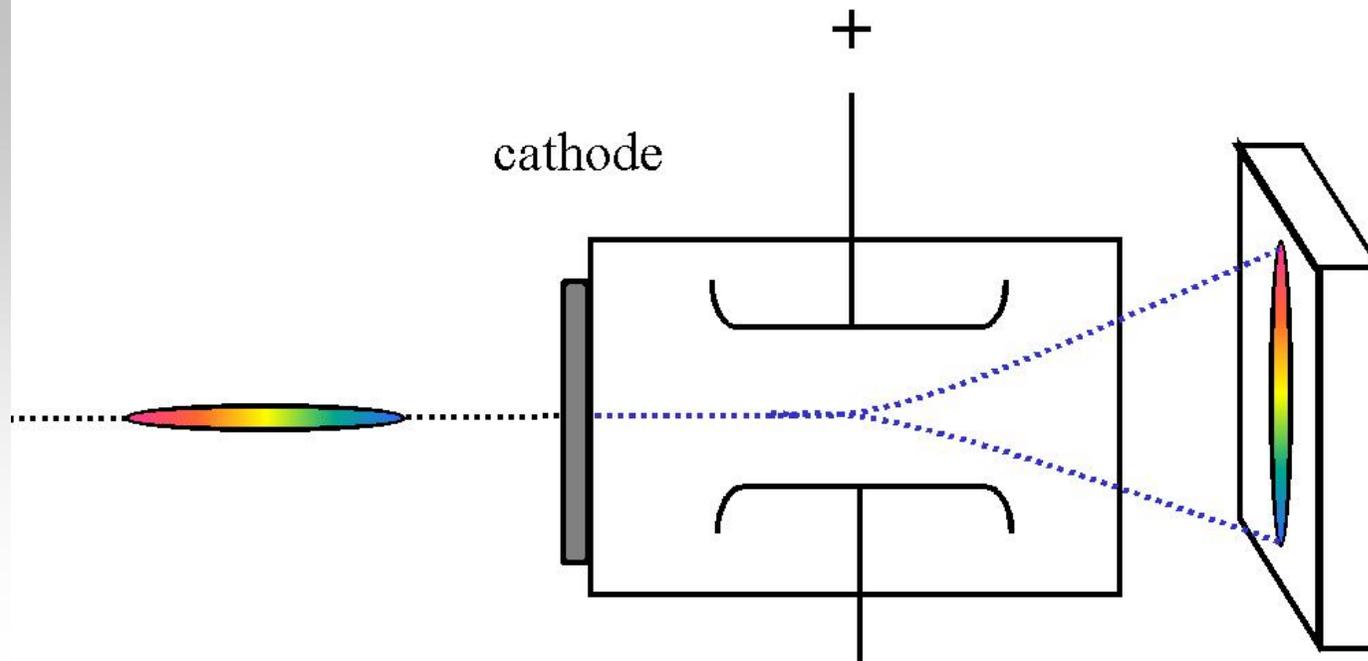
Incont
ri ■ di
fisica

Streak Camera

- Lo strumento utilizzato per misurare la lunghezza dei pacchetti di elettroni e positroni di DAFNE è la **Streak Camera** che funziona così:

la luce di sincrotrone viene inviata su un fotocatodo che per fotoemissione emette un pacchetto di elettroni di durata pari a quella dell'impulso di luce.

Gli elettroni vengono **accelerati da un campo elettrico statico longitudinale** e **deflessi da un campo elettrico trasverso** a radiofrequenza. Gli elettroni vengono perciò deviati con angoli diversi in funzione della loro posizione nel pacchetto.



Dopo una breve traiettoria gli elettroni incidono su uno schermo fluorescente e misurando la distribuzione trasversa e conoscendo la deflessione prodotta dal campo trasverso si può risalire alla distribuzione longitudinale. Per saperne di più:

- <http://www.hpk.co.jp/eng/products/Syse/pdf/StreakGuide.pdf>

La luce di sincrotrone e' radiazione elettromagnetica

Il termine dipendente dall' accelerazione genera la radiazione e.m. che noi osserviamo – stesso meccanismo che si verifica nelle antenne radio dove le cariche (gli elettroni del metallo) oscillano periodicamente

La potenza totale irradiata su tutto l'angolo solido risulta essere

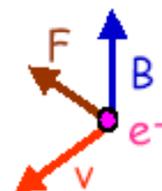
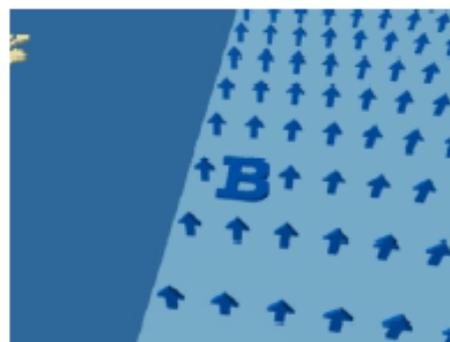
$$P_{\text{rad}} = \frac{2}{3} \frac{Q^2 a^2}{c^3} \gamma^4$$

dove

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta = \frac{v}{c}$$


proporzionale al quadrato dell' accelerazione

A noi interessano gli anelli di accumulazione



Forza di Lorentz

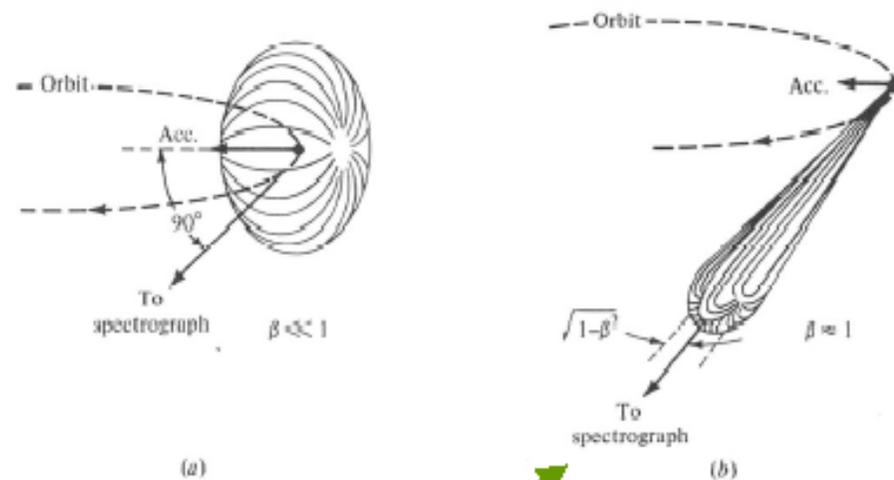
$$F = e v B$$

Una particella carica che viaggia in una traiettoria curva emette fotoni, radiazione elettromagnetica, la cui energia dipende dalla massa e dall'energia della particella e dal raggio di curvatura della traiettoria

Radiazione di sincrotrone

$$P_{rad} = \frac{2}{3} \frac{Q^2 c}{R^2} \left[\frac{E}{mc^2} \right]^4$$

raggio orbita



A velocità relativistica la radiazione emessa appare ad un osservatore tutta concentrata in un cono piccolissimo < 1 mrad

Misura della costante di allungamento del pacchetto

- La lunghezza dei pacchetti di particelle dipende dalla quantità di particelle presenti nel pacchetto stesso. Maggiore è la corrente immagazzinata più lungo è il pacchetto: la legge che regola la lunghezza in funzione della corrente è:

$$s_z = k (I_{\text{pacchetto}} / V_{\text{RF}})^{1/3}$$

dove s_z è la lunghezza (circa 2.35 volte la larghezza di distribuzione a metà altezza)

$I_{\text{pacchetto}}$ la corrente di singolo pacchetto

V_{RF} la tensione della cavità RF acceleratrice