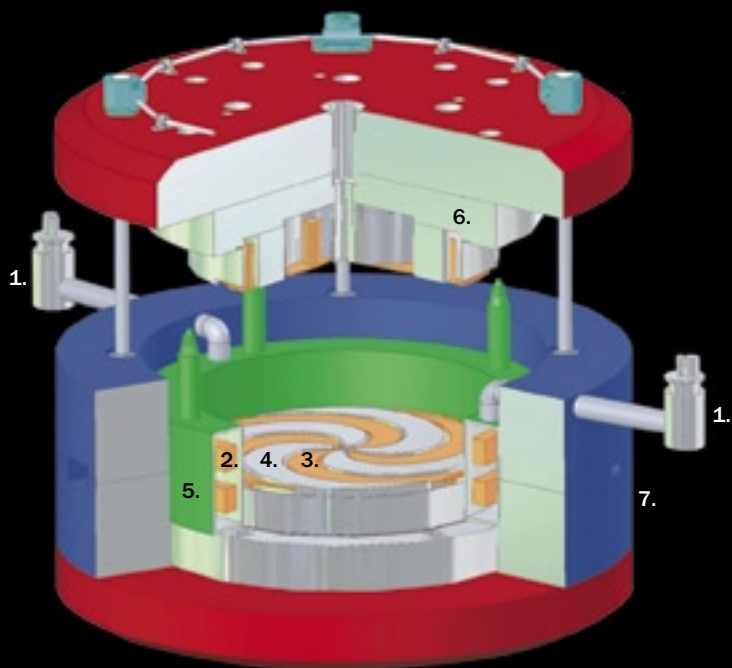


## [as] Schema del ciclotrone superconduttore Scent

1. ricondensatori di elio
2. bobine superconduttive
3. valli o *valleys*
4. creste o *hills*
5. criostato
6. polo superiore del ciclotrone
7. giogo di ritorno



Scent ha un diametro di 5 metri e pesa 350 tonnellate. Il campo magnetico massimo è di 4,2 Tesla, cioè circa 80.000 volte più intenso del campo magnetico terrestre. Per mantenere le bobine (2) nello stato superconduttivo è necessario raffreddarle mediante elio liquido alla temperatura di -269 °C circa. Il criostato (5), che contiene le bobine, viene

inizialmente riempito con elio. Nelle condizioni operative l'elio viene mantenuto nello stato liquido dai ricondensatori (1). Per ottenere un fascio con dimensioni e intensità ottimali è necessaria un'azione di focalizzazione che viene generata dalla variazione dell'intensità dei campi magnetici lungo la traiettoria delle particelle: più elevata nelle

o *hills* (4) e più bassa nelle valli o *valleys* (3).

Il campo magnetico generato tra le espansioni polari del ciclotrone (6) attraversa il piano su cui giacciono gli elettrodi. Le particelle accelerate si muovono su traiettorie ortogonali al campo magnetico.

Infine, il giogo del ciclotrone (7) agisce in modo da non far disperdere le linee di campo magnetico.

# Acceleratori in farmacia

## Radiofarmaci per vedere e curare.

di Mauro Bonardi

Fin dalla scoperta della radioattività, fu chiaro che gli isotopi radioattivi, ovvero i nuclei instabili che emettono particelle cariche e neutre, avrebbero trovato largo impiego in medicina sia a scopo di diagnosi che per la terapia. Questi, chiamati più propriamente *radionuclidi*, vengono infatti utilizzati oggi per marcare composti chimici, denominati *radiofarmaci*, che somministrati al paziente consentono di visualizzare con immagini bidimensionali o tridimensionali diverse parti del corpo, organi e tessuti. È possibile così identificare e diagnosticare precocemente patologie come tumori e sindromi degenerative del sistema nervoso centrale (morbi di Alzheimer e di Parkinson). Organi e cellule infatti sono dotati di recettori

estremamente specifici per determinate forme molecolari, che vengono “catturate” (*captate*) anche se presenti nella cellula in concentrazioni molto basse. Negli anni più recenti l’ideazione di radiofarmaci, in grado di legarsi specificamente e selettivamente a tali recettori, ha consentito di studiare questo meccanismo di captazione e di visualizzare il funzionamento (*metabolismo*) della cellula a livello molecolare e talvolta anche in tempo reale. D’altra parte anche dopo l’individuazione delle patologie, può essere di grande efficacia la somministrazione al paziente di composti marcati con radionuclidi, che emettono particelle cariche energetiche (elettroni, positroni, alfa). Queste irradiano in modo specifico e selettivo le cellule tumorali, risparmiando il tessuto sano circostante (*radioterapia metabolica*). Solo nel Nord America, con un’utenza di 300 milioni di abitanti, vengono eseguite ogni anno 20 milioni di indagini radiodiagnostiche mediante radiofarmaci (escluse radiografie e Tac), mentre sono centinaia di migliaia all’anno i trattamenti di radioterapia metabolica. Una caratteristica cruciale di un radiofarmaco è che in esso il radionuclide è presente in concentrazioni così basse

da non avere alcun effetto chimico o farmacologico sulla cellula pur conservando la necessaria capacità di irraggiamento. Una separazione radiochimica così sofisticata dei radionuclidi è possibile anche grazie agli acceleratori di ioni leggeri, che producono i radioisotopi, irraggiando gli elementi naturali. I fasci di ioni leggeri (protoni, deuteroni e alfa) di energia opportuna sono ottenibili con acceleratori compatti installati con costi relativamente contenuti presso ambienti ospedalieri e di ricerca applicata. I più noti radionuclidi per la Pet (Tomografia ad Emissione di Positroni), una delle tecniche di diagnosi che produce immagini tridimensionali o mappe dei processi funzionali del corpo, vengono prodotti mediante irraggiamento in ciclotrone. A questi ne va aggiunto un numero elevato, tuttora in fase di studio o sperimentazione. Un’altra significativa classe di radionuclidi per radioterapia metabolica combinata con tecniche di *imaging*, come Spet e Pet, viene prodotta in un ciclotrone con metodi alternativi a quelli tradizionali basati sull’impiego di un reattore nucleare. Tali radionuclidi sono normalmente emettitori di particelle cariche e sono

progettati per attribuire una dose da radiazioni elevata alle cellule patologiche del paziente, risparmiando al contempo le cellule sane. Essi trovano avanzate applicazioni in radioterapia metabolica, se utilizzati per marcare radiofarmaci in grado di penetrare nel nucleo cellulare per danneggiare irreversibilmente il Dna delle cellule neoplastiche. Negli ultimi decenni l’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ha finanziato ricerche di punta, che utilizzano metodiche innovative e avanzate di produzione di tali radionuclidi, processamento radiochimico e controllo analitico e radioanalitico di qualità.

### Biografia

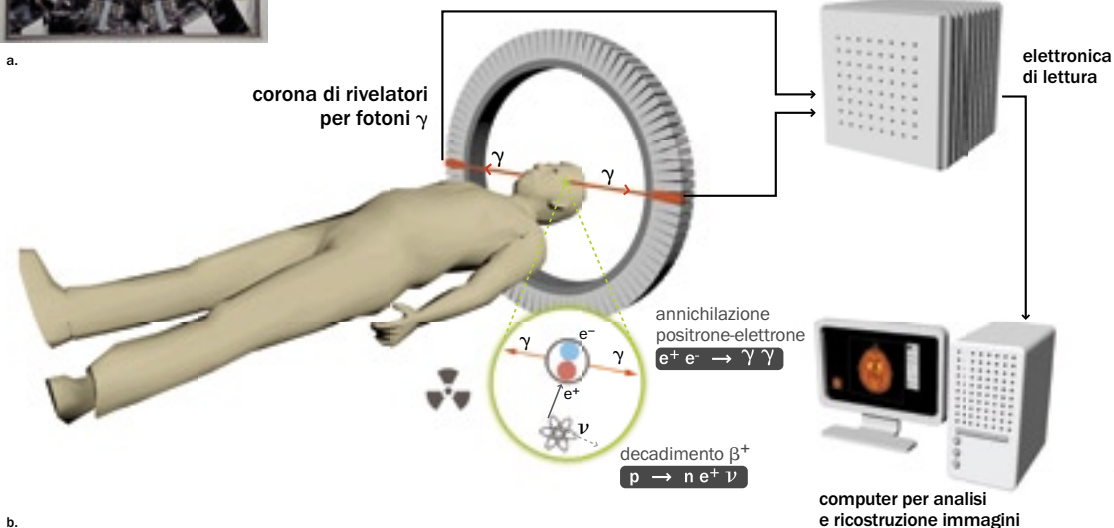
**Mauro L. Bonardi** è professore di Chimica e Radiochimica dell’Università di Milano e coordinatore di Gruppo V della sezione Infn di Milano. È stato responsabile di esperimenti Infn nel settore della produzione di radionuclidi con metodiche non convenzionali, per impieghi in tossicologia e biomedicina.

### Link sul web

[lasa.mi.infn.it](http://lasa.mi.infn.it)



a.



b.

- a. Corona di cristalli scintillatori che rivelano i fotoni di annichilazione nella Pet.
- b. L’annichilazione dei positroni emessi dal radioisotopo produce due fotoni sulla stessa linea, rivelati da sistemi di rivelatori a scintillazione. L’analisi delle linee prodotte da tante annichilazioni, con software molto avanzati, permette la ricostruzione dell’immagine dell’organo in cui si trova il radioisotopo, di visualizzarne la funzionalità e fare diagnosi accurate.