

La Camera Odoscopica: una finestra aperta sul mondo delle particelle

Una delle prime scoperte di risonanza internazionale di Adriano Gozzini è stata l'invenzione della camera odoscopica (= visualizzatore di traiettorie) che ha dato la possibilità ai fisici di tutto il mondo di poter osservare visivamente l'affascinante mondo delle particelle elementari e dei raggi cosmici. Conoscere la storia, alquanto curiosa, di come sia stata realizzata la prima camera odoscopica è anche istruttivo per capire come possano sorgere nuovi strumenti dalla osservazione di fenomeni apparentemente molto semplici e del tutto diversi

La storia.



Conversi e Gozzini in occasione del 70° compleanno di Gozzini
Scuola Normale Superiore, 5 Settembre 1987

nuove e originali, foriera anche di nuove tecniche spettroscopiche. I magnetron e i klystron erano nel primo dopoguerra facilmente reperibili nei residuati bellici e permettevano ai fisici di fare ottima ricerca anche in laboratori dotati di pochi mezzi finanziari. Con l'arrivo in laboratorio del primo magnetron, proveniente dalla demolizione di un radar americano, Gozzini, discutendo con il prof. Alfred Kastler della Scuola Normale di Parigi su possibili applicazioni alla fisica di tale strumento, giunse alla determinazione di eseguire una esperienza sulla possibilità di osservare ioni eventualmente presenti nei liquidi isolanti. L'idea di Gozzini era di usare un forte impulso di radiazione elettromagnetica in modo da mettere in moto violento, a causa della loro carica elettrica, tali ioni. Questi, per collisione con le molecole del liquido, lo avrebbero riscaldato, cambiando localmente l'indice di rifrazione. Questo cambiamento poteva essere messo in evidenza sfruttando la diffusione di luce che tale differenza di indice di rifrazione poteva produrre su un fascio luminoso che attraversava il liquido: un fototubo posto all'esterno della cella di vetro poteva rivelare tale diffusione.

Un liquido ritenuto molto adatto allo scopo era il cicloesano, che poteva essere prodotto molto puro dai chimici pisani, con una purezza e trasparenza tale che il fascio di luce che lo attraversava era invisibile anche ad una osservazione accurata.

L'esperienza doveva essere fatta al buio, in modo che il fototubo potesse osservare solo la luce eventualmente diffusa lateralmente dal fascio di luce. L'esecuzione dell'esperienza fu affidata ad un giovane collaboratore, il dott. Arrigo Battaglia il quale preparò in laboratorio, con molta cura, il magnetron che produceva potenti impulsi di radiazione e.m. a 10 GHz (durata degli impulsi 1

Negli anni cinquanta Gozzini cercava di organizzare un gruppo di ricerca rivolto allo studio di una spettroscopia che utilizzava non le radiazioni fino a quel tempo ben conosciute dall'infrarosso ai raggi ultravioletti, ma radiazioni elettromagnetiche con lunghezze d'onda centimetriche, che allora si potevano ottenere dai magnetron e klystron, molto usati durante il periodo bellico per la costruzione dei radar. Questa regione era aperta per ricerche

microsecondo con alcuni Kw di potenza), dispose sulla guida di uscita delle microonde il sostegno per la cella con l'esano attraversato da un sottile intenso fascio di luce bianca e, a lato, il fototubo per l'osservazione su un oscillografo degli eventuali impulsi di luce diffusa.

Per essere garantito del buon funzionamento del magnetron Battaglia si serviva di una piccola lampadina al neon, di quelle normalmente usate per indicare l'accensione delle apparecchiature elettriche, oggi sostituite quasi ovunque dai diffusissimi led di vari colori.

Queste lampadine contenevano normalmente una piccola quantità di neon che dava loro una colorazione rossastra quando si accendevano. Si sapeva che queste lampade avevano la proprietà di accendersi spontaneamente se avvicinate ad una sorgente di onde elettromagnetiche abbastanza potente e permettevano quindi di osservare l'emissione degli impulsi del magnetron dalla guida d'uscita e garantivano del suo funzionamento.

Preparata tutta l'apparecchiatura, Battaglia si preparò ad eseguire l'esperienza: mise in funzione il magnetron, controllò con la lampadina al neon che funzionasse correttamente, spense la luce, accese il fototubo e attese di vedere impulsi di luce provenienti dalla cella del cicloesano. Non osservando nulla, dopo alcune prove ebbe il dubbio che il magnetron non funzionasse correttamente. Sempre al buio avvicinò la lampadina al neon alla bocca di uscita del magnetron e vide con sorpresa che la lampadina non si accendeva che raramente. Convinto che si fosse rotto qualcosa nel magnetron, accese la luce, lo ispezionò accuratamente e lo rimise in funzione controllando, sempre con l'aiuto della lampadina al neon, che il magnetron fosse sempre funzionante. Sicuro di questo, spense la luce e ripeté l'esperienza al buio. Non osservando ancora nessuna risposta del fototubo, ricontrollò il funzionamento del magnetron e notò che la lampadina non si accendeva che raramente, come se il magnetron funzionasse a tratti. Dopo ripetuti controlli, anche con altri magnetron, notò che la lampadina si accendeva, a conferma che il magnetron funzionava, solo quando la luce nel laboratorio era accesa e non si innescava che raramente quando la luce era spenta. Fatta vedere la cosa agli amici, scherzosamente fu formulata la seguente legge: i magnetron al buio funzionano male. Gozzini informato della cosa volle rendersi conto personalmente dello strano fenomeno e dopo qualche prova venne a capo rapidamente dell'enigma: Non è il magnetron che non funziona in mancanza di luce, ma è il magnetron che può innescare le lampadine al neon solo in presenza di luce. La luce era necessaria per produrre emissione per effetto fotoelettrico di elettroni dalle pareti o dagli elettrodi interni delle lampadine. Questi elettroni poi venivano accelerati dal campo elettrico delle microonde e per collisione con gli atomi del neon producevano un processo a valanga con emissione di luce.

La spiegazione fu così immediata e convincente che nessuno pensò più al curioso fenomeno. Nessuno, tranne Gozzini. La misteriosa accensione del neon che avveniva qualche volta al buio e che da tutti non era stata presa in considerazione, attirò invece maggiormente la sua attenzione ed il giorno successivo formulò l'ipotesi che poteva trattarsi di qualche raro raggio cosmico che ionizzando il gas in coincidenza con l'impulso del magnetron, produceva lo stesso processo a valanga dell'effetto fotoelettrico ipotizzato il giorno prima. Occorreva urgentemente verificare ciò: sarebbe bastato disporre dei tubi di Geiger che segnalassero l'arrivo del raggio cosmico in coincidenza con l'accensione della lampadina al neon. A quell'epoca l'Istituto di Fisica era retto dal Prof. Marcello Conversi, noto studioso di particelle elementari, che poteva subito disporre dei tubi di Geiger per la rivelazione dei raggi cosmici. Gozzini si rivolse a lui per avere i Geiger e, discutendo dell'esperienza, entrambi concordarono che se l'idea fosse stata corretta, poteva essere costruito un sistema molto più grande che poteva rendere visibile il passaggio di raggi cosmici su volumi molto più grandi di quelli di una lampadina al neon. La conferma che erano proprio i raggi cosmici a produrre le rare accensioni della lampadina portò a progettare la prima camera odoscopica.

La costruzione della prima camera odoscopica.

Come mostrato dallo schema di Fig.1, tutta una serie di tubicini al neon, del diametro di circa 1 cm e lunghi una ventina di cm, erano posti tra piastre metalliche distanziate tra loro di circa 5 cm. Tra le piastre veniva applicata una tensione impulsata di qualche kilovolt sufficiente ad innescare la scarica luminosa nei tubicini. Il campo elettrico impulsato, della durata di due microsecondi, sostituiva vantaggiosamente i costosi magnetron e accelerava egualmente bene le particelle ionizzanti liberate dal raggio cosmico. L'impulso di campo elettrico veniva inviato solo quando i tubi di Geiger posti sopra e sotto

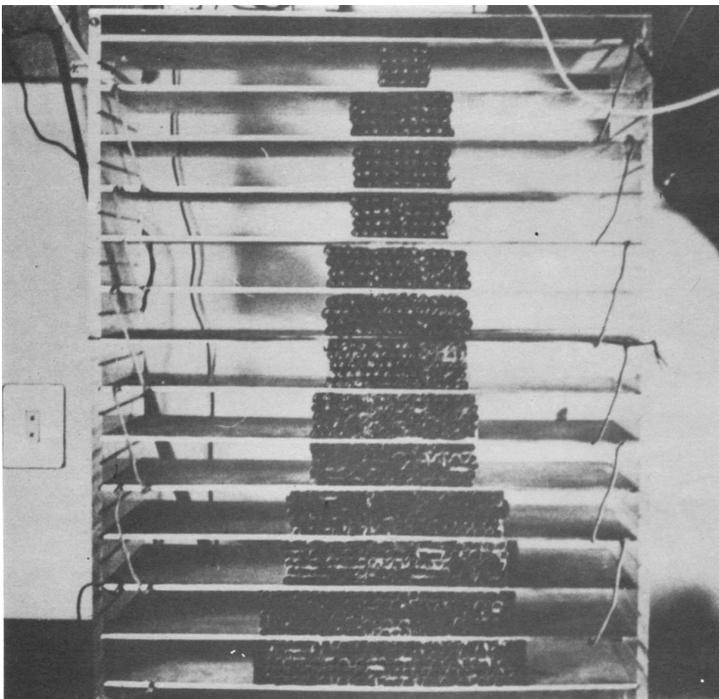
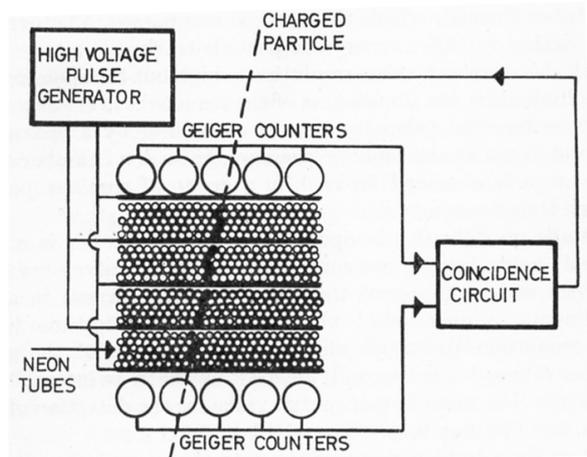
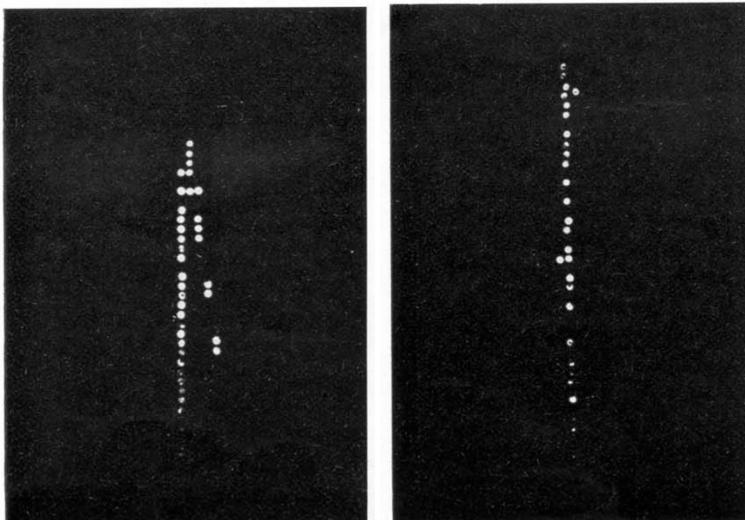


Fig.1 - Schema di funzionamento

il pacco di tubicini segnalavano contemporaneamente il passaggio di un raggio cosmico. Si era così sicuri che tutta la colonna dei tubicini veniva attraversata e si sarebbero accesi solo quelli nei quali erano presenti le cariche libere prodotte dal raggio cosmico ionizzante. La foto della prima camera odoscopica costruita a Pisa è in Fig. 2. Notare le dimensioni confrontandole con la presa di corrente nel muro. L'altezza di tutta la camera è di soli 45 cm.



Accanto, Fig.3, le prime tracce di raggio cosmico ottenute nel 1955. La prima mostra un singolo raggio cosmico mentre la seconda rivela la formazione durante il percorso di due particelle che proseguono per cammini differenti. Una gemella di questa camera è stata esposta al Museo della Scienza a Londra.

Successivi sviluppi.

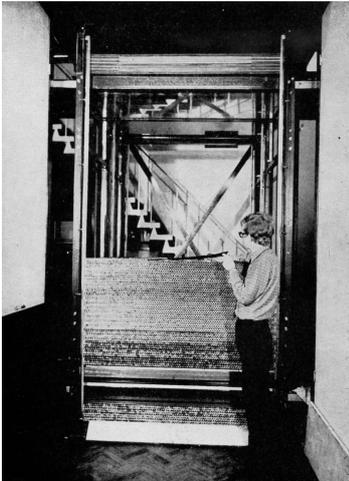


Fig.4 -Camera odoscopica

Il lavoro pubblicato sul Nuovo Cimento (M.Conversi and A.Gozzini, Il Nuovo Cimento 2, (1955) pp.189-191) suscitò immediatamente l'interesse dei fisici che lavoravano nel campo della Fisica delle particelle elementari, o Fisica delle Alte Energie: la possibilità di visualizzare e misurare le tracce lasciate dalle particelle elementari, soprattutto se in campo magnetico, avrebbe permesso di misurarne l'impulso senza distruggerle. Fu così che rapidamente, in vari laboratori nel mondo vennero costruite camere odoscopiche, alcune anche delle dimensioni di una stanza. In Fig.4 ad es. si vede una camera odoscopica costruita negli USA negli anni 70. Notare le sue dimensioni paragonandole a quelle della persona che la sta costruendo. Accanto, in Fig.5, la foto di una eccezionale "pioggia" di raggi cosmici vista con questa camera. Ma la storia aveva in serbo ancora incredibili sorprese. Dai primi 'tubicini', dalla loro debole luce, in pochi anni,

intorno al 1963, si passò alla costruzione di enormi sistemi

di tracciatura che utilizzavano grandi volumi opportunamente riempiti di gas (in genere nobile) interposto tra estesi elettrodi piani, ai quali veniva applicata una grande differenza di potenziale, fino a decine di migliaia di Volt. Il passaggio di particelle cariche provocava la ionizzazione delle molecole del gas, ed il campo elettrico presente permetteva la separazione degli elettroni dall'atomo che rimaneva ionizzato positivamente. Successivamente, avveniva l'accelerazione degli elettroni verso l'anodo (elettrodo positivo) nelle vicinanze del quale aveva luogo il processo di moltiplicazione a valanga che provocava la formazione di vere e proprie 'cascate' di carica; queste venivano visualizzate come vere e proprie 'scintille' (da cui il nome di 'spark chamber'). Il successivo sviluppo fu legato ad una nuova, fondamentale presenza nei Laboratori di Ricerca, il Computer, che diventò presto il miglior sistema di registrazione di tutte le informazioni prodotte in un esperimento. Il Computer però richiedeva la presenza di segnali elettronici e non più ottici; quindi si rese necessario introdurre nuovi rivelatori che fornissero 'direttamente' segnali trasformabili in 'bit'. Il fisico francese di origine polacca, Georges Charpak, nel 1968 introdusse le MWPC, Camere Proporzionali a Multifilo, che nel giro di alcuni anni andarono ad equipaggiare tutti gli esperimenti nuovi che si allestivano nel mondo. E per questa importante scoperta, egli vinse il Premio Nobel nel 1992. Quanta strada dai quei primi, deboli segnali di luce, colti nella penombra di un fumoso laboratorio di piazza Torricelli, nel lontano 1955!

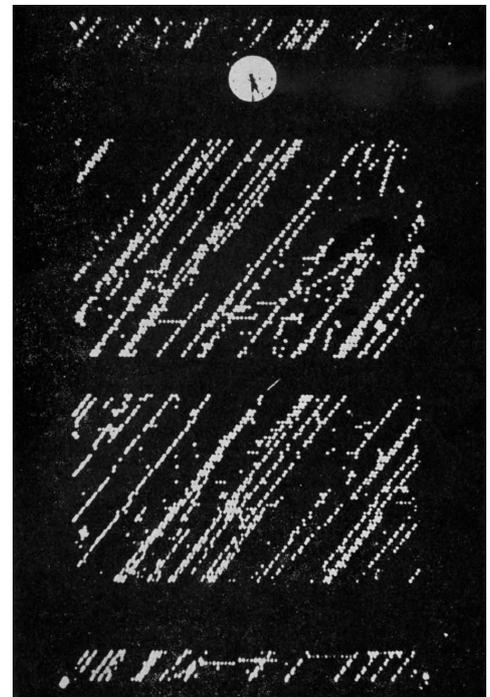


Fig. 5 -Sciame