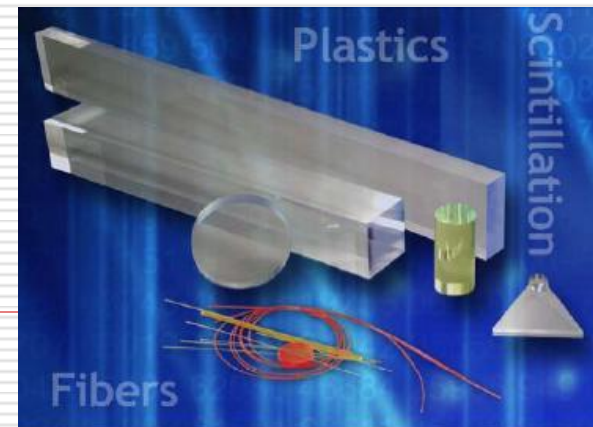
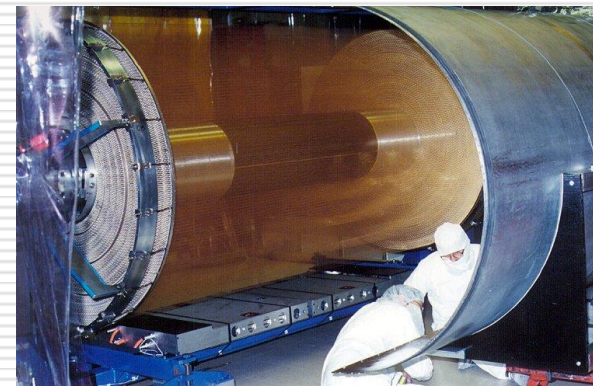
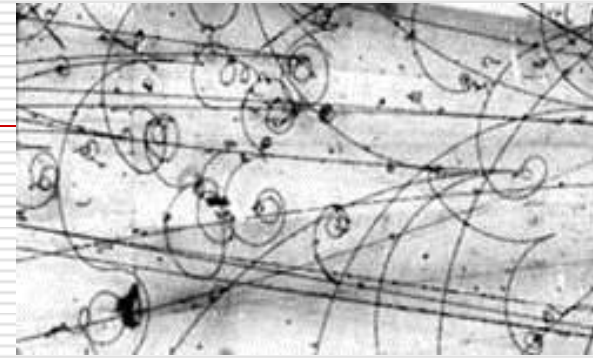


Rivelatori a fili

Marco Panareo

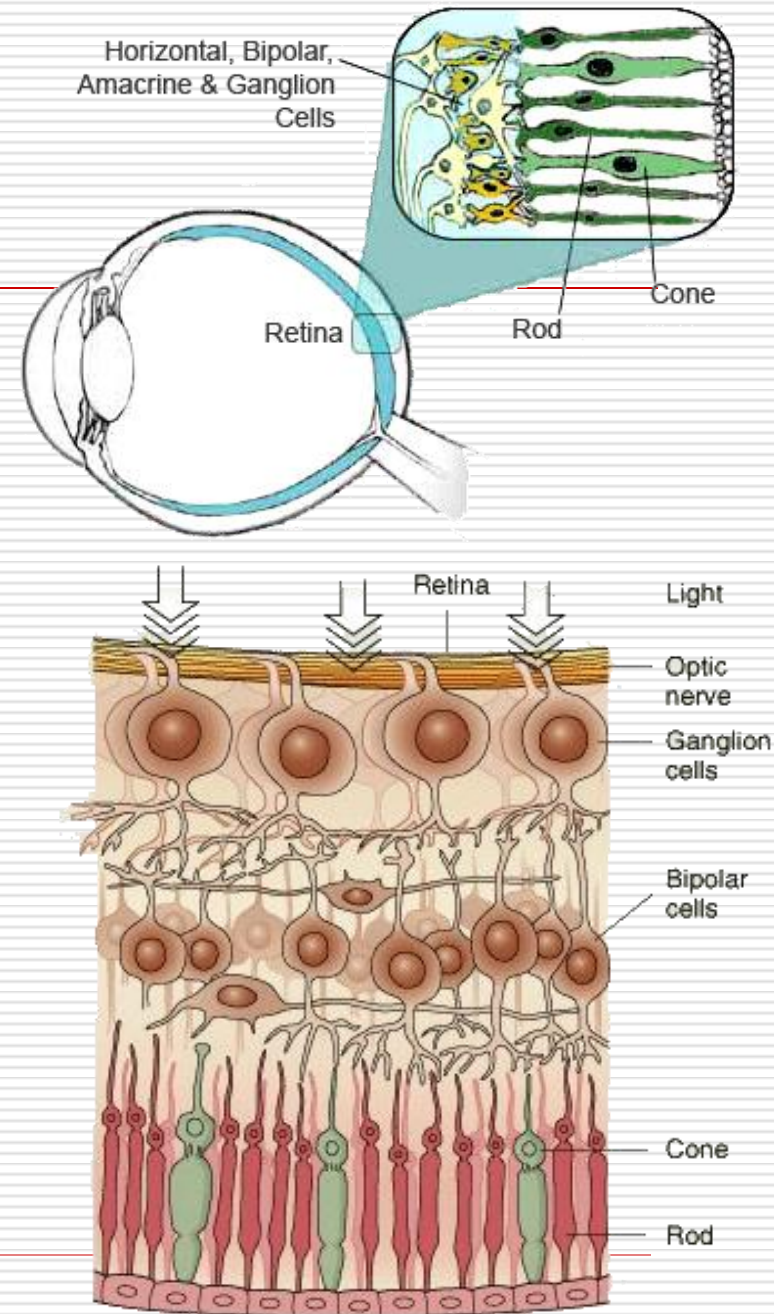
I rivelatori di particelle

- Il principio di funzionamento di tutti i rivelatori di particelle è il trasferimento parziale o totale dell'energia della particella al rivelatore
- Nel rivelatore l'energia viene convertita in una forma utile ad essere analizzata
 - Ad esempio, nelle emulsioni fotografiche la ionizzazione delle particelle incidenti determina la formazione di immagini
 - Nei rivelatori a gas le ionizzazioni danno luogo ad impulsi elettrici
 - Negli scintillatori le transizioni energetiche molecolari producono l'emissione di onde elettromagnetiche di opportuna lunghezza d'onda
- Tutti i rivelatori moderni forniscono una risposta di tipo elettrico, cioè l'informazione proveniente dal rivelatore è convertita in segnali elettrici per possono essere acquisiti da opportuni sistemi



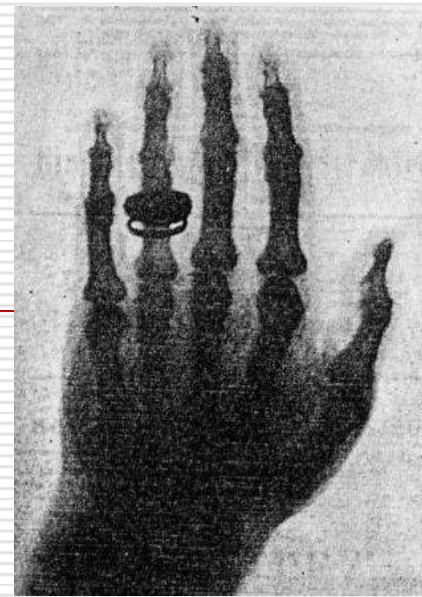
L'occhio

- ❑ Presenta un'alta sensibilità ai fotoni
- ❑ Ha una buona risoluzione spaziale
- ❑ Una dinamica molto ampia con un adattamento automatico alla soglia
- ❑ Una discriminazione in energia (lunghezze d'onda 400nm÷700nm)
- ❑ L'elaborazione complessiva dei dati (acquisizione+analisi) richiede ~100ms



Lastre fotografiche

- ❑ Sono costituite da supporti di vetro o di plastica coperti da una soluzione di sali di argento, come AgBr o AgCl
 - ❑ La radiazione incidente trasforma il sale in argento metallico che attraverso un processo di sviluppo viene fissato in maniera permanente sul supporto
 - ❑ Presenta una buona risoluzione spaziale e un'ampia dinamica
 - ❑ Non consente la registrazione dei dati in maniera diretta e non ha una risposta temporale
-



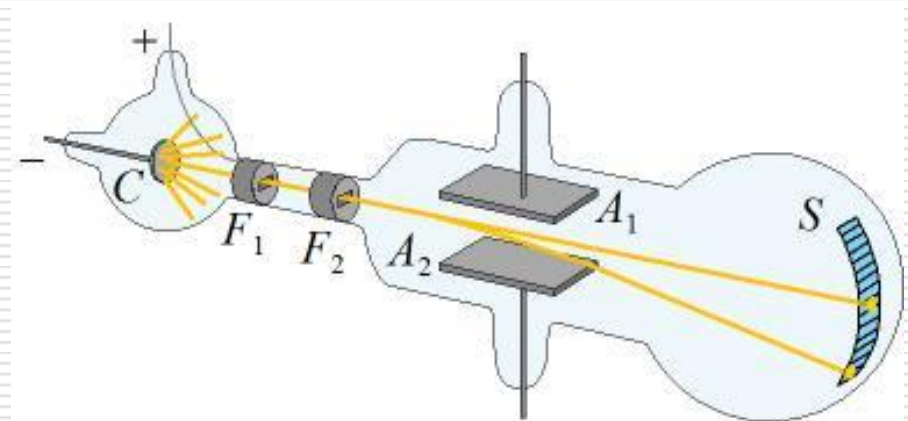
Tubo a raggi catodici

- Il tubo a raggi catodici costituisce un esempio completo di esperimento di fisica delle alte energie
 - E' presente un sistema per accelerare le particelle
 - Un sistema per deviarne il percorso allo scopo di stabilirne la polarità
 - Un rivelatore

- Nel 1897 fu utilizzato da J.J. Thomson per l'attribuzione all'elettrone dell'identità di particella elementare attraverso la misura del rapporto carica/massa

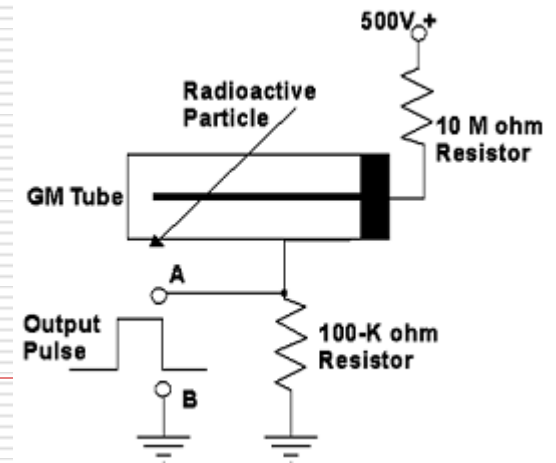
J.J. Thomson, Catode Rays, Phil. Mag, 44(1897) 293

... The rays from the cathode C pass through a slit in the anode A, which is a metal plug fitting tightly into the tube and connected with the earth; after passing through a second slit in another earth-connected metal plug B, they travel between two parallel aluminum plates about 5 cm. long by 2 broad and at a distance of 1.5 cm. apart; they then fall on the end of the tube and produce a narrow well-defined phosphorescent patch. A scale pasted on the outside of the tube serves to measure the deflexion of this patch...



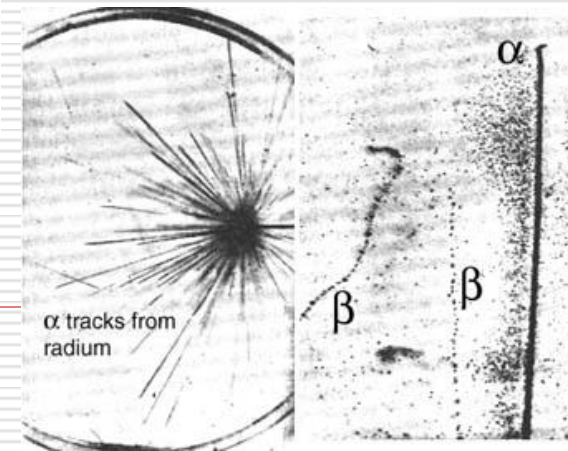
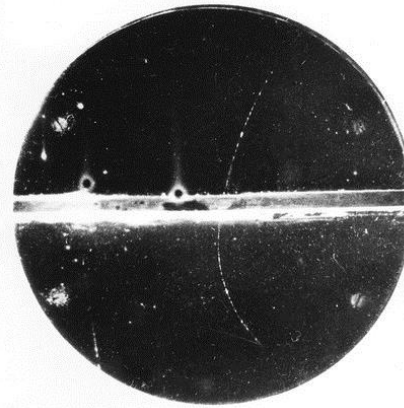
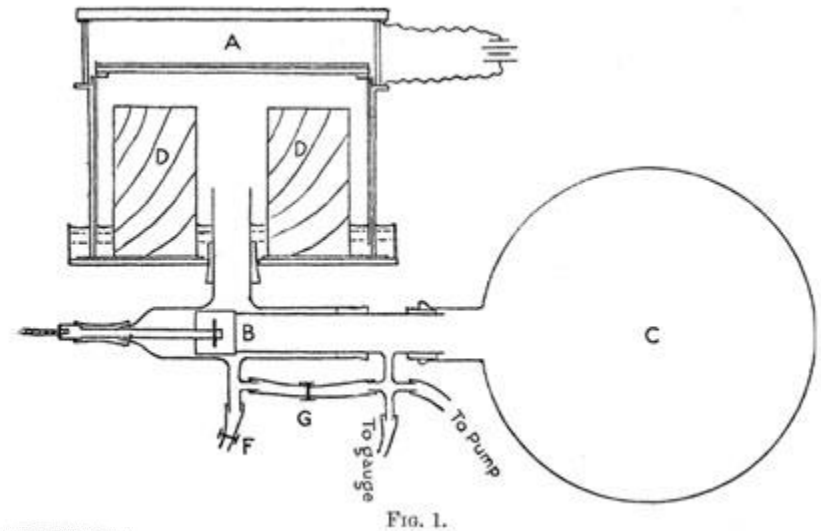
Rivelazione elettrica

- ❑ Il contatore Geiger è il primo esempio di rivelatore "elettrico"
- ❑ Una particella che lo attraversa ionizza le molecole del gas contenuto in un volume sensibile
- ❑ Le cariche prodotte sono poste in movimento attraverso un campo elettrico a simmetria cilindrica e rilevate come un impulso di corrente



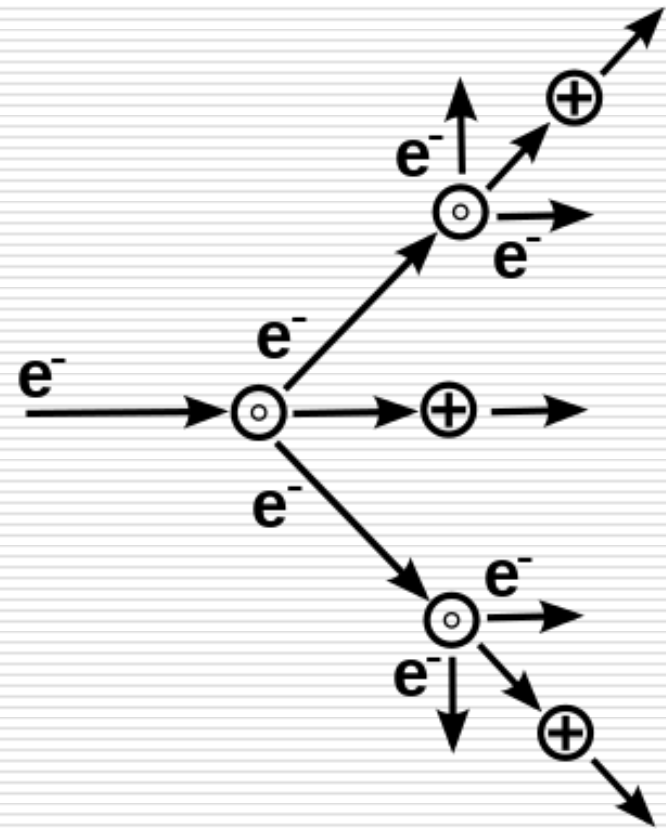
Tracking

- ❑ La camera a nebbia è il primo rivelatore in grado di visualizzare la traiettoria delle particelle
- ❑ In una regione circoscritta viene fatta evaporare acqua fino al punto di saturazione
- ❑ Il vapore viene fatto espandere adiabaticamente in modo da abbassarne la pressione e portarlo allo stato di soprassaturazione
- ❑ Il passaggio di particelle cariche attraverso il vapore soprassaturato lo fa condensare localmente in piccole gocce producendo una traccia visibile del loro percorso



Ionizzazione in gas

- Una particella veloce che attraversa un mezzo lascia una traccia di ionizzazioni lungo la sua traiettoria
- Nei gas hanno luogo principalmente due tipi di ionizzazione:
 - Primaria: uno o più elettroni sono strappati dall'atomo dalla particella incidente
 - Secondaria: gli elettroni sono strappati da atomi non colpiti dalla particella incidente. In questo caso sono gli elettroni prodotti dalla ionizzazione primaria a determinare la ionizzazione
- Il meccanismo di formazione della ionizzazione secondaria è detto *moltiplicazione a valanga*



Deriva

- In assenza di un campo elettrico esterno la ionizzazione del gas si annulla per effetto delle ricombinazioni tra ioni ed elettroni
 - In presenza di un campo elettrico le due specie vengono separate e la velocità di deriva v è funzione dell'intensità del campo applicato e della pressione del gas secondo la relazione $\mu E/p$ in cui μ , detta *mobilità* è diversa per le due specie.
-

Rivelatore a gas

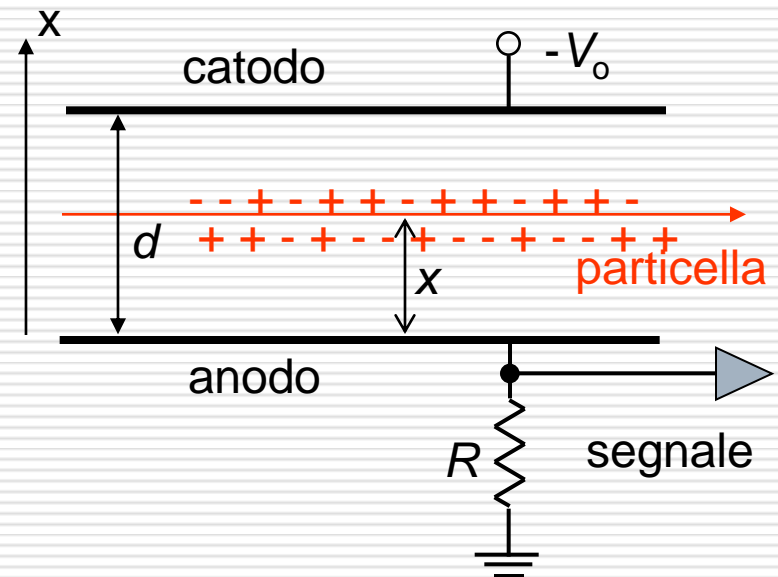
- In generale le ionizzazioni primarie in un gas sono poche
 - Per poter adoperare un gas come rivelatore occorre pertanto
 - Inibire il più possibile le ricombinazioni (evitare inoltre la presenza di gas elettronegativi come H_2O o O_2)
 - Utilizzare intensi campi elettrici per determinare le moltiplicazioni a valanga
-

Rivelatore a gas

- Nella forma più semplice un rivelatore a gas è costituito da un sistema di elettrodi paralleli
- Una differenza di potenziale è applicata agli elettrodi per determinare un campo elettrico uniforme

$$E = \frac{V_0}{d}$$

- Gli elettrodi sono inseriti in un contenitore all'interno del quale è situato il gas
- Le pareti del contenitore devono essere sufficientemente sottili da far passare le particelle da rivelare



Il segnale

- L'energia potenziale di una carica q a distanza x dall'anodo è

$$U = qV(x)$$

- Se la carica si sposta di dx l'energia potenziale varia di

$$dU = qV(x+dx) - qV(x) = q[V(x+dx) - V(x)] = qEdx$$

- La variazione di energia potenziale deve essere compensata dal lavoro fatto dal generatore

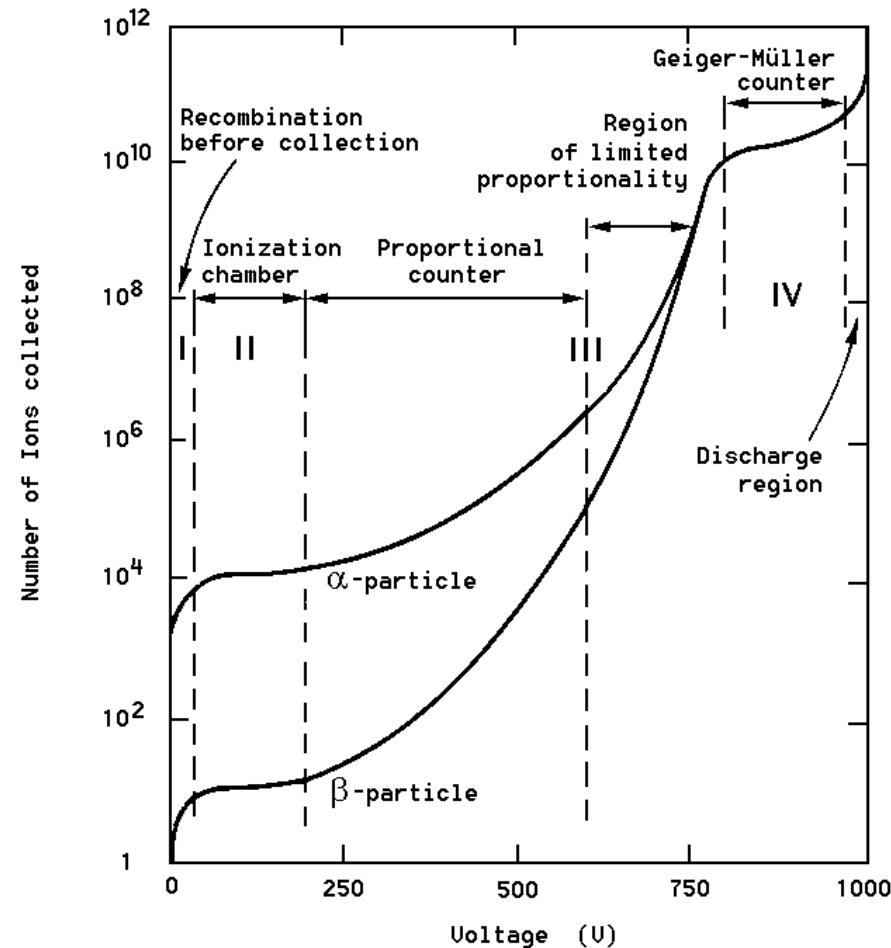
$$V_0 dQ = V_0 i dt = qEdx$$

- i rappresenta il segnale di corrente attraverso la resistenza R

$$i = \frac{qE}{V_0} \frac{dx}{dt} = \frac{qv}{d}$$

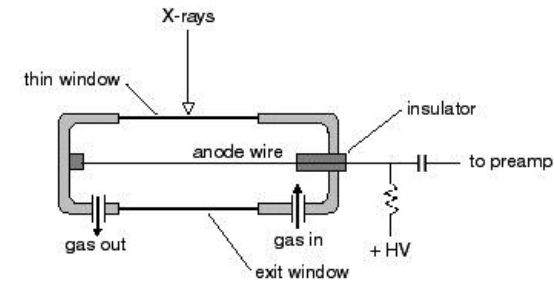
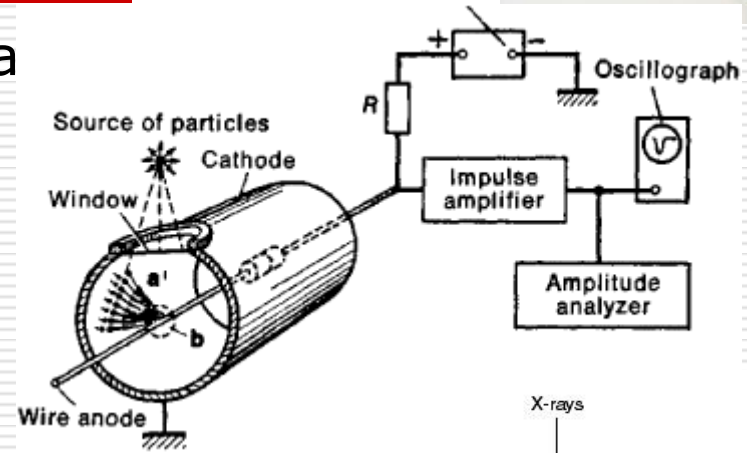
Numero di ioni raccolti

- In funzione della tensione di polarizzazione degli elettrodi V_0 è possibile cambiare in modo radicale il funzionamento del rivelatore a gas:
- **Ionizzazione:** si raccoglie tutta la carica senza nessuna moltiplicazione delle coppie ione-elettrone
- **Proporzionale:** è presente una moltiplicazione a valanga. Il segnale di corrente è proporzionale alla quantità di ionizzazioni prodotte (necessaria elettronica a basso rumore)
- **Proporzionale limitato, saturazione, streamer:** forte emissione di fotoni, moltiplicazioni a valanga secondarie, alti guadagni (è richiesta una elettronica di rivelazione semplice)
- **Modo Geiger:** grossa fotoemissione, il filo anodico è tutto coinvolto, il regime di scarica viene eliminata dall'esterno diminuendo l'HV. Necessari forti moderatori.



Geometrie

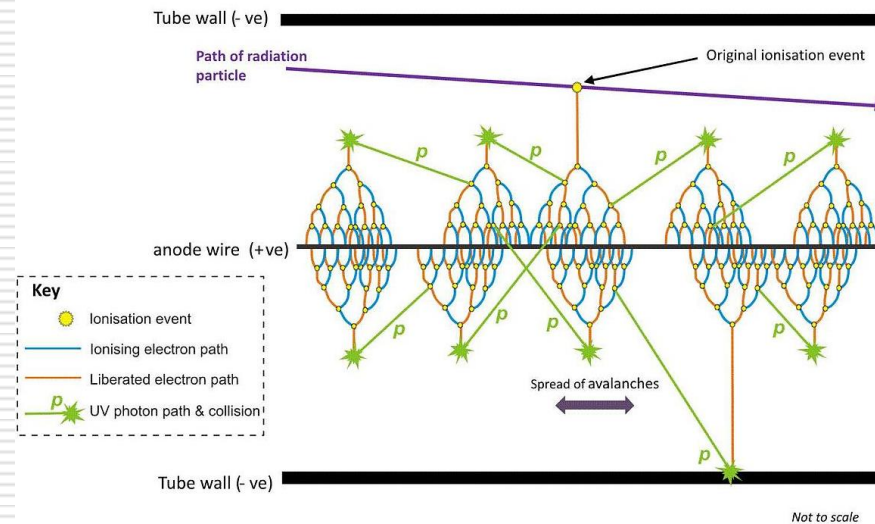
- ❑ Le geometrie dei rivelatori a gas possono essere di differenti tipi in relazione alle specifiche applicazioni
- ❑ Quella privilegiata è a simmetria cilindrica, in cui l'anodo è costituito da un filo conduttore posto sull'asse di un cilindro cavo metallico che funge da catodo
- ❑ All'interno del cilindro è disposto il gas, in genere una miscela



Il gas

- ❑ La componente principale della miscela è un gas nobile, in genere Ar o He
- ❑ Quando gli ioni del gas nobile si ricombinano, in genere sono in uno stato eccitato
- ❑ L'eccitazione del gas può essere anche prodotta dall'urto a bassa energia con altre particelle
- ❑ La diseccitazione genera fotoni nella regione ultravioletta che possono provocare ulteriori ionizzazioni a seguito di interazioni con gli elettroni debolmente legati delle molecole del gas ovvero per effetto fotoelettrico sulle pareti del rivelatore
- ❑ Poiché diffondono in maniera isotropa, i fotoni determinano una delocalizzazione della scarica che si estende all'intero rivelatore. Questo è il regime di funzionamento Geiger

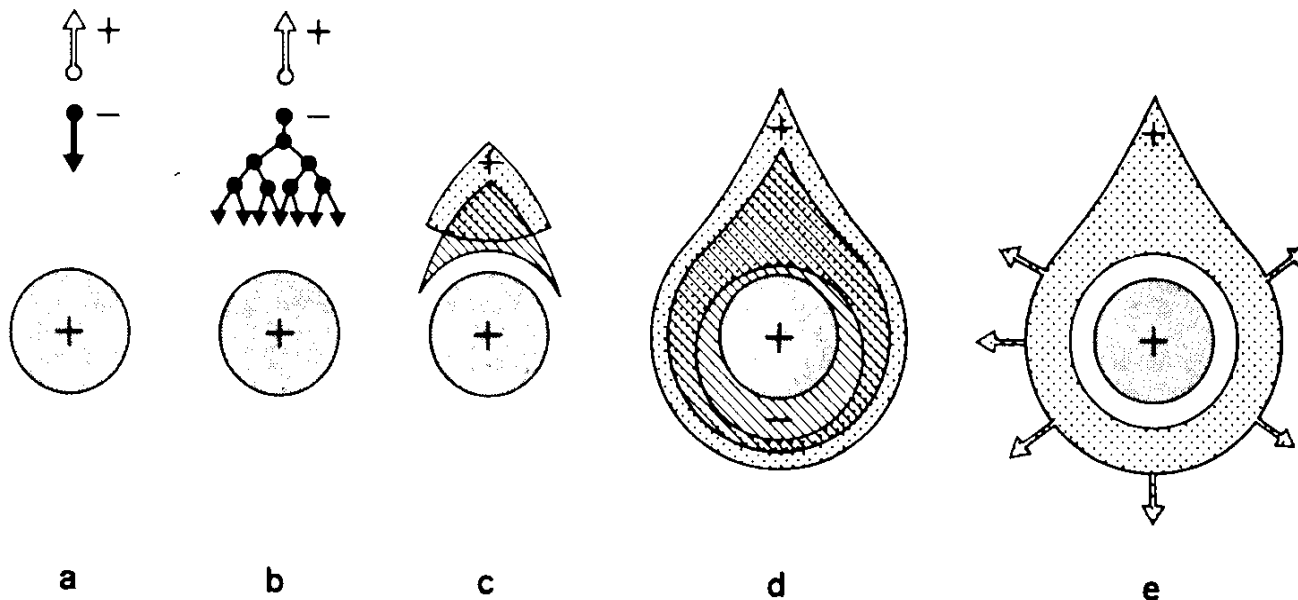
Spread of avalanches in a Geiger-Muller tube



- ❑ L'aggiunta di gas poliatomici al gas primario riduce questi effetti grazie all'assorbimento dei fotoni secondo modalità tali da non comportare successive ionizzazioni (*quenching*)

Formazione della valanga

- ❑ La valanga si forma in prossimità del filo anodico (a pochi raggi di distanza) e in tempi dell'ordine del ns
- ❑ A causa del moto delle cariche si induce un segnale sia sul catodo che sull'anodo



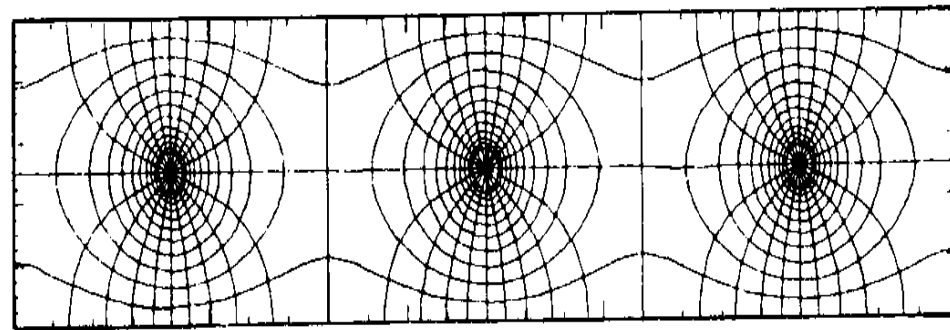
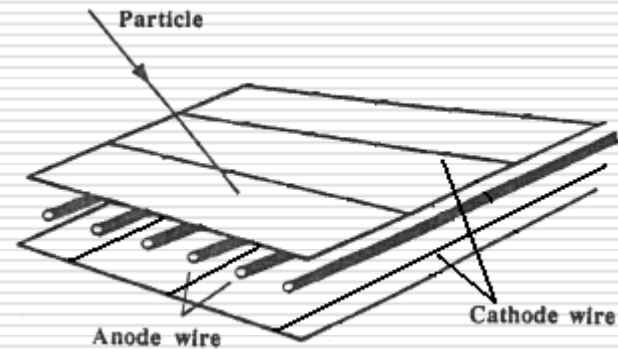
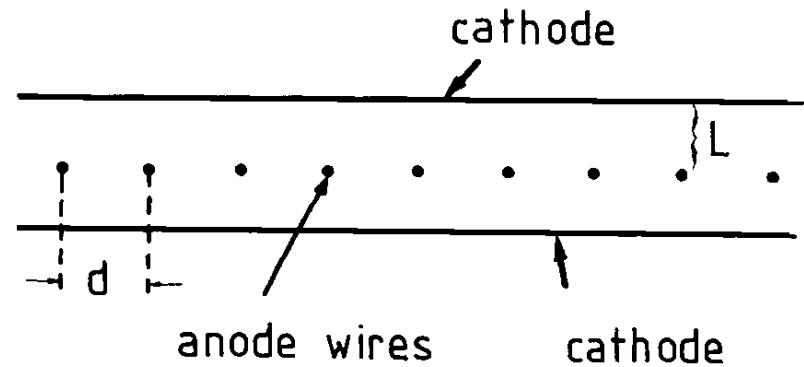
Multiwire Proportional Chamber

- Una delle principali misure che deve essere in grado di eseguire un rivelatore di particelle è la determinazione delle traiettorie
- Il tubo proporzionale fornisce qualche informazione di questo tipo ma piuttosto limitata
- Fino al 1970 sono state adoperate camere a scintilla, lastre fotografiche e camere a bolle, un'evoluzione delle camere a nebbia
- Nel 1968 G. Charpak dimostrò che un insieme di fili anodici paralleli compresi tra piani catodici agiscono come tanti tubi proporzionali indipendenti (MWPC)



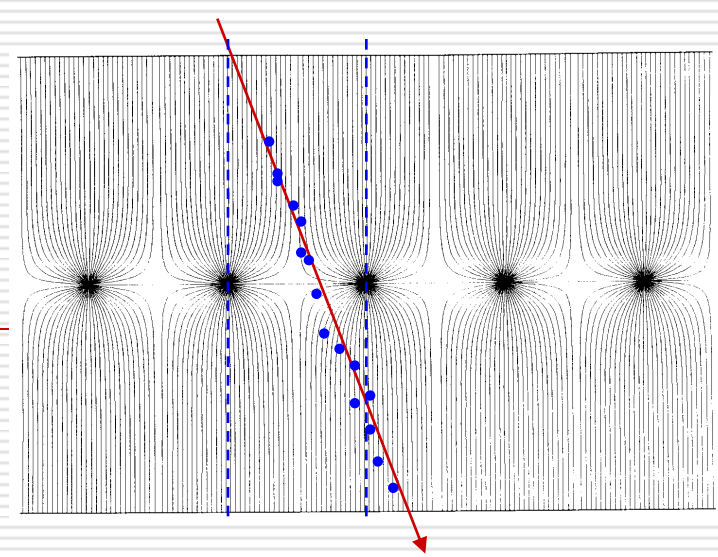
MWPC

- La configurazione base di una MWPC è un insieme di fili anodici ($\varnothing \sim 20 \mu\text{m}$) paralleli e complanari a distanze reciproche $d \sim 1\text{mm} \div 2\text{mm}$ al centro di piani catodici distanti circa $(2L) \sim 5\text{mm}$
- I piani catodici sono normalmente a potenziale di massa, i fili anodici a tensione positiva



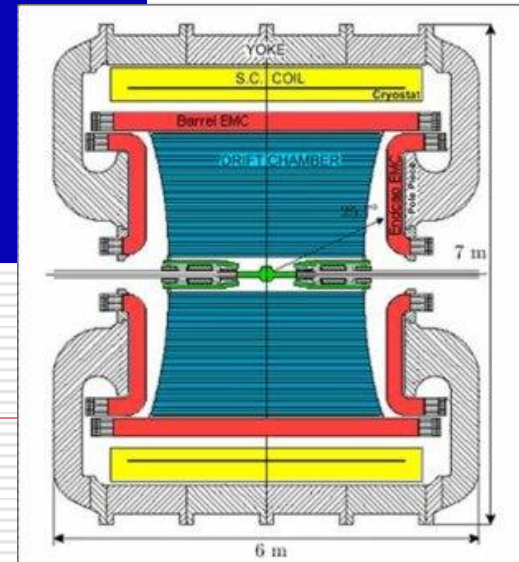
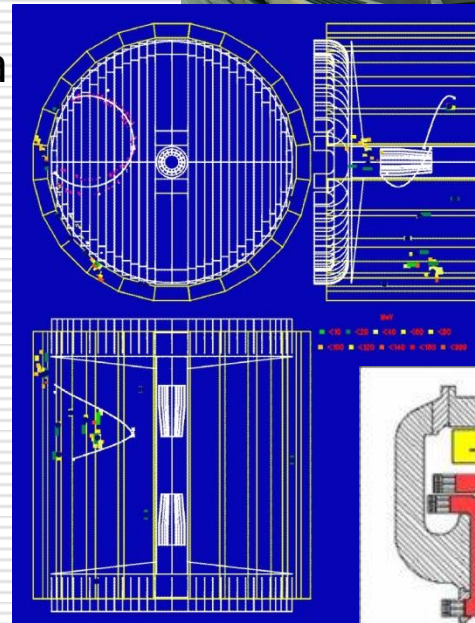
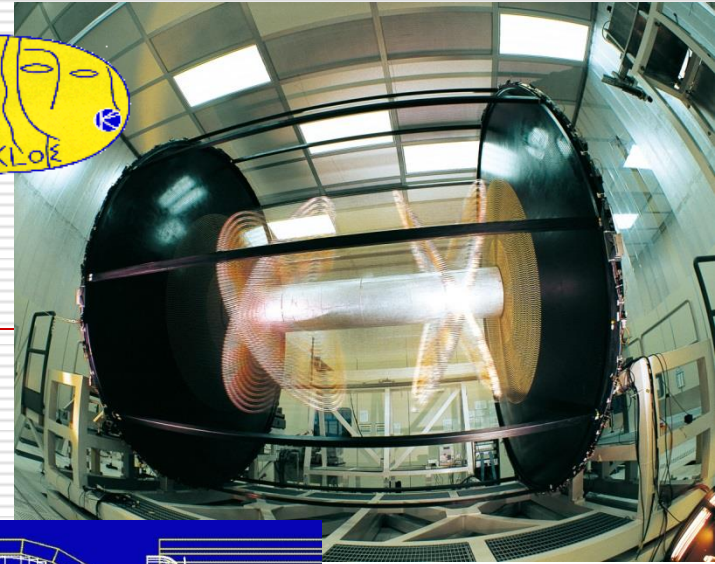
Tracking

- Quando una particella ionizza il gas di riempimento, solo i fili più vicini alla sua traiettoria raccolgono il segnale elettrico: in questo modo il filo sul quale si presenta il segnale identifica la coordinata della particella.
- I piani catodici possono essere sostituiti da piani di fili paralleli equidistanti, senza particolare degrado della configurazione elettrostatica, ma consentendo una maggiore trasparenza del rivelatore

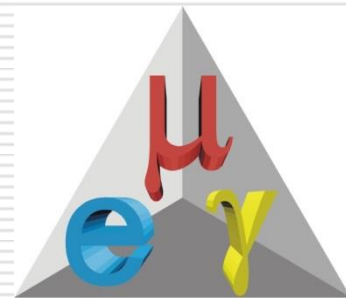


Tracking 3D

- Se i fili di due piani indipendenti sono perpendicolari tra loro o, in generale, formano un angolo diverso da zero, si riescono a misurare le coordinate x e y della posizione di incidenza della particella
- Se i piani di fili sono molteplici è possibile adoperare il rivelatore per fare *tracking*, cioè determinare la traiettoria della particella incidente
- Inoltre se la MWPC è immersa in un campo magnetico si può misurare il raggio di curvatura della traiettoria e stabilire il segno della carica e la quantità di moto della particella incidente



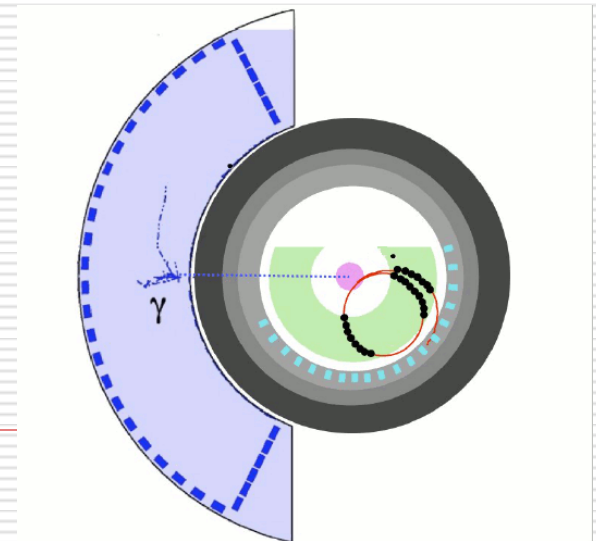
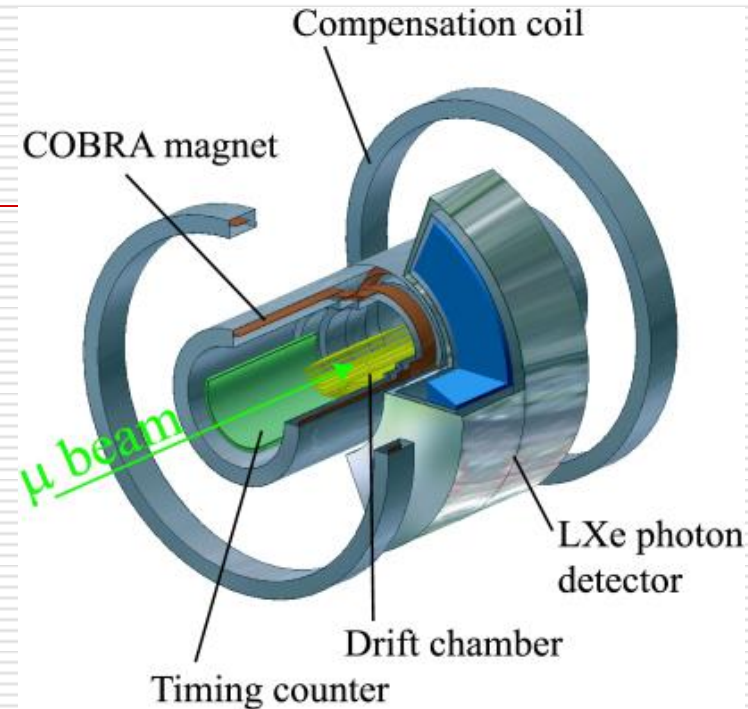
L'esperimento MEG

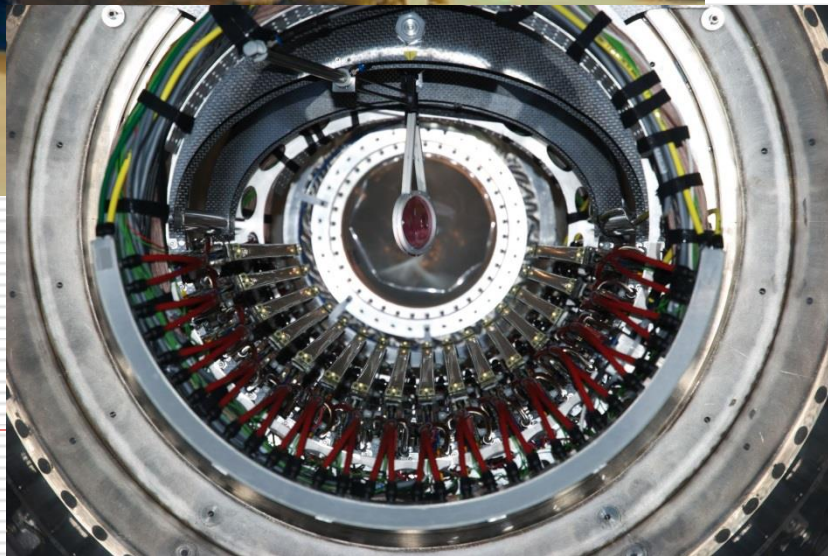


- ❑ Questo esperimento, presso il PSI di Zurigo, ricerca il decadimento del muone in un elettrone e un fotone gamma, $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$, proibito nell'ambito del modello standard (SM) delle particelle elementari (il decadimento più comune del muone è: $\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_e$)
- ❑ I primi tentativi risalgono a più di 60 anni fa, quando B. Pontecorvo cercava questo decadimento nei raggi cosmici, quando si pensava che il muone fosse un elettrone più massivo, per cui soggetto a tale decadimento
- ❑ È interessante notare che l'assenza di questo decadimento a quel livello è stato un argomento usato all'epoca in favore dell'esistenza di due diversi tipi di neutrino
- ❑ Nell'ambito del SM la probabilità di osservare il decadimento $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ è di circa 10^{-54} , cioè praticamente inaccessibile sperimentalmente

Lo spettrometro

- ❑ I muoni (positivi) del fascio con un'energia di 4.5MeV e una intensità di $3 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ vengono arrestati da un sottile bersaglio di polietilene in modo che possano decadere a riposo
- ❑ Il fotone viene rivelato nel calorimetro a Xe liquido (LXe) che permette di misurare l'energia e l'istante di incidenza del fotone. 800 litri di materiale scintillante sono mantenuti a una temperatura di 16K in una struttura di acciaio e alluminio (criostato) a forma di semitoroide trapezoidale (una C, per intenderci) che copre il 10% dell'angolo solido attorno alla direzione di volo del muone.
- ❑ La traiettoria del positrone da 52.8 MeV/c, emesso in direzione opposta rispetto al fotone, viene curvata dal campo di un magnete superconduttore a gradiente di campo (COBRA) ed il suo percorso viene identificato attraverso un sistema di rivelatori a gas (DC)
- ❑ Infine il positrone va a incidere su un insieme di barre di scintillatore plastico, ciascuna letta alle due estremità da fotomoltiplicatori (Timing Counter), dove viene registrato con grande precisione il suo tempo di arrivo.





Our Research	
Current topics from our research	^
Matter and Material	
Human Health	
Energy and Environment	
SwissFEL	
Large research facilities	
Topic Overview	
Chronological Overview	
Information Material	∨
Films	∨
Media corner	∨

9. March 2016

Five hundred thousand times less likely than winning the lottery

Media Releases Large Research Facilities Research Using Muons Particle Physics

Measuring the rarity of a particle decay

Modern physics has developed a great number of theoretical approaches with which the world of elementary particles can be described. Now it's up to experiments to sort out which theories hold up against reality. One of these is the so-called MEG experiment at the Paul Scherrer Institute PSI. In a collaboration with researchers from Italy, Japan, Russia and USA, PSI physicists are searching for a particular, yet never-to-date observed decay of elementary particles known as muons. More precisely, they are quantifying how high the improbability of this decay is. According to their latest number, at most one out of 2.4 trillion muon decays will fit the MEG pattern. That makes such a decay around five hundred thousand times more improbable than hitting all six numbers in the Swiss lottery. For this highly precise measurement, the researchers have observed an extremely high number of muon decays – which was only possible at the PSI, site of the world's most powerful muon beam facility. Thus the PSI research group repeatedly breaks its own world record for measuring the “MEG probability”. The researchers are now presenting their latest result at the international conference “Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste” in La Thuile, Italy.



Fenster zur Forschung
01/2016

in German

[View in Issuu.com](#)

[Download PDF](#)

[Visitor Centre psi forum](#)

Experience research live

[The iLab School Laboratory](#)

Experience Science - Explore Research

Le Scienze

EDIZIONE ITALIANA DI SCIENTIFIC AMERICAN

LA RIVISTA IN EDICOLA
Genomi su misura
La CRISPR, una nuova rivoluzionaria tecnica, permette di modificare i geni con precisione
In edicola dal 2 aprile

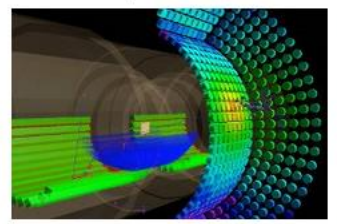


ABBONAMENTI E RINNOVI

- ZOOM SU
- optogenetica
- pianeti extrasolari
- fisica teorica
- rinnovabili
- microbiologia
- tutti gli argomenti

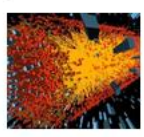
27 settembre 2011

La supersimmetria è un po' più lontana



I risultati prodotti negli ultimi mesi da LHC insieme a quelli annunciati da MEG riducono notevolmente lo spazio per le teorie supersimmetriche, pur non escludendole del tutto

CONTENUTI CORRELATI



Supersimmetria in crisi senza riscontri sperimentali
E' supersimmetrica la natura?
Rivelare

Dizionario Mail Stampa
Tweet
G+ 0

SULLO STESSO ARGOMENTO

DAL SITO

- 15/07/2013
Quadridot, il frigorifero quantistico
- 08/07/2013
Spremere la luce per inibire l'emissione spontanea
- 16/05/2013

- fisica
- fisica teorica

I fisici delle particelle forse dovranno rassegnarsi a vedere sfumare i loro sogni supersimmetrici. Se non per sempre, almeno per un bel po'. E' il messaggio che arriva dai risultati in corso di pubblicazione sulla rivista *Physical Review Letters* e annunciati dall'esperimento MEG, uno dei principali esperimenti di fisica delle particelle del Paul Scherrer Institut (PSI) in Svizzera.

Obiettivo dell'esperimento è la ricerca di un segnale a lungo cercato (a cominciare dalle ricerche di Bruno Pontecorvo circa sessanta anni fa) dai fisici di tutto il mondo e decisivo per dimostrare che la supersimmetria esiste davvero: il decadimento del muone in positrone più fotone, nel gergo dei fisici decadimento "muegammma". I dati raccolti da MEG negli

Login

RICERCA

SEGUICI

- Facebook
- Twitter
- RSS

CONTATTI

- Newsletter
- Chi siamo

amazon.it

Thule Valigia rigida per ... €580,00
HP 50G Calcolatrice ... €106,99 Prime



Comunicazione

Ufficio Comunicazione ▾

Comunicati stampa ▾

News ▾

Newsletter ▾

Rassegna Stampa ▾

Mostre e Installazioni ▾

Eventi ▾

Approfondimenti ▾

Infografiche e poster ▾

Brochure

Editoria

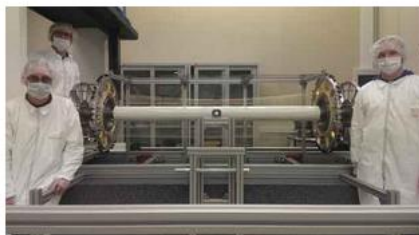
Asimmetrie

Immagini

Video

SUSY MESSA ALLE STRETTE DA MEG.

📅 Pubblicato: 09 Marzo 2016



A conclusione dell'analisi dati della sua prima fase di attività, l'esperimento MEG (Muon Electron Gamma), cui partecipa l'INFN, pone nuovi limiti alla Supersimmetria (SUSY), in particolare a una certa classe di teorie di grande unificazione supersimmetrica, le SUSY-GUT. Il risultato presentato l'8 marzo a Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste a La Thuile ci dice, infatti, che dei circa 2300 miliardi di muoni osservati dall'esperimento nessuno è decaduto in un elettrone e un fotone. E questo i fisici lo possono affermare con grande sicurezza, il risultato, infatti, ha un livello di confidenza del 90%. "Ciò non significa che le SUSY-GUT siano state totalmente escluse, - spiega

Alessandro Baldini, ricercatore dell'INFN, coordinatore dell'esperimento MEG - tant'è che MEG prevede una seconda fase, in cui i nuovi rivelatori con risoluzioni migliori permetteranno un aumento della sensibilità di un fattore 10^3 . "L'osservazione di questo processo costituirebbe una rivoluzione nel campo della fisica delle interazioni fondamentali perché il Modello Standard semplicemente non lo prevede: si tratterebbe quindi di un'interazione di tipo nuovo, dovuta a un mediatore di forza mai visto prima", conclude Baldini.

Durante la sua prima fase dal 2009 al 2013, l'esperimento MEG ha preso dati al Paul Scherrer Institut (PSI) di Zurigo, ricercando questo fantomatico decadimento del muone in un elettrone e un fotone. La gran parte delle teorie supersimmetriche di grande unificazione prevede invece che il decadimento esista, e dovrebbe essere osservabile dall'esperimento MEG: il fatto quindi che MEG non lo osserva, a sensibilità sempre più crescenti, significa che lo spazio dei parametri di queste teorie si riduce progressivamente. Le ricerche condotte da MEG sono analoghe a quelle che si svolgono anche all'acceleratore LHC del CERN di Ginevra. Con una differenza, però, che rende i due esperimenti complementari: mentre LHC conduce le sue analisi con adroni, MEG studia i leptoni (muone, elettrone, tau).

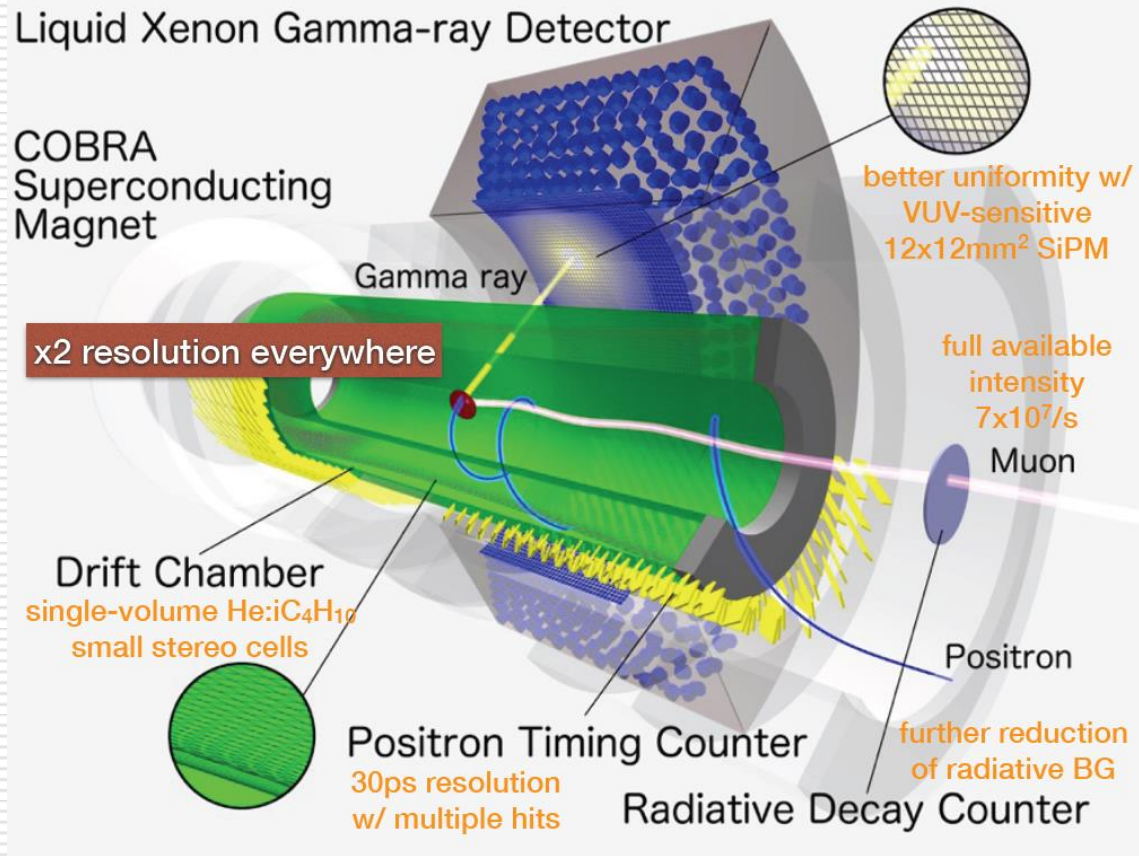
Upgrade



- L'esperimento MEG ha completato la prima fase di presa dati nell'estate 2013 stabilendo che meno di un μ^+ su 2400 miliardi circa può decadere in $e^+ + \gamma$
 - Attualmente è in corso un upgrade del rivelatore volto a migliorarne le caratteristiche, si prevede inoltre un aumento di intensità del fascio per avere una maggiore statistica e un bersaglio di spessore inferiore per ridurre il fondo
-

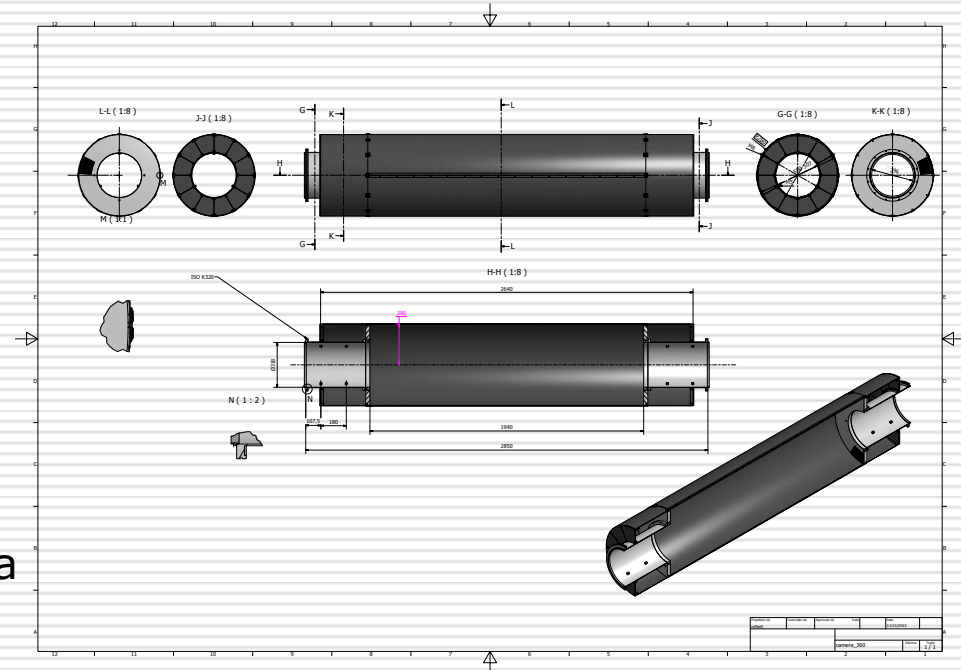
Il nuovo spettrometro di MEG

- Aumentata la risoluzione sulla traccia del positrone
- Ridotto il percorso tra TC e DC
- Aumentata la granularità del TC
- Aumentata la risoluzione spaziale, energetica e temporale della faccia interna del calorimetro
- Ampliata la banda passante del DAQ



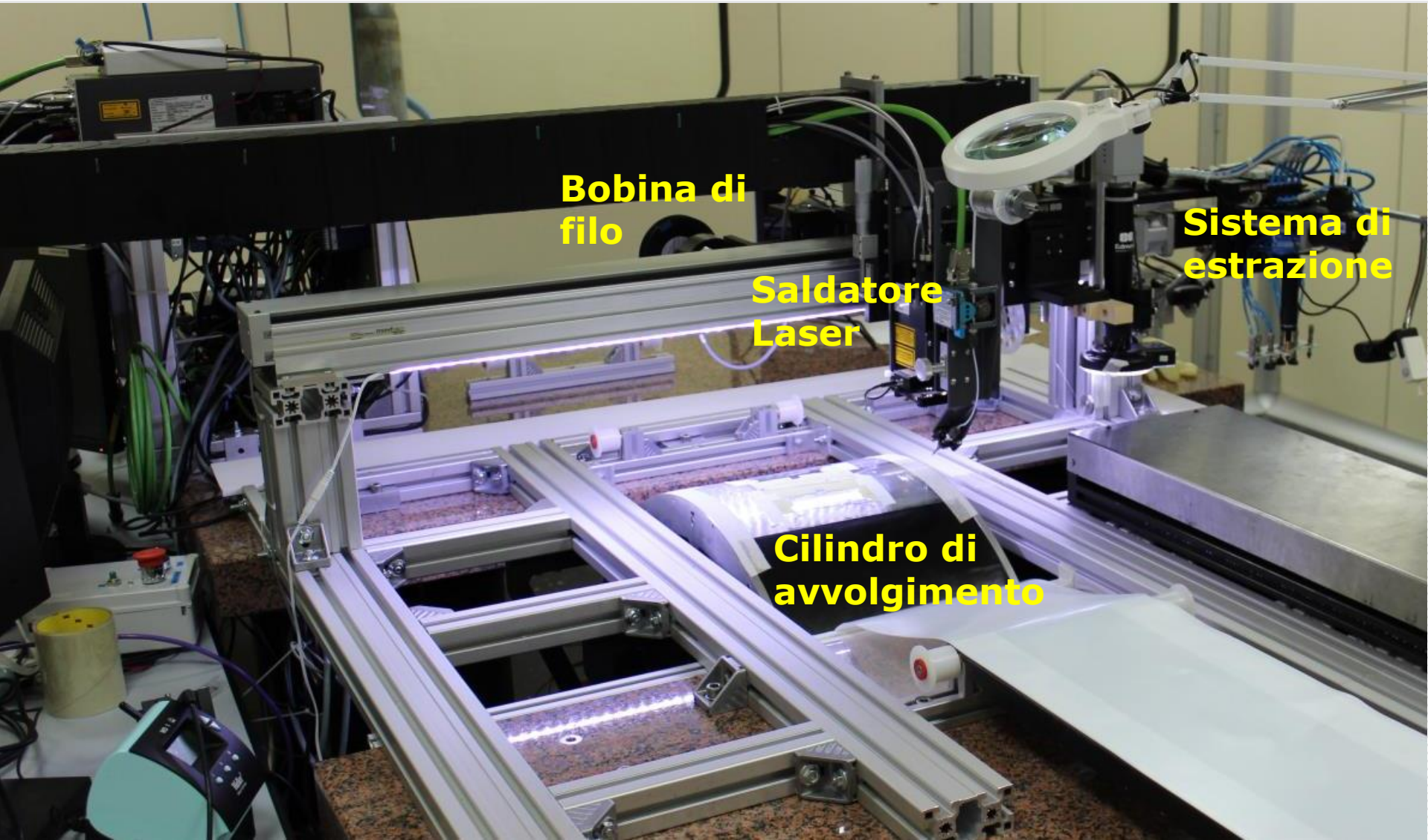
La nuova camera a deriva

- L'esigenza di una più elevata risoluzione spaziale sulla traiettoria del positrone in MEG ha suggerito la sostituzione dell'attuale sistema di camere a deriva con un rivelatore a gas continuo
- Specifiche
 - Raggio interno di 17cm, esterno di 28cm, lunghezza di 1960cm
 - Fili anodici Al \varnothing 20 μ m, fili catodici Al \varnothing 40 μ m
 - Miscela He, I-Butano 90-10
 - Risoluzione spaziale di 140 μ m
 - 1920 canali di lettura



- Le caratteristiche del rivelatore hanno richiesto lo sviluppo di uno specifico approccio per la costruzione

Il robot di filatura



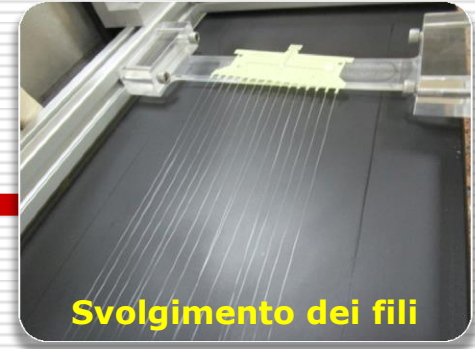
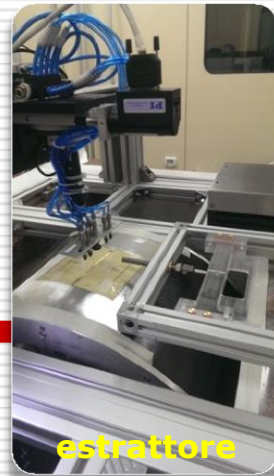
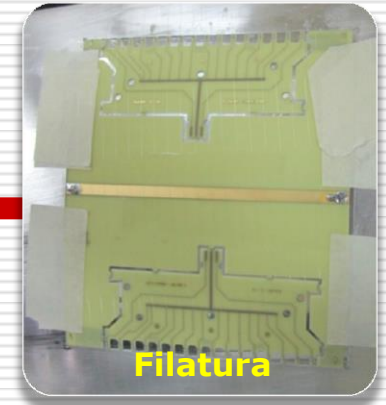
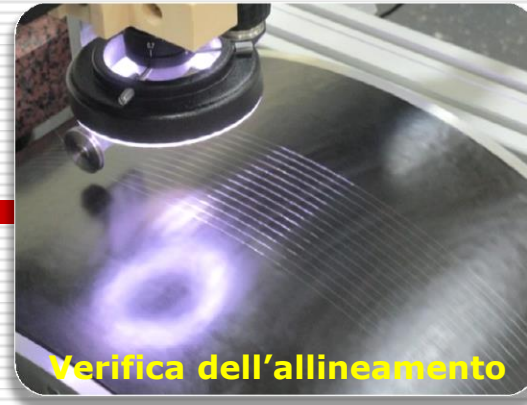
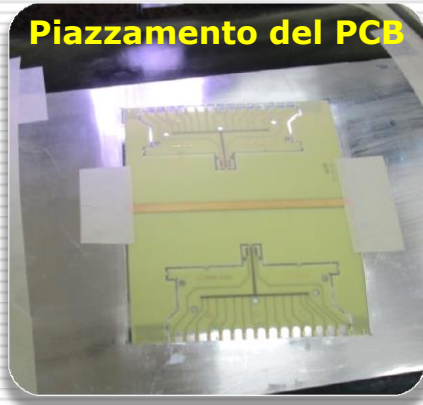
**Bobina di
filo**

**Saldatore
Laser**

**Sistema di
estrazione**

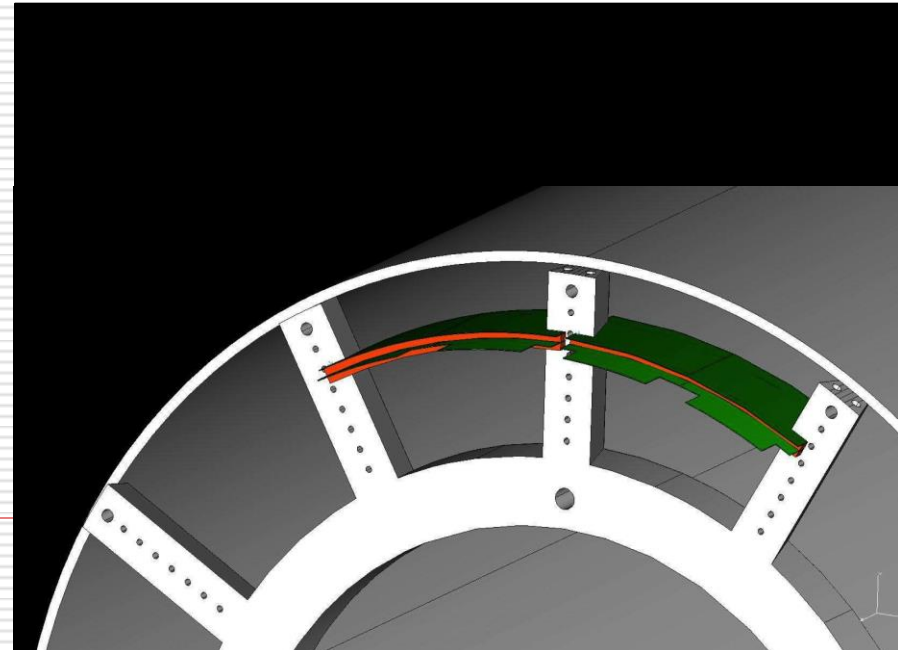
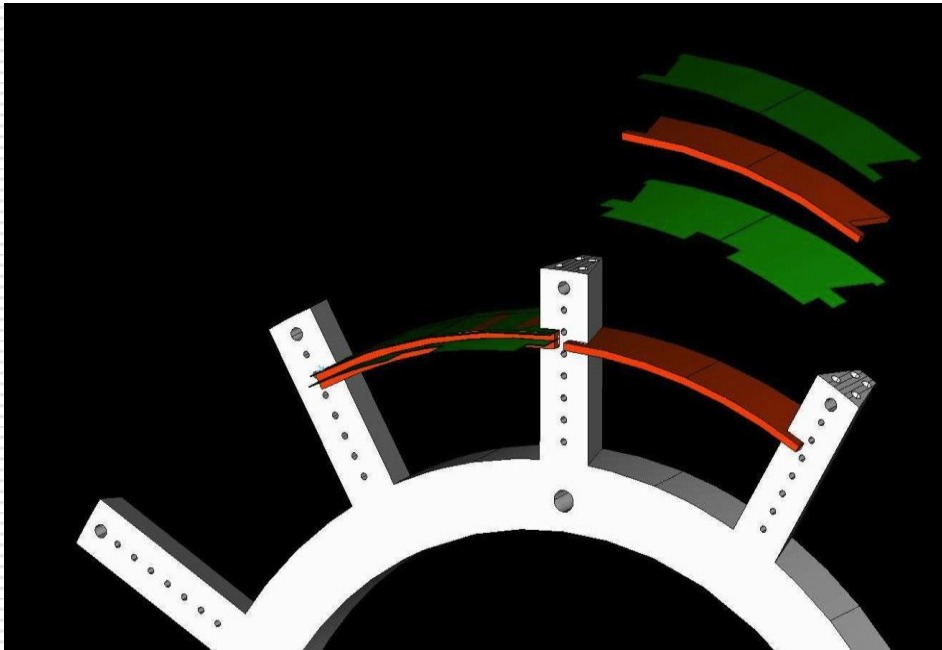
**Cilindro di
avvolgimento**

Costruzione della camera

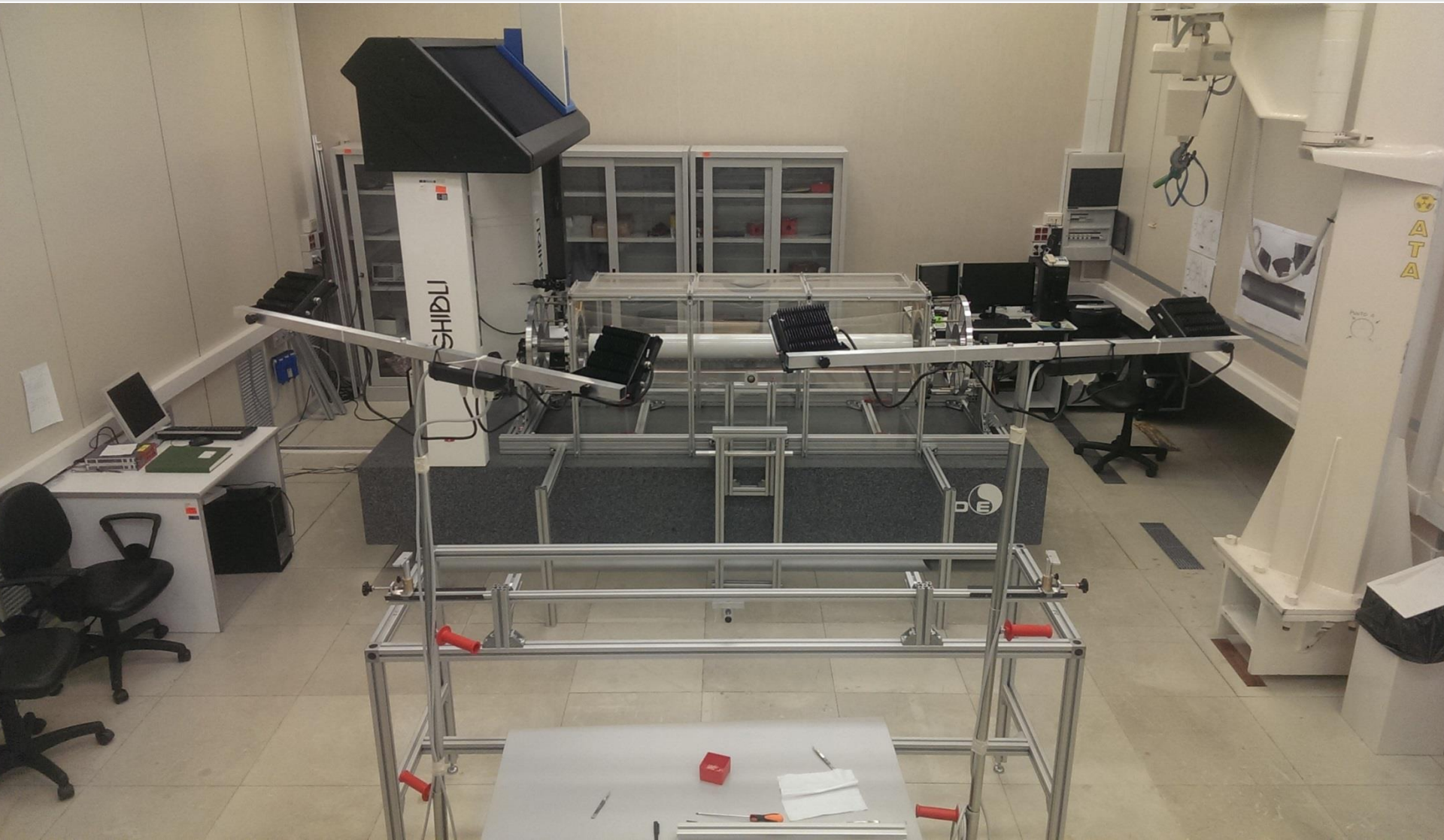


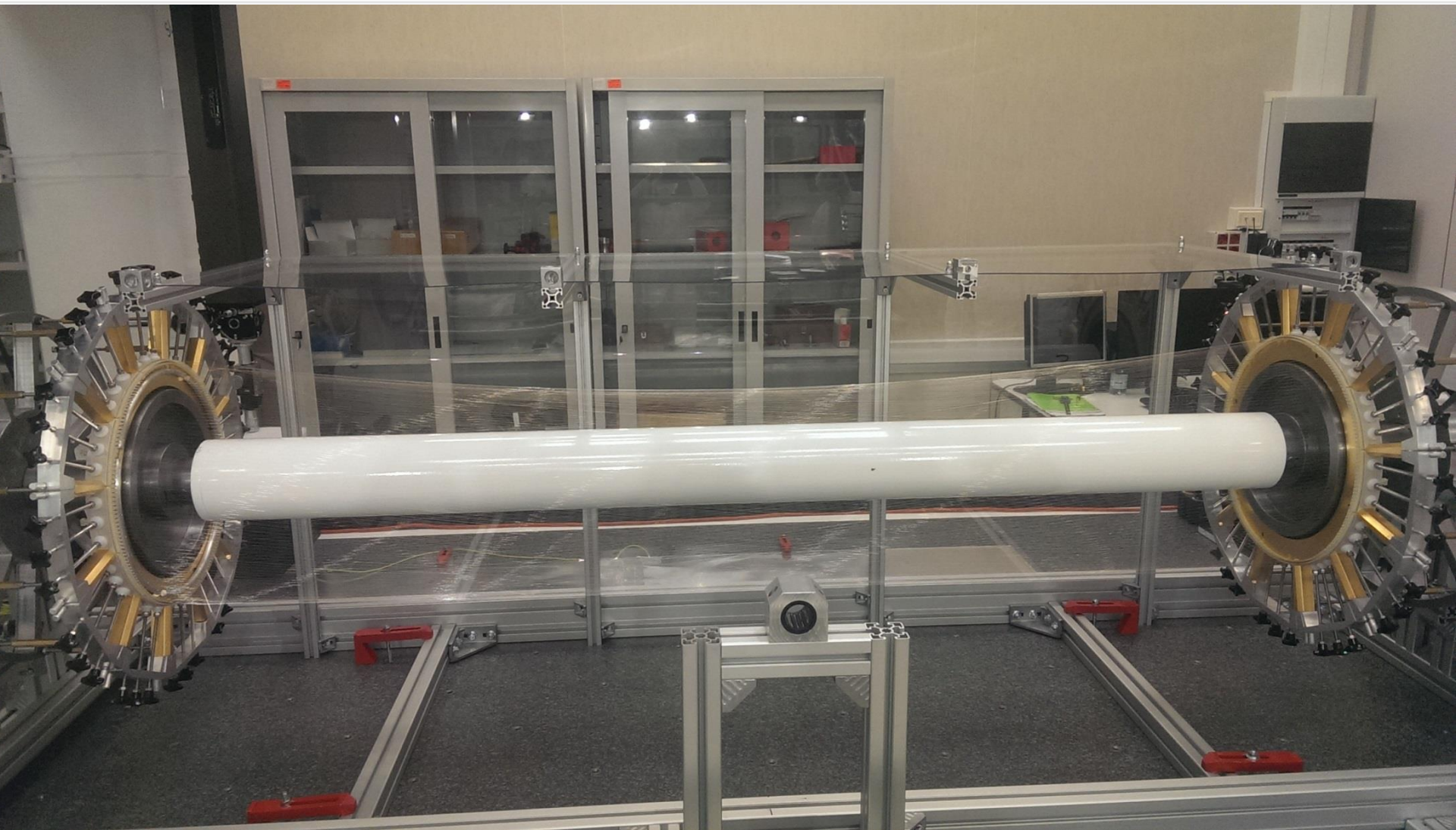
Montaggio

- ❑ I **pcb** sono montati su supporti in alluminio dorato radialmente spazati (con precisione $< 20\mu\text{m}$) attraverso **isolatori plastici**
- ❑ La posizione degli strati è continuamente controllata ed eventualmente corretta durante l'assemblaggio



Montaggio





Fine

