



L'esperimento PADME

C. Taruggi per la collaborazione PADME

Panoramica della presentazione

Il problema della
composizione
dell'Universo

La materia oscura
come possibile
soluzione: l'idea
di PADME

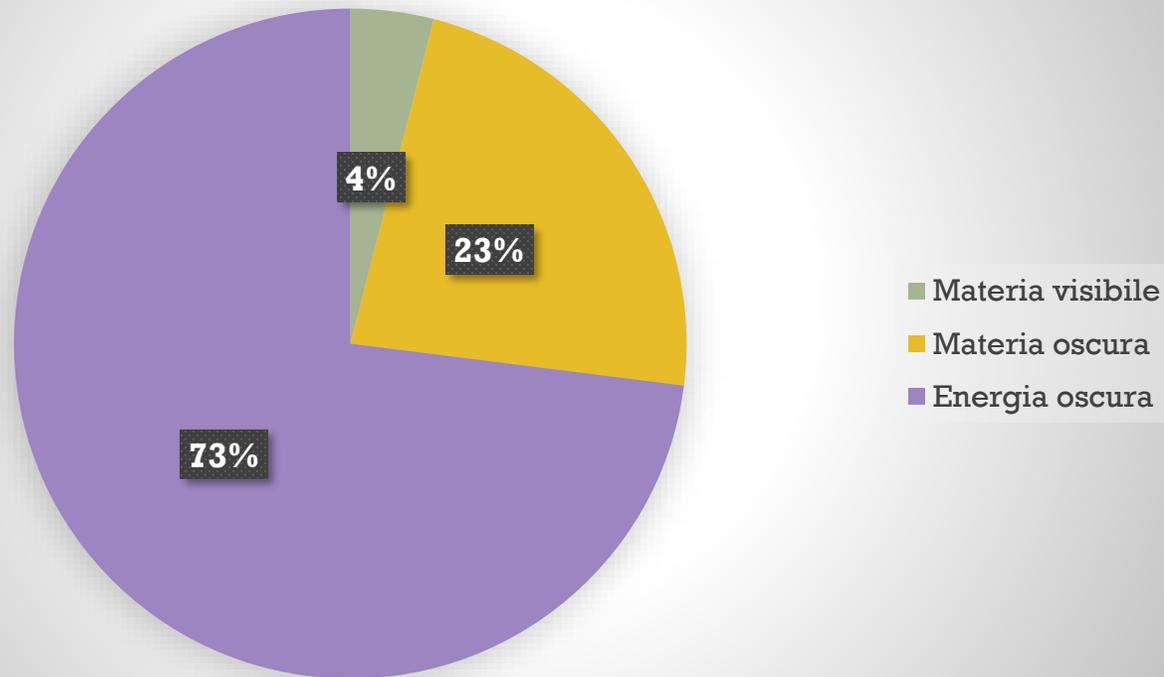
Descrizione
dell'apparato
sperimentale

Stato di
avanzamento
dell'esperimento

Conclusioni

L'Universo e la materia oscura

Composizione dell'Universo



→ Perché si introduce la Materia Oscura (MO)?

La sola materia visibile non è in grado di giustificare l'entità di alcuni fenomeni astrofisici e cosmologici (*lensing* gravitazionale, velocità di rotazione delle galassie, distribuzione della CMB). Occorre dunque, in alternativa:

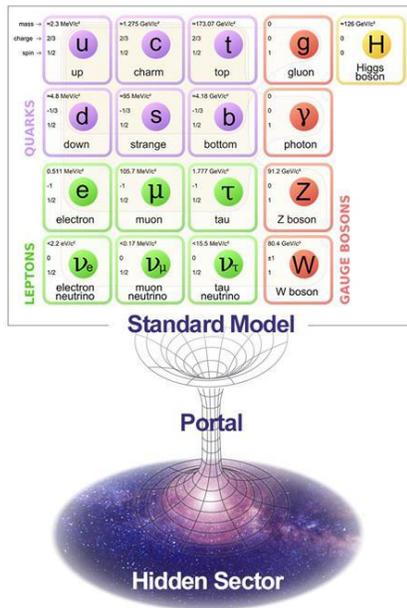
1. modificare le leggi gravitazionali
2. introdurre un tipo di materia «invisibile» alla radiazione

→ Se la materia oscura esiste, perché è così difficile da rivelare?

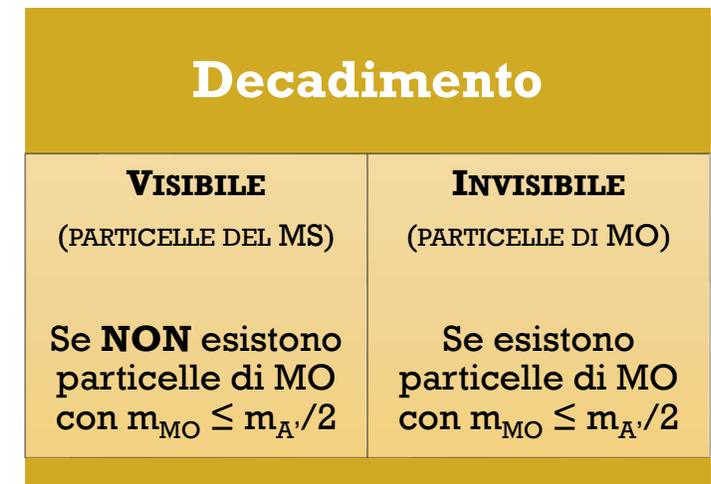
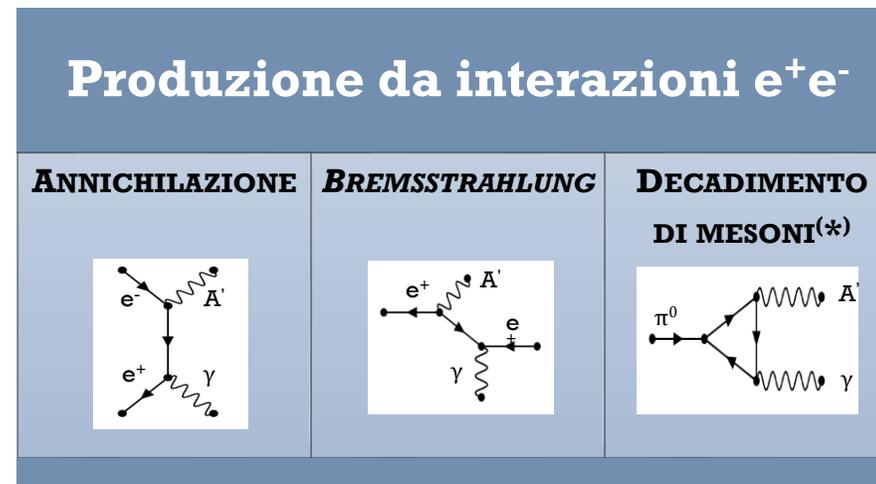
Secondo alcuni modelli, è possibile supporre che la materia oscura viva all'interno di un settore «nascosto», o *settore oscuro*, messo in comunicazione con le particelle del Modello Standard (MS) per mezzo di una o più interazioni aggiuntive.

La nuova interazione è mediata da un bosone A' : in analogia al fotone tradizionale, A' prende il nome di **Fotone Oscuro (FO)**.

Caratteristiche del fotone oscuro



Nel modello più semplice, il fotone oscuro è il bosone mediatore di una simmetria U(1): le particelle del MS sono neutre rispetto all'azione di tale simmetria.

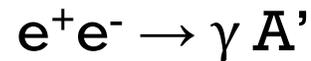


I limiti sulla massa della particella e sul suo accoppiamento dipendono dal tipo di decadimento studiato, dal modo di produzione e dalla tecnica sperimentale scelta → esistono diversi grafici di esclusione.

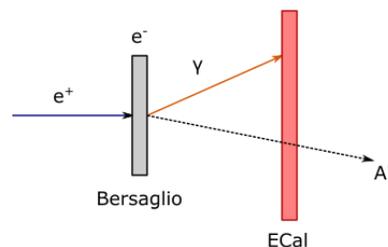
(*) prodotti a seguito di interazioni e^+e^-

L'approccio di PADME

Meccanismo di produzione:
annichilazione



- Annichilazione del e^+ del fascio su e^- atomico del bersaglio
- Canale di decadimento: invisibile
- Cinematica del processo chiusa



Tecnica di rivelazione:
massa mancante

Il segnale associato al processo ricercato è dato dal singolo γ nel calorimetro: conoscendo le variabili cinematiche delle particelle del fascio e del bersaglio, è possibile risalire alla massa del A'

Definita come

$$m_{\text{miss}}^2 = (\mathbf{P}_{\text{beam}} + \mathbf{P}_e - \mathbf{P}_\gamma)^2$$

Indipendente dalla natura di A' .

Consente di misurare:

- la massa di A' come picco nello spettro di massa mancante
- l'accoppiamento al MS tramite il rateo di produzione

Descrizione dell'esperimento

❑ Fascio

- 5000 e^+ /bunch, $E_0 \approx 550$ MeV (50 bunch/s)

❑ Bersaglio

- diamante, basso Z
- spessore di 100 μm
- Informazioni medie su tempo, posizione del fascio, numero di e^+

❑ Dipolo magnetico

- intensità di campo magnetico ≈ 0.5 T

❑ Stazioni di veto

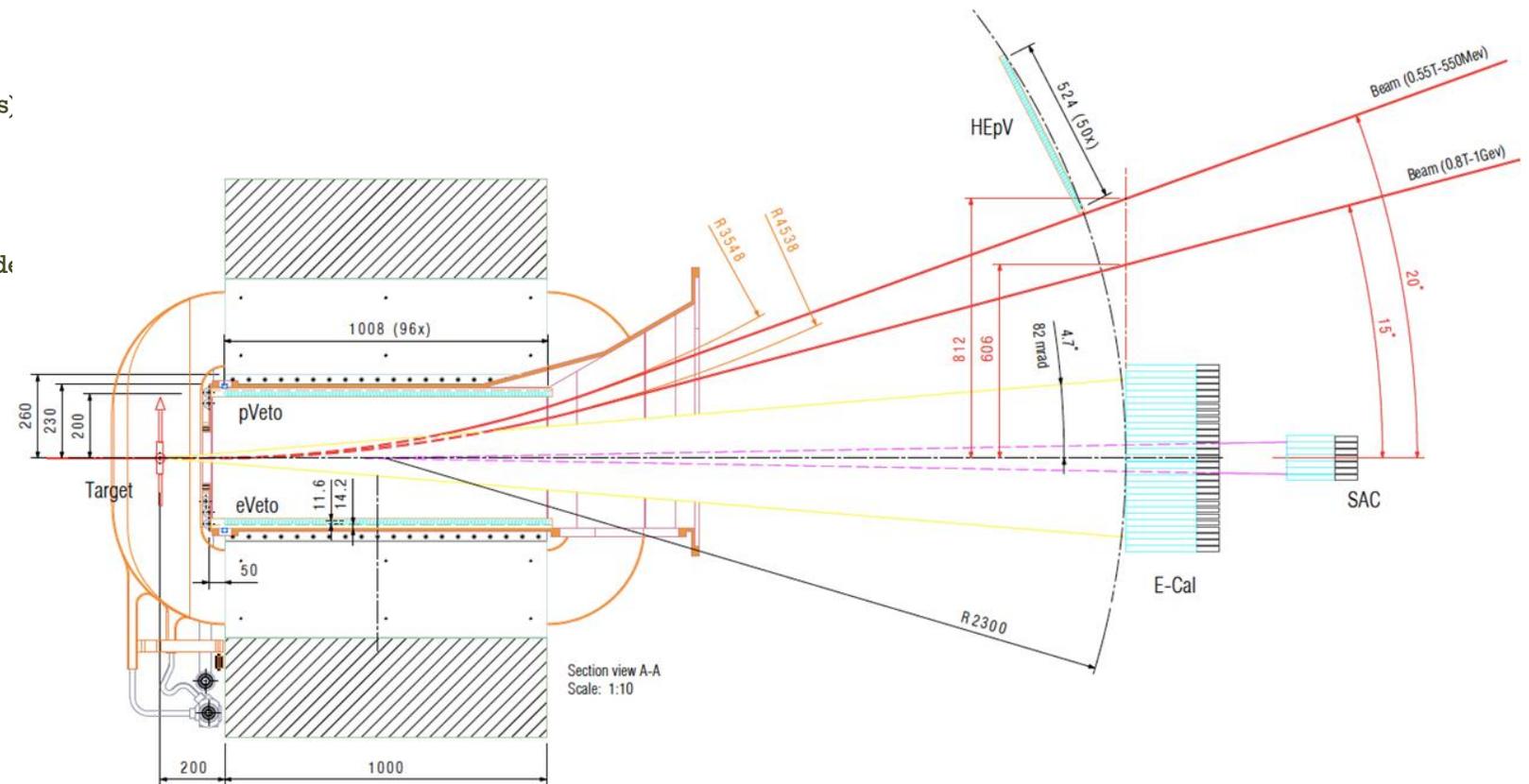
- per e^+ e e^- , scintillatore plastico

❑ Calorimetro elettromagnetico (ECAL)

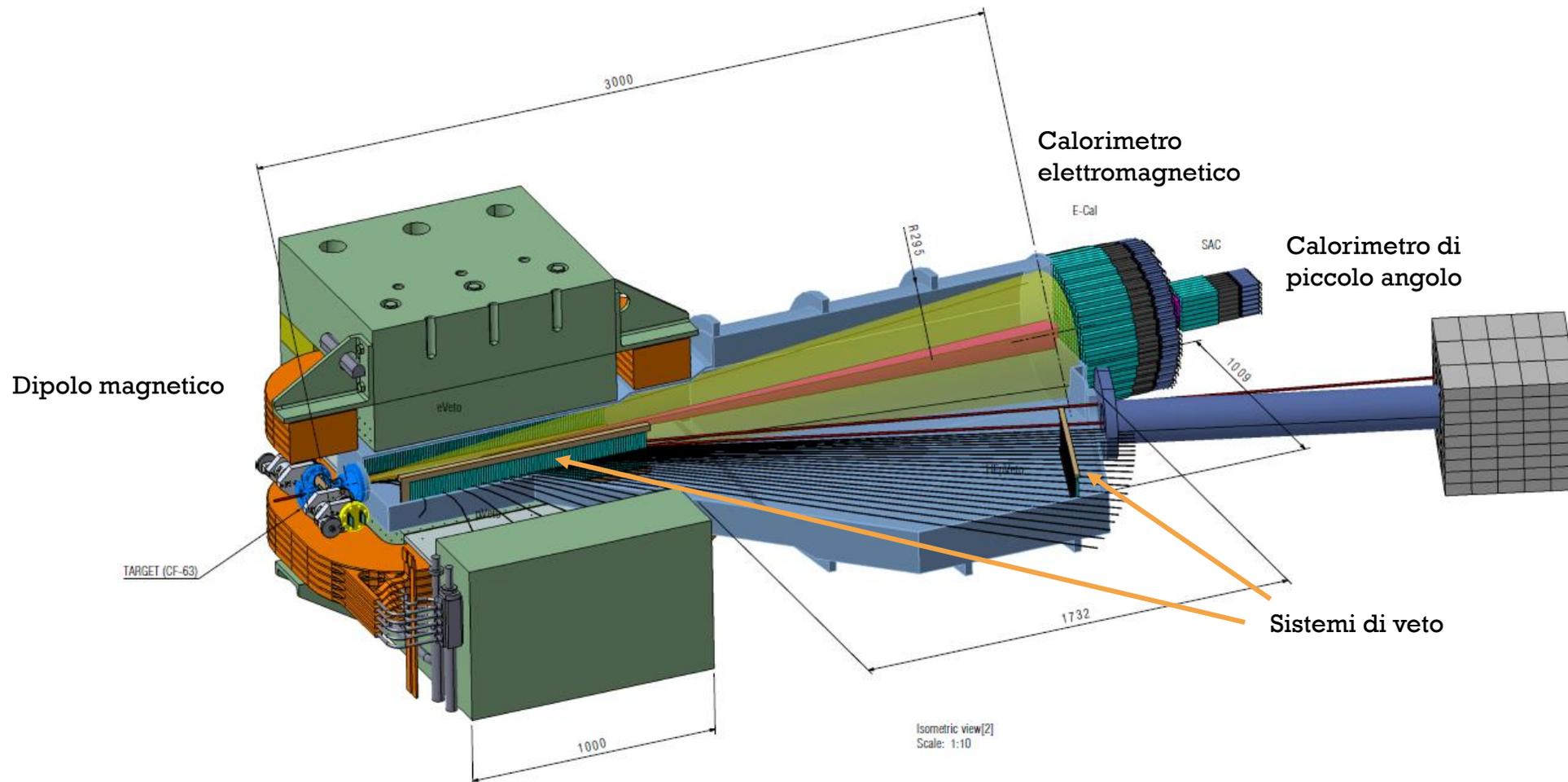
- 616 BGO $2.1 \times 2.1 \times 23$ cm^3 + PMT HZC
- geometria cilindrica con buco centrale
- accettanza angolare (20-95) mrad
- 1 μs luce di scintillazione

❑ Calorimetro di piccolo angolo (SAC)

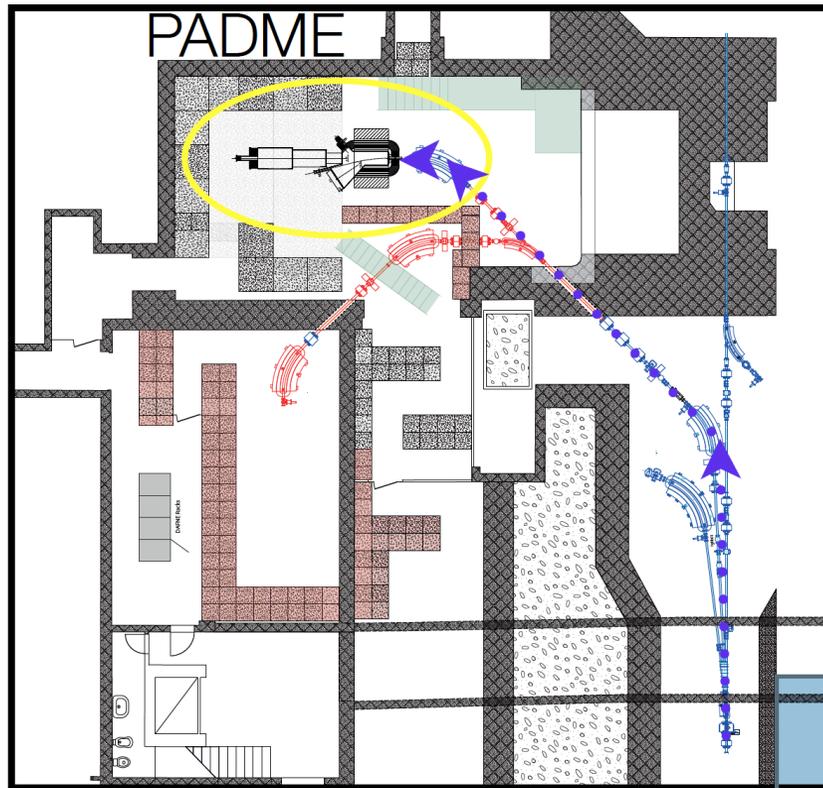
- 25 PbF_2 $3 \times 3 \times 14$ cm^3 + PMT Hamamatsu
- accettanza angolare (0-20) mrad
- Čerenkov, segnale < 3 ns



Descrizione dell'esperimento (II)



Il sito di realizzazione di PADME: la Beam Test Facility



Proprietà del fascio	Modalità parassitica		Modalità dedicata	
	Con bersaglio	Senza bersaglio	Con bersaglio	Senza bersaglio
Tipo di particella	e^+/e^- selezionabile dall'utente	e^+/e^- dipendente da DAΦNE/PADME	e^+/e^- selezionabile dall'utente	
Energia [MeV]	25-500	510	25-700 (e^+) 25-700 (e^-)	250-730 (e^+) 250-730 (e^-)
Spread energetico	1% @ 500 MeV	0.5 %	0.5 %	
Frequenza di ripetizione [Hz]	10-49 dipendente da DAΦNE/PADME		1-49 selezionabile dall'utente	
Numero di particelle/bunch	$1-10^5$ dipendente dall'energia	$10^7-1.5 \cdot 10^{10}$	$1-10^5$ dipendente dall'energia	$10^3-3 \cdot 10^{10}$

Fondo dell'esperimento

Principali contributi

a) **Processo $\gamma\gamma(\gamma)$ ($\sim Z$)**

b) **Bremsstrahlung ($\sim Z^2$)**

c) **Pile-up degli eventi di annichilazione**

Tagli per limitarli

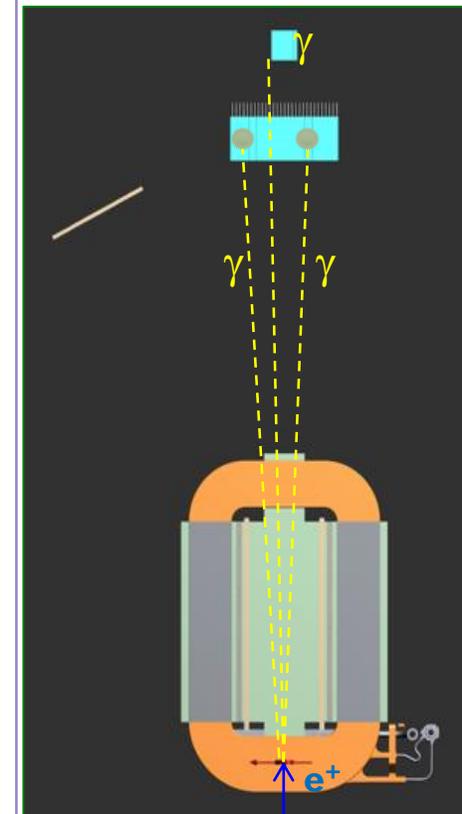


- ❖ **Nessun evento nei veto**
- ❖ **Nessun evento nel SAC**
- ❖ **Selezione eventi con singolo cluster in ECAL**
- ❖ **Esclusione di eventi nel SAC con $E > 50$ MeV**
- ❖ **Tagli a livello di analisi**

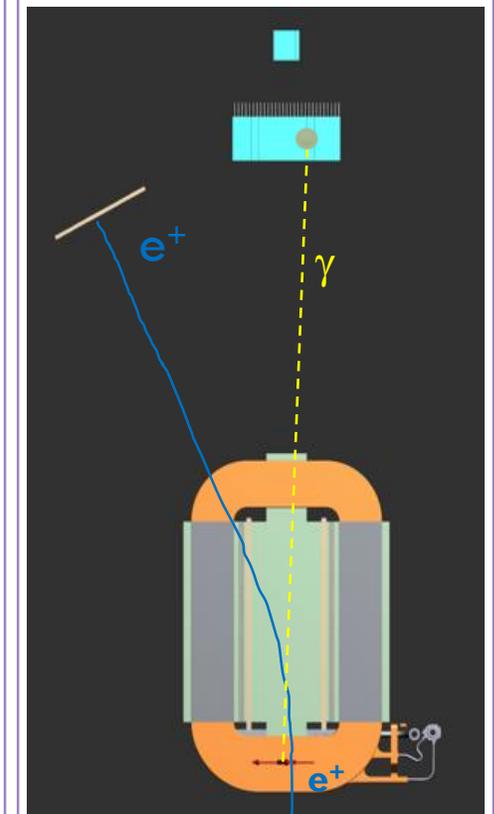
Si rimanda al poster di Isabella Oceano per maggiori informazioni sulle simulazioni Monte Carlo relative all'esperimento!

Geometria dei contributi al fondo

Annichilazione $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$



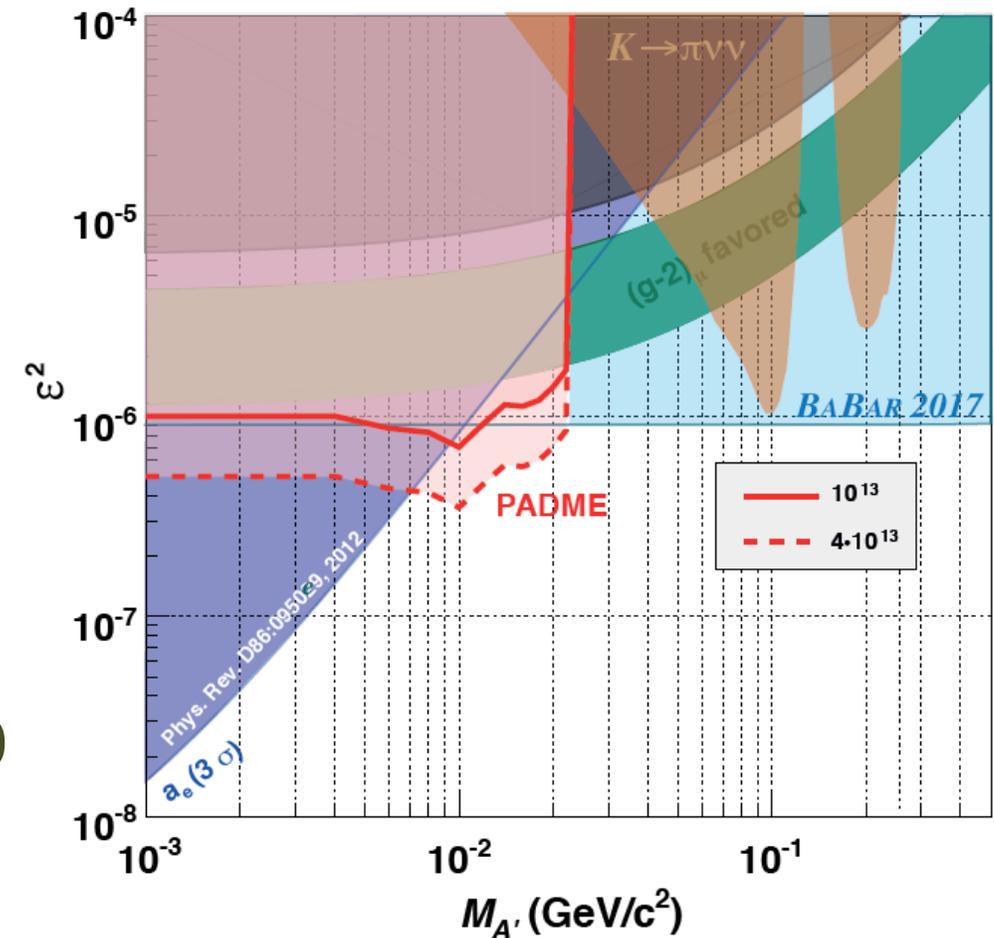
Bremsstrahlung: $e^+N \rightarrow e^+N\gamma$



Sensibilità raggiungibili

Gli studi sulla sensibilità sono basati su una simulazione GEANT4 di $2.5 \cdot 10^{10}$ e^+ da 550 MeV su bersaglio.

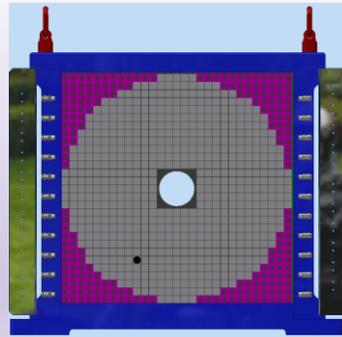
PADME è in grado di sondare la regione di accoppiamento fino a $\epsilon \sim 10^{-3}$, per un fotone oscuro che decade nel canale invisibile, con massa $m_A < 23.7$ MeV (energia del fascio $E_0 = 550$ MeV).



Status dei lavori



Unità scintillanti



ECAL

ECAL (LNF):
calibrazione delle unità
scintillanti per mezzo di
 ^{22}Na → assemblaggio
finale calorimetro
(aprile)

 PbF_2

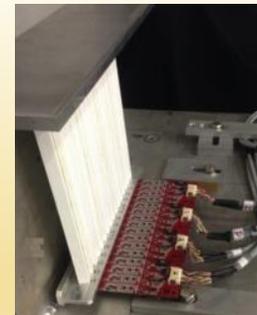
SAC (LNF): copertura
cristalli con Tedlar,
assemblaggio del
calorimetro in questi
giorni

BERSAGLIO
(INFN LECCE):
2 sensori con
strip in diverso
materiale
(grafite e
 AuCr), incollati
l'uno all'altro.



Sensori

SISTEMA DI VETO
(Università di Sofia):
scintillatori plastici
assemblati con fibra
ottica e associati a
SiPM. Testati 215
scintillatori
(necessari: 192).



Scintillatori

... e inoltre:

- Magnete: ✓
- Consegna camera da vuoto: ✗ (ma prevista entro metà aprile)
- Computing (ROMA1/LNF): ✓
- Trigger e acquisizione dati (ROMA1/ROMA3/ LNF): ✓
- MIMOSA Beam Tracker (LNF): ✓

Conclusioni

- L'esperimento PADME si occuperà di ricercare il fotone oscuro A' , possibile mediatore dell'interazione tra MO e particelle del MS
- La tecnica di rivelazione di PADME è dedicata al decadimento invisibile del FO, attraverso la ricerca del processo $e^+e^- \rightarrow A'\gamma$
- L'esperimento consentirà di raggiungere valori della costante di accoppiamento ε fino a 10^{-3} , con $m_{A'} < 23.7$ MeV (energia del fascio $E_0 = 550$ MeV), in maniera indipendente da modelli
- L'obiettivo della collaborazione è di raccogliere 10^{13} e^+ su bersaglio entro la fine del 2018

Inizio presa dati: fine maggio 2018