

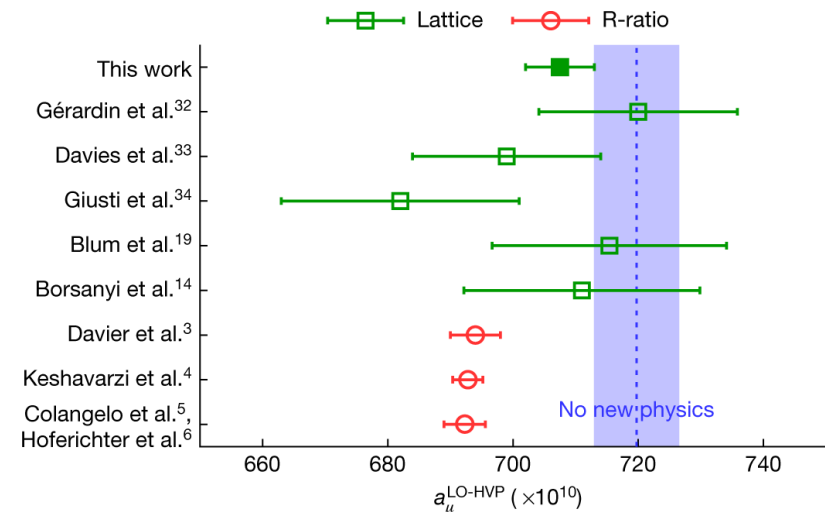


μone - Perugia

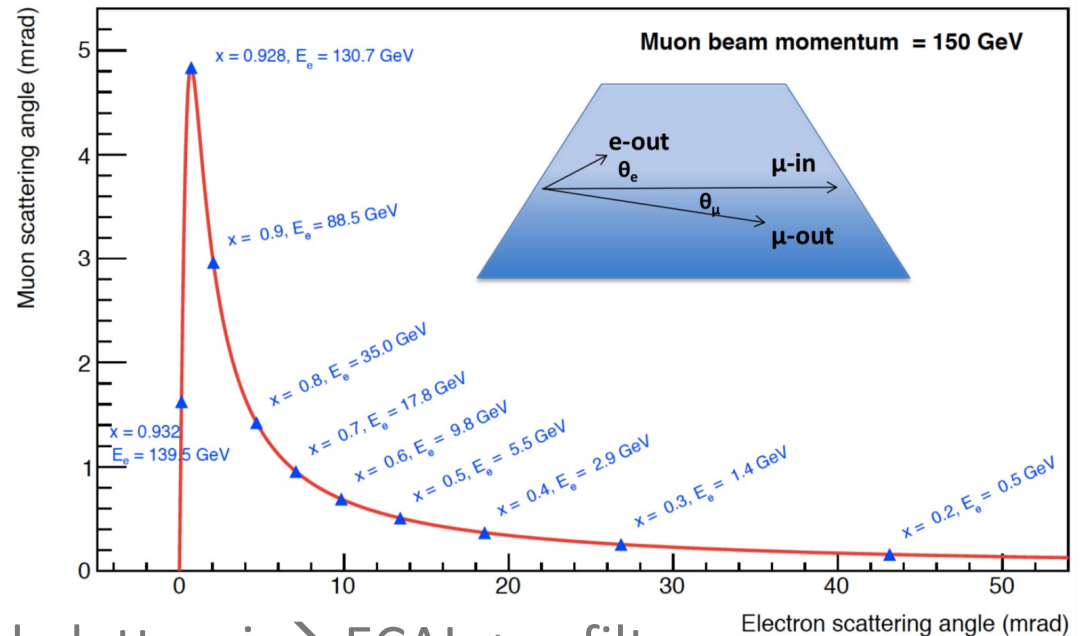
CDS PREVENTIVI - LUGLIO 2023

- Tradizionalmente calcolato a partire dalle misure di sezione d'urto di produzione adronica in collisioni elettrone-positrone a basse energie
 - Principale sorgente di incertezza teorica
- Calcoli di QCD su lattice non sono mai stati competitivi fino agli ultimi risultati
 - Valore centrale del contributo adronico più alto rispetto a metodi analitici e data driven
 - Tensione con SM ridotta

Borsanyi, S., Fodor, Z., Guenther, J.N. *et al.*
Leading hadronic contribution to the muon magnetic moment from lattice
QCD. *Nature* **593**, 51–55 (2021).

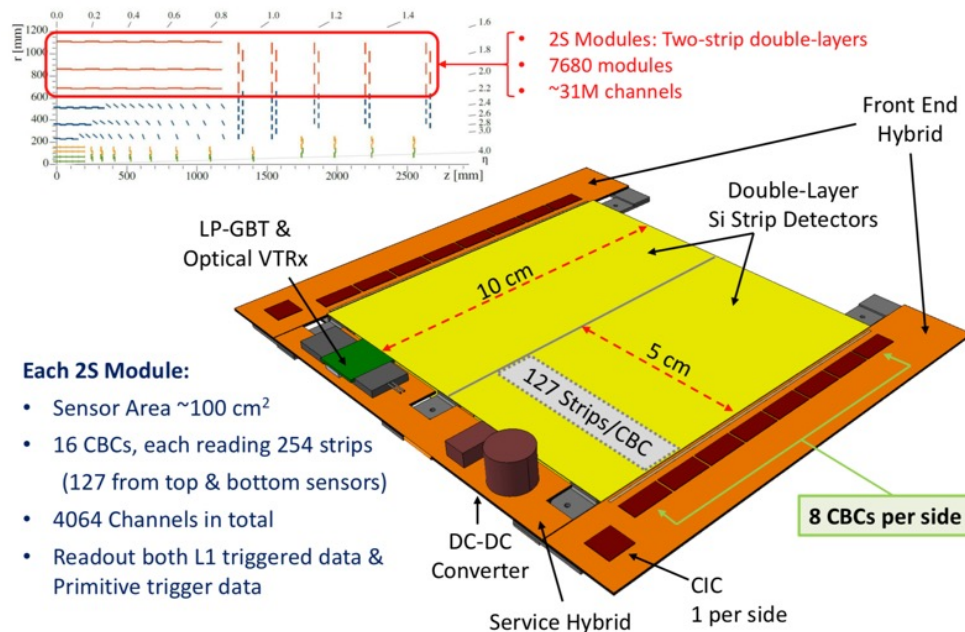
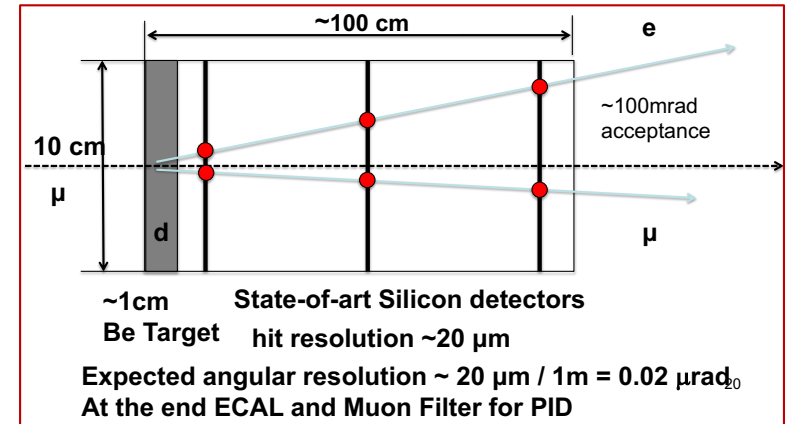


- Il contributo adronico può essere misurato a partire dallo scattering elastico tra muoni ed elettroni
- L'elemento principale da misurare con alta precisione è l'angolo di scattering



- **Necessità sperimentali:**
 - PID per separare muoni ed elettroni → ECAL + μ -filter
 - Tracciamento preciso per l'estrazione degli angoli → Tracker
 - Misura dell'energia dell'elettrone in modo da aggiungere ridondanza e diminuire i contributi sistematici → ECAL

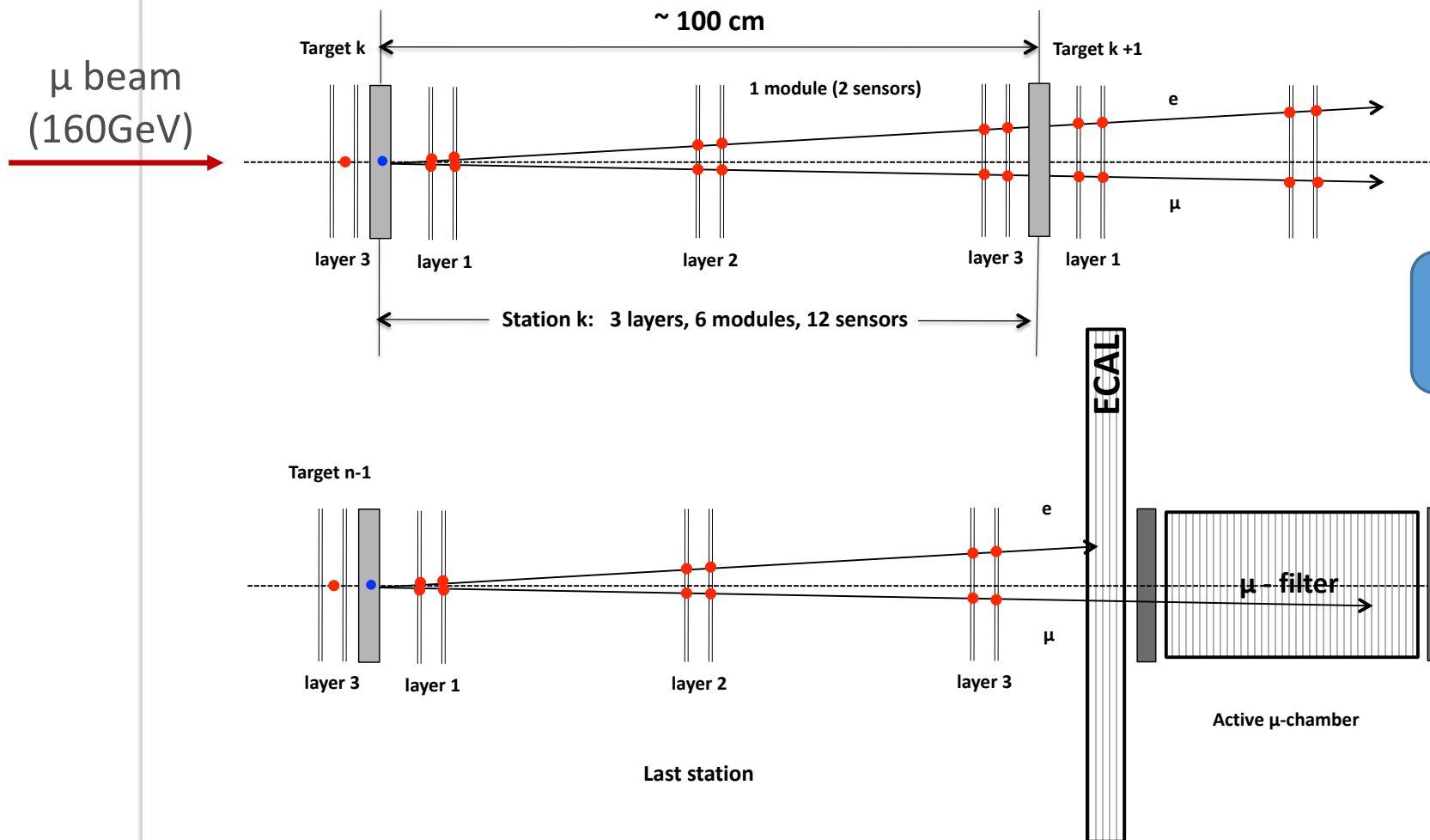
- Miglior soluzione:
 - Moduli 2S dell'upgrade di fase2 del tracciatore di CMS



Each 2S Module:

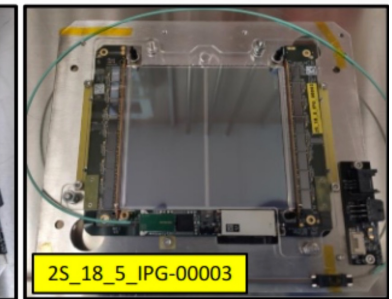
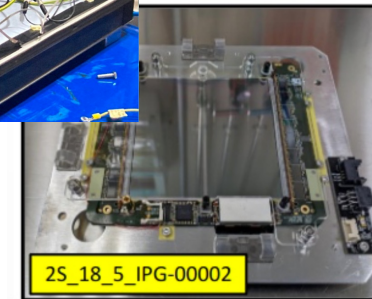
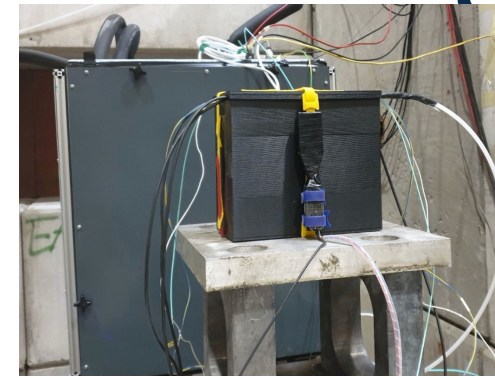
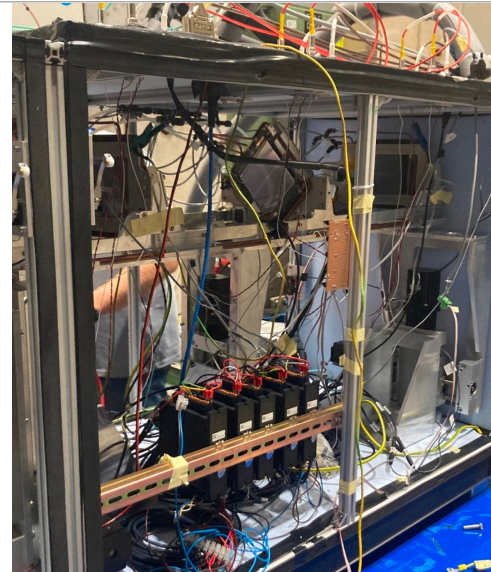
- Sensor Area ~100 cm²
- 16 CBCs, each reading 254 strips (127 from top & bottom sensors)
- 4064 Channels in total
- Readout both L1 triggered data & Primitive trigger data

- Risoluzione spaziale adeguata
- Stub (segmenti di traccia) invece che singoli punti
- lettura a 40MHz



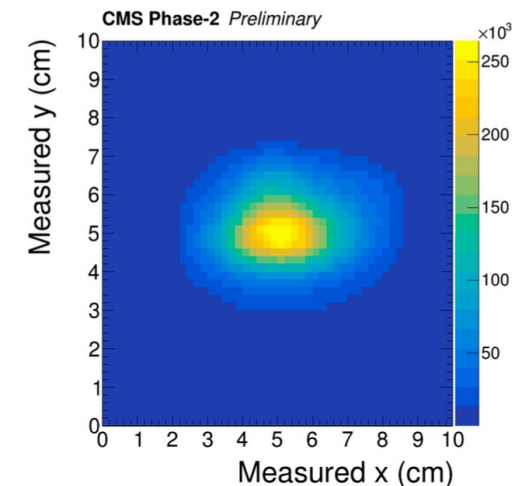
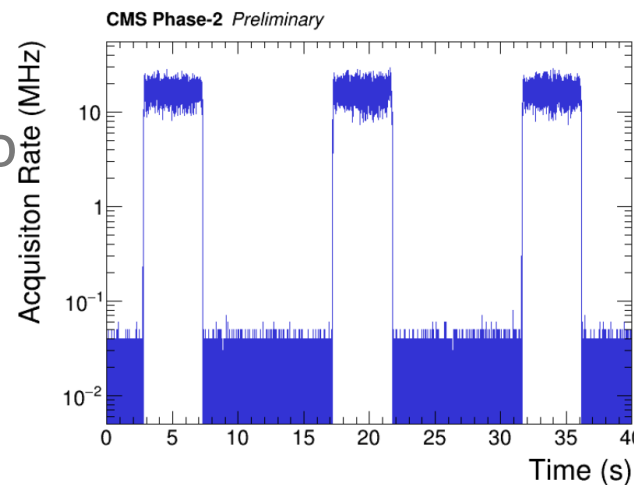
40 stazioni

- Primo Beam Test con una stazione completa e la possibilità di inserire il bersaglio a Ottobre 2023
 - Test del sistema di DAQ e primi tentativi di sincronizzazione tra tracker ed Ecal
 - Primi esercizi di allineamento e ricostruzione tracce e vertici



A tutti gli effetti un test beam congiunto con CMS

- Grande coinvolgimento di M. Magherini nello sviluppo della sistema di DAQ e di monitoring



- Test Run - agosto/settembre 2023
 - 2 Stazioni completamente equipaggiate
 - DAQ ottimizzata per la sincronizzazione calorimetro/tracker
 - Possibilità di utilizzare una ulteriore stazione con moduli sia 2S che PS
 - Di particolare interesse per CMS, aiuta a rendere più collaborativo lo sforzo per la riuscita del test run
- I risultati che si otterranno dal Test Run sono particolarmente importanti in quanto da questi dipende l'approvazione come esperimento da parte della Commissione del SPS

- Analisi dei dati del Test Run
- Finalizzazione sistema di DAQ
 - M. Magherini centrale in questo task
- Studio di fattibilità per l'uso di moduli 1S
 - Attualmente i moduli 2S di CMS sono il rivelatore di baseline
 - Si legge la linea che in CMS è dedicata al trigger: stubs -> informazione da 2 sensori «embedded»
 - MUonE preferirebbe avere 1 unico sensore per l'informazione unidimensionale mantenendo la possibilità di leggere le «stubs» a 40MHz
 - Meno material budget, meno multiple scattering
 - C'è la possibilità di usare esattamente lo stesso modulo di CMS ma senza il secondo sensore
 - Configurazione particolare del FE: generazione di pseudo-stub giocando con i valori di soglia dei singoli canali ed eventuali maschere
 - Sono necessarie simulazioni ad hoc per verificarne la fattibilità

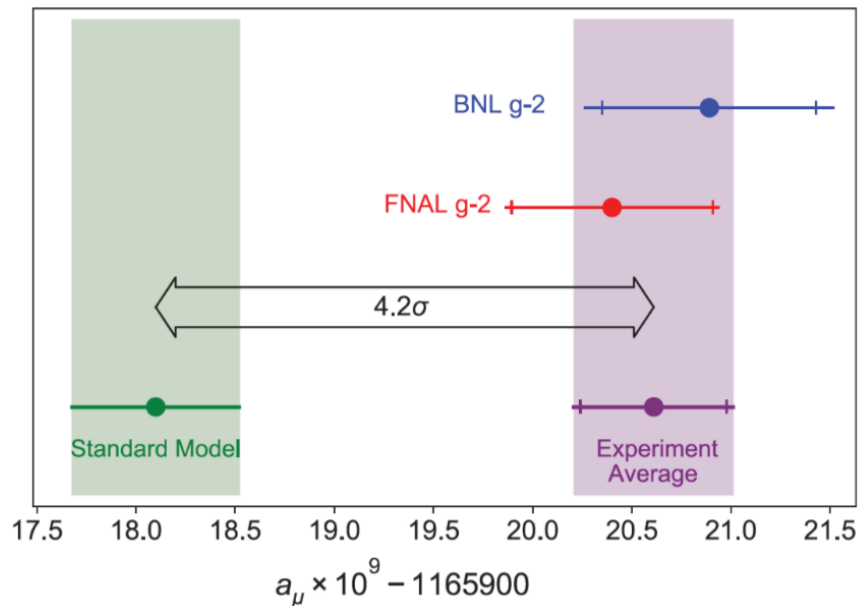
- I risultati del Test Run sono propedeutici all'approvazione da parte di SPS dell'esperimento
- In caso di approvazione l'obiettivo è quello di iniziare a prendere dati prima del LS3
 - Il numero di stazioni crescerà nel tempo (non ci si aspetta di averle tutte pronte per l'inizio della presa dati)
 - Cronoprogramma molto compresso
 - Molto dipende da quanti moduli CMS avrà a disposizione e quanti potrà darne a MUonE
 - La situazione non è chiara...molto dipende dalla programma di approvvigionamento di CMS che è estremamente variabile al momento
 - I moduli a MUonE verranno venduti da CMS, Perugia è in caso pronta ad aiutare CMS nella produzione di moduli 2S (siamo un centro di backup per moduli 2S nel framework di CMS)
 - Nel caso si optasse per i moduli 1S la situazione sarebbe ancora più complicata
 - CMS non li produrrebbe per MUonE che dovrebbe in quel caso occuparsi da solo della produzione → Attualmente non fattibile con le forze in gioco

- **1 FTE**
 - L. Fanò - P.A. - 20%
 - 80% CMS/CMS_Fase2
 - A. Rossi - RTDb - 20%
 - 80% CMS/CMS_Fase2
 - G. Baldinelli - R.U. - 20%
 - 80% CMS_Fase2
 - C. Turrioni – PostDoc INFN - 20%
 - 80% CMS_Fase2
 - M. Magherini - PhD - 20%
 - 80% CMS/CMS_Fase2

- Servizi di sezione
 - Al momento non si prevede un carico per i servizi di sezione nel 2024
- Richieste Finanziarie
 - Consumo:
 - Materiale consumo per la camera pulita ~2k€
 - Missioni
 - Missioni al CERN per meeting di collaborazione per 2/3 persone

Backup

FNAL g-2 Run1 results:



- Al momento si hanno due risultati in completo accordo tra di loro:
 - E821 at BNL
 - g-2 experiment at FNAL - Run1
- g-2 continua a prendere dati e punta a migliorare la precisione di un fattore 4



Se la previsione teorica rimane la stessa senza modifiche sostanziali nel valore centrale

$$\Delta a_\mu = a_\mu(\text{exp}) - a_\mu(\text{the}) = 6.7\sigma$$

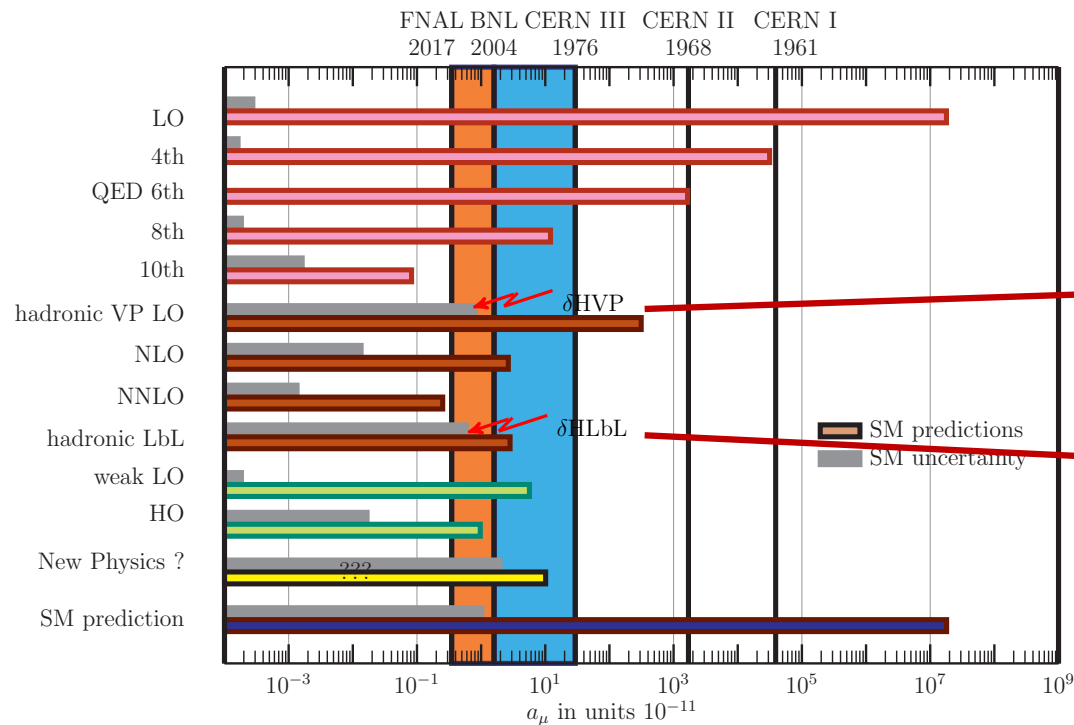
$a_\mu^{\text{EXP}} = (116592089 \pm 63) \times 10^{-11}$ [0.54ppm]	BNL E821
$a_\mu^{\text{EXP}} = (116592040 \pm 54) \times 10^{-11}$ [0.46ppm]	FNAL E989 Run 1
$a_\mu^{\text{EXP}} = (116592061 \pm 41) \times 10^{-11}$ [0.35ppm]	WA

$$a_\mu = a_\mu^{QED} + a_\mu^{EW} + a_\mu^{HAD}$$

Photons and Leptons
loop
(Calcolato)

Bosons (W^\pm, Z, H) loop
(calcolato)

Hadrons loop
(stima da dati sperimentali)



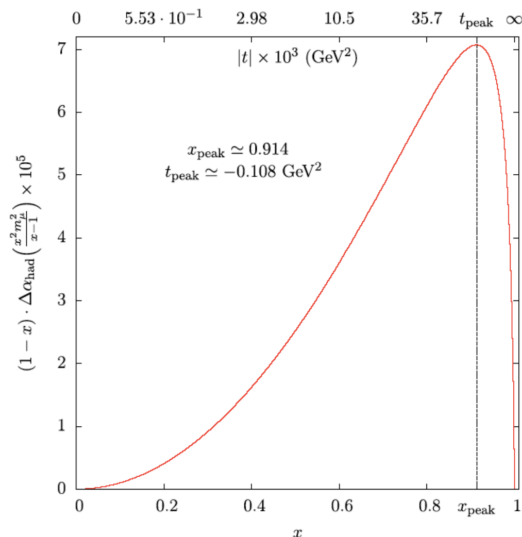
- Principali contributi alle incertezze teoriche:
 - LO hadronic vacuum polarization
 - Light-by-light scattering

- Un nuovo approccio proposto: MUonE
 - Misura di a_{μ}^{HLO} con una elevata precisione con collisioni di muoni a 160 GeV su targhetta (μ -e scattering)
 - Studi del contributo adronico all'accoppiamento elettromagnetico, $\Delta\alpha_{had}(q^2)$
 - space-like scattering: $q^2 = t < 0$
- $\Delta\alpha_{had}(t)$ estratta da μ -e elastic scattering usando un fascio di muoni ($E \sim 160$ GeV) su targhetta a basso Z per massimizzare le collisioni con elettroni

$$a_{\mu}^{HLO} = \frac{\alpha}{\pi} \int_0^1 (1-x) \Delta\alpha_{had}(t(x)) dx$$

$$t(x) = \frac{x^2 m_{\mu}^2}{x-1} \quad (0 \leq -t \leq +\infty)$$

t : momentum trasfered in the reaction



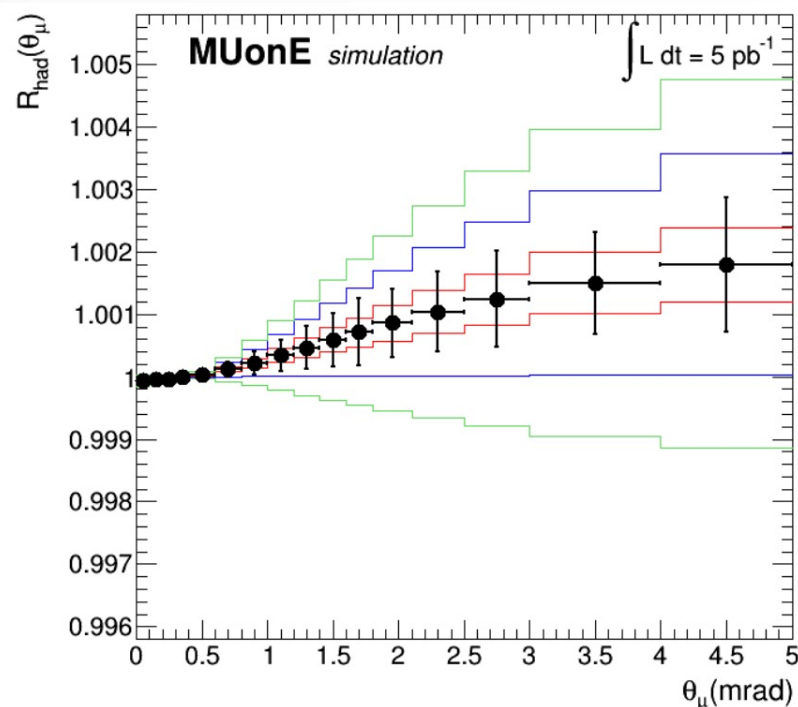
- Limiti cinematici
 - $0 < -t < 0.161 \text{ GeV}^2$
 - or
 - $0 < x < 0.93$
- MUonE misurerà ~87% dell'area
 - Modelli teorici/funzionali per estrapolare il risultato al 100% dell'area

Test Run: expected sensitivity on $\Delta\alpha_{\text{had}}(t)$



Expected luminosity for the Test Run: $L_{\text{TR}} = 5 \text{ pb}^{-1}$ \longleftrightarrow $\sim 10^9$ events with $E_e > 1 \text{ GeV}$
($\theta_e < 32 \text{ mrad}$)

$$R_{\text{had}} = \frac{d\sigma_{\text{data}}(\Delta\alpha_{\text{had}})}{d\sigma_{\text{MC}}(\Delta\alpha_{\text{had}} = 0)} \sim 1 + 2\Delta\alpha_{\text{had}}(t)$$



We will be sensitive to the
leptonic running ($\Delta\alpha_{\text{lep}}(t) < 10^{-2}$)

Low sensitivity to the
hadronic running ($\Delta\alpha_{\text{had}}(t) < 10^{-3}$)

$$\Delta\alpha_{\text{had}}(t) \simeq -\frac{1}{15} K t$$

$$K = 0.136 \pm 0.026$$

(20% stat error)

16