



Search for Hidden Particles (SHiP)

- ✓ SHiP e' una proposta di esperimento di beam dump al CERN con fascio di protoni ad alta intensità dall'SPS.
- ✓ E' progettato per ricercare nuove particelle debolmente interagenti (*hidden particles*) con masse $O(\text{GeV}/c^2)$.
- ✓ E' anche un'occasione unica per studiare la fisica dei $\nu_\tau / \bar{\nu}_\tau$

SHiP-Bari



segnali di *hidden particles*

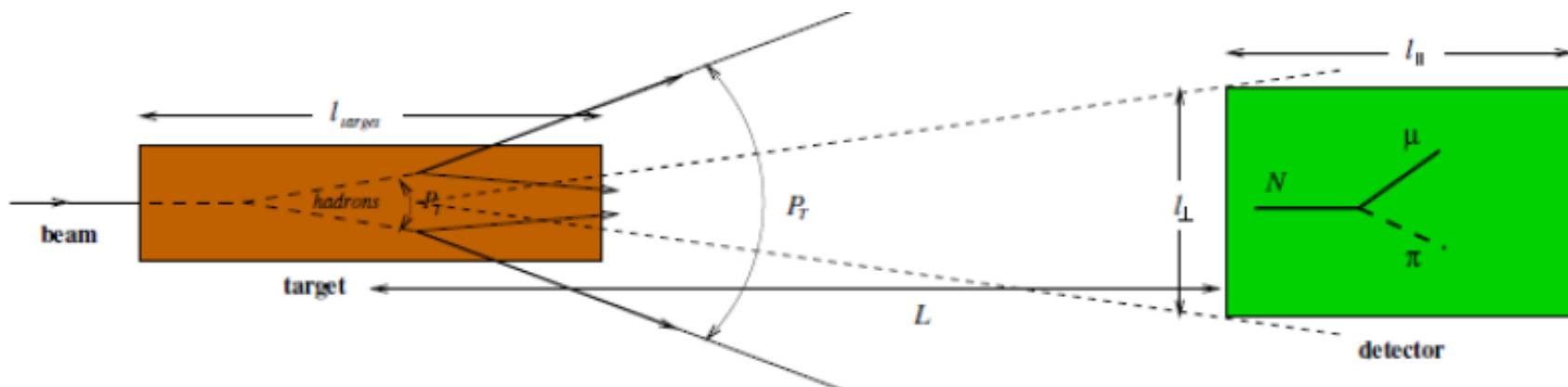
Processi di interesse per SHiP:

- Produzione di particelle dell'Hidden Sector (HS) tramite decadimenti di adroni, etc
- Decadimento di particelle dell'HS

Rates fortemente soppressi rispetto allo SM:

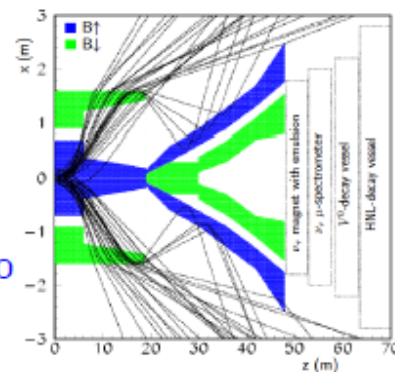
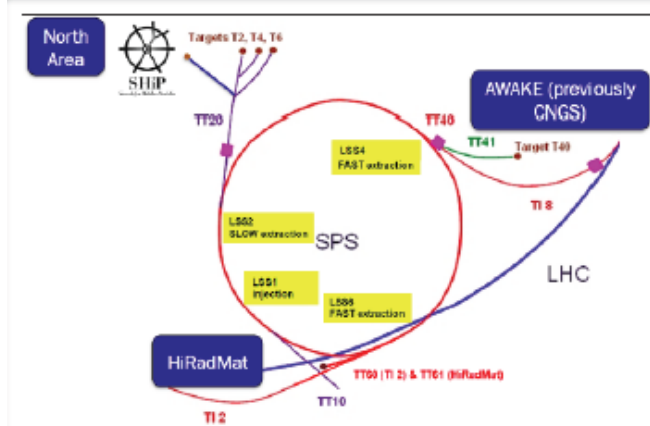
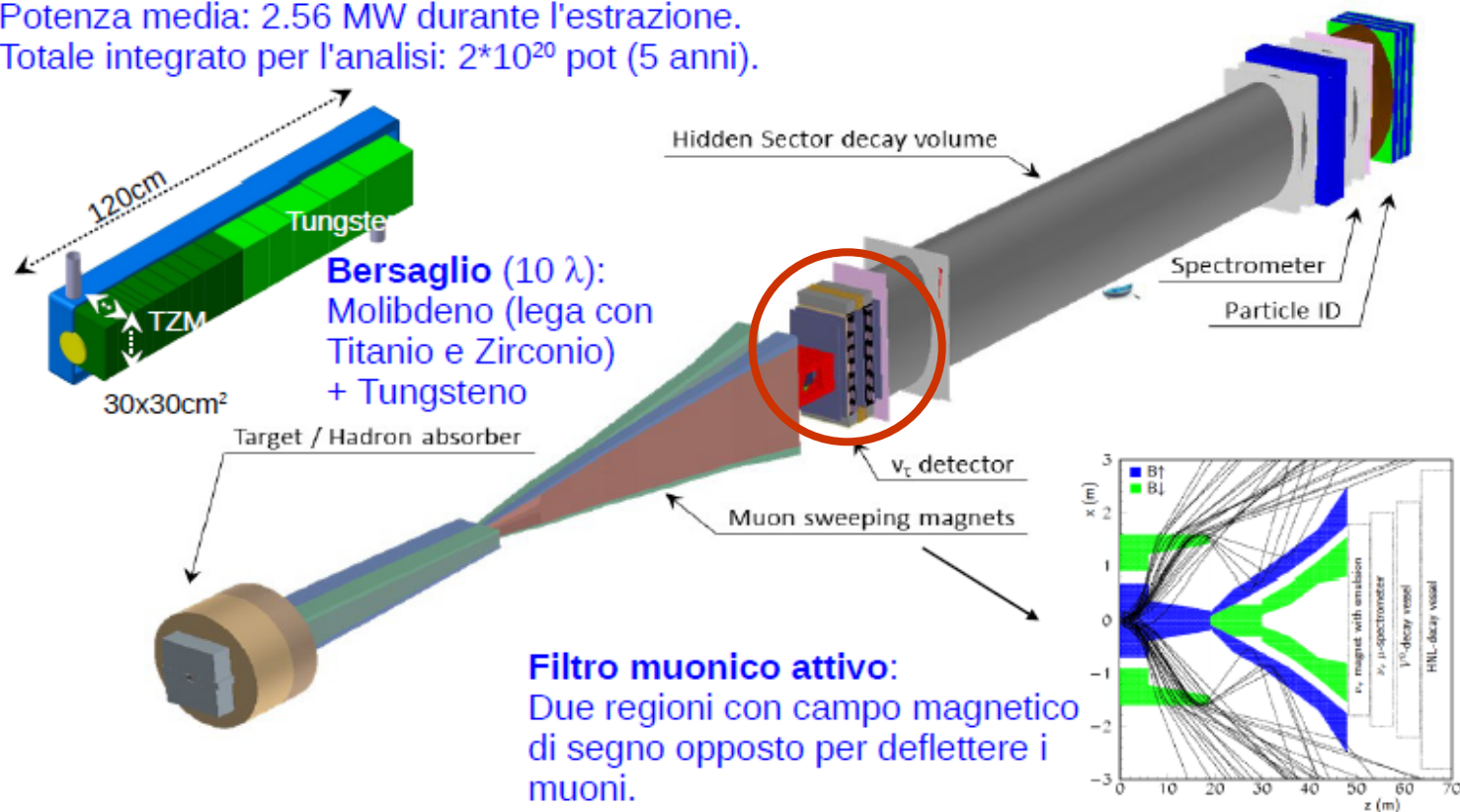
- BR di produzione $O(10^{-10})$
- particelle con lunga vita media e poco interagenti con la materia ordinaria

Es. **portale neutrinico** → ricerca di **HNLs** prodotti in decadimenti di adroni charmati
rivelazione di decadimenti di HNL in particelle dello SM



SHiP al CERN

Fascio: $2 \cdot 10^{13}$ pot/ciclo (7.2 sec) da SPS ($E=400$ GeV).
 Estrazione lenta: 1 sec per ridurre fondo combinatorio.
 Potenza media: 2.56 MW durante l'estrazione.
 Totale integrato per l'analisi: $2 \cdot 10^{20}$ pot (5 anni).

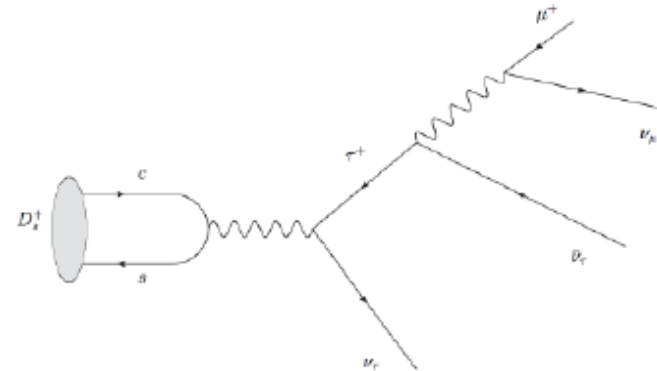


Fisica del ν_τ

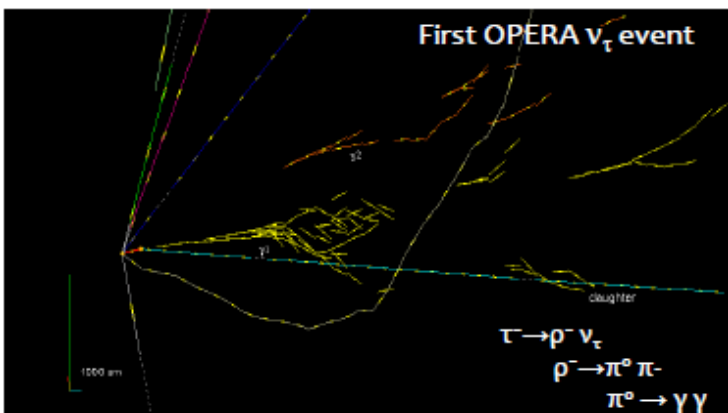
SHiP:
abbondante produzione di neutrini tau!

interazioni attese per (anti-) $\nu_\tau \sim O(10^3)$! [5 anni di run@ $2 \cdot 10^{20}$ pot, target 9.6 ton Pb]

Stato dell'arte: 9 ν_τ osservati in DONUT (1.5 exp. bkd)
5 ν_τ osservati in OPERA (segnale di oscillazione 5.1σ)
anti- ν_τ mai osservato



Ampio programma di fisica del neutrino tau



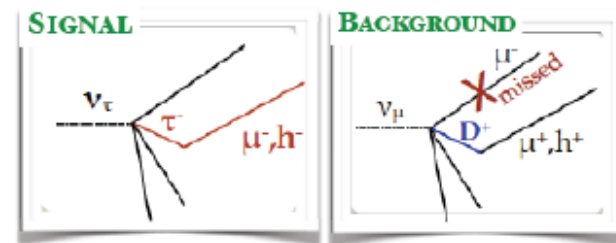
ν_τ physics performances

Ampio programma di fisica del neutrino tau:

- prima osservazione dell'anti- ν_τ
- sezioni d'urto di ν_τ e anti- ν_τ
- misura delle funzioni di struttura F_4 e F_5
- contenuto di quark s nei nucleoni

Expected number of signal and background events

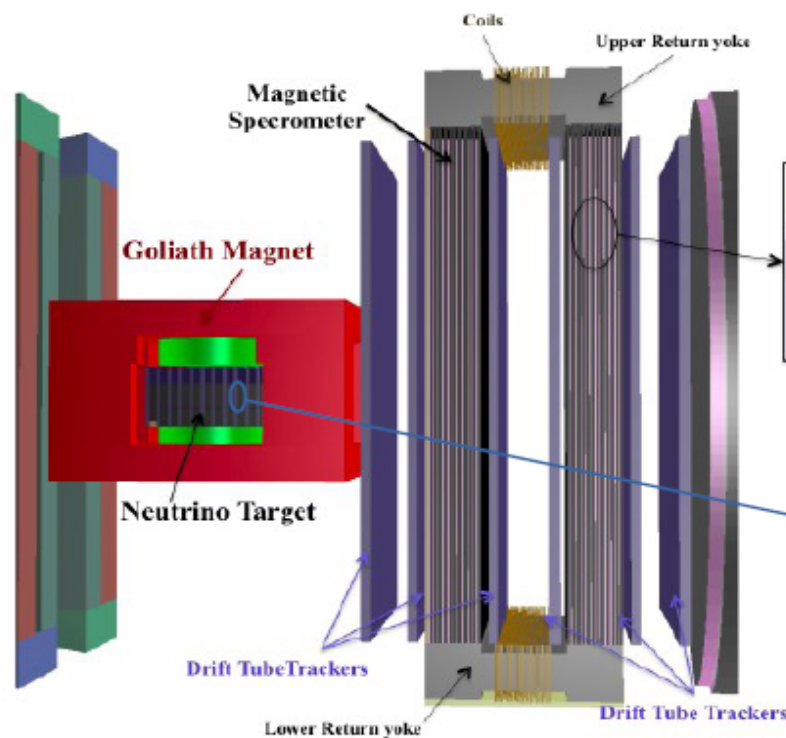
decay channel	ν_τ			$\bar{\nu}_\tau$		
	N_{exp}	N^{bg}	R	N_{exp}	N^{bg}	R
$\tau \rightarrow \mu$	570	30	19	290	140	2
$\tau \rightarrow h$	990	80	12	500	380	1.3
$\tau \rightarrow 3h$	210	30	7	110	140	0.8
Total	1770	140	13	900	660	1.4



2×10^{20} p.o.t. @ 400 GeV
5 years
Target mass: 9.6 t

rivelatore di neutrini tau

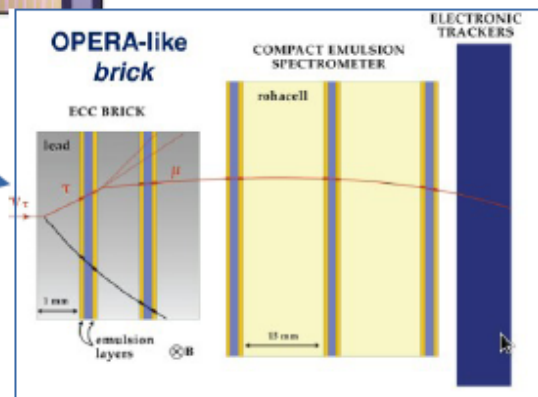
Basato sull'esperienza di OPERA: Bersaglio di piombo/emulsioni, cui vengono aggiunti un tracciatore elettronico ed uno spettrometro per muoni.



Mattoni simili a quelli di OPERA:
56 lastre di piombo da 1mm
57 lastre di emulsione nucleare.

Tracciatore elettronico:
Fibre scintillanti/r-wells/MicroMegas.

Bersaglio in campo magnetico (1T).

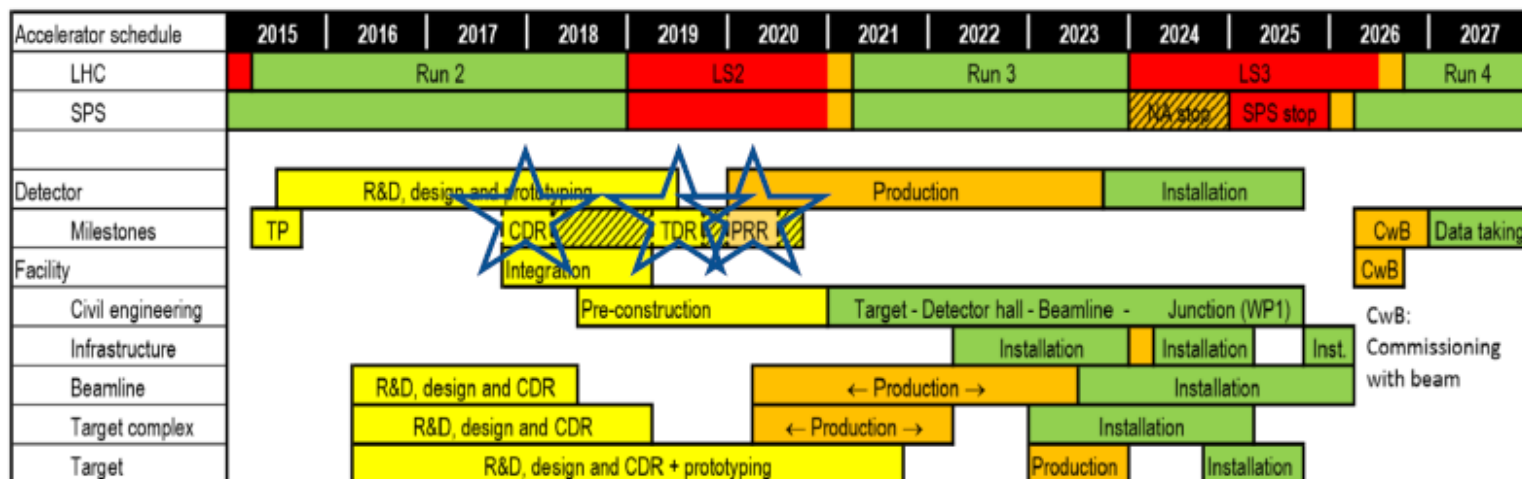




SHiP global schedule

In Aprile 2015:

- Scrittura del Technical proposal (arXiv:1504.04956), firmato da 235 fisici per 45 istituzioni.
- Scrittura del Physics Proposal (arXiv:1504.04855), firmato da 80 fisici teorici.



- Construction / production 2020 –
- Data taking 2026 (start of LHC Run 4)
- Comprehensive Design Study 2016 – 2017

CERN Research Board: “...The Research Board endorsed the recommendation from the SPSC that the collaboration should perform a comprehensive design study, focussed on the SHiP detector in close collaboration with the Physics Beyond Colliders study group, which will consider physics motivations and technical optimisation of a beam-dump facility at CERN and other possible experiments that might use it. The study should be completed in time for the next update of the European Strategy for Particle Physics, on the timescale of three years, and the decision on approval will be taken following the conclusion of that update. ...”

SHiP Project Structure and SHiP-Bari




SHiP Project Structure 2 - proposal

8thSHiPCollaboration Meeting, Imperial College, 13 –15 June, 2016

Note: List of groups need confirmation

Emulsion and muon spectrometer	
Emulsion cloud chamber	INFN-Naples, Nagoya, Nihon, Aichi, Kobe, Gyeongsang, Middle East Technical University, Ankara
Compact emulsion spectrometer	INFN-Naples, <u>INFN-Bari</u> , INFN-Lab. Naz. Gran Sasso, Nagoya, Moscow SU, Lebedev, Toho, Gyeongsang
Target tracker	NRC KI, INFN-Lab. Naz. Frascati, Saclay
GEM option/muRWELL options	
Micromegas option	
SciFi option	
Muon detector	
RPC	INFN-Bari, INFN-Lab. Naz. Gran Sasso, INFN-Naples, <u>INFN-Roma</u>
Drift-tube tracker	Hamburg
Target magnet	



Attività 2016

- attività di R&D su emulsioni nucleari (Ferrania)
- test al CERN con emulsioni nucleari
- upgrade del sistema di scansione automatizzata di emulsioni nucleari (ESS → QSS)
- test su RPC di OPERA a LNF con elettronica SHIP-like realizzata a Bari (CAD elettronico BARI)

Coinvolgimento del personale tecnico nei seguenti ambiti:

- attività di test su/con emulsioni nucleari
- upgrade dell'ESS e gestione della strumentazione DAQ



Previsioni Attività 2017

Anagrafica:

M. De Serio (30%), R.A. Fini (20%), G. Iaselli (20%), A. Marrone (10%), L. Paparella (30%), A. Pastore (30%), S. Simone (20%)

- attività di R&D su emulsioni nucleari, relativi test e misure (Ferrania)
- test su fascio sul Compact Emulsion Spectrometer
- misure di calibrazione in emulsione del nuovo sistema di scansione (QSS)
- modifica/sviluppo elettronica readout RPC dedicata per SHIP : avalanche vs streamer
→ contributo al Comprehensive Design Study

Coinvolgimento del personale tecnico nei seguenti ambiti:

- attività di test su/con emulsioni nucleari
- misura in emulsione nucleare e gestione della strumentazione DAQ

Servizi: richiesto 1 m.u. officina meccanica (manutenzione microscopi)

Laboratorio Emulsioni Nucleari :

P. Dipinto 70% , V. Dipinto 70 % , A. Andriani 70 %

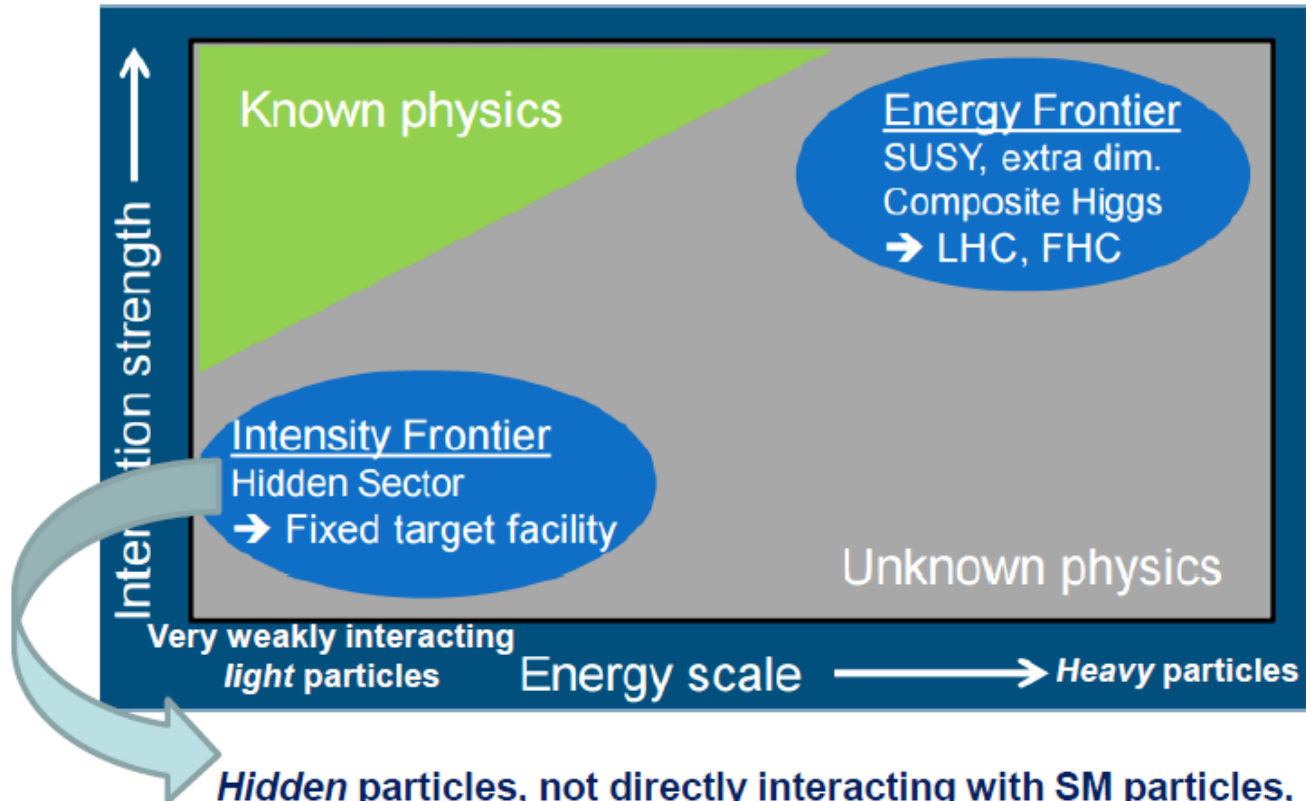
(SHIP , R&D emulsioni NEWS/ OPERA)



Backup

Physics motivation

New, yet unknown particles and/or interactions should exist.



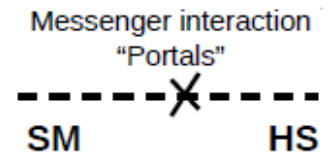
Hidden particles, not directly interacting with SM particles, could be coupled to the visible sector via gauge-singlet operators (portals).



Portale neutrinico: ricerca di Heavy Neutral Lepton

T.Asaka, M.Shaposhnikov PL B620 (2005) 17

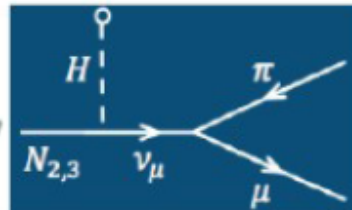
M.Shaposhnikov Nucl. Phys. B763 (2007) 49



neutrino Minimal Standard Model (ν MSM)



Produzione da decadimento semi-leptonico di un mesone (K,D,B).



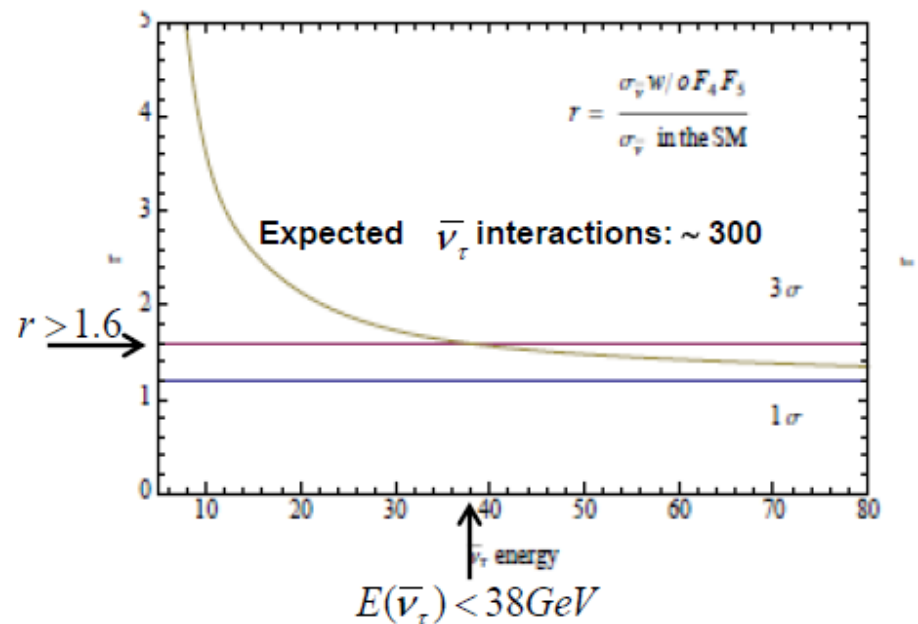
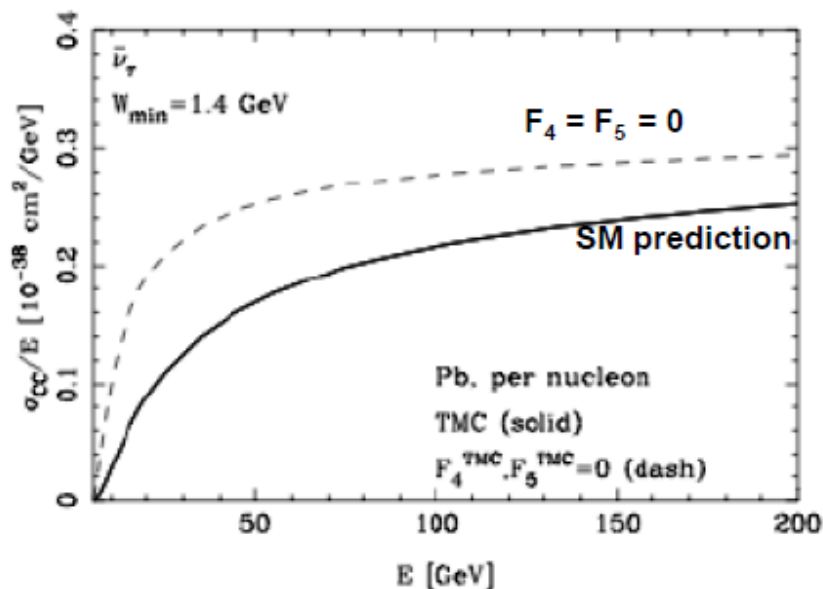
Accoppiamento con il neutrino attivo molto debole.



Funzioni di struttura

Structure functions F_4 and F_5 , neglected in ν_μ / ν_e interactions, contribute to ν_τ cross section (higher τ lepton mass)

$$\frac{d^2\sigma^{\nu(\bar{\nu})}}{dxdy} = \frac{G_F^2 M E_\nu}{\pi(1 + Q^2/M_W^2)^2} \left((y^2x + \frac{m_\tau^2 y}{2E_\nu M}) F_1 + \left[(1 - \frac{m_\tau^2}{4E_\nu^2}) - (1 + \frac{Mx}{2E_\nu}) \right] F_2 \right. \\ \left. \pm \left[xy(1 - \frac{y}{2}) - \frac{m_\tau^2 y}{4E_\nu M} \right] F_3 + \frac{m_\tau^2(m_\tau^2 + Q^2)}{4E_\nu^2 M^2 x} F_4 - \frac{m_\tau^2}{E_\nu M} F_5 \right)$$



evidence of non-zero value for $r > 1.6$



Produzione di Charm

SHiP ideally suited to study ν and anti- ν physics for all three active flavours

**Expected ν -induced
charm production**

	Expected events
ν_μ	$6.8 \cdot 10^4$
ν_e	$1.5 \cdot 10^4$
$\bar{\nu}_\mu$	$2.7 \cdot 10^4$
$\bar{\nu}_e$	$5.4 \cdot 10^3$
Total	$1.1 \cdot 10^5$

Expected charm yield exceeds
available statistics from previous experiments
by more than one order of magnitude

NuTeV: ~ 5100 (ν_μ) and ~ 1460 (anti- ν_μ)

CHORUS: ~ 2000 (ν_μ) and 32 (anti- ν_μ)

Charm production in anti- ν interactions
selects the anti-strange quark in the nucleon

Significant improvement in the knowledge
of nucleon s-quark content
with SHiP data
in the range $0.03 < x < 0.35$

