

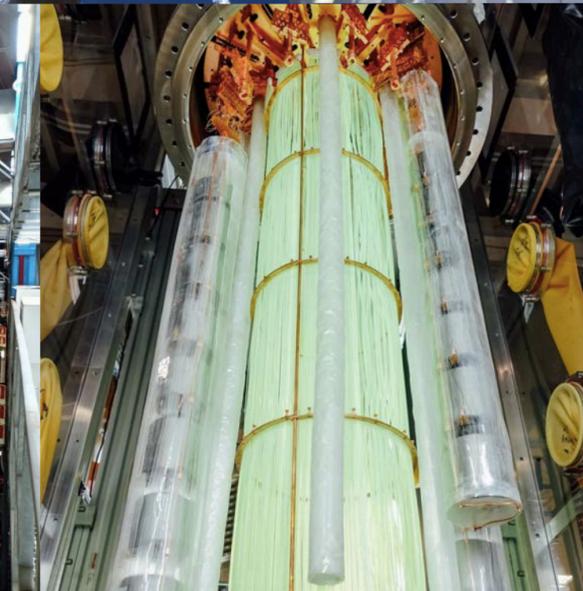


# CSN2

Oliviero Cremonesi  
INFN - Sez. Milano Bicocca



Input to European Strategy for Particle Physics



# Riassunto

---

- Introduzione generale
- Il ruolo del CERN nella fisica astroparticellare
- In cosa la fisica astroparticelle potrebbe essere sinergica alle attività CERN
- Alcune considerazioni

# Il ruolo del CERN (1/3)

Centro di riferimento europeo (e internazionale) per la fisica delle particelle

- **Fisica teorica:** 25 Luglio 2019 accordo CERN-APPEC per nuovo centro astro-particellare
- **Fisica sperimentale:** stretti legami tra fisica delle particelle e astrofisica motivati da una più profonda comprensione dello sviluppo iniziale dell'universo. Cresciuti fino a includere il settore sperimentale noto come “astrofisica delle particelle” e incluso nella Convenzione del CERN.

Continuo dibattito @ CERN se sia il caso di includere le astroparticelle nel programma del CERN ([1999 F.Didak](#))

- Motivazioni
  - Importante per la fisica fondamentale ... ma la comunità è ampia e difficile da integrare
    - soluzione dei problemi di due modelli standard (particelle e cosmologico)
    - GZK cutoff e meccanismi di accelerazione
    - X e  $\gamma$  fenomeni transitori (GRB, AGN, ...)
    - astrofisica del neutrino
    - materia oscura
    - astrofisica multi-messaggera: X/ $\gamma$ ,  $\nu$ , GW

La discussione continua con parte della comunità pro e parte contro

Le principali motivazioni contro:

sistematiche (mancanza di chiarezza nei risultati)

approccio sperimentale complesso (es. calibrazione)

# Il ruolo del CERN (2/3)

---

- In ambito europeo il CERN ha un ruolo particolare che va mantenuto:
  - l'interesse non puo' riguardare tutti i temi di astroparticelle
  - va fatta una selezione: SI astrofisica, NO astronomia
- Credo che la sintesi stia in due parole:
  - ▶ sinergia
  - ▶ complementarita'
- Domande:
  - chi deve far qualcosa?
  - come gestire finanziamento
- In linea di principio:
  - ➔ tutti i temi sono interessanti
  - ➔ servono proposte su come sostenerli (e quanti)

# Il ruolo del CERN (3/3)

---

- Difficile essere originali sulle proposte in quanto lo sviluppo dei progetti ormai va su scale decennali e quindi molte cose sono già state dette e implementate
- Lo stato delle cose può essere riassunto molto brevemente come
  - nessuna (quasi) partecipazione diretta (almeno finora)
  - sviluppi tecnologici
  - disponibilità delle infrastrutture (fasci, piattaforme, esperienza)
  - logistica

# Il ruolo del CERN: raggi cosmici

---

- apparentemente lontano da questo tema
- tuttavia i contributi non sono mai mancati
  - ▶ sia da un punto di vista tecnologico:
    - nuove tecnologie (sfruttate soprattutto per missioni nello spazio con AMS2, FERMI, DAMPE e LIMADOU)
    - accesso alle infrastrutture (test di funzionamento dei rivelatori presso i fasci di particelle)
    - logistica (impiego di strutture/infrastrutture del CERN, come per AMS2)
  - ▶ che fisico
    - misure di sezioni d'urto di interesse astrofisico

# Il ruolo del CERN: materia oscura

---

- La ricerca della materia oscura è attivamente perseguita attraverso tre approcci principali, uno dei quali è la ricerca di nuove particelle con gli acceleratori di particelle<sup>(\*)</sup>
- DarkSide è il progetto dedicato ad una ricerca diretta di candidati alla materia oscura che fin dalla sua nascita ha goduto di un forte supporto da parte del CERN
- Importante contributo tecnologico e logistico
- Innegabile e rilevante l'accesso alla Neutrino Platform e la realizzazione del criostato (su disegno ProtoDUNE)
- Auspicabile un ulteriore rafforzamento della collaborazione soprattutto che includa sviluppi futuri della tecnica (Global Argon)

*(\*) Inutile sottolineare che in questo caso non si può parlare di materia oscura. Tuttavia l'esistenza di possibili candidati va innanzitutto dimostrata*

# Il ruolo del CERN: proprietà del neutrino

- PMNS:
  - Fin dai primi anni '90, il CERN sostiene la comunità dei neutrini europea tramite la Neutrino Platform
  - Fondamentale per il successo di progetti futuri come DUNE o HK.
  - IL CERN ha giocato (e continua) un importante ruolo abilitante sviluppando e dimostrando la praticabilità delle soluzioni, insieme alla progettazione e alla fornitura dei criostati del Far Detector di DUNE
  - Da un punto di vista più fisico, ProtoDUNE ha permesso la misura di importanti sezioni d'urto e la rivelazione di neutrini dai protoni SPS a 400 GeV.
  - **Ci auspichiamo che il CERN continui e possibilmente a rafforzare questo supporto, comprese le attività di ricerca e sviluppo.**
- massa:
  - Comprende anche la possibile osservazione del fondo cosmico di neutrini
  - Possibile importante contributo tecnologico (come è avvenuto inizialmente con i rivelatori bolometrici nel 1984) grazie all'esperienza e le infrastrutture CERN nella criogenia e nelle tecniche di vuoto
  - **Il ritardo tecnologico delle tecniche per la misura diretta potrebbe trarre un vantaggio cruciale dal coinvolgimento CERN**
  - Importanza crescente delle misure indirette (CMB). Comunità (non solo CERN) finora poco coinvolta. Necessità di un ripensamento ...
- neutrini cosmici
  - l'osservazione dei neutrini cosmici di altissima energia (KM3NeT) può fornire un'immagine a colori dell'universo
  - La partecipazione attiva (es. infrastrutture) del CERN ai progetti futuri o in costruzione potrebbe essere importante per entrambi

# Il ruolo del CERN: onde gravitazionali

---

- Il programma di osservazione e aggiornamento di LVK è già definito
- CERN già coinvolto in ET dove contribuisce con la sua esperienza nella costruzione e funzionamento di lunghe gallerie sotterranee, nell'implementazione di sistemi criogenici, nella tecnologia del vuoto, nei sistemi di sincronizzazione distribuita e nel calcolo ad alte prestazioni
- Come gestire i 10-15 anni di interregno?
  
- Il CERN può catalizzare l'interesse europeo facendosi portavoce degli sviluppi necessari, iniziando a condividere l'esperienza diretta di gestione degli interferometri
- Innegabile poi l'importanza del supporto "scientifico" che coinvolge tutte le possibili ricerche (ET, LISA, LVK+, ...)
  
- E le alte frequenze? Perché non cercare di portare anche nel settore delle GW un punto di vista diverso ...

# Sinergie e complementarità

---

Vorremmo ora affrontare un altro aspetto della strategia europea, in cui il CERN potrebbe effettivamente trarre vantaggio da un'effettiva apertura alle tematiche della fisica astroparticellare.

# Astroparticelle e CERN

---

- Per esplorare la fisica quando il campo gravitazionale è molto forte gli effetti quantistici non possono essere trascurati. La fisica delle alte energie (ai collisori) deve essere **integrata** dall'astrofisica e dalla cosmologia multimessaggera
- L'unica osservazione esistente di un candidato di materia oscura è stata fornita da DAMA con una massa dell'ordine di 10-100 GeV. Nessun esperimento ha confermato questo segnale. Una conferma potrebbe dare indicazioni se non addirittura stimolare la realizzazione di nuove macchine
- Gli acceleratori cosmici rappresentano ancora un modo unico per superare i limiti degli acceleratori disponibili sulla terra. Oltre a consentire lo studio di fenomeni in condizioni estreme, la radiazione cosmica fornisce informazioni uniche sui meccanismi di accelerazione e su molti processi fondamentali. Come già dimostrato in molte occasioni in passato, le indicazioni provenienti da sorgenti astrofisiche o cosmologiche richiedono una verifica sulla Terra da parte di sorgenti create dall'uomo
- La scoperta di nuove proprietà del neutrino offrirebbe enormi vantaggi alla fisica delle particelle, indicando l'esistenza di nuovi fenomeni BSM e una nuova descrizione di una serie di processi particellari. Questo probabilmente sottolineerebbe la necessità di nuove macchine acceleratrici progettate per cercare la nuova fisica.

# ESPP: la strategia “europea” per la fisica delle particelle

- È ora indispensabile fare spazio a qualche considerazione
- Nonostante sforzi e belle parole il CERN resta focalizzato su un programma di macchine acceleratrici
- Fin qui niente di strano ...
- È il laboratorio di riferimento Europeo con mandato di collaborazione con enti di ricerca e Università
- ... quindi anche la scelta del nome ESPP ha una chiara connotazione
- Il problema nasce quando si considera che una fetta non trascurabile di ricercatori, italiani (tedeschi, spagnoli, francesi, olandesi, ...) non fa riferimento ad alcuna macchina acceleratrice (o quasi .... almeno non per le finalità della ricerca) e quindi ...
- ... questa stessa comunità si è chiesta quale sia il suo ruolo all'interno di ESPP
- Personalmente reputo che la collaborazione dovrebbe arrivare a fatti concreti e credo che questo possa essere un punto importante
- L'interesse del CERN per i temi di astoparticelle risulta evidente anche solo dagli eventi citati nella pagina di apertura
- Le collaborazioni hanno tuttavia bisogno di tempi, fiducia e conoscenza reciproca, ...
- In poche parole un processo che sembra iniziato bene ma che stenta a decollare
- Speriamo sia la volta buona!
- ,, , intanto ...

## Upcoming events

**30 JAN/25**

› **Long Baseline Neutrino Experiments and the enabling role of the CER...**

The current Long Baseline experiments, T2K and NOvA, are approaching the point of passing the baton to the next generation, Hyper-Kamiokande and DUNE under construction.  
Event | CERN500/1-001

**3 FEB/25**

› **Click Chemistry, Excellence and Equality in Science**

Humans are changing the structure and chemical composition of the world we live in at historically unprecedented rates, leading to major global challenges.  
Event | CERN81/R-003B

**12 FEB/25**

› **Real-time Gravitational Wave data analysis with Machine Learning**

*In recent years, deep learning algorithms have excelled in various domains, including Astronomy.*  
Event | CERN222/R-001

- Una ricca varietà di articoli scientifici di interesse primario
- Forte multidisciplinarietà
- Molte idee e un gran numero di proposte

- **4 linee di ricerca principali**

- Universo oscuro
- Radiazione dall'Universo
- Proprietà dei neutrini
- Relatività generale e fisica quantistica

- Un gran numero di progetti in fasi diverse:
- R&S tecnologica (sinergia con CSN5)
  - ▶ sviluppi scientifici (CDR)
  - ▶ pronto per la costruzione (TDR):
    - dimostratori
    - esperimenti

## CSN2:

- 25 coordinatori,
- 5 osservatori da altre CSN e CCR
- 49 referee esterni
  
- 1 supporto amministrativo
- 1 rappresentante INFN GE

# Linee di ricerca: esperimenti



BULLKID_DM
COSINUS_CSN2
CRESST
CYGNO
<b>DARKSIDE</b>
FLASH
EUCLID
QUAX
SABRE
XENON

## Universo Oscuro

## Gravità & Fisica Fondamentale

ARCHIMEDES_2
ET_ITALIA
GINGER
GRAFIQO
LISA
MEGANTE2
MOONLIGHT-2
RELAQS
<b>VIRGO</b>

<b>AMS2</b>
<b>AUGER</b>
CTA
<b>FERMI</b>
GAPS
<b>HERD_DMP</b>
<b>KM3</b>
LIMADOU_CSN2
LITEBIRD
LSPE
QUBIC
RESNOVA_CSN2
SPB2
SWGGO
XRO

## Radiazione dall'Universo

## Fisica del Neutrino

<b>CUORE_CUPID</b>
<b>GERDA</b>
HOLMES_PLUS
<b>JUNO</b>
KATRIN_TRISTAN
NUCLEUS

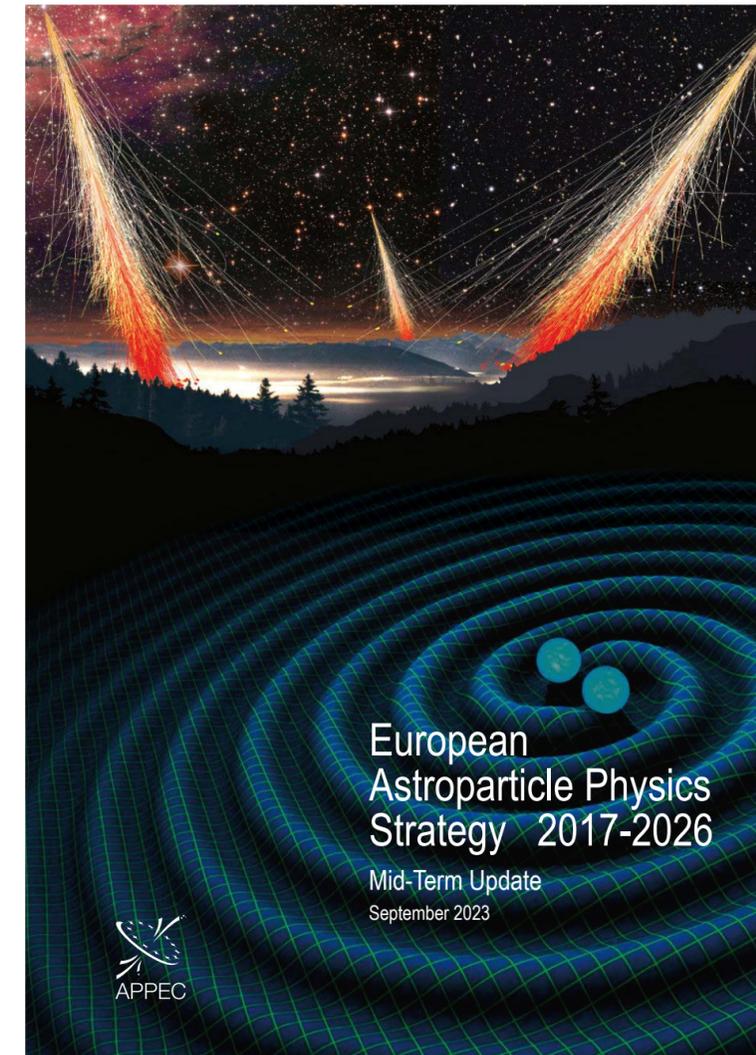
40 esperimenti

- costi dominati da una decina

# APPEC: le astroparticelle in Europa



- La fisica astroparticellare è il campo di ricerca che si trova nel punto di incontro tra astronomia, fisica delle particelle e cosmologia.
- Negli ultimi decenni si è evoluta rapidamente, a un ritmo sempre crescente.
- Utilizza metodi avanzati di fisica delle particelle per misurare le particelle che arrivano dal cosmo (i messaggeri) per rispondere a domande che coinvolgono direttamente la fisica delle particelle.
  - Sperimentalmente, utilizza gli strumenti avanzati della fisica delle particelle e immagini all'avanguardia del cosmo, da parte degli astronomi.
  - Dal punto di vista teorico, collega l'estremamente grande, ad esempio il modello del Big Bang dei cosmologi, all'estremamente piccolo, ad esempio il Modello Standard dei fisici delle particelle.
- Il suo scopo è quello di far luce su enigmi di lunga data al centro della nostra comprensione dell'Universo.



arXiv > hep-ex > arXiv:1910.04688

High Energy Physics – Experiment

[Submitted on 10 Oct 2019 (v1), last revised 10 Feb 2020 (this version, v2)]

## Double Beta Decay APPEC Committee Report

A. Giuliani, J. J. Gomez Cadenas, S. Pascoli, E. Previtali, R. Saakyan, K. Schaeffner, S. Schoenert

arXiv > hep-ex > arXiv:2104.07634

High Energy Physics – Experiment

[Submitted on 15 Apr 2021]

## Direct Detection of Dark Matter -- APPEC Committee Report

Julien Billard, Mark Boulay, Susana Cebrián, Laura Covi, Giuliana Fiorillo, Anne Green, Joachim Kopp, Béla Majorovits, Kimberly Palladino, Federica Petricca, Leszek Roszkowski (chair), Marc Schumann

Science .....
High-Energy Gamma Rays .....
High-Energy Neutrinos .....
High-Energy Cosmic Rays .....
Gravitational Waves .....
WIMP Dark Matter .....
Axions, ALPs and other non-WIMP Dark Matter .....
Neutrino Mass and Nature .....
Neutrino Mixing and Mass Ordering .....
Cosmic Microwave Background .....
Dark Energy .....
Multi-Messenger Astroparticle Physics .....
Theory .....
Detector R&D .....
Computing and Data Policies.....