

Loche sentite parole sul

Futuro della Fisica delle Astro-particelle

Marco Pallavicini Università di Genova e INFN

Giornate di Studio del Piano Triennale Cagliari, 13 ottobre 2017

CONTENUTI



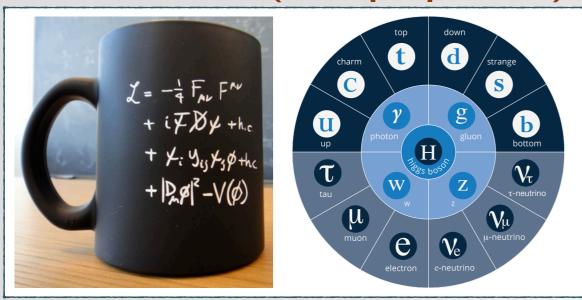
- La fisica delle astro-particelle oggi Uno sguardo personale
 - Fra due Modelli Standard, belli e incompiuti
 - Stato dell'arte: sintesi per le quattro aree di CSN2
 - Neutrini, Radiazione Cosmica, Universo Oscuro e Gravitazione
- Dal presente al futuro
 - Alcune domande aperte come provare a rispondere?
 - I programmi INFN 2017-2022 e oltre
 - Onde gravitazionali
 - Fotoni
 - · Carichi: Protoni e Nuclei, Anti-protoni, Positroni, Anti-Nuclei
 - Neutrini
 - Materia Oscura
- Conclusione in prosa: persone, risorse, programmi

FRA DUE MODELLI



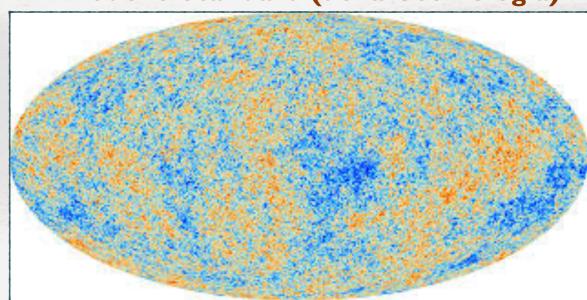
• La fisica di CSN2 (Astro-particellare) è ponte fra <u>due modelli standard</u>

Modello Standard (di campi e particelle)



- Bello ma certamente **incompleto**
 - **Neutrini:** m, $\nu = \nu$?, δ_D ($\delta_{M1,2}$), gerarchia
 - Nessun candidato dark matter
 - $\theta_{\rm QCD}$? Super-simmetria? BSM
 - No inflazione (quale legame con Higgs?)
 - Gravitazione solo classica
 - Quantum gravity? Oppure altro?
 - CPV inadeguata
 - Settore leptonico può bastare?

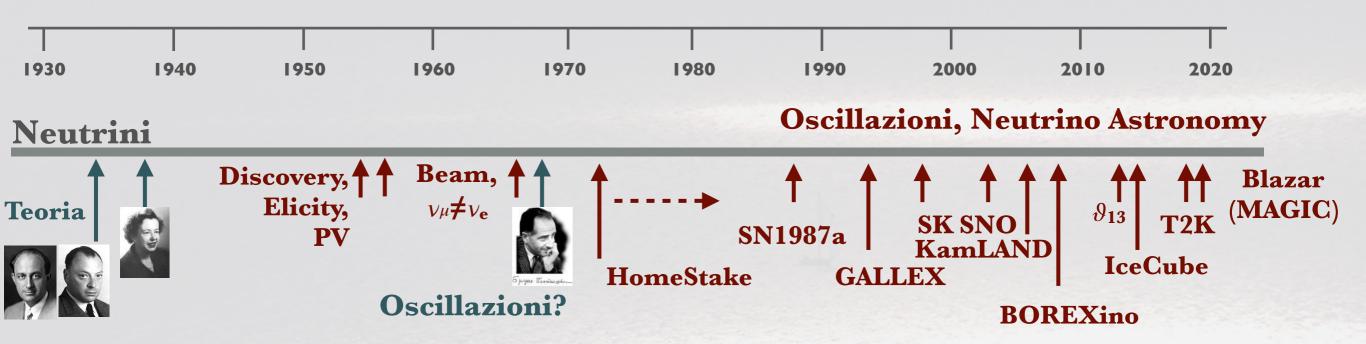
Modello Standard (della Cosmologia)



- Bello ma certamente ad hoc
 - Il 95% della densità è "dark"
 - "Materia" lenta e debolmente interagente
 - Una? Molte? Interagenti fra loro? Accoppiate come al MSP?
 - "Energia" non meglio specificata
 - Costante cosmologica? Campo?
 - Inflazione postulata
 - Condizioni di Sacharov imposte ma non spiegate da MSP

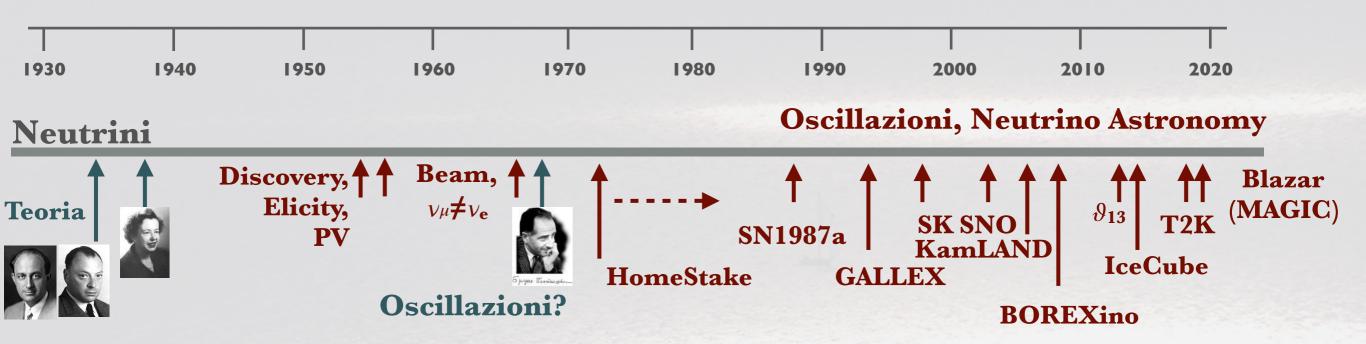
STATO DELL'ARTE: NEUTRINI





STATO DELL'ARTE: NEUTRINI



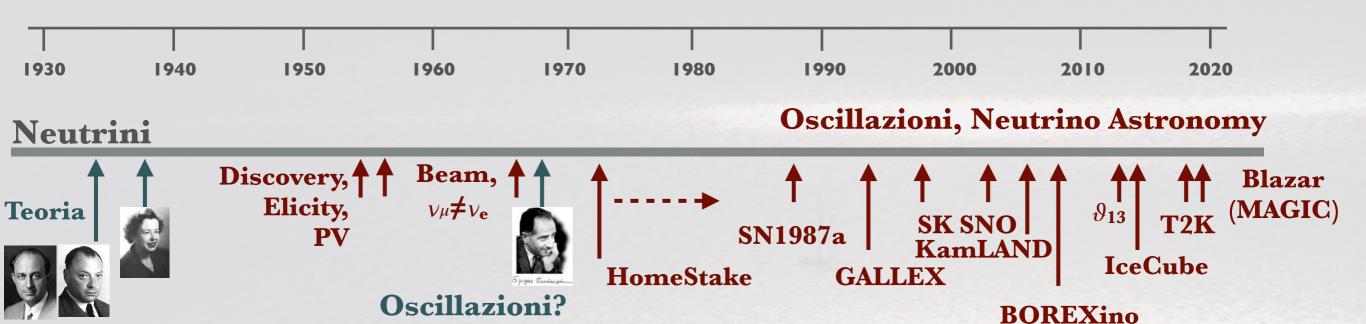


$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_{23} & \sin\theta_{23} \\ 0 & -\sin\theta_{23} & \cos\theta_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_{13} & 0 & \sin\theta_{13}e^{-i\delta_D} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_{13}e^{i\delta_D} & 0 & \cos\theta_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_{12} & \sin\theta_{12} & 0 \\ -\sin\theta_{12} & \cos\theta_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{i\alpha_1} & 0 \\ 0 & 0 & e^{i\alpha_2} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{Atmosferici} \\ \mathbf{LBL} \ \mathbf{L} \sim \mathbf{700} \ \mathbf{km} \qquad \qquad \mathbf{Reattori} \ \mathbf{L} \sim \mathbf{1} \ \mathbf{km} \\ \mathbf{LBL} \ \mathbf{L} \sim \mathbf{200} \ \mathbf{km} \qquad \qquad \mathbf{Reattori} \\ \mathbf{L} \sim \mathbf{200} \ \mathbf{km} \qquad \qquad \mathbf{L} \sim \mathbf{200} \ \mathbf{km}$$

STATO DELL'ARTE: NEUTRINI





$$|\Delta \mathbf{m}^{2}| = 2.44 \pm 0.06 \ 10^{-3} \ eV^{2}$$

$$\theta_{23} = 45.8 \pm 3.2^{\circ}$$

$$\theta_{13} = 8.88 \pm 0.39^{\circ}$$

$$\delta \mathbf{m}^{2} = 7.53 \pm 0.18 \ 10^{-5} \ eV^{2}$$

$$\theta_{12} = 33.4 \pm 0.85^{\circ}$$

$$0 \quad \sin \theta_{13} e^{-i\delta_{D}}$$

$$0 \quad \sin \theta_{13} e^{-i\delta_{D}}$$

$$0 \quad \sin \theta_{13} e^{-i\delta_{D}}$$

$$0 \quad \sin \theta_{12} \quad \cos \theta_{12} \quad \sin \theta_{12} \quad 0$$

$$-\sin \theta_{13} e^{i\delta_{D}} \quad 0 \quad \cos \theta_{13}$$

$$0 \quad 0 \quad 0 \quad 1$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} 0 & \cos \theta_{23} & \sin \theta_{23} \\ 0 & -\sin \theta_{23} & \cos \theta_{23} \end{bmatrix}$$

Atmosferici $LBLL \sim 700 \text{ km}$ Reattori L ~ 1 km LBL L $\sim 200 \text{ km}$

La prossima generazione (JUNO, T2HK, DUNE) ha precisione sufficiente a essere sensibile a tutti i parametri insieme

Analisi combinata T2K, Nova, etc potrebbe portare a una prima "detection" di $\delta_{\rm D}$

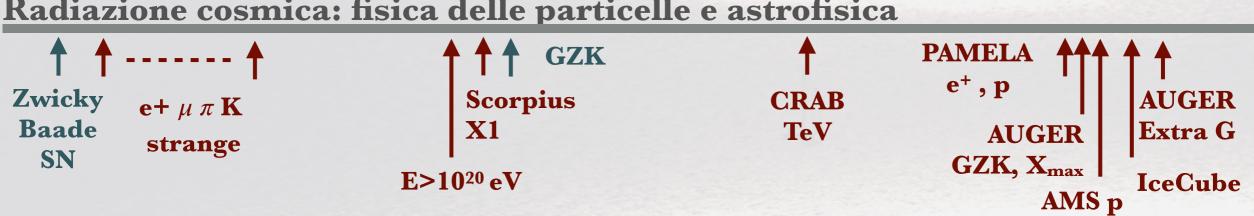
Solari Reattori $L \sim 200 \text{ km}$

STATO DELL'ARTE: RADIAZIONE COSMICA



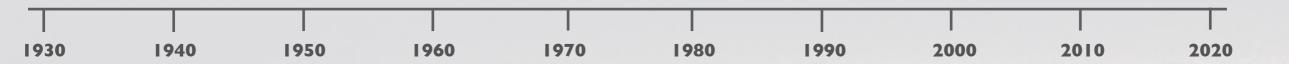


Radiazione cosmica: fisica delle particelle e astrofisica



STATO DELL'ARTE: RADIAZIONE COSMICA

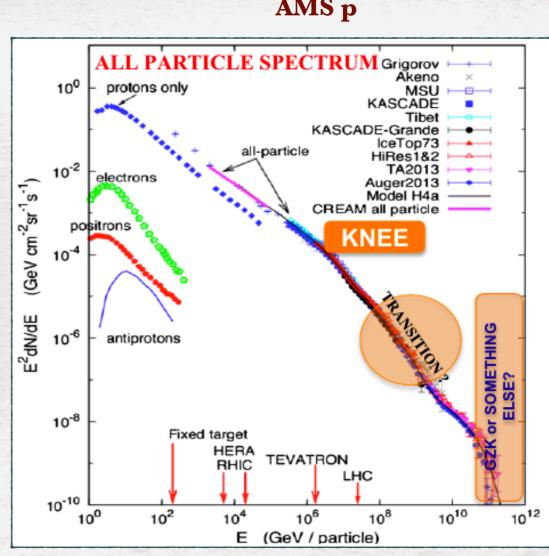




Radiazione cosmica: fisica delle particelle e astrofisica

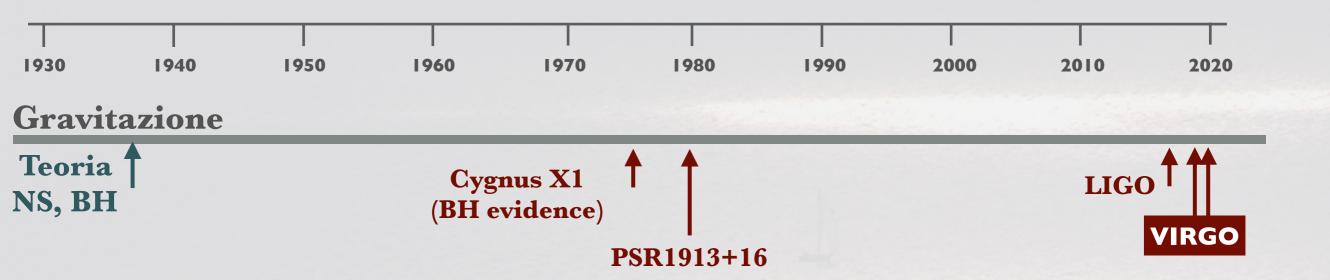


- UHECR: origine extra-galattica confermata (2017)
 - Composizione pesante o leggera o mista?
- Meccanismi di accelerazione
 - Galattico: **SNR ?** (MAGIC e **Cassiopea A**)
 - Extra-Galattico: problema aperto, lavori in corso
 - Neutrini per dipanare la matassa?
- Ricerche indirette di DM
 - Spettri interessanti su e+, e-, \(\bar{p} \), non conclusivi per ora
 - Candidati anti-nuclei incerti (risultati attesi nei prossimi anni)
 - Limiti da fotoni MeV, GeV, TeV



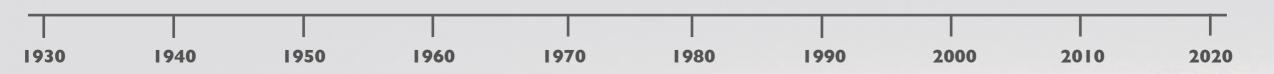
STATO DELL'ARTE: O.G. E GRAVITAZIONE





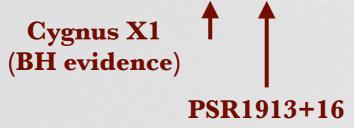
STATO DELL'ARTE: O.G. E GRAVITAZIONE





Gravitazione

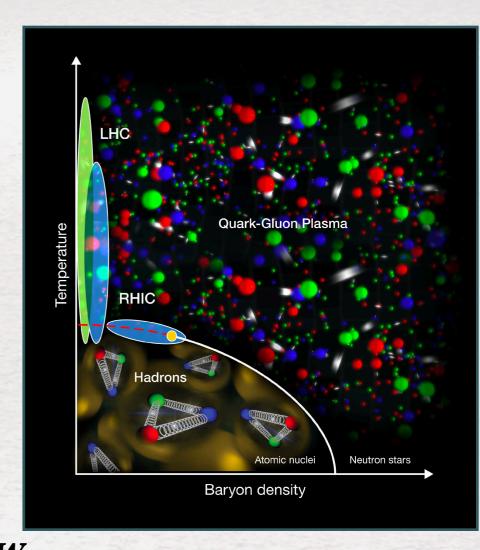






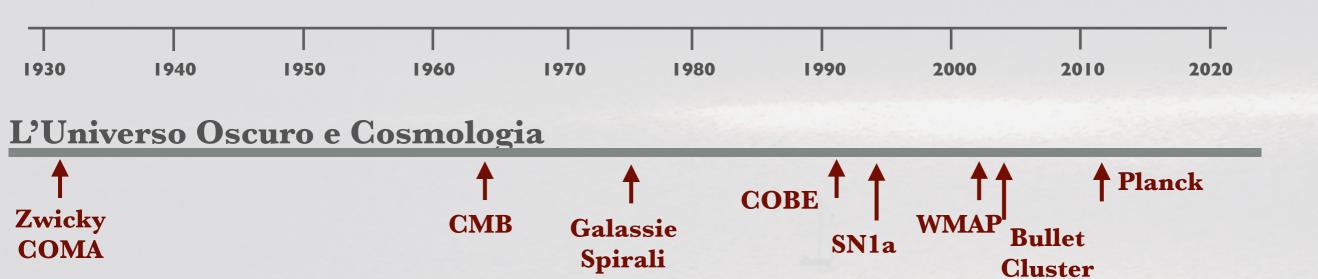
- Sta succedendo tutto ora.....
 - GW Detection: **2016**
 - Tanti BH-BH binaries pesanti: 2016-2017
 - VIRGO-Adv up and running: 2017
 - Battesimo al multi-messenger con GW: 2017
 - Coincidenze con fotoni e neutrini? Presto.
- Nei prossimi 15 anni
 - VIRGO-Adv: sensibilità di disegno e dati
 - Analisi, Scienza, Calcolo, Supporto Teorico
 - ET: quale ruolo INFN?
 - LISA in costruzione per un lancio nel 203x.

 Bassa frequenza. Galactic BH, Cosmologia con GW



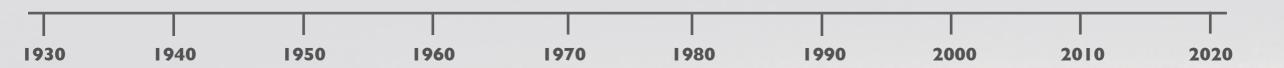
STATO DELL'ARTE: L'UNIVERSO OSCURO





STATO DELL'ARTE: L'UNIVERSO OSCURO

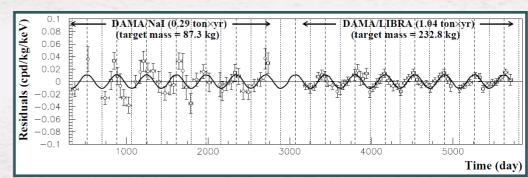


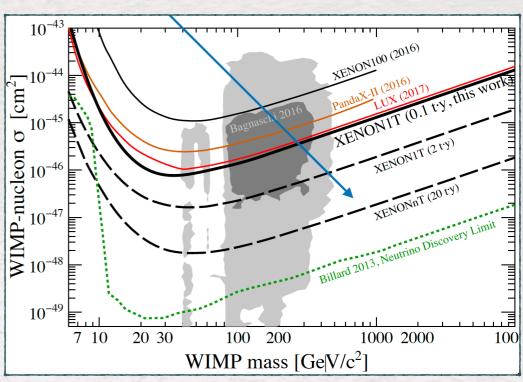


L'Universo Oscuro e Cosmologia



- Terra Incognita (abbiamo da imparare)
 - Dark Matter: molte attività dirette e indirette
 - DAMA: unchallenged ma non confermato
 - WIMP "standard": nessun segnale
 - Verso la generazione multi-Ton
 - La flotta è al lavoro per e+, e-, p̄, anti-nuclei, γ
 - Assioni: lavori in corso per entrare in gioco
 - Neutrini Cosmici: PTolemy?
 - Dark Energy: piccoli ma significativi passi in Euclid
 - Inflazione: 2 sforzi coordinati per misurare CMB polarizzato





DOMANDE APERTE (E COME CERCHIAMO DI RISPONDERE)



L'Universo Oscuro, il Cosmo, la Gravitazione

Quale Dark Matter?

Possiamo studiare BH e NS?

La RG funziona anche per campi intensi?

L'energia oscura è Λ ? O è un campo ?

Possiamo testare il paradigma inflazionario?

Cosmologia e Astrofisica Multi-Messenger

Test sui fondamenti

Neutrini

Dirac vs Majorana ($\nu \neq \nu$?)

U_{PMNS} unitaria?

 $\delta_{\rm CP} \neq 0$?

 $\Delta \mathbf{m}^2 > 0$?

m?

CNO dal Sole?

Astrofisica

Radiazione Cosmica

Sorgenti ExtraG CR?

Composizione UHECR

Pevatrons? Sorgenti.

Anti-Materia

Annichilazione DM?

Multi-Messenger

Fisica al MeV

X Polarizzati

DOMANDE APERTE (E COME CERCHIAMO DI RISPONDERE)



L'Universo Oscuro, il Cosmo, la Gravitazione

Quale Dark Matter?

Possiamo studiare BH e NS?

La RG funziona anche per campi intensi?

L'energia oscura è Λ ? O è un campo ?

Possiamo testare il paradigma inflazionario?

Cosmologia e Astrofisica Multi-Messenger

Test sui fondamenti

GRAN SASSO, RAGGI COSMICI, KM3NET

VIRGO-LIGO, ET e LISA in futuro

EUCLID

LSPE, QUBIC

ONDE GRAVITAZIONALI, FOTONI, NEUTRINI (2017!)

TABLE TOP

Neutrini

Dirac vs Majorana ($\nu \neq \nu$?) $O\nu\beta\beta$

U_{PMNS} unitaria?

 $\delta_{\rm CP} \neq 0$?

OSCILLAZIONI

 $\Delta \mathbf{m}^2 > 0$?

m?

μBolometri, EUCLID

CNO dal Sole?

BOREXino

Astrofisica

KM3Net

Radiazione Cosmica

Sorgenti ExtraG CR?

Composizione UHECR

Pevatrons? Sorgenti.

Anti-Materia

Annichilazione DM?

Multi-Messenger

Fisica al MeV

X Polarizzati

AUGER PRIME

MAGIC, CTA, FERMI

AMS02, FERMI,

DAMPE, GAPS

TUTTI

COMPTON

IXPE

ONDE GRAVITAZIONALI



- Su VIRGO-Adv ha già detto tutto Giovanni
 - E molto sta arrivando (lunedì)



- Dobbiamo sostenere un programma di analisi dati e di progressivo upgrade-fine tuning
 - Lo sforzo aumenta, non scende nei prossimi 3-5 anni!
 - Analisi Dati, Scienza da fare, Calcolo pesantissimo, Supporto teorico cruciale
- Dobbiamo in parallelo lavorare per mantenere una leadership europea in ET
 - Sito, R&D, risorse, man-power
- Vogliamo contribuire a **LISA** nel modo più visibile possibile
 - Sinergia fra Analisi in LIGO-VIRGO e preparazione LISA, lavorare insieme ad ASI

• Una straordinaria opportunità, irripetibile

- Abbiamo forze sufficienti a garantire un successo completo?
- Temo di no



ET E LISA

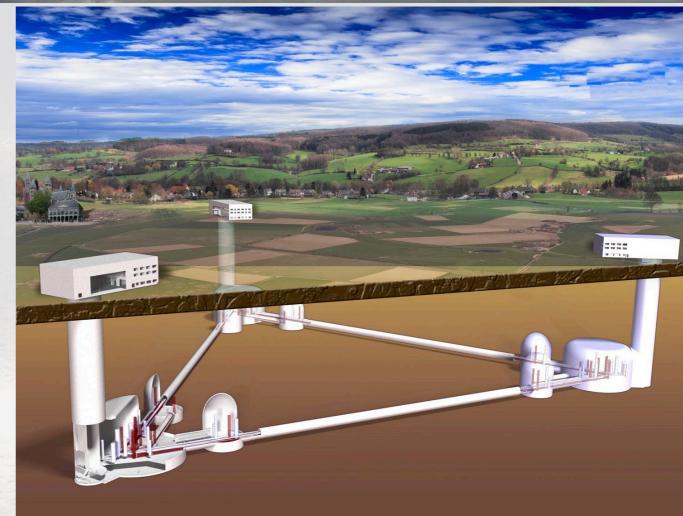


• LISA-PF: ben oltre le attese!

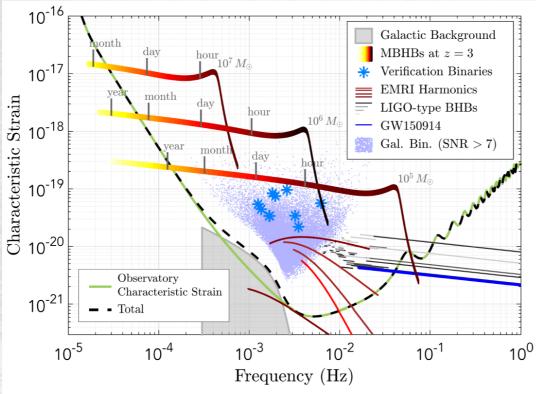
- Selezionato 2017, Review Nov. 2017
- Preparazione: 2018-2022, lancio 203x
- Al lavoro per allargare la presenza INFN e creare sinergia con VIRGO

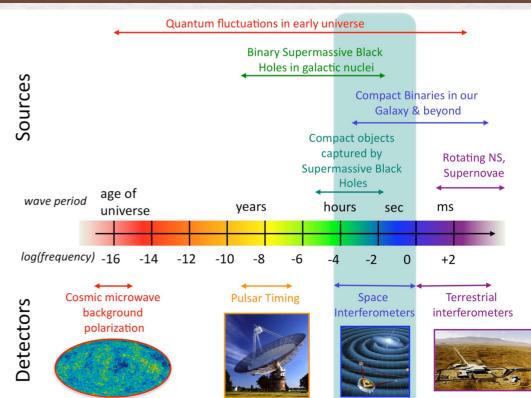
Einstein Telescope

- Dove, Quando, Con che ruolo INFN?
- Dobbiamo avere un ruolo trainante se non vogliamo essere trainati altrove











RADIAZIONE COSMICA

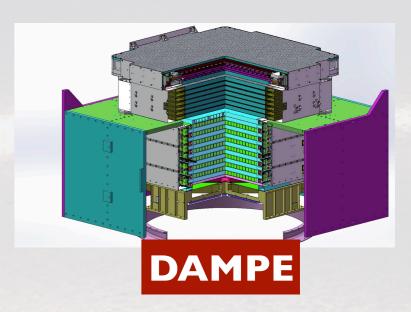
ELETTRONI, POSITRONI, PROTONI



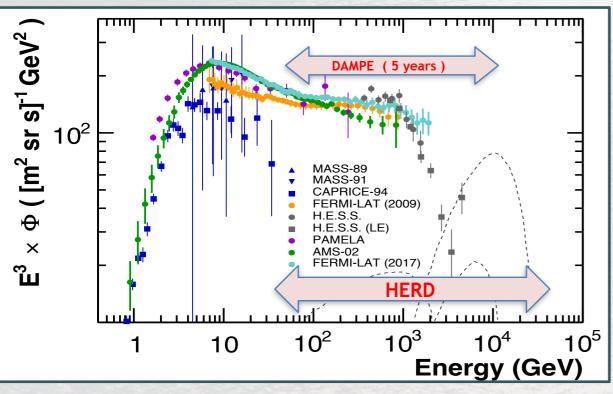


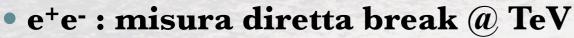


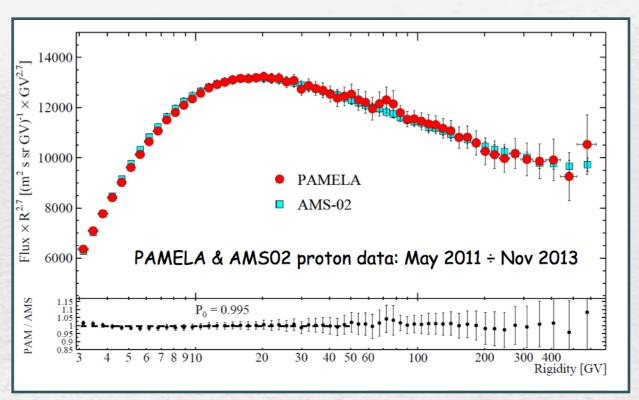




• Un decennio di lavoro della flotta al completo







Hardening dei protoni

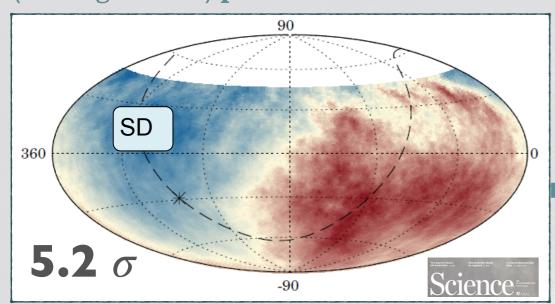
• Coming soon: DAMPE (release in pochi giorni....)

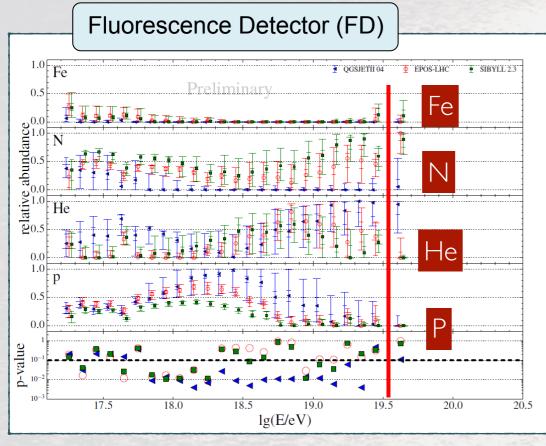
AUGER: RISULTATI E UPGRADE



40 EeV

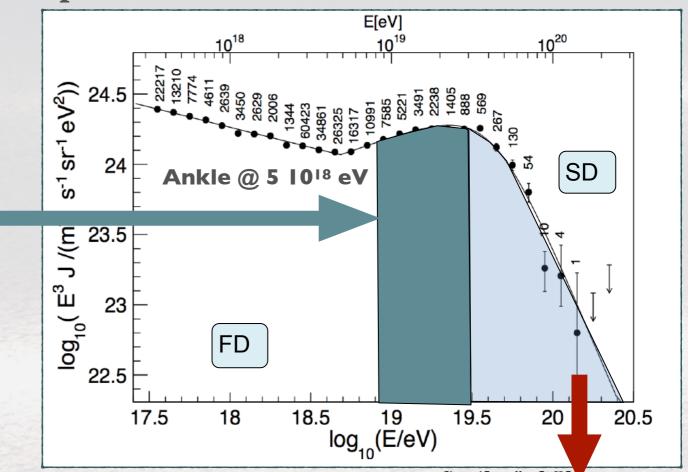
Risultato 2017: anisotropia (extra-galattica) per $E > 8 \cdot 10^{18} \text{ eV}$





La composizione si appesantisce con E?

Spettro combinato SD-FD 2008-2017



Anisotropie a E ~ 4 10¹⁹? Starbursts? AGN? Entrambi?



- Elettronica migliorata
- AMIGA e Duty Cycle FD



Interessi INFN

FERMI

DAMPE MAGIC

CTA

LSPE

QUBIC

EUCLID

Energia

Studio di sorgenti di GW (in tutto lo spettro, con la comunità)

Tutte

Ricerca indiretta di **Materia Oscura** MeV, GeV, TeV

• Meccanismi e siti di **accelerazione di R.C.** GeV...PeV

• Propagazione (assioni, dispersione, Q.G., L.V.) GeV, TeV

• CMB polarizzato (inflazione) Micro-onde

Dark Energy e Massa del Neutrino (ottico, infrarosso)

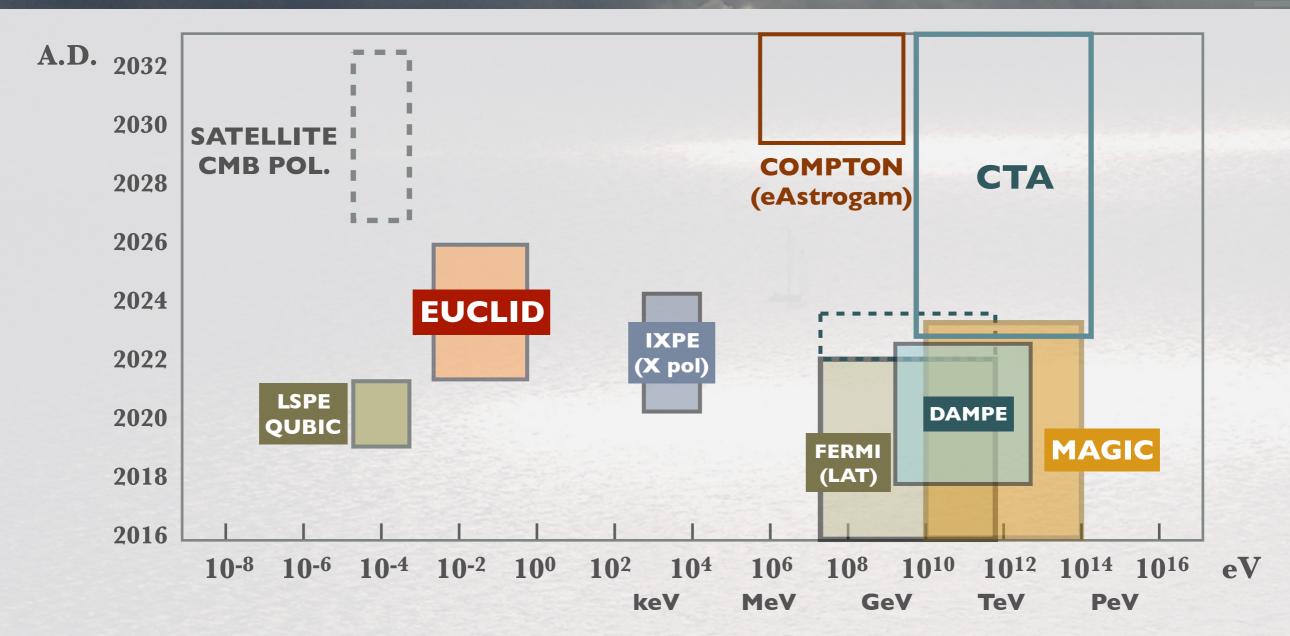
Infrarosso, Ottico

• Tecnologie abilitanti, innovative o consolidate

- Tracker silicio (eAstrogam, HERD, DAMPE)
- Polarimetria X (IXPE)
- Polarimetria CMB (TES, KIDS, mutuati da studi per massa del neutrino e doppio beta)
- SiPM di produzione italiana (CTA)
- Calorimetria per lo spazio (CaloCube per HERD)

FOTONI - INFN VISION



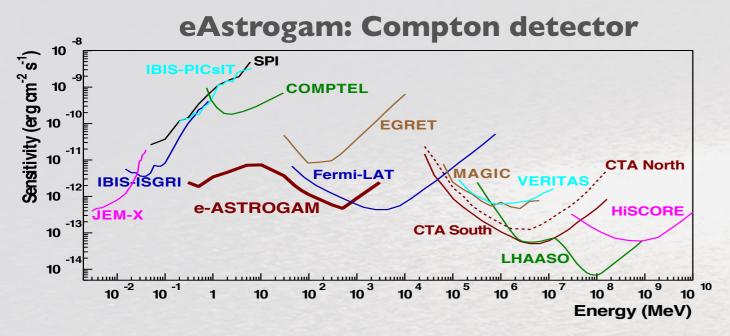


- Attività consolidate a alta energia
 - MAGIC, FERMI, DAMPE in funzione
 - CTA il futuro in preparazione
- Interesse crescente a energia più bassa (Astrofisica, Dark Energy, CMB)

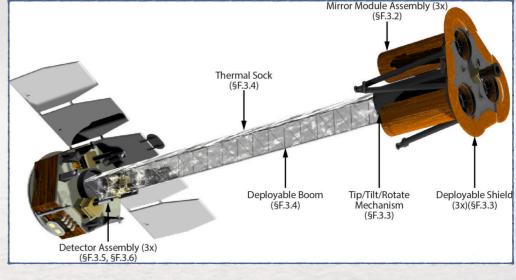
FOTONI AL KEV - MEV



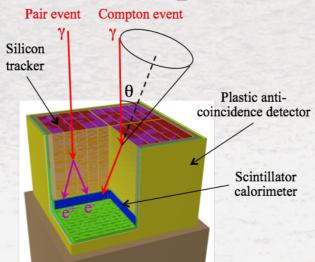
- La regione del MeV è la meno conosciuta anche se i flussi sono molto più abbondanti di quella meglio studiata GeV-TeV
 - Alcune decine di sorgenti note nell'intervallo 0.2-20 MeV
 - Molti oggetti hanno picco di emissione in questo range (GRB, Blazars, Pulsars, NS-NS?)



IXPE: fotoni X polarizzati



- 1.2 ton di tracciatori di silicio e scintillatori per tracciamento e calorimetria Compton
- M5 ESA (A. De Angelis)
 - Fase A presto. Lancio 203x?

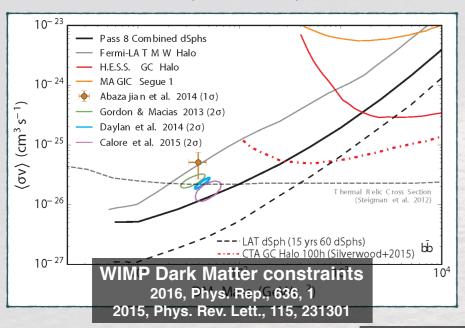


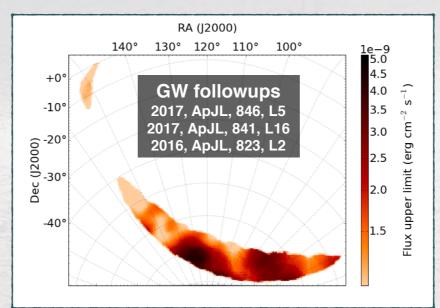
- Responsabilità INFN
 - X detector sensibile alla polarizzazione
 - Elettronica
 - Housing e Collimatore
 - DAQ

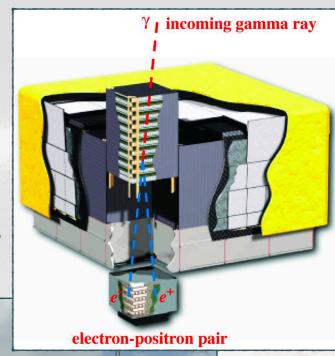
FOTONI AL GEV: FERMI



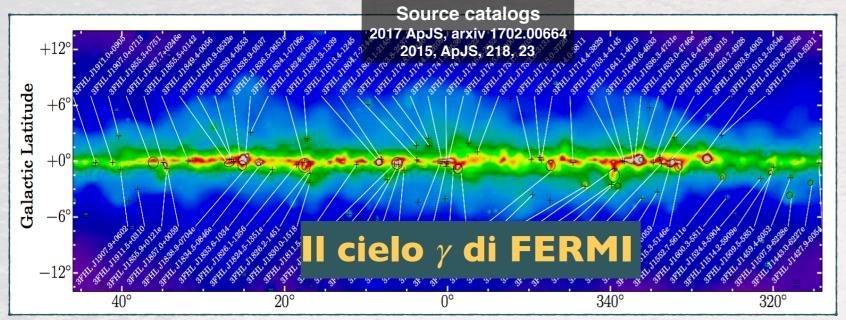
- Fermi LAT: un prodotto INFN
 - 20 MeV 1 TeV, 1 m² area eff., lancio 2008, 10⁹ fotoni pubblici
 - 99% uptime (escluso 14% SAA) per:
 - Cataloghi sorgenti, Materia Oscura, Transienti, SNR, GW follow-up, Pulsars, Assioni, Gamma diffusi

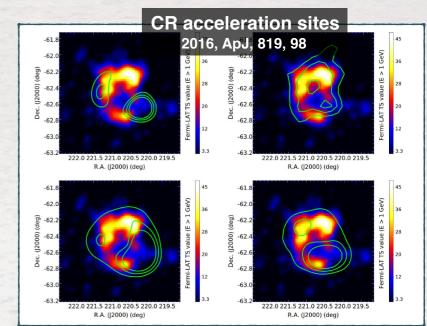












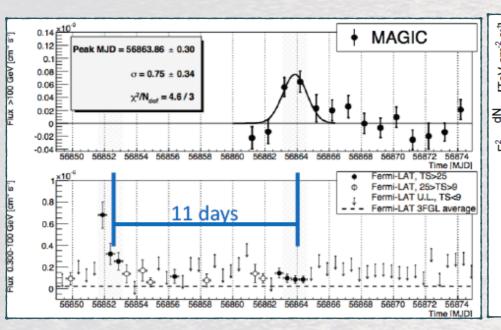
FOTONI GEV-TEV: MAGIC

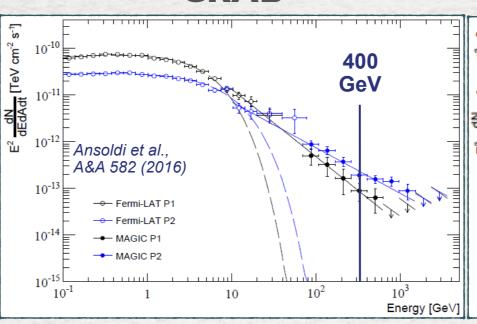


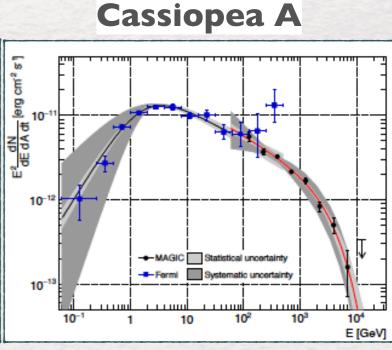
- D=17 m; 30 GeV-1 TeV; ris. 0.08°; FOV 3.5°
 - Sensibilità 0.66% di CRAB (5σ in 50h)
 - Bassa soglia, puntamento veloce per transienti
 - Forte impegno INFN: specchi, trigger, DAQ, computing, management, analisi e scienza
- Canarie

 2 specchi dal 2009

• Ricerca indiretta di DM, Multi-messenger, violazione di Lorentz nella propagazione dei γ







S3 0218+35 @ z =0.944: Blasar con Lente Grav. visto in VHE γ -rays Limiti sulla ExtraG. Bkg. Light (EBL). 2016

CRAB pulsar emette fino a 100 TeV Un candidato Pevatron galattico

Cassiopea A non è un Pevatron (2017)

UN 2017 DAVVERO INTERESSANTE.....



First-time detection of VHE gamma rays by MAGIC from a direction consistent with the recent EHE neutrino event IceCube-170922A

ATel #10817; Razmik Mirzoyan for the MAGIC Collaboration on 4 Oct 2017; 17:17 UT

Credential Certification: Razmik Mirzoyan (Razmik.Mirzoyan@mpp.mpg.de)

Subjects: Optical, Gamma Ray, >GeV, TeV, VHE, UHE, Neutrinos, AGN, Blazar

Referred to by ATel #: 10830, 10833





After the IceCube neutrino event EHE 170922A detected on 22/09/2017 (GCN circular #21916), Fermi-LAT me sured enhanced gamma-ray emission from the blazar TXS 0506+056 (05 09 25.903/0, +05 41 35.3279 (J2000), [Lani et al., Astron. J., 139, 1695-1712 (2010)]), located 6 arcmin from the EHE 170922A estimated direction (ATel #10791). MAGIC observed this source under good weather conditions and a 5 sigma detection above 100 GeV was achieved after 12 h of observations from September 28th till October 3rd. This is the first time that VHE gamma rays are measured from a direction consistent with a detected neutrino event. Several follow up

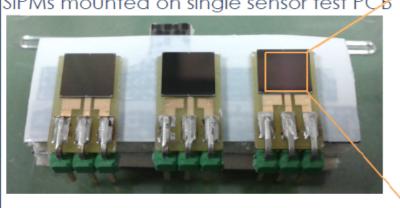
Il 2017 è l'anno dell'Astrofisica Multi-Messenger In attesa di eventi CTA-FERMI-KM3 nella prossima decade

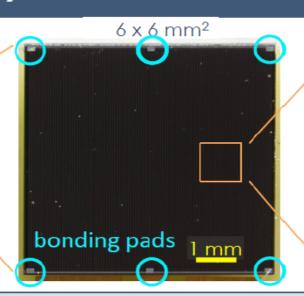


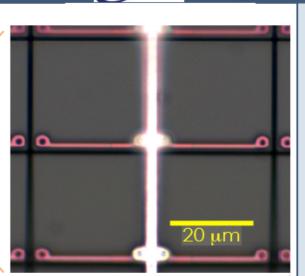
FBK NUV high-density (HD) SiPM sensors









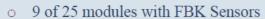


- Produced at Fondazione Bruno Kessler (FBK, Trento, Italy)*
 - Wide dynamic range, high Fill Factor (FF), increased PDE, low correlated noise
- → Development of improved devices is ongoing

-5 -10 -15 3 p.e. 5 p.e. -20 -30 0 50 100 150 200 250 300 350 400 Time (ns)

The pSCT camera





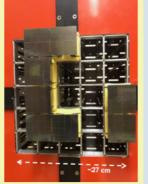
o FE T7 based

2018

One entire Sector

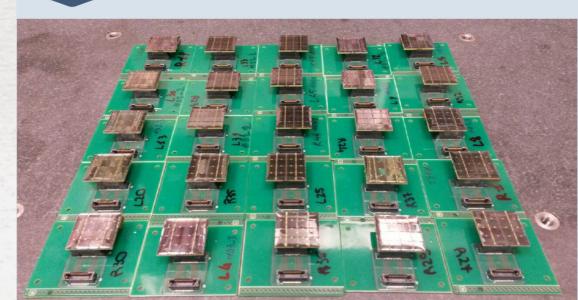
(SiPMs, mechanics, cooling, FEs, backplane)







25 modules Ready for characterization







n-technology

EUCLID: ENERGIA OSCURA E MASSA DEL NEUTRINO



• $\Lambda \neq 0$? RG errata su grande scala? Campo oscuro?

- Missione: Misurare l'evoluzione di potenziale gravitazionale e materia in 10 Gy (z<2) usando:
 - Formazione dei clusters di galassie (BAO)
 - Effetto di Weak Lensing
- Massa del neutrino





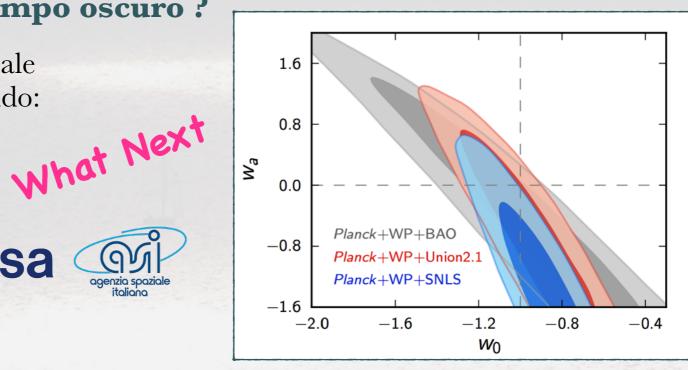




- - Near **Infrared** Spectro-Photometer (NISP)
 - Visible CCD (VIS)
- Attività INFN
 - Integrazione-Validazione Elettronica calda NISP
 - 2015-2020.
 - Simulazioni
 - 2016-2021
 - Analisi dati
 - 2021-2028



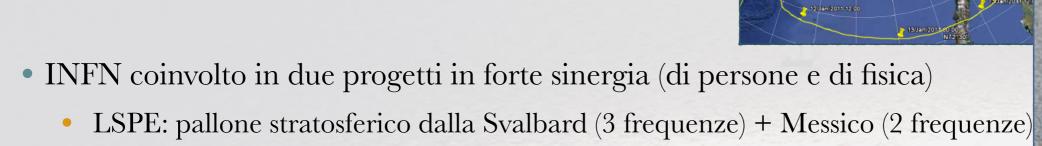
$w = w_0 + wa(1-a)$



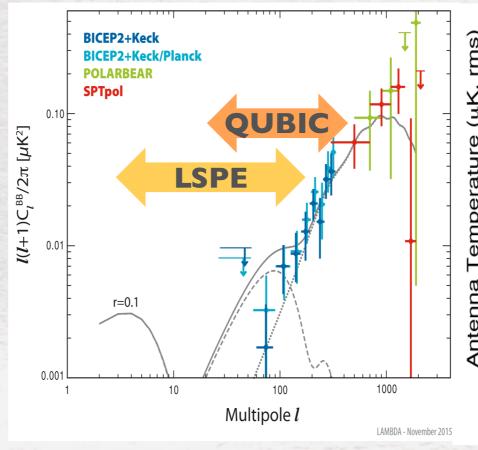


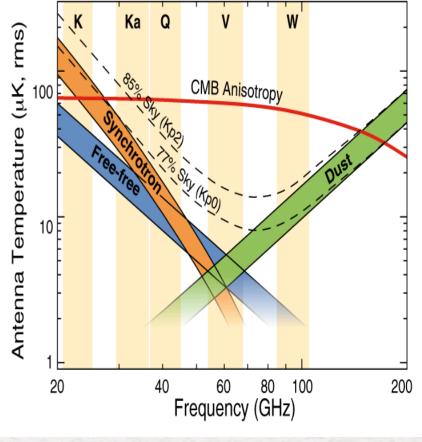


- Misura dei modi B (tensoriali) del CMB polarizzato, direttamente collegabili a GW primordiali (inflazione)
 - Molti progetti da terra e da pallone stratosferico
 - Proposte per satelliti (fase successiva)



- Micro-Bolometri + TES + KIDS (40-250 GHz)
- QUBIC: rivelatori in Argentina (IN2P3-CNRS)
- Complementari e sinergici che usano tecniche di rivelazione diverse e osservano parti di cielo diverse
 - Multi-poli parzialmente sovrapposti (cross-check) ma complementari
 - Collaborazione largamente in comune



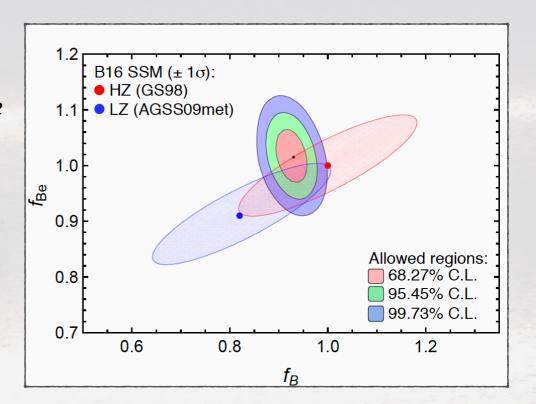




NEUTRINI



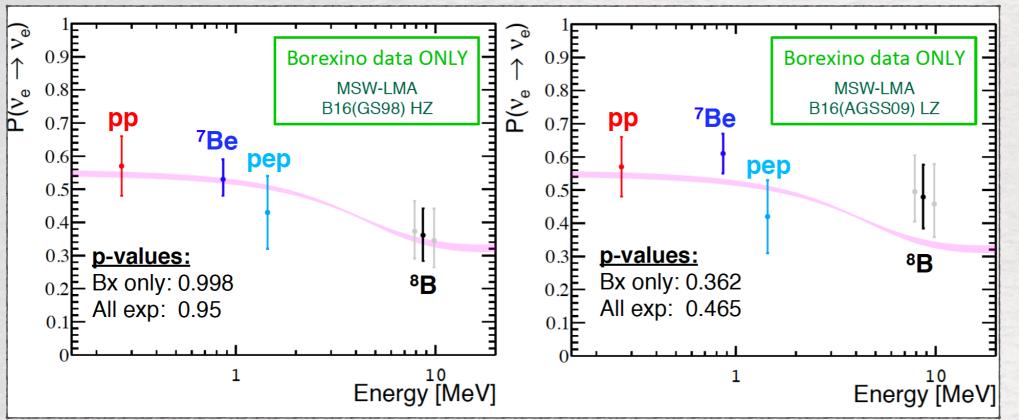
- 2017: risultati finali di Borexino sul ciclo pp
 - Misura completa a precisione massima di tutte le componenti della catena
 - Test di precisione del Modello Solare
 - Evidenza di effetto MSW nella Pee
 - Prima indicazione sulla metallicità solare
 - Alta metallicità favorita a 2σ

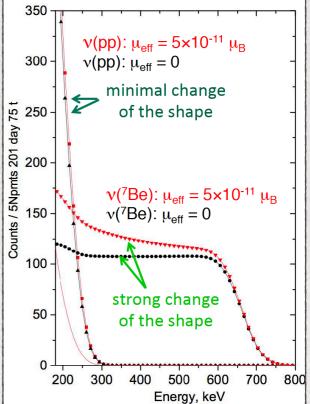


Alta metallicità

Bassa metallicità

Momento magnetico $v(pp): \mu_{eff} = 5 \times 10^{-11} \mu_{B}$

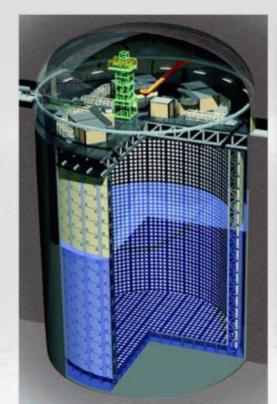




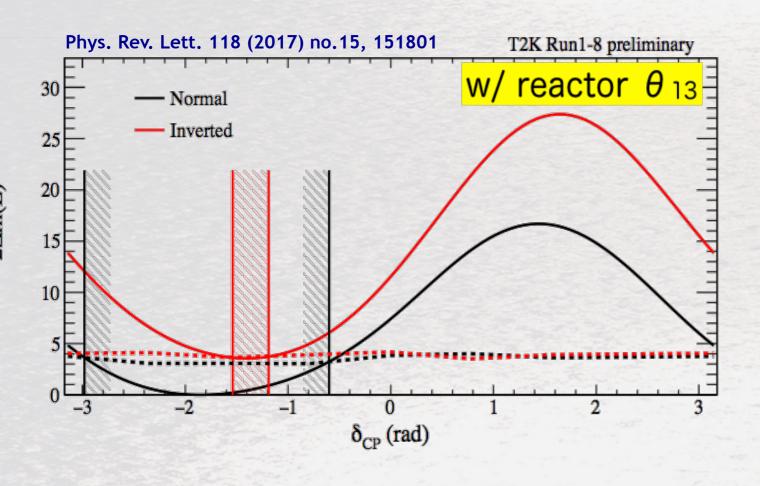
OSCILLAZIONI: T2K

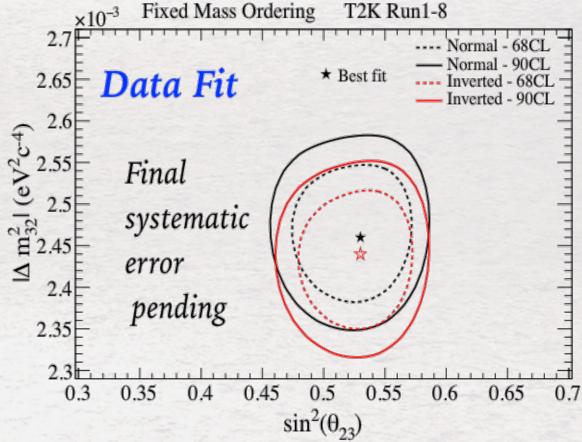


- **T2K:** in funzione, **470 kW**
 - 1.5 10^{21} p.o.t (v) e 7.6 10^{20} (v)
 - 2017: nuova release su δ_{CP} e θ_{12}
 - Upgrade T2K-II in corso (ND280)
 - CPV 3σ? Possibile.
 - Partecipazione a SK Gadolinio





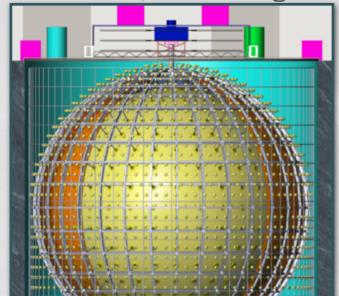




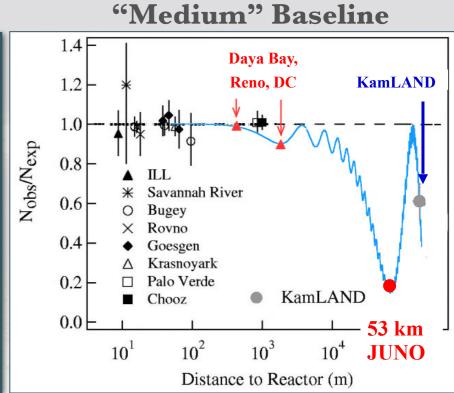
OSCILLAZIONI: JUNO, VERSO DUNE



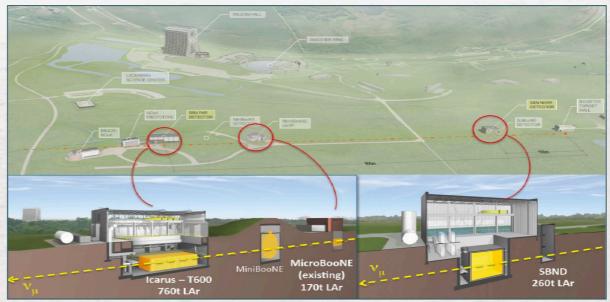
- JUNO: coming soon
 - Misura di precisione parametri
 - Unitarietà, Gerarchia
- Responsabilità INFN
 - Purificazione (Borexino legacy)
 - Elettronica PMTs e Tracker
 - Low background know-how

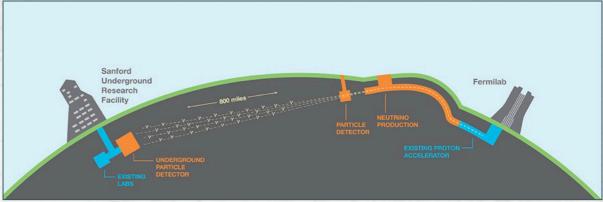


20 kt LS, 3% energia



- Verso **DUNE** (2026-2040...)
 - ICARUS-SBL: neutrini sterili a Fermilab
 - In forte sinergia con la Neutrino Platform CERN
 - Run previsto 2019-2023
 - DUNE-INFN (NuAtFNAL) in formazione
 - Impegno sul Near Detector deciso
 - Magnete e Calorimetro di KLOE?
 - R&D su UV detection in Argon
 - Near Detector design in sinergia con T2K-T2HK





DOPPIO BETA



• I due investimenti principali in funzione

- **GERDA:** ⁷⁶Ge arricchito, ~ 30 kg
 - Primo esperimento 0νββ senza fondo
 - $T_{1/2} > 8 \ 10^{25} \text{ y}$ $m_{\beta\beta} < 0.12 \text{ - } 0.27 \text{ eV}$

23.2 kg y (altri raccolti)

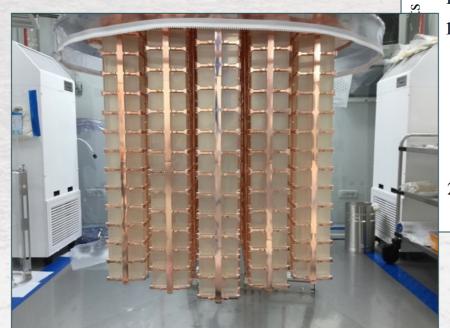
Nature 2017

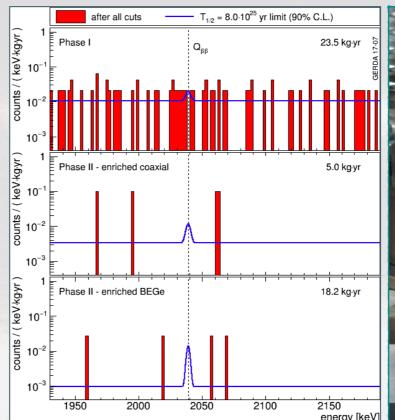
• **CUORE:** Bolometri criogenici ¹³⁰Te

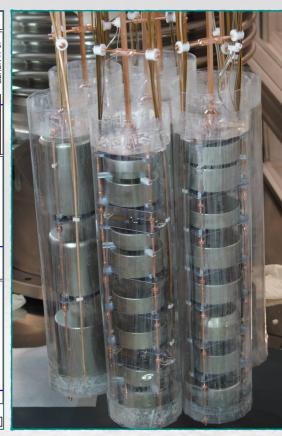
• Il m3 più freddo dell'Universo funziona!

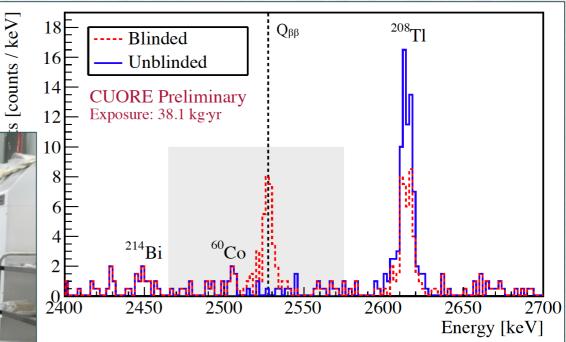
Fondo in linea con le attese

• 23 ottobre
Inaugurazione
e Prima Release









DOPPIO BETA: PROSPETTIVE



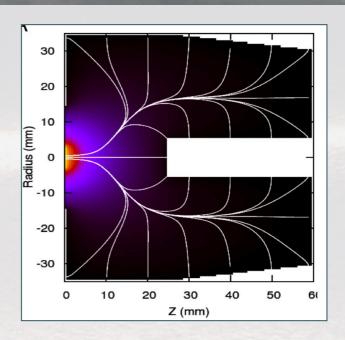
- Germanio: GERDA II-2 (altri 20 kg) e LEGEND 200 kg
 - Saggi passi intermedi prima della tonnellata (Majorana)
 - LNGS come sede per 200 kg

• Prospettive "background free" anche

a quella scala

 Collaborazione internazionale coordinata





Bolometri

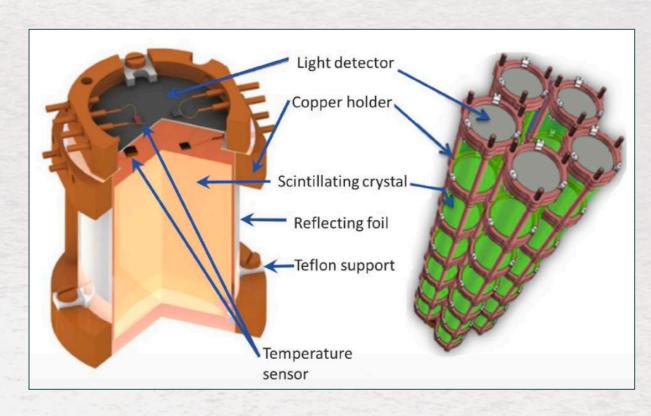
- Programma **CUPID** per identificare il giusto isotopo e la giusta tecnologia
 - Bolometri scintillanti?

CALDER

• Cherenkov?

Neganov-Luke

- ¹³⁰Te, ¹⁰⁰Mo, ⁸²Se?
- Primo run con Zn⁸²Se scintillante in corso
- 100Mo a Modane in collaborazione
- Test Cherenkov a breve



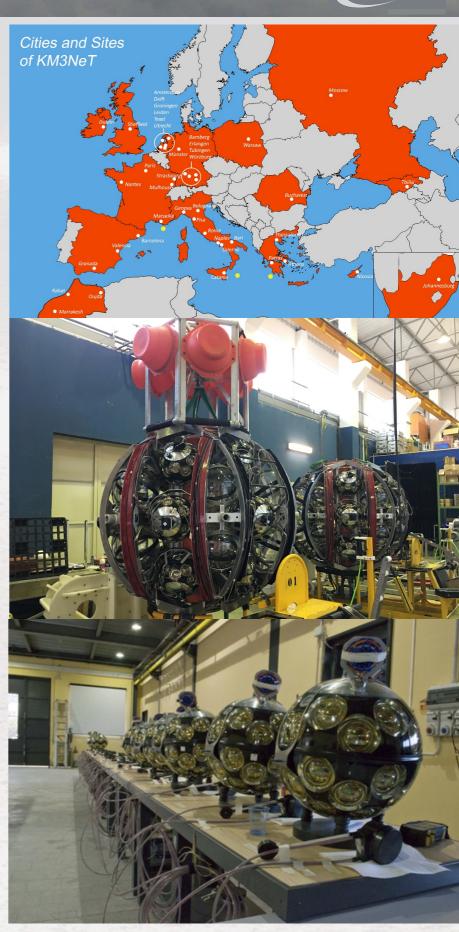
KM3NET



- **KM3Net**: progetto chiave per il **multi-messenger con v**
 - ARCA: Astrofisica con Neutrini (con Fotoni e GW)
 - Sorgenti, Meccanismi di Accelerazione
 - Sinergia con ORCA (Gerarchia di Massa)
- La collaborazione si sta strutturando
 - Fase 1: molti problemi, molto si è imparato
 - Detector units in costruzione con forte contributo INFN anche per quelle in acqua in Francia
 - Importanti infrastrutture INFN per **integrazione DU** (LNS, Napoli, Genova, Bari)

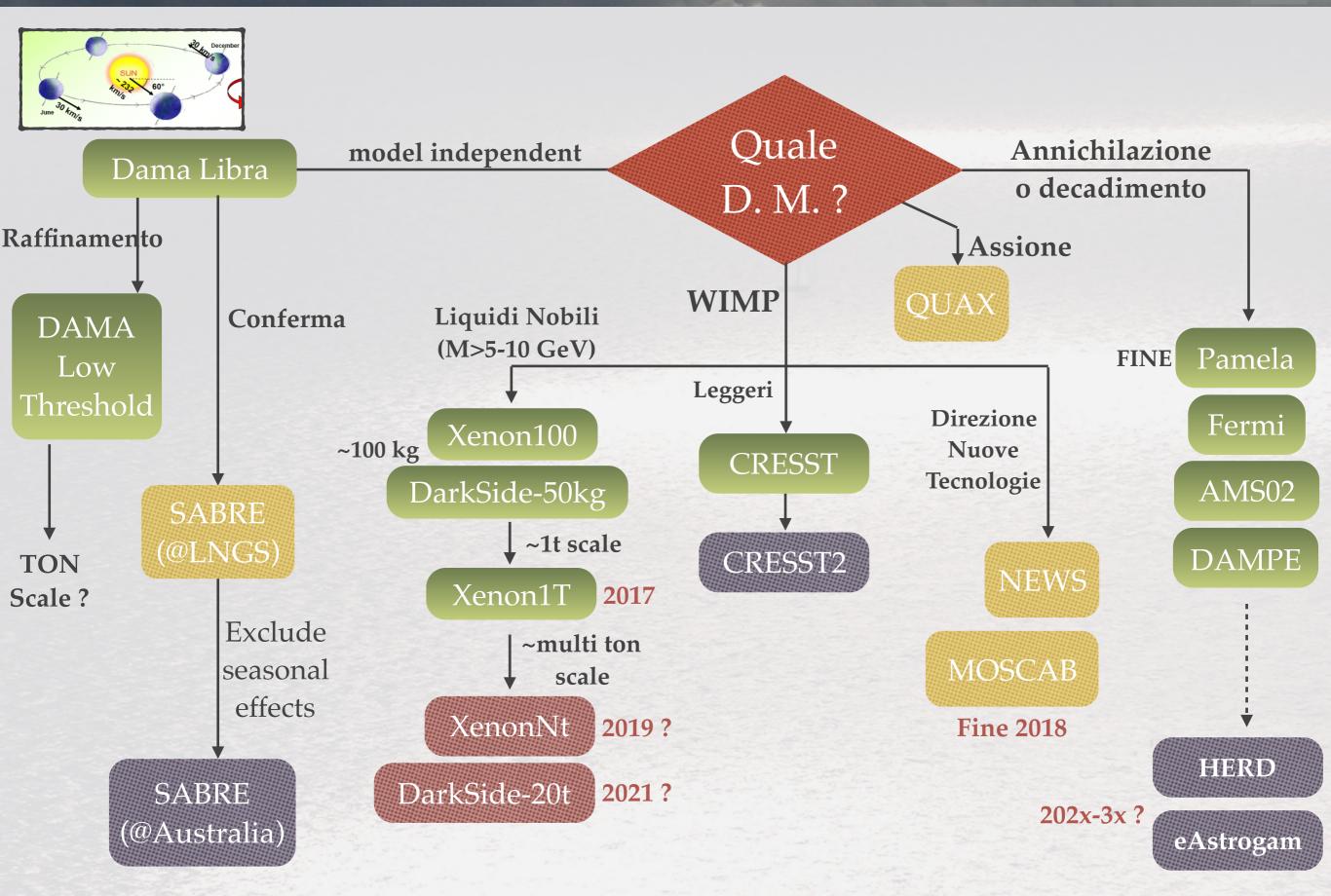
• Fase 2:

- France: 8 M€ + 20 M€ richiesti
- Italia: POR Sicilia 34.5M€ (50% INFN co-fund)
- Olanda: richiesti 12.7 M€
- Italia: PON IR 16 M€



MATERIA OSCURA: STRATEGIA COMPLESSIVA

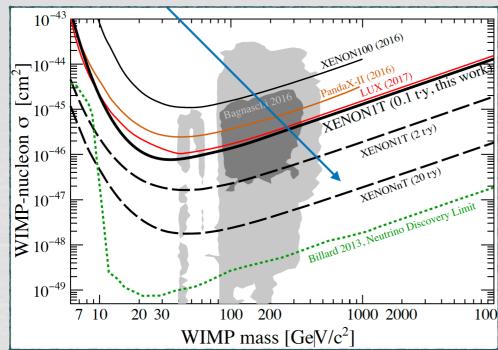


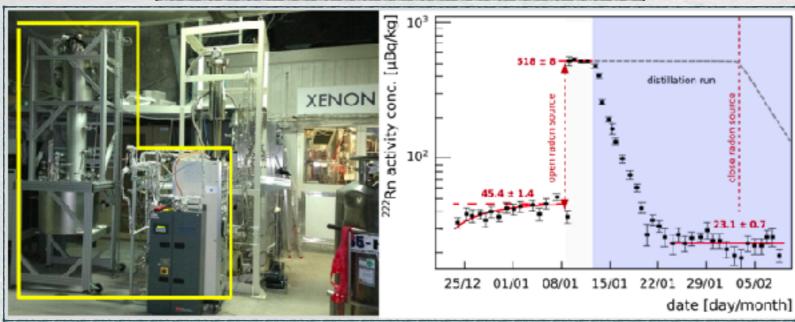


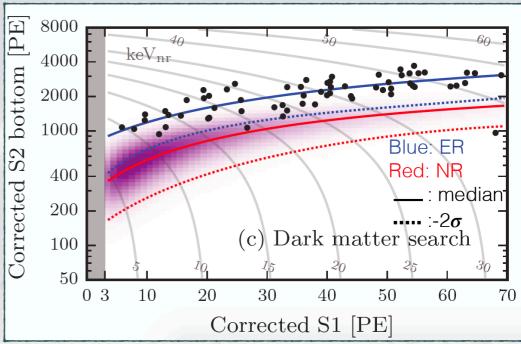
XENON

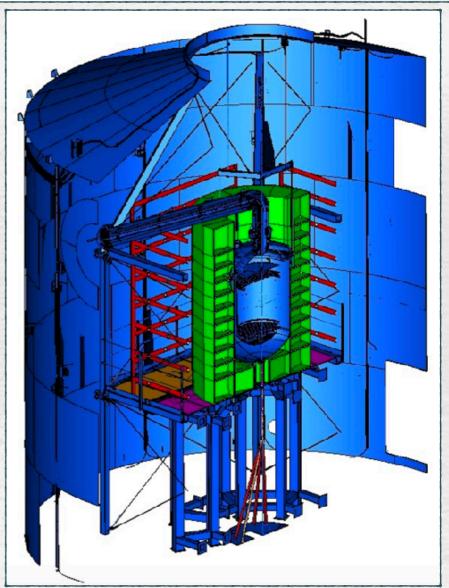


- XENON1T in funzione dal 2017
 - Primo risultato con 34 gg nel 2017
 - Il fondo più basso in un esperimento di DM
 - $1.93 \pm 0.25 \text{ ev kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ keV}^{-1}$



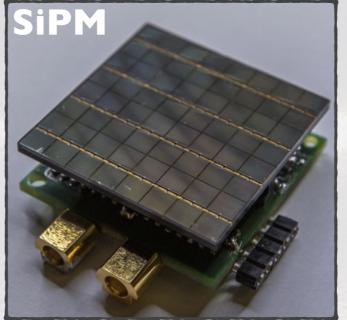




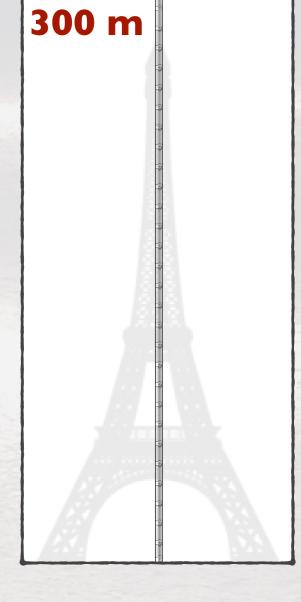




- G. Fiorillo domani mattina
- Progetto "flag-ship" per la Materia Oscura Wimp con Argon
 - Tre tecnologie chiave:
 - Argon purificato da ³⁹Ar: ARIA
 - Identificazione di neutroni attiva
 - SiPM per abbassare il fondo







- Obiettivo: 20 ton al Gran Sasso, preparare la via per 100 ton e neutrino floor
- Un forte impegno Regionale (Abruzzo, *Sardegna*) e dell'Ente
- Collaborazione internazionale in crescita (Canada)

CONCLUSIONE IN PROSA



2018

743 FTE

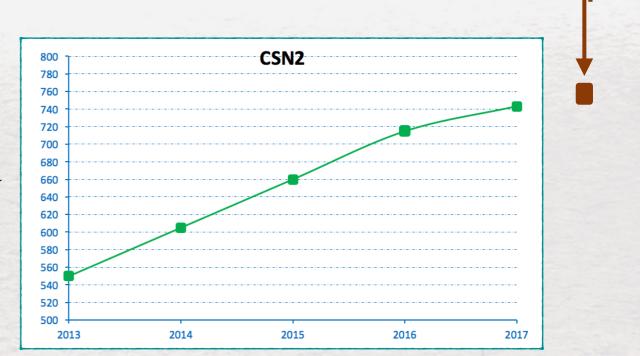
1148 pers.

Un futuro ricco di prospettive

- 2017: nata l'astrofisica multi-messenger (GW, γ , ν) con INFN in prima fila
- Doppio Beta e Dark Matter i prossimi grandi obiettivi
- Dark Energy e Inflazione almeno accessibili ad un indagine sperimentale

• Persone in forte crescita da 5 anni. Risorse?

- La decade 20-30 vorrebbe:
 - Multi-Messenger con VIRGO, FERMI, CTA, eAstrogam, IXPE, KM3Net
 - Esperimenti DM multi-ton
 - Esperimento doppio beta inverse hierarchy
 - Fotoni e carichi (HERD, eAstrogam)
 - Prossima generazione GW (ET, LISA)
 - Neutrini long base line (DUNE, T2HK)



Dovremmo? SI!

Possiamo?

Spero....

Grazie