

**VERBALE DELLA RIUNIONE DELLA
COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE II**

Roma, 4 luglio 2017

Presenti:

M. PALLAVICINI	- Presidente
A. MASIERO	- Giunta Esecutiva
N. MAZZIOTTA	- Coord. Sez. di Bari
M. SELVI	- Coord. Sez. di Bologna
W. BONIVENTO	- Coord. Sez. di Cagliari
R. CARUSO	- Coord. Sez. di Catania
G. ZAVATTINI	- Coord. Sez. di Ferrara
E. VANNUCCINI	- Coord. Sez. di Firenze
G. GEMME	- Coord. Sez. di Genova
I. DE MITRI	- Coord. Sez. di Lecce
A. PAOLONI	- Coord. L. N. Frascati
G. RUOSO	- Coord. L. N. Legnaro
A. RAZETO	- Coord. L. N. Gran Sasso
P. SAPIENZA	- Coord. L. N. del Sud
B. CACCIANIGA	- Coord. Sez. di Milano
M. PAVAN	- Coord. Sez. di Milano Bicocca
G. FIORILLO	- Coord. Sez. di Napoli
A. GARFAGNINI	- Coord. Sez. di Padova
A. MENEGOLLI	- Coord. Sez. di Pavia
M. PUNTURO	- Coord. Sez. di Perugia
R. PAOLETTI	- Coord. Sez. di Pisa
A. INCICCHITTI	- Coord. Sez. di Roma I
S. BUSSINO	- Coord. Sez. di Roma Tre
L. LATRONICO	- Coord. Sez. di Torino
R. DOLESI	- Coord. TIFPA
M. BOEZIO	- Coord. Sez. di Trieste
C. BIINO	- Osserv. Comm.ne Naz.le I

Presenti a parte della riunione:

E. Baracchini, P. Belli, R. Bernabei, G. Cavoto, A. De Angelis, C. Fiorini, F. Gatti, G. Mazzitelli, M. Messina, R. Rando, M. Rescigno, G. Signorelli.

La riunione si è svolta il giorno 4 luglio 2017 presso la Presidenza INFN, in Piazza dei Caprettari a Roma.

L'agenda della riunione è disponibile all'indirizzo:

<https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=13739>

04 luglio 2017

h. 08:30-10:30. SESSIONE CHIUSA

Comunicazioni

L'incontro inizia con alcune Comunicazioni da parte del Presidente di Commissione.

M. Pallavicini informa la Commissione che la gara relativa alla fornitura di silici per l'esperimento LHAASO e' stata vinta da Hamamatsu, che ha presentato una offerta piu' vantaggiosa, 28 \$ a cm², compresa la produzione e tutto il lavoro, a fronte di un prezzo di 31 \$ a cm² dell'offerta concorrente italiana, anche con partecipazione INFN. Questo indica la fine del progetto LHAASO come esperimento INFN. A settembre avremo comunque indicazioni piu' precise, anche sulle attivita' nelle quali persone attualmente in LHAASO si vorranno impegnare.

R. Brugnera e' stato nominato spokesman di Gerda. M. Pallavicini porge le congratulazioni a R. Brugnera, a nome suo e della Commissione, per questo ruolo di prestigio da lui ricoperto.

M. Pallavicini comunica alla Commissione che W. Fulgione si e' dimesso da responsabile tecnico di LVD ai LNGS e questo crea difficolta', delle quali gia' e' stato informato il Presidente e la Giunta Esecutiva. Si tratta di un tema che andra' affrontato, per non lasciare il rivelatore "orfano".

I Gruppi di Lavoro per la collaborazione con l'ASI e per la redazione del White Paper hanno continuato a lavorare. Sul fronte delle attivita' nello spazio, M. Pallavicini comunica che eASTROGAM ha superato la prima fase di selezione. R. Dolesi, nel corso di questa stessa riunione, potra' eventualmente aggiornare la Commissione sullo stato di LISA.

I. De Mitri chiede se chi partecipa o e' responsabile di un esperimento INFN finanziato, puo' accedere alla richiesta di finanziamento di 3k€ per attivita' scientifica di base, FFABR, aperto solo a personale Universitario, al quale si puo' partecipare a condizione di non essere titolari di altro finanziamento pubblico.

M. Pallavicini sottolinea come l'opportunita' o meno di accedere a questo finanziamento sia una discussione locale. In ogni caso, i titolari dei fondi assegnati agli esperimenti sono i Direttori di Sezione, e non i singoli, come ricorda anche R. Caruso, riprendendo l'esito di una recente riunione del Gruppo di Lavoro di Valutazione, alla quale ha partecipato anche il Presidente dell'Ente F. Ferroni. G. Zavattini sottolinea come sia rilevante che i fondi INFN di cui si dispone non siano stati ottenuti a seguito di vincita di un bando. Questo non e' vero, continua M. Pallavicini, nel caso di un ERC, poiche' in questo caso la persona che ha ottenuto il finanziamento ne ha la piena titolarita'.

Comunicazioni dalla Giunta Esecutiva

A. Masiero aggiorna la Commissione sulle attivita' della Giunta Esecutiva, ed inizia con alcune osservazioni di carattere generale. All'interno dell'INFN e' stata elaborata la proposta di un nuovo Statuto, di nuovi Regolamenti e sara' predisposto un nuovo Piano Triennale, come previsto dalle nuove disposizioni di legge, in seguito al Decreto Legislativo n. 218 del 25 novembre 2016.

Il nuovo Statuto non ha grosse novita', e conserva alcuni punti forti dell'INFN, come ad esempio la possibilita' di nominare il *management*. Esistono pero' nuove possibilita', ad esempio e' scomparsa la pianta organica: il nuovo Statuto va al di la' di questo concetto e si richiama alla autonomia di decisione dell'Ente, entro un tetto di spesa.

L'Ente ha organizzato alcuni gruppi di lavoro su diversi temi: il Regolamento, i Concorsi, i Gruppi di Studio, le Missioni, le Indennita' di Responsabilita', il Salario Accessorio, ecc., allo scopo di avvalerci delle possibilita' offerte dal decreto di fine anno. Lo Statuto e' gia' stato inviato al Ministero, nel corso del mese di giugno 2017, e sulla procedura di approvazione vale il principio del silenzio-assenso: se entro 60 gg non vengono avanzate obiezioni, lo si puo' ritenere approvato. Potrebbe quindi diventare operativo da giugno. Insieme allo Statuto, avremo nuovi Regolamenti per le missioni, per il personale, ecc.

A. Masiero illustra poi alla Commissione un secondo punto, relativo alla proposta di cofinanziare, con fondi all'interno del programma Horizon2020, alcune borse di post dottorato: il 50% e' a carico dell'Ente e il 50% dalla Comunita' Europea, per un totale di 3.2 + 3.2 M€ = 6.4 M€. Sara' quindi necessario gestire bene l'opportunita' offerta da questo finanziamento esterno. La Giunta INFN ha cercato un elemento di novita', per non ripetere l'emissione di bandi nella stessa forma in cui esistevano nel passato: in questa forma infatti non sarebbe stato accolto dalla Comunita' Europea. Si tratta di un programma del tutto innovativo, in cui il terzo anno e' completamente libero, a scelta del candidato. E' anche prevista la possibilita', e contatti ci sono stati con una decina di aziende, che un anno venga svolto presso una azienda. Queste borse sono 15 + 15 e quindi si tratta di un programma rilevante. Il programma dura 5 anni, per cui la seconda *call* ci sara' per le borse nel triennio 2019-21. Le Borse sono quindi molto attraenti come importo e come possibilita'. Il candidato, oltre al *curriculum* e alle pubblicazioni, dovra' inviare anche un progetto specifico. Le candidature verranno valutate da un *panel* che seguira' le regole europee, formato per meta' da afferenti all'INFN e per meta' da personale straniero. Il bando dovrebbe uscire ad ottobre, insieme per teorici e sperimentali, per stranieri o per italiani che sono da 3 anni all'estero, e la borsa sara' pari a 4200 € netti, poiche' si puo' chiedere l'esenzione IRPEF. Per le borse post-dottorato usuali non ci sara' per ora alcuna conseguenza. Per il prossimo anno ci sara' invece una riduzione di spesa sulle borse post-dottorato usuali, in modo da avere un po' di disponibilita' da investire in questa nuova iniziativa. Le borse non sono pensate per giovani ricercatori italiani che hanno appena concluso il Dottorato, poiche' l'Ente ritiene che sia opportuno che questi giovani trascorrono un periodo all'estero.

In riferimento alle usuali borse INFN per stranieri, A. Masiero precisa che quest'anno sono scese da 40 k€ a 36 k€ annuali, sui quali va poi applicato un carico fiscale di circa il 10%. Uscira' tra poco il bando ed i candidati stranieri potranno fare domanda per entrambe, quelle usuali e quelle della nuova tipologia.

A. Masiero passa poi a discutere, ed e' questo il terzo punto del suo intervento, i gradi di liberta' che avra' l'ENTE nel 2018. Il decreto sulle stabilizzazioni prevede che gli Enti "possano" assumere e stabilizzare persone che negli ultimi 8 anni siano stati titolari di contratti, e non di assegni, per complessivi 3 anni. Questo fa si' che, vedendo l'aspetto in senso globale, le spese per il personale aumenteranno. Il valore attuale delle spese per il personale e' di circa 52-53 % del budget, mentre il tetto massimo e' dell'85%, per cui ci sono ancora spazi di manovra. Pero' e' necessario tenere presenti anche le assunzioni dei 73 nuovi ricercatori, tre quarti dei quali coperti pero' da Fondi Ministeriali, e le assunzioni di categorie protette, pari a 130 persone da assumere in tre anni. Per le stabilizzazioni va tenuto conto anche di una serie di persone che ricadono nell'accordo sindacale scaduto il 31 dicembre 2016. Anche il tema degli avanzamenti di carriera e' rilevante. Ci sara' poi anche il rinnovo del contratto di lavoro, ed il Ministero ha informato che sara' a carico dell'Ente, anche se non conosciamo ancora l'entita' dell'aumento, 85 € mensili secondo gli organi di stampa. Si andra' quindi sopra il M€ di spesa, forse 2 M€, con un incremento di spesa per il personale nel giro di 4 anni, da qui al 2020, stimato in 14-15 M€. Si tratta di un problema da affrontare, poiche' cifre di questo tipo hanno un impatto troppo forte per non intaccare settori vitali. Una cifra di 1-2 M€ puo' essere riassorbita, poiche' il finanziamento del FOE e' pari a 250 M€ e con i fondi esterni si va oltre un budget di 300 M€. Comunque si tratta di una situazione difficile, poiche' 50 M€ vanno alle Commissioni e 50 M€ alle strutture. L'Ente cerchera' comunque di attuare una propria *spending-review*; Giunta e Consiglio Direttivo sono investiti di questa problematica.

Il quarto punto affrontato da A. Masiero riguarda la fisica delle Astroparticelle. Si e' conclusa la *roadmap* europea promossa da APEC e dopo l'estate cercheremo di dedicare un momento alla riflessione su questi temi, in particolare sulle ultime 15-20 pagine che sono la sintesi del programma. Appena il documento sara' pronto per essere reso pubblico, sara' comunque cura di A. Masiero inviarlo a tutti i membri della Commissione.

Per quanto riguarda i finanziamenti esterni, il quinto punto della presentazione di A. Masiero, e' stato approvato il COFIN della Regione Sicilia per KM3net: la Regione investe 17.250 M€ e noi ci siamo impegnati a contribuire con la stessa quota, ed in questo modo ci siamo impegnati ad un finanziamento di circa 34-35 M€. L'Ente dovra' quindi provvedere a questi 17 M€. Il Ministero fornira', attraverso il FOE, 3.5 M€ ogni anno per KM3 per 4 anni, per cui dovremo solo direttamente investire 3 M€. In piu' ci saranno le spese di personale.

Sono stati anche avviati i PON e quindi siamo interessati nelle regioni dove abbiamo infrastrutture e certamente parteciperemo e cercheremo di accedere ai finanziamenti. Qui di nuovo potra' concorrere KM3 ed i Laboratori del Sud, per un progetto di Rinnovamento delle Macchine. Anche i LNGS potranno usufruire di questa opportunita'.

Il sesto punto della presentazione di A. Masiero riguarda CTA: il Ministero ha accordato un Finanziamento Italia di ~35 M€ a CTA. Non si tratta ne' di un finanziamento INAF ne' di un finanziamento INFN, ma come Italia. Materialmente il finanziamento passa attraverso l'INAF, ma si tratta di una partecipazione forte dell'Italia, che diventa cosi' il secondo paese finanziatore e come personale. Sara' opportuno per l'Ente avere un incontro con l'INAF, in modo da strutturare una strategia comune INAF-INFN. Si sta procedendo sui due siti, ed il sito Nord sembra avere superato le difficolta' locali, e cosi' anche il sito Sud. Si sta cercando di capire se puo' partire la fase minimale.

L'apparato ICARUS - il settimo punto dell'intervento di A. Masiero - e' ormai in viaggio per gli Stati Uniti. Le difficolta' potranno nascere nel prossimo anno, a motivo dei tagli che la nuova amministrazione americana sembra voler effettuare sui fondi alla ricerca, anche se su questo punto si dovra' trovare un compromesso tra il Congresso ed il Presidente americano. Se non si trova un accordo, si utilizza lo strumento della *continuity solution*, cioe' si usa il budget dell'anno precedente. L'Amministrazione Trump ha presentato un documento molto dettagliato e corposo, di circa 1500 pagine, che in alcuni punti contiene tagli molto forti, ad esempio per gli acceleratori, e in altri no, ad esempio per Dune. In ogni caso sara' necessario attendere la revisione da parte del Congresso, anche se abbiamo ricevuto rassicurazioni sull'impegno per lo *short-baseline* da parte del Direttore del Fermilab e dal DOI.

Un altro fronte riguarda gli studi sulla CMB - l'ottavo punto dell'intervento di A. Masiero - ed APEC ha iniziato una programma di Workshop globali, che coinvolge diverse agenzie, e a Firenze si terra' la terza edizione, a settembre. Si tratta di un programma CMB a terra e nello spazio, all'interno di una programmazione globale.

Il nono punto delle comunicazioni di A. Masiero fa riferimento ai programmi ERIC. Per KM3Net e' stata presentata con successo una domanda di finanziamento preparatorio a EricKm3: il progetto preparatorio e' stato gia' approvato e finanziato dalla Comunita' Europea. Partecipano Italia e Francia e l'Olanda e' molto interessata. L'Ente ha in Eric gia' il Gran Sasso e Virgo. Il ministro Olandese ha deciso in tempi rapidi e ha scritto ai Ministeri competenti per avviare l'Eric. Il Ministero avra' un rappresentante, P. Sapienza, per preparare il terreno per un futuro tavolo ed arrivare allo statuto dell'Eric.

Per quanto riguarda i LNGS, i tedeschi hanno mostrato interesse all'Eric Gran Sasso, grazie al fatto che il Presidente ha evidenziato che l'Italia ha contribuito alle strutture tedesche in maniera cospicua e questo ha favorito una posizione di apertura da parte dei tedeschi. Dopo qualche mese, la Ministra italiana ha scritto alla Ministra tedesca, che ha reagito positivamente e ci e' stato chiesto di avviare una riunione preparatoria. Il 24 luglio sara' qui un rappresentante del ministero tedesco, in un incontro al quale partecipera' anche M. Pallavicini come rappresentante dell'INFN. Il

quell'occasione ci verra' chiesto di presentare un progetto. L'Ente non vorrebbe puntare sulle infrastrutture, poiche' il laboratorio gia' c'e' ed e' una creatura INFN, operante ed attiva, ma pensare ad una nuova infrastruttura di ricerca ERIC-GranSasso, al Gran Sasso o anche in altri laboratori sotterranei europei, con finalita' specifiche, gia' comunicate ai tedeschi. Ad esempio:

- 1) "Profondita' artificiale", tramite un sistema di Veto;
- 2) *Facility* per la produzione di cristalli ultra-puri, ad esempio per esperimenti di Materia Oscura di prossima generazione;
- 3) Un ambiente *ultra low background*, una *test facility* che sfrutti un ambiente superpulito, ad esempio per lo studio di materiali, di materiale biologico o di interesse farmaceutico o geofisico.

Questa puo' essere una occasione di sviluppo per il Gran Sasso ed anche gli Olandesi sembrano interessati. Sara' necessario costituire un gruppetto di lavoro, pe definire che cosa si vuol fare, quanto verra' a costare, come saranno suddivisi i compiti, quale sara; il ruolo di ciascun Paese.

A. Paoloni interviene nella discussione suggerendo che anche i temi di geodesia potrebbero essere di interesse per questo progetto.

A. Masiero continua precisando come oltre agli Olandesi, abbiano manifestato un certo interesse anche Francesi (laboratorio di Modane) e Spagnoli (laboratorio di Canfranc). Si tratta comunque di una idea di allargamento, con uno spazio da dedicare a questa *test-facility*. La presenza dei laboratori di Modane e di Canfranc e' sulla linea di una rete di laboratori sotterranei distribuiti e dello sviluppo di attivita' congiunte. Si trattera' di costituire un gruppetto, del quale faranno parte M. Pallavicini, il Direttore dei LNGS, rappresentanti Spagnoli e Tedeschi, per definire il progetto.

A. Razeto chiede se all'interno di questo progetto possono rientrare anche i laboratori in superficie o solo la parte di laboratorio in galleria. A. Masiero chiarisce che dovremo aspettare l'esito delle conclusioni del gruppo di lavoro, che si sta occupando di definire un progetto.

M. Selvi osserva che esiste un ERIC XENON LVD, in cui si vuole usare LVD come una *facility* entro cui mettere Xenon. Su questo ha mostrato interesse anche lo *spokesman* di LVD.

M. Pallavicini osserva come la profondita' artificiale sia una idea proponibile, ma non sembra saggio ora entrare in dettagli di singoli esperimenti.

G. Gemme chiede ad A. Masiero se ci sono notizie aggiornate sui programmi premiali.

A. Masiero commenta osservando che con i premiali abbiamo ottenuto una aggiunta di finanziamento (~ 14-15%) superiore alle riduzioni (~ 7%) che sono stati effettuati sul FOE, dell'ordine del doppio. Siamo comunque in attesa di comunicazioni ufficiali.

A. Garfagnini interviene nella discussione a riguardo dei programmi Italia Germania o Italia Cina e chiede se c'e' una programmazione regolare.

A. Masiero risponde che in alcuni casi c'e' una cadenza costante. In ogni caso cerchiamo di mandare avanti tutti i progetti. Talvolta i numeri sono elevati o i progetti arrivano all'ultimo momento all'esame della Giunta o in forma duplicata.

P. Sapienza, in riferimento all'ERIC sul progetto KM3Net, informa la Commissione che nel corso della settimana scorsa c'e' stato gia' un incontro di due giorni al Ministero. Gli Olandesi gia' stanno lavorando su questo punto, c'e' gia' una bozza di statuto, e sarebbe bene che ci fosse un gruppo di

lavoro INFN per elaborare una bozza di statuto, con un progetto di *governance* che vada bene all'Ente. Si va infatti ad incidere sulle strutture dell'Ente. Questo sarà importante, sia per il Gran Sasso che per KM3, evitando formulazioni troppo elaborate che potrebbero non essere gradite al Ministero.

A. Masiero precisa che in questo caso nel Ministero c'è molta disponibilità nel fornire supporto nella redazione dello statuto, ma è importante che i fisici precisino che cosa vogliono fare e che cosa propongono, come progettano il ruolo dell'Italia e della *governance*.

Report gruppo di lavoro fondi ASI

Il Gruppo di Lavoro per i fondi ASI, di cui fanno parte M. Pallavicini, B. Caccianiga, I. De Mitri, R. Dolesi, R. Sparvoli, E. Vannuccini, ha predisposto il seguente documento, che viene brevemente illustrato alla Commissione da I. De Mitri.

Linee guida per richieste fondi ASI

Questo breve documento ha lo scopo di fissare delle semplici linee guida da seguire nel caso di richieste di fondi ASI per nuovi progetti in collaborazione con INFN e che, quindi, intendano utilizzare fondi e/o personale e/o strutture dell'Ente.

La motivazione di quanto sopra è legata alla necessità di un vaglio preliminare delle proposte da parte degli organi scientifici e di governo dell'INFN, al fine di garantire una ottimizzazione dei fondi e delle risorse, in armonia con le linee di ricerca stabilite dall'Ente.

Ai proponenti che intendano richiedere tali fondi viene richiesta una presentazione del progetto in Commissione 2, che:

- illustri le motivazioni scientifiche ed il piano di attività;
- dia una stima, anche preliminare, dei costi e della relativa ripartizione tra ASI, INFN ed eventuali altri soggetti;
- dia indicazioni circa le persone/sedi interessate e la comunità (inter)nazionale di riferimento

Anche attraverso l'uso di un pool di referee nominati dalla Commissione 2, la stessa esprime un parere sulla proposta. Tale parere, che potrà eventualmente essere espresso dopo diverse iterazioni con i referee e la Commissione, potrà alla fine consistere in una:

- a) approvazione scientifica e manifestazione di interesse a cofinanziare l'attività;
- b) approvazione scientifica senza cofinanziamento;
- c) mancata approvazione.

Il parere della Commissione 2 è solo di tipo istruttorio, in quanto la posizione dell'Ente sarà poi definita dai suoi organi di governo e rappresentata, attraverso una dichiarazione di interesse, nell'ambito del tavolo bilaterale INFN-ASI.

Per quanto riguarda i progetti già in atto, è auspicabile seguire la procedura di cui sopra in tutti i casi in cui la richiesta non sia un semplice rinnovo di un contratto per una missione già in atto.

Quanto sopra non si applica per la partecipazione a bandi per R&D con finanziamenti al di sotto di 200 K€, anche se si richiede che la Commissione 2 sia comunque informata di tali iniziative.

Procedure analoghe dovrebbero essere definite per altri tipi di fondi esterni (europei, regionali, etc.) in tutti i casi in cui si tratti di grosse iniziative che impegnano l'Ente per grosse somme e lunghi periodi su progetti non formalmente approvati in precedenza.

Riunione Commissione 2
3-4 Luglio 2017

I. De Mitri sottolinea come sia importante che, oltre una determinata soglia di impegno, la Commissione venga consultata: le linee guida sopra riportate rispecchiano questa volontà. Solo se il parere della Commissione sarà positivo, si potrà avanzare una richiesta di finanziamento all'ASI. Il primo passaggio deve avvenire in Commissione, che sostanzialmente può fornire una risposta a tre livelli:

- 1) il programma è scientificamente molto interessante e cercheremo di finanziarlo,
- 2) il programma è scientificamente molto interessante ma non potremo finanziarlo (o potremo farlo solo in misura molto limitata)
- 3) il programma non è di interesse per l'Ente e quindi non si può usare il nome dell'INFN nel partecipare a questo progetto

Il ruolo sarà comunque consultivo, poiché non c'è l'intenzione di sovrapporsi agli organi di governo dell'Ente. Piccoli finanziamenti, come R&D, o rinnovi di contratti consolidati o già esistenti, potrebbero non passare attraverso questa procedura. L'idea è di mettere ordine e di monitorare lo sviluppo dei vari progetti e l'INFN non venga coinvolto senza aver espresso un parere scientifico prima.

M. Pallavicini osserva come il documento potrebbe essere reso ancora più esplicito inserendo un diagramma a blocchi chiaro. M. Pallavicini invita anche tutti i Coordinatori ad informare i membri della propria sezione dell'esistenza di questa nuova procedura. Inoltre dovrebbe essere chiaro che qualsiasi contatto diretto di ricercatori INFN con l'ASI non ha nessun valore: ciò non significa che sia vietato, ma non avrà alcuna influenza sulla decisione finale. M. Pallavicini suggerisce anche di inserire questo testo nella sezione Documenti del database della Commissione, in modo da avere eventualmente alcuni commenti da parte dei Commissari, prima di inviarla alla Giunta per l'approvazione.

B. Caccianiga chiede se l'ASI sarà avvertito di questo. M. Pallavicini informa la Commissione che il 14 ci sarà un incontro con l'ASI e in quella occasione sarà possibile fare un ulteriore passo avanti in questo percorso, che è comunque un processo bilaterale ed iterativo.

Report Editor White Paper

M. Pallavicini comunica alla Commissione che entro il 26 luglio il gruppo di lavoro per la redazione del White Paper invierà a tutti una bozza del documento, in modo da fare una ulteriore revisione di dettaglio a settembre e renderlo pubblico entro la fine dell'anno.

Alle ore 10:15 la Commissione interrompe i suoi lavori per una breve pausa.

Alle ore 10:30 la Commissione riprende i suoi lavori, in sessione aperta.

04 luglio 2017

h. 10:30-16:15. SESSIONE APERTA

Segue il report degli esperimenti da parte dei responsabili nazionali o la presentazione di nuove proposte su tematiche di pertinenza della CSN2.

eASTROGAM

N. Mazziotta presenta il report dell'esperimento eASTROGAM, un osservatorio per Raggi Gamma nella regione dei MeV e del GeV e cita una recente pubblicazione a firma della Collaborazione, "The e-Astrogam mission (exploring the extreme Universe with gamma rays in the MeV – GeV range)", *Exper. Astron.* 44 (2017) 25. E-Astrogam ha partecipato ad una call ESA per una missione di medie dimensioni, all'interno del programma M5, le cui caratteristiche vengono così riassunte da N. Mazziotta:

- Presentazione di una Dichiarazione di Interesse entro il 25 Settembre 2015
- Call per la Missione M5 pubblicata il 29 Aprile 2016
- Presentazione della Lettera di Intenti entro il 6 Giugno 2016
 - Incontro presso l'ESTEC (European Space Research and Technology Centre) dell'ESA il 24 Giugno 2016
- Presentazione di un Proposal entro il 5 Ottobre 2016
- Presentazione delle Lettere di Patrocinio da parte di Agenzie o Enti Scientifici entro l'8 Febbraio 2017
- Selezione delle Missioni ammesse alla fase di studio entro Giugno 2017
- Selezione dei tre progetti ammessi alla Fase A entro la fine del 2017
 - Finanziamenti da parte delle Agenzie Spaziali
- Selezione del progetto per la missione M5 entro Giugno 2019
 - Review della selezione della Missione in Aprile 2019
 - Richiesto il livello 5/6 nella TRL (Technology Readiness Level)
- Adozione della Missione M5 entro June 2021
 - Review della procedura in Aprile 2021
- Lancio previsto nel 2029/2030, a seconda della missione

N. Mazziotta illustra poi alla Commissione la situazione attuale della ricerca sperimentale nel campo dei raggi gamma:

- La parte peggio coperta dello spettro si trova nell'intervallo di energie compreso tra 0.1÷100 MeV
- Molti oggetti astrofisici hanno il loro picco di emissione in questa banda (GRBs, blazars, pulsars...)

- La regione dei MeV e' il dominio delle righe gamma nucleari (supernovae, nucleosintesi e processi di evoluzione chimica Galattica)

Le motivazioni scientifiche piu' importanti che sono alla base della proposta eASTROGAM vengono cosi' riassunte da N. Mazziotta:

- La rilevanza dei processi al cuore dell'Universo Estremo (AGNs, GRBs, microquasars) e le prospettive per l'Astronomia degli anni 2030
 - Copertura del cielo in modalita' multifrequenza e multi-messengers (Ligo/Virgo, CTA, SKA, eLISA, ...), con particolare attenzione ai fenomeni transienti
- L'origine delle particelle di alta energia e il loro impatto sull'evoluzione galattica, dai raggi cosmici all'antimateria

La nucleosintesi e l'arricchimento chimico nella nostra Galassia.

La rivelazione di raggi gamma nella regione dei sub-MeV e dei GeV, chiarisce N. Mazziotta, puo' essere classificata in due regimi:

- Regime Compton
 - Richiede una eccellente risoluzione spaziale in 3D ed una eccellente risoluzione in energia
 - Ricostruzione degli eventi con 2 punti e 2 misure di energia
- Regime di produzione di coppie
 - L'aspetto piu' importante e' la risoluzione del tracciamento
 - Dominato da effetti di scattering multiplo
- Difficolta' ad essere realmente ottimizzati in entrambi i regimi con un solo rivelatore

Le richieste scientifiche sulle prestazioni del rivelatore eASTROGAM sono:

- 1) Raggiungere una sensitivita' migliore di quella di INTEGRAL/CGRO/COMPTEL di un fattore 20 – 50 – 100 nell'intervallo di energia 0.2÷30 MeV
- 2) Sfruttare la polarizzazione dei raggi gamma per le sorgenti transienti e per quelle continue
- 3) Migliorare in maniera significativa la risoluzione angolare (ad esempio per raggiungere 10' a 1 GeV)
- 4) Ottenere un grande campo di vista (~ 2.5 sr), che permette un monitoraggio efficiente del cielo a raggi γ
- 5) Implementare un *trigger* su scala di tempi inferiore ai millisecondi e una capacita' di allerta oper i fenomeni transienti

N. Mazziotta presenta poi in sintesi la struttura del rivelatore ed il profilo della Missione:

- Il satellite eASTROGAM
 - Progetto PROTEUS 800 di Thales Alenia Space
 - Piattaforma sviluppata nell'ambito del programma SWOT CNES/NASA
 - Massa a secco del veicolo spaziale: 2.4 t. Massa del telescopio: 1.2 t
 - Sistemi AntiCoincidenza + Tracciatore al Si + Calorimetro
 - Unita' per la misura del tempo di volo + Alimentazione + Elettronica

- Radiatori e Pannelli Solari
- Il tracciatore a silicio di ASTROGAM
 - 4 torri, 56 piani di matrici 5x5 di strip a doppia faccia (5600 DSSDs)
 - Ciascun DSSD ha un'area totale pari a $9.5 \times 9.5 \text{ cm}^2$, uno spessore di $500 \text{ }\mu\text{m}$ e un passo di $240 \text{ }\mu\text{m}$ (384 strips per faccia)
 - Le DSSDs sono collegate con fili a formare una struttura 5x5 in 2-D
 - Passo dei layer di Si: 10 mm
 - Le DSSDs sono connesse agli ASICs
 - 26880 IDeF-X ASICs (32 canali ciascuno)
 - L'uscita analogica degli IDeF-X verrebbe convertita in un segnale digitale con ADC OWB-1
 - Potenza assorbita: 688 W (800 mW/canale)
- eASTROGAM: calorimeter
 - Rivelatore a pixel (PICSiT) costituito da 33856 barre di scintillatore CsI(Tl), ciascuna lunga 8 cm length e di $5 \times 5 \text{ mm}^2$ di sezione. Ai due estremi sono incollati rivelatori cross section, glued at both ends to lownoise Silicon Drift Detectors (SDDs) a basso rumore
 - Il calorimetro e' formato dall'assemblaggio di 529 (23x23) moduli
 - Utilizza l'esperienza acquisita con: INTEGRAL/PICsIT, AGILE, Fermi/LAT, LHC/ALICE
 - FEE ASIC: versione modificata degli ASIC VEGA (INFN) a ultra basso rumore
- eASTROGAM: sistema di anticoincidenza
 - Parte esterna, per particelle provenienti dall'alto, formata da grandi pannelli di scintillatore plastico, che coprono 5 facce dello strumento
 - Fibre ottiche (con wavelength shifter) portano la luce ai fotomoltiplicatori al Silicio
 - I segnali delle SiPM sono letti dagli ASICs (qualificati per il volo spaziale) VATA64 ASICs della Ideas[®]
 - Utilizza l'esperienza acquisita con: Fermi/LAT, AGILE
 - Sistema di tempo di volo formato da due strati di scintillatore separati da 50 cm sotto lo strumento per rigettare le particelle di fondo provenienti dalla base
 - Utilizza l'esperienza acquisita con: Heritage: AMS, PAMELA
- eASTROGAM: profilo della missione
 - Orbita Equatoriale (inclinazione $i < 2.5^\circ$, eccentricita' $e < 0.01$) orbita bassa (LOE) (altitude nell'intervallo 550 - 600 km)
 - Lanciatore – Ariane 6.2
 - Comunicazioni con il satellite:
 - Stazione ESA a terra a Kourou
 - Stazione ASI a Malindi (Kenya)
 - Trasmissione Dati in banda X
 - 3 modi di osservazione
 - *zenith pointing sky-scanning*
 - *nearly inertial pointing*
 - riposizionamento rapido per evitare la Terra nel campo di vista
 - Operativo in orbita per 3 anni con possibile estensione di 2 anni

N. Mazziotta passa poi a descrivere l'organizzazione dell'esperimento. Il PI e' A. De Angelis ed il CO-I e' V. Tatischeff. La Collaborazione eASTROGAM e' costituita da ~ 350 membri, provenienti da 16 diversi paesi: Italia (INFN, INAF, U. Padova, U. & Polit. Bari, U. Roma Tor Vergata, U. Siena, U. Udine, U. Trieste), Francia (CSNSM, APC, CEA/Irfu, IPNO, LLR, CENBG, LUPM, IRAP), Germania (U. Mainz, KIT/IPE, U. Tübingen, U. Erlangen, RWTH Aachen, U. Potsdam, U. Würzburg, MPE), Svizzera (DPNC UniGe, ISDC, Univ. Geneva, PSI), Spagna (ICE (CSIC-IEEC), IMB-CNM (CSIC), IFAE-BIST, Univ. Barcelona, CLPU & Univ. Salamanca), Svezia (KTH and Univ. Stockholm), Repubblica Ceca (Czech Technical Univ., Prague;), Portogallo (University of Coimbra, LIP and IST Lisboa,), Bulgaria (Univ.Sofia), Danimarca (DTU Copenhagen), Irlanda (Univ. College Dublin, Dublin City Univ.), Polonia (Stati Uniti), Space Research Center of PAS Warsaw (NASA GSFC, NRL, Clemson Univ., Washington Univ., Yale Univ., Univ. Maryland, UC Berkeley), Russia (Ioffe Institute, St. Petersburg), Giappone (University of Tokyo), Brasile (CBPF Rio de Janeiro).

La Collaborazione ha ottenuto dichiarazioni di Endorsement da numerose agenzie: ASI (Italia), CNES (Francia), DLR (Germania), PSI (Svizzera), Swedish National Space Board (Svezia), National Space Agency/DTU (Danimarca), Spanish Research Agency (Spagna), Polish Space Agency (Polonia), FCT (Portogallo), NASA (USA)

Lo schema di gestione dell'esperimento viene così riassunto da N. Mazziotta:

- e-ASTROGAM Science Board
 - Principal Investigator: A. De Angelis
 - Programma Scientifico
 - Coordinamento del sistema a terra
 - Coordinamento del gruppo di lavoro scientifico
- e-ASTROGAM Project Office
 - Project Manager
 - Rapporto con i partners Industriali
 - Consorzio dei Rappresentanti
- Team Scientifico
- Gruppo di sviluppo dello strumento e della parte a terra

N. Mazziotta illustra poi alla Commissione il contributo italiano all'attività alla attività scientifica di eASTROGAM, soffermandosi anche sulla composizione di ciascun gruppo di ricerca in ogni sezione INFN (Bari, Padova, Perugia, Roma 2, Trieste, Udine), sede Universitaria (Padova, Bari, Roma Tor Vergata, Siena, Udine Trieste) o gruppo INAF coinvolto nel progetto.

N. Mazziotta si sofferma successivamente sugli impegni che la Collaborazione dovrà affrontare in vista della Fase A:

- Fase 0 completata entro Giugno 2017
 - la proposta ha superato con successo la valutazione tecnica e programmatica ed attualmente è sottoposta ad un accertamento scientifico da parte di un apposito comitato (SARP, "Science Assessment Review Panel")

- Una intervista del Comitato SARP con il PI ed alcuni altri consulenti e' prevista per November 2017
 - E' importante fornire al Comitato SARP un documento scientifico ("libro bianco")
 - Un meeting della Collaborazione e' previsto ad Ottobre a Monaco per concludere la redazione del "Libro Bianco" e preparare l'intervista con il Comitato SARP
 - un primo eASTROGAM Science Workshop si e' svolto a Padova dal 28 Febbraio al 2 Marzo 2017
 - Seminari e poster sull'Astrofisica multimessenger
 - E' stato prodotto un volume (e-Astrogam ebook)
 - E' stato formato un gruppo per scrivere un "Libro Bianco" insieme alla Collaborazione AMEGO
- Selezione dei tre progetti in Fase A a Dicembre 2017
- Phase A (2018–2019)
 - Inizio della fase A a Gennaio 2018
 - L'attivita' principale sara' relativo allo sviluppo tecnologico (TRL, Technology Readiness Level), per alcune componenti, dove e' necessario ottenere una valutazione 5/6
 - La Collaborazione e' pronta ad affrontare questa fase, ma sono richieste alcune dimostrazioni di un sufficiente sviluppo tecnologico per DSSD di ampia superficie.

Nello scenario internazionale e' presente un progetto simile, AMEGO (All-sky Medium Energy Gamma-ray Observatory), della NASA, che ha iniziato il processo di valutazione nel mese di Dicembre 2016. PI Julie McEnery, NASA GSFC, e molti collaboratori di eASTROGAM sono co-I. Se la missione verra' approvata, il lancio e' previsto per il 2018.

N. Mazziotta conclude il suo intervento illustrando alla Commissione le richieste finanziarie per i prossimi anni:

- 2017
 - Missioni: 8-10 k€
 - Meeting in ASI: 1 k€
 - Meeting in Monaco: 3-4 k€
 - Meeting in ESA: 2 k€
 - Meeting in NASA: 2-3 k€
- 2018, Gennaio – Settembre (se promossi alla fase A)
 - Missioni: 20 k€
 - Contatti
 - Meeting
 - Costruzione: 10 k€
 - Materiale per primi prototipi
 - Dettagli a inizio 2018
 - Richiesta apertura sigla a luglio 2018
- Se promossi alla fase A, ASI si è impegnata a contribuire con circa 450 k€/anno in personale e contratti industriali per 2018 e 2019, con un profilo di spesa che cresce negli anni successivi

A conclusione dell'intervento di N. Mazziotta, M. Pallavicini osserva come ci sia la possibilità di aprire una sigla, magari con un numero di FTE limitato, nel caso il programma venga approvato entro l'anno. In assenza di una sigla, sarebbe difficile proporre un finanziamento delle attività, magari sub-judice, nel corso del 2018. Per questo motivo, è importante valutare l'opzione sigla entro il 24 luglio prossimo.

DAMA LIBRA e Prospettive

R. Bernabei presenta il report dell'esperimento DAMA LIBRA, un Osservatorio per Processi Rari ai LNGS, ed inizia la sua presentazione con alcune annotazioni di insieme:

- 1) Un esperimento "vecchio"? Certamente no.
Molti differenti esperimenti sono stati proposti, approvati, effettuati, conclusi, aperti, mantenendo invariato, con il trascorrere del tempo, soltanto l'acronimo principale, a differenza di altri casi.
- 2) Molti nuovi ed importanti risultati sono possibili nel futuro con un finanziamento modesto.
- 3) *Après moi le déluge?* Certamente no.
Nel gruppo italiano sono presenti due Direttori di Ricerca, un Abilitato a Professore Ordinario, ecc.
- 4) Non forniamo informazioni? Certamente no.
La Collaborazione pubblica con regolarità articoli sulle prestazioni del rivelatore e sui risultati, presenta regolarmente lo stato dell'esperimento, ogni volta che viene richiesto, compila in maniera dettagliata e puntuale le richieste di "preventivi e consuntivi".
- 5) Da 8 anni i *referee* del CSLNGS per Dama sono Lindner e successivamente Weinheiner, entrambi membri della collaborazione Xenon.

R. Bernabei ricorda poi ciò che già aveva presentato alla Commissione nella riunione di settembre 2013, in vista dei preventivi per l'anno 2014 (trasparenze numero 41 e numero 42 del file *bernabei_september_x2014_web.pdf*) e riassume così alcuni aspetti dell'attività passata della Collaborazione:

- 1) Il primo anno è stato dedicato al *commissioning* e alla verifica della soglia software a 1keV, come richiesto dalla CSN2
- 2) Su richiesta, i risultati preliminari dei primi due cicli annuali completi di DAMA/LIBRA-phase2 sono stati presentati in sessione chiusa al Presidente dell'INFN, Prof. Ferroni, al Vicepresidente Prof. Masiero, al Presidente della CSN2 Prof. Battiston, al Director dei LNGS Prof. Ragazzi a February 2014
- 3) Su richiesta, la Collaborazione ha presentato il 1 Ottobre 2013 al CSLNGS in forma di report i piani di sviluppo dell'esperimento. Lo stesso documento è stato presentato alla CSN2 a settembre 2014

R. Bernabei passa poi a descrivere alcune recenti attività e le configurazioni (*set-ups*) dell'esperimento:

- Da Giugno 2016 a Luglio 2017:

- 22 pubblicazioni su riviste internazionali o volumi di Atti di Conferenze a livello internazionale
- 21 talks a Conferenze e Seminari
- Partecipazione a Comitati Scientifici Internazionali di Conferenze nel campo della materia oscura e dei processi rari
- Un numero dedicato di International Journal of Modern Physics, "Special Issue – The DAMA Project: Technical Developments, Experiments and Results", IJMP A31 (2016) n. 31
- 4 Tesi
- DAMA/LIBRA-fase2
 - DAMA/NaI e' terminato nel mese di luglio 2002
 - DAMA/LIBRA fase1 e' terminato nell'autunno 2010
- DAMA/LXe con numerosi miglioramenti; terminera' nel 2018
- DAMA/R&D *facility*; molti esperimenti iniziati e conclusi
- DAMA/Crys, la *facility* piu' recente; molti esperimenti iniziati e conclusi
- DAMA/Ge *facility*; numerosi miglioramenti; molti esperimenti iniziati e conclusi

Tutte queste configurazioni sono attualmente in acquisizione.

R. Bernabei si sofferma poi sulle numerose pubblicazioni nell'ultimo anno, da giugno 2016 a luglio 2017:

1. R. Bernabei, Signals from the dark universe, Frascati Physics Series Vol. 64 (2016) 211
2. R. Bernabei et al., Recent results from DAMA/LIBRA-phase1 and perspectives, Nucl. and Part. Phys. Proc. 273-275 (2016) 321-327.
3. A.S. Barabash et al., Improvement of radiopurity level of enriched $^{116}\text{CdWO}_4$ and ZnWO_4 crystal scintillators by recrystallization, Nucl. Instr. and Meth. A833 (2016) 77
4. R. Bernabei et al., DAMA/LIBRA Results and Perspectives, Bled Workshops in Physics vol. 17, no. 2 (2016) 1.
5. P. Belli, Direct detection of Dark Matter, EPJ Web of Conf. 121 (2016) 06001;
6. R. Bernabei et al., DAMA/LIBRA-phase1 results and perspectives of the phase2, EPJ Web of Conf. 121 (2016) 06005;
7. R. Bernabei, The DAMA project, Int. J. of Mod. Phys. A31 (2016) 1642001
8. R. Bernabei, P. Belli, A. Incicchitti, A. Mattei, F. Cappella, R. Cerulli, C.J. Dai, X.H. Ma, Z. P. Ye, The highly radiopure NaI(Tl) DAMA/LIBRA setup, Int. J. of Mod. Phys. A31 (2016) 1642002
9. R. Bernabei, P. Belli, A. Incicchitti, C.J. Dai, Adopted low background techniques and analysis of radioactive trace impurities, Int. J. of Mod. Phys. A31 (2016) 1642003
10. F. Cappella, V. Caracciolo, R. Cerulli, A. Bussolotti, A. Mattei, The calibration and the monitoring/alarm system, Int. J. of Mod. Phys. A 31 (2016) 1642004
11. P. Belli, A. Bussolotti, V. Caracciolo, R. Cerulli, C. J. Dai, X. H. Ma, The electronics and DAQ system in DAMA/LIBRA, Int. J. of Mod. Phys. A 31 (2016) 1642005
12. R. Bernabei, P. Belli, S. d'Angelo, A. Di Marco, F. Montecchia, A. d'Angelo, A. Incicchitti, D. Prospero, F. Cappella, V. Caracciolo, R. Cerulli, C.J. Dai, H.L. He, H.H. Kuang, X.H. Ma, X.D. Sheng, R.G. Wang, Z.P. Ye, DAMA/LIBRA phase1 model independent results, Int. J. of Mod. Phys. A 31 (2016) 1642006

13. A. Di Marco, F. Cappella, R. Cerulli, Other rare processes with DAMA/LIBRA, *Int. J. of Mod. Phys. A* 31 (2016) 1642007
14. R. Bernabei, P. Belli, A. Di Marco, A. d'Angelo, A. Incicchitti, F. Cappella, R. Cerulli, C.J. Dai, X.H. Ma, Z.P. Ye, Investigation on possible systematics and side processes, *Int. J. of Mod. Phys. A* 31 (2016) 1642008
15. R. Bernabei, P. Belli, A. Incicchitti, R. Cerulli, C.J. Dai, X.H. Ma, Z.P. Ye, On corollary model-dependent analyses and comparisons, *Int. J. of Mod. Phys. A* 31 (2016) 1642009
16. R. Bernabei, P. Belli, A. Incicchitti, F. Cappella, R. Cerulli, C.J. Dai, H.L. He, H.H. Kuang, X.H. Ma, X.D. Sheng, R.G. Wang, Z.P. Ye, R.S. Boiko, F.A. Danevich, V.V. Kobychiev, D.V. Poda, O.G. Polischuk, V.I. Tretyak, Main results and perspectives on other rare processes with DAMA experiments, *Int. J. of Mod. Phys. A* 31 (2016) 1642010
17. R. Bernabei, P. Belli, A. Incicchitti, R. Cerulli, C.J. Dai, X.H. Ma, Towards the next and far future, *Int. J. of Mod. Phys. A* 31 (2016) 1642011
18. R. Bernabei et al., Highlights of DAMA/LIBRA, *EPJ Web of Conferences* 126 (2016) 02014 1
19. R. Cerulli, P. Villar, F. Cappella, R. Bernabei, P. Belli, A. Incicchitti, A. Addazi, Z. Berezhiani, DAMA annual modulation and mirror Dark Matter, *Eur. Phys. J. C* 77 (2017) 83
20. R. Bernabei et al., DAMA/LIBRA results and perspectives, *EPJ Web of Conferences* 136 (2017) 05001 2
21. R. Bernabei, P. Belli, F. Cappella, V. Caracciolo, R. Cerulli, F.A. Danevich, A. d'Angelo, A. Di Marco, A. Incicchitti, V.M. Mokina, D.V. Poda, O.G. Polischuk, C. Taruggi, V.I. Tretyak, ZnWO_4 anisotropic scintillator for Dark Matter investigation with the directionality technique, *EPJ Web of Conferences* 136 (2017) 05002 2
22. R. Bernabei et al., Recent results from DAMA/LIBRA-phase1 and perspectives, *Astronomical and Astrophysical Transactions (AApTr)* 30 (2017) 71

Molti membri della Collaborazione hanno inoltre partecipato, tra Giugno 2016 a luglio 2017, a numerosi Convegni Internazionali o hanno tenuto Seminari:

- Prof. R. Bernabei talk at V Galileo-Xu Guangqai Meeting, Chengdu, China, June 25-30, 2017
- Prof. R. Bernabei seminar at Fudan University, Shanghai, China, June 22, 2017
- Dr. P. Belli talk at Medex 2017, Prague, Czech Rep., May 28 - June 2, 2017
- Dr. R. Cerulli talk at Medex 2017, Prague, Czech Rep., May 28 - June 2, 2017
- Dr. V.I. Tretyak talk at Medex 2017, Prague, Czech Rep., May 28 - June 2, 2017
- Dr. O.G. Polischuk talk at Medex 2017, Prague, Czech Rep., May 28 - June 2, 2017
- Prof. R. Bernabei talk at 2nd International Workshop on Light Dark Matter @ Accelerators, LDMA 2017, Elba, Italy, 24-28 May 2017
- Dr. R. Cerulli talk at 13th Patras Workshop, Thessaloniki, Greece, May 14-19, 2017
- Dr. F. Cappella seminar at Universita' La Sapienza, Roma, Italy, March 27, 2017
- Dr. R. Cerulli seminar at GSSI, L'Aquila, Italy, January 11, 2017
- Dr. R. Cerulli seminar at Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain, December 20, 2016
- Dr. O. Polishchuk seminar at LNGS, Assergi, 24 November, 2016
- Prof. R. Bernabei talk at International Conference on New Trends in Physics, Budva, Becici (Montenegro), 2-8 October 2016

- Dr. V. Mokina talk at 5-th Int. Conf. on Engineering of scintillation materials and Radiation technologies, ISMART 2016, Minsk, Belarus, 26-30 September, 2016
- Dr. P. Belli talk at IDM 2016, Sheffield, UK, July 17-22, 2016
- Dr. R. Cerulli talk at IDM 2016, Sheffield, UK, July 17-22, 2016
- Dr. V. Caracciolo talk at BLED 2016, Bled, Slovenia, July 11-19, 2016
- Prof. R. Bernabei talk at 5th International Conference on New Frontiers in Physics ICNFP 2016, Kolymbari, Greece, 6-14 July 2016
- Dr. P. Belli talk at RICAP 2016, Frascati, Italy, June 21-24, 2016
- Dr. R. Cerulli talk at RICAP 2016, Frascati, Italy, June 21-24, 2016
- Prof. F. Danevich seminar at University of Roma "La Sapienza", Italia, June 6, 2016

Altre attività connesse a congressi sono:

- Nel 2016 R. Bernabei e P. Belli sono stati membri dell'*International Advisory Committee* della Conferenza Internazionale *Identification of Dark Matter 2016* (IDM2016), che si e' tenuta nel Regno Unito a luglio 2016.
- R. Bernabei e' membro dell'*International Advisory Committee* della Conferenza Internazionale TAUP2017.
- Dr. P. Belli e' *convener* della sezione dedicata alla ricerca diretta di Materia Oscura nella conferenza LDMA

R. Bernabei riassume poi alla Commissione i risultati ottenuti dal rivelatore DAMA/NAI, costituito da ~100 di cristalli NaI(Tl) altamente radiopuri:

- Prestazioni: N.Cim. A112 (1999) 545, EPJ C18 (2000) 283,
Riv.N.Cim. 26 (2003) 1, IJMP D13 (2004) 2127
- Risultati sui processi rari:
 - Possibili violazioni del principio di esclusione di Pauli
Phys.Lett. B408 (1997) 439
 - Processi con violazione della legge di conservazione della carica (Charge Non-Conserving, CNC)
PR C60 (1999) 065501
 - Stabilita' dell'elettrone e transizioni vietate dal principio di esclusione di Pauli in atomi di Iodio
Phys.Lett. B460 (1999) 235
 - Ricerca di Assioni Solari
Phys.Lett. B515 (2001) 6
 - Ricerca di Materia Esotica
EPJdirect C14 (2002) 1
 - Ricerca di materia nucleare superdensa
EPJ A23 (2005) 7
 - Ricerca di decadimenti di cluster pesanti
EPJ A24 (2005) 51
- Risultati sulle particelle di Materia Oscura:
 - PSD
Phys.Lett. B389 (1996) 757
 - Effetti diurni
N.Cim. A112 (1999) 1541
 - Ricerca di Materia Oscura esotica
PRL 83 (1999) 4918
 - Modulazione Annuale
Phys.Lett. B424 (1998) 195, Phys.Lett. B450 (1999) 448, PR D61 (1999) 023512,
Phys.Lett. B480 (2000) 23, EPJ C18 (2000) 283, Phys.Lett. B509 (2001) 197, EPJ
C23 (2002) 61, PR D66 (2002) 043503, Riv.N.Cim. 26 (2003) 1, IJMP D13 (2004)

2127, IJMP A21 (2006) 1445, EPJ C47 (2006) 263, IJMP A22 (2007) 3155, EPJ C53 (2008) 205, PR D77 (2008) 023506, MPL A23 (2008) 2125.

La fase di acquisizione con DAMA/NaI si e' conclusa nel mese di luglio 2002, e l'ultima versione dei dati risale al 2003. Ancora sta producendo risultati. DAMA/NaI, con una esposizione totale pari a 7 cicli annuali, corrispondenti a 0.29 ton x yr, ha ottenuto una evidenza, indipendente dal modello, dell'esistenza di una componente di particelle di Materia Oscura nell'alone galattico a livello di 6.3σ di C.L.

Lo sviluppo successivo, continua R. Bernabei, e' DAMA/LIBRA (Large sodium Iodide Bulk for Rare processes), con ~250 kg di cristalli di NaI(Tl). Come risultato di una attivita' R&D di seconda generazione per la messa a punto di nuove tecniche chimiche e fisiche di radiopurificazione, la contaminazione residua nel nuovo rivelatore DAMA/LIBRA NaI(Tl), per ^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K e' a livello di 10^{-12} g/g. Tutte le operazioni che coinvolgono i cristalli ed i fotomoltiplicatori vengono effettuati in atmosfera di Azoto ad alta purezza. I risultati ottenuti sono documentati dalle molte pubblicazioni:

- Radiopurezza, prestazioni, procedure, ecc.:
NIM A592 (2008) 297, JINST 7 (2012) 03009
- Risultati sulle particelle di Materia Oscura:
 - Modulazione Annuale: EPJ C56 (2008) 333, EPJ C67 (2010) 39, EPJ C73 (2013) 2648
 - Altri Risultati:
PR D84 (2011) 055014, EPJ C72 (2012) 2064, IJMP A28 (2013) 1330022, EPJ C74 (2014) 2827, EPJ C75 (2015) 239, EPJ C75 (2015) 400, IJMP A31 (2016) n. 31, EPJ C77 (2017) 83
- Risultati sui processi rari:
 - Violazioni PEP in Na, I: EPJ C62 (2009) 327
 - Violazioni della conservazione della carica (Charge Non-Conserving, CNC) in I: EPJ C72 (2012) 1920
 - IPP in ^{241}Am : EPJ A49 (2013) 64

R. Bernabei illustra poi brevemente le attivita' principali di DAMA/LIBRA nel periodo 2016–2017:

- 1) A settembre 2016 DAMA/LIBRA-fase2 ha concluso l'acquisizione dei dati relativi al quinto ciclo annuale ed ha iniziato la presa dati del sesto ciclo annuale, che e' attualmente in fase di completamento.
- 2) E' stato pubblicato uno studio della modulazione annuale del segnale di materia Oscura, nell'ambito dello scenario della "*symmetric mirror dark matter*", utilizzando i dati di DAMA/LIBRA-fase1
- 3) Sono in corso studi su altre caratteristiche della Materia Oscura, su effetti del secondo ordine e su numerosi altri processi rari, con lo scopo di raggiungere sensitivita' molto elevate, grazie al progressivo incremento dell'esposizione
- 4) Sono stati pubblicati numerosi Atti di Conferenze con i risultati gia' rilasciati di DAMA/LIBRA-fase1.
- 5) Continuano gli studi per ulteriori misure con prese-dati dedicate, allo scopo di investigare altri processi rari.

6) Sono in corso attività di R&D, in vista di un possibile DAMA/LIBRA-fase3.

R. Bernabei osserva come DAMA/LIBRA-fase2 possa giocare un ruolo unico in futuro, sia per studiare le caratteristiche della Materia Oscura che nella ricerca di processi rari. Nel programma scientifico di DAMA/LIBRA, continua R. Bernabei, si è conclusa la fase 1, superando l'esposizione di 1 ton x yr, come riassunto nella seguente tabella:

	Periodo	Massa (kg)	Esposizione (kg x day)	($\alpha - \beta^2$)	
DAMA/LIBRA-1	9 Sett 2003 – 21 Lug 2004	232.8	51405	0.562	
DAMA/LIBRA-2	21 Lug 2004 – 28 Ott. 2005	232.8	52597	0.467	EPJ C56 (2008) 33
DAMA/LIBRA-3	28 Ott. 2005 – 18 Luglio 2006	232.8	39445	0.591	EPJ C67 (2010) 39
DAMA/LIBRA-4	19 Lug 2006 – 17 Luglio 2007	232.8	49377	0.541	EPJ C73 (2013) 26
DAMA/LIBRA-5	17 Lug 2007 – 29 Ago 2008	232.8	66105	0.468	
DAMA/LIBRA-6	12 Nov 2008 – 1 Sett 2009	242.5	58768	0.519	
DAMA/LIBRA-7	1 Sett 2009 – 8 Sett 2010	242.5	62098	0.515	
DAMA/LIBRA-fase1	9 Sett 2003 – 8 Sett 2010		379795 ≈ 1.04 ton x yr	0.518	
DAMA NaI + DAMA/LIBRA-fase1			1.33 ton x yr		

Le due fasi, DAMA/LIBRA-fase1 e DAMA/LIBRA-fase2, sono state condotte in accordo con il seguente programma di sviluppo:

- DAMA/LIBRA-fase1:
 - Primo *upgrade* a Settembre 2008:
 - sostituzione di alcuni PMT in atmosfera di Azoto ad alta purezza
 - nuovi *Digitizers* (U1063A Acqiris 1GS/s 8-bit Highspeed cPCI)
 - installazione del nuovo sistema di acquisizione (DAQ) con sistema di lettura ottico
- DAMA/LIBRA-fase2 (in acquisizione):
 - Secondo *upgrade* a fine 2010:
 - sostituzione di tutti i PMTs con altri ad elevata efficienza quantica, appositamente sviluppati
 - *Commissioning* nel 2011. Scopo: abbassare la soglia di energia *software*
 - Primavera 2012: installazione di nuovi preamplificatori e di speciali moduli di *trigger*. Ulteriori nuovi componenti nella catena di elettronica sono in fase di sviluppo.

R. Bernabei si sofferma poi sui risultati, indipendenti dal modello, relativi alla modulazione annuale: DAMA/NaI + DAMA/LIBRA-fase1 ha raggiunto una esposizione totale di T 487526 kg x day, corrispondente a 1.33 ton x yr. R. Bernabei mostra i risultati dei fit sulla modulazione annuale a singolo hit nella banda in energia 2-6 keV (EPJ C56 (2008) 333, EPJ C67 (2010) 39, EPJ C73 (2013) 2648) e conclude che i dati favoriscono la presenza di un andamento della modulazione con tutte le caratteristiche proprie delle particelle di Materia Oscura nell'alone galattico con un Livello di Confidenza pari a 9.2σ . Anche lo studio dei dati a multiplo hit, dove non si osserva modulazione,

continua R. Bernabei, offre una ulteriore forte indicazione a favore della presenza di particelle di materia oscura nell'alone galattico, escludendo qualsiasi effetto secondario legato all'hardware o alle procedure software o al fondo. La presenza della modulazione annuale e' stata osservata, con DAMA/NaI + DAMA/LIBRA-fase1, su 14 cicli annuali con un Livello di Confidenza di 9.3σ , con tutte le caratteristiche distintive della Materia Oscura, caratteristiche che sono tutte soddisfatte dai dati, come per 14 esperimenti indipendenti, ciascuno dei quali ha acquisito dati per 1 anno:

- 1) La distribuzione degli eventi di *singolo-hit* mostra una chiara modulazione con l'andamento di una cosinusoidale, come ci si aspetta nel caso di un segnale di materia oscura;
- 2) Il periodo misurato e' pari a (0.998 ± 0.002) yr, ben compatibile con il periodo di un anno;
- 3) La fase misurata, (144 ± 7) days, e' ben compatibile con il valore approssimativo di circa 152.5 days che ci si attende dal segnale di Materia oscura
- 4) La modulazione e' presente solo nella regione a bassa energia, nell'intervallo (2-6) keV, e non nelle altre regioni di piu' alta energia, consistentemente con quanto ci si attende dal segnale di Materia oscura
- 5) La modulazione e' presente solo negli eventi a *singolo-hit*, mentre e' assente negli eventi a *multiplo-hit*, come ci si attende per il segnale di Materia Oscura;
- 6) L'ampiezza della modulazione misurata dai cristalli NaI(Tl) per gli eventi a *singolo-hit* nella regione di energia (2-6) keV e' pari a (0.0112 ± 0.0012) cpd/kg/keV, a 9.3σ di C.L.

Nessun processo sistematico o secondario, osserva R. Bernabei, potrebbe soddisfare tutte le diverse caratteristiche specifiche e simulare la modulazione di ampiezza misurata, che e' invece compatibile con molti candidati in diversi scenari astrofisici, nucleari e di fisica delle particelle:

- Neutralino come LSP in diverse teorie supersimmetriche (SUSY)
- Molti tipi di candidati di WIMP, con diversi tipi di interazione (*pure SI, pure SD, mixed + Migdal effect + channeling*), con massa da piccola a grande
- WIMP principalmente con *scattering* inelastico
- *Mirror Dark Matter*
- Materia Oscura leggera
- ν pesante di una quarta famiglia
- Bosone leggero pseudoscalar, scalare o *mixed*, con interazione *axion-like*
- Materia Oscura (inclusi alcuni scenari per le WIMP) che interagiscono con l'elettrone
- Neutrini sterili
- *Self interaction Dark Matter*
- Buchi Neri Elementari come i *Daemons*
- Candidati altamente esotici, come una "quarta famiglia di atomi", ...
- Particelle di Kaluza Klein
- ... e molti altri

R. Bernabei passa poi ad esaminare i confronti tra i risultati sulla Materia Oscura ottenuti da diversi esperimenti, nella forma di un grafico bidimensionale sezione d'urto WIMP-nucleone .vs. Massa della WIMP, e si chiede se tale rappresentazione sia un approccio "universale" e "corretto" per affrontare il problema del confronto e della Materia Oscura. Secondo R. Bernabei non e' cosi', e si tratta di un esercizio largamente arbitrario e parziale. Per un confronto e per una interpretazione, ed a questo proposito cita una serie di pubblicazioni (Riv.N.Cim. 26 (2003) 1, IJMP D13 (2004) 2127, EPJ C47 (2006) 263, IJMP A21 (2006) 1445, EPJ C56 (2008) 333, PR D84 (2011) 055014, JMP A28 (2013) 1330022), sarebbe necessario tenere presenti:

- I modelli
 - Quale particella?
 - Quale accoppiamento nell'interazione?
 - Quali operatori EFT contribuiscono?
 - Quali sono i Fattori di Forma di ciascun materiale-bersaglio?
 - Quale Fattore di Spin??
 - Nell'ambito di quale modello nucleare?
 - Quale legge di *scaling*?
 - Quale modello di alone, con quale profilo e con quali parametri?
 - Streams?
 - ...
- Gli aspetti sperimentali
 - Esposizione
 - Soglia in energia
 - Risposta del rivelatore (phe/keV)
 - Scala di Energia e Risoluzione in Energia
 - Calibrazioni
 - Stabilita' di tutte le condizioni operative.
 - Selezioni dei rivelatori e dei dati.
 - Procedure di sottrazione/reiezione e stabilita' nel tempo di tutte le finestre selezionate e delle quantita' relative
 - Efficienze
 - Definizione di un volume fiduciale e non-uniformita'
 - Fattori di *Quenching, channeling*
 - ...

Le incertezze nei parametri sperimentali, continua R. Bernabei, cosi' come le necessarie assunzioni sui vari aspetti correlati a livello astrofisico, nucleare e di fisica delle particelle, influenzano in varia misura tutti i risultati, sia in termini di grafici di esclusione che in termini di regioni o volumi permessi. Per questo motivo i paragoni con un fissato insieme di assunzioni e parametri sono intrinsecamente fortemente incerti. Nessun esperimento puo', almeno in principio, essere paragonato in un modo indipendente dal modello con DAMA.

Quale esempio, R. Bernabei discute il confronto con i dati di CoGeNT, analizza in dettaglio il plot di esclusione (cfr. PR D84 (2011) 055014, IJMP A28 (2013) 1330022) e conclude con alcune osservazioni:

- Tenere conto delle distribuzioni in velocità e delle incertezze.
- La regione di DAMA rappresenta il dominio dove la funzione di *likelihood* differisce per più di 7.5σ dall'ipotesi di assenza di modulazione
- Per CoGeNT è stato assunto un valore fissato per il fattore di *quenching* e un fattore di forma di Helm con parametri fissati.
- La regione di CoGeNT include configurazioni la cui funzione di *likelihood* differisce per più di 1.6σ dall'ipotesi di assenza di modulazione. Questo corrisponde approssimativamente al 90% di C.L. ad un segnale non nullo.

R. Bernabei discute poi più brevemente altri esempi, citando anche alcune pubblicazioni a cui fare riferimento, e che possono essere così riassunti:

- Comprensione approfondita di tutto lo spazio dei possibili parametri
 - *Talk* di S. Scopel nella sessione DM2 della Conferenza MG14
- Materia Oscura con interazione inelastica dominante
 - *Fund. Phys.* 40 (2010) 900
- Interazione della Materia oscura con i nuclei di Tallio nei cristalli the NaI(Tl) dopati
 - *PRL* 106 (2011) 011301
- *Mirror Dark Matter*
 - *EPJ C*75 (2015) 400; *EPJ C*77 (2017) 83

Successivamente R. Bernabei si sofferma sulla relazione tra la modulazione annuale misurata da DAMA ed il modello *Symmetric Mirror Matter*, ed anche ora cita al riguardo un recente lavoro, (*Eur. Phys. J. C*77 (2017) 83). R. Barnabei riassume le caratteristiche principali del modello e mostra quali sono i valori attesi della fase per il segnale di modulazione annuale e la regione delle direzioni della velocità dell'alone, in coordinate galattiche, che fornisce una fase compatibile, entro 3σ , con la fase misurata da DAMA. R. Bernabei sottolinea come molte configurazioni e modelli di alone favoriti dalla modulazione annuale misurata da DAMA corrispondano a valori delle costanti di accoppiamento del modello ben compatibili con i vincoli cosmologici.

R. Bernabei passa poi a descrivere DAMA/LIBRA-fase2: dopo un periodo di test e di ottimizzazioni, l'apparato è ora in acquisizione in questa nuova configurazione, descritta anche in due recenti pubblicazioni, *JINST* 7 (2012) P03009 e *IJMP A*28 (2013) 1330022. A novembre-dicembre 2010, tutti i fotomoltiplicatori sono stati sostituiti con un modello ad alta efficienza quantica (DAMA/LIBRA-fase1: 5.5-7.5 ph.e./keV; DAMA/LIBRA-fase2: 6-10 ph.e./keV). Con la fase DAMA/LIBRA-fase2 è ora possibile:

- Studiare la natura delle particelle e le loro caratteristiche, dal punto di vista astrofisico, nucleare e di fisica delle particelle e studiare effetti di secondo ordine
- Periodi di acquisizione di dati ad altri processi rari
- R&D in corso in vista di una futura fase3

Le caratteristiche delle due fasi dell'apparato vengono così riassunte da R. Bernabei:

- DAMA/LIBRA-fase1:

- Inziata nel 2003
- A Settembre–Ottobre 2008:
 - 1) Ottimizzazione di alcuni PMT e del sistema HV
 - 2) Installazione di nuovi TD
(U1063A Acqiris 8-bit 1GS/s DC270 High-Speed cPCI Digitizers)
 - 3) Installazione di un nuovo sistema di acquisizione (DAQ) con lettura ottica.
- Terminata a Settembre 2010
- DAMA/LIBRA-fase2:
 - Autunno 2010:
 - 1) Sostituzione di tutti fotomoltiplicatori con altri a piu' alta Efficienza Quantica, appositamente sviluppati con l'Hamamatsu
 - Iniziata a Dicembre 2010
 - 1) Dicembre 2010 – Gennaio 2011: *commissioning*
 - Autunno 2012:
 - 1) Installati nuovi pre-amplificatori
 - 2) Speciali moduli di *trigger*
 - Altri sviluppi in corso
 - Attualmente in acquisizione

R. Bernabei si sofferma poi sulla sensitivita' nella misura della modulazione annuale, mostrando come molti dei fattori che intervengono nell'espressione della sensitivita' (ϵ , ΔE , T) siano stati incrementati nel passaggio dalla fase 1 alla fase 2 e ricorda che:

- DAMA/LIBRA-fase2 e' equivalente ad aver aumentato la massa esposta
- La segnatura della modulazione annuale della materia oscura agisce essa stessa come una efficace strategia di riduzione del rumore di fondo, come gia' mostrato nell'articolo di Freese et al.
- Non e' disponibile nessun processo sistematico o secondario capace di soddisfare simultaneamente tutte le caratteristiche dell'intera modulazione annuale misurata

L'elevata esposizione e la bassa soglia, precisa R. Bernabei, permettono di condurre ulteriori analisi. L'importanza di studiare effetti di secondo ordine risiede nella possibilita' di investigare:

- la natura delle particelle di Materia Oscura
 - possibilita' di distinguere tra diversi modelli astrofisici, nucleari e di fisica delle particelle (nature dei candidati, accoppiamenti, fattori di forma, fattori di spin ...)
 - leggi di *scaling* e sezioni d'urto
 - alone di particelle di Materia Oscura a piu' componenti?
- possibili effetti diurni nel tempo siderale
 - attesi nel caso di candidati di Materia Oscura con elevate sezioni d'urto (ombra della Terra)
 - contributo dovuto alla velocita' di rotazione della Terra (questo vale per un'ampia gamma di candidati di Materia Oscura)
 - dovuti ad effetti di *channeling* nel caso di candidati di materia oscura che inducono rinculi nucleari.

- i modelli astrofisici
 - distribuzioni di velocita' e spaziali delle particelle di Materia oscura nell'alone galattico

"DAMA/LIBRA-fase2, con una piu' bassa soglia in energia, pemette di compiere un passo avanti nella direzione di questi studi.

I dati raccolti da DAMA/LIBRA-fase2 sono riassunti nella seguente tabella:

Ciclo Annuale	Periodo	Massa (kg)	Esposizione (kg · day)	(α - β^2)
1	Dic. 2010 – Sett. 2011		<i>Commissioning</i>	
2	2 Nov. 2011 – 11 Sett. 2012	242.5	62917	0.519
3	8 Oct. 2012 – 2 Sett. 2013	242.5	60586	0.534
4	8 Sett. 2013 – 1 Sett. 2014	242.5	73792	0.479
5	1 Sett. 2014 – 9 Sett. 2015	242.5	71180	0.486
6	10 Sett. 2015 – 24Ago. 2016	242.5	67527	0.522
7	Sett 2016 –	242.5	in acquisizione	

L'esposizione nei primi 5 cicli annuali di DAMA/LIBRA-fase2 corrispondono a 0,92 ton x yr e l'esposizione attesa nei primi 6 cicli annuali e' di $\approx 1,1$ ton x yr

R. Bernabei sottolinea l'importanza dei parametri di stabilita' dei primi cinque cicli di DAMA/LIBRA-fase2 e precisa che le condizioni di funzionamento dell'apparato, chiarisce R. Bernabei, sono stabili al meglio dell'1% anche nel nuovo periodo di acquisizione, come riassunto nella seguente tabella:

	DAMA/LIBRA fase2_2	DAMA/LIBRA fase2_3	DAMA/LIBRA fase2_4	DAMA/LIBRA fase2_5	DAMA/LIBRA fase2_6	DAMA/LIBRA fase2_7
Temperatura (°C)	(0.0012 \pm 0.0051)	-(0.0002 \pm 0.0049)	-(0.0003 \pm 0.0031)	(0.0009 \pm 0.0050)	(0.0018 \pm 0.0036)	running
Flusso N ₂ (l/h)	-(0.15 \pm 0.18)	-(0.02 \pm 0.22)	-(0.02 \pm 0.12)	-(0.02 \pm 0.14)	-(0.01 \pm 0.10)	"
Pressione (mbar)	(1.1 \pm 0.9) 10 ⁻³	(0.2 \pm 1.1) 10 ⁻³	(2.4 \pm 5.4) 10 ⁻³	(0.6 \pm 6.2) 10 ⁻³	(1.5 \pm 6.3) 10 ⁻³	"
Radon (Bq/m ³)	(0.015 \pm 0.034)	-(0.002 \pm 0.050)	-(0.009 \pm 0.028)	-(0.044 \pm 0.050)	(0.082 \pm 0.086)	"
Rate hardware sopra il singolo ph.e. (Hz)	-(0.12 \pm 0.16) 10 ⁻²	(0.00 \pm 0.12) 10 ⁻²	-(0.14 \pm 0.22) 10 ⁻²	-(0.05 \pm 0.22) 10 ⁻²	-(0.06 \pm 0.16) 10 ⁻²	"

Tutte le ampiezze misurate sono compatibili con zero e nessuna di esse puo' simulare l'effetto di modulazione annuale: per simulare l'effetto di modulazione annuale, gli effetti spuri o secondari dovrebbero non soltanto essere responsabili dell'intera modulazione annuale osservata, ma anche soddisfare tutte le 6 richieste.

R. Bernabei mostra poi alla Commissione alcuni grafici dell'andamento di questi parametri (Temperatura di Operazione, Flusso, Pressione dell'N₂ ad alta purezza nella parte interna di rame, Radon nella parte esterna allo schermo (dopo il Supronyl), Rate hardware al di sopra il singolo ph.e.), a conferma della stabilita' del rivelatore a livello inferiore all'1%. I contributi dei diversi effetti vengono ulteriormente illustrati da R. Bernabei.

- Temperatura in DAMA/LIBRA-fase2
 - Il contenitore in rame del rivelatore e' a contatto diretto con lo schermo multi-tonnellate (enorme capacita' termica, $\approx 10^6$ cal/°C Detectors in Cu housings directly in contact with multi-ton shield --> huge heat capacity (!)
 - L'installazione sperimentale e' condizionato ininterrottamente, con due sistemi indipendenti per ridondanza
 - La temperatura T a cui opera il rivelatore e' continuamente monitorata
 - L'ampiezza della modulazione annuale T della temperatura T a cui opera il rivelatore e' ben compatibile con zero
 - Un effetto delle temperatura e' da escludere
 - Inoltre ogni possibile modulazione dovuta alla temperatura non potrebbe soddisfare tutte le caratteristiche della segnatura di Materia Oscura
- Rate sopra i 6 keV
 - Assenza di modulazione sopra 6 keV
 - Questo tiene in considerazione tutte le sorgenti di fondo ed e' consistente con gli studi sulle diverse componenti
- Radon
 - Un sistema a tre livelli esclude il Radon dal rivelatore:
 - Le pareti ed il pavimento dell'installazione interna sono sigillate con Supronyl, che ha una permeabilita' pari a $2 \cdot 10^{-11}$ cm²/s.
 - L'intera schermatura in plexiglas e' mantenuta in atmosfera di Azoto ad alta purezza, in leggera sovrappressione rispetto all'ambiente Whole shield in plexiglas box maintained in HP Nitrogen atmosphere in slight overpressure with respect to environment
 - I rivelatori nella parte interna del contenitore in Rame sono in atmosfera di Azoto ad alta purezza in leggera sovrappressione rispetto all'ambiente da molti anni
 - I valori della concentrazione di radon sono a livello della sensitivita' degli attuali misuratori di radon
 - Vengono effettuate misure sull'atmosfera di Azoto ad alta purezza nel contenitore in Rame
 - Assenza di modulazione del tipo Materia Oscura nel Radon esterno, nel flusso di Azoto ad alta purezza e nel contenitore interno in rame
 - Un effetto dovuto al radon e' da escludere
 - Inoltre ogni possibile modulazione dovuta al Radon non potrebbe soddisfare tutte le caratteristiche della segnatura di Materia Oscura
- Rumore
 - Nonostante la buona identificazione del rumore vicino alla soglia in energia e la finestra molto stretta di accettazione degli eventi, il ruolo di una ipotetica coda di rumore negli eventi e' stata studiata in maniera quantitativa
 - L'ampiezza di modulazione del *Rate Hardware* (periodo e fase come per le particelle di materia oscura) e' compatibile con zero
- Fattori di calibrazione

- Il fattore di calibrazione in energia per ciascun rivelatore e' noto con incertezza $\ll 1\%$ durante tutta la fase di acquisizione
- L'effetto e' trascurabile considerando le procedure di calibrazione e la risoluzione a bassa energia
- Confirmation from MC: maximum relative contribution $< 1 - 2 \times 10^{-4}$ cpd/kg/keV gaussian behaviours
- Assenza di modulazione dovuta ai fattori di calibrazione
- Inoltre questo effetto non potrebbe riprodurre la segnatura di Materia Oscura
- Le efficienze
 - Studio delle distribuzioni delle variazioni dei valori delle efficienze rispetto al loro valore medio durante il periodo di acquisizione di DAMA/LIBRA-fase2 ($\sigma=0.3\%$ per $E=1-8$ keV)
 - L'Ampiezza di una eventuale modulazione dovuta a variazione dei valori delle efficienze e' ben compatibile con zero
 - Inoltre questo effetto non potrebbe riprodurre la segnatura di Materia Oscura

R. Bernabei mostra poi una tabella con i valori delle ampiezze della modulazione ottenuta fittando l'andamento temporale delle efficienze con una modulazione sinusoidale come per il segnale di Materia Oscura, suddivisa in quattro bande di energia e per diversi periodi di acquisizione durante DAMA/LIBRA-fase2, a conferma che il valore misurato e' ben compatibile con zero.

Tutti gli effetti sistematici o secondari, conclude R. Bernabei, sono stati studiati dalla Collaborazione, come descritto in diverse pubblicazioni (NIM A592 (2008) 297, EPJ C56 (2008) 333, J. Phys. Conf. ser. 203 (2010) 012040, arXiv:0912.0660, S.I.F. Atti Conf.103 (211), Can. J. Phys. 89 (2011) 11, Phys.Proc.37 (2012) 1095, EPJ C72 (2012) 2064, arxiv:1210.6199 & 1211.6346, IJMPA28(2013)1330022, EPJ C74 (2014) 3196) ed in sintesi sono riassunti nella seguente tabella:

Sorgente	Commento	Limite Superiore (90% C.L.)
RADON	Contenitore in Rame sigillato in atmosfera di Azoto ad alta purezza, tre livelli di isolamento, ecc.	$< 2.5 \cdot 10^{-6}$ cpd/kg/keV
TEMPERATURA	L'installazione si trova in aria condizionata + I rivelatori sono in un contenitore di rame a contatto con schermi multi-tonnellate (enorme capacita' termica) + la Temperatura T e' continuamente monitorata	$< 10^{-4}$ cpd/kg/keV
RUMORE	Efficace reiezione completa del rumore vicino alla soglia	$< 10^{-4}$ cpd/kg/keV
CALIBRAZIONE IN ENERGIA	Procedure di Calibrazione + Calibrazioni intrinseche	$< (1-2) \cdot 10^{-4}$ cpd/kg/keV
EFFICIENZE	Misurate con regolarita' da calibrazioni dedicate	$< 10^{-4}$ cpd/kg/keV
RUMORE DI FONDO	Assenza di modulazione sopra 6 keV; Assenza di modulazione negli eventi a multiplo-hits nella regione (2-6) keV;	$< 10^{-4}$ cpd/kg/keV

	Questo limite include tutte le possibili sorgenti di rumore	
EFFETTI SECONDARI	Variazioni nel flusso di muoni misurato ai LNGS	$< 3 \cdot 10^{-5}$ cpd/kg/keV

Tutti questi effetti sistematici o secondari non possono soddisfare tutte le richieste della segnatura della Modulazione Annuale e quindi non possono simulare l'effetto di Modulazione Annuale osservato.

R. Bernabei passa poi ad illustrare alla Commissione le prospettive del nuovo sesto ciclo annuale di misure di DAMA/LIBRA-fase2, sottolineando l'importanza di studiare effetti del secondo ordine e la fase della modulazione annuale. Una elevata esposizione ed una piu' bassa soglia in energia permette uno studio ulteriore di:

- Modelli Astrofisici: studio delle caratteristiche dell'alone di Materia Oscura, effetti solari, *streams* di Materia oscura, utilizzando la misura della fase della modulazione annuale, che dipende da (cfr. PRL 112 (2014) 011301)
 - Presenza di streams (come SagDEG e Canis Major) nella Galassia, il cui effetto sulla fase dipende anche dal modello di alone galattico
 - Presenza di caustiche
 - Effetti del focheggiamento gravitazionale del Sole
- Possibili effetti diurni nel tempo siderale: aumento della sensitivita' per osservare l'effetto di modulazione giornaliera della Materia Oscura (cfr. EPJ C74 (2014) 2827)
 - Ci si aspetta un effetto diurno nel tempo siderale dovuto alla rotazione della Terra Earth rotation
 - Il rapporto Rdy della modulazione diurna rispetto alla modulazione annuale e' una costante indipendente dal modello
 - L'ampiezza della modulazione annuale osservata da DAMA/LIBRA-fase1 nell'intervallo di energia (2–6) keV e' (0.0097 ± 0.0013) cpd/kg/keV
 - Il valore atteso per l'ampiezza della modulazione diurna e' pertanto $\approx 1.5 \cdot 10^{-4}$ cpd/kg/keV.
 - Sufficiente sensitivita' alla modulazione diurna nel caso estremo del valore del segnale S_m della modulazione annuale $S_m(1-2 \text{ keV})-0.4$ cpd/kg/keV
- Natura dei candidati di materia Oscura: vincoli sulla natura dei candidati di Materia Oscura attraverso una misura di alta precisione l'ampiezza della modulazione sotto 2 keV
 - Differenti masse
 - Differenti costanti di accoppiamento
 - Differenti particelle

Il possibile sviluppo di DAMA/LIBRA-fase3 permetterebbe un ulteriore miglioramento del rivelatore:

- La raccolta di luce del rivelatore puo' essere ulteriormente incrementata
- La produzione di luce e le soglie in energia verrebbero di conseguenza migliorate
 - Il forte interesse per le basse energie suggerisce la possibilita' di un nuovo sviluppo di PNT ad alta efficienza quantica e radiopurezza migliorata, da accoppiare direttamente ai

cristalli di DAMA/LIBRA, rimuovendo la speciale guida di luce di quarzo radiopuro (Suprasil B), lunga 10 cm, che agisce anche come finestra ottica

- Le prestazioni attuali raggiunte per i PMT, ma non per lo stesso modello, sono:
 - Efficienza Quantica intorno a 35-40% @ 420 nm (luce da NaI(Tl))
 - radiopurezza a livello di 5 mBq/PMT (^{40}K), 3-4 mBq/PMT (^{232}Th), 3-4 mBq/PMT (^{238}U), 1 mBq/PMT (^{226}Ra), 2 mBq/PMT (^{60}Co).
- R&D per ottenere PMT che soddisfino le migliori prestazioni... fattibile
- Senza la necessita' di guide di luce:
 - 1) ci si aspetta un miglioramento del 30-40% nella raccolta di luce;
 - 2) meno materiale ed assenza di luce Cherenkov

R. Bernabei discute poi quali sono i possibili interessi scientifici di DAMA/LIBRA-fase3, nei tre ambiti già indicati per le attività della sesta modulazione annuale di DAMA/LIBRA-fase2: Modelli Astrofisici, Possibili effetti diurni nel tempo siderale, Natura dei candidati di Materia Oscura. Per ciò che si riferisce allo studio della Modulazione Diurna, R. Bernabei osserva come la sensitività richiesta potrebbe essere raggiunta con più di 1 ton x yr di esposizione (6 cicli annuali di fase 3 con una soglia di 0.5 keV) nel caso di un grande segnale al di sotto di 1 keV. La sensibilità necessaria per differenziare la natura delle particelle di materia oscura potrebbe essere sensibilmente migliorata con una soglia in energia sotto 1 keV.

R. Bernabei si sofferma poi brevemente su DAMA/LXe, uno scintillatore a puro Xenon liquido, che utilizza Xenon senza Krypton. Tra le sue caratteristiche, questa configurazione può operare con Xenon senza Krypton, arricchito in ^{129}Xe o in ^{134}Xe , ^{136}Xe . Nel periodo di interesse:

- Acquisizione dati sino a Dicembre 2015
- Manutenzione a Marzo 2016
- Acquisizione dati da April a December 2016
- Analisi in corso

Il *decommissioning* è previsto nel 2018.

R. Bernabei riassume poi i principali risultati ottenuti da DAMA nello studio dei processi rari:

- Risultati inediti o migliorati nella ricerca del decadimento 2β di ~30 isotopi candidati: ^{40}Ca , ^{46}Ca , ^{48}Ca , ^{64}Zn , ^{70}Zn , ^{100}Mo , ^{96}Ru , ^{104}Ru , ^{106}Cd , ^{108}Cd , ^{114}Cd , ^{116}Cd , ^{112}Sn , ^{124}Sn , ^{134}Xe , ^{136}Xe , ^{130}Ba , ^{136}Ce , ^{138}Ce , ^{142}Ce , ^{156}Dy , ^{158}Dy , ^{180}W , ^{186}W , ^{184}Os , ^{192}Os , ^{190}Pt and ^{198}Pt
- La miglior sensitività sperimentale per i decadimenti 2β con emissione di positroni
- Prima osservazione del decadimento α di ^{151}Eu ($T_{1/2}=5 \cdot 10^{18}$ yr) con scintillatore di $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ e di ^{190}Pt al primo livello eccitato ($E_{\text{exc}}=137.2$ keV) di ^{186}Os ($T_{1/2}=3 \cdot 10^{14}$ yr)
- Studio dei decadimenti β rari di ^{113}Cd ($T_{1/2}=8 \cdot 10^{15}$ yr), $^{113\text{m}}\text{Cd}$ con scintillatore CdWO_4 e di ^{48}Ca con un rivelatore $\text{CaF}_2(\text{Eu})$
- Osservazione di emissione correlata di coppie e^+e^- nel decadimento α dell' ^{241}Am ($A_{e^+e^-}/A_\alpha \approx 5 \cdot 10^{-9}$)
- Processi CNC in ^{127}I , ^{136}Xe , ^{100}Mo e ^{139}La ;
- Ricerca di assioni solari ^7Li utilizzando l'assorbimento risonante di cristalli di LiF
- Ricerca di transizioni spontanee di nuclei di ^{23}Na e ^{127}I in stati superdensi;
- Ricerca di decadimenti di cluster di ^{127}I , ^{138}La e ^{139}La

- Ricerca di processi che violano il Principio di esclusione di Pauli in Sodio e Iodio
- Ricerca di decadimenti di N, NN, NNN in canali invisibili in ^{129}Xe e ^{136}Xe

Molti altri sono attualmente in corso.

L'argomento successivo affrontato da R. Bernabei nel corso della sua presentazione riguarda il doppio decadimento beta, ed in relazione a questo tema mostra una lunga lista dei processi diversi $\beta\beta$ in diversi isotopi, studiati con l'apparato DAMA. Molti limiti competitivi sono stati ottenuti per le vite medie di processi $2\beta^+$, $e\beta^+$ e 2ε in diversi isotopi (^{40}Ca , ^{64}Zn , ^{96}Ru , ^{106}Cd , ^{108}Cd , ^{130}Ba , ^{136}Ce , ^{138}Ce , ^{180}W , ^{190}Pt , ^{184}Os , ^{156}Dy , ^{158}Dy , ...) mentre in altri casi si e' trattato della prima ricerca di decadimenti risonanti $0\nu 2\varepsilon$ in molti ipotesi. In particolare, R. Bernabei fa riferimento a due misure:

- ARMONIA
 - Nuova osservazione del decadimento $2\nu 2\beta^-$ $^{100}\text{Mo} \rightarrow ^{100}\text{Ru}$ (g.s. $\rightarrow 0_1^+$)
 - Nucl.Phys. A846 (2010) 143
- AURORA:
 - Nuova osservazione del decadimento $2\nu 2\beta^-$ del ^{116}Cd
 - Proc. 4-th Int. Conf. on Current Problems in Nucl. Phys. and At. Energy, NPAE-Kyiv2012, (2013) 353

Le *facilities*, continua R. Bernabei, che possono affrontare lo studio di queste tematiche sono DAMA/GeBer, DAMA/R&D, DAMA/Ge e LNGS STELLA, DAMA/CRYST, le cui prospettive attuali e future di indagine vengono così riassunte:

- Attualmente in corso
 - 1) Ricerca del decadimento 2β di ^{106}Cd per mezzo di scintillatori a cristalli di $^{106}\text{CdWO}_4$ arricchiti in ^{106}Cd . Ricerca di elementi superpesanti a lunga vita media.
 - 2) Ricerca del decadimento 2β di f ^{116}Cd per mezzo di scintillatori a cristalli di $^{116}\text{CdWO}_4$ arricchiti in ^{116}Cd .
 - 3) Ricerca del decadimento α e 2β dell'Osmio.
 - 4) Studio del decadimento 2β del ^{150}Nd a livelli eccitati di ^{150}Sm .
 - 5) Ricerca del decadimento doppio beta del Cerio.
 - 6) Studio del decadimento beta e della transizione isomerica nel $^{113\text{m}}\text{Cd}$.
- In preparazione
 - 1) Misure di precisione della vita media del ^{212}Po per mezzo di scintillatore liquido arricchito con Torio (valore tabulato $0.299(2) \mu\text{s}$).
 - 2) Studio della direzionalità per alcuni candidati di Materia oscura con scintillatori a cristalli di ZnWO_4 e di processi di decadimento $\beta\beta$.
 - 3) Ricerca di cattura risonante di due elettroni senza neutrini in ^{144}Sm , ^{162}Er and ^{168}Yb by HPGe in spettrometria γ con Ge ad alta purezza.
- R&D in corso e proposte (MoU già disponibile da tempo)
 - 1) R&D di scintillatore liquido arricchito con Radio, allo scopo di misurare la vita media del ^{214}Po half-life (valore tabulato $164.3(20) \mu\text{s}$) e di ricercare decadimenti non esponenziali del ^{214}Po .

- 2) Sviluppo di scintillatori radiopuri contenenti Neodimio, per studiare il doppio decadimento beta del $^{146,148,150}\text{Nd}$
- 3) R&D di gadolinio radiopuro contenente scintillatori a cristalli per lo studio del doppio decadimento β decay del ^{152}Gd and ^{160}Gd .
- 4) R&D di scintillatori di cristalli radiopuri di BaF_2 per lo studio del doppio decadimento β del ^{130}Ba e del ^{132}Ba a livello di sensitività $T_{1/2} \sim 10^{21}-10^{22}$ yr, allo scopo di confermare o di rigettare i risultati di esperimenti .

Le caratteristiche dell'attuale esperimento a scintillazione per lo studio del decadimento $\beta\beta$ e dei processi rari, DAMA/R&D, vengono così riassunte da R. Bernabei:

- Experiment per ricercare eventi di decadimento 2β nel ^{116}Cd , utilizzando rivelatori a scintillazione di $^{116}\text{CdWO}_4$ a basso fondo (1.16 kg), arricchiti in ^{116}Cd (all'82%).
 - $T_{1/2}(2\nu 2\beta) = [2.69 \pm 0.14(\text{syst.}) \pm 0.02(\text{stat.})] 10^{19}$ yr (il valore più accurato)
 - $T_{1/2}(0\nu 2\beta) \geq 2.4 10^{23}$ yr (il limite più stringente) \rightarrow $\langle m \rangle < (1.2 - 1.5)$ eV.
 - Nuovi limiti più stringenti per il decadimento $0\nu 2\beta$ del ^{116}Cd ai livelli eccitati dello ^{116}Sn : $\lim T_{1/2} \sim (4.1-6.3) 10^{22}$ yr.
 - La componente principale del rumore di fondo, dovuta al ^{228}Th , può essere ridotta di 35 volte per ricristallizzazione. Di conseguenza la sensitività dell'esperimento aumenta a $T_{1/2} \geq 5 10^{23}$ yr, in 5 anni di misure (J.Phys.Conf.Ser. 718 (2016) 062009)
 - I risultati verranno presto pubblicati
- ZnWO_4
 - Le nuove misure con 4 cristalli di ZnWO_4 altamente radiopure (due dei quali dopo ricristallizzazione) sono iniziate.
 - Stima della radioattività dei cristalli per ulteriori ricerche di direzionalità per alcuni candidati di Materia Oscura e per decadimenti $\beta\beta$ con scintillatori a cristalli di ZnWO_4 .
- Programmi futuri
 - Attualmente nuove misure con 4 ZnWO_4 ;
 - In corso le preparazioni per future misure
 - nuovo cristallo $\text{SrI}_2(\text{Eu})$; nuovo CdWO_4 arricchito; ZnWO_4 altamente radiopuro; ecc.)

Misure di processi rari e studi sul decadimento $\beta\beta$ vengono attualmente effettuate, continua R. Bernabei, anche con l'esperimento DAMA/CRYST:

- 1) Esperimento per la ricerca del decadimento 2β del ^{106}Cd , utilizzando scintillatore a cristalli di $^{106}\text{CdWO}_4$, arricchito in ^{106}Cd al 66%, in coincidenza con due grandi rivelatori CdWO_4 . Attualmente in acquisizione. Sensitività attesa dopo un anno di misure:
 - $2\nu 2\beta^+$ (g.s.): $T_{1/2} \approx 2 10^{21}$ yr,
 - $2\nu(0\nu)\epsilon\beta^+$ (g.s.): $T_{1/2} \approx 5 10^{21}$ yr
- 2) Cristalli di $^{116}\text{CdWO}_4$ e ZnWO_4 sono stati studiati per valutare la loro contaminazione radioattiva prima e dopo ricristallizzazione. È stato dimostrato il miglioramento della radiopurezza dello scintillatore di $^{116}\text{CdWO}_4$ arricchito in 10 volte (Torio) e in 3 volte (attività totale).

- 3) Studio dello spettro beta di ^{113m}Cd . Una tesi e' stata conclusa ed un articolo e' in preparazione. E' stato studiato l'effetto di un sottile (~ 0.5 mm) strato di U/Th sulla superficie degli scintillatori a cristallo di ZnWO_4 (NIM A833 (2016) 77).
- 4) Nuovo esperimento con $^{106}\text{CdWO}_4$ nella configurazione DAMA/Crys
 - o Nuovo esperimento con $^{106}\text{CdWO}_4$ in (anti)coincidenza con due grandi scintillatori di CdWO_4 , montati nella configurazione di DAMA/Crys
 - o Alta efficienza
 - o Esperimento in acquisizione da Maggio 2016

R. Bernabei mostra poi alla Commissione un grafico con lo spettro α ottenuto tramite l'analisi della forma dell'impulso (Pulse Shape Discrimination, PSD) con 3300 h di misura e con sovrapposti i fit delle diverse contaminazioni radioattive (^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{210}Th) ed in riferimento all'attivita' del ^{228}Th osserva che

- Il tempo di arrivo, l'energia e la forma dell'impulso di ciascun evento sono utilizzate per selezionare la catena di decadimento veloce del ^{228}Th nella sub-catena della famiglia del ^{232}Th
- L'attivita' del ^{228}Th in cristalli di $^{106}\text{CdWO}_4$ e' stato stimato in $5(1) \mu\text{Bq/kg}$
- E' stato anche stimato il rapporto α/γ e la risoluzione in energia per le particelle alfa.

Lo studio del decadimento $\beta\beta$ e dei processi rari viene anche condotto con gli esperimenti di spettroscopia γ a DAMA/Ge e con la facility STELLA:

- GeMulti
 - o 2.38 kg di Nd_2O_3 altamente purificato nello spettrometro γ GeMulti a 4 cristalli di Germanio ad elevata purezza, per studiare il decadimento 2β decay del ^{150}Nd a livelli eccitati di ^{150}Sm .
 - o Il potassio in Nd_2O_3 e' stato ridotto di 10 volte, il Ra di 2-3 volte
 - o Sensitivita' ($2\nu 2\beta$): $1.4 \cdot 10^{20}$ yr. L'esperimento e' in corso.
 - o The experiment with $^{106}\text{CdWO}_4$ in the same configuration has finished.
 - o Nuovi limiti sui processi 2β nel ^{106}Cd sono stati ottenuti a livello di $T_{1/2} > 10^{20} - 10^{21}$ yr
 - o Il limite sulla vita media di $2\varepsilon 2\nu$ e' $\lim T_{1/2} = 1.9 \cdot 10^{21}$ yr; raggiunta la regione delle predizioni teoriche (Phys.Rev. C93 (2016) 045502; J.Phys.Conf.Ser. 718 (2016) 062062)
- GeCris
 - o Dopo la purificazione addizionale del campione di CeO_2 (627 g) con un metodo di estrazione liquido-liquido per rimuovere Torio, una nuova fase dell'esperimento e' stata completata utilizzando il rivelatore al Germanio ad alta purezza GeCris (465 cm^3 , 2291 h), per studiare il decadimento 2β degli isotopi di Cerio.
 - o Nuovi limiti piu' stringenti sulla vita media sono stati ottenuti per differenti modi e canali dei decadimenti 2β del ^{136}Ce e del ^{138}Ce al livello di $T_{1/2} > 10^{17} - 10^{18}$ yr. Alcuni di questi limiti sono anche due ordini di grandezza migliori dei valori precedentemente noti. I risultati saranno pubblicati in autunno (EPJA).
- BEGe¹

¹ Alla data di approvazione del presente Verbale, l'articolo e' stato pubblicato: Eur.Phys.J. A53 (2017) 172.

- L'efficienza di rivelazione nella ricerca di decadimenti 2β dell'Osmio (e dei decadimenti α dell'Osmio a livelli eccitati dei nuclei figli) e' stata significativamente incrementata grazie al taglio delle bacchette di osmio in piani sottili (0.8-1 mm) e all'uso di rivelatori al Germanio Broad Energy alla facility STELLA ai LNGS.
- La purificazione di Er, Yb e Sm e' in corso, allo scopo di ricercare processi risonanti $0\nu 2\varepsilon$ in questi nuclei

R. Bernabei cita un'altra attivita' che viene svolta in questo periodo, misurando con un generatore di neutroni presso l'ENEA-Casaccia l'anisotropia del $ZnWO_4$ nella regione dei keV.

R. Bernabei si sofferma infine su alcune osservazioni conclusive sull'esperimento DAMA, che sta procedendo secondo i piani temporali previsti e che prevede di continuare secondo quanto descritto nel corso di questa presentazione:

- Molti risultati su molti processi rari con limitate risorse finanziarie
- Approccio unico allo studio della Materia Oscura, con un apparato da lungo tempo in un laboratorio sotterraneo ed il cui funzionamento e' stato verificato per piu' di dieci anni in tutti i suoi aspetti. Calibrazione all'energia *software* di soglia, buona risoluzione in energia, stabilita' ai livelli richiesti, ecc.
- Indagini approfondite sulle incertezze teoriche
- Limitate esigenze di spazio nel laboratorio sotterraneo
- Installazioni sicure
- ...

R. Bernabei conclude il suo intervento citando un aforisma di Einstein: "What a sad era when it is easier to smash an atom than a prejudice".

Al termine della presentazione di R. Bernabei, M. Pallavicini osserva come appaia opportuno avviare il dibattito sulla continuazione di DAMA, poiche' nel 2017 si concludera' il sesto anno di misure. La Modulazione e' il dato importante, ma, per la continuazione dell'esperimento, e' necessario che i nuovi dati siano analizzati e pubblicati entro settembre 2018.

R. Bernabei sottolinea di avere mostrato tutti i dati attualmente disponibili ed analizzati.

M. Pallavicini osserva anche come la discussione debba essere coordinata nell'ambito del Comitato Scientifico del Gran Sasso, per arrivare ad una scelta condivisa sul futuro di Dama Libra. R. Bernabei sottolinea come il discorso sia gia' stato avviato con il Comitato Scientifico, che gia' nel 2014 ha chiesto alla Collaborazione un programma di organizzazione temporale di ciascun apparato.

M. Pallavicini precisa che nella sessione di settembre DAMA LIBRA verra' quasi certamente approvato per il 2018, in attesa di una decisione ulteriore per gli anni successivi, quando sara' pubblicata l'analisi dei nuovi dati.

Risultati di XENON1T e Prospettive di XENONnT

M. Selvi presenta il report dell'esperimento Xenon1T e le prospettive per XenonnT. La Collaborazione Xenon, di cui M. Selvi e' responsabile Nazionale, e' costituita da ~ 130 ricercatori provenienti da 22 paesi.

All'inizio del suo intervento, M. Selvi riassume alcune proprieta' del rivelatore Xenon, che si prefigge la rivelazione diretta di WIMP attraverso le loro collisioni elastiche su nuclei di Xenon:

- Alto A: elevato numero di interazioni
- Auto schermante: alto $Z=54$ ed elevata densita', $\rho=2.83$ kg/l
- Scalabilita': possibilita' di costruire rivelatori compatti, scalabili a piu' grandi dimensioni
- Isotopi a numero dispari di nucleoni: alto $A=131$ con ~50% di isotopi dispari. Adatto per SD.
- Lunghezza d'onda 178 nm: non e' necessario un *wavelength shifter*
- Intrinsecamente puro: ^{136}Xe ha una rate molto piccola di decadimento; il Kr puo' essere rimosso sino a livelli $< \text{ppt}$
- Carica & luce: lo Xenon ha il piu' alto fattore di produzione tra i liquidi nobili
- Criogenia "semplice": -100 °C
- Rate atteso
 - 18 evts/100-kg/year per $E_{\text{th}} = 5$ keVnr
 - 8 evts/100-kg/year per $E_{\text{th}} = 15$ keVnr

Il rivelatore e' costituito da una TPC a doppia fase, LXe e GXe: la ricostruzione in tre dimensioni e' possibile utilizzando il tempo di deriva ed i segnali nella matrice di fotomoltiplicatori sopra il rivelatore, mentre il rapporto tra l'impiezza S1 del segnale nella fase liquida ed il segnale S2 nella fase gassosa permette di discriminare tra rinculi nucleari (Nuclear Recoil, NR) e rinculi elettromagnetici (Electromagnetic Recoil, ER). M. Selvi riassume brevemente le fasi del programma Xenon:

- XENON10
 - 2005-2007
 - 15 cm drift TPC – 25 kg
 - Raggiunta (2007) $\sigma_{\text{SI}} = 8.8 \cdot 10^{-44} \text{ cm}^2$
- XENON100
 - 2008-2016
 - 30 cm drift TPC – 161 kg
 - Raggiunta (2016) $\sigma_{\text{SI}} = 1.1 \cdot 10^{-45} \text{ cm}^2$
- XENON1T / XENONnT
 - 2013-2018 / 2019-2023
 - 100 cm / 144 cm drift TPC - 3200 kg / ~8000 kg
 - In progetto (2018) / (2023) $\sigma_{\text{SI}} = 1.6 \cdot 10^{-47} / 1.6 \cdot 10^{-48} \text{ cm}^2$

M. Selvi passa poi a descrivere il rivelatore Xenon1t, installato nel 2013 nella Hall B dei LNGS, le cui caratteristiche principali sono:

- TPC
 - 1m x 1m
 - LXe mass: 3.2 t (total), 2 t (active).
 - Internal part fully covered with high reflectivity PTFE.
 - Electric field: 120 V/cm.
- PMTs
 - Hamamatsu R11410-21 (127 top, 121 bottom).
 - Average QE= 34% @178 nm,
 - Gain = 5 10⁶ @ 1.5 kV
 - Low radioactivity components. Eur. Phys. J. C75 (2015) 546
- Xenon Plants
 - ReStoX (Recovery/Storage)
 - Distillation
 - Purification
 - Cryogenic
 - Cryostat

M. Selvi illustra poi alla Commissione alcuni aspetti relativi al controllo delle condizioni in cui opera il rivelatore:

- stabilita' del rivelatore
 - Temperatura dello Xenon in fase liquida stabile a -96.27 °C, RMS 0.04 °C
 - Pressione dello Xenon in fase gassosa stabile a 1.934 bar, RMS 0.001 bar
- Purificazione dello Xe
 - Obiettivo:
 - Rimuovere le impurita' elettronegative al di sotto di 1 ppb nel gas Xenon
 - Prestazioni:
 - evoluzione della vita media degli elettroni, monitorata regolarmente con sorgenti di calibrazione con rinculi elettromagnetici, ben descritte da modelli fisici.
 - I valori correnti si avvicinano al massimo valore del tempo di drift della TPC a Xenon liquido.
- *Cherenkov Muon Veto*
 - Schermo attivo per i muoni
 - 84 PMTs Hamamatsu R5912 da 8" ad alta Efficienza Quantica
 - Efficienza di trigger > 99.5% per neutroni accompagnati da muoni in acqua
 - Puo' sopprimere il fondo cosmogenico ad un livello < 0.01 events/ton/year
 - Assenza di coincidenze con gli eventi nella TPC in questo run di acquisizione

M. Selvi mostra poi alla Commissione alcuni esempi di forme d'onda dei segnali rivelati nell'apparato e passa a discutere il problema del fondo dovuto a rinculi elettromagnetici (ER) e le tecniche di riduzione della contaminazione da Kr, i cui aspetti piu' importanti possono essere cosi' riassunti:

- Predizioni delle simulazioni MC: il fondo da eventi ER dovuti ai materiali e' trascurabile nel volume fiduciale di 1t.
- Assunzioni MC sul fondo intrinseco:
 - 0.2 ppt di ^{nat}Kr (valore raggiunto nei test della colonna di distillazione di XENON1T),
 - $10 \mu\text{Bq/kg}$ of ^{222}Rn (stima basata sulle misure di emanazione del Rn).
 - "Physics reach of the XENON1T dark matter experiment", JCAP 1604 (2016) 027
- ^{222}Rn (principalmente dal decadimento β del ^{214}Pb) e' la sorgente piu' importante di fondo di eventi ER in gran parte della TPC.
- Riduzione del Kr
 - "Removing Krypton from Xenon by cryogenic distillation to the ppq level", Eur. Phys. J. C77 (2017) no.5, 275 & arXiv:1702.06942
 - Si e' passati da un regime dominato dal ^{85}Kr (settembre-ottobre 2016) ad uno dominato dal ^{222}Rn (da novembre-dicembre 2016)
- Fondo di rinculi elettromagnetici (ER)
 - Misurato: $(1.93 \pm 0.25) 10^{-4}$ events / (kg day keV)
 - Previsto (considerando il valore medio di 1.5 ppt di Kr nel primo run): $(2.3 \pm 0.2) 10^{-4}$ events / (kg day keV)

M. Selvi sottolinea come si tratti del valore piu' basso del fondo da rinculi elettromagnetici (ER) mai raggiunto in un rivelatore per Materia Oscura.

Il piano di sviluppo temporale dell'esperimento viene cosi' sintetizzato da M. Selvi:

- Ottobre 2016
 - AmBe
Prima calibrazione di eventi di rinculo nucleare (NR) con sorgente a 4 Hz per 20 giorni
- Novembre 2016
 - ^{83m}Kr
Calibrazioni per determinare la risposta del rivelatore a S1 e S2
- Dicembre 2016
 - Buone condizioni
I filtri riducono il rumore elettronico e il livello di ^{85}Kr diminuisce
 - Inizio
Avvio delle misure
 - ^{200}Rn
Calibrazioni per eventi di rinculo elettromagnetico (ER)
- Gennaio 2017
 - Terremoto
Le misure sono interrotte, a motivo degli effetti del terremoto sul rivelatore
- Febbraio 2017
 - Nuovo Run
Le condizioni permettono di avviare il nuovo run

La vita media del sistema di acquisizione (DAQ lifetime) e' pari al 92%.

Nel periodo precedente al terremoto, il run di acquisizione dati a scopi scientifici (*science run*, SR0) ha avuto una durata pari a 34.2 live-days ed i dati sono stati analizzati. Il run SR1, successivo al terremoto del 18 gennaio 2017 ha una durata >80 live-days ed i dati vengono ora analizzati con la procedura della *blinded analysis*.

M. Selvi discute poi alcuni aspetti legati all'analisi dei dati del primo periodo, SR0, iniziando con alcune osservazioni relative alle prestazioni del rivelatore e alle calibrazioni:

- Risposta in Energia
 - Eccellente linearita' nella risposta in energia al rinculo elettronico da 40 keV a 2.2 MeV
 - Efficienza di rivelazione di luce pari a $12.5 \pm 0.6\%$
 - Il fattore di amplificazione nel gas corrisponde a $\sim 100\%$ di estrazione di carica dalla fase liquida.
- Stabilita' della produzione (*Yield*) di Luce e di Carica
 - Da misure su ^{83m}Kr e ^{131m}Xe , le variazioni sulla resa in luce (*Light Yield*) e in carica (*Charge Yield*) sono a livello di $\sim 1\%$.
- Correzione del Segnale
 - Mappa della resa in carica (*Charge Yield*) per segnali S2
 - Mappe dettagliate della resa in luce (*Light Yield*)
- Calibrazioni con ^{220}Rn
 - Le energie dei raggi γ comunemente utilizzati non sono sufficienti per raggiungere il volume fiduciale
 - Viene iniettato ^{220}Rn (prodotto di decadimento del ^{228}Th)
 - La parte di bassa energia del decadimento β del ^{212}Pb e' utilizzato per calibrazioni nella banda dei rinculi elettromagnetici (ER)
 - Il decadimento e' determinato dalla vita media del ^{212}Pb , 10.6 hours.
 - Assenza di isotopi con lunga vita media No long lived isotopes
 - Nessuna necessita' di purificazione dello Xenon in fase liquida
- Calibrazioni con AmBe

M. Selvi passa poi a discutere la modellizzazione degli eventi di rinculo elettromagnetico (ER) e nucleare (NR) mostrando un confronto tra la catena di analisi dei dati reali e le procedure di simulazione, dalla simulazione dell'evento con Geant4 sino allo studio delle efficienze, considerando, nelle fasi intermedie della simulazione, i dati sulla risposta del rivelatore e sulle mappe di resa in luce ed in carica che sono estratti dai dati reali. Questo permette di:

- Simulare la microfisica nello Xenon in fase liquida e la risposta del detector in accordo con (*fit*) i dati di calibrazione del ^{220}Rn e dell'AmBe
- Ottenere previsioni sul fondo e sul segnale a partire da modelli che tengono conto delle caratteristiche del rivelatore

M. Selvi riassume cosi', mostrando anche alcuni grafici, i risultati relativi al confronto con i dati di calibrazione e con le previsioni sul rumore di fondo:

- Confronto tra i Modelli e le Calibrazioni
 - Calibrazioni con ^{220}Rn e con $^{241}\text{AmBe}$
 - Modellizzazione completa dello Xenon in fase liquida e della risposta S2 (corretta) rispetto alla risposta S1 (corretta)
 - Tutti i parametri sono ben riprodotti senza lacuna deviazione significativa
- Modello di rumore di fondo
 - Le forme spettrali degli eventi ER ed NR sono derivate dai modelli ottenuti (*fitted*) sui dati di calibrazione
 - Gli altri valori attesi sono guidati dall'analisi dei dati reali, derivati dai campioni di controllo.

I dati sul rumore di fondo sono riassunti nella seguente tabella:

Segnale di Fondo	Totale	Riferimento ($\langle \text{NR} \rangle - 2\sigma$)
Rinculo Elettronico (ER)	62 ± 8	0.26 (+0.11)(-0.07)
Neutroni Radiogenici (n)	0.05 ± 0.01	0.02
CNNS (ν)	0.02	0.01
Coincidenze Accidentali	0.22 ± 0.01	0.06
<i>Wall leakage</i>	0.52 ± 0.32	0.01
Anomalie	0.09 (+0.12)(-0.06)	0.01 ± 0.01
Fondo Total	63 ± 8	0.36 (+0.11)(-0.07)
50 GeV/c ² , 10 ⁻⁴⁶ cm ² WIMP (NR)	1.66 ± 0.01	0.82 ± 0.06

Anche la selezione degli eventi, continua M. Selvi, e' effettuata utilizzando le informazioni provenienti dai dati di calibrazioni ed i risultati dei diversi tagli sono riassunti nella seguente tabella:

Taglio	Eventi Rimanenti
Tutti gli Eventi ($cS1 < 200$ PE)	128144
Selezione e Qualita' dei dati	48955
Volume Fiduciale	180
Intervallo di S1 ($3 < cS1 < 70$ PE)	63

I risultati principali reativi allo studio delle efficienze vengono cosi' sintetizzati da M. Selvi:

- L'efficienza di rivelazione e' dominata dalla richiesta di una triplice coincidenza
 - Stimata attraverso una nuova simulazione delle forme d'onda, includendo le incertezze sistematiche
- Le efficienze di selezione sono derivate dall'analisi di campioni di controllo o dalla simulazione

- La regione di ricerca di eventi di materia Oscura e' definita da 3-70 PE in cS1

M. Selvi conclude poi la prima parte del suo intervento, dedicata a Xenon1T, con alcune osservazioni sulla ricerca di Materia Oscura e con i risultati ottenuti dal rivelatore, commentando brevemente il grafico in due dimensioni, cS2 .vs. cS1. Il risultato ottenuto da Xenon1T nella ricerca di Materia oscura viene sintetizzato dal profilo di esclusione nel grafico sezione d'urto WIMP-nucleone .vs. massa della WIMP, dove i dati mostrano un evidente miglioramento in sensibilita' rispetto a Xenon100 (2016) e a PandaX-II (2016) e M. Selvi commenta cosi' i risultati ottenuti:

- Piu' basso livello di rumore di fondo mai raggiunto in un esperimento di Materia oscura
- Primo articolo con i risultati inviato per la pubblicazione a PRL (17 Maggio 2017)² "First Dark Matter Search Results from the XENON1T Experiment" (arXiv:1705.06655)
- Miglior sensibilita' a livello mondiale e nuovi dati sono in corso di analisi

M. Selvi passa poi a discutere l'*upgrade* del rivelatore XenonnT:

- XENONnT e' progettato come un *upgrade* rapido del rivelatore XENON1T
- Tutti i sistemi ancillari di XENON1T sono gia' progettati per gestire una massa sino a ~10 t:
 - Criogenia, Purificazione, Recupero, Struttura di supporto, DAQ, *Slow Control*, Veto per i Muoni.
 - Le loro prestazioni ormai note permetteranno di rendere operativo XENONnT con una scala di tempi molto rapida.
- Cosa manca:
 - Un nuovo criostato interno dentro lo stesso *vessel* esterno;
 - La massa di Xenon in fase liquida dovrebbe essere di ~8 t, con 6 t di massa attiva (3x rispetto a Xenon1T);
 - Nuova struttura della TPC, con altezza e diametro piu' grandi (x1.4), PMTs addizionali (248 -> 476) e relativa elettronica;
 - Nuovo sistema di veto di neutroni modulare attorno al rivelatore.
- Inizio della costruzione di XENONnT previsto per la prima parte del 2019

Le prestazioni di XenonnT sono illustrate da M. Selvi alla Commissione mostrando un grafico sezione d'urto WIMP-nucleone .vs. massa della WIMP, per esperimenti di rivelazione diretta di interazione *spin-independent* con liquidi nobili, dove sono riportate le curve di esclusione degli apparati gia' in funzione (XENON10 (2013)); DarkSide-50 (2015)); XENON100 (2016)); PandaX-II (2016)); LUX (2016); XENON1T (2 t-y)); XENON1T (2017)), di quelli in fase di costruzione o in progetto (XENONnT (20 t-y); DarkSide-20k (100 t-y)) e il limite di Billard legato all'interazione di neutrini (Neutrino Discovery Limit, 2013).

Il Volume attivo della TPC di XENONnT avra' un diametro di 1370 mm ed una lunghezza della regione di deriva di 1445 mm e sara' letta da 476 PMT, 223 in alto e 253 in basso.

L'obiettivo di XenonT, continua M. Selvi, e' un incremento della sensibilita' di un fattore 10, con una esposizione corrispondente a 20 ton-yr. Per raggiungere questo obiettivo, la Collaborazione e' impegnata in alcuni miglioramenti chiave:

² Alla data di approvazione del presente Verbale, l'articolo e' stato pubblicato: Phys.Rev.Lett. 119 (2017) 181301.

- Riduzione di Rn
 - Obiettivo: ridurre il Rn di un fattore 10.
 - Strategia
 - maggiore purezza nei materiali della TPC, nelle pompe, nel sistema di purificazione; montaggio in un ambiente piu' puro;
 - migliorare il fattore di discriminazione ER/NR;
 - monitorare la convezione all'interno della TPC;
 - Rimozione del Rn per distillazione (Eur. Phys. J. C77 (2017) 358);
 - necessita' di pompe a piu' alta velocita', con bassa emanazione di Rn
 - Coinvolgimento dei gruppi INFN
- Identificazione dei neutroni
 - Obiettivo: ridurre il fondo dovuto ai neutroni radiogenici (Rn by a factor 10.
 - Strategia
 - Scintillatore liquido dopato con Gd, spesso 60 cm, in vessels acrilici intorno al cGd-doped Liquid scintillator, 60 cm thick, in contenitori acrilici, posti intorno al criostato
 - 120 PMT addizionali in acqua per raccogliere la luce
 - Soglia in energia di ~200 keV (sopra lo spettro del ^{14}C), equivalente a ~20 PE rivelati nel *setup* simulato
 - Fondo di neutroni ridotto di un fattore 4-5; ~1 evento nell'intero periodo di esposizione di 20 t-y
 - Coinvolgimento dei gruppi INFN

M. Selvi si sofferma poi su alcuni dettagli del sistema di veto di neutroni e passa infine agli aspetti legati al coinvolgimento dell'INFN in XenonnT:

- Gas Xenon (~500 kg);
- Veto di Neutroni: ~60 PMT da 8", progettazione e meccanica, elettronica e DAQ;
- Purificazione del gasL nuove pompe --> Rimozione del Rn;
- Computing;
- Simulazioni Monte Carlo per la selezione dei materiali material selection.

Un proposal per XenonnT sara' inviato all'INFN entro luglio 2017, "Dark Matter Detection with XENON:the next step, XENONnT". Gli acquisti di tutto il materiale sono previsti nel corso del 2018, la costruzione ed il *commissioning* nel 2019, in modo che il rivelatore sia pronto per l'acquisizione (*science run*) nel quinquennio 2020-2024.

La Collaborazione e' attiva anche nella presentazione dei risultati di Xenon1T e del progetto di XenonnT, e solo nel corso degli ultimi mesi sono stati svolti numerosi seminari su Xenon1T/XenonnT: 30 maggio, LNGS; 13 giugno, Genova; 16 giugno, Bologna; 20 giugno, GSSI; 26 giugno, Napoli; 29 giugno, Firenze; 4 luglio, Commissione 2; 2 luglio, Ferrara; 3 luglio, Pisa; luglio, Torino.

M. Selvi illustra alla Commissione quali sono le attivita' nelle quali sono coinvolti le varie sezioni INFN che partecipano all'esperimento Xenon:

- Bologna (G. Sartorelli): nVeto PMTs, progettazione e meccanica
- LNGS (W. Fulgione): elettronica per il Veto di neutroni, DAQ, sistema di purificazione dello xenon in fase liquida
- Torino (G. Trincherò): vedi LNGS
- Nuovi gruppo: Napoli (M. Iacovacci): da ARGO-YBJ, elettronica g-2 per il Veto di neutroni e meccanica
- Sono in corso contatti con altri gruppi e persone interessate

M. Selvi conclude la sua presentazione su Xenon1T/XenonnT con alcune osservazioni riassuntive:

- I primi risultati di XENON1T dimostrano che il rivelatore sta funzionando molto bene.
- Il livello del rumore di fondo ER e' il piu' basso mai raggiunto in un esperimento di Materia Oscura: $(1.93 \pm 0.25) 10^{-4}$ events / (kg day keV)
- Con soltanto 34.2 giorni di esposizione, la Collaborazione ha ottenuto il miglior limite mondiale di esclusione: $7.7 10^{-47} \text{ cm}^2 @ 35 \text{ GeV}/c^2 \text{ WIMP}$.
- XENON1T, e quindi l'INFN e i LNGS, sono nuovamente sulla frontiera della competizione nella ricerca della Materia Oscura.
- Piu' di 70 giorni addizionali di presa dati sono stati acquisiti e sono attualmente in corso di analisi.
- La sensitivita' prevista per XENON1T, con una esposizione pari a 2 t-y, e' di $1.6 10^{-47} \text{ cm}^2$.
- Progetto di un rapido upgrade a XENONnT, per guadagnare un altro ordine di grandezza in sensitivita'.
- Coinvolgimento di gruppi INFN nella fornitura di Xenon, nel sistema di veto di neutroni, nella purificazione dello Xenon, nel Computing, nelle simulazioni MonteCarlo.
- La collaborazione e' aperta alla partecipazione di persone interessate

M. Selvi, in Appendice alla sua presentazione sullo stato di Xenon1T e XenonnT, aggiunge alcune annotazioni relative al Generatore di Neutroni, alle rivelazioni delle righe del Kr e al problema della scala di energia in eventi ER e NR, poiche' su questi temi si era brevemente soffermata la Commissione nel corso della precedente riunione a Pisa, nel mese di aprile 2017.

Il generatore di Neutroni utilizzato nei LNGS ha le seguenti caratteristiche:

- Flusso Massimo di neutroni: 10000 n/s
- Schermato da almeno 3m di acqua
- Fattore di riduzione $>10^{15}$
- Tempo di funzionamento permesso: 336 h per year
- Rate residuo di neutroni al di fuori dello schermo di acqua inferiore a 10^{-5} n/y

Successivamente M. Selvi mostra alcuni grafici con i segnali delle righe di $^{83\text{m}}\text{Kr}$ a 32.1 keV e 9.4 keV, con le forme d'onda nel rivelatore.

L'ultimo punto affrontato da M. Selvi riguarda le calibrazioni per eventi ER ed NR. Per quanto riguarda gli eventi ER, si puo' osservare che:

- La conoscenza della risposta del LXe a bassa energia e' ovviamente cruciale
- ^{83m}Kr ha due righe a 32.1 and 9.4 keV, che sono pero' ad "elevata" energia (il segnale della modulazione annuale di DAMA si trova nella finestra di energia 2-6 keV)
- Misure utilizzando la tecnica delle coincidenza Compton (*Compton coincidence technique*)
- Due differenti allestimenti:
 - Columbia: Aprile et al. Phys. Rev. D86 (2012) 112004
 - Zurich: Baudis et al., Phys. Rev. D87 (2013) 115015

Per la calibrazione viene utilizzato il decadimento β del Trizio, utilizzando pero' il Metano, nella struttura CH_3T , come brevemente riassunto da M. Selvi:

- Il Metano diffonde piu' lentamente del Trizio
- Dissolto uniformemente nello Xenon
- Rimosso con tecnologie standard di purificazione
- Utilizzato per calibrare il volume fiduciale
- I singoli eventi di scattering ER sono nella regione di interesse, tra 0.1 keV e 18 keV
- Energia media: 5 keV; Energy di picco: 2.5 keV

La determinazione dell'energia di scala per eventi NR avviene come descritto nella pubblicazione Phys. Rev. C84 (2011) 045805, utilizzando una sorgente di neutroni per misurare L_{eff} , la quantita' che e' usata per convertire il segnale di scintillazione dello Xenon nella fase liquida nell'energia del rinculo nucleare. M. Selvi mostra un grafico delle misure di L_{eff} in funzione dell'energia, dove le misure descritte nell'articolo appena citato sono le piu' precise per energie basse, sino a 3keV. M. Selvi cita infine un recente pubblicazione della collaborazione LUX (Phys.Rev.Lett. 116 (2016) 161301), che indica una maggiore resa in fotoni ed elettroni, in particolare a basse energie (al di sotto dei 3 keV), con incertezze sistematiche piu' piccole.

Al termine della presentazione di M. Selvi, M. Pallavicini sottolinea l'importanza di una calibrazione a bassa energia, a pochi keV di soglia. M. Pallavicini osserva anche come sia un po' tardi presentare ora un proposal per ottenere un finanziamento per nTon per il 2018. Un altro punto su cui si sofferma M. Pallavicini riguarda i fototubi e chiede se sara' possibile utilizzarli anche per nTon.

M. Selvi risponde che il modello dei fototubi resta quello anche per nTon e che il problema accusato dai 28 fototubi potrebbe essere un problema localizzato, poiche' appartenevano tutti alla stessa partita.

W. Bonivento chiede che cosa significhi, nel grafico dei fondi, "Accidental" e "Anomalous". M. Selvi chiarisce che "Accidental" si riferisce ad una coincidenza accidentale tra S1 ed S2, mentre "Anomalous" corrisponde a Radon fuori banda nella calibrazione.

R. Bernabei chiede quale e' la risoluzione alla soglia e come viene determinata la reale efficienza di raccolta di luce per gli eventi che avvengono nel volume fiduciale.

M. Selvi precisa che l'efficienza di raccolta di luce viene determinata con la riga del Krypton, attraverso la quale viene misurata la disuniformita' nella risposta del rivelatore, nota quindi a livello del percento. In questo modo si ottiene il fattore di correzione dell'accettanza geometrica. La risoluzione per il *nuclear recoil* alla soglia e' dell'ordine del 50%.

N. Pallavicini interviene ancora nella discussione, invitando la Collaborazione ad effettuare una calibrazione a pochi keV di energia.

Alle ore 14:15, dopo la pausa per il pranzo, la Commissione riprende i suoi lavori ancora in Sessione Aperta, con gli aggiornamenti sulle diverse attivita' o la presentazione di nuove proposte su tematiche di pertinenza della CSN2.

04 luglio 2017

h. 14:15-17:00. SESSIONE APERTA

Proposta CYGNUS-TPC

E. Baracchini presenta il progetto dell'esperimento UNDER (Underground Neutral particles DEtection through nuclear Recoils) ed inizia il suo intervento con uno sguardo di insieme:

- Che cosa vogliamo cercare e come
- La scelta: topologia delle tracce e fiducializzazione con una TPC a gas
- Il progetto CYGNUS-TPC
- Attivita' di R&D in Italia
 - NITEC
 - DCANT
 - CYGNUS R&D
- Il progetto UNDER

L'obiettivo che si pone il progetto, continua E. Baracchini, e' la rivelazione direzionale della Materia Oscura con una TPC a gas, in modo da permettere:

- La reiezione del fondo isotropico, diminuendo cosi' la soglia per la scoperta di WIMP, ed abbattendo il fondo
- La modulazione dell'angolo di rinculo dovuto all'interazione della WIMP
- Spingersi al di sotto del limite costituito dal fondo di neutrini (*Neutrino Bound*)

L'utilizzo di una TPC a gas, chiarisce E. Baracchini, permette di diminuire la soglia e di abbattere il fondo:

- Le TPC a Gas potenzialmente offrono i migliori osservabili per la ricerca di fenomeni estremamente rari:
 - La topologia permette di abbassare la soglia, a livelli non raggiungibili con altri approcci
 - La misura della carica e della luce (e dE/dx) raccolta lungo la traccia permette di determinare il verso della direzione
 - Eccellente capacita' di identificare e rigettare il fondo grazie allo studio della correlazione cammino-energia
- Svantaggio:

- Sono necessari rivelatori piu' grandi per competere in massa con rivelatori a liquido o solido

E. Baracchini si sofferma poi brevemente sulle tecniche di riduzione del fondo ed osserva come, dopo una classica minimizzazione del fondo, attraverso l'installazione del rivelatore in un laboratorio sotterraneo, l'utilizzo di schermi attivi e passivi, la selezione di componenti radiopuri, i prodotti di decadimento del Radon da depositi sulla superficie del rivelatore possano ancora produrre tracce che simulano il segnale. La reiezione del fondo puo' avvenire con due tecniche:

- Attraverso la misura della luce di ionizzazione primaria Through primary ionization light
 - TPC a Ar/Xe liquido in doppia fase. Il tempo di deriva indica la profondita'
 - Il tempo di deriva indica la profondita'
- Attraverso il profilo della nube di ionizzazione
 - D3: doppia GEM sottile + ATLAS FE-I4B chip He:CO² 70:30
 - P. Lewis et al., Nucl. Instrum. Meth. A789 (2015) 81
 - Risoluzione dell'ordine di 1 cm

E. Baracchini riassume poi brevemente alcuni risultati relativi alla tecnica della fiducializzazione con TPC a ioni negativi:

- Rivelatori con grande volume fiduciale
 - Gli elettroni dovuti alla ionizzazione primaria sono catturati dalle molecole di gas elettronegativi su scale O(100) um
 - Gli anioni derivano verso l'anodo e giocano il ruolo degli effettivi portatori dell'immagine, al posto degli elettroni, riducendo la diffusione al limite termico
 - Diffusione < 0.5 mm raggiunta su lunghezze di deriva dell'ordine di 0.5 m
 - Diffusione ~10 mm ottenute con elettroni, senza campo magnetico
 - T. Ohnuki et al., NIM A463 (2001) 142
 - J. Martoff et al., NIM A440 (2000) 355
- Studio dei Portatori Minoritari
 - J. B. R. Battat et al., Astrop. Phys. 91 (2017) 65
 - D. Snowden-Ifft, Rev. Sci. Instrum. 85 (2014) 013303

L'utilizzo di SF₆, un nuovo gas non tossico e semplice da maneggiare, osserva E. Baracchini, gioca un ruolo nella fisica degli ioni negativi, e mostra alcuni grafici relativi al guadagno, alla mobilita' e alla fiducializzazione, in casi in cui e' stato utilizzato SF₆, (N.S. Phan et al, JINST 12 (2017) P02012).

Dopo questa introduzione sulle TPC a gas, E. Baracchini passa ad illustrare alla Commissione il progetto Cygnus, un rivelatore di rincipi nucleari di origine galattica per la rivelazione direzionale di Materia Oscura ed un rivelatore di interazione coerente di Neutrini alla scala della tonnellata, riassumendo cosi' i punti principali:

- La Collaborazione Cygnus
 - Documento firmato da 50 collaboratori nel Settembre 2016
 - "to establish the science case for CYGNUS, working with external experts as required"

- "to establish the feasibility and technology choices for CYGNUS, coordinating R&D activities, resources and joint publication as necessary"
- "to form an Institute Board including remit to prepare an organizational structure in readiness for launch of the collaboration"
- "to write an experiment LOI as a basis for formation of the collaboration based on (1-3)"
- "to launch the collaboration at an appropriate date to be decided by us"
- o Attivita' di R&D e simulazioni coordinate attraverso meetings regolari
- o Gruppo di Coordinamento Internazionale
 - E. Baracchini (INFN)
 - E. Barberio (University of Melbourne)
 - K. Miuchi (Kobe University)
 - N. Spooner (University of Sheffield)
 - S. Vahsen (University of Hawaii)
- Sfide di CYGNUS-TPC per raggiungere gli obiettivi prefissati
 - o Energia di Soglia 1 keV_e
 - o Massa del Rivelatore
 - ~10 kg (Fe, He) per 10 m³
 - 1 Ton nella configurazione a 1000 m³
 - o Fondo nullo di neutroni (fattore chiave)
 - vessel non di acciaio (acrilico?)
 - ceramiche con <10 s g – quasi nessuna elettronica
 - o Completa fiduzializzazione in x, y, Z per il radon
 - sia *drift* di ioni negativi che altre tecniche (ancora da dimostrare)
 - selezione dei materiali e purificazione dei materiali ancora non sufficiente
 - o Discriminazione dei raggi Gamma al di sotto di 10 keV_e (>10⁵)
 - o Sufficiente sensitivita' direzionale

E. Baracchini mostra poi alla Commissione i valori delle sensitivita' attese per la ricerca di materia oscura, nel caso di interazione Spin Independent (SI) e Spin-Dependent(SD), utilizzando gli usuali grafici bidimensionali sezione d'urto WIMP-nucleone .vs. massa della WIMP, e confrontando le regioni di esclusione degli esperimenti attualmente in funzione o previsti nel prossimo futuro, con le prestazioni di Cygnus, nella configurazione di 10 m³ di volume, 3 anni di presa dati, senza fondo, con miscela ⁴He:SF6 600:200, al 90% di Livello di Confidenza.

La Collaborazione Cygnus e' attualmente molto attiva, osserva E. Baracchini:

- Incontri dei gruppi di lavoro (Working-Groups, WGs) di CYGNUS-TPC
 - o WG sul GAS/Readout ~10 meetings
 - o WG sulle Simulazioni ~10 meetings
 - o WG sulle Calibrazioni 1 meeting so far
 - o Vessel WG 4 meetings so far
- CYGNUS-TPC workshops
 - o Frascati - 04/16
 - o IDM2016 - 07/16

- CAASTRO, Melbourne - 02/2017
- CYGNUS-TPC *Whitepaper* in preparazione
- Pubblicazioni dagli incontri dei workshops bi-annuali di CYGNUS sin dal 2007
- Due articoli di review recentemente pubblicati sulle potenzialita' di scoperta e sulla tecnica
 - J.B.R. Battat et al, "Readout technologies for directional WIMP Dark Matter detection ", Phys. Rept. 662 (2016) 1
 - F. Mayet et al., "A review of the discovery reach of directional Dark matter detection", Phys. Rept. 627 (2016) 1

E. Baracchini descrive poi brevemente le attivita' di ciascuno dei gruppi di lavoro. Il lavoro del Working Group sulla simulazione della TPC di CYGNUS viene cosi' riassunto:

- Obiettivi
 - Distinguere i segnali di WIMP da quelli di neutrino
 - Distinguere il rinculo nucleare dal rinculo elettronico
 - Ottimizzare la lunghezza di deriva
 - Ottimizzare la larghezza in x/y delle *strip* di lettura
 - Quale tecnologia offre la migliore sensitivita' alle WIMP per unita' di costo?
- Parametri della simulazione per la lettura planare 1D (z), fili 2D (xz), strips 2D (xy), Micromegas (xyz) e pixels (xyz) readouts
 - Miscela di Gas: SF_6
 - Pressione: 20 torr
 - W: 35.45 eV per ion pair
 - Guadagno del Gas: 9000
 - Risoluzione: $\sigma_G/G = 20\%$
 - Diffusione: $116.2 \mu\text{m}/\sqrt{\text{cm}}$
[per 600-800 V/cm che corrispondono alla minima diffusione a 20 Torr]
 - Velocita' di deriva: $140 \mu\text{m}/\mu\text{s}$
- Risultati preliminari sulla lettura planare 1D, assumendo valori ideali dei parametri
 - 90 eventi necessari per distinguere una WIMP da 100 GeV da neutrini solari, usando un bersaglio di F
 - similmente per WIMP da 10 GeV, con bersaglio di He

Un altro Gruppo di Lavoro si occupa dello studio del rumore di fondo e della Vessel della TPC di CYGNUS. Le stime del fondo da neutroni provenienti da vari sistemi di lettura e materiali sono riassunti nella seguente tabella:

Lettura	Materiale
GEMs	Rame, Kapton
MuPics	Polimide
Wires	Acciaio, Ossido di Alluminio (ceramiche), Acrilico

Pixel chips	Copper, Aluminium, Tantalio
-------------	-----------------------------

Assumendo una soglia di 1 keV e un rivelatore da 1000 m³, i fondi attesi sono quelli riportati nella seguente tabella:

Material	mass	neutrons/year
Polimide	22.4 Ton	139.6 ± 0.6
Rame	3584 Kg	0.083 ± 0.0004
Kapton	1136 kg	22.4 ± 0.1
Ceramiche	22.6 kg	3.02 ± 0.01
Acciaio	3.88 kg	0.0226 ± 0.0007
Acrilico	47 Ton	0.254 ± 0.01

La collaborazione sta valutando, informa E. Baracchini, la possibilità di utilizzare una vessel ibrida, costituita dal miglior acciaio disponibile e da acrilico, con uno schermo interno e mostra un confronto tra le dimensioni di DUNE e quella della TOC di Cygnus.

Un terzo gruppo di lavoro si occupa degli sviluppi R&D sull'utilizzo di SF₆ e le attività principali nelle quali è impegnato sono le seguenti:

- Amplificazione nel Gas e Pressione
- GEM sottili e spesse, Micromegas, muPIC
- Tracking (lettura multi-canale)
- DAQ in corso di sviluppo a Kobe e a MIT
- Fiducializzazione
- Filtraggio del Radon

Le sedi impegnate negli sviluppi R&D sull'SF₆, con l'indicazione delle persone di riferimento e delle diverse linee di ricerca, sono riassunte nella seguente tabella:

	New Mexico (D. Loomba)	Frascati (E. Baracchini)	Hawai (S. Vahsen)	Japan (K. Miuchi)	Welleseley (J. Battat)	UK (N.Spooner)
Guadagno	1 mm, 400 um GEM(CERN)	3×50 um GEM (Kapton, CERN)	3×50 um GEM (Kapton, CERN)	100um GEM (LCP Sciengy) +μ-PIC micromegas (Ray- tech 120 um)	128um, 256um micromegas (CERN)	400um GEM (UK)
Elettronica di Lettura	Single ORTEC amp	Timepix optical	Single amp	8+8 strips Liq Ar amp	single	single
Deriva, E massima	60 cm 1 kV/cm	5 cm 0.6 kV/cm		10 cm 0.4 kV/cm		
Pressione (Torr)	20-100	150-370 610 (mixture)		20-152	30-50	30, 40, 50, (100)
⁵⁵ Fe E _{res} (σ)	25%	Landau		30%	~40%	

Guadagno massimo	3000	5000		2000	2000	
Minority peak	SF5-, SF4-	Hint		SF5-		
Fiducializzazione	$\sigma_z=7.3$ mm			$\sigma_z=7$ cm		
Tracking				3D, $\sigma_{xy}=130$ um		
Altro	Contaminazione dell'acqua, misure di effetti di mobilita', misure della diffusione in z	Operativita' con miscele di SF ₆ ad alta pressione		sviluppo degli ASIC		filtraggio del radon

E. Baracchini chiarisce alla Commissione come le attivita' di R&D in Italia siano organizzate attorno a tre progetti:

1) NITEC

- o EU HORIZON 2020
- o Maggio 2015 – Maggio 2017
- o NITPC con amplificazione a tripla GEM sottile (3 x 3 cm²) + lettura a pixel in carica/tempo

2) DCANT

- o INFN CSN5
- o 2016
- o TPC a bassa pressione per rivelare ioni di C incanalati da nanotubi di Carbonio

3) CYGNUS-RD

- o INFN CSN5
- o 2017 - 2018
- o NITPC con amplificazione a tripla GEM sottile (10 x 10 cm²) + CMOS + lettura ottica dei PMT

E. Baracchini passa poi a descrivere brevemente ciascuno dei tre programmi di sviluppo. Il primo, NITEC (Negative Ion Time Expansion Chamber for directional Dark Matter searches), e' stato completamente finanziato dal programma di ricerca ed innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea con l'accordo di finanziamento Marie Sklodowska-Curie No 657751. Le caratteristiche del rivelatore NITEC vengono cosi' riassunte da E. Baracchini:

1) Struttura del Rivelatore

- o Catodo
- o GEMPix = triple GEM sottili 3 x 3 cm² + TimePix
- o Gabbia di campo: l'anello che sostiene la struttura e' stato realizzato ai LNF con una stampante 3D
- o Sviluppato ai LNF in collaborazione con il CERN

2) Timepix

- o Pixel da 55 x 55 um²

- Senza silicone, solo raccolta di carica
 - Clock regolabile da 50 kHz a 100 MHz, adattabile alla deriva sia di elettroni che di ioni negativi
 - TOA, TOT o counting mode
- 3) Tripla GEM sottile
- Typical triple GEM gain
 - Alto guadagno, Alta stabilita', Alta granularita'

E. Baracchini mostra poi alla Commissione alcuni grafici relativi a tracce di Raggi Cosmici rivelate con l'apparato NITEC, con miscela Ar:CO₂, a misure di velocita' di deriva e di mobilita' e a misure di guadagno in SF₆ puro, utilizzando ⁵⁵Fe. Le misure relative all'impiego di puro SF₆ sono in accordo con i risultati noti in letteratura (N.S. Phan et al, JINST 12 (2017) P02012) e su questo la collaborazione sta preparando un articolo. E. Baracchini osserva come i risultati mostrino che si tratti del valore piu' elevato di guadagno effettivo mai ottenuto con deriva di ioni negativi in puro SF₆, grazie alle triple GEM sottili e a HVGEM dedicate.

E. Baracchini passa successivamente a descrivere la seconda attivita' DCANT (Carbon Nanotube for Dark Matter directional searches), sviluppata all'interno dell'INFN, in CSN5, ed illustra brevemente alla Commissione il concetto su cui si basa il progetto. Saranno necessarie misure al fascio di elettroni ai LNF per "estrarre" gli ioni di carbonio dai nanotubi di Carbonio. Il concetto di DCANT permettera' di realizzare un esperimento con sensitivita' alla direzionalita' integrando un rivelatore a gas ed un bersaglio solido per la Materia Oscura. I risultati sono documentati in due pubblicazioni, C. Capparelli et al., Phys. Dark Univ. 11 (2016) 79 e G. Cavoto et al., Eur. Phys. J. C76 (2016) 349. Alcuni test su NITEC, continua E. Baracchini, sono stati effettuati utilizzando nanotubi di Carbonio. Sono state investigate le modifiche del campo di drift in NITEC, a motivo della presenza di bersagli di nanotubi verticali. A luglio 2017 saranno effettuati test a LNF BTF con nanotubi orizzontali come bersagli.

Il terzo progetto R&D a cui fa riferimento E. Baracchini e' CYGNUS-RD (Optical readout for a Negative Ion Time Projection Chamber), anch'esso sviluppato in ambito INFN, in CSN5. E. Baracchini descrive brevemente la struttura del rivelatore, che utilizza una tripla GEM sottile di dimensioni 10 x 10 cm², come documentato anche in due recenti pubblicazioni, M. Marafini et al., NIM A824 (2016) 562 e M. Marafini et al., JINST 10 (2005) P12010, e poi mostra una serie di eventi, visualizzati in CYGNUS-RD con deriva di elettroni e generati da:

- Elettroni da 450 MeV con raggi δ
- Elettroni molli da radioattivita' naturale Soft electron from natural radioactivity
- Coppia creata nella coda di uno sciame elettromagnetico in ampo magnetico
- Bunch di elettroni da fasciom
- Elettroni da 80 MeV deflessi in un campo magnetico

La raccolta di luce con CYGNUS-RD e' stata studiata con i Raggi Cosmici, a dicembre 2016, con una miscela di He:CF₄. I risultati ottenuti vengono cosi' riassunti da E. Baracchini:

- Le piccole scintille dai fori delle GEM sono usate per studiare la raccolta di luce
- Luce .vs. Apertura delle lente
- Luce .vs. Distanza

- Entrambi gli studi indicano una produzione isotropa di luce
- Possibilita' di utilizzare lenti aggiuntive o specchi per aumentare la raccolta di luce su grandi aree.

Infine E. Baracchini si sofferma sui risultati dei test su fascio ai LNF, che riguardano il tracciamento in 2 e in 3 dimensioni e un modulo di lettura ottica:

- Tracciamento in 2 Dimensioni
 - Febbraio 2017, deriva di elettroni in in He:CF₄ @ BTF
 - CMOS 2D tracking su 10 x 10 cm²
 - Studio del profilo longitudinale della raccolta di luce
 - Studio delle risoluzione in energia
 - Elevato rapporto Segnale/Rumore per tracce da 1 mm t
- Tracciamento in 3 Dimensioni
 - Febbraio 2017, deriva di elettroni in in He:CF₄ @ BTF
 - Ricostruzione in 3 Dimensioni utilizzando il tempo dei cluster dai PMT
 - Limite superiore sulla risoluzione in Z (~400 um per 7.4 cm/us v_{DRIFT})
 - Studio delle tracce con il segnale di PMT ed il segnale delle GEMstraight track
- LEMOn: Large Elliptical Module Optically readout
 - Beam test at BTF by end of July 2017
 - Dimensioni: 20 x 24 x 25 cm³, 7 Litri
 - E' il piu' grande prototipo di CYGNUS-RD,
 - 24 x 20 cm² GEMs, del tipo utilizzato in LHCb PMT
 - gabbia di campo ellittica da 25 cm

E. Baracchini conclude il suo intervento con una presentazione specifica del progetto UNDER (Underground Neutral particle DEtection through nuclear Recoils), le cui caratteristiche vengono cosi' riassunte:

- Il concetto del Rivelatore
 - Due TPC a ioni negativi a 50 cm una contro l'altra a 50 cm di distanza, con amplificazione a tripla GEM con sensitivita' al rinculo nucleare.
 - Tripla GEM sottile He:³He:SF₆ per rivelare WIMP di bassa massa e misura del flusso di neutroni
 - Fiducializzazione attraverso i portatori minoritari di SF₆- (luce di scintillazione primaria?)
 - Possibilita' di raggiungere una bassa soglia in energia (MIP a 60 cm)
 - Capacita' di tracciamento in 3 Dimensioni con CMOS + PMT
 - Lettura Ottica + deriva di ioni negativi per un tracciamento di alta precisione su grandi volumi ad un costo ridotto
- Nuovo anno di R&D per finalizzare le scelte riguardanti le scelte relative al sistema di lettura, al gas e alla pressione sul prototipo grande di CYGNUS-RD
- Possibilita' di ottimizzare la pressione o le pressioni parziali dei singoli gas per ottenere una maggiore resa o una piu' bassa soglia direzionale

- Un anno di misure senza schermatura per ottenere una misura precisa del flusso di neutroni termici e veloci nella Hall B dei LNGS con He:³He:SF₆ a pressione atmosferica
 - Neutroni veloci per mezzo del rinculo nucleare
 - Neutroni veloci per mezzo della cattura in ³He
- Con uno schermo di neutroni (H₂O e/o polipropilene), dimostratore di CYGNUS-TPC e primo stage del modulo
 - Stretta collaborazione e sinergia con CYGNUS-TPC, con cui e' stata firmata una lettera di collaborazione.

Sul tema della misura del flusso di neutroni (Neutroni Veloci, Neutroni termici) ai LNGS, E. Baracchini cita una serie di pubblicazioni che risalgono anche a piu' di 20 anni fa. La collaborazione DRIFT (Directional Recoil Identification From Tracks) ha misurato il flusso di neutroni nel laboratorio sotterraneo di Boulby con una TPC direzionale, in configurazione schermata (55 giorni di tempo vivo, nessun evento) e non schermata (45 giorni di tempo vivo, 14 eventi dovuti a rinculo indotto da neutrone), e ha mostrato come sia possibile raggiungere un fattore di reiezione gamma pari a $1.98 \cdot 10^{-7}$ (Astrop. Physics 91 (2017) 65).

E. Baracchini descrive le potenzialita' del rivelatore UNDER. Per cio' che si riferisce alla rivelazione di neutroni, il punto di partenza e' una simulazione basata sulle sorgenti e su Geant4, come nelle misure di DRIFT a Boulby, con 40 cm di cemento nella Hall B dei LNGS. Il numero di eventi attesi e' riassunto nella seguente tabella:

He: ³ He:SF ₆	Rock neutrons rate	Concrete neutrons rate	Recoils due to fast neutron/month
659:1:100	2.93×10	3.6×10	9330
749:1:10	$< 8.22 \times 10$	3.1×10	800

Il rate include i tagli fiduciali e la soglia in energia a 30 keV. Le prestazioni sono le stesse di quelle del rivelatore DRIFT con CS₂:CF₄:O₂ 30:10:1 Torr, inclusa la fiducializzazione, e le simulazioni riproducono il flusso di neutroni in accordo con Belli et al..

Per cio' che si riferisce alla ricerca di WIMP, E. Baracchini mostra l'usuale grafico in due dimensioni sezione d'urto WIMP-nucleone .vs. massa della WIMP, con le regioni di esclusione ottenute con UNDER 1 m³ in 3 yrs, confrontate con quelle degli altri esperimenti per la ricerca diretta di Materia Oscura.

Nel prossimo anno, precisa E. Baracchini, la Collaborazione sara' ancora impegnata nelle attivita' di R&D:

- Dimostrare l'operativita' a ioni negativi a pressione atmosferica con tripla GEM sottile e lettura ottica
 - Esplorare la miscela di gas He:SF₆(:CF₄) in diverse composizioni
 - LEMOn *beam test* a BTF alla fine di Luglio 2017
- Dimostrare la capacita' di fiducializzazione
 - Con portatori di carica minoritari o luce di scintillazione primaria
- Dimostrare la possibilita' di bassa soglia in energia per i rinculi nucleari e la reiezione dei gamma

Infine E. Baracchini annota come UNDER sia inserito nel contesto mondiale di CYGNUS-TPC:

- CYGNUS-10
 - 10 m³
 - GEM spesse con He:SF₆
 - Presso i laboratori di Boulby
 - Proposal verra' sottomesso ad Agosto 2017
- CYGNUS-HD 10
 - 10 m³
 - Micromegas + strips con He:SF₆
 - USA + UK
 - Proposal gia' sottomesso
- UNDER
 - 1 m³
 - Tripla GEM sottile con He:3He:SF₆ a lettura ottica
 - Presso i LNGS
- CYGNUS-Kamioka
 - 1 m³
 - Diversi gase
 - Lettura modulare per il test di diversi approcci
 - Vessel pronto ad Agosto 2017
- CYGNUS-Australia
 - 1 m³
 - Presso i laboratori di Stawell
 - Attualmente in discussione

Al termine della presentazione di E. Baracchini, M. Pallavicini commenta come si tratti di una lunga attivita' di R&D. In Commissione si presenta la proposta di un esperimento, e sara' quindi compito della Collaborazione trarre da questo ampio panorama di R&D la proposta per un esperimento. Un secondo aspetto rilevante, osserva ancora M. Pallavicini, e' che se non c'e' segnale, la direzionalita' non serve. Il punto di riferimento, come massa e come energia, sono gli esperimenti che hanno un segnale, Dama, a bassa energia e massa 250 kg, o gli esperimenti sulla scala della tonnellata, Xenon. Per questo motivo deve arrivare una proposta di esperimento, che se punta sulla direzionalita' e' certamente interessante.

E. Baracchini chiarisce che la proposta di esperimento e' caratterizzata non solo dalla direzionalita' ma anche dalla possibilita' di esplorare energie molto basse.

A. Razeto sottolinea come sarebbe importante chiarire meglio lo scopo dell'installazione ai LNGS, in particolare di UNDER.

E. Baracchini chiarisce come l'intenzione sia di installare al Gran Sasso un rivelatore da 1m³ come dimostratore, per dimostrare la fattibilita' della TPC di Cygnus e, nel contempo, come proposta di

esperimento, non appena la tecnologia sara' sufficientemente matura per poterlo fare, ad esempio tra un anno.

A. Incicchitti interviene nella discussione con due domande ed un commento. Una prima domanda riguarda la sorgente di ferro, come viene visto il segnale della sorgente di ferro e se ci sono deformazioni nello spettro.

E. Baracchini risponde che il problema con il ferro non e' stato ancora risolto, ma che e' attualmente sotto studio e si ipotizza che sia legato ad un problema di elettronica, a motivo di tempi di deriva piu' lunghi.

Una seconda domanda di A. Incicchitti riguarda le curve di trasparenza con gli elettroni in funzione del campo di deriva, in funzione della geometria, in funzione della tensione applicato agli elettrodi GEM. Questo influenza la risoluzione in energia e l'efficienza di risposta della camera: cambiando produttore, e' possibile ottenere una risposta diversa. La tecnologia e' ancora avveniristica.

E. Baracchini conferma che la Collaborazione sta lavorando con grande intensita', con molti gruppi di lavoro attivi nel mondo, per effettuare questi studi, con il gas SF₆.

Il commento di A. Incicchitti fa invece riferimento alle modalita' di controllo della stabilita' della TPC, magari sulla scala dei 10 m³, e all'uso di composti del fluoro, che possono produrre ad esempio l'acido fluoridrico, che e' corrosivo.

E. Baracchini ribadisce che per ora il dimostratore si orientera' ad un volume di 1 m³, e tutti questi punti, caratteristiche dei gas, soglie, ecc, sono oggetto continuo di studio da parte della collaborazione.

M. Pallavicini invita a presentare una eventuale proposta di un nuovo esperimento, nel prossimo anno, con congruo anticipo, in modo da permettere una discussione approfondita, visto anche le molteplici attivita' sperimentali attive nel campo della rivelazione della Materia oscura.

Stato del progetto LSPE

F. Gatti presenta il report dell'esperimento LSPE-INFN, di cui e' Responsabile Nazionale, ed inizia la sua presentazione con un aggiornamento sulla configurazione di LSPE a Febbraio 2016.

- LSPE (Large-Scale Polarization Explorer) e'
 - un rivelatore installato su un pallone stratosferico spinning
 - in volo per lunga durata, nella notte polare
 - dedicato alla misura della polarizzazione della radiazione cosmica di fondo (CMB) su scala dei grandi angoli
 - caratterizzato da elevata stabilita', poiche' usa modulatori di polarizzazione
- Intervallo di frequenza tra 40 e 250 GHz (5 canali)
- Due strumenti: SWIPE (Roma1) e STRIP (Milano)
- Risoluzione angolare: 1.5 – 2.3 gradi FWHM
- Copertura del cielo: 20 – 25 % del cielo per volo
- Sensitivita' combinata: 10 μK arcmin per VOLO

G. Gatti mostra uno schema della struttura del rivelatore, un esempio di traiettoria polare invernale e un grafico dove viene riportata la frequenza di lavoro dei due apparati, 44 GHz per STRIP, per il monitor della radiazione di sincrotrone polarizzata, e nel caso di SWIPE 140 GHz, che corrisponde al canale principale della CMB, e 220 GHz + 240 GHz, per il monitor del livello e delle caratteristiche dell'emissione di luce polarizzata dovuta alle polveri.

F. Gatti chiarisce come la sua presentazione sia organizzata attorno a quattro punti:

- 1) SWIPE: Bolometri, SQUID e LNA (Ge)
- 2) SWIPE: FDM (Pi)
- 3) SWIPE: Horn, Piano Focale, Modulatore Pol., Criostato (Roma1)
- 4) STRIP: Telescopio, Mounting, Preparazione Sito a Tenerife (Milano e Roma2)

Per cio' che riguarda gli strumenti di fabbricazione dei bolometri dai wafer, F. Gatti illustra alla Commissione il lavoro che gia' e' stato svolto e cio' che invece dovra' essere completato:

- 1) *Spinner Coater, Thermal-Vacuum station, Oxygen Plasma (Cleaning, Resist Coating, Carrier Gluing)* --> OK
- 2) Allineamento della maschera ed esposizione agli UV (*TES, Absorber, Wiring, SW shape definition*) --> OK
- 3) Stazione di sviluppo --> OK
- 4) Deposizione nel vuoto (Ti, Au: TES, absorber) --> OK
- 5) *RF sputtering (Nb: wiring)* --> OK
- 6) *RIE: plasma etching (shallow - SiN/SiO₂ - deep Si)*
--> recente aggiornamento a RIE/ICP e processo stabilito ad Aprile
- 7) *Bolometer Chip release e handling station* --> stabilito lo scorso mese

Successivamente F. Gatti passa ad analizzare lo stato del lavoro relativo a RIE/ICP, che riassume cosi':

- 1) RIE in funzione fino a fine novembre 2016 con un upgrade dell'elettronica di controllo fatto in luglio.
 - o primo miglioramento di efficienza in seguito al rinnovo dell'elettronica
 - o revisione pompe soggette a usura per gas reattivi (2 pompe rotative rotte per produzione di precipitati di composti volatili di silicio)
 - o trovato cuscinetto della pompa turbo rovinato per aggressione chimica—> sostituzione pompa prevista a breve
- 2) A novembre e' stata riassetata la produzione di bolometri in seguito a queste migliorie.
- 3) A dicembre intervento per inserimento dello stadio ICP:
 - o rinnovo completo del camera di *etching*, del sistema di gas, del SW.
 - o Aumento della potenza e miglioramento della flessibilità dei processi (Deep RIE Bosh)
- 4) Completamento intervento Oxford a fine febbraio con un mese di ritardo rispetto all'atteso.
- 5) inizio dei test dei processi di fabbricazione nella nuova camera a partire dai primi di marzo.

Il processo Bosh per lo scavo verticale di RIE/ICP avviene ad un rate di circa 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ e, dopo aver superato alcuni problemi relativi alla bassa selettività SiO_2/Si , la tecnologia disponibile permette di completare il processo in circa 2 h e 40 minuti.

F. Gatti, dopo aver richiamato il piano di sviluppo temporale di SWIPE, così come era stato presentato alla riunione di Commissione di settembre 2016 a Lecce, con il lancio previsto a Dicembre 2018, passa poi al punto successivo della sua esposizione, ed analizza brevemente la situazione di Tes TC, SQUID, Elettronica:

- 1) È stato compreso il meccanismo per alzare la T_c del Titanio: ora $T_c=500-550$ mK come richiesta (Ge)
- 2) Sono stati acquistati gli Squid dalla VTT. Sono in produzione e saranno consegnati in luglio (Ge)
- 3) Elettronica di front End in fase finale di test e in modifica per adattarla ai nuovi SQUID (Ge)
- 4) Risuonatori FDM: processo definito, produzione in stand by (Pi)
- 5) Elettronica digitale FDM: PCB prima versione in produzione (Pi).

Lo sviluppo in questo settore viene svolto dalla sezione di Pisa e per questo motivo F. Gatti ne riassume brevemente l'attività recente, dopo l'ultima riunione di Commissione:

- Test della catena bolometro-filtro-elettronica calda
 - Aggiornamento della *facility* criogenica a 4K --> 300 mK con sistema 7He della Simon Chase
 - Installato e testato. Da Febbraio 2017 il sistema arriva a 300 mK e li mantiene per ~15 ore, controllo della temperatura sub-K
 - Testati, in collaborazione con Genova, film di Titanio con diversi trattamenti termici per studiarne la temperatura di transizione
- Interfaccia con elettronica di lettura "4K"
 - Realizzazione filtri selettivi - Induttanze in Niobio
 - testate induttanze fatte per Sputtering: L, cross talk < 1%
 - realizzazione induttanze per etching --> test in corso
 - realizzazione di un prototipo del circuito del piano focale
 - test dello SQUID VTT
- Elettronica di lettura "calda"
 - Lettura *multiplex* dei sensori
 - generazione delle portanti e demodulazione su *demo board* Altera CYCLONE V 16 toni
 - Modulazione: ok. Demodulazione: scrittura del *firmware* in corso
 - *Board* con FPGA e SoC realizzata e primo prototipo in fase di montaggio

F. Gatti si sofferma poi su alcuni dettagli maggiori tecnici, descrivendo gli sviluppi in ciascuna delle tre linee di attività indicate poco sopra, il test della catena bolometro-filtro-elettronica calda, l'interfaccia con elettronica di lettura a 4K e l'Elettronica di lettura calda.

Il punto successivo della sua esposizione, "Swipe: Horn, Piano Focale, Modulatore, Crisostato, viene affrontato da F. Gatti partendo dallo stato delle attività LSPE-INFN nella sezione di Roma:

- Piatti dei piani focali, sostegno del rivelatore, interfacce criogeniche: pronti
- Nuova camera pulita installata per l'integrazione del rivelatore Operativa: class 1000 confirmed
- Materiale per l'integrazione dei chip disponibile, da installare in camera pulita
- Ordinati i *Microwriter* (litografia laser) per le strutture dei filtri: presto in consegna
- Misure della risposta dei bolometri a temperatura ambiente con *multimode-feedhorn*
- Accurate *Beam-Maps* a -30 dB. Ciascun fascio richiede 3 giorni di integrazione
- Misure iniziate il 16 Giugno e attualmente in corso.
- Modulatore di polarizzazione: grande (50 cm di diametro di apertur) rotatore criogenico (4K) su cuscinetti magnetici superconduttori
- Completato il disegno (rotatore, motori ad induzione, codifica della fibra ottica, elettronica di controllo)
- Meccanica. Il supporto di YBCO e' pronto
- Completato il disegno del criostato
- Selezionata la ditta per la fabbricazione (la stessa scelta per QUBIC PNRA)
- Iniziato il taglio del metallo
- Progressi del progetto LSPE: Gondola e Alimentazione
 - Completato il nuovo disegno della Gondola (solo per SWIPE)
 - Verifica strutturale in corso

F. Gatti illustra ciascuno di questi punti con l'ausilio di fotografie delle parti già realizzate o dei progetti dei prototipi e conclude con una presentazione riassuntiva, molto dettagliata, del piano di sviluppo temporale di ciascuna attività nella sezione INFN di Roma.

F. Gatti passa poi a discutere il quarto ed ultimo punto di suo intervento, "STRIP: Piano focale, Criostato, Telescope Mounting, DAQ, opere civili", ed illustra le caratteristiche del sito selezionato, l'osservatorio di Teide a Tenerife:

- Atmosfera poco contaminata
- Assicura quasi la stessa copertura del cielo di SWIPE (85% di sovrapposizione)
- Preparazione del sito; accordo con IAC in corso
- Eccellente opportunità di sinergia scientifica con QUIJOTE e GroundBIRD

La strategia di scanning di STRIP e SWIPE viene poi illustrata da F. Gatti con uno schema, che mostra la zona di copertura del cielo, 25%, ed i periodi di ciascuno dei due rivelatori, ~ 1 min in entrambi i casi. Il rivelatore Calibratore ha un'eccellente visibilità del piano dell'eclittica e nel suo campo di vista si trovano i pianeti, tra cui Giove, la Luna e la Crab Nebula.

La sensitività di Strip per un pixel di 1° e' riassunta nella seguente tabella:

	STRIP (progetto originale)		STRIP (installazione al suolo)	
	43 GHz	90 GHz	43 GHz	90 GHz
T_{noise} (ricevitore + finestra + specchi)	26.5	48.5	26.5	48.5
T_{atm}	0.002 K	0.002 K	9 K	9 K
Tempo di osservazione	14 days	14 days	12 months	12 months
<i>Duty cycle</i> [%]	100	100	35	35
dT (Q/U)	2.55 μK	8.16 μK	1.12 μK	3.32 μK

Gli obiettivi scientifici di STRIP possono essere così riassunti:

- Obiettivo principale di STRIP: canale di sincrotrone (anche *spinning dust?*) di LSPE
- Misura indipendente della CMB nel modo B: 1 anno, $r = 0.05$
(la campagna di misura può essere estesa a 4 anni)

F. Gatti illustra alla Commissione l'impatto che ha avuto sul progetto la trasformazione di LSPE/STRIP da esperimento su pallone ad esperimento a terra:

- Sistema criogenico
 - Dewar completamente ridisegnato
- Montaggio dello strumento e Telescopio
 - Montaggio azimutale a rotazione completa
 - Opportunità per l'ottimizzazione del telescopio (miglioramento della risoluzione angolare)
 - Contributo dall'Università di Oxford
- Basamento dello strumento e copertura
 - Fondamenta per il basamento
 - Cupola o copertura amovibile, in caso di neve o vento
- Conseguenze minori sugli elementi del piano focale
 - Invariato il disegno dei *feeds*, OMTs, polarizzatori
 - Le strutture del piano focale richiedono una re-ottimizzazione (dopo un dettagliato studio ottico)
 - Cambi minimi nell'elettronica dello strumento (cambiamenti nelle protezioni LNAs)
- Massa e Potenza assorbita
 - Vincoli meno stringenti rispetto al progetto per il pallone

F. Gatti si sofferma poi in maggiore dettaglio, anche con l'ausilio di fotografie o schemi di prototipi, su alcuni di questi aspetti:

- Piano Focale di STRIP
 - Nessun impatto su ciascuno dei moduli a 7 elementi (solo sul supporto)

- Costruzione e test di *feeds*, OMTs, polarizzatori: Completato
- Canali in banda-W: in corso
- Test della criogenia per il polarimetro in corso
- Nuova struttura di STRIP
 - L'analisi ottica ha dimostrato una differenza significativa nella superficie focale del telescopio di Oxford rispetto al disegno per l'installazione su pallone
 - Richiesta la ri-progettazione del supporto meccanico
- Criostato: completata la nuova progettazione per l'installazione a terra
 - Raffreddamento GM a due fasi ad alta efficienza
 - Schermo intermedio a 100 K per ridurre il carico sul livello a 20 K
 - Controllo accurato delle perdite di calore parassite
 - Il sistema e' progettato per operare in tutte le direzioni, con una riduzione delle prestazioni (10 – 20 %) in alcuni casi
 - Completato il disegno dettagliato dei supporti criogenici
 - La fabbricazione inizierà molto presto
- Telescopio di STRIP e montaggio
 - Il materiale fornito da Oxford ha richiesto modifiche significative
 - Le interfacce dello strumento al contenitore ottico sono state adattate a STRIP
 - E' necessario acquistare nuovi motori
 - Abilitare la rotazione continua nella strategia di *scanning* (necessario per osservazioni a grande scala)
 - *Star tracker* per realizzare il puntamento
- Installazione al sito di Teide
 - Nuove fondamenta per il basamento
 - (peso di STRIP e' pari a 5 tons; massima velocita' di rotazione 2 rpm)
 - La massima altezza richiede un abbassamento del basamento
 - Sito di Teide: eccellenti condizioni atmosferiche, ma circa 1 volta all'anno ci sono violente tempeste (vento a 200 km/h e 1 m di neve)
 - Necessaria una protezione, una cupola o un tetto scorrevole
 - I costi per la preparazione del sito e la copertura dovrebbero essere solo anticipati
 - Il tetto scorrevole e' la soluzione preferita per STRIP, a motivo dei costi e dei tempi di realizzazione

F. Gatti sintetizza così lo sviluppo delle attività per la configurazione a terra di LSPE/STRIP:

- Stato
 - Completate le modifiche richieste al progetto
 - Completata la caratterizzazione Ottica
 - Completamento dell'hardware e test della strumentazione in corso
 - Preparazione del sito in corso
- Gestione
 - Nuova schedula dettagliata

- Teleconferenze settimanali per la gestione del progetto
- Teleconferenza mensile dei Co-I
- Minute: <http://tiny.cc/STRIP-minutes>
- Documentazione disponibile alla pagina <http://lspe.fisica.unimi.it>
- Schedula
 - Compatibile con l'invio dell'Hardware a Tenerife a Marzo 2018
 - Punti critici nella schedula
 - Produzione e test del criostato
 - Acquisto dei motori
 - Test dello strumento
 - Preparazione del sito e della struttura di protezione

G. Gatti conclude poi il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- Il programma di lanci di ASI è in stato di "review" dopo il mancato lancio di Olimpo in giugno con l'obiettivo di mantenere fissa la data del lancio di LSPE nell'inverno 2018-19.
- La produzione di massa dei bolometri è stata definita nei dettagli: garantisce maggiore qualità ed è 4 volte più veloce: può essere realizzata in 2 mesi.
- Acquisiti tutti gli SQUID (arrivo previsto questo mese) e l'elettronica analogica sarà finalizzata e invita alla produzione.
- Pisa ha definito gli induttori, il PCB per l'elettronica MUX. Il PCB prototipo per L'FDM è in fabbricazione.
- Roma 1 ha pronto il piano focale, definito gli horn (la produzione inizia appena terminato il test con bolometri di Pt a T ambiente e un test a T basse), le altre attività (Cryogenic Modulator e Criostato) sono in fase avanzata di inizio costruzione.
- Milano (Roma2) ha realizzato la review di STRIP da "pallone a ground". Le attività di adattamento/integrazione del telescopio nel sito a Tenerife sono più impegnative del previsto. Abbiamo già avuto un contatto con i referee per esporre il piano di lavoro e le necessita' finanziarie.

Prospettive CMB in Giappone

G. Signorelli presenta le prospettive per lo studio della Radiazione Cosmica di Fondo (CMB) in collaborazione con un gruppo di ricerca Giapponese ed inizia la sua presentazione ricordando come la teoria dell'Inflazione esponenziale dell'Universo permetta di spiegare un grosso numero di questioni:

- Lo Spazio piatto; $\Omega_k = 0.0008 \pm 0.004$
- Isotropia statistica dell'Universo Osservabile (il problema dell'orizzonte)
- L'origine delle anisotropie della CMB e le strutture a grande scala
- Il fatto che le fluttuazioni della CMB siano Gaussiane: $f_{NL} = 0.8 \pm 5.0$
- L'Adiabaticita' delle perturbazioni cosmologiche: isocurv. $< 4 \%$
- Quasi invarianza di scala delle perturbazioni primordiali: $n_s = 0.96667 \pm 0.004$

La misura della scala di energia dell'inflazione cosmologica secondo il modello piu' semplice e comunemente accettato vale $E_{\text{inf}} \sim 1.06 \cdot 10^{16} \text{ GeV} (r/0.01)^{1/4}$.

Gli Osservabili legati alla CMB, continua G. Signorelli, sono:

- Termine di Monopolo:
radiazione di corpo nero a 2.725 K O(1)
- Termine di Dipolo: 3.355 mK O(10^{-3})
- Anisotropia: 100 μ K rms O(10^{-4})
- Polarizzazione del modo E: 3 μ K rms O(10^{-6})
- Polarizzazione del modo B: <500 nK rms O(10^{-7})
 - dipende dal *lensing* del modo E
 - dipende dal processo di inflazione e dal fondo delle onde gravitazionali primordiali

G. Signorelli mostra poi alla Commissione alcuni grafici relativi alle misure dello Spettro Angolare e osserva come la rimozione del 99% della contaminazione legata al fondo del fondo (*foreground*), che ha origini differenti nelle diverse bande in frequenza, richiede canali di frequenze accessibili dallo spazio:

- Esperimenti da terra (QUBIC) e da pallone (LSPE) sono fondamentali
- Le bande in frequenza sono molto più accessibili dallo spazio --> migliore capacità di sottrarre il *foreground*
 - da terra O₂ e H₂O
 - da pallone atmosfera residua (O₂) intorno a 60 GHz
 - alte frequenze (>350 GHz) difficilissime da rivelare a terra
- No rumore atmosferico
- Si riesce ad osservare tutto il cielo, estraendo i multipoli più bassi
 - Si possono osservare i "due bumps" (reionizzazione e ricombinazione)
 - Il *lensing* dei modi B è piccolo anche per $r < 0.01$
- Missione CORE proposta dalla comunità di cosmologi europea in risposta alla call ESA M5 (lancio 2029-2030, J. Delabrouille, P. de Bernardis, F. Bouchet) e prima PRISM, CoRE, ...

G. Signorelli si sofferma sul panorama delle collaborazioni internazionali relative allo studio della CMB:

- In seguito alla *Technical Evaluation* (March 2017) CORE è risultato "incompatibile" con le condizioni al contorno della call M5 (550 M€)
 - moltissima fisica: "«the» ultimate CMB experiment"
 - problema principale, il costo: piu' vicino a 900 M€ che a 700 M€
 - CORE come una futura missione L --> improbabile
- LiteBIRD selezionato nel marzo 2017 come uno dei 28 progetti a massima priorità dal Science Council of Japan
- Al momento c'è spazio per una collaborazione a livello europeo (al momento c'e' interesse da parte di UK, F, I, DE)

G. Signorelli descrive brevemente le caratteristiche del progetto LiteBird (Lite (Light) Satellite for the Studies of B-mode Polarization and Inflation from Cosmic Background Radiation Detection):

- Visione di insieme di LiteBIRD
 - Incertezza totale in r : $\sigma(r) < 0.001$
 - Copertura in Multipoli : $2 \leq l \leq 200$
 - Ciascun *bump* (reionizzazione, ricombinazione) con $\sigma > 5$ se $r > 0.01$
 - Lancio previsto intorno a 2025-2027
 - Orbita L2
 - Durata della missione > 3 year
- Perché LiteBIRD è leggero?
 - Missione Spaziale
 - Copertura totale del cielo
 - Ma limitata risoluzione spaziale
 - $\sigma(r) < 0.001$
 - $2 \leq l \leq 200$
 - Telescopi a terra
 - Elevata risoluzione spaziale
 - Ma limitata copertura del cielo
 - $30 \leq l \leq 10000$
 - Buona sinergia
 - HeavyBIRD non è adatto ad una missione spaziale
- La strumentazione di LiteBIRD
 - 15 bande di frequenza
 - Telescopio da 60 cm
 - Contributo da US
 - Sensore LFT/HFT nel piano focale
 - *Front End* freddo
 - *Cooler* di ultimo stadio
 - Analisi dei dati
- Lo Strumento LiteBIRD
 - I diversi moduli della missione possono utilizzare l'esperienza di altre missioni (ad esempio ASTRO-H) e di altri esperimenti a terra (ad esempio POLARBEAR)
 - Modulo del bus basato su componenti ad alto TRL
 - Specifiche
 - Velocità di rotazione 0.1 rpm
 - Linea di vista 30 degree
 - Campo di vista (FOV) $10 \times 20 \text{ deg}^2$
- Bande di Frequenza
 - Telescopio a bassa frequenza --> 40 GHz ~ 235 GHz
 - Telescopio ad alta frequenza --> 280 GHz ~ 402 GHz
 - Array a bassa e media frequenza

- *Lenslet-coupled "trichroic pixel"*
- High frequency array
 - Antenne ortomodo litografate sensibili alla polarizzazione lette da TES (AlMn) oppure KIDs, accoppiati con *feed-horn*
 - cfr. Premiale ASI/INFN
- Elettronica
 - Elettronica di Lettura
 - Accoppiamento con SQUID
 - Warm Electronics Architecture
 - Array di Bolometri (1 CH = 18 bolometri)
 - SQUIDs (8 CH)
 - Scheda di controllo degli SQUID (4 SQUIDS)
 - *Mezzanine Digitizer* (2 SQUIDS)
 - Scheda per il processamento FPGA (Signal Processing and Digital Interface)
- *LC Superconducting Resonators*
 - Polarbear & SPT3G: Capacitori *inter-digitated* in Alluminio e induttori planari a spirale
 - LiteBIRD: soluzione commerciale al Niobio
 - Montaggio meccanico da progettare

La Collaborazione LiteBird, annota G. Signorelli, e' costituita da 139 membri, appartenenti a 31 istituzioni internazionali ed interdisciplinari, che operano in 6 differenti Nazioni: Giappone (JAXA, Osaka U., Osaka Pref. U., Okayama U., NIFS, Kavli IPMU, KEK, Kansei Gakuin U., Kitazato U., Konan U., NAOJ, Saitama U., NICT, SOKENDAI, U. Tsukuba, TIT, U. Tokyo, Tohoku U., Nagoya U., Yokohama Natl. U., RIKEN), Francia (APC Paris, CEA,), Germania (MPA), Regno Unito (Cardiff U.), Stati Uniti (CU Boulder, Stanford U., UC Berkeley / LBNL, UC San Diego, NIST), Canada (McGill U.). L'attivita' scientifica di LiteBird e' coordinata all'interno di una serie di gruppi di lavoro (*working group*):

- Astrofisica dei raggi X
- Ingegneria JAXA
- Fisica sperimentale nel campo della CMB
- Astronomia nella banda IR
- Sviluppo di rivelatori a superconduttore

La situazione attuale della Collaborazione viene cosi' riassunta da G. Signorelli:

- Il satellite LiteBIRD è una missione strategica giapponese di tipo LARGE
 - 300M USD
- Partecipazione US-NASA per la realizzazione dei due piani focali
 - 65M USD
- Attualmente in fase A1 (Concept Design - iniziata ~2016 e due in Settembre 2018)
- Apertura da parte giapponese per una collaborazione
 - Europe take charge of the High Frequency Telescope (except focal plane)
 - Coordinamento a livello europeo

- Coordinamento a livello italiano (ASI/COSMOS, N. Vittorio)
R. Battiston contatti con ISAS/JAXA
Contact points: N. Vittorio, P. de Bernardis, M. Bersanelli, GS.
- o ESA/JAXA MoU?
- o ASI/JAXA MoU?
- Contacts: Masashi Hazumi (KEK/IPMU) and Tadayasu Dotani (ISAS/JAXA)

G. Signorelli descrive poi le Competenze, in ambito INFN, che potrebbero contribuire allo sviluppo di LiteBIRD:

- Disegno del telescopio HFT
 - o disegno optomeccanico
 - o fabbricazione e criostest
 - o rotatore criogenico per la lamina a mezz'onda
- Calibrazione e test
 - o crio-calibratori
 - o caratterizzazione del beam polarizzato
- Elettronica e "DAQ"
 - o disegno e implementazione dell'elettronica fredda
 - o disegno ed implementazione dell'elettronica warm
 - o test/clean room integration elettronica e detectors
 - o caratterizzazione alle radiazioni
 - o TES / KIDs
- Simulazione ed analisi dati

G. Signorelli conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- CMB è stato più volte segnalato come una delle pochissime iniezioni di novità dopo WhatNEXT
- C'è una comunità che sta crescendo come tale, a livello europeo, italiano e INFN
 - o grosse opportunità per contribuire con il nostro *expertise* ad un campo non tradizionalmente *mainstream*
- È probabilmente (ragionevolmente) l'ultima possibilità per un esperimento spaziale per la ricerca dei modi B con possibile coinvolgimento europeo
- Stiamo investigando con il PI giapponese i possibili contributi, anche in *sharing* con altri gruppi europei
 - o teleconferenza M. Hazumi
 - o Riunione a Cardiff 2 e 3 agosto p.v.
- In complemento siamo in attesa di sapere i risultati della *call* H2020-InfraDev per la costruzione di un osservatorio da terra con 100k-rivelatori (E4) in sinergia con il progetto S4 negli USA - risultati attesi dopo l'estate.

Proposta PTOLEMY al Gran Sasso

M. Messina presenta la proposta dell'esperimento PTOLEMY (Princeton Tritium Observatory for Light, Early-Universe, Massive-Neutrino Yield), un metodo per la rivelazione termina di neutrini massivi e la rivelazione direzionale di Materia Oscura nella regione dei MeV, ed inizia il suo intervento con alcune osservazioni sul fondo cosmico di neutrini (*cosmic neutrino background*, CNB), una delle piu' solide previsioni della cosmologia standard. Ci sono molte evidenze indirette, continua M. Messina, per un fondo di neutrini che si sono disaccoppiati dalla radiazione elettromagnetica abbastanza presto durante l'espansione, quando la temperatura era intorno ad 1 MeV, cioe' 1 sec dopo il big bang. Il valore della densita' totale oggi e' 112 cm^{-3} per ciascun sapore, e si tratta quindi del piu' grande flusso di origine astrofisica. L'energia cinetica media e' molto piccola, dell'ordine di $T_\nu \sim 10^{-4} \text{ eV}$.

Si tratta quindi, osserva M. Messina, di un flusso difficile da rivelare direttamente, poiche' si ha solo interazione debole ed i neutrini hanno una piccola energia cinetica, ma non del tutto impossibile. I neutrini cluserizzano, se sono massivi ($\sim \text{eV}$), sulla scala dei grandi cluster: la velocita' di fuga nella Via Lattea e' pari a 600 Km/s, ma nei clusters vale 10^3 Km/s . La densita' locale normalizzata al valore cosmologico medio n_0 , conclude M. Messina, cresce con la massa del neutrino.

M. Messina passa poi a discutere l'idea della tecnica di rivelazione, basata sulla cattura del neutrino su nuclei che decadono beta (*Neutrino Capture on a Beta Decaying Nucleus*, NCB), come discusso in W. Weinberg, Phys. Rev. 128 (1962) 1457 e A.G. Cocco, G.Mangano and M.Messina, JCAP 06 (2007) 015: $\nu_\mu/\text{anti-}\nu_e + (A, Z) \rightarrow (A, Z\pm 1) + e^\pm$. Questo processo, commenta M. Messina, non ha soglia in energia, e mostra un grafico con lo spettro in energia dell'elettrone nel decadimento β , confrontato con lo stesso grafico nel caso di cattura di un neutrino da parte di un nucleo che decade β (NCB). Nello spettro complessivo di energia dell'elettrone, compare un gap pari a $2m_e$, centrato attorno al valore Q_β relativo al processo di decadimento.

M. Messina affronta il tema del rate del processo e del problema del fondo e mostra un'espressione del rapporto segnale/rumore, valida nel caso delle condizioni specifiche indicate. Il nucleo identificato come adatto per lo scopo descritto e' il trizio, ^3H .

Successivamente M. Messina passa a descrivere il progetto PTOLEMY, avviato grazie all'impegno e allo sforzo di C. Tully della Princeton University, e cita un recente lavoro, "Development of a Relic Neutrino Detection Experiment at PTOLEMY: Princeton Tritium Observatory for Light, Early-Universe, Massive-Neutrino Yield", disponibile su Archive (arXiv:1307.4738v2). M. Messina illustra poi alcune caratteristiche del rivelatore:

- Focheggiamento dell'elettrone (Sorgente di Trizio)
- Riduzione del flusso con filtro Mac-E
(*Magnetic Adiabatic Collimation with Electrostatic filter*)
- Prima misura di Energia con un tracciatore a RF
- Seconda misura di Energia con un Calorimetro criogenico ($\sigma_E \sim 0.1 \text{ eV}$)

I vari stadi del rivelatore possono essere cosi' schematizzati: Potenziale di Accelerazione, filtro MAC-E (Potenziale di Decelerazione), Potenziale di Accelerazione, Tempo di Volo (Potenziale di Decelerazione).

M. Messina si sofferma poi su alcuni dettagli tecnici, che riguardano le diverse componenti del rivelatore:

- Telescopio MAC-E
 - Picard et al., NIM B63 (1992) 345
 - PTOLEMY implementa un metodo "a riflessione" che e' quattro ordini di grandezza piu' compatto nella direzione del campo magnetico B
- Attivita' R&D su un prototipo Prototype a PPPL (*Princeton Plasma Physics Laboratory*)
 - Augusto 2016
 - Finanziato da:
 - Fondazione Simons
 - Fondazione John Templeton

La Collaborazione, precisa M. Messina, si trova ora ad affrontare tre sfide principali:

- Ridurre lo *smearing* molecolare
 - Nuova sorgente (Grafene con Trizio o Au(111) criogenico)
- Misurare direttamente lo spettro di energia con una risoluzione comparabile con la massa del neutrino
 - Microcalorimetria per elettroni ad alta risoluzione
- Comprimerne la lunghezza dello spettrometro da 70 m - la lunghezza di KATRIN - a lunghezza della scala del ~cm scale e replicarlo $\sim x 10^4$ - 10^6 a precisione piu' bassa – misura finale con microcalorimetria
 - Sistema di trigger a RF
 - Nuovo concetto di filtro ExB
 - G-FET come un potenziale sistema di trigger.

M. Messina descrive alcuni dettagli tecnici relativi all'utilizzo di strutture di Grafene con Trizio. Sono in corso anche studi di fattibilita' per l'utilizzo di Au(111) criogenico. M. Messina si sofferma anche sulla tecnica *Cold Plasma Loading* e sui relativi progressi negli ultimi 5 anni.

La tecnica di misura Calorimetrica, precisa M. Messina passando a discutere il punto successivo, e' basata su una tecnologia con sensori *Transition Edges*.

- Caratteristiche Generali
 - Possibilita' di raggiungere una risoluzione di ~ 0.55 eV a 1 keV e ~ 0.15 eV a 0.1 keV operando a 70-100 mK attualmente in corso di studio (Clarence Chang ANL, Moseley et al. GSFC/NASA)
 - Campi magnetici di poche centinaia di Gauss possono attraversare normali regioni
 - elettroni da 100 eV possono essere fermati in piccoli spessori, corrispondenti a piccole capacita' termiche C
- Risoluzione in energia del Microcalorimetro
 - Diminuire la risoluzione del microcalorimetro
 - 0.15 eV a 100 eV, operando a ~ 100 mK non e' piu' l'obiettivo
 - 0.05 eV a 10 eV, ed ulteriori possibili miglioramenti scendendo sino a 50 mK
- Sinergie con CMB-S4

- Il lavoro di sviluppo del Microcalorimetro per PTOLEMY utilizza gli spunti del disegno dei TES di S4 (ANL)
- Gli sviluppi del multiplexing a microonde per CMB-S4 sono direttamente rilevanti per PTOLEMY
- Risuonatore a elementi concentrati a ~ 100 MHz \rightarrow 1 GHz
Integrato nel wafer, e' compatto ed elimina l'uso di fili

Il sistema di tracciamento e di misura del tempo di volo si basa, chiarisce M. Messina, sull'utilizzo di una serie di antenne di tipo Project-8 con una larghezza di banda ben definita (qualche 10^{-5}) per identificare il segnale di Radiofrequenza di ciclotrone in tempi di transito dell'ordine di 0.2 ms. Ci si aspetta una risoluzione in tempo dell'ordine di ~ 10 ns, a seconda della risposta del microcalorimetro:

M. Messina conclude la descrizione dei progetti a breve termine, osservando come per un rivelatore da 100g (100g PTOLEMY) siano state studiate varie geometrie, con dischi sorgente costituiti da 10^4 - 10^5 piatti individuali e passa poi ad illustrare il programma a medio termine:

- Principi di Funzionamento dei G-FET:
 - La *band gap* dell'ordine del meV e' regolabile utilizzando lo spessore delle nanostrisce di grafene ($E_{\text{gap}} \sim 0.8$ eV/width[nm])
 - Grande incremento in conduttivita' ($\sim 10^{10}$ charge carriers) rispetto al *charge neutrality point* per effetto di campo
 - Scalability to Interdigitated Capacitor
- *Scaling* dei FET da $\sim \mu\text{m}$ a $\sim \text{cm}$
- Sensibilita' Direzionale del Rivelatore
 - Il nuovo approccio di bersagli in 2D ha aperto per la prima volta la possibilita' di misura direzionale diretta di Materia Oscura
 - La direzione dell'elettrone emesso e' strettamente correlata con la direzione iniziale di provenienza della Materia Oscura

M. Messina passa quindi ad illustrare alla Commissione il progetto PTOLEMY-G³, riassumendone cosi' gli aspetti piu' importanti:

- Rivelazione Direzionale di Materia Oscura con bersagli in 2D
 - Y. Hochberg, et al., "Directional detection of dark matter with two-dimensional targets", Phys. Lett. B772 (2017) 239
- Transistors in Grafene ad effetto di campo (Graphene field-effect transistors, G-FETs), a costituire un volume fiduciale di array planari sovrapposti (*stacked planar arrays*) – Graphene cube (G³)
 - Sensitivita' mai raggiunta al rinculo elettronico, a livello di rivelazione di singola carica
- I G-FETs permettono una band-gap regolabile nella regione dei meV e il tracciamento delle particelle con alta granularita' se configurati in arrays
- In questo esperimento si cerca di rivelare eventi di scattering dovuti a Materia Oscura nella regione di MeV che liberano un elettrone dal bersaglio di Grafene, in assenza di ogni altra attivita' in G³

Il bersaglio di Grafene, sottolinea M. Messina, e' un passo importante per la realizzazione del rivelatore PTOLEMY, e sintetizza cosi' la struttura del Volume Fiduciale di G^3 :

- Array di Nanostrisce di Grafene (prodotte alla Universita' di Princeton)
 - Studio delle curve Resistenza-Temperatura e Corrente-Differenza di Potenziale attualmente in corso
 - Scalabilita' a capacitori con area di pixel di 1 mm^2 o maggiore
- Array Planari Sovrapposti di G-FETs
 - $1 \text{ kg} \sim 1000$ mattoncini $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$
 - Wafers individualmente sigillati a vuoto
 - Raffreddati criogenicamente (4.2 K)
 - Pompaggio criogenico di contaminanti sulla superficie di G^3
 - Substrati a bassa massa con dielettrici ALD

Il progetto PTOLEMY- G^3 vuole caratterizzarsi per un basso fondo, e M. Messina specifica cosi' gli obiettivi di progetto per i livelli di fondo:

- Fabbricazione dei wafer ad elevata radiopurezza
 - Tecniche di litografia a basso rumore sono state dimostrate come possibili
A. Jastram et al., "Cryogenic Dark Matter Search detector fabrication process and recent improvements", NIM A772 (2015) 14-25.
- Crescita di grafene con rapporto ratio $^{14}\text{C}/\text{C}$ ultra ridotto
--> Portato avanti sulla base del lavoro fondamentale svolto da Borexino
 - A. Litherland et al., "Low-level ^{14}C measurements and Accelerator Mass Spectrometry" in AIP Conference Proceedings, vol. 785 (2005) 48 (<http://dx.doi.org/10.1063/1.2060452>)
 - Collaborazione con A. E. Lalonde, AMS Laboratory di Ottawa, in grado di misurare il rapporto $^{14}\text{C}/\text{C}$ a livello di 10^{-21}
- Volume fiduciale criogenico e coincidenza delle traiettorie FET-FET degli elettroni di rinculo
 - Il basso fondo raggiunto da Xenon100 sotto i 100 keV (<http://arXiv.org/abs/1101.3866>), parameterizzato ed applicato al caso di PTOLEMY- G^3 , fornisce ~ 4 events/kg/yr e nella finestra di $\sim 1\text{eV}$ di PTOLEMY. Il rate e' dominato ^{14}C , due ordini di grandezza piu' basso del rate atteso per cattura di neutrini relivi.

M. Messina si sofferma poi sulla sensibilita' del rivelatore:

- La sensitivita' di progetto e' superiore a quella di un rivelatore al germanio criogenico a basso rumore (soglia a 5 e^-) e di pari massa
- Con un modesto incremento di scala di PTOLEMY- G^3 , un volume fiduciale di 10^3 cm^3 potrebbe arrivare sino a $\sigma \sim 10^{-33} \text{ cm}^2$ at 4 MeV in un anno, investigando regioni inaccessibili agli attuali esperimenti
- Un primo esperimento con un volume di G^3 pari a 10^3 cm^3 (superficie del bersaglio di 10^4 cm^2) potrebbe studiare eventi sino a $\sigma_e \sim 10^{-33} \text{ cm}^2$ a 4 MeV.

M. Messina illustra alla Commissione l'utilizzo del rivelatore per la misura diretta di materia oscura nella regione dei MeV, come descritto nel lavoro di Y. Hochberg, et al., "Directional detection of dark matter with two-dimensional targets", Phys. Lett. B772 (2017) 239, e sottolinea il contesto scientifico all'interno del quale inserire questa proposta:

- Regioni importanti al di sotto del Rinculo Nucleare
- Possibilita' di coprire una grande parte del *Freeze-In* (produzione relic termica che non raggiunge l'equilibrio)

Un prototipo del rivelatore, informa M. Messina, e' stato realizzato per attivita' di R&D al Dipartimento di Fisica della Princeton University.

M. Messina conclude la descrizione della struttura del rivelatore, soffermandosi su alcuni aspetti tecnici che riguardano il sistema di Alta tensione ed il metodo di monitoraggio per gli elettrodi del rivelatore PTOLEMY, in modo da disporre di un sistema di precisione.

M. Messina illustra alla Commissione la Proposta della Collaborazione:

- Trasferire il prototipo di PTOMELY ai LNGS per effettuare i test di fattibilita' (*proof-of-principle*) in un ambiente a basso fondo.
- Opportunita' per i LNGS e per l'INFN di sfruttare un investimento dagli Stati Uniti dell'ordine dei M\$.
- Conseguenze positive
 - L'attivita' di R&D sul bersaglio di Grafene offre la possibilita' di realizzare un programma di fisica della Materia Oscura a medio termine
 - *Proof-of-Principle* del concetto di PTOLEMY

Lo sviluppo temporale del progetto negli Stati Uniti prevede le seguenti attivita':

- Re-commissioning del Kelvinox MX400 a seguito dello sviluppo sulla parte elettrica (Luglio)
- Installazione del Calorimetro StarCryo (Luglio/Agosto)
- Re-commissioning del magnete a seguito della riparazione dei connettori e del nuovo supporto (Luglio/Agosto)
- Installazione del sistema centrale di vuoto (*central vacuum tank*) (Agosto)
- Sistema di HV per il filtro MAC-E (Settembre)
- Installazione di un campione di test nel magnete alla sorgente (Settembre)
- Presa dati con i Campioni, il filtro MAC-E e il Calorimetro
 - Previsto per Settembre/Ottobre

I costi stimati per le attivita' nel prossimo futuro vengono cosi' riassunte da M. Messina:

- | | |
|--|------|
| • Partecipazione ai test a Princeton | 8 k€ |
| • Sviluppo del sistema di HV ad alta stabilita' | 5 k€ |
| • Imballaggio e spedizione dei prototipo ai LNGS | 8 k€ |

- Preparazione dello spazio all'esterno del laboratorio per ospitare il rivelatore nella fase di commissioning, prima del trasferimento nel laboratorio sotterraneo. 10 k€
- Consumo di LN e LHe per i Magneti SC 10 k€

M. Messina illustra poi alla Commissione alcune tappe dello sviluppo temporale del progetto:

- Entro la fine di Agosto invio ai LNGS di una lettera di intenti (Letter of Intent, LoI) centrata sul *proof-of-principle* usando il prototipo di PTOLEMY e la ricerca della Materia Oscura come caso di Fisica
- A Novembre-Dicembre ci sarà un meeting del progetto PTOLEMY ai LNGS, per raccogliere l'interesse dei vari gruppi per la rivelazione di neutrini relitti.

Le istituzioni che partecipano al progetto sono 7 (Argonne National Laboratory, CIEMAT Madrid, LNGS, New York University Abu Dhabi, Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton University, Savannah River National Laboratory), con 5 Ricercatori italiani coinvolti (A.G. Cocco, G. Mangano, M. Messina, N. Rossi, N. D'Ambrosio).

M. Messina conclude il suo intervento osservando come, a dieci anni dall'articolo di A.G. Cocco, G. Mangano and M. Messina, JCAP 06 (2007) 015, cioè che allora appariva come una sfida e' oggi molto più vicino ad essere realizzabile.

Al termine della presentazione di M. Messina, M. Pallavicini osserva come i tempi di approvazione non siano certamente rapidi, come forse la Collaborazione si aspetterebbe. La Commissione potrebbe accordare un piccolo finanziamento, per alcuni *meeting*, ed attendere una proposta di esperimento, con un percorso chiaro. Forse l'esperimento potrebbe essere orientato più al neutrino che alla Materia Oscura, poiché l'interesse per il neutrino è enorme. Bene far crescere l'idea, ma è necessario costruire anche una collaborazione con la necessaria consistenza, soprattutto dove l'attività di R&D è ancora impegnativa.

È necessaria, ribadisce M. Pallavicini, una collaborazione consistente, con un responsabile nazionale italiano istituzionale, poiché si tratta di una cosa seria, un impegno su una scala di tempi dell'ordine di 15 anni, il tempo necessario a rivelare neutrini relitti in PTOLEMY. La Commissione ascolterà con grande interesse una proposta, che deve essere accompagnata da una collaborazione e da un impegno per i prossimi 10 anni, e non un gruppo di poche persone con percentuali dell'ordine del 10%.

A. Incicchitti interviene nella discussione osservando come la proposta sia molto interessante ma, per essere realistici, si necessario osservare che tutti i materiali sono molto permeabili al Trizio e appare molto difficile portarlo in galleria.

M. Pallavicini conferma che nei laboratori sotterranei ai LNGS non c'è Trizio.

M. Messina osserva che il Trizio gassoso è diverso dal Trizio in strutture di Grafene.

M. Pallavicini vede in questo un ostacolo insormontabile: il Trizio ai LNGS probabilmente non entrerà mai e sarà forse necessario identificare un altro sito.

Proposta TRISTAN

C.E. Fiorini presenta la proposta dell'esperimento TRISTAN, un nuovo sistema di rivelazione per KATRIN, allo scopo di cercare segnali di Nuova Fisica nel decadimento β , ed inizia il suo intervento riassumendo le motivazioni del progetto:

- KATRIN: Misura della massa del neutrino per mezzo della misura della sola regione di massima energia dello spettro del decadimento beta del Trizio
- TRISTAN: Ricerca di signature di fisica oltre il Modello Standard per mezzo dell'osservazione dell'intero spettro del decadimento beta del Trizio
 - Neutrino Sterile
 - Correnti destrorse
 - Extra dimensioni
- Neutrino Sterile
 - Estensione naturale del modello standard
 - Se la massa e' nella regione dei keV --> Candidato di Materia Oscura
 - Se la massa e' nella regione degli eV
 - > Soluzione di anomalie sperimentali negli esperimenti di oscillazione di neutrini

KATRIN, con l'estensione TRISTAN, puo' rivelare il neutrino sterile nella regione dei eV-keV.

L'esperimento KATRIN, nel sito di Karlsruhe (Karlsruhe Institute of Technology, KIT), e affidato a una Collaborazione Internazionale di circa 150 membri, ha come obiettivo:

- Indagare la massa effettiva dell'anti-neutrino elettronico
- Sensitivita' di 200 meV a 90%CL in 3 anni

C.E. Fiorini descrive il principio di funzionamento di KATRIN, che si prefigge di misurare lo spettro β di decadimento contando il numero di elettroni rivelati in funzione di una differenza di potenziale di filtro. Il rivelatore e' costituito da una matrice di diodi al Silicio.

C.E. Fiorini passa poi ad illustrare, anche con l'ausilio di alcune fotografie, lo stato attuale del progetto:

- Le componenti del Rivelatore
 - Sorgente di Trizio gassoso
 - Sistema di pompe differenziali
 - Bobina in Aria
 - Sistema di rivelazione
 - Sistema di pompe criogeniche
- Tutte le componenti gia' integrate
- Inizio delle prime misure del Trizio a fine 2017
- Dopo 3 anni: sensitivita' finale: $m_\nu = 200$ meV a 90% CL

Le prestazioni del rivelatore, per diversi obiettivi di fisica, vengono cosi' riassunte:

- Effetto della massa del ν sullo spettro β
 - La massa non nulla del neutrino riduce l'*endpoint* e distorce lo spettro
- Effetto di ν sterili sullo spettro β
 - Il neutrino sterile si manifesta come un *kink* e una distorsione dello spettro anche a distanza dall'*endpoint*
- Modo di Misura
 - Massa del Neutrino mass: lo spettrometro filtra gran parte degli elettroni
 - Rate totale: ~ 1 cps
 - Neutrino Sterile: tutto lo spettro e' di interesse
 - Rate totale: $\sim 10^{10}$ cps
 - Segnatura nel caso di massa del neutrino o di neutrino sterile

C.E. Fiorini mostra alla Commissione l'usuale grafico di esclusione nel piano $\sin^2(\theta)$.vs. m_s , per mostrare le potenzialita' di KATRIN ed i TRISTAN, confrontate con i limiti attualmente noti in letteratura (sensitivita' a 90% CL):

- Porre il miglior limite mondiale + *Proof-of-concept*
 - 10^{11} elettroni
 - Ridotta intensita' della sorgente e 7 giorni di tempo di misura con KATRIN "come e'"
- Affrontare lo studio dello spazio dei parametri di interesse cosmologico
 - 10^{18} elettroni:
 - Piena intensita' della sorgente e 3 anni di tempo di misura con TRISTAN

Le prestazioni del rivelatore dovranno soddisfare le seguenti richieste:

- Capacita' di gestire elevati rate ($> 10^8$ cps)
 - O(3000) pixels, 100 kcps per pixel
- Eccellente risoluzione in energia (300 eV a 20 keV) + Soglia a bassa energia (1 keV)
 - Spazio morto sottile (~ 10 nm)
- Pixels grandi + basso rumore a rate elevato
 - Disegno dei Silicon Drift Detector, con capacita' < 0.05 pF
- Minima Non-Linearita'
 - ADC di alta qualita' + *waveform digitization*

Il rivelatore di drift al silicio (Silicon Drift Detector, SDD), grazie ad una capacita' di uscita piccola, dovuta anche all'integrazione del JFET sul rivelatore, sara' capace di una elevata risoluzione in energia con rapidi tempi di processamento. In particolare, C.E. Fiorini si sofferma sulla descrizione dell'insieme del rivelatore:

- Disegno dei pixel:
 - SDD con nJFET integrati
 - Disegno ottimizzato per ridurre la perdita di carica a livello trascurabile
 - Dimensioni della cella: 2 – 3 mm
- Disegno del Modulo:

- Numero di pixels: $12 \times 14 = 168$ pixels
- Dimensioni del modulo: $3.9 \times 3.8 \text{ cm}^2$
- Disegno finale del rivelatore:
 - 21 – 25 moduli
 - 3486 – 4150 pixels
 - Dimensioni del detector: $\sim R_{\text{det}} \approx 10 \text{ cm}$

Due progetti sono attualmente in attivita' per lo studio della tecnica di rivelazione con SSD:

- Il rivelatore DRAGO
 - Progetto finanziato dall'INFN, in collaboration con MPI-HLL
 - C. Fiorini et al., "The DRAGO gamma camera",
Review of Scientific Instruments 81 (2010) 044301
 - Struttura del rivelatore
 - SDD array ($29 \times 26 \text{ mm}^2$; 77 SDD, 8.7 mm^2 ciascuno, area attiva totale 6.7 cm^2)
 - Scintillatore CsI(Tl)
 - Raffreddamento a celle di Peltier
 - ASICs
 - Dissipatore di Calore
- Il rivelatore HICAM
 - Progetto finanziato dalla Comunita' Europea (FP6)
 - C.Fiorini et al., "The HICAM gamma camera",
IEEE Transactions on Nuclear Science, 59 (2012) (3 PART 1) 537-544.
 - Struttura del rivelatore
 - Collimatore
 - Scintillatore
 - 100 SSDs (1 cm^2 ciascuno)
 - Sistema di Raffreddamento
 - Elettronica di lettura
 - Array monolitico SDDs da $5 \times 1 \text{ cm}^2$
 - SDDs sviluppate da MPI-HLL
 - Raffreddamento a celle di Peltier
 - Il piu' grande array of SDDs

C.E. Fiorini illustra alla Commissione il progetto di sviluppo temporale nei prossimi 5 anni:

- 2018
 - Disegno e integrazione del modulo di rivelazione basato su un piu' piccolo array di SSD (ad esempio 6×7 celle o 2×14 celle) con ibridizzazione, interconnessione e raffreddamento
 - Sviluppo di un *qualification setup* del rivelatore, inclusi gli ASICs
 - Caratterizzazione sperimentale del modulo di rivelazione
- 2019
 - Integrazione dell'array finale di SDD (12×14 cells - $4 \times 4 \text{ cm}^2$) con ibridizzazione, interconnessione e raffreddamento

- Caratterizzazione sperimentale del modulo di rivelazione
- 2020
 - Produzione finale del modulo di rivelazione con i nuovi componenti
 - Test su fascio
- 2021-2022
 - *Scaling* (produzione del sistema finale ~ 20-25 moduli), a seconda dei risultati della caratterizzazione

Il programma di test su fasci beta viene così descritto da C.E. Fiorini:

- 2020: Installazione di un prototipo del rivelatore all'esperimento TROITSK per lo studio della massa dei neutrini
 - Primi risultati di fisica sui neutrini sterili
 - *Proof of principle*
 - Caratterizzazione del rivelatore
- 2020: Installazione di un prototipo del rivelatore presso l'esperimento KATRIN come dispositivo di monitoraggio
 - Miglioramento delle prestazioni di KATRIN
 - Test e caratterizzazione del sistema di rivelazione
- ~ 2022: Installation of detector modules in KATRIN beamline at final location
 - Precision measurement of entire beta decay spectrum
 - High statistics data on sterile neutrinos

C.E. Fiorini conclude il suo intervento illustrando alla Commissione la proposta INFN TRISTAN:

- OBIETTIVO
 - collaborazione allo sviluppo del rivelatore di TRISTAN basato su matrici di SDD e sua qualificazione sperimentale
 - Opportunità di partecipazione all'acquisizione e analisi dei dati sperimentali
- UNITA' PARTECIPANTI:
 - Milano:
 - M. Carminati RTD (resp.) – 1 FTE
 - A. Grande DOTT – 1 FTE
 - C. Fiorini PO – 0.3 FTE,
 - totale 2.3 FTE
 - ...
- ATTIVITA' PREVISTE
 - Disegno ed integrazione di un modulo di rivelazione basato su un più piccolo array di SSD (ad esempio 6 x 7 celle o 2 x 14 celle) with ibridizzazione, interconnessioni e raffreddamento
 - Sviluppo di un *qualification setup* del rivelatore, inclusi gli ASICs
 - Caratterizzazione sperimentale del modulo di rivelazione
- STIME DI COSTO 2018

- Consumo: 34 k€ (ceramiche, cavi flex, bonding, PCB, componenti, meccanica)
Inventario: 15 k€ (moduli DAQ)
- Missioni: 4.5 k€ (2 riunioni Monaco/KIT, 2 settimane misure dottorando a Monaco)
- totale: 53.5 k€
- STIME COSTO 2019, 2020
 - ca 50-60 K€/anno

Al termine della presentazione di C.E. Fiorini, M. Pallavicini osserva come la proposta appaia molto interessante e verra' valutata a settembre. Si tratta di una proposta piccola, ma ben definita: la Commissione assegnera' dei referee, ma gia' ora e' possibile sottolineare come sarebbe necessario un rafforzamento della Collaborazione. Se la Commissione da' un contributo, continua M. Pallavicini, vuole che il contributo sia visibile.

C.E. Fiorini sottolinea come il gruppo al quale appartiene formalizzera' ad ottobre l'ingresso nella Collaborazione KATRIN, sia come Politecnico di Milano che eventualmente come INFN, mentre puo' offrire, ad eventuali gruppi di Fisici interessati, il necessario supporto al contatto con la Collaborazione.

M. Pallavicini suggerisce che i coordinatori di Milano in particolare, e anche tutti gli altri Coordinatori, contribuiscano a questo processo di aggregazione.

B. Caccianiga commenta come il ruolo del Gruppo 2 sia gia' riconoscibile; pero' se l'INFN entrasse con fisici che si occupano di analisi, simulazione, potrebbe rivestire un ruolo di un certo peso, aggiungendo alle competenze gia' riconosciute, anche attivita' di analisi e simulazione.

Alle ore 16:50 la Commissione interrompe i suoi lavori per una breve pausa.

Alle ore 17:00 la Commissione riprende i suoi lavori, in sessione chiusa.

04 luglio 2017

h. 17:00-18:15. SESSIONE CHIUSA

Sblocchi SJ e nuove assegnazioni

M. Pallavicini informa la Commissione che la gara dell'esperimento Juno per l'elettronica e' stata rimandata all'anno successivo, per cui ora abbiamo una disponibilita' aggiuntiva di 1.112 k€³: da una parte questo ci allevia, dall'altra dobbiamo tenere presente che questo impegno dovra' essere onorato il prossimo anno. Inoltre dovremo tenere presente i costi di Icarus e di SOX. M. Pallavicini suggerisce di utilizzare questa disponibilita', per quanto possibile, per anticipare spese del prossimo anno.

³ Alla data di approvazione del presente Verbale, sono noti i dettagli della restituzione: 195.5 k€ da PD alla CSN2, dal Capitolo Apparati, a luglio 2017; 180 k€ da LNF alla CSN2, dal Capitolo Apparati, il 19 settembre 2017; 736.5 da PD alla CSN2, dal Capitolo Apparati, il 19 settembre 2017.

La Commissione passa poi ad esaminare le richieste di ciascun esperimento, così come sono state inserite nel database delle assegnazioni:

- AMS
 - Richiesta di sblocco di 33.5 k€ sul Capitolo Missioni e nuova richiesta di 110 k€ sul Capitolo Inventario, inizialmente prevista per il 2018.
 - I referee esprimono parere favorevole e la Commissione approva la richiesta di sblocco di 33.5 k€ sul Capitolo Missioni (5 k€ BO; 19.5 k€ MIB; 9 k€ TIFPA) e la assegnazione di 110 k€ sul Capitolo Inventario, sul bilancio 2017 come anticipo del 2018.

- AUGER
 - Richiesta di sblocco di 17 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva la richiesta di sblocco di complessivi 17 k€ sul Capitolo Missioni, stornando le assegnazioni sulle sezioni più in sofferenza, come riportato in dettaglio nella tabella nel seguito di questo verbale e nel database di Commissione.

- BOREX
 - Richiesta di sblocco di complessivi 25 k€ sul Capitolo Missioni e di 4 k€ sul Capitolo Consumo
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 25 k€ sul Capitolo Missioni (5 k€ GE; 20 k€ MI) e lo sblocco di 4 k€ sul Capitolo Consumo ai LNGS.

- CTA
 - Una prima richiesta riguarda lo sblocco di complessivi 14 k€ sul Capitolo Missioni e di 1 k€ su Capitolo Trasporti
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 14 k€ sul Capitolo Missioni (2 k€ GSGC; 5 k€ NA; 7 k€ PI) e lo sblocco di 1 k€ sul Capitolo Trasporti a NA.
 - Una seconda richiesta riguarda lo sblocco di 7.5 k€ a BA e 3 k€ a TO sul Capitolo Consumo, di 2 k€ a PG sul Capitolo Inventario e di 1.5 k€ a RM sul Capitolo Trasporti e lo storno della intera somma (14 k€) sul Capitolo Consumo a PD per pagare i Common Funds di competenza INFN, pari a complessivi 17 k€
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 7.5 k€ a BA e 3 k€ a TO sul Capitolo Consumo, di 2 k€ a PG sul Capitolo Inventario e di 1.5 k€ a RM sul Capitolo Trasporti e lo storno della intera somma (14 k€) sul Capitolo Consumo a PD

- CUORE
 - Richiesta di sblocco di complessivi 22.5 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 22.5 k€ sul Capitolo Missioni (7 k€ BO; 1 k€ PD; 14.5 k€ RM).

- CUPID
 - Richiesta di sblocco di complessivi 8.5 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 8.5 k€ sul Capitolo Missioni (4 k€ MIB; 4.5 k€ RM), in considerazione anche del fatto che ora l'esperimento si trova in presa dati.

- DAMA
 - Richiesta di sblocco di complessivi 8 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 8 k€ sul Capitolo Missioni (3 k€ RM; 5 k€ RM2)
- DAMPE
 - richiesta di sblocco di 3 k€ a BA sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 3 k€ a BA sul Capitolo Missioni
- DARKSIDE
 - Richiesta di sblocco di complessivi 15.5 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 15.5 k€ sul Capitolo Missioni (5 k€ LNGS; 9 k€ NA; 1.5 k€ RM3_Dotz), trasferendo parte delle assegnazioni alle sezioni piu' in sofferenza (9 k€ BO; 5 k€ CA), mentre 1.5 k€ restano assegnati a RM3_Dotz
- FERMI
 - Richiesta di sblocco di complessivi 20 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva, con una riduzione della cifra richiesta dalla sezione di BA (14 k€), lo sblocco di complessivi 16 k€ sul Capitolo Missioni (10 k€ BA; 3 k€ PD; 2 k€ PG; 1 k€ RM2), trasferendo 2 k€ dalla sezione di PG alla sezione di TO, sempre sul Capitolo Missioni.
- G-GRANSASSO
 - Richiesta di sblocco di complessivi 11.5 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 11.5 k€ sul Capitolo Missioni (0.5 k€ LNL_Dotz; 3 k€ NA; 8 k€ PI)
- GAPS
 - Richiesta di sblocco di complessivi 4 k€ sul Capitolo Missioni e di trasferimento di 3 k€ sul Capitolo Consumo da TS a NA.
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 4 k€ sul Capitolo Missioni (2 k€ PV; 2 k€ TS) e il trasferimento di 3 k€ sul Capitolo Consumo da TS a NA.
- HUMOR
 - Richiesta di sblocco di complessivi 4 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 4 k€ sul Capitolo Missioni (1 k€ FI; 3 k€ TIFPA).
- ICARUS
 - Richiesta di sblocco di complessivi 52.5 k€ sul Capitolo Missioni e di trasferimento di 10 k€ da PD alla sezione di BO sui fondi dell'esperimento NUATFNAL, sempre sul Capitolo Missioni, poiche' alcune persone hanno collaborato alla preparazione di ICARUS per la spedizione, viaggiando in missione al CERN su fondi NUATFNAL.
 - I referee degli esperimenti ICARUS e NUATFNAL sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 52.5 k€ sul Capitolo Missioni (5 k€ CT; 0.5 k€

NA_Dotz; 32 k€ PD; 15 k€ PV) e il trasferimento di 10 k€ da PD alla sezione di BO sui fondi dell'esperimento NUATFNAL, sempre sul Capitolo Missioni.

- JUNO
 - Richiesta di sblocco di complessivi 20 k€ sul Capitolo Missioni, di una nuova assegnazione di 30 k€ a PD sul Capitolo Consumo e lo sblocco, con successiva restituzione alla Commissione, di 225.5 k€ a PD sul Capitolo Apparat
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 20 k€ sul Capitolo Missioni (2 k€ CT; 1 k€ FE; 2 k€ LNF; 5.5 k€ MI; 3 k€ MIB; 4.5 k€ PD; 2 k€ RM3), l'assegnazione di 30 k€ a PD sul Capitolo Consumo e lo sblocco, con successiva restituzione alla Commissione, di 225.5 k€ a PD sul Capitolo Apparat.
- KM3
 - Richiesta aggiuntiva di complessivi 61 k€ sul Capitolo Consumo e di 5.5 k€ a SA sul Capitolo Licenze Software
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva l'assegnazione di complessivi 61 k€ sul Capitolo Consumo, suddivisi tra le diverse sezioni come riportato in dettaglio nella tabella nel seguito di questo verbale e nel database di Commissione, e di 5.5 k€ a SA sul Capitolo Licenze Software.
- LHAASO
 - Richiesta di sblocco di 2 k€ sul Capitolo Missioni a RM2, per missioni in Cina e ICRC
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 2 k€ sul Capitolo Missioni a RM2.
- LIMADOU
 - Richiesta di sblocco di complessivi 4 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 4 k€ (2 k€ NA; 2 k€ TIFPA) sul Capitolo Missioni.
- LISA-PF
 - Richiesta di sblocco di 3k€ a RM2 sul Capitolo Consumo
 - La Commissione, dopo una breve discussione, sentito anche il parere dei referee, concorda nel non concedere lo sblocco, in attesa di maggiori chiarimenti.
- MAGIC
 - Richiesta di sblocco di 8.5 k€ a PI sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di 8.5 k€ a PI sul Capitolo Missioni.
- NEWS
 - Richiesta di sblocco di complessivi 5 k€ sul Capitolo Missioni, di 5 k€ a NA sul Capitolo Consumo e di 8 k€ a NA sul Capitolo Inventario
 - La Commissione, sentito anche il parere dei referee, concorda nel sostenere l'attivit' sino a tutto il 2018, in attesa di ricevere un proposal a maggio 2018.
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva sblocco di complessivi 5 k€ sul Capitolo Missioni (1 k€ LNGS; 4 k€ NA), di 5 k€ a NA sul Capitolo Consumo e di 8 k€ a NA sul Capitolo Inventario.
- NUATFNAL

- Richiesta di 15 k€ aggiuntivi a BO sul Capitolo Missioni, oltre ai 10 k€ stornati da Icarus e già approvati dalla Commissione.
- La Commissione, sentito anche il parere dei referee, accoglie solo in parte la richiesta di finanziamento aggiuntivo, e approva l'assegnazione di 10 k€ a BO sul Capitolo Missioni, oltre ai 10 k€ stornati da Icarus e già approvati dalla Commissione.
- PVLAS
 - Richiesta di sblocco di complessivi 8 k€ sul Capitolo Missioni e di 6.5 k€ a FE sul Capitolo Consumo.
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 8 k€ sul Capitolo Missioni (1 k€ FE; 7 k€ TS) e di 6.5 k€ a FE sul Capitolo Consumo.
- QUAX
 - Richiesta di sblocco di complessivi 5 k€ sul Capitolo Missioni, di 4 k€ a LNF sul Capitolo Consumo e di 30 k€ a NA sul Capitolo Apparati per il Magnete
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 5 k€ sul Capitolo Missioni (1 k€ LNF; 1 k€ LNL; 1 k€ NA; 2 k€ PD), di 4 k€ a LNF sul Capitolo Consumo e di 30 k€ a NA sul Capitolo Apparati, visto anche il progetto.
- SABRE
 - Richiesta, sul Capitolo Missioni, di sblocco di 2 k€ a RM e di una nuova assegnazione di 5 k€ a MI_Dotz.
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva, sul Capitolo Missioni, lo sblocco di 2 k€ a RM e di una nuova assegnazione di 5 k€ a MI_Dotz.
- T2K
 - Richiesta di stornare complessivamente 29 k€ al fondo "Assegni di Ricerca" per contratti JENNIFER per finanziare un'annualità di assegno a Napoli e di una nuova assegnazione di complessivi 17 k€ sul Capitolo Consumo, per un prototipo *multi-pmt*.
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo storno di complessivi 29 k€ al fondo per contratti JENNIFER (-7 k€ BA; -13 k€ NA; -7 k€ PD; -2 k€ RM) e l'assegnazione di 17 k€ sul Capitolo Consumo (7 k€ BA; 10 k€ NA), considerando questo come un anticipo.
- VIRGO
 - Richiesta di sblocco di complessivi 69.5 k€ sul Capitolo Missioni e di una assegnazione aggiuntiva di 6 k€ a sul Capitolo Apparati, per componenti criogeniche (Leva Ottica Criogenica e Sensore Ottico per Accelerometro Criogenico)
 - La Commissione, dopo una breve discussione e sentito il parere dei referee, approva solo lo sblocco di complessivi 69.5 k€ sul Capitolo Missioni (5.5 k€ FI; 5 k€ GE; 5.5 k€ NA; 3.5 k€ PD; 9.5 k€ PG; 8 k€ PI; 20 k€ RM1; 11 k€ RM2; 1.5 k€ TIFPA), con il trasferimento di 3 k€ a PI (1.5 k€ da FI e 1.5 k€ da TIFPA), sempre sul Capitolo Missioni.
- WIZARD
 - Richiesta di sblocco di complessivi 5.5 k€ sul Capitolo Missioni
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva lo sblocco di complessivi 5.5 k€ sul Capitolo Missioni (1.5 k€ FI; 2 k€ RM2; 2 k€ TS).
- eASTROGAM

- La Commissione, dopo una breve discussione, concorda sulla proposta di M. Pallavicini, di sostenere le attuali attività di eASTROGAM, qualche viaggio di lavoro ed un meeting ad Ottobre, con i fondi di Dotazione a PD.
- Se le Dotazioni della sezione di Padova diventeranno insufficienti, la Commissione potrà intervenire in una delle prossime riunioni.
- DOTAZIONI
 - La Commissione approva l'assegnazione di 2 k€ a CT sul Capitolo Seminari e di 12 k€ a GE sul Capitolo Missioni, per mobilità del Presidente di Commissione.

Le nuove assegnazioni (n. ass.) o gli sblocchi (sbl.) sono riassunti nella seguente tabella, dove non è riportato un trasferimento interno di 4.5 k€ sul capitolo Consumo per l'esperimento JEM-EUSO-RD da NA a LNF, in quanto a costo totale nullo:

Esperimento	Sezione	Missioni (k€)	Consumo (k€)	Inv. (k€)	App. (k€)	Altri Capitoli (k€)
AMS	BO	5 (sbl.)				
	MIB	19.5 (sbl.)				
	PG			110 (n. ass.)		
	TIFPA	9 (sbl.)				
AUGER	CT	-1 (n. ass.) 4 (sbl.)				
	GSGC	3 (n. ass.)				
	LE	-7 (n. ass.) 7 (sbl.)				
	MI	4 (n. ass.)				
	NA	2 (sbl.)				
	RM2	3 (n. ass.)				
	TO	-2 (n. ass.) 4 (sbl.)				
BOREX	GE	5 (sbl.)				
	LNGS		4 (sbl.)			
	MI	20 (sbl.)				
CTA	BA		-7.5 (n. ass.) 7.5 (sbl.)			
	GSGC	2 (sbl.)				
	NA	5 (sbl.)				1 (sbl.) Trasporti
	PD		14 (n. ass.)			
	PG			-2 (n. ass.) 2 (sbl.)		

	PI	7 (sbl.)				
	RM1					-1.5 (n. ass.) 1.5 (sbl.) Trasporti
	TO		-3 (n. ass.) 3 (sbl.)-			
CUORE	BO	7 (sbl.)				
	PD	1 (sbl.)				
	RM1	14.5 (sbl.)				
CUPID	MIB	4 (sbl.)				
	RM1	4.5 (sbl.)				
DAMA	RM1	3 (sbl.)				
	RM2	5 (sbl.)				
DAMPE	BA	3 (sbl.)				
DarkSide	BO	9 (n. ass.)				
	CA	5 (n. ass.)				
	LNGS	-5 (n. ass.) 5 (sbl.)				
	NA	-9 (n. ass.) 9 (sbl.)				
	RM3_Dotz	1.5 (sbl.)				
FERMI	BA	10 (sbl.)				
	PD	3 (sbl.)				
	PG	-2 (n. ass.) 2 (sbl.)				
	RM2	1 (sbl.)				
	TO	2 (n. ass.)				
G-GranSasso	LNL_Dotz	0.5 (sbl.)				
	NA	3 (sbl.)				
	PI	8 (sbl.)				
GAPS	NA		3 (n. ass.)			
	PV	2 (sbl.)				
	TS	2 (sbl.)	-3 (n. ass.)			
HUMOR	FI	1 (sbl.)				
	TIFPA	3 (sbl.)				
ICARUS	CT	5 (sbl.)				
	NA_Dotz	0.5 (sbl.)				
	PD	-10 (n. ass.) 32 (sbl.)				
	PV	15 (sbl.)				

JUNO	CT	2 (sbl.)				
	FE	1 (sbl.)				
	LNF	2 (sbl.)				
	MI	5.5 (sbl.)				
	MIB	3 (sbl.)				
	PD	4.5 (sbl.)	30 (n. ass.)		-222.5 (n. ass.) 222.5 (sbl.)	
	RM3	2 (sbl.)				
KM3	BA		2 (n. ass.)			
	BO		6 (n. ass.)			
	CT		14 (n. ass.)			
	GE		9.5 (n. ass.)			
	LNF_Dotz		1 (n. ass.)			
	LNS		14 (n. ass.)			
	NA		11.5 (n. ass.)			
	PI		1 (n. ass.)			
	RM1		1 (n. ass.)			
	SA		1 (n. ass.)			5.5 (n. ass.) SoftWare
LHAASO	RM2	2 (sbl.)				
LIMADOU	NA	2 (sbl.)				
	TIFPA	2 (sbl.)				
MAGIC	PI	8.5 (sbl.)				
NEWS	LNGS	1 (sbl.)				
	NA	4 (sbl.)	5 (sbl.)	8 (sbl.)		
NUATFNAL	BO	20 (n. ass.)				
PVLAS	FE	1 (sbl.)	6.5 (sbl.)			
	TS	7 (sbl.)				
QUAX	LNF	1 (sbl.)	4 (sbl.)			
	LNL	1 (sbl.)				
	NA	1 (sbl.)			30 (sbl.)	
	PD	2 (sbl.)				
SABRE	MI_Dotz	5 (n. ass.)				
	RM1	2 (sbl.)				
T2K	BA	-7 (n. ass.)	7 (n. ass.)			
	NA	-13 (n. ass.)	10 (n. ass.)			
	PD	-7 (n. ass.)				
	RM1	-2 (n. ass.)				

VIRGO	FI	-1.5 (n. ass.) 5.5 (sbl.)				
	GE	5 (sbl.)				
	NA	5.5 (sbl.)				
	PD	3.5 (sbl.)				
	PG	9.5 (sbl.)				
	PI	3 (n. ass.) 8 (sbl.)				
	RM1	20 (sbl.)				
	RM2	11 (sbl.)				
	TIFPA	-1.5 (n. ass.) 1.5 (sbl.)				
WIZARD	FI	1.5 (sbl.)				
	RM2	2 (sbl.)				
	TS	2 (sbl.)				
DOTAZIONI	CT					2 (n. ass) Seminari
	GE	12 (n. ass.)				
Totale		-2 (n. ass.) 354.5 (sbl.)	111.5 (n. ass.) 30 (sbl.)	108 (n. ass.) 10 (sbl.)	-225.5 (n. ass.) 255.5 (sbl.)	2 (n. ass) Seminari 5.5 (n. ass.) SoftWare -1.5 (n. ass.) 2.5 (sbl.) Trasporti

La Commissione concorda sull'opportunità di proporre che i viaggi del Presidente di Commissione, quando richiesti dalla Giunta Esecutiva per compiti istituzionali, siano a carico dei fondi della Giunta stessa, e non della Commissione.

A. Razeto precisa che la sigla esatta del gruppo INFN del GSSI e' ora, per l'anagrafica e i preventivi, GSGC.

P. Sapienza informa brevemente la Commissione sull'organizzazione della riunione di Commissione a settembre a Catania, presso un albergo in centro città, e, per i lavori di un giorno, ai LNS. Il finanziamento assegnato a Dotazioni di CT sul Capitolo Seminari verra' utilizzato per questa riunione di Commissione.

Report Referees proposta ARCHIMEDES

M. Pallavicini introduce la relazione dei referee A. Chincarini, G. Ruoso, G. Zavattini della nuova proposta Archimede, che si prefigge un obiettivo di Fisica Fondamentale, lo studio delle proprietà del vuoto mediante l'utilizzo di una bilancia di estrema sensibilità e materiali superconduttori. Le sezioni proponenti sono Napoli, Roma, con collaborazioni esterne con l'Istituto Nazionale di Ottica di Napoli, la Sapienza Università di Roma e l'Università di Marseille.

G. Ruoso illustra alla Commissione l'esito dell'incontro che i referee hanno avuto con la collaborazione il giorno 23 maggio presso il laboratorio di Gravitazione a Napoli.

L'obiettivo dell'esperimento consiste nel misurare il peso associato all'energia di vuoto contenuta in una cavità di Casimir rigida formata da una serie di piani conduttori adiacenti all'interno di un superconduttore (SC) di tipo 2.

Punti critici della proposta

- La motivazione teorica di fondo non è completamente chiara e condivisa. Stiamo pesando il vuoto o l'effetto sul vuoto della presenza di un conduttore? La variazione sul vuoto indotta da cavità Casimir?
- Il calcolo dell'effetto su un super conduttore di tipo II ancora è poco chiaro. Un preprint presenta calcoli di Luigi Rosa su sistemi a multi cavità (max 3 cavità) con strati di Niobio. In questo caso gli strati di SC hanno spessori di ~ 100 nm. Risulta che solo i piani adiacenti contano.
- Nell'esperimento si richiedono SC di tipo II (multi strato) che hanno cavità con dimensioni del nm
- inferiori come spessore. Possiamo fidarci dello scaling?
- Le misure fatte dal gruppo e pubblicate sugli effetti dell'energia Casimir sulla transizione di fase di un materiale superconduttore mostrano risultati marginali che suggeriscono la presenza dell'effetto. Queste misure sono comunque state fatte con un SC di tipo I e non sono possibili su un SC di tipo II vista la struttura a multi cavità.
- Deve essere migliorata la comprensione delle caratteristiche del SC da usare: effetti di eventuali impurezze, difetti o altro sul conto finale. Scelta del SC migliore. Stanno allargando la collaborazione con altri esperti di SC, per ora presenza nel gruppo limitata.

Punti qualificanti la proposta

- La bilancia sviluppata dalla collaborazione durante la fase di sviluppo in CSN5 si dimostra essere uno degli strumenti di questo tipo migliori al mondo. Tale apparato potrà essere ancora migliorato con lo schema proposto a doppio braccio e lettura interferometrica (attualmente lettura a leva ottica)
- La collaborazione ha identificato un sito in Sardegna ove si è misurato un rumore sismico estremamente basso. Si ricorda che l'esperimento deve lavorare a bassa frequenza (< 50 mHz) ove l'isolamento sismico in laboratorio è estremamente difficile. Il sito in Sardegna sarà sviluppato e attrezzato mediante l'aiuto finanziario della Regione Sardegna che ha già deliberato fondi a riguardo (1 MEuro). Tale laboratorio potrebbe essere una ottima opzione per futuri esperimenti di gravitazione (Progetto ET).
- Il gruppo è ben equilibrato per la parte di misure di gravitazione, con verificata esperienza a riguardo. Buona divisione in Working Package della proposta. Da migliorare la parte di studio dei superconduttori.
- Lo sviluppo di una bilancia ad alta sensibilità rappresenta un risultato a se' stante che potrebbe trovare applicazione anche per altri studi: ad esempio la collaborazione si propone di poter misurare, come risultato intermedio, il peso del calore. Test utile anche per la verifica delle sistematiche.

I referee propongono di approvare da un punto di vista scientifico la proposta, riservandosi di valutare le richieste finanziarie ed il piano di lavoro nella prossima riunione di settembre.

Suggeriscono comunque le seguenti attività a breve/medio termine per la collaborazione:

- misura del fondo con la bilancia attuale sulla piattaforma LISA del laboratorio di Napoli, per la verifica che il rumore limite attuale (10^{-11} N m / $\sqrt{\text{Hz}}$) non è strumentale
- Effettuare delle misure di rumore a lungo termine per verificare l'andamento con \sqrt{t} . La stima dell'effetto da misurare è circa 10^{-16} N m, e serviranno tempi di integrazione di circa 1 mese (10^6 s)
- Dopo le misure (positive) sulla piattaforma di LISA, effettuare una campagna di misura con la bilancia sul sito in Sardegna
- Progettazione di un metodo non invasivo per la verifica della transizione a superconduttore del campione in esame
- Accurato studio di effetti sistematici, dovuti ad esempio a campi magnetici di fondo che vengono espulsi dal superconduttore, accoppiamenti con le parti metalliche del criostato.

Al termine della presentazione di G. Ruoso, M. Pallavicini sottolinea come la decisione verrà presa a settembre, dopo che la Collaborazione avrà avuto l'opportunità di una ulteriore presentazione, tenendo conto anche delle osservazioni dei referee. Anche la consistenza della Collaborazione, in termini di FTE e di competenze, sarà un argomento da prendere in considerazione. Un altro punto rilevante è l'indicazione di un percorso, di un chiaro *commitment* su un obiettivo scientifico, coinvolgendo anche alcuni teorici, che possano aiutare a chiarire che cosa effettivamente si misura.

Calcolo in CSN2

M. Punturo aggiorna brevemente la Commissione sulla situazione del Calcolo degli esperimenti di Commissione. Attualmente non ci sono problemi di calcolo, forse di spazio disco ma non di potenza di calcolo, poiché il Calcolo è stato appaltato al Cineca, che sviluppa con Lenovo, con costi molto contenuti.

L'INFN acquista per i teorici e per Euclid calcolo parallelo a prezzi inferiori a quello di mercato ma anche compera l'utilizzo dei vecchi computer paralleli, che vengono usati come HPC, ed in questo modo si ottiene un surplus di potenza di calcolo.

Per l'utente tutto sarà trasparente, poiché verrà implementata una rete locale, anche se con dischi installati a 8 km dalle risorse di cpu, al Cineca.

Tutti gli altri programmi di upgrade al Tier-2 non hanno naturalmente prospettive, poiché il calcolo parallelo costa 1/2 di quello a prezzo di mercato e l'HTC 1/3.

Ci sarà quindi una offerta di utilizzare il Cineca e la proposta di acquistare una piccola facility di sviluppo per calcolo parallelo da tenere al CNAF, anche se non sappiamo se il comitato del Tier-1 lo accetterà.

Si tratta di una operazione fortemente voluta dalla Giunta. Questa sarà la configurazione di calcolo per i prossimi 3 anni e poi la situazione verrà valutata.

M. Pallavicini osserva come l'offerta sia particolarmente vantaggiosa, e questa ha fortemente motivato la Giunta nel favorire questa soluzione.

La Commissione conclude i suoi lavori alle ore 18:15.