

VERBALE DELLA RIUNIONE DELLA COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE II

Pisa, 10-12 aprile 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
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
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
R. SPARVOLI	- Coord. Sez. di Roma Tor Vergata
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
A. CHINCARINI	- Osserv. Comm.ne Naz.le V

Presenti a parte della riunione:

G. Ambrosi (in teleconf.), L. Baldini, S. Bernuzzi, D. Bersanetti, R. Brugnera, E. Calloni, M.G. Catanesi, L. Conti, B. De Lotto, R. De Rosa, W. Del Pozzo, M. Della Valle, S. Donati, V. Fafone, F. Ferrini, F. Fidecaro, L.A. Fusco, C. Gatti, D. Grasso, M. Incagli, G. Losurdo, R. Passaquieti, P. Puppo, B. Quarta, P. Rapagnani, F. Ricci, A. Rocchi, P. Spagnolo, R. Stanga.

La riunione si è svolta nei giorni 10 e 12 aprile 2017 presso la Sezione INFN di Pisa, Polo Fibonacci, Largo B. Pontecorvo 3 a Pisa e il giorno 11 aprile 2017 presso l'European Gravitational Observatory (EGO) a Cascina (Pisa), sede dell'esperimento Virgo.

L'agenda della riunione è disponibile all'indirizzo:

<https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=12811>

10 aprile 2017

h. 14:00-17:20. SESSIONE APERTA

L'incontro di CSN2 inizia con il saluto e i ringraziamenti del Direttore della Sezione di Pisa Marco Grassi, che augura a tutti un buon lavoro.

Segue il report degli esperimenti da parte dei responsabili nazionali o le review su tematiche specifiche da parte dei membri della CSN2.

MAGIC

B. De Lotto presenta il report dell'esperimento MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray imaging Cherenkov), di cui e' Responsabile Nazionale. Il suo intervento e' organizzato attorno a quattro punti:

- Stato attuale dell'apparato
- Risultati scientifici piu' importanti
- Prospettive future
- Impegno finanziario dell'INFN.

MAGIC ha iniziato la sua attivita' come singolo telescopio, nel 2004, e dal 2009 ha iniziato ad operare in modalita' stereo. La Collaborazione e' costituita da 160 persone provenienti da dieci Paesi dell'Europa e dell'Asia (Bulgaria, Croazia, Finlandia, Germania, India, Italia, Giappone, Polonia, Spagna, Svizzera). Il disegno del rivelatore, installato presso l'Osservatorio Roque de los Muchachos a 2250 m sul livello del mare, a La Palma nelle Isole Canarie, e' stato ottimizzato per ottenere una bassa soglia di rivelazione e la possibilita' di un puntamento rapido:

- Due specchi da 17 m di diametro
- Range Energetico tra 50 GeV e 30 TeV (trigger standard). La soglia puo' scendere a ~ 30 GeV con un trigger di somma
- Risoluzione Angolare ~ 0.08°
- Risoluzione in Energia ~ 15–25%
- Sensitivita' ~0.66% Crab (5σ in 50h sopra 220 GeV)
- Angolo di vista ~ 3.5°

L'apparato ha avuto continui miglioramenti negli ultimi dieci anni, per migliorare la sensibilita' ed abbassare la soglia. Il numero di pubblicazioni su riviste scientifiche e' stato sempre continuo, e nella fase di produzione sono stati pubblicati circa 50 lavori.

B. De Lotto precisa poi gli obiettivi dell'esperimento Magic:

- Studio di sorgenti Galattica (Pulsars, PWN, SNR, Binarie)
- Nuclei Galattici Attivi (BL Lacs, FSRQs, Radio galassie)
- Fisica Fondamentale (Materia Oscura, LIV, EBL, IGMF e Cosmologia)
- Gamma Ray Burst
- Astronomia multi-messenger (follow-up dei segnali di neutrino e di onde gravitazionali)

In particolare B. De Lotto sottolinea l'importanza di due punti specifici:

- Il cielo a Raggi Gamma nella regione VHE
- Ricerca indiretta di materia oscura

- Prima rivelazione dell'effetto di lente gravitazionale su un blazar nella regione dei raggi γ VHE (S3 0218+35)
- FSRQ a redshift $z \sim 1$ (PKS 1441+25)
- Motivazioni per uno studio futuro degli EBL
 - per studiare la storia della formazione delle stelle
 - per costruire un modello per la propagazione di raggi γ VHE per sorgenti extragalattiche.

B. De Lotto indica poi alcune prospettive di sviluppo futuro:

- "Nuova Fisica"
- Determinazione dei parametri cosmologici
- Studio dei Nuclei Galattici Attivi (flares estremi, periodicità')
- Studio di sorgenti galattiche al TeV (prima rivelazione della Crab al TeV nel 2008)
- Ricerca indiretta di materia oscura
 - "Cold Dark Matter" (WIMPs tra 10 GeV e 100 TeV)
 - Neutralino χ
 - Limiti sulla sezione d'urto di annichilazione di Materia oscura
 - Studio di Galassie Nane sferiche
- Prospettive Future in sinergia con LST nell'ambito di CTA
- Astronomia Multi-Messenger
 - Rivelazione della controparte elettromagnetica di eventi di onde gravitazionali
 - Fenomeni di coalescenza e Gamma Ray Burst
 - MoU con ICE Cube e Ligo/Virgo per lo studio di controparti e.m.

B. De Lotto mostra poi un confronto tra il progetto LST e MAGIC, mostrando come anche nelle previsioni più ottimistiche le prestazioni di LST non supereranno quelle di MAGIC sino al 2020-21.

La Collaborazione MAGIC ha sottoscritto un Memorandum of Understanding (MOU) con 17 Istituzioni Nazionali ed Internazionali, valido sino al 2017. C'è però un accordo a continuare la collaborazione. Il costo al momento della firma del Memorandum of Understanding era pari a 350 k€ all'anno, ed attualmente è di 400 k€ all'anno, con un accordo a ridurre nuovamente il costo a 350 k€ a partire dal 2018. Ci si aspetta che l'INFN contribuisca per 57 k€ all'anno. È possibile un contributo in kind con il centro elaborazione dati PIC (Port d'Informació Científica). B. De Lotto mostra un grafico con il contributo INFN al progetto, contributo che negli ultimi 4 anni è stato pari ad un valore compreso tra 150 e 200 k€ all'anno, con un massimo a circa 600 k€ nel 2006. Il contributo INFN all'Hardware ha riguardato le superfici riflettenti (Padova), il sistema di acquisizione (Pisa), il trigger (Padova e Pisa), il calcolo on-line (Udine).

B. De Lotto sottolinea anche come la Formazione dei Giovani sia un obiettivo perseguito dalla Collaborazione MAGIC e che rientra nelle priorità dell'INFN. MAGIC rappresenta per gli studenti un'opportunità unica per iniziare a fare scienza senza dover aspettare i tempi di CTA, sia per gli aspetti tecnologici che per quelli scientifici. Molto è stato fatto (*MAGIC schools* a Udine, Padova, La Palma ...) e molto si può ancora fare. Nel nuovo *Common Funds sharing proposal* i PhD students pesano 0. Inoltre i due telescopi MAGIC si inseriscono "naturalmente" nel futuro CTA array e produrranno scienza di prima qualità, se supportati, prima che LSTs/CTA siano "operativi".

B. De Lotto conclude la sua presentazioni con alcune osservazioni riassuntive:

- Dopo 13 anni di piena operativita' scientifica, ora MAGIC e' in funzione, dopo l'upgrade maggiore del 2012.
- MAGIC e' nella sua fase maggiormente produttiva in termini di Fisica (~ 130 pubblicazioni su riviste peer reviewed, 5 sulla rivista Science, 50 nel corso della fase di produzione).
- Rapporto estremamente favorevole tra produzione scientifica e costi di operazione. Capitalizzazione dell'investimento iniziale.
- Occasione unica di formazione scientifica e tecnologica per giovani (studenti di Laurea magistrale o di Dottorato) nel campo della astrofisica γ nella regione VHE.
- Estremamente importante per il primo commissioning di LST.
- Costituira' un array IACT fortemente competitivo prima che sia operativo l'intero array di LST nella componente Nord di CTA (2022?).
- *Last but not least*, non rinnovare il Memorandum of Understanding (MoU) sarebbe uno spreco, in un periodo di riparmio delle risorse.

Al termine della presentazione di B. De Lotto, M. Pallavicini conferma che evidentemente la Commissione sosterra' l'attivita' e sottolinea due punti:

- MAGIC e' una palestra di fisica importante per CTA. Sarebbe bene unire, per quanto riguarda l'INFN, le sigle MAGIC e CTA, e concordare, almeno per gli studenti che operano in CTA, l'accesso ai dati di MAGIC: un accordo MAGIC-CTA Italia per consentire agli studenti di avere accesso illimitato ai dati e poter acquisire esperienza, come in una sorta di "palestra".
- Capire se continueranno ad operare e come saranno utilizzati i due specchi di MAGIC, quando CTA sara' avviato. Gli specchi di MAGIC potrebbero diventare un upgrade integrato in CTA, parte integrata di CTA.

B. De Lotto risponde a questa proposta sottolineando come sarebbe necessario un upgrade di MAGIC per superare le certificazioni. M. Pallavicini chiarisce che un upgrade in se' di MAGIC sarebbe molto difficile, ma se si tratta di un investimento per farlo entrare in CTA, se ne puo' discutere. In ogni caso e' importante la fusione delle due Comunita' scientifiche italiane di MAGIC e CTA.

IXPE

L. Baldini presenta lo stato attuale dei contratti ASI per IXPE, di cui e' Responsabile Nazionale, e gli sviluppi futuri dell'attivita' della Collaborazione. IXPE e' una missione spaziale NSA-ASI. All'INFN e' affidata la responsabilita' dell'assemblaggio e della calibrazione del piano focale.

L. Baldini illustra in maniera sintetica lo schema dei contratti ASI e delle responsabilita' ad essi correlate:

- Tre contratti indipendenti:
 - ASI-INFN
 - ASI-INAF/IAPS (tavolo negoziale il 6 aprile)
 - ASI-Prime
- Responsabilita' INFN:

- GPD
- Housing e harness delle Detector Unit
- Schede di DAQ e LV e test equipment
- Collimatore
- Supporto scientifico
- Responsabilità INAF:
 - Calibrazione a terra
 - Sorgenti di calibrazione in volo
 - Supporto scientifico
- Responsabilità prime:
 - Filter and calibration wheel
 - Schede di HV
 - Detector Service Unit (DSU)
 - Ground support equipment

Le attività preparatorie per la messa in opera dei contratti riguarda la verifica "interna" della congruità dei costi (definizione dettagliata delle voci di costo, con relative offerte, e scaletta di massima delle gare da bandire) e preparazione dei documenti, dei bandi e delle gare.

Lo stato del tavolo negoziale ASI-INFN viene così schematizzato da L. Baldini:

- Il CdA ASI ha messo a bilancio le richieste nella riunione di marzo
- Il prossimo passo è il Tavolo Negoziale (TN) ASI-INFN:
 - Finalizzazione dell'allegato tecnico gestionale (ATG)
 - Verifica di congruità delle richieste
- Convocazione del tavolo negoziale ASI-INFN firmata dalla DG ASI il 4 aprile ed inviata per pec a INFN il 5 aprile.
 - INFN ha risposto il 7 aprile indicando Luca Latronico come rappresentante al TN
 - Documenti già finalizzati (informalmente) in una riunione a Roma il 6 aprile, per una richiesta totale di 6.38 M€ in 4 anni
 - Il TN vero e proprio avverrà il 13 aprile
- I documenti in uscita dal TN sono finali
 - (Anche se necessitano della firma del Presidente ASI.)
- Una copia dei documenti sarà inviata immediatamente alla Giunta INFN per essere visionata.
 - Passaggi finali dopo la firma del Presidente ASI: delibera Giunta INFN e firma Presidente INFN.
- *Kick-off* tecnicamente possibile a inizio maggio

L. Baldini illustra poi con maggiore dettaglio l'allegato tecnico gestionale e la lista dei work-packages discussi al tavolo negoziale ASI-INFN. Per ciò che si riferisce alle gare e ai bandi INFN, la gara per l'assemblaggio dei GPD è stata pubblicata a tempo di record, i bandi per le prime 4 posizioni a Tempo determinato sono in preparazione: tutto questo non sarebbe stato possibile senza la collaborazione dell'Amministrazione Centrale e della Giunta Esecutiva.

Una serie di iniziative hanno garantito la qualità della produzione, con la vista di una delegazione ASI a Pisa il 16 marzo e la produzione di una serie di documenti "di input" (ASI -> INFN) e di output (INFN -> ASI), con l'elenco dei contratti che l'INFN dovrà emettere nel corso del progetto. Una delegazione MSFC/Ball Aerospace ha effettuato una visita in Italia, nei giorni 3-7 aprile, presente il PI Martin Weisskopf, visitando lo IASP a Roma e le Sezioni INFN di Pisa e Torino. Gli argomenti di discussione sono stati:

- Stato dei documenti.
- Struttura della collaborazione scientifica.
- Piani per le calibrazioni.
- Responsabilità della pipeline di processamento dei dati.

L. Baldini conclude il suo intervento indicando le attività hardware attualmente in corso:

- Nuova miniboard flight-like assemblata e testata.
 - Pronta per l'assemblaggio del breadboard di GPD.
- Disegno del breadboard per DAQ e LV ben avviato
 - Componenti (FPGA e ADC) identificati.
- Batch di 10 GEM in house—tutte testate e funzionanti
 - In linea di principio sufficienti per la missione
 - Possibilità di realizzare un nuovo batch con migliore uniformità di risposta.

Esperimenti di ricerca del Doppio Decadimento Beta

M. Selvi presenta la review degli esperimenti di Doppio Decadimento Beta, organizzata attorno a quattro punti principali:

- Doppio Decadimento Beta e proprietà del neutrino
- Sensibilità al Doppio Decadimento Beta e parametri sperimentali
- Esperimenti attuali
- Verso una nuova generazione di esperimenti.

M. Selvi richiama brevemente le relazioni fondamentali che riguardano il processo di Doppio Decadimento Beta e il calcolo della vita media del decadimento nel canale senza neutrini. La segnatura del canale di decadimento senza neutrini è data dalla cinematica: la somma delle energie dei due elettroni ha un picco corrispondente al Q-value della reazione. M. Selvi passa poi a descrivere i criteri per la scelta degli isotopi e la sensibilità di un esperimento, che può essere rappresentata come funzione di due parametri, S e P:

- S - *SCALE* - Parametrizza le "dimensioni" dell'apparato, in termini di massa e tempo di misura. È una misura di "quanto segnale" ci si aspetta dall'apparato
- P - *PERFORMANCE* - Misura "quanto buono" è l'esperimento nel misurare il segnale, in confronto con il background. Si esprime in conteggi di background per mole di isotopo attivo per anno.

M. Selvi passa poi a discutere gli esperimenti attualmente in corso per la rivelazione del Doppio Decadimento Beta senza neutrini, presentandone le caratteristiche principali ed i risultati piu' recenti:

- KamLand Zen
- Exo-200
- GERDA
- CUORE-0

Il punto successivo dell'intervento di M. Selvi riguarda la prossima generazione di esperimenti per lo studio del Doppio Decadimento Beta senza neutrini. Vengono descritti in dettaglio, per cio' che si riferisce alle tecniche di funzionamento, alle caratteristiche e agli sviluppi futuri, i seguenti esperimenti:

- CUORE
- CUPID
- SNO+
- nEXO

M. Selvi presenta poi una tabella riassuntiva con le caratteristiche principali dei diversi apparati gia' analizzati in dettaglio:

Esperimento	massa [kg] (total/FV)	FWHM [keV]	background [count/t yr FWHM]	sensitivita' su $T_{1/2}$ [10^{25} yr] dopo 4 anni	peggior limite su m_{ee} [meV]	Stato
Gerda II	Ge 35/27	3	5	15	190	in acquisizione
MajoranaD	Ge 30/24	3	5	15	190	
EXO-200	Xe 170/80	88	220	6	240	
Kamlanda-Z	Xe 383/88	250	90	6	240	
Cuore	Te 600/206	5	230	9	210	in progetto
NEXT-100	Xe 100/80	17	30	6	240	
SNO+	Te 2340/260	190	60	17	10	
nEXO	Xe 5000/4300	58	5	600	24	futuro
Ge-200	Ge 200/155	3	1	100	75	
Ge-1000	Ge 1000/780	3	0.2	1000	24	

M. Selvi conclude il suo intervento con alcune annotazioni riassuntive:

- La generazione attuale di esperimenti si prefigge lo scopo di raggiungere la regione IH. L'INFN partecipa alla competizione internazionale con i rivelatori GERDA-II e CUORE ai LNGS.

- Escludere la regione IH richiede una sensitività dell'ordine $\sim 10^{28}$ years sensitivity, a factor 10 larger than next generation.
- L'evoluzione di GERDA-II sarà LEGEND e l'evoluzione di CUORE sarà CUPID.
- Unire esperimenti con la stessa tecnologia, studiare la possibilità di esplorare nuclei differenti con lo stesso tipo di rivelatore (background simili e sistematiche simili nella ricostruzione dell'energia).
- Investire nello studio dei nuclei per valutare la fattibilità di esperimenti futuri.

GERDA-II

R. Brugnera presenta il report dell'esperimento GERDA, di cui è Responsabile Nazionale e PI. Il suo intervento è organizzato attorno a quattro punti principali:

- GERDA Fase II
- Upgrade di GERDA
- Il passo successivo: LEGEND
- LEGEND-200

La Fase II è iniziata nel gennaio 2016 e dopo 6 mesi (Fase IIa) è stato effettuato il primo unblinding dei dati, con una esposizione pari a 10.8 kg x yr. A dicembre 2016 l'esposizione ha raggiunto il valore di 28.5 kg x yr. I risultati della fase IIa sono stati oggetto di una recente pubblicazione su Nature (Nature 544 (2017) 47), mentre i dati dell'intera fase II sono stati presentati alla XVII Conferenza Neutel 2017.

L'indice di Background dei dati della Fase IIa viene riassunto da R. Brugnera nella seguente tabella:

	esposizione [kg x yr]	Indice di Background [10^{-3} cts/(keV kg x yr)]			
		iniziale	dopo il Veto LAr	dopo PSD	dopo il Veto LAr + PSD
coassiali	5.0	$16.5^{+4.2}_{-3.5}$	$10.4^{+3.5}_{-2.2}$	$6.9^{+2.8}_{-2.2}$	$3.5^{+2.1}_{-1.5}$
BEGe	5.8	$15.7^{+3.8}_{-3.1}$	$4.5^{+2.2}_{-1.6}$	$3.7^{+1.9}_{-1.5}$	$0.7^{+1.1}_{-0.5}$

I risultati ottenuti sulla vita media sono i seguenti:

$$T_{1/2}^0 - \text{limite inferiore} \quad - \quad > 5.3 \cdot 10^{25} \text{ yr (90 \% CL)}$$

$$T_{1/2}^0 - \text{sensitività mediana} \quad - \quad > 4.0 \cdot 10^{25} \text{ yr (90 \% CL)}$$

R. Brugnera passa poi a discutere gli spettri energetici dell'insieme dei dati della Fase II (28.5 kg x yr), la cui analisi è ancora preliminare. Si osservano gli stessi contributi al fondo presenti nel primo set di dati. I contributi principali attorno al picco del $Q_{\beta\beta}$ provengono da sorgenti vicine: progenie da U/Th, ^{42}K e particelle α sulla superficie dei rivelatori. Dopo i tagli con il Veto a LAr e sulla forma degli impulsi, i risultati sul fondo sono i seguenti:

	esposizione [kg x yr]	Indice di Background [10^{-3} cts/(keV kg x yr)]			
		iniziale	dopo il Veto LAr	dopo PSD	dopo il Veto LAr + PSD
BEGe Arricchito	15.1	$12.3^{+2.3}_{-1.8}$	$3.9^{+1.3}_{-1.0}$	$3.2^{+1.2}_{-0.9}$	$0.6^{+0.6}_{-0.4}$
Coassiale Arricchito	13.4	$16.7^{+2.7}_{-2.3}$	$8.0^{+1.9}_{-1.6}$	$8.0^{+1.9}_{-1.6}$	$2.2^{+1.1}_{-0.8}$

I risultati finali ottenuti da Gerda Fase I e II vengono così riassunti da R. Brugnera:

- Risultati Finali di Gerda Fase I (2013)
 - Background - $\sim 10^{-2}$ cts/(keV kg x yr)
 - Esposizione - 21.6 kg x yr
 - Limite - $T^{-3}_{\nu/2} > 2.1 \cdot 10^{25}$ yr (90 % CL)
 - Riferimento - Phys. Rev. Lett 111 (2013) 122503
- Primi Risultati di Gerda Fase II (2016)
 - Background - $\sim 10^{-3}$ cts/(keV kg x yr)
 - Esposizione - 10.8 kg x yr
 - Limite - $T^{-3}_{\nu/2} > 5.3 \cdot 10^{25}$ yr (90 % CL)
 $m_{\nu\nu} < 0.15 - 0.33$ eV (90 % CL)
 - Riferimento - Nature 544 (2017) 47
- Prossimo Unblinding di Fase II (estate 2017)
 - Background - $\sim 10^{-2}$ cts/(keV kg x yr)
 - Esposizione - ~ 40 kg yr
 - Limite - $T^{-3}_{\nu/2} > 8 \cdot 10^{25}$ yr (90 % CL)
- Obiettivi Finali della Fase II (2018-19)
 - Background - $\sim 10^{-3}$ cts/(keV kg x yr)
 - Esposizione - 100 kg yr
 - Limite - $T^{-3}_{\nu/2} > 1.3 \cdot 10^{26}$ yr (90 % CL)

R. Brugnera presenta poi un importante upgrade di Gerda, che la collaborazione sta organizzando per il 2018, e che trova principale motivazione negli sviluppi futuri (LEGEND):

- sistemare in configurazione singola i rivelatori BEGe adesso messi a coppie;
- sostituire $\sim 50\%$ dei cavi installati con quelli della TECNOMEC molto più puliti
- sostituire un JFET bruciato (si recupera un rivelatore BEGe)
- sostituire tutto il sistema di fibre scintillanti con uno nuovo con un light yield x2 rispetto al sistema attuale
- la stringa centrale fatta da rivelatori a Ge naturale sarà sostituita da nuovi rivelatori a Ge arricchito (modello: *inverted coaxial PPC detector*)

Alcuni problemi ancora aperti sono in fase di studio, come la valutazione della radioattività introdotta dal materiale del nuovo sistema di veto. Lo *shutdown* legato all'*upgrade* dovrebbe durare circa 3 mesi e dovrebbe essere recuperato dalla possibilità di utilizzare una maggiore massa attiva.

Un quantitativo di 20 kg di Ge arricchito prodotto in Russia e' già stato acquistato dal MPIK e la trasformazione in diodi avverrà a fine 2017- inizio 2018. Il costo totale dei rivelatori e' di circa 1.7 M€. R. Brugnera precisa come la richiesta dei gruppi italiani sia di contribuire alla costruzione dei diodi, per una spesa dell'ordine di 250–300 k€.

R. Brugnera fa poi riferimento all'esperimento Majorana-Demonstrator (MJD), caratterizzato dall'uso di stringhe di rivelatori in criostati di rame ultrapuro elettroformato, di uno schermo in rame elettroformato e piombo e una massa pari a 30 kg di rivelatori in Ge arricchito. L'idea delle due Collaborazioni e' di avviare uno scambio di conoscenze e tecnologie, con l'intenzione di unirsi in un futuro esperimento con ^{76}Ge a grande scala, selezionando le migliori tecnologie sviluppate in GERDA e MJD.

Continuando a discutere le prospettive future, R. Brugnera presenta il progetto LEGEND (Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless $\beta\beta$ decay), a cui collaborano 219 membri, provenienti da 48 istituti di 16 paesi diversi, anche se collaborazione e' ancora in fase di formazione. Un primo comitato-guida e' formato da: S. Elliott, D. Radford, S. Schönert, B. Schwigenheuer, D. Waters. Lo scopo di Legend e' quello di sviluppare un programma sperimentale basato sull'uso del ^{76}Ge , per raggiungere il limite di vita media pari a 10^{27} yr. La Collaborazione ha già organizzato alcuni Workshop:

- Monaco, Aprile 2016
- Atlanta, Ottobre 2016
- Prossimo meeting ai LNGS, 15–17 Maggio 2017

La Collaborazione intende avviare un processo a passi successivi:

- Primo Passo
 - upgrade dell'esistente infrastruttura di GERDA fino a 200 kg
 - riduzione del BI di un fattore 35 rispetto a GERDA Fase II
 - per raggiungere i 200 kg: si farà uso dei 35 kg di GERDA +30 kg di MJD + 20 kg comperati per l' upgrade di GERDA Fase. Il resto deve essere acquistato.
- Passi successivi
 - fino a 1000 kg (a passi successivi)
 - timeline connessa con il processo di selezione sul programma doppio beta del DOE americano (2018-2019)
 - riduzione del fondo di un fattore 30 rispetto a GERDA
 - In che laboratorio? da definire
 - Profondità richiesta del laboratorio ospitante da capire (dettata da Ge-77m), potrebbero essere anche i LNGS

R. Brugnera mostra poi i grafici relativi alla sensibilità per il limite inferiore e per la scoperta, per Legend-200 (200 kg) e Legend-1000 (1000 kg). Come rivelatori "Background Free" potrebbero raggiungere limiti su $T^{-3}_{1/2}$ rispettivamente dell'ordine di 10^{27} e 10^{28} yr, con una esposizione pari a circa 1 ton x yr per Legend-200 e 10 ton x yr per Legend-1000.

R. Brugnera illustra alcuni dettagli relativi al prossimo passo nello sviluppo del nuovo rivelatore, LEGEND-200 ai LNGS

- Diametro interno utile del collo del criostato verrà allargato a 610 mm
- Rivelatori a Ge più grandi, ma con le stesse performance dei BEGe
- Miglioramento della purezza ottica del LAr (*light yield*, lunghezza di attenuazione)
- Miglioramento nella rivelazione della luce di scintillazione (readout tra le stringhe dei rivelatori)
- Riduzione del fondo di un fattore 3 - 5 rispetto a GERDA Fase II
- GERDA Fase II continuerà a prendere dati fino a ~ 2019
- LEGEND200 potrebbe iniziare 1.5 anni più tardi
- i costi sono attualmente sotto revisione
- Riduzione del fondo di un fattore 3 - 5 rispetto a GERDA Fase II
 - Uso di materiali più puri per limitare la presenza di sorgenti di U/Th prossimi ai rivelatori.
 - alpha superficiali sui contatti p+ e n+: non è un problema secondo l'esperienza di GERDA Fase II
 - beta superficiali da ^{42}K : ridurre il volume di LAr attorno ai rivelatori, migliorare la PSD (elettronica?, tecniche offline?)
 - Isotopi indotti da μ cosmici: muon veto (water Cherenkov + luce scintillazione dell'Ar; coincidenze prompt e ritardate);
 - ok per una esposizione di 1 t-yr; background per esposizioni più prolungate da studiare

La struttura del rivelatore prevede le 7 stringhe di fase II, con l'aggiunta di altre 12 stringhe, per un totale di 19 stringhe entro un diametro di 500 mm. Ci sarebbero 16 BEGe per stringa, quindi circa 300 rivelatori, corrispondenti a circa 200 kg. In LEGEND-200 andranno i rivelatori di GERDA Fase II (35.6 kg) + rivelatori di MD (30 kg) + 20 kg appena acquistati + altri 8 kg: per raggiungere la massa richiesta sono necessari altri 140 kg di Ge. Sono inseribili anche sorgenti di calibrazione e il diametro del criostato e' sufficiente per ospitare anche il veto a LAr.

R. Brugnera si sofferma poi su un possibile coinvolgimento dei gruppi italiani al progetto LEGEND:

- partecipazione attiva ai vari meeting succedutisi nel tempo
- al momento chiara preferenza per il primo passo: LEGEND-200
- l'upgrade di GERDA nel 2018 e' anche in vista di LEGEND-200
- i costi di LEGEND200 sono attualmente sotto revisione
- una LoI verrà prodotta verso la fine di quest'anno
- parte degli italiani in GERDA vuole partecipare a LEGEND (per il momento nella prospettiva LEGEND-200)
- auspicabile che altri gruppi (anche piccoli) si uniscano: qualcosa si sta facendo... per esempio a Padova 2 fisici di GAMMA sono interessati al progetto, F. Salamida prima assegnista a MiB ora stabilizzato (RuB) all'Università dell'Aquila.
- le possibilità di lavoro ci sono:
 - progetto/realizzazione nuovo lock
 - FE

- DAQ/SC
- sviluppo nuovi algoritmi di PSD
- caratterizzazione nuovi rivelatori
- sviluppi di MC

R. Brugnera conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- GERDA Fase II sta prendendo dati con elevata efficienza e prestazioni stabili
- Pubblicata su Nature l'analisi dei primi 5 mesi di presa dati di Fase II
- GERDA Fase II ha il fondo più basso entro 1 FWHM attorno al $Q_{\beta\beta}$
- A luglio secondo unblinding basato su ~ 40 kg·yr; sensibilità attesa $T^{-3}_{1/2} \sim 0.8 \cdot 10^{26}$ yr
- GERDA raggiungerà la sensibilità di 10^{26} yr nella prima parte del 2018
- Durante il 2018 è previsto un upgrade in gran parte dedicato al futuro della ricerca del decadimento doppio beta con il ^{76}Ge (LEGEND-200)
- In ottobre 2016 si è formata la collaborazione LEGEND
- LoI in via di scrittura
- Un primo passo di questo progetto è LEGEND200: un nuovo esperimento di doppio beta con 200 kg di ^{76}Ge entro l'infrastruttura di GERDA ai LNGS.
- E' questo lo step preferito dai gruppi italiani in GERDA.

Al termine dell'intervento di R. Brugnera, M. Pallavicini si congratula con la Collaborazione GERDA per i risultati di ottimo livello che sono stati raggiunti e auspica che la componente italiana della collaborazione si rafforzi. Discuteremo in seguito sulle richieste relative al 2018, pero' e' comunque necessaria una analisi a lungo termine. Un secondo punto messo in evidenza da M. Pallavicini riguarda il rapporto tra i LNGS e LEGEND1000, in particolare in relazione al fondo da ^{77}Ge metastabile, e chiede se e' possibile ridurre il rumore per mezzo di un rivelatore attivo. E' infatti in corso una proposta per un ERC che sta acquistando consistenza, anche per una possibile collaborazione, della quale si discuterà in sessione chiusa, con un gruppo tedesco, che potrebbe finanziare 40 M€ dalla Germania. Questo permetterebbe di costruire dei rivelatori attivi, ad esempio tracciatori fini di muoni, per ridurre il fondo "come se" il laboratorio fosse "virtualmente" piu' profondo. L'invito e' quindi a R. Brugnera e alla collaborazione di proporre eventuali miglioramenti del sistema di Veto, tenendo in considerazione la possibilita' di questi possibili ulteriori finanziamenti dall'esterno.

Sul tema del doppio beta, I. De Mitri chiede a M. Selvi quali sono i progetti ed i tempi di sviluppo degli esperimenti concorrenti di CUORE-CUPID e di GERDA-LEGEND, in particolare in riferimento ad un grafico, mostrato da M. Selvi, in cui si riassumono le sensitivita' dei vari progetti in vista della nuova generazione di rivelatori. M. Selvi osserva che chi in questo momento si sta muovendo di piu' e' KamLAND-ZEN, che fara' un primo upgrade di massa, per salire a KamLAND-ZEN800, per andare poi, con un aumento di massa ed una riduzione di rumore, ad un esperimento dell'ordine della tonnellata. R. Brugnera interviene nella discussione osservando che probabilmente l'obiettivo KamLAND-ZEN800 e' gia' stato raggiunto dalla Collaborazione, avendo concluso KamLAND-ZEN2 nel 2015. Nel corso del 2018-19 ci saranno altre possibilita', ad esempio bolometri, rivelatori al germanio, ad esempio nEXO.

A. Incicchitti, come referee di GERDA, si complimenta con la Collaborazione per la misura, frutto di tanti anni di lavoro e di impegno, e poi fa notare che il termine "*background free*" e' un termine

ambiguo dato che ogni esperimento, per la natura sperimentale della misura, ha comunque un fondo. M. Pallavicini chiarisce che si tratta essenzialmente della transizione tra uno scaling lineare ed uno scaling con la radice. A. Incicchitti commenta che sarebbe piu' opportuno utilizzare un termine scientificamente piu' corretto, piu' tecnico, che non dia adito ad interpretazioni distorte, in particolare a livello divulgativo. Un secondo commento di A. Incicchitti riguarda l'importanza e complementarita' degli esperimenti di doppio decadimento beta+, per la possibilita' di vari isotopi e di processi risonanti.

L. Latronico chiede quali sono le incertezze nel muoversi nella direzione della riduzione di fondo di un esperimento di doppio decadimento beta. M. Selvi risponde sottolineando che e' importante la transizione alla regione in cui ci si attende meno di un evento di fondo nel tempo di esposizione. Superando quella soglia, se ne deve tenere conto, e le stime dipendono dal modello che si utilizza. Questo determina anche in che modo ci si muove su curve di isosensibilita'.

P. Sapienza chiede quale e' attualmente il significato dei risultati di Kamland. R. Brugnera commenta che le difficolta' di KamLAND sono comuni a tutti gli esperimenti con bassa risoluzione energetica.

Esperimenti di Fisica del Neutrino

W. Bonivento presenta la review degli esperimenti di fisica del neutrino ed inizia il suo intervento con un invito a partecipare alla Conferenza Nufact 2017, che si terra' ad Uppsala nel settembre 2017, e di cui e' coordinatore nella Sessione 5, "WP5 - Neutrinos beyond PMN".

Il punto di riferimento della presentazione di W. Bonivento e' il premio Nobel assegnato a T. Kajita e A. B. Mc Donald, per la scoperta delle oscillazioni di neutrini. L'assegnazione di questo premio Nobel, osserva W. Bonivento, ci impone di studiare in dettaglio le caratteristiche di queste oscillazioni, misurare le masse e la gerarchia, e cercare di affrontare molte domande che ancora non hanno trovato risposta.

Gli argomenti che verranno trattati in questa esposizione possono essere organizzati attorno a quattro punti:

- misure di parametri delle oscillazioni a 3 neutrini
- alla ricerca di altri neutrini
- misure di neutrini solari
- misure di neutrini da supernovae bursts.

Oscillazioni a 3 neutrini

W. Bonivento presenta le relazioni fondamentali che caratterizzano le oscillazioni di neutrini e che aprono una finestra sulla Fisica oltre il modello standard. Le probabilita' di oscillazione dipendono dai tre angoli di mixing (θ_{12} , θ_{23} , θ_{13}), dalle due differenze di massa (Δm_{32}^2 , Δm_{13}^2) e da una fase complessa δ_{CP} , che e' responsabile della violazione di CP, ed ha un valore attorno a $-\pi/2$. Alcune questioni restano ancora aperte:

- e' δ_{CP} diverso da zero?
- e' $\theta_{23} \sim 45^\circ$ (massimo mixing)?
- la gerarchia di massa e' normale ($m_3 > m_2 > m_1$) o inversa ($m_2 > m_1 > m_3$)?

Lo stato attuale delle nostre conoscenze su questi parametri, sottolinea W. Bonivento, sono:

- preferenza, a livello di $\sim 2\sigma$, per la gerarchia normale
- violazione di CP, a livello di $\sim 2\sigma$, con $\pi < \delta < 2\pi$, $\sin\delta < 0$
- indicazione per un valore non massimale di θ_{23}

Molte questioni restano ancora aperte:

- quale valore hanno le masse dei neutrini e quale e' l'ordinamento delle masse?
- perche' c'e' il deserto tra neutrini e leptoni carichi?
- perche' i neutrini hanno massa? Si tratta di massa di Dirac o massa di Majorana?
- ha la matrice di mixing PMNS una fase di Dirac che viola CP come la matrice CKM nel settore dei quark?
- con quale precisione e' necessario conoscere i coefficienti della matrice di mixing PMNS ?

La misura della fase δ_{CP} nella matrice PMNS ed un miglioramento nella precisione della misura degli angoli di mixing θ_{12} , θ_{23} , θ_{13} potrebbero fornire informazioni uniche sulla possibile esistenza di nuove simmetrie nel settore leptonic.

W. Bonivento passa poi a discutere le prospettive future relative alla misura della gerarchia di massa, che utilizzano tre metodi con sistematiche e statistiche differenti:

- anti- ν_e e disappearance con neutrini dei reattori (LSceint, JUNO-RENO50)
 - ricerca di un termine di oscillazione veloce, opposto nel caso di gerarchia normale o inversa, sovrapposto all'andamento usuale delle oscillazioni
- oscillazioni LNBL (NOvA, DUNE LAr, T2K-T2HK Cerenkov)
 - la probabilita' di oscillazione $P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)$ contiene un termine che cambia segno a seconda della gerarchia
 - si visualizza l'effetto in un grafico $P(\text{anti-}\nu_\mu \rightarrow \text{anti-}\nu_e)$ vs $P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)$
- ν_μ disappearance di neutrini atmosferici (ORCA, PINGU, HK Cerenkov)
 - effetto risonante di interazione dei neutrini con la materia
 - sia il canale con muoni che quello con elettroni contribuisce alla asimmetria legata alla gerarchia di massa
 - il canale con elettroni e' meno sensibile agli effetti legati alla risoluzione del rivelatore

Successivamente W. Bonivento analizza le caratteristiche e le prestazioni di ciascuno degli esperimenti in ciascuna di queste linee di ricerca:

- Juno (neutrini da reattori)
 - Esperimento in costruzione in Cina, a 53 km di distanza dai reattori
 - Ottimizzato per lo studio delle oscillazioni 1-2
 - Caratteristiche
 - Grande Massa
 - Scintillatore liquido con elevato fattore di produzione di luce
 - Buona risoluzione in energia
 - 720m sotto terra, con veto di muoni

- oscillazioni LNBL
 - T2K, DUNE, NOvA
 - l'effetto cercato aumenta con E e quindi con L
 - l'effetto di distinzione tra le due gerarchie si nota in T2K (295 km), e' ancora piu' evidente in NOvA (810 km), mentre in DUNE (1300 km) le due regioni di piano sono completamente separate.
- KM3NET
 - Infrastruttura multi site, a grandi profondita' sottomarine
 - ORCA (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss), in corso di installazione a 2475 m di profondita', al largo di Toulon, in Francia
 - ARCA (Astroparticle Research with Cosmics in the Abyss), in corso di installazione a Capo Passero in Sicilia, a 3400 m di profondita'
 - Stringhe di Moduli Ottici Digitali (DOM) da 17", con 31 PMT da 3"
 - Copertura angolare uniforme
 - Informazione direzionale
 - conteggio digitale dei fotoni
 - Discriminazione del rumore

La seconda misura di interesse nel campo della fisica dei tre neutrini, continua W. Bonivento, riguarda la fase δ_{CP} della matrice di mixing PMNS con esperimenti Long Baseline: la misura di precisione della fase di PNMS (almeno 10 gradi, necessaria per distinguere tra flavor models) richiede fasci intensi (2-3 volte gli attuali) e rivelatori molto grandi (almeno 10 volte gli attuali). W. Bonivento si sofferma su tre progetti:

- Dune
 - un rivelatore da 40 kton a LAr, a 1300 km da FNAL
 - un *near detector* ad elevata granularita' ed elevata precisione
 - esposto ad un fascio da 1.2 MW, prodotto dall'upgrade di PIP a FNAL entro il 2024, con l'obiettivo di raggiungere 2.3 MW nel 2030
- T2K-T2HK (37-42)
 - T2K - Fascio da Tokai a Kamioka
 - 295 Km - 550 persone, 63 istituzioni di 11 paesi
 - Caratteristiche del fascio
 - Usa di fascio di ν_μ off-axis
 - E_μ attorno al massimo dell'oscillazione (~ 0.6 GeV)
 - Fascio di antineutrini ottenuto invertendo la corrente negli horn
 - Caratteristiche del rivelatore
 - Rivelatore Cherenkov ad acqua da 50 kton installato a 1 km di profondita'
 - Piu' di 11000 PMTs nel rivelatore interno
 - Identificazione del sapore del neutrino attraverso la topologia degli anelli Cherenkov
 - Eccellente separazione muone-elettrone
 - Non c'e' campo magnetico (no distinzione tra ν e anti- ν)
 - T2HK - Fascio da Tokai a HyperKamiokande
 - Stessa configurazione off-axis di T2K
 - Fascio di neutrini piu' intenso (1.3 MW)
 - 3 generazioni di famiglie di Kamiokande

- Kamiokande (1983-1996)
 - 3 kton 20 % di copertura con PMT da 50 cm
- Super-Kamiokande (1996-)
 - 50 kton 40 % di copertura con PMT da 50 cm
- Hyper-Kamiokande (~2026-)
 - 260 kton x 2 40 % di copertura con PMT da 50 cm ad alta efficienza quantica
- Nuovi progetti long baseline
 - Fascio dal Giappone alla Corea 1100 km JPark - HyperKamiokande – Corea.
 - *Pacific Neutrinos* Fascio di Neutrini da Fnal rivelato con la rete KM3Net.

Alla ricerca di altri neutrini

Il punto successivo della review di W. Bonivento riguarda la ricerca di un quarto neutrino, un esempio di ricerca stimolata da una anomalia sperimentale, che, se si dimostrasse vera, potrebbe avere una conseguenza molto interessante. W. Bonivento sottolinea come si tratti di un campo molto complesso, nemmeno gli esperti del ramo sono concordi nel dire ciò che e' escluso e cio' che non lo e' ed ovviamente c'e' molta competizione internazionale, in un campo in rapidissima evoluzione. Tipicamente il framework utilizzato e' il 3+1; ma naturalmente bisogna ragionare in termini più generali di 3+n. Anomalie sperimentali che indicano la possibile esistenza di un quarto neutrino provengono da LSND + MiniBoone (3.8σ), da Gallex/SAGE (3.8σ) e dagli esperimenti da reattore (2.5σ). Il programma sperimentale attuale per affrontare questo problema e' vigoroso ed esplora la regione $L/E \sim 1 \text{ m/MeV}$.

W. Bonivento mostra alcuni grafici relativi alla interpretazione dei dati attuali ed in particolare si sofferma brevemente sull'esperimento NEOS, un *near detector* con massa di 1 tonnellata, costituito da scintillatore liquido con Gadolinio, ed installato in Corea a 24 m dal *core* del reattore. Nell'ipotesi di presenza di un quarto neutrino, i parametri sono:

$$\Delta m^2 = 1.73 \text{ eV}^2 \quad \sin^2 2\theta = 0.05 \quad \chi^2_{\text{no osc}} - \chi^2_{\text{min}} = 6.5 \quad (> 95\% \text{ CL!})$$

L'ipotesi dell'esistenza di un quarto neutrino al di sotto dei 100 MeV, annota W. Bonivento, potrebbe influenzare le nostre conoscenze sulla Nucleosintesi primordiale, la Radiazione Cosmica di Fondo (CMB) e le strutture a Larga Scala. W. Bonivento cita pero' una nota della Collaborazione Daya Bay, che sembra ridimensionare il valore delle anomalie nella *disappearance* di anti- ν_e , che sarebbero dovute ad un errore di modellizzazione: "The latest analysis suggests that a miscalculation of the rate of antineutrinos produced by the fission of uranium-235 over time, rather than the presence of sterile neutrinos, may be the explanation for the anomaly. These results can be confirmed by new experiments that will measure antineutrinos from reactors fueled almost entirely by uranium" (4 aprile 2017).

W. Bonivento presenta poi due progetti sperimentali per la rivelazione dell'esistenza di un quarto neutrino. Il primo di essi e' SOX (Short distance ν_e Oscillations with boreXino), e W. Bonivento ne illustra le caratteristiche principali:

- Rivelatore costituito da 300 tons di scintillatore (pseudocumene+PPO)
- 2212 fotomoltiplicatori, che puntano verso il centro del rivelatore, per raccogliere la luce emessa dallo scintillatore
- alloggiamento sotto il rivelatore per ospitare la sorgente, a 8,5 m dal centro del rivelatore
- Prestazioni di Borexino
 - *Light Yield* $\sim 500 \text{ p.e./MeV}$
 - Risoluzione in Energia $\sigma(E) = 5\%$ a 1 MeV

- Risoluzione spaziale $\sigma(x)=10$ cm a 1MeV

La segnatura del processo di oscillazione ottenibile con SOX e' molto evidente, riportando in un grafico il numero di eventi in funzione della distanza dalla sorgente. La conoscenza della attivita' della sorgente e' cruciale e viene misurata con un metodo calorimetrico, con una accuratezza dell'ordine dell'1% o meglio.

Il secondo progetto sperimentale presentato da W. Bonivento e' SBN. Se SOX era legato alle indicazioni dell'esistenza di un quarto neutrino a partire dalla *disappearance* di anti- ν_e , ora SBL vuole verificare le indicazioni derivanti dalle misure di LSND e MiniBoone su anti- ν_μ . Nelle misure di *disappearance* di ν_μ a SBL, MINOS e Ice-Cube non sono presenti anomalie, e questi risultati costituiscono una "spina nel fianco" all'ipotesi dell'esistenza di un neutrino sterile.

L'esperimento SBN di short baseline al FNAL e' costituito da tre rivelatori:

SBND	-	112 ton di massa attiva	a 100 m dalla sorgente
MicroBooNE	-	89 ton di massa attiva	a 470 m dalla sorgente
ICARUS T600	-	476 ton di massa attiva	a 600 m dalla sorgente

Infine W. Bonivento cita altre attivita' per la ricerca del IV e V neutrino:

- DUNE
- telescopi X
- esperimenti con acceleratori (ATLAS,CMS, LHCb, Belle2, NA62, SHiP, FCCee)
- studio della bariogenesi attraverso meccanismi di leptogenesi *low-scale*
- forte correlazione con il doppio decadimento β senza neutrini

Neutrini Solari

Il terzo ambito attorno al quale e' organizzata la review di W. Bonivento riguarda i Neutrini Solari. I rivelatori posso essere apparati Cerenkov, scintillatori o rivelatori ad Agon Liquido, che rappresentano il futuro in questo ambito di ricerca.

W. Bonivento chiarisce le motivazioni per cui si studiano i neutrini solari: il modello solare standard (SSM) predice il flusso di neutrini prodotti ed il loro spettro in energia. Lo studio dei neutrini solari e' quindi di interesse sia per l'Astrofisica, per il confronto appunto con le previsioni del modello solare standard, sia per la Fisica delle Particelle, in connessione con i parametri che descrivono le Oscillazioni dei Neutrini. Un aspetto ancora oggetto di discussione riguarda la Metallicita', che e' un elemento in ingresso al modello solare standard. Le differenze tra il modello ad alta Metallicita' e quello a bassa metallicita' sono dell'ordine del 30-40% per i neutrini prodotti nel ciclo CNO, mentre sono solo di $\sim 9\%$ per i neutrini prodotti dalla catena del ^7Be .

W. Bonivento illustra poi brevemente due progetti sperimentali: Borexino ed Argo.

Nel caso di Borexino il principio di rivelazione e' basato sullo scattering di neutrini su elettroni e la tecnica di rivelazione richiede grandi masse di scintillatore liquido organico. Gli elettroni sopra 150 keV sono visibili, con una risoluzione in energia dell'ordine di qualche percento:

- Vantaggi
 - produzione di luce maggiore rispetto a quella dei rivelatori Cerenkov
- Svantaggi
 - nessuna informazione sulla direzione, a differenza dei rivelatori Cerenkov
- Fondo

- il segnale e' indistinguibile dal fondo quindi la radiopurezza e' un requisito indispensabile.

Il *rate* di eventi da neutrino solare in ~100 tonnellate di scintillatore di Borexino e' pari a circa 50 conteggi al giorno, che corrisponde a $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Bq/kg. Per confronto:

- Acqua Naturale ~ 10 Bq/kg in ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K
- Aria ~ 10 Bq/m³ in ^{39}Ar , ^{85}Kr e ^{222}Rn
- Roccia tipica ~ 100 -1000 Bq/m³ in ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K

W. Bonivento si sofferma a mostrare brevemente le fonti contaminazioni nell'apparato Borexino: le contaminazioni dalle catene ^{238}U e ^{232}Th sono rispettivamente dell'ordine di $\sim 10^{-17}$ g/g e $\sim 5 \times 10^{-18}$ g/g, piu' di un ordine di grandezza meglio di quanto richiesto. ^{210}Po , ^{210}Bi e ^{85}Kr sono fuori dalle specifiche e sono stati ridotti ulteriormente nella fase 2 (2012-2015) dell'esperimento: ^{85}Kr compatibile con zero e ^{210}Bi ridotto di un fattore 3.

W. Bonivento passa poi ad illustrare i risultati ottenuti da Borexino, in riferimento ai diversi processi di produzione di neutrini nel modello solare standard:

- ^7Be ν misurati con un errore del 5% PRL 107 (2011) 1411302
- pep ν e limiti sui ν CNO PRL 108 (2012) 051302
- assenza di asimmetria giorno/notte Phys. Lett. B707 (2012) 22
- ν da ^8B Phys. Rev. D82 (2010) 0330066
- ricerca di neutrini nella catena pp
 - pp- ν rate 144 ± 13 (stat) ± 10 (sys) cpd/100 tons
 - Valore predetto dal MSS (Alta Metallicita') + MSW-LMA 131 ± 2 cpd/100 tons

Il secondo progetto illustrato da W. Bonivento e' ARGO, un rivelatore ad Argon Liquido da 400 tonnellate. l'Argon 39 ha un *end-point* doppio di quello del ^{14}C , per cui non e' sensibile ai neutrini della catena pp. Anche il fondo e' diverso, poiche' nell'Argon Liquido non c'e' ne' Bi ne' Po. Il numero di conteggi al giorno con $E > 500$ keV e' di circa 20 eventi al giorno. Il numero di neutrini rivelati e' riassunto nella seguente tabella:

Sorgente di Neutrini	Bassa Metallicita' (cpd/100 ton)		Alta metallicita' (cpd/100 ton)	
	Tutti	[0.6-1.3] MeV	Tutti	[0.6-1.3] MeV
pp	107.9±2.0	0	107.0±2.0	0
pep	2.28±0.05	1.10±0.02	2.23±0.05	1.07±0.02
^7Be	36.10±2.60	2.85±0.21	39.58±2.85	3.13±0.23
CNO	3.06±0.30	0.64±0.06	4.28±0.44	0.90±0.09
^8B	0.30±0.04	0.035±0.005	0.36±0.06	0.042±0.007
Total		4.63±0.22		5.14±0.25

I fondi gamma sono soppressi dall'identificazione di ionizzazioni multiple ed i fondi residui rilevanti sono costituiti dal ^{222}Rn , che puo' essere misurato in situ.

Neutrini da Supernovae

L'ultimo argomento affrontato da W. Bonivento riguarda la rivelazione di neutrini prodotti in collassi di supernova. Il ruolo dei neutrini nello studio della dinamica dell'esplosione delle Supernovae e' molto importante (Gamow, Zeldovich ecc.), poiché il 99% dell'energia viene emessa sotto forma di neutrini con E dell'ordine di 10MeV. Nel caso dell'esplosione della SN1987A (distanza 50kpc, LMC, 20 masse solari) vennero rivelati 24 neutrini (Kamiokande-II, IMB e Baksan), troppo pochi per studiare le proprieta' in dettaglio, poiche' i rivelatori erano piccoli. La probabilita' di una SN nella via lattea e' di circa 1 ogni 10, 1 ogni 100 anni, per cui e' necessario costruire rivelatori grandi, con soglie basse e con lunghi tempi di osservazione e tempi morti ridottissimi.

W. Bonivento si sofferma poi brevemente sulle tecnologie per la rivelazione:

- telescopi Cherenkov
 - AMANDA, IceCube (10^6 events), Ice-Cube-Gen2, Super-Kamiokande, HyperKamiokande (10^5 events), SNO
- Scintillatori liquidi
 - LVD, JUNO (6000 events), Borexino, Kamland, RENO-50
- altre tecnologie
 - MACRO
- neutrini e^- in CC
- Liquidi nobili
 - Xenon, LZ, DARWIN (700 eventi); correnti neutre CNNS.

Per la rivelazione del segnale di neutrini da una futura esplosione di Supernova SN 20XXa, sara' necessario combinare i segnali provenienti da apparati che utilizzano diverse tecnologie. W. Bonivento presenta una stima del numero di neutrini che verrebbero rivelati, nel canale di maggiore sensibilita' indicato tra parentesi, dai principali apparati, per una esplosione di Supernova ad una distanza di 10kpc:

- LVD (300, anti- ν_e)
- BOREXINO (100, anti- ν_e)
- BAKSAN (100, anti- ν_e)
- SuperKamiokande ($7 \cdot 10^4$, anti- ν_e)
- KamLAND (300, anti- ν_e)
- HALO(30, ν_e , ν_x)
- SNO (300, anti- ν_e)
- MicroBooNE (17, ν_e)
- NovA (4000, anti- ν_e)
- DayaBay (100, anti- ν_e)
- IceCube (10^6 , anti- ν_e)

W. Bonivento presenta brevemente la nuova generazione di rivelatori a Larga Scala:

- Cherenkov telescopes (anti- ν_e)

- Hyperkamiokande (10^5)
- IceCube-Gen2 PINGU (10^6)
- Liquid Argon Detector (ν_e)
 - DUNE 3000
- Scintillation Detectors (anti- ν_e)
 - RENO-50 (5400)
 - JUNO (6000)
- Dark Matter detectors ($\nu_{e,x}$, anti- $\nu_{e,x}$)
 - es. DARWIN (700)

W. Bonivento si sofferma sull'apparato LVD, un rivelatore con 1 tonnellata di scintillatore liquido e 0.85 tonnellate di struttura in Ferro, installato presso il LNGS. La Collaborazione ha recentemente pubblicato un articolo di analisi dei dati raccolti a partire dal 1992: "Implication for the core-collapse supernova rate from 21 years of data of the Large Volume Detector", *The Astrophysical Journal* 802 (2015) 47.

La rete di rivelatori SNEWS permette una allerta agli astronomi, per lo studio di eventi di *break-out* e di onde gravitazionali.

I rivelatori a Xe, commenta W. Bonivento, permetterebbero l'osservazione di tutte le specie ed una misura dell'energia totale, indipendente da oscillazioni. W. Bonivento osserva anche come un processo CNNS non sia mai stati osservato. Un esperimento (COHERENT) e' attualmente in corso alla *neutron spallation source* a Oak Ridge.

A conclusione del suo intervento, W. Bonivento ribadisce come la Fisica dei neutrini sia un campo di ricerca ancora molto attivo, con molte risposte ancora da dare, nel quale nel futuro l'INFN dovra' investire ancora molte risorse.

I. De Mitri chiede a M. Bonivento che cosa abbiamo ancora da imparare dai neutrini pp e qualche informazione in piu' sui neutrini *relic*. W. Bonivento precisa che c'e' un esperimento che cerca di misurare i neutrini *relic* utilizzando una matrice di trizio. M. Pallavicini interviene nella discussione precisa che l'esperimento Ptolemy, che utilizza trizio, e' ad oggi ancora allo stato di proposta, ancora un R&D. M. Pallavicini ricorda che Borexino ha mostrato che i neutrini pp del ciclo solare si possono misurare con precisione, ma solo una accuratezza inferiore all'1% potrebbe fornire nuove informazioni, ad esempio sulla stabilita' solare, una sorta di immagine "istantanea" della luminosita' del sole, da confrontare con le misure ottiche, mediate e ritardate sulla scala di 100000-200000 anni. I. De Mitri ricorda poi che Macro, in sala B al Gran Sasso, per quanto riguarda la rivelazione di neutrini da Supernova, era come LVD, con 600 tonnellate di scintillatore liquido.

Alle ore 17:00 la Commissione interrompe i lavori per una breve pausa.

Alle ore 17:20 la Commissione riprende i suoi lavori, in sessione aperta

Esperimenti di ricerca della Materia Oscura

M. Pavan presenta la review sulla ricerca diretta della Materia Oscura ed inizia il suo intervento con un riferimento alle particelle di Materia Oscura che provengono dall'alone galattico, ovunque esse siano. La loro interazione con i rivelatori produce eventi di bassa energia, dell'ordine del keV. La rivelazione diretta segue due diversi approcci sperimentali: lo studio di marcature caratteristiche (modulazione annuale, direzionalità, modulazione diurna etc.) e la ricerca di rinculi nucleari. M. Pavan inizia descrivendo il primo approccio e gli esperimenti relativi.

- Modulazione Annuale
 $R(t) = \text{Background} + S_0 + S_m \cos(2\pi (t-t_0)/T)$
- Direzionalita'

M. Pavan sintetizza le caratteristiche degli apparati DAMA che, utilizzando rivelatori NaI, hanno permesso nel corso degli anni l'investigazione della modulazione annuale presso i LNGS:

- DAMA/NaI
 - Esperimento pionieristico ad ultra basso rumore
 - Operativo negli anni 1996-2002
- DAMA/LIBRA
 - 25 cristalli ultrapuri di NaI(Tl) ~10 kg ognuno (contaminazione residua $\sim 10^{-12}$ g/g in Th/U/K)
 - due PMT a bassa radioattivit  per ciascun cristallo
 - schermatura con Cu+Pb+Cd+polyethylene/paraffin
 - tre livelli di sistemi anti Rn
 - la PHASE II, con upgrade dei PMT, e' attualmente in acquisizione.

M. Pavan presenta poi i risultati sulla modulazione annuale, ottenuti con l'apparato DAMA/NaI (target mass - 87.3 kg; esposizione 0.29 ton yr) e DAMA/Libra (target mass - 242.5 kg; esposizione 1.04 ton yr).

Il fit del tasso di conteggio dei residui di singolo hit, $S_m \cos(2\pi (t-t_0)/T)$, nell'intervallo di energia compreso tra 2 e 6 keV, con tutti i parametri liberi fornisce i seguenti risultati, con una significanza di 9.3σ :

$$S_m = (0.0112 \pm 0.0012) \text{ cpd/kg/keV}$$

$$t_0 = (144 \pm 7) \text{ d}$$

$$T = (0.998 \pm 0.002) \text{ yr}$$

I valori aspettati sono:

$$t_0 = 152.5 \text{ d (2 Giugno)}$$

$$T = 1 \text{ yr}$$

M. Pavan fa riferimento a tre pubblicazioni a nome della collaborazione: EPJC 56 (2008) 333; EPJC 67 (2010) 39; EPJC 73 (2013) 2648. La Collaborazione ha pubblicato i risultati della Fase I, mentre la fase II e' attualmente in acquisizione, con fotomoltiplicatori ad elevata efficienza quantica, sino a 10 ph.e./keV, rispetto a 5.5-7.5 ph.e./keV dei precedenti PMT. Una eventuale Fase III e' possibile.

La Collaborazione ha effettuato numerosi cross checks sulla solidita' del risultato e su possibili spiegazioni alternative della modulazione, con i seguenti risultati:

- nessuna modulazione nell'intero spettro di energia
- nessuna modulazione per gli eventi a multiplo hit nell'intervallo di energia 2–6 keV

M. Pavan si chiede come questi risultati possano essere confermati. Per rispondere a questa domanda sono stati proposti esperimenti che utilizzano una tecnica analoga: SABRE (ANAIS, IDM-ICE). Con approcci simili sono stati proposti anche altri rivelatori: Cogent, Xenon, Xmass e molti altri.

M. Pavan si sofferma brevemente sull'esperimento SABRE, che utilizza l'identica tecnica di DAMA/LIBRA, con un miglioramento del *setup* sperimentale:

- Cristalli scintillanti di NaI(Tl)
 - background molto basso a motivo della elevata purezza dei cristalli
 - reiezione attiva del fondo con veto a scintillatore liquido
- Doppio rivelatore:
 - uno sotterraneo nel LNGS
 - un altro nelle miniere d'oro di Stawell, in Australia.

Il punto chiave, chiarisce M. Pavan, e' il controllo della contaminazione da ^{40}K , che ha una emissione a 3 keV. Il cristallo da 2 kg ottenuto dalla SA Astrogade per crescita da polvere di ^{39}K ha una contaminazione di circa 11-15 ppb di ^{40}K , a livello dell'esperimento DAMA.

Un dimostratore di fattibilita' dell'esperimento SABRE (*Proof of Principle* - PoP) e' attualmente in costruzione nella Hall B ai LNGS, con un cristallo NaI(Tl) direttamente accoppiato a due PMT e un sistema di Veto a scintillatore liquido, e l'inizio dell'acquisizione dati e' previsto per il 2017.

La sensitivita' dell'esperimento SABRE e' stata valutata con una simulazione Monte Carlo, che mostra una riduzione del rumore dovuto alla contaminazione residua del ^{40}K , di un fattore 3, utilizzando il veto a scintillatore liquido. M. Pavan mostra il grafico della modulazione attesa per l'esperimento SABRE, relativa a 4 anni di presa dati, con 50 kg di massa.

La seconda parte della presentazione di M. Pavan riguarda le Wimps. Questa tipologia di candidati di Materia Oscura interagirebbe elasticamente e coerentemente con i nuclei, ed il segnale che si ricerca sperimentalmente e' legato al rinculo nucleare:

- rinculo nucleare (NR) con $E \sim 1-100$ keV
- spettro continuo con andamento esponenziale
- fattore di forma nucleare $\sigma = \sigma_0^{\text{SI}} F_{\text{SI}}^2(E) + \sigma_0^{\text{SD}} F_{\text{SD}}^2(E)$

Le strategie ed i punti critici per effettuare questa misura sono:

- Grande Massa e Basso Rumore
 - radiopurezza
 - schermi
 - reiezione γ/β (n e α sono le sorgenti di rumore piu' significative)
 - scalabilita'
- Risposta del rivelatore al rinculo nucleare (NR)
 - diverso dalla risposta alla ionizzazione (utilizzata per calibrare)
 - criticita' nel *quenching* del rinculo nucleare
 - scale di energia
 - confronto tra diversi rivelatori

I rivelatori, propone M. Pavan, possono essere organizzati a seconda della tecnica di rivelazione utilizzata:

- Fononi/Rilascio di Calore

- Tecnica: Bolometri Criogenici; Liquidi soprasaturi (?)
- Rivelatore: C_xF_y
- Esperimenti: MoscaB, Pico
- Rivelazione di Carica
 - Tecnica: Rivelatori direzionali, Rivelatori al Germanio
 - Rivelatore: Ge
 - Esperimenti: CoGent
- Raccolta di Luce
 - Tecnica: Cristalli Scintillanti, Rivelatori a gas nobili
 - Rivelatore: NaI
 - Esperimenti: Dama, Sabre

A questi vanno poi aggiunti i rivelatori che utilizzano piu' tecniche di rivelazione:

- Bolometri criogenici con rivelazione di carica
 - Rivelatore: Ge/Si
 - Esperimenti: Edelweiss
- Bolometri criogenici scintillanti
 - Rivelatore: $CaWO_4$
 - Esperimenti: CRESST
- TPC con gas-liquidi nobili a doppia fase
 - Rivelatore: LXe/LAr
 - Esperimenti: XENON, darkSide, LUX

M. Pavan indica anche alcuni esperimenti di prossima generazione, che possono essere catalogati utilizzando lo schema precedente. Successivamente M. Pavan passa ad illustrare la serie di indicazioni, ottenute negli anni 2012-2013, per la presenza di Materia Oscura, interpretando tutti i segnali come dovuti a rinculo per interazione di Materia Oscura e in questa forma i confronti sono fortemente dipendenti dai modelli interpretativi utilizzati:

- DAMA/LIBRA (scintillatori NaI – NR+ER)
modulazione annuale a $9.3 \sigma \rightarrow$ two signal contours (NR signal on Na or I)
- CoGENT (BEGe – NR+ER)
segnale a 2.2σ , incompatibile con il fondo aspettato e compatibile con la modulazione annuale
- CDMS II (bolometri a Si - NR)
3 eventi sopra il fondo aspettato
- CRESST ($CaWO_4$ bolometers - NR)
eccesso di eventi

M. Pavan mostra i grafici di esclusione relativi a questi esperimenti, nel diagramma sezione d'urto della WIMP in funzione della massa della WIMP. Successivamente, chiarisce M. Pavan, alcune collaborazioni hanno ridimensionato la portata dei risultati ottenuti:

- CoGENT (BEGe)
Una re-analisi dei dati riduce la significanza, ora inferiore a 1.7σ , e l'incompatibilita' con il fondo
- CDMS II (bolometri a Ge) non osservano modulazione
- CDMSLite + SuperCDMS (Ge bolometers) escludono il segnale
- CRESST l'eccesso di eventi e' escluso da una successiva misura

M. Pavan passa ad esaminare i vari esperimenti, suddivisi per tecnica sperimentale di rivelazione, (rivelatori a doppia fase LAr/LXe; rivelatori a Liquido Superheated; rivelatori criogenici a stato solido) presentandone poi alcuni con maggiore dettaglio.

Il primo gruppo e' costituito dai rivelatori a doppia fase LAr/LXe, i cui principi di funzionamento vengono cosi' brevemente riassunti da M. Pavan:

- TPC con bersaglio liquido e fase gassosa
- scintillazione S1 nella fase liquida
- scintillazione proporzionale S2 nella fase gassosa, dovuta alle cariche che driftano verso il gas
- risoluzione spaziale ~ 1 mm
- scintillazione/ionizzazione usato per la discriminazione

Gli esperimenti che utilizzano questa tecnica sono:

- WARP (LAr - LNGS)
- ArDM (LAr - Canfranc)
- DarkSide (LAr - LNGS)
- PandaX (LXe - China)
- XENON (LXe - LNGS)
- ZEPLIN (LXe - Boulby)
- LUX (LXe - Sanford)

M. Pavan si sofferma su tre di essi, Lux, XENON-1T e DarkSide (50 e 20k).

Lux e' un apparato installato ad una profondita' corrispondente a 4300 di acqua equivalente, a Sanford, in Sud Dakota, con 370 kg di Xenon liquido, corrispondente ad un volume fiduciale di 100 kg. I segnali sono letti da 122 PMT. M. Pavan riassume l'evoluzione temporale dell'apparato LUX, indicando anche le principali pubblicazioni:

2006	- Nasce la collaborazione LUX	
2012 (luglio)	- Installazione nel laboratorio sotterraneo	
2013 (novembre)	- Primi Risultati	Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 091303
2015 (dicembre)	- Reanalisi dei dati	Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 161301 Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 161302
2016 (luglio)	- Analisi di 332 giorni di tempo vivo	Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 021303
2016 (settembre)	- Decommissioning	

M. Pavan mostra poi i grafici relativi ai dati di LUX, in particolare l'andamento della regione di esclusione nel diagramma sezione d'urto della WIMP in funzione della massa della WIMP. LUX-ZEPLIN e' un progetto, programmato entro il 2020, per un rivelatore da 10 tonnellate, 7 tonnellate di massa attiva e 5.6 tonnellate di massa fiduciale, da installare nello stesso sito del rivelatore LUX, con un piano di presa dati pari a 1000 giorni di tempo vivo. Il rivelatore sarebbe equipaggiato con un sistema innovativo di triplo veto.

M. Pavan presenta poi la curva di sensibilita', nel diagramma sezione d'urto della WIMP in funzione della massa della WIMP, per l'esperimento XENON-1T, installato presso i LNGS, e per la sua evoluzione a piu' grande massa XENON-nT.

Infine, come terzo esempio di rivelatori a Doppia Fase, M. Pavan descrive brevemente l'apparato DarkSide:

- Caratteristiche
 - Installato presso i LNGS (3.5 km w.e)
Stessa infrastruttura per DarkSide 50 e DarkSide 20k
 - Camera pulita "Radon-free" (Livello di Rn < 5 mBq/m³)
 - Veto di Raggi Cosmici a rivelatore Cherenkov (1000 tonnellate di acqua)
 - Veto per neutroni e γ (30 tonnellate di Scintillatore Liquido)
- TPC
 - DarkSide 50
 - volume fiduciale di 33 kg LAr in
 - in acquisizione da Aprile 2015
 - primi dati rilasciati ad Agosto 2015
 - 1 y di statistica ancora *blinded*
 - DarkSide 20k
 - volume fiduciale di 20 ton di LAr (30 tonnellate di volume totale)
 - completamento della costruzione ~2021
- Rumore
 - fonte principale di rumore $^{39}\text{Ar} \rightarrow ^{39}\text{K} + e^-$ ($Q_\beta = 565$ keV; $t_{1/2} = 269$ y)
 - soluzione alla produzione di Ar cosmogenico - utilizzo di Ar sotterraneo
 - Fondo di neutroni - Sistema di Veto + SiPM radiopure e criostato ultrapuro

Come per Lux e per Xenon-1T, M. Pavan mostra poi i grafici di sensibilita' nel diagramma sezione d'urto della WIMP in funzione della massa della WIMP, relativi ai dati di DarkSide 50 (Phys. Rev D93 (2016) 081101), e alle previsioni per DarkSide 20k.

Il secondo gruppo di esperimenti utilizza rivelatori a liquido superheated, il cui funzionamento viene cosi' schematizzato da M. Pavan:

- Bersaglio liquido ($\text{C}_x\text{F}_y \dots$) ^{19}F (a.i. 100%)
- Interazione della particella
"bubble nucleation" - minima energia per unita' di volume richiesta per creare una bolla
- Le condizioni termodinamiche possono essere ottimizzate
 - e^- , γ , μ sotto soglia - invisibili

- α , n, Wimps sopra soglia - visibili
- Riduzione del numero di sorgenti di rumore

Gli esperimenti che utilizzano questa tecnica sono:

COUPP & PICO (bubble)
 PICASSO & SIMPLE (droplet)
 MoscaB (LNGS)

M. Pavan si sofferma su due di essi, Pico 60 e MoscaB. Pico 60 e' un rivelatore costituito da 53 kg di C_3F_8 , potenzialmente sensibile all'interazione spin dependent (cfr.: C. Amole et al., arXiv: 1702.07666 [astro-ph.CO] 2017). Mosca B e' un rivelatore da 25 L di C_3F_8 , pronto per l'installazione ai LNGS. Un prototipo da 2 L e' in operazione a Milano.

Il terzo gruppo di esperimenti e' costituito da rivelatori criogenici a Stato Solido e M. Pavan ne illustra brevemente i principi di funzionamento. Tre esempi di rivelatori sono

- CDMSII - Fononi (Soudan)
 - Sensori W-Tes fotolitografati
 - Lettura Squid
- Edelweiss - Bolometri (Modane)
 - Sensori FET NTD-Ge
- CRESST-II - Fononi (LNGS)
 - Test a film sottile superconduttori
 - Lettura Squid

Piu' in dettaglio M. Pavan discute CDMS (SuperCDMS e CDMSLite) e CRESST (CRESST e CRESST III). CDMS e' installato presso i laboratori di Soudan, ad una profondita' corrispondente a 2 km di acqua equivalente ed e' costituito da 15 rivelatori da 0.6 kg di Ge. SuperCDMS ha raggiunto una esposizione pari a 577 kg x yr, con 7 rivelatori, e 11 eventi sono sopravvissuti ai tagli, un numero compatibile con il background. CDMSlite opera in uno speciale regime, in modo da abbassare la soglia a 0.8 keV.

Le caratteristiche del rivelatore CRESST (Cryogenic Rare Event Search with Superconducting Thermometers), con una soglia particolarmente bassa, vengono cosi' sintetizzate da M. Pavan:

- Cristalli scintillanti di $CaWO_4$ come targhetta
- I cristalli operano come calorimetri criogenici (~ 15 mK)
- CRESST II- phase 1 (2014)
 - reanalisi dei dati - no eccessi di segnale
- CRESST II- phase 2 (2015)
 - cristalli da 300g
 - soglia di rinculo nucleare pari a 307 eV
 - miglior risultato mondiale per energia al di sotto di $1.7 \text{ GeV}/c^2$
 - primo esperimento ad esplorare masse nella regione sub GeV/c^2
- CRESST III - in acquisizione dall'estate

- sensitività alle basse ultra-piccole, ideale per la ricerca ed identificazione di materia oscura
- Cambio di strategia per migliorare la sensibilità a basse masse
- cristalli ultra puliti e piccoli - $20 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$ (25g)
- soglia di progetto pari a 100 eV
- piccoli rivelatori di luce $20 \times 20 \text{ mm}^2$
- 6 moduli con soglia $< 100 \text{ eV}$ in funzione ai LNGS
- valori di soglia sono migliori dei requisiti di progetto
- Progetti futuri per avvicinarsi al limite del "neutrino floor"
 - Screening e purificazione del materiale usato per la produzione dei cristalli
 - upgrade della facility ai LNGS per rendere operativi 100 rivelatori (1000 kg day in 2 anni)

M. Pavan conclude il suo intervento mostrando l'insieme dei grafici di esclusione ottenuti con le diverse tecniche illustrate nel corso della sua review.

Al termine della presentazione di M. Pavan, I. De Mitri chiede come Cresst si può confrontare con Damic. M. Pavan risponde che la sensibilità di Damic è un po' più alta di quella di Cresst e comunque le previsioni di sensibilità dipendono spesso dai dettagli delle procedure di valutazione.

Alle ore 18:00 la Commissione continua i suoi lavori, in sessione chiusa.

10 aprile 2017

h. 18:00-19:30. SESSIONE CHIUSA

Intervento del Direttore Generale

Alle ore 18:00 interviene ai lavori della Commissione il Dr. Bruno Albino Alain Quarta, Direttore Generale dell'INFN, che viene accolto da M. Pallavicini con un saluto di ringraziamento per la sua presenza. Il Direttore Generale ringrazia per l'invito ed inizia la sua relazione sul tema del finanziamento della ricerca.

L'argomento del suo intervento, sottolinea B. Quarta, riguarda non le procedure per affrontare le spese necessarie a realizzare un esperimento, quanto le strategie di finanziamento dell'Ente, per rispondere alle sue esigenze. Sino ad oggi l'INFN ha sostanzialmente finanziato la ricerca con il suo budget, ma lo scenario potrebbe cambiare nei prossimi 2-3 anni. Le possibilità di finanziamento basate sui finanziamenti ordinari dovranno tenere presente che in 2-3 anni l'equilibrio sarà diverso, a motivo degli aumenti delle retribuzioni, che dobbiamo applicare per legge e per volontà, e delle politiche di progressione di carriera, che richiedono uno spostamento nell'utilizzo dei fondi dell'Ente. L'aumento dei finanziamenti su base premiale da 32 M€ a 70 M€ ha permesso di limitare la riduzione complessiva del budget dedicato alla ricerca a soli 5 M€ all'anno. La strategia per il futuro, sottolinea ancora B. Quarta, è quindi quella di spostare parte del finanziamento su fondi esterni, in modo da rendere possibile il finanziamento complessivo delle attività di ricerca dell'Ente. Si tratta allora, continua B. Quarta, di realizzare una politica che permetta di crescere sulle risorse che abbiamo a disposizione, capire quali sono i finanziamenti che possiamo ottenere e quali sono le

difficolta' alle quali andiamo incontro. B. Quarta ricorda la sua esperienza all'Universita' di Bologna ma, l'INFN, rispetto all'Universita', ha due differenze principali:

- finanzia la sua ricerca;
- ha una politica di ricerca

Nel caso dell'INFN infatti, non si tratta di una ricerca orientata dai finanziamenti: il successo della ricerca all'interno dell'Ente e' dovuto all'esistenza di un politica scientifica. Il punto di partenza sono le Commissioni Scientifiche Nazionali, dove maturano le decisioni strategiche. Oggi e' pero' necessario capire in quale direzione si vuole procedere e poi cercare finanziamenti per realizzare i progetti. Cercare finanziamenti, chiarisce ancora B. Quarta, e' un mestiere, che si fa e che si puo' fare, come mostrano ad esempio i risultati ottenuti all'Universita' di Bologna, dove il budget per la ricerca in 5 anni e' stato piu' che raddoppiato, passando da 54 M€ a 97 M€: questo ha comportato un aumento della quota premiale, che ha contribuito a superare un finanziamento complessivo di gran lunga maggiore del doppio della cifra di riferimento, e senza cambiare i laboratori e con gli stessi ricercatori. Per raggiungere questi obiettivi e' necessaria una politica di azioni coordinate ed il lavoro di tutti.

Uno degli aspetti che l'Ente sta cercando di affrontare riguarda proprio il finanziamento della propria attivita' di ricerca: le Commissioni definiscono una agenda di ricerca e poi, annota B. Quarta, cerchiamo di capire che cosa e' finanziabile o come possiamo rendere finanziabile cio' che non lo e', in modo da realizzare cio' che e' previsto nell'agenda scientifica. Alcuni esperimenti lavoreranno con i loro finanziamenti, altri utilizzeranno i fondi dell'Ente, ma cio' che dobbiamo fare e' aumentare tutte le fonti di finanziamento, ricorrere a tutte le fonti, per poter essere in grado di finanziare i nostri progetti. In questo siamo diversi dall'Universita'.

Un esempio di questo processo di collaborazione tra diverse fonti di finanziamento e' l'esperimento DarkSide, che e' un esperimento di ricerca di base, che si appoggia' pero' su tre pilastri:

- attivita' di R&D e di chimica presso le miniere del Sulcis, eventualmente trasferibili alle aziende;
- sviluppo delle SiPM e dell'elettronica di lettura, con un impatto anche sul territorio
- attivita' sul criostato

Queste tre attivita' integrate formano un progetto. Si tratta di capire se un progetto nel suo insieme o per ciascuna delle componenti puo' trovare un finanziamento a livello locale, regionale o europeo. Nei programmi quadro europei c'e' stato un cambiamento di strategia, dal sesto programma quadro sino all'ottavo e al nono. Per questi motivi e' necessario un allineamento delle politiche di ricerca locali, regionali ed europee, ma di questo se ne occupa il Direttore Generale. Cio' che invece, sottolinea B. Quarta, il Direttore Generale richiede ai ricercatori e':

- capire i problemi e i progetti, spiegare all'esterno cio' che solo un ricercatore puo' spiegare.
- sviluppare l'integrazione, capire quali sono le tendenze in ambito scientifico, precisare che cosa si vuole realizzare, per poter agganciare la politica locale, regionale, europea.

I ricercatori dovranno poi interagire con una "squadra fondi esterni" che si sta cercando di organizzare in Amministrazione Centrale, in modo da ricercare ed ottenere un finanziamento esterno. Per questo sara' necessario creare comunicazione tra la "squadra" in Amministrazione Centrale e le Commissioni, in modo da organizzare meglio il lavoro ed ottenere maggiori risultati. B. Quarta propone che ogni Commissione Scientifica Nazionale indichi 3 o 4 nomi di persone che possano lavorare su questi argomenti, con una doppia agenda, a 360 gradi su tutte le possibilita' di

finanziamento, insieme a Veronica Valsecchi e a Franca Masciulli, che sono le persone dedicate dall'Ente per queste iniziative. L'attività dovrà essere organizzata su due diverse prospettive temporali:

- a più breve scadenza, identificare quali sono le tecnologie o i progetti che possono essere finanziati (agenda opportunitica)
- programmare la ricerca di finanziamenti a più lunga scadenza, da due anni in poi (agenda strategica)

Come esempio di agenda strategica, B. Quarta illustra i risultati ottenuti all'Università di Bologna, dove su alcune call, le call cooperation, sono riusciti una volta ad ottenere il 72% della call ed un'altra volta il 64%, che sono cifre molto elevate. Interessante, sottolinea B. Quarta, è paragonare l'attività dell'Ente con quella di una Università o di una industria. In Università si sviluppa circa un progetto di ricerca ogni 10 ricercatori: ad esempio, una Università con 2000 Ricercatori avrà circa 200 progetti all'anno, per poter continuare ad esistere nella mappa della ricerca, ed è un minimo. Nell'INFN la strategia è completamente diversa, noi abbiamo 30, 40, 50 progetti di ricerca che aggregano i Ricercatori. Si tratta poi di capire quale può essere la *partnership* con istituzioni e quali collaborazioni sono possibili per il successo delle diverse iniziative.

Al termine dell'intervento del Direttore Generale, M. Pallavicini conferma che certamente la Commissione II aderirà al progetto e che in breve tempo comunicherà i nomi dei Coordinatori che parteciperanno al gruppo di lavoro sui fondi esterni. M. Pallavicini sottolinea poi alcuni punti specifici, e ricorda che già adesso la Commissione ha raddoppiato il suo budget con i fondi esterni, attraverso finanziamenti europei, fondi ASI, ESA e della regione Sicilia. Questo non significa che non si possa fare meglio, ma già la Commissione è molto attiva, c'è una cultura sul tema, siamo capaci di cercare fondi esterni e non ci sono resistenze nel convincere i ricercatori ad attivarsi in questa direzione.

M.G. Catanese interviene nella discussione e chiede a B. Quarta quale sarà il coordinamento in relazione ai fondi europei per la mobilità, un fondo RISE: già sono stati ottenuti fondi europei per finanziare la mobilità, e la stessa Commissione Europea ha chiesto se siamo interessati a ripresentare la richiesta. Come ci si deve comportare in queste situazioni?

B. Quarta risponde che tutte le iniziative che sono allineate con le attività di ricerca sono benvenute, quelle che non lo sono no, ma l'Amministrazione Centrale non sta organizzando una struttura che metta freni. L'INFN è leader in Europa per le iniziative RISE. Cercheremo anche di entrare in altre tipologie. Più condividiamo l'informazione, più riusciamo ad essere strategici.

M.G. Catanese chiede anche come ci si deve comportare nel caso di finanziamenti RISE che sono intercommissione.

B. Quarta sottolinea che ora stiamo affrontando il tema dei finanziamenti a ciascuna Commissione, però le tecnologie sono trans-Commissione. In Commissione abbiamo le sigle, ma poi dalle sigle si può passare alle tecnologie di ricerca: certamente nell'Ente non si lavora a compartimenti stagni. Sappiamo che le nostre attività di ricerca sono a più dimensioni.

R. Sparvoli commenta come la dinamica del processo decisionale appaia un po' fumosa, come se sfuggisse ad una visione di insieme. La Commissione ha interesse per una sigla, poi chiede al gruppo di coordinamento dei fondi esterni quali sono le possibilità di eventuali finanziamenti, poi ritorna in Commissione per una approvazione della proposta alla luce della risposta dell'Amministrazione Centrale, poi si interroga nuovamente la squadra fondi esterni alla luce della nuova decisione.

B. Quarta risponde che l'approvazione di una sigla non è condizionata dal fatto che possa trovare fondi. La Commissione approva una programmazione scientifica, e poi il Gruppo di Coordinamento dell'Amministrazione Centrale si mette al lavoro per ottenere un finanziamento: non è vero che un progetto si realizza solo se ci sono i finanziamenti. Solo in alcuni casi questo è vero, ma solo se si tratta di progetti speciali.

M. Pallavicini interviene nella discussione e conferma che un progetto deve essere innanzitutto valutato scientificamente. B. Quarta ribadisce che l'accesso a finanziamenti esterni non è la ruota di scorta per ottenere l'approvazione di un progetto inizialmente non finanziato dalla Commissione.

M. Pallavicini riprende il tema dei progetti speciali, per sottolineare come siano possibili anche scenari complementari. Ad esempio DarkSide, un progetto interessantissimo, ma che non potrà essere realizzato se non ci saranno fondi esterni. Lo stesso vale per KM3. L'importante è non rovesciare mai l'argomento, cioè non anteporre la disponibilità di fondi alla valutazione della validità.

B. Quarta ricorda come la situazione può essere un po' diversa nel caso di prospettive applicative, ad esempio nel mondo medicale, che in quanto applicazioni possono essere sviluppate se ci sono i finanziamenti. M. Pallavicini commenta come questo scenario riguardi però la Commissione V e che nella Commissione II è necessario, per la realizzazione di un esperimento, non solo il finanziamento, ma l'entusiasmo, l'interesse e la partecipazione convinta dei Ricercatori.

G. Fiorillo osserva come nelle parole del Direttore Generale si possa intravedere un cambio di paradigma, un processo iterativo, un processo di *feedback* tra la Commissione ed il gruppo di lavoro sui fondi esterni. Questo cambio di prospettive non è totalmente privo di conseguenze, poiché noi siamo abituati ad analizzare le diverse proposte, valutarle e poi finanziarle.

M. Pallavicini commenta che in parte questo cambiamento è già in atto: ad esempio, nel caso di DarkSide, c'è un meccanismo iterativo che sta funzionando. Lo stesso vale per KM3.

G. Fiorillo annota che un esperimento modulare può essere costruito a tappe, mentre un esperimento non modulare, no. M. Pallavicini concorda che si tratta di un altro modello del processo di approvazione.

A. Masiero interviene nella discussione, precisando come questo sia un punto che sta a cuore alla Giunta. Non vogliamo, come ha chiarito bene B. Quarta, far passare il falso messaggio che l'Ente ha cambiato connotazione, poiché continua ad avere come *mission* il fare ricerca di base. Questo è il significato del nostro operare all'interno dell'Ente, fare ricerca di base. Sarebbe suicida, nel tentativo di ottenere finanziamenti, cambiare il modo di operare. Oggi ci stiamo accorgendo che il Finanziamento Ordinario, cioè il *budget* che riceviamo, resta circa costante, mentre le spese aumentano. Questa situazione, che va avanti da molti anni, è diventata ancora più difficile e rischia di diventare insostenibile. Nonostante questo, l'Ente non intende affiancare alla ricerca di base una parte di ricerca svolta per chi finanzia, perché questa sarebbe una politica suicida che affosserebbe l'INFN. Invece le Commissioni vagliano la validità scientifica di un progetto e questo ci chiede la Giunta ed il Direttore Generale, e non se ha la sostenibilità economica su fondi esterni. Anche la Commissione non deve chiedersi se chi propone un esperimento può ottenere il finanziamento da altre fonti, ma se è scientificamente valido: questo è un diritto ed un dovere della Commissione. Ci sono poi casi in cui la realizzazione di un progetto è effettivamente fuori scala, poiché la Commissione non può investire ad esempio 30 M€ su un solo progetto ed in questo caso bisogna chiedersi come può essere sostenuto. Ma questa è la domanda successiva, la prima domanda è sulla validità scientifica, se la Commissione è pronta a sostenerlo. Il punto successivo è poi diverso: ci si chiede se è possibile trovare un aggancio con fondi esterni. Sino ad ora abbiamo

lavorato in maniera un po' artigianale, ci siamo dati da fare come possibile, ora B. Quarta ci propone di fare qualcosa di piu' strutturato, di far parlare tra loro le persone esperte in modo che si possa capire dove trovare fondi esterni. Questo non cambia la *mission* dell'Ente, che resta invariata. Se non e' possibile trovare fondi esterni per un progetto, ci sono sempre i fondi della Commissione, oppure si utilizzano le risorse liberate dai finanziamenti esterni ad altri esperimenti. Non si tratta di una corrispondenza uno a uno. Questo e' un punto importante ed e' stato dibattuto a lungo in Giunta: l'INFN non offre supporto tecnologico al primo che e' disposto ad offrire fondi, ma resta un Ente che fa ricerca di base.

M. Pallavicini sottolinea come appaia chiaro che non si tratta di un gioco facile: sara' un pericolo che avremo sempre di fronte: correremo il rischio di farci influenzare da chi offre finanziamenti, ma non dovremo farci piegare dalla possibilita' di ottenere fondi esterni.

A. Incicchitti osserva come, pur immaginando di vivere nel migliore dei mondi possibili, con una programmazione perfetta, ci siano poi differenze tra vari Enti, siano essi enti Regionali, Statali o Fondazioni. Come possiamo essere sicuri che il finanziamento arrivi in tempo e quando serve all'esperimento? Inoltre ci sono differenze tra i vari Enti, l'Abruzzo e' diverso dal Lazio e il Lazio dalla Sicilia. Inoltre spesso le scadenze elettorali fanno si' che chi fa le promesse non sia poi chi le deve mantenere, poiche' i governi regionali o nazionali sono nel frattempo cambiati.

B. Quarta risponde ritornando sulla classificazione dei progetti di ricerca in due diverse tipologie:

- ci sono i progetti che l'Ente finanzia e che quindi cercheremo di finanziare e di continuare a finanziare anche se non troviamo nemmeno un euro da fondi esterni. Ad esempio Xenon. Se poi vincessimo un finanziamento europeo per quel progetto, con quello potremmo rifinanziarlo, liberando risorse per altre attivita'
- ci sono altri progetti, ad esempio DarkSide, che possiamo finanziare solo se abbiamo fondi esterni.

Nel primo caso il progetto non e' a rischio, poiche' il finanziamento e' totalmente garantito dalla Commissione, eventualmente si cerca un re-finanziamento. Nel secondo caso, invece, il finanziamento puo' essere a rischio, innanzitutto perche' deve essere accordato e, successivamente, poiche' dipende anche da perturbazioni politiche o dalle idee dei dirigenti locali. I finanziamenti non sono pero' solo quelli regionali, ma anche quelli nazionali ed europei. L'Amministrazione Centrale e' comunque presente per dare piu' flessibilita' e piu' risorse.

M. Punturo sottolinea come la Commissione sia gia' abituata ad attingere a fondi esterni, che pero' arrivano insieme ad una complessita' burocratica e richiedono una rigorosa rendicontazione. M. Punturo ritiene molto positivo che da singole iniziative si passi ad un approccio sistematico dell'Ente, in cui la Commissione viene aiutata, ma e' preoccupato per il carico burocratico: rispondere ad una rigorosa rendicontazione si traduce in un carico sui ricercatori: occorrerebbe che l'Amministrazione Centrale divenisse un sostegno continuo e giornaliero, non semplicemente un *contact person* ma un ufficio, che non ti dice quello che devi fare, ma che lo fa. Ad esempio in Ego e' presente una struttura di questo tipo.

B. Quarta precisa che la possibilita' di offrire un supporto fa parte del progetto, ma cio' che e' importante e' investire risorse su questo: non ci puo' essere una persona per ogni progetto, poiche' questa strategia non scala, ma e' necessario creare una unita' che lavori, altrimenti otteniamo i finanziamenti e poi li dobbiamo restituire. Su questo stiamo cercando di migliorare: certamente, se lavoriamo con fondi offerti da altri, siamo obbligati a rendicontare.

R. Paoletti interviene nella discussione osservando come questo riguardi finanziamenti che non gravano sull'INFN. Ad esempio, se un esperimento è approvato ed io trovo un finanziamento esterno, i nuovi fondi sono benvenuti. Diversa è la situazione quando i fondi ottenuti richiedono un contributo da parte dell'INFN, ad esempio quando i fondi offerti da bandi regionali permettono di cofinanziare spese per il personale, come assegni di ricerca. L'INFN è disposto a cofinanziare, sapendo che il contributo ottenuto permette di alleggerire le spese su altri capitoli?

B. Quarta osserva come si tratti di qui di un'altra problematica: qui stiamo trattando dei finanziamenti esterni alla ricerca e non del finanziamento del personale, che è un'altra questione. In ogni caso le proposte andranno di volta in volta valutate a livello centrale, da parte della Giunta. Qui si tratta di una decisione più politica che tecnica.

M. Pallavicini annota come in questi casi, in particolare sugli assegni di ricerca, appaia importante la conformità tra le decisioni strategiche della Commissione e le decisioni dei Direttori nelle singole Sezioni.

Alle ore 18:50 il Direttore Generale lascia la Commissione, che continua i suoi lavori in Sessione Chiusa, con il report e la discussione relativa all'esperimento DarkSide. M. Pallavicini introduce l'intervento di L. Latronico ringraziando i Referees di DarkSide per il lunghissimo lavoro svolto, osservando come l'attività di revisione di DarkSide sia stato un esercizio complesso, che ha richiesto un intervento fuori dal comune. I Referee hanno lavorato sei mesi ed hanno redatto un report, ormai pubblico, che ora L. Latronico illustra alla Commissione.

Report dei referee di DarkSide

L. Latronico e P. Sapienza presentano alla Commissione il report dell'attività dei referee dell'esperimento DarkSide. Oltre ai due membri di Commissione, fanno parte del gruppo dei referee G. Ambrosi, F. Bellini, C. Brofferio e P. Lombardi. La presentazione inizia con un riassunto dello sviluppo temporale del lavoro del gruppo di referaggio:

- 1/9/2016 - Kick-Off Meeting, INFN-HQ
 - costituzione del panel e incarico ai referee
 - review, dal punto di vista scientifico, tecnico e finanziario, della proposta dell'esperimento DarkSide;
 - valutazione dello sviluppo del contributo a carico della CSN2 ed esame dei diversi finanziamenti;
 - valutazione del costo del progetto, dello sviluppo temporale e del relativo impatto sul contributo complessivo della CSN2
 - Materiale di riferimento:
 - Yellow Book (YB, 5/9/2016)
 - Work Breakdown Schedule (WBS)
 - rilasciato a Settembre, revisionato integralmente a Gennaio 2017
- 14/10/2016 - CS Review, LNGS
 - Presentazioni e update della collaborazione
 - Q/A con il CS dei LNGS
 - Referee CSN2 partecipano come osservatori
- 7-13/12/2016 - Q/A referee-DS (teleconferenza)
 - Analisi delle problematiche identificate dai referee e risposte scritte della collaborazione
- 12/1/2017 - Incontro a Milano Bicocca

- Aggiornamenti su DarkSide in relazione ad argomenti selezionati
- 17/2/2017 - Release Report al Presidente CSN2
 - Condivisione con INFN-HQ
 - Aggiornamento finanziamento, minor edits
- 8/3/2017 - Release Report a NSF e alla Collaborazione DarkSide
- 10/4/2017 - Report CSN2

L. Latronico passa poi ad illustrare il contenuto del report:

- Analisi tecnica, finanziaria e raccomandazioni
 - una lista di problemi aperti che rappresentano un rischio significativo per il progetto a livello tecnico;
 - raccomandazioni per azioni o soluzioni condivise che i referee percepiscono come necessari per l'approvazione del progetto;
 - raccomandazioni che potrebbero risultare di aiuto nella realizzazione del progetto;
 - valutazione finanziaria di rischi specifici e di potenziali scenari
- Conclusione e Raccomandazioni Finali
- Materiale addizionale
 - Dettagli della review, domande / risposte con DS, analisi finanziaria dettagliata
- Indici
- Fornitura dell'Ar
 - Urania (copertura costi operazioni attualmente non ancora garantita)
 - Seruci I (separazione isotopica in Seruci II non piu' ritenuta necessaria)
- Veto (scintillatore liquido e PMT)
- Silicon PM (presentati recentemente risultati su tile da 24 cm²)
- TPC e Prototipi
- Background
- ReD
- Infrastructure (attrezzature in-kind)
 - NOA
 - LNGS
- Sicurezza (uso scintillatore liquido)
- Organizzazione della Collaborazione (molti ruoli chiave definiti / assegnati)

Il Report contiene anche una valutazione degli elementi positivi e degli aspetti che richiedono una analisi dettagliata:

- Elementi Positivi
 - la proposta di DarkSide affronta un tema fondamentale nella fisica moderna
 - soluzioni tecnologicamente promettenti costruite a partire dai risultati dimostrati di DarkSide-50
 - collaborazione forte, in crescita e attrattiva

- la Collaborazione DarkSide si e' mostrata capace di sviluppare strategie per ottenere fondi esterni
- Problematiche aperte che richiedono una analisi dettagliata
 - schedula temporale aggressiva
 - incertezze residue nel progetto di finanziamento

Il punto successivo riguarda l'analisi tecnica:

- Situazione iniziale
 - identificate 32 punti deboli
 - 127 aspetti problematici
 - 4 livelli di criticita'
 - 19 aree tematiche
- Evoluzione
 - Discussione aperta e costruttiva con DS
 - Risposte scritte in 5gg a cavallo 8/12
 - Riduzione significativa delle criticita'
 - Da livello critico/elevato a livello minore o chiarimento
 - 44 problematiche risolte
- Situazione finale
 - Livello
 - 5 critico
 - 20 elevato
 - 57 minore
 - 45 chiarimento
 - Stato
 - 83 ancora aperti
 - 44 risolti

L. Latronico passa poi a presentare le questioni ancora aperte, che sono riassunte nella seguente tabella:

Livello	Argomento	Descrizione	ID
critico	Finanziamenti Esterni	Sono necessarie assicurazioni da parte della sezione INFN di Genova sull'accesso a fondi regionali (RA / RAS)	D1
critico	Fornitura dell'Ar	I costi per la conservazione e la spedizione dell'Argon Liquido non sono coperti (CF)	H1
critico	Veto	I costi per lo Scintillatore Liquido (PC) sono a rischio, nel caso in cui non sia disponibile quello di Borexino. Il rischio finanziario va incluso nei costi di acquisto dello scintillatore	A1
critico	SiPM	Il progresso tecnico verso SiPM da 25cm ² richiede una dimostrazione di fattibilita' e decisioni sull'eventuale implementazione da 12.5cm ² (*i risultati sulle SiPM da 24cm ² sono stati presentati a Marzo; la decisione sul tipo di tecnologia da utilizzare e' incluso nelle Milestones del 2017)	B1

critico	Prototipo TPC	La scelta del materiale del Criostato richiede una decisione sincronizzata con il progresso della radiopurezza del Ti.	Y5
maggiore	TPC	La scelta del materiale del Criostato richiede una decisione sincronizzata con il progresso della radiopurezza del Ti. I costi previsti dovranno coprire le diverse opzioni.	AD1
maggiore	Veto	I costi per il TMB sono a rischio, nel caso in cui non sia disponibile quello di Borexino. Il rischio finanziario e' incluso nei costi generali relativi alla fornitura dello Scintillatore	A2
maggiore	Veto	PPO procurement cost at risk if not available from Borexino; financial risk included in generic Scintillation Procurement costs	A3
maggiore	Veto	Impianto di Purificazione dello Scintillatore Liquido	A4, AA8
maggiore	Veto	Nuovo impianto dell'acqua per il sistema di purificazione Scintillatore Liquido, nel caso in cui non sia disponibile quello di Borexino.	AA2
maggiore	Veto	Nuovo <i>cleaning module</i> nell'impianto per il sistema di purificazione Scintillatore Liquido, nel caso in cui non sia disponibile quello di Borexino.	AA3
maggiore	Veto	Nuovo contenitore per lo scintillatore per il sistema di purificazione Scintillatore Liquido, nel caso in cui non sia disponibile quello di Borexino.	AA4
maggiore	Veto	Fornitura dei fotomoltiplicatori MCP deall'IHEP	AD2
maggiore	Aria	Disponibilita' dei fondi RAS per Seruci 1	AB1
maggiore	Aria	I tempi previsti per la costruzione del modulo Aria sono troppo stretti e richiedono una accurata supervisione.	E3
maggiore	Urania	I costi per Urania sono attribuiti ai fondi RAS; la risposta al quesito D1 dovrebbe essere sufficiente	D2
maggiore	Urania	I costi di operazione di Urania non sono coperti (sotto la voce <i>Common Funds</i>)	D5
maggiore	DAQ	Possibili incrementi di costo nell'elettronica nel caso dell'uso di moduli da 25cm ² non sono verificati	I1
maggiore	Finanziamenti Esterni	Il disegno della <i>Water Tank</i> e' sotto la voce fondi RAS e sono necessarie assicurazioni sulla disponibilita' dei fondi; inoltre, il disegno attuale potrebbe essere incompatibile con l'accessibilita' a Borexino per <i>upgrades</i> o per il <i>decommissioning</i> e richiede un accordo con i LNGS o una modifica del progetto	P1
maggiore	Criogenia	Lo Zirconio e' sotto la voce fondi RAS	R1
maggiore	Veto	E' stato dimostrato come la scelta di PC + scintillatore liquido abbia una reiezione superiore rispetto alla soluzione LAB+Gd; comunque e' necessaria una autorizzazione da parte dei LNGS per l'uso di questo tipo di Scintillatore Liquido. Potenziali aumenti di costo o ritardi a motivo dell'implementazione di un veto con LAB + Gd dovrebbero essere investigati.	M1, M2
maggiore	Infrastrutture	E' necessario un accordo formale per l'uso dell'edificio di Borexino; potenziali aumenti di costo nel caso cio' non fosse possibile	AA9
maggiore	Management	Accordo con i LNGS per l'accesso e l'uso della Sala C	AF2

L. Latronico passa infine all'analisi della situazione finanziaria:

1. Provenienza fondi

- Suddivisione
 - ~20% attraverso la CSN2 (~6%) e l'NSF (~15%)
 - ~ 54% dei costi attraverso fondi regionali
 - Sotto la supervisione dell'INFN
 - 4% contributo *in-kind* dall'INFN
 - 15% attualmente non coperto (*Common Funds*)
 - sarà suddiviso sulla collaborazione?
 - ~5% da *partners* internazionali
 - richiede una serie di accordi preliminari scritti (MoUs)
- Una raccomandazione: i referee possono soltanto lasciare all'INFN-GE la decisione finale di sostenere l'esperimento, anche se i referee approvano la proposta dal punto di vista scientifico

2. Stato dei fondi

- Livello di finanziamento elevato
 - Costo totale: 65 M€
 - 54% allocato, 13% promesso, 33% mancante
 - La Collaborazione DarkSide si è mostrata capace di creare strategie in modo da ottenere fondi esterni per il progetto
- Criticità
 - Si raccomanda un accordo chiaro con INFN GE per l'uso di fondi regionali
 - *Common Funds* (10M€)

3. Rischio

- Assegnati livelli di rischio su ciascuna voce (elevato/medio/basso)
 - 120+ voci di spesa da WBS di Gennaio 2017
 - Livello di rischio combina sorgente finanziamento, accesso fondi, difficoltà tecniche
- Definiti due scenari
 - Intermedio: i livelli di rischio alto e medio non saranno coperti
 - Ottimistico: solo i livelli alti non saranno coperti

Lo stato dei fondi e le voci di spesa a livello di rischio intermedio od ottimistico sono riassunti da L. Latronico nella seguente tabella:

Stato	Dettagli dei Finanziamenti (M€)	Total (M€)
Mancante	8.1 (RA+RAS non ancora coperti) + 10 CF + 3 <i>in-kind</i> (impianti)	20.1
In attesa di allocazione	5 (CIPE-RA non ancora rilasciati) + 3.8 (partners internazionali diversi da NSF)	8.8
Allocato	10+4+2.7 (CIPE RA+RAS) + 5 GE + 10 NSF + 4 CSN2	35.6

Scenario	Evento	Rischio Finanziario (M€)
-----------------	---------------	---------------------------------

Intermedio	Voci di spesa a rischio Alto e Medio non coperte	17.2+10
Ottimistico	Voci di spesa a rischio Alto e Medio non coperte	12.8+10

L. Latronico conclude il suo intervento con alcune raccomandazioni finali:

4. La raccomandazione dei referees e' di approvare il progetto sotto le seguenti condizioni:
 - o INFN GE assicuri un pieno e tempestivo accesso ai fondi esterni, tipicamente RA e RAS, sino alla somma esatta richiesta dalla Collaborazione.
 - o Tutte le Agenzie che erogano finanziamenti, INFN, NSF e altre, sottoscrivano un accordo scritto (MoU) per il sostegno del progetto e confermino le risorse previste nel WBS.
 - o La Collaborazione e le Agenzie che erogano finanziamenti dovranno trovare un accordo per suddividere tra loro i costi pari a 10 M€ che ancora risultano non coperti.
5. Ulteriori raccomandazioni dei Referees e aspetti che devono essere tenuti sotto controllo
 - o Profilo temporale - la finestra di opportunita' del 2020 appare critica
 - o *Milestones* - alcune scelte tecnologiche richiedono decisioni coordinate e tempestive
 - SS vs Ti TPC, tecnologia SiPM
 - o Stretta collaborazione con INFN-HQ e CSN2 per accedere alle risorse
 - Il tracciamento dei fondi di CSN2 trarrebbe beneficio dall'utilizzo di un *database* comune.

Discussione su DarkSide e decisioni

Al termine della presentazione di L. Latronico, M. Pallavicini ringrazia i referee per il lavoro svolto e si congratula ancora con loro.

A. Garfagnini chiede come la collaborazione pensa di far fronte al finanziamento mancante. L. Latronico risponde che una parte sara' a carico dei Common Funds, ma solo una parte. Manca ancora la copertura finanziaria per l'estrazione dell'Argon in Colorado.

M. Punturo ritiene interessante l'analisi presentata da L. Latronico, in particolare la classificazione in termini di fattori di rischio, e chiede quale impatto avranno sull'esperimento. L. Latronico sottolinea che se i finanziamenti non sono sufficienti, sara' necessario diluire nel tempo la realizzazione dell'esperimento. M. Pallavicini conferma che attualmente e' cosi'.

I. De Mitri chiede quali sono le spese di funzionamento. P. Sapienza, referee di DarkSide, risponde che i veri costi di funzionamento non sono compresi, mancano ad esempio i costi di Urania. I. De Mitri chiede anche in quale misura e' possibile contare effettivamente sul finanziamento di circa 35 M€ indicato da L. Latronico come "allocato". M. Pallavicini osserva che parte di questo finanziamento e' solido, mentre parte andra' ancora confermato. L. Latronico aggiunge che sara' necessario tener conto non solo della allocazione dei fondi, ma anche della gestione.

M. Pallavicini aggiunge che i costi di Calcolo non sono stati ancora analizzati e G. Fiorillo osserva che sono in kind INFN: il finanziamento mancante e' quello per Urania.

M. Selvi chiede perche' Seruci II non venga piu' ritenuto necessario. M. Pallavicini risponde che per le 20 tonnellate e' sufficiente Seruci I. G. Gemme osserva che il 2020 e' molto vicino.

I. De Mitri interviene ancora nella discussione e chiede quali problemi potrenno emergere nell'installazione a LNGS. L. Latronico chiarisce che la collaborazione intende utilizzare le strutture di Borexino e M. Pallavicini precisa il modus operandi andra' chiarito e verra' discusso in una riunione tra i diretti interessati, convocata per questa settimana.

M. Pallavicini sintetizza i risultati della discussione e dell'analisi finanziaria da parte dei Referee in due punti:

1. Allo stato attuale il progetto non e' coperto, per cui non e' approvabile *tout-court*
2. Pero' sarebbe opportuno dare un segnale positivo e dare una approvazione che ci tuteli.

Attualmente, continua M. Pallavicini, mancano circa 60 M€, 20 M€ sull'estrazione dell'Argon e 8 M€ in Abruzzo. Inoltre appaiono poco solidi i contributi inkind di alcuni Paesi e manca un Memorandum of Understanding ed una analisi delle coperture. Nel complesso si tratta di una piccola frazione del finanziamento complessivo, quindi insufficiente a giustificare una non approvazione del progetto, ma una richiesta troppo elevata se dovesse essere completamente a carico INFN.

Inoltre altri aspetti, sottolinea ancora M. Pallavicini, sono rilevanti: tutti i finanziamenti dovranno essere rendicontabili e sara' necessario valutare accuratamente i costi della NOA e delle relative facilities, che non dovranno essere a carico della Commissione.

M. Pallavicini sintetizza il risultato della discussione osservando che questo progetto ci interessa e che sono anche disponibili piu' di 20 M€ di soldi regionali e propone, attenendosi al profilo scientifico dell'esperimento, i seguenti punti:

1. La Commissione approva scientificamente il progetto
2. La Commissione puo' rendere disponibile subito un budget massimo (es. 5 M€)
3. Poi il resto del budget e' *sub-judice* ed i 65 M€ di finanziamento INFN non sono disponibili sino a che le tutte le condizioni non sono soddisfatte
 - o garanzia di avere l'Argon e di averlo per primi (50 kton)
 - o disponibilita' dei Fondi della regione Abruzzo.

Questo permetterebbe alla Collaborazione di presentarsi all'NSF con un esperimento Scientificamente approvato dall'INFN: se l'NSF aggiungera' ai finanziamenti 12/13 M€, aiuterà certamente a risolvere il problema. Possiamo dare così un segnale positivo, senza metterci ne' nella condizione di non approvare il progetto, ne' in quella di dover coprire come Commissione o come INFN i costi mancanti.

Anche A. Masiero interviene nella discussione e ringrazia i Referee per il lavoro svolto e osserva come spesso nel report dei referee si parli di INFN-GE. In effetti la Giunta Esecutiva dell'Ente ha lavorato molto per questo progetto, e lavora tuttora, ma si tratta comunque di una Collaborazione Internazionale: i finanziamenti della Regione Sardegna non hanno ad esempio molto a che fare con le coperture mancanti per l'estrazione in Colorado. E' necessario, continua A. Masiero, che ci sia una condivisione: spingere perche' questo progetto si faccia, ma utilizzando al meglio fondi esterni, che la Giunta Esecutiva INFN non puo' garantire.

M. Pallavicini sottolinea ancora come appaia molto chiaro che la costruzione dell'esperimento non partira' sino a che tutti i punti non saranno chiariti.

G. Fiorillo interviene nella discussione confermando che già la Collaborazione DarkSide ha avanzato all'NSF la richiesta di fornire fondi aggiuntivi.

M. Punturo chiede in che tempi dovranno essere erogati i 5 M€. Per M. Pallavicini si tratta di un tempo scala di circa 4-5 anni. Si tratta di tutelare la Commissione e di non spendere cifre importanti se il progetto non va avanti, ma appare importante concedere un finanziamento in funzione delle fasi di R&D. Il Progetto, continua M. Pallavicini, non ha grosse difficoltà tecniche: l'unica vera difficoltà consiste nei tempi di erogazione dei finanziamenti.

L. Latronico ribadisce che sulla qualità del progetto non è possibile una revisione degli obiettivi. M. Pallavicini concorda con questo: o si fa un progetto competitivo, un grosso salto di qualità sino a 20 tonni, o lo sforzo non ha senso.

P. Sapienza conferma che si tratta di un lavoro impegnativo e che c'è un grosso sforzo da parte della Collaborazione. Le difficoltà sono legate anche alla presenza di un gran numero di attori. Anche per quanto riguarda l'inkind INFN di 3 M€ in termini di impianti di purificazioni, gli attori sono molti: la Collaborazione DarkSide, la Collaborazione Borexino, i LNGS per quanto riguarda l'uso di tmb o di altro scintillatore. Se gli impianti andranno rifatti o se si sceglierà un altro tipo di scintillatore, sarà necessario un finanziamento ulteriore.

I. De Mitri chiede se c'è un piano, una strategia per la copertura dei 20 € che mancano al finanziamento. M. Pallavicini informa la Commissione di contatti con la regione Abruzzo, che potrebbe coprire parte di questa cifra, 15 M€, mentre più preoccupante appare la situazione del finanziamento dei 10 M€ che devono provenire dagli Stati Uniti e per i quali non ci sono tempi certi.

I. De Mitri chiede se sarebbe possibile ottenere l'Argon da un'altra fonte, ma M. Pallavicini conferma che questo non appare possibile, poiché dovremmo costruire un altro impianto. G. Gemme osserva che quello che complica l'attività è il rispetto del profilo temporale e M. Pallavicini aggiunge che comunque anche gli altri esperimenti hanno ritardi. M. Punturo chiede quali sono gli accordi e M. Pallavicini sottolinea che si prevede che l'NSF approvi. G. Fiorillo comunica alla Commissione che sono in corso contatti con i gruppi canadesi di DEAP per una iniziativa comune: unirsi a DarkSide 20k con gruppi nuovi, con esperti che possono portare un contributo importante.

M. Selvi chiede perché non è stata prevista una colonna di distillazione nel sito di estrazione e M. Pallavicini osserva che si tratta di un problema di opportunità. P. Sapienza aggiunge che in fase di analisi del progetto i referees si sono posti questa domanda, ma che costruire una colonna di purificazione costerebbe circa 700-800 k€, mentre il sito di Seruci può usufruire dei finanziamenti della Regione Sardegna. Inoltre si tratta di una operazione già avviata.

G. Fiorillo aggiunge che già una parte della purificazione viene fatta in sito.

Allo ore 20:00 la Commissione conclude i suoi lavori, rimandando la discussione degli altri temi all'Ordine del Giorno (Revisione Referaggi) alla sessione Chiusa di Mercoledì 12 Aprile 2017.

11 aprile 2017

h. 9:00-11:00. VISITA AL SITO DI VIRGO-ADV

h. 11:00-17:30. SESSIONE APERTA

Dopo la visita al sito di Virgo, la Commissione continua i suoi lavori in sessione aperta. L'incontro di CSN2 inizia con il saluto Direttore del Laboratorio, Federico Ferrini. M. Pallavicini ringrazia il Direttore per l'accoglienza e ribadisce l'interesse che in tutti ha suscitato la visita ai Laboratori.

Seguono una serie di presentazioni relative alle attività connesse al progetto Advanced-Virgo e successivamente il report degli esperimenti da parte dei responsabili nazionali o le review su tematiche specifiche da parte dei membri della CSN2:

Advanced Virgo: cosa abbiamo imparato?

G. Losurdo presenta il report dell'esperimento Virgo, soffermandosi in particolare sulla fase AdvancedVirgo:

- Advanced Virgo(AdV) e' un upgrade del rivelatore interferometrico Virgo
- Vi partecipano Francia e Italia (primi fondatori di Virgo), Olanda, Polonia, Ungheria, Spagna
- Fondi approvati nel Dicembre 2009 (21.8 M€ + contributo *inkind* da Nikhef)
- Obiettivo - entrare a far parte di un network internazionale di rivelatori di seconda generazione
- Obiettivo a breve termine - unirsi al Run O2 nel 2017
- Cambiamenti principali
 - fasci piu' grandi
 - specchi piu' pesanti
 - ottica di piu' elevata qualita'
 - controllo termico delle aberrazioni
 - controllo della *stray-light*
 - miglioramento del vuoto
 - laser da 200 W e riciclod el segnale (nel 2018-19)
- Obiettivi di sensitivita'
 - Fase 1 - configurazione piu' simile a Virgo+
 - Fase 2 - configurazione per la migliore sensitivita'

G. Losurdo illustra poi alla Commissione cio' che e' stato fatto:

- Tecnologia estrema per gli specchi
 - Basse perdite, Basso assorbimento e Basso *scattering*
 - Caratteristiche
 - 42 kg, 35 cm Ø, 20 cm spessore
 - Tolleranza < 0.5 nm rms
 - Micro-rugosita': 0.1 nm rms
 - Assorbimento Ottico < 0.5 ppm
- Sospensione dei sistemi ottici
- Riduzione della luce scatterata
- Riduzione delle aberrazioni - sistema termico di compensazione

- Miglioramento del livello del vuoto

Il progetto, chiarisce G. Losurdo, e' stato realizzato nei tempi previsti ed utilizzando il budget assegnato: la qualita' dei risultati raggiunti in termini di sensitivita' verra' valutata nei prossimi mesi e anni.

G. Losurdo passa poi ad esaminare gli aspetti finanziari, che sono riassunti nella seguente tabella:

Budget ufficiale del progetto	23800 k€
Contributo inkind da Nikhef	2000 k€
Partecipazione CNRS/INFN	21800 k€
Utilizzato per fellowships e contratti	900 k€
Budget dei sottosistemi gia' approvato	20650 k€
Impegno Totale	19780 k€
Residuo da finanziare (fase 2)	870 k€
Imprevisti (<i>contingency</i>)	251 k€

Nel fondo Imprevisti sono compresi 200 k€ di contributo dal CNRS, che ancora non sono stati trasferiti. G. Losurdo presenta anche in dettaglio l'elenco di fellowships, con l'indicazione della sede, della tipologia e della durata del contratto, del costo, che sono stati finanziati con i 900 k€ riportati nella tabella precedente.

G. Losurdo passa poi a descrivere le difficolta' principali che sono state incontrate durante la costruzione:

- Rottura delle lame dei superattenuatori
 - Sistema per l'isolamento dalle vibrazioni verticali, costituito da un speciale acciaio (*maraging*) progettato per evitare crepe ed in uso da ~15 anni
 - 13 lame rotte su ~ 350
 - La causa e' stata identificata in un infragilimento da idrogeno, dovuto all'eccesso di concentrazione di H nel *bulk*
 - Per mitigare il rischio di altre rotture, tutte le lame che mostravano possibili difetti nello stato protettivo di Ni sono state sostituite (circa 40% del totale)
- Rottura delle sospensioni monolitiche
 - In AdvancedVirgo le masse di test sono sospese con fili in silica, per ridurre il rumore temico
 - La stessa tecnica era gia' stata utilizzata con successo in Virgo dal 2011
 - In AdvancedVirgo numerose rotture, quando gli specchi erano nel vuoto
 - Ricerca delle cause in tutte le possibili direzioni (materiali, disegno, protocolli operativi, ...).
 - Nel frattempo, le masse di test sono state sospese con fili in acciaio, in modo da non rinviare il *commissioning*, al prezzo di una minore sensitivita' alle basse frequenze.

G. Losurdo mostra poi i diagrammi della sensitività, confrontando il valore di progetto con quello raggiunto da AdvancedVirgo, e mostra come i valori di sensitività che possono essere raggiunti utilizzando le sospensioni con fili di acciaio sono ancora compatibili con gli obiettivi della prima fase.

Nella primavera del 2016, continua G. Losurdo, è stata identificata la causa delle rotture, dovute ad una contaminazione generata nelle pompe a scorrimento. Le rotture sono state riprodotte in una facility di test e successivamente è stato approntato un piano di minimizzazione del rischio, che diverrà operativo dopo la fase O2. I miglioramenti delle pompe di vuoto e di ventilazione sono stati sviluppati in collaborazione con i laboratori del CERN e di Desy e con l'aiuto di esperti dell'INFN.

G. Losurdo identifica "tre messaggi" che si possono trarre dall'esperienza svolta con AdvancedVirgo.

La prima conclusione riguarda il fatto che AdvancedVirgo è attualmente operativo: il merito di questo va a tutti i componenti della Collaborazione, ed in particolare a F. Ricci, che completa oggi i tre anni di servizio come spokesman. G. Losurdo si sofferma brevemente sul confronto tra i profili di sviluppo temporale di Virgo e LIGO dall'inizio ad oggi, sulle descrizioni delle curve di sensibilità di Virgo, LOGO e Geo e sull'approvazione del finanziamento di AdV, nel mese di Dicembre 2009. Infine G. Losurdo mostra un confronto tra le caratteristiche ed i profili di sviluppo temporale e di attività (presa dati) di Advanced Virgo e di Advanced Ligo.

Il secondo "messaggio" riguarda il gap storico tra Ligo e Virgo, che è stato parzialmente assottigliato. Il progetto "A+" consiste in un upgrade di aLigo, con un costo stimato di circa 29 M\$ e che permetterebbe un incremento di circa 5 volte nella *rate* degli eventi.

La terza conclusione è strettamente legata alla precedente: il gap tra Ligo e Virgo può nuovamente aumentare, a meno che non ci si impegni ancora per progredire con AdvancedVirgo.

G. Losurdo indica alcuni possibili sviluppi per il futuro di AdvancedVirgo:

- Obiettivo per il prossimo decennio: massimizzare l'impatto scientifico di AdV
 - Massimizzare la fase di acquisizione dati
 - Minimizzare i tempi morti
- FASE 1 (2017-18):
 - Primo run, *upgrades* a priorità
- FASE 2 (2018-2022):
 - verso la sensitività nominale di AdV
- FASE 3 (>2022):
 - Ulteriori azioni per incrementare la sensitività di AdV sensitivity, sulla base dei limiti delle attuali infrastrutture, anche in vista di una nuova infrastruttura di terza generazione

Per questo sono necessarie attività di R&D. G. Losurdo si sofferma brevemente sull'importanza di una pianificazione accurata, che distingua gli obiettivi principali e quelli successivi, sull'incremento nelle prestazioni del rivelatore attraverso le tecniche di *squeezing* e sulle attività di ricerca relative al rumore Newtoniano.

G. Losurdo conclude il suo intervento con alcune osservazioni finali:

- L'NSF sta investendo per mantenere la leadership mondiale nella ricerca nel campo delle Onde Gravitazionali. Virgo è in "coo-petition" con LIGO, avendo a disposizione molte meno risorse e con una serie di svantaggi in termini di

- investimenti in R&D
- disponibilita' di *budget* e flessibilita' nell'uso del *budget* (possibilita' di stipulare contratti: LIGO investe ~23 M\$ per contratti aggiuntivi di manodopera)
- dimensione della collaborazione
- Nonostante questo, Virgo ha un rivelatore operativo ed e' previsto che partecipi alla fase O2
- Comunque e' cruciale crescere: la dimensione attuale ed il potenziale finanziario non sono attualmente sufficienti per competere allo stesso livello di LIGO
- La collaborazione con la Germania per lo *squeezer* e' una importante opportunita' tecnica e strategica, che puo' aprire nuove prospettive per migliorare Virgo.

Advanced Virgo: stato del commissioning

A. Rocchi presenta lo stato del *commissioning* di Advanced Virgo, di cui e' coordinatore:

- *Commissioning*: si tratta di far funzionare un interferometro di Michelson-Morley con Fabry-Perot a riciclo di potenza in un rivelatore di onde gravitazionali
- Due fasi principali:
 1. Mettere in funzione l'interferometro
 2. Aumentare la sensitivita'
- La prima fase richiede una forte interazione ed un lavoro armonizzato in diversi campi:
 - Ottica
 - Meccanica
 - Elettronica
 - Sistemi di controllo
- Per raggiungere la sensitivita' di progetto e' necessario:
 - Conoscere la macchina in dettaglio
 - Utilizzare strumenti di analisi dei dati
 - Impiegare Tempo...
- Tutto questo rende il *commissioning* di Advanced Virgo un'attivita' interessante ed avvincente.

Il rivelatore e' costituito da una serie di cavita' ottiche risonanti, che devono essere mantenute in risonanza nello stesso tempo: risonanza significa interferenza costruttiva dei fasci laser nella cavita'. L'interferometro viene mantenuto sulla frangia scura. A. Rocchi precisa alcuni dettagli relativi all'interferometro:

- Cavita' di ricircolo "marginalmente stabili"
 - La cavita' di ricircolo e' stata disegnata in modo da essere marginalmente stabile;
 - I fasci che circolano nella cavita' sono piu' sensibili alle aberrazioni ottiche;
 - Le aberrazioni provengono dal processo di fabbricazione e da fenomeni termici;
 - Soluzioni implementate (gia' previste nel TDR):
 - Uso di bande laterali ad elevata frequenza;
 - Tempo necessario per mettere a punto la tecnica;
 - Controllo delle aberrazioni ottiche.

- Sviluppo temporale dell'attività di installazione e commissioning
 - Installazione conclusa nel mese di Agosto 2016
 - Ottobre 2016, intervento sul braccio Nord, in seguito al terremoto
 - Sostituzione dei fili di sostegno in acciaio nella zona NI
 - Pulizia dello specchio NI dai detriti di fibre
 - Riparazione del magnete nella zona NE
 - Rottura delle sospensioni monolitiche e sostituzione con fili in acciaio
 - Novembre 2016, l'interferometro completo e' pronto per il *commissioning*
 - Dicembre 2016
 - Lieve disallineamento (5 mrad) della cavità con i PRM
 - Intervento sugli attuatori BS (25 Dicembre)
 - Primo *lock* dell'intero interferometro a mezza frangia (30 Dicembre)
 - Febbraio 2017, *lock* dell'intero interferometro sulla frangia scura per 15 minuti
 - Marzo 2017, raggiunto l'obiettivo di progetto: 1 ora di *lock* stabile
- *lock* sulla frangia scura
 - Durante il primo fine settimana di Aprile 2017, l'interferometro e' stato lasciato in modalità *auto-relock*
 - Intervallo di tempo di *lock* più lungo > 2 hrs
 - *Duty cycle* pari a circa l'80%.

A. Rocchi illustra poi alla Commissione alcuni aspetti più tecnici relativi alle strutture di rivelazione (*detection benches*) e alla caratterizzazione ottica dei diversi elementi che compongono l'interferometro. L'attività di simulazione, utilizzando tutti i codici di simulazione ottica disponibili (DarkF, Oscar e Fog/Sis), ha permesso inoltre di facilitare le operazioni di *commissioning*. Per ridurre il rumore termico e' stato introdotto un sistema di compensazione termica:

- Sistema essenziale per migliorare la stabilità delle cavità e correggere le aberrazioni;
- Caratterizzazione degli attuatori principali
- Piena operatività dei sensori di fronte d'onda delle cavità, utilizzati per caratterizzare gli attuatori e misurare l'assorbimento del rivestimento
- Telecamere di fase, installate per monitorare il fascio nelle cavità.

Le attività necessarie per raggiungere gli obiettivi di progetto hanno richiesto un miglioramento del controllo longitudinale ed angolare, intervenendo sui protocolli di *locking* e di allineamento. Per raggiungere la sensibilità di progetto e' richiesta inoltre una riduzione del rumore, che e' possibile solo con una lunga attività di studio, per identificare tutte le sorgenti di rumore. Sensori ambientali sono stati installati in tutti gli edifici e sono stati utilizzati numerosi strumenti software di analisi (Omicron, BruCo, NoeMi).

A. Rocchi mostra poi alcuni risultati preliminari relativi alla sensibilità. La storia del *commissioning* di Advanced Virgo mostra come ci sia stato un notevole incremento della sensibilità e come ora il *commissioning* e la sensibilità continuino a migliorare rapidamente: e' stato necessario un anno per portare Virgo agli attuali livelli di sensibilità e di stabilità.

A. Rocchi si sofferma brevemente sull'organizzazione del *commissioning*, con 9 gruppi di lavoro, ciascuno dei quali e' coordinato da un responsabile nominato su base annuale, in contatto continuo

con i gruppi responsabili dell'installazione. Inoltre e' prevista una presenza continua di persone di Virgo sul sito dell'esperimento, e questo incide sulle spese per Missioni. I responsabili attuali di ciascuno dei nove gruppi di lavoro sono elencati nella seguente tabella:

Generale	A. Rocchi
Calibrazione	L. Rolland
Sistema di Rivelazione	R. Gouaty
Studio dell'ambiente/riduzione del Rumore	I. Fiori
Sistema di Iniezione	E. Genin
Lettura e controllo dell'Interferometro	M. Mantovani
Caratterizzazione Ottica	J. Degallaix
Software/DAQ	L. Rolland
Sospensioni	E. Majorana
Controllo degli effetti di aberrazione	V. Fafone

Le attivita' di *commissioning* sono state organizzate anche su base settimanale, con turni di shift:

- Focalizzazione sulla lettura ed il controllo dell'interferometro (*Locking* e Allineamento)
- Nuova organizzazione dei turni di shift per una migliore comprensione dello stato dell'interferometro
- Introduzione di due shifts legati ad attività di *non-locking*

A. Rocchi presenta poi lo sviluppo temporale futuro previsto per le diverse attivita':

- Verso la fase O2
 - Percorso per una presa dati congiunta con LIGO
 - Congelare la configurazione dell'Interferometro
 - Migliorare la stabilita' delle cavita'
 - Sospendere tutti i banchi di misura
 - Passare agli attuatori a basso rumore
 - Abbattere il Rumore
 - Prendere in considerazione l'incremento della potenza a 25 W (ora 12.5 W)
 - Richiede piu' attivita' di *commissioning* e di abbattimento del rumore
- Dopo O2 e prima di O3
 - Un'opportunita' per incrementare la stabilita' e la sensitivita'
 - Minimizzare il tempo morto dell'interferometro dovuto alle attivita' di installazione
 - Priorita' del guadagno di sensitivita' e relativo impatto sul *commissioning*
 - Discussione di eventuali miglioramenti Upgrades being discussed:
 - Sospensioni Monolitiche
 - GEO *squeezer*
 - Specchi a riciclo del segnale (richiedono laser ausiliari per il *locking*)
 - Laser di elevata potenza

- Priorita'

A. Rocchi conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- Advanced Virgo ora in funzione (*lock* stabile sulla frangia scura)
 - 80% di *duty cycle* in modalita' *auto-relock*
- La sensitivita' e' ancora lontana dal valore di progetto
 - Non e' sorprendente a questo livello
- La riduzione del rumore e' *in progress*
- *Work in progress* per partecipare alla fase O2
- Il tempo tre le fasi O2 e O3 saranno necessarie per esplorare possibili miglioramenti.

Al termine dell'intervento di A. Rocchi si apre una breve discussione sullo stato di Virgo. M. Pallavicini informa la Commissione che nei prossimi mesi ci saranno alcuni avvicendamenti, poiche' cambiera' il direttore di EGO, lo *spokeperson* di Virgo e il presidente del *council*.

R. Paoletti chiede come viene calcolato il *duty cycle*, che nella presentazione e' stato valutato dell'ordine dell'80%. A. Rocchi risponde che questa stima e' indicativa e che per raggiungere valori piu' alti, sono necessari periodi di *lock*.

M. Pallavicini chiede quale e' la frequenza di terremoti che possono rompere il *lock*. A. Rocchi risponde che sono circa 1 al mese. F. Ricci precisa che sono gia' state fatte 140 ore di *lock*. G. Gemme precisa che il record di Ligo in O2 e' di 56 ore. F. Ricci sottolinea come sia importante un elevato *duty-cycle* per poter effettuare misure in coincidenza con i tre apparati.

G. Gemme introduce il prossimo intervento, che e' una novita, poiche' segna il passaggio della collaborazione dell'epoca in cui si e' stati guidati dall'attenzione al detector alla fase in cui si analizzano ed interpretano i dati. Pur continuando ad occuparsi del Rivelatore per aumentare la stabilita' e per migliorarlo, la Collaborazione e' consapevole che il panorama scientifico e' cambiato e che i dati devono essere interpretati. S. Bernuzzi ed A. Nagan, due giovani fisici teorici, portano nella collaborazione, che e' sempre stata orientata al rivelatore, competenze nuove ed integrano professionalita' sempre piu' importanti. S. Bernuzzi, vincitore di un ERC e che lavora all'Universita' di Parma e A. Nagan dell'Universita' di Torino entreranno a far parte della Collaborazione Virgo.

Onde Gravitazionali e Fisica Fondamentale: coalescenze di stelle di neutroni

S. Bernuzzi presenta alcuni aspetti di Fisica Fondamentale legati alle Onde Gravitazionali prodotte nella coalescenza di stelle di neutroni ed inizia il suo intervento mostrando lo spettro atteso delle onde gravitazionali, cosi' come predetto da simulazioni numeriche di relativita' generale o da un calcolo analitico. L'osservazione degli effetti di marea, annota S. Bernuzzi, puo' fornire informazioni sulla stella di neutroni che ha generato l'onda gravitazionale, e cita al riguardo un studio di Dal Pozzo et al. (arXiv:1307.8338).

S. Bernuzzi si sofferma poi brevemente sul problema dell'identificazione delle emissioni di sorgenti astrofisiche di elevatissima energia e sui processi di nucleosintesi ed osserva che, in relazione alla formazione di nuclei pesanti ($> \text{Fe}$):

- esistono processi di cattura di neutroni lenti (s) e rapidi (r)

- la condizione affinché avvengano processi rapidi e che ci sia materia ricca in neutroni e/o con elevata entropia
- queste condizioni sono verificate nel caso delle emissioni da coalescenza di stelle di neutroni binarie.

Lo studio delle osservazioni di onde gravitazionali richiede una modellizzazione dettagliata del segnale, utilizzando *template* delle forme d'onda ed una adeguata strategia di analisi dei dati. In particolare, osserva S. Bernuzzi, le simulazioni dovranno tenere presenti i seguenti elementi:

- energia delle Onde Gravitazionali, momento angolare, frequenza
- Ampiezza e fase (modello "broad-band")
- Lo spazio dei parametri del sistema binario (masse, spin, effetti rotazionali)
- eventuali altri dettagli (fluidodinamica, campi EM, microfisica, neutrini, ...)

S. Bernuzzi affronta poi il tema delle simulazioni numeriche in Relatività Generale, e mostra i risultati di una simulazione della coalescenza di due pulsar con spin, soffermandosi sulle tecniche analitiche e perturbative di simulazione, combinando simulazioni di alta precisione con calcoli perturbativi (Buonanno e Damour arXiv:gr-qc/9811091, Damour, Iyer, Nagar arXiv:0811.2069, Damour e Nagar arXiv:0911.5041).

Il lavoro di simulazione, continua S. Bernuzzi, ha permesso di modellizzare la dinamica della coalescenza delle stelle binarie di neutroni e di ottenere il primo modello delle forme d'onda dalla fase in cui il sistema spiraleggia sino alla coalescenza e alla fase successiva (*postmerger*). S. Bernuzzi cita al riguardo alcune pubblicazioni recenti, disponibili su *Archive* (Bernuzzi, Nagar, Balmelli, Dietrich, Ujevic arxiv:1402.6244; Bernuzzi, Nagar, Dietrich, Damour arXiv:1412.4553; Dietrich, Ujevic, Bernuzzi, Tichy, Bruegmann arXiv:1607.06636; Dietrich, Bernuzzi, Ujevic, Tichy arXiv:1611.07367). La simulazione dei sistemi dopo la coalescenza (*merger remnant*) richiede lo studio dell'Equazione di Stato a densità estreme e deve considerare alcuni aspetti peculiari (Radice, Bernuzzi, Del Pozzo, Ott, Roberts arXiv:1612.06429):

- La densità $\rho \sim 3-5 \rho_{\text{nuc}}$
- Il ruolo delle particelle esotiche o di fenomeni di transizione di fase
- Modelli specifici, ad esempio per gli iperoni Λ (Banik et al., arxiv:1404.6173]
- L'equazione di stato che descrive la microfisica deve essere compatibile con i vincoli dettati dall'astrofisica e dalla fisica nucleare
- In generale effetti "*softness*".

S. Bernuzzi osserva come lo studio delle Onde Gravitazionali può rivelare stati della materia a densità estreme: le emissioni degli stati dopo la coalescenza (*merger remnant*) possono contenere informazioni uniche. Per affrontare questo tema sono necessarie simulazioni dettagliate, che appaiono però particolarmente complesse, poiché in queste condizioni i metodi perturbativi non possono essere utilizzati (Radice, Bernuzzi, Del Pozzo, Ott, Roberts arXiv:1612.06429). Anche i dati sperimentali sono difficili da estrarre e qui sarà rilevante il ruolo del nuovo rivelatore Einstein Telescope.

S. Bernuzzi conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive sul rapporto tra Onde Gravitazionali e coalescenza di stelle di neutroni:

- Forniscono i vincoli più forti per lo studio dei sistemi a densità estrema

- Permettono di identificare l'origine delle emissioni astrofisiche di maggior energia
- Crea condizioni uniche per la nucleosintesi di elementi pesanti
- Cosmografia senza scala cosmologica
- Tests della relativita' generale

Al termine della presentazione di S. Bernuzzi, M. Pallavicini sottolinea come sia importante stimolare le attivita' su questi temi nel gruppo teorico. F. Ricci interviene nella discussione e sottolinea come sia necessario aumentare l'interazione con i teorici in Commissione IV, che comunque e' qualcosa che e' gia' in corso, ed anche con i fisici nucleari. G. Gemme conferma che esistono gia' iniziative specifiche in Gruppo IV: esperti dell'analisi ed esperti del detector lavorano gia' insieme.

S. Bernuzzi sottolinea come sia fondamentale mettere a disposizione questi risultati delle simulazioni e comunque come questo lavoro non sia stato semplice.

I. De Mitri chiede quali sono le analogie, in quanto ad emissione di particelle, tra il caso di *merge* di stelle di neutroni e di esplosioni di supernova. E per i neutrino in particolare?

S. Bernuzzi risponde che questo dipende dal tipo emissione, tipicamente per le emissioni gamma si hanno *gamma ray burst* associati, e nel complesso le previsioni non sono ancora completamente chiare, poiche' la situazione e' diversificata e la morfologia del segnale e' complicata. I neutrini iniziano ad essere prodotti durante la fase di collisione, quando il sistema si scalda un po', e qui e' importante simulare bene la gravita'. Tipicamente queste emissioni sono su una scala di tempi piu' lunga.

P. Sapienza riprende la domanda di I. De Mitri e sottolinea come i *gamma ray burst* siano stati i candidati piu' studiati per l'emissione di neutrini ed i dati di Ice Cube escludono molti modelli. Non sappiamo quando questi neutrini vengono emessi ma abbiamo delle finestre molto precise dove andare a guardare.

M. Punturo chiede quali tipologie di computer vengono utilizzati: le simulazioni mostrate sono state effettuate su supercomputer, quindi architetture HPC, mentre l'INFN ha sempre puntato su HTC, in particolare al CNAF. Inoltre le simulazioni sono state effettuate anche al Cineca, con macchine HPC. Alcuni gruppi premono affinché l'INFN possa utilizzare al CNAF anche macchine HPC. Considerando le dimensioni delle simulazioni, l'INFN puo' contribuire in maniera significativa a questo o e' tardi?

S. Bernuzzi chiarisce come sia importante avere una connessione veloce tra i nodi. Ad esempio si pensa di utilizzare una macchina con 1000 core, dedicata a queste simulazioni, e con connessione veloce tra i nodi. Si tratta di una macchina HPC, ma sostanzialmente una macchina tradizionale con una connessione veloce tra i nodi, una architettura di comunicazione tra i core. M. Punturo precisa che 1000 core e' la dimensione della macchina utilizzata da Euclid e M. Pallavicini chiede quanto ci si impiega per avere il risultato della simulazione con una macchina da 1000 core.

S. Bernuzzi chiarisce che, per ottenere una stima dell'errore nella previsione, non e' sufficiente effettuare una simulazione, ma ne sono necessarie 5 o 6. Per simulare gli ultimi millisecondi del fenomeno di *merging* tra stelle di neutroni su una macchina da 1 M di core, effettuando 5 o 6 simulazioni, e' necessaria circa 1 ora. M. Pallavicini commenta che si tratta di una scala fattibile, che richiede circa 1000 ore su una macchina da 1000 core. Si tratta di richieste di calcolo importanti ma non insostenibili.

S. Bernuzzi ritiene comunque che si tratti di un impegno che l'INFN puo' affrontare, e dove puo' dare un contributo significativo, acquisendo il necessario *know-how*.

F. Ricci interviene nella discussione e ricorda come ci siano stati recentemente due Workshop, uno a Valencia ed uno a Pasadena, dedicati alle simulazioni delle esplosioni di supernova. In quell'occasione e' stato mostrato come le simulazioni siano estremamente complesse, poiche' coinvolgono diversi aspetti della fisica, ed una simulazione completa 3D di mezzo secondo del fenomeno puo' richiedere anche 9 mesi di simulazione.

S. Bernuzzi commenta che la simulazione si puo' fare in diversi gradi e che i tempi di simulazione dipendono anche dai dettagli della simulazione, da quanto dettagliato deve essere il risultato.

N. Mazziotta chiede a S. Bernuzzi se l'utilizzo di GPU potrebbe aiutare a rendere piu' veloci le simulazioni. S. Bernuzzi risponde che sino ad ora nessun codice e' stato scritto per le CPU ed il *porting* non e' stato ancora fatto. M. Pallavicini chiede quanto complesso e' il codice, in base al numero di righe di codice. S. Bernuzzi precisa che la parte piu' complessa e' quella relativa alle equazioni di Einstein, che ha circa 1000 righe di codice. M. Pallavicini osserva che il *porting* di un codice di queste dimensioni dovrebbe essere comunque fattibile.

S. Bernuzzi chiarisce che il gruppo intende effettuare il *porting* non su GPU ma su nuove architetture a molti core, con *shared-memory*.

M. Pallavicini commenta in conclusione che questa nuova parte delle simulazioni avra' richieste di calcolo importanti, ma non impossibile rispetto a quello che si fa e si fara' per LHC. Possibilita' per l'ente di dare contributo significativo.

Esperimenti di Gravitazione

M. Punturo presenta la review su esperimenti di Gravitazione ed inizia il suo intervento con l'indicazione di alcune questioni fondamentali ancora aperte in Fisica:

- Dove si trova l'Antimateria?
- Che cosa e' la Materia oscura? Ne abbiamo davvero necessita'?
- L'Universo e' in espansione e, di conseguenza, che cosa e' l'Energia Oscura?

Gli ultimi due punti, annota M. Punturo, riguardano aspetti di Gravitazione e di Relativita' Generale. M. Punturo elenca allora le attivita' sperimentali, per lo studio della Gravitazione della Relativita' Generale, di competenza della Commissione II:

- G-GranSasso-RD
 - Sviluppo tecnologico per misurare l'effetto Lense-Thirring (gravitomagnetismo) per mezzo di giroscopi laser
- LARASE
 - Verifica della Relativita' Generale in moto lento in campo debole (weak field slow motion, WFSM) per mezzo di misure di variabilita' effettuate su satellite con l'ausilio di tecnologia laser (laser ranging technology on satellite, SLR)
- LISA(-PF)
 - Osservazione delle Onde Gravitazionali nello spazio
- MAGIA-ADV

- Sviluppo tecnologico per rivelatori di Onde Gravitazionali basati su interferometria atomica
- Moonlight–2GR
 - Verifica della Relativita' Generale in moto lento in campo debole (WFSM) tests in weak field slow motion (WFSM) per mezzo di misure di variabilita' effettuate con l'ausilio di tecnologia laser sulla luna (laser ranging technology on moon, MLR) e su altri retroriflettori "planetari".
- Virgo
 - Osservazione di Onde Gravitazionali con interferometri ottici terrestri

Gli Esperimenti sono molti, osserva M. Punturo, poiche' la Relativita' generale deve essere verificata in un ampio intervallo di valori dell'intensita' di campo e della curvatura, che a loro volta dipendono dalla massa M e dalle dimensioni caratteristiche L del sistema. Anche gli aspetti dinamici devono essere presi in considerazione, introducendo un tempo caratteristico T per i processi che caratterizzano il sistema. Su questi aspetti M. Punturo cita una pubblicazione recente, Yunes et al., Phys. Rev. D94 (2016) 084002.

La Relativita' Generale, ricorda M. Punturo, e' intrinsecamente non lineare, ma e' possibile introdurre una approssimazione linearizzata post-Newtoniana, sotto forma di sviluppo in serie di potenze di $(v/c)^2$ e propone un paragone con un campo lineare, il campo Elettromagnetico. Nella teoria sono presenti sull'orbita di una massa, che sono legati allo spin della massa stessa. La Teoria della Relativita' Generale puo' essere sottoposta a verifica studiando gli effetti di precessione, poiche' ci sono tre effetti di precessione predetti dalla Relativita' generale su un satellite orbitante attorno alla terra (D.M. Lucchesi et al., Class. Quantum Gravity 32 (2015) 155012):

- Accelerazione di Einstein o Schwarzschild, "which arises from the gravitoelectric curvature of spacetime induced by Earth's mass–energy M_{\oplus} "
- per effetto Lense–Thirring, che ha origine "from the gravitomagnetic curvature of spacetime induced by Earth's mass–energy currents J_{\oplus} "
- Acceleration di de Sitter, "which arises from the Earth–satellite motion in the spacetime curved by the Sun mass–energy M_{\odot} where Ω_{ds} represents the de Sitter precession"

M. Punturo si sofferma poi brevemente sul formalismo PPN (*Parametrised Post Newtonian formalism*), introdotto da Eddington nel 1922 e riformulato da K. Nordtvedt nel 1968, che permette di introdurre una serie di parametri che permettono di considerare le violazioni della Relativita' Generale previste da altre metriche. M. Punturo conclude la parte introduttiva del suo intervento con alcune annotazioni sui fondamenti della relativita' generale (cfr. D.M. Lucchesi, intervento alla CSN2, 2016):

- Alle fondamenta della RG e della sua struttura geometrica sta il principio di Equivalenza:
 - Principio di Equivalenza Debole (WEP): $m_i=m_g$; UFF
 - Principio di Equivalenza di Einstein (EEP): WEP + LLI + LPI
 - Principio di Equivalenza Forte (SEP): EEP + gravitazione
- EEP e' soddisfatto dalla RG e dalle teorie metriche della gravitazione (la RG e' una teoria metrica: geometrodinamica)
- SEP e' soddisfatto dalla sola RG

- Le teorie metriche della gravitazione condividono con la RG la stessa struttura dello spaziotempo e le medesime equazioni del moto per le particelle test, ma differiscono per la forma delle equazioni dei campi.

M. Punturo passa poi in rassegna le diverse attività sperimentali che affrontano i temi di teoria della Gravitazione. Il primo esperimento che viene descritto è LARASE:

- Caratteristiche generali
 - Sistema di 3 satelliti, di cui 2 quasi identici (LAGEOS, LAGEOS II) ed 1 più piccolo (LARES), in orbita bassa
 - Quasi completamente passivi e basati su retroriflettori e tecnologia laser (retro-reflector+Laser Ranging technologies)
 - Tracciamento dell'orbita ~cm
- Obiettivi scientifici generali
 - Un esperimento di Fisica Fondamentale con l'obiettivo di migliorare il modello perturbativo dinamico dei satelliti geodinamici LAGEOS, LAGEOS II e LARES per quanto concerne le accelerazioni prodotte da forze non-conservative con lo scopo di eseguire nuove misure relativistiche e di verifica della Relatività Generale in campo terrestre con satelliti inseguiti via laser
 - Fornendo allo stesso tempo una stima degli errori sistematici che risulti chiara, robusta, affidabile ossia inattaccabile
- Obiettivo Scientifico Principale
 - Misura del campo Gravitomagnetico Terrestre
 - Questa combinazione di osservabili consente di risolvere per il parametro relativistico rimuovendo al tempo stesso le incertezze (parte statica e dinamica) legate al J2 e J4.
- Altri Obiettivi Scientifici
 - Precessione dovuta al campo gravitoelettrico della Terra ϵ_* ($\epsilon_* = 1$ in Relatività Generale, $\epsilon_* = 0$ per la Gravitazione Newtoniana) (D.M. Lucchesi et al., Class. Quantum Gravity 32 (2015) 155012)
 - Lucchesi e Peron 2014: $\epsilon_* - 1 \cong (-0.12 \pm 2.14) 10^{-3} \pm 2.54 10^{-2}$
 - Misure dominate dagli errori sistematici
 - Teorie alternative per l'interazione gravitazionale
 - Potenziali gravitazionali alla Yukawa, con intensità a and (piccola) mass $m_g = h/(2\pi\lambda c)$ ($l =$ lunghezza d'onda Compton del "gravitone")

Il secondo esperimento sul quale si sofferma M. Punturo è MOONLIGHT:

- Caratteristiche generali
 - Sistema a tecnologia laser (*Laser ranging*) con retro riflettori sulla Luna
 - Idea degli anni '70, ma con nuove tecnologie, (principalmente) per risolvere il problema della librazione della Luna
- Incremento nell'accuratezza dei parametri che descrivono la teoria gravitazionale (WEP, SEP e PPN, precessione geodetica, deviazione da legge r^{-2})
- Altri Obiettivi Scientifici con Riflettori Laser Lunari (LLR)
 - Test del principio di Equivalenza

- Misura dei parametri SEP e PPN
- Misura delle variazioni della costante di gravitazione universale G ($(dG/dt)/G$)
- Oltre la Luna
 - Oltre ad accumulare statistica con rinnovati retro-riflettori sulla superficie della Luna, c'è la possibilità di andare oltre
 - Il gruppo ha valutato le potenzialità di andare su Marte.

M. Punturo accenna poi brevemente ad una generalizzazione della Relatività Generale, indicata con il nome di gravità $f(R)$, che consiste in una famiglia di teorie, ciascuna delle quali è definita da una specifica funzione dello scalare di Ricci R . Se $f(R) = R$ si ricade nel caso della relatività generale. L'interesse specifico per queste teorie risiede nel fatto che possono essere poste in relazione con la Materia oscura.

M. Punturo passa poi alla terza parte del suo intervento, dedicata alle misure di campo forte e alle Onde Gravitazionali e ricorda gli eventi di coalescenza di Buco nero rivelati nella fase O1 dagli interferometri di Hanford e Livingston: GW15092014 ($M_{\text{chirp}}=29.1 M_{\text{S}}$), LVT151012 ($M_{\text{chirp}}=15.1 M_{\text{S}}$) e GW151226 ($M_{\text{chirp}}=8.9 M_{\text{S}}$). M. Punturo sottolinea il potenziale di scoperta in Astrofisica ed in Fisica Fondamentale della rivelazione a terra di Onde Gravitazionali:

- È stata rivelata per la prima volta una coppia di BH, ma quella scienza si può fare con questi dati?
- Rivelazione di:
 - NS–NS, BH–NS, SNe, CW da una pulsar, SBGW
- Obiettivi Scientifici:
 - Fondamentale (GR & BH)
 - Fisica Nucleare (NS e SNe)
 - Astrofisica *Multimessenger* e Cosmologia

Un aspetto fondamentale, annota M. Punturo, è la possibilità di sottoporre a verifica la Relatività generale, verificando la consistenza delle diverse componenti misurate con le forme d'onda ricostruite. LIGO e Virgo utilizzano due serie di *template* (EOBNR, IMRPHEMOM), costruite seguendo l'idea di fondo che la parte di bassa frequenza (coalescenza) è realizzata in approssimazione Post-Newtoniana, mentre la parte finale (*merger* e *ringdown*) può essere ottenuta solo con simulazioni di relatività numerica. Per la zona intermedia viene ricercata la migliore sovrapposizione.

Misurando la coalescenza di Buchi Neri, osserva M. Punturo, è possibile stimare la popolazione di Buchi neri primordiali. I Buchi neri primordiali sono una componente della materia Oscura Fredda? A questo proposito viene citato un articolo a taglio interpretativo: N. Yunes, K. Yagi e F. Pretorius, "Theoretical physics implications of the binary black-hole mergers GW150914 and GW151226", Phys. Rev. D 94 (2016) 084002.

M. Punturo accenna poi brevemente alla ricerca su alcune proprietà del gravitone: se il gravitone è massivo (o comunque se $v_g < c$), nella propagazione dell'onda gravitazionale sarà necessario introdurre un termine addizionale di fase. Un altro tema di Fisica Fondamentale riguarda lo studio delle stelle di neutroni: quale è l'equazione di stato in condizioni così estreme, con $\rho > \sim 10^{15} \text{ g/cm}^3$? Osservazioni di Onde Gravitazionali da coalescenza di stelle di neutroni possono imporre dei vincoli sulle Equazioni di Stato.

Le Esplosioni di Supernova, aggiunge M. Punturo, costituiscono un ulteriore tema di studio:

- Il meccanismo del collasso del nucleo delle SNe e' ancora non chiaro
 - Shock Revival mechanism(s) after the core bounce TBC
- Le Onde Gravitazionali generate da una SNe fornirebbero informazioni della parte massiva interna del processo e potrebbero fornire vincoli sui modelli del meccanismo di collasso del nucleo
- Pero', la quantita' di energia emessa in Onde Gravitazionali e' ancora non quantificabile e comunque piccola
 - Ci si aspetta che rivelatori avanzati possano essere sensibili ad emissioni provenienti dall'interno della Galassia (qualche evento per secolo), 3G (ET)
- La rivelazione di neutrini di bassa energia potrebbe contribuire alla determinazione del meccanismo di esplosione, ma c'e' sovrapposizione nella distanza massima a cui ha luogo l'esplosione?
 - Rivelatori di neutrini con massa dell'ordine delle Mton?
- Rivelazioni di componenti EM coincidenti o successive all'evento che ha generato l'Onda Gravitazionale.

Le osservazioni *multimessenger* di un evento astronomico, osserva M. Punturo, potrebbero fornire una descrizione completa della sorgente, ed avrebbero implicazioni fondamentali anche per la cosmografia:

- GRB brevi sono probabilmente emessi da BNS
- In un contesto *multi-messenger*, se i GRB fossero osservati in coincidenza con le Onde Gravitazionali, GW, sarebbe possibile
 - risolvere l'enigma dei GRB
 - descrivere meglio il modello cosmologico dell'Universo
- Cruciale: elevato rate = enormi distanze di rivelazione
 - Per ricostruire i parametri dell'Energia Oscura con una precisione significativa, e' necessario osservare 100 coalescenze di BNS associate a GRB in un anno, per descrivere il modello cosmologico dell'Universo.

M. Punturo descrive poi brevemente il progetto eLISA, per la rivelazione di Onde Gravitazionali con rivelatori in orbita:

- Caratteristiche generali
 - 2.5×10^6 km, missione di 4 anni estendibile a 10 anni, configurazione a 3 bracci
- 8 Obiettivi Scientifici (SO) nel *proposal* inviato all'ESA
 - SO1: "Study the formation and evolution of compact binary stars in the Milky Way Galaxy"
 - SO2: "Trace the origin, growth and merger history of massive black holes across cosmic ages"
 - SO3: "Probe the dynamics of dense nuclear clusters using EMRIs (Extreme Mass Ratio Inspirals)"
 - SO4: "Understand the astrophysics of stellar origin black holes"

- SO5: "Explore the fundamental nature of gravity and black holes"
- SO6: "Probe the rate of expansion of the Universe"
- SO7: "Understand stochastic GW backgrounds and their implications for the early Universe and TeV-scale particle physics"
- SO8: "Search for GW bursts and unforeseen sources"

M. Punturo mostra anche le curve di rumore per LISA-pathfinder e le curve di sensibilita' di LISA confrontate con le possibili sorgenti di Onde Gravitazionali, per passare poi ad una breve discussione delle tecniche di rivelazione di Onde Gravitazionali basate sulla interferometria Atomica. Sono state proposte diverse variante per questo tipo di misura:

- Interferometria Raman in una fontana atomica a Rb
 - M. Kasevich, S. Chu, Appl. Phys. B54 (1992) 321; A. Peters, K.Y. Chung e S. Chu, Nature (1999) 849
- Rivelazione di Onde Gravitazionali con interferometria atomica
 - Interferometro a Singolo Atomo
 - G.M. Tino and F. Vetrano, "It is possible to detect gravitational waves with atom interferometers?", Class. Quantum Grav 24 (2007) 2167
 - Schema differenziale
 - S. Dimopoulos, O.W. Graham, J.M. Hogan, M.A. Kasevich, S. Rajendran, "Atomic gravitational wave interferometric sensor", Phys. Rev. D78 (2008) 122002

Le difficolta' nell'effettuare misure con questo tipo di tecniche, osserva M. Punturo, riguardano il rumore:

- Rumori legati alla tecnologia, da valutare con uno studio dettagliato sulla sensibilita' e sulla fattibilita'
 - Rumore residuo delle componenti ottiche
- Rumore Fondamentale:
 - *Shot noise*
 - Rumore Newtoniano.

Le sensibilita' appaiono interessanti in una finestra di frequenze sotto l'Hz, se ci fosse solo lo *shot-noise*, ma in realta' il fattore limite resta il rumore Newtoniano.

- Occorrono fattori di reiezione $O(10^3)$
- Possibili con sismometri e microfoni a elevata sensibilita': SNR $\sim 10^3$ al picco microsismico.
- Scendere sotto 10^{-20} a 10^{-1} Hz non è impossibile in teoria
- J. Harms, H.J. Paik, Phys. Rev. D92 (2015) 022001

Il rivelatore Einstein Telescope non utilizzerà la sottrazione del rumore newtoniano, poiche' realizzare una rete sotterranea con 100-1000 sensori appare non fattibile. L'idea che e' stata proposta per affrontare il problema del rumore newtoniano e' quello di usare fontane multiple. M. Punturo mostra poi la curva di sensibilita' per una infrastruttura sotterranea delle dimensioni dell'Einstein Telescope, con due bracci da 16 km ciascuno, 80 fontane atomiche per braccio di un beam splitter da 1000 fotoni. M. Punturo propone anche un confronto tra eLISA, l'Einstein Telescope ed il metodo delle fontane atomiche multiple:

- In realta' sia LISA che ET sono osservatori, grazie alla forma triangolare (risolvono le due polarizzazioni)
- Sono richieste prestazioni estreme e una elevatissima soppressione del rumore.
- Le tecnologie ad Interferometria Atomica (AI) sembrano piu' adatte a rivelatori nello spazio.

M. Punturo conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- La Gravita' e' l'interazione fondamentale piu' studiata ed ancora meno capita
- Il campo di ricerca delle Onde Gravitazionali (in particolare) ha una enorme potenzialita' di nuove scoperte
- La CSN2 sta "poco" investendo in esperimenti che investighino differenti intervalli di energia, di curvatura, meccanismi diversi e senza sovrapposizioni, mentre sembrano essere presenti duplicazioni.

Al termine della presentazione di M. Punturo, R. Dolesi interviene nella discussione, precisando come deve essere correttamente interpretata la curva di rumore legata alle misure che saranno effettuate con l'esperimento LISA e la sensibilita' che potra' essere raggiunta.

Alla 14:10, la Commissione interrompe i suoi lavori per la pausa pranzo

Alle 15:15 la Commissione riprende i suoi lavori, ancora in Sessione Aperta.

11 aprile 2017

h. 15:15-18:40. SESSIONE APERTA

La Commissione riprende i lavori con una breve discussione relativa alla *review* di M. Punturo sugli esperimenti di gravitazione. I. De Mitri chiede se ci sono dei *benchmark* da raggiungere o se ci si limita ad una analisi dei dati. M. Punturo osserva come la situazione sia complessa e a tutt'ora non esiste una teoria che dica a che livello di precisione effettuare una determinata misura. M. Pallavicini riformula la domanda in maniera diversa: esiste un modello, di qualsivoglia natura, compatibile con cio' che sappiamo sulla Relativita' Generale, compatibile con i due risultati recenti di rivelazione delle Onde Gravitazionali, ma esibisce una differenza ragionevolmente misurabile su tutti gli esperimenti a basso campo. Ci chiediamo cioe' se esiste una teoria, comunque essa sia strutturata, che salva tutto quello che sappiamo ma che differisce in modo misurabile su altri aspetti. Una sorta di teorema di esistenza: si puo' immaginare una modifica della teoria della Relativita' Generale che salva quello che sappiamo ma lascia spazio a questo tipo di nuovi esperimenti.

Proposta di Archimedes

E. Calloni presenta la proposta dell'esperimento Archimedes, per la misura della forza di Archimede del vuoto ed inizia il suo intervento precisando alla Commissione le motivazioni scientifiche del progetto:

- Dalla nascita della Meccanica Quantistica e' sorta la questione se l'energia di punto zero e' soggetta a gravitazione (Nerst, Pauli...)
- Ancora nessuna risposta sperimentale!

- Il primo tentativo risale a Pauli
 - Pauli inserì un *cut-off* sulla distanza minima (raggio classico dell'elettrone) ed inserì il valore della densità di energia nella soluzione statica dell'equazione di Einstein
 - Il risultato previsto per il raggio dell'Universo fu: 31 km!
- Molte questioni ancora aperte sono senza una risposta sperimentale
 - Le fluttuazioni del vuoto sono soggette a gravitazione o no?
 - La pressione del vuoto mostra *red-shift*?

E. Calloni si sofferma poi brevemente sull'effetto Casimir, introdotto da Casimir nel 1948. Le prime misure furono effettuate da Sparnay nel 1956 e le misure attuali (2005) raggiungono una precisione dello 0.5%. L'idea della proposta dell'Esperimento Archimedes è di pesare una cavità di Casimir rigida, quando l'energia di vuoto è modulata variando la riflettività dei piatti, per evidenziare gli effetti legati all'Energia di Casimir e alla pressione di Casimir. La Collaborazione propone di utilizzare una pellicola superconduttrice. La strategia di misura consiste nel porre la cavità in un campo magnetico e di misurare il campo critico che distrugge la superconduttività della pellicola. Il valore del campo critico è a sua volta legato alle forze di Casimir ΔF_C .

Misure sulla modulazione in energia, osserva E. Callone, sono già state effettuate nel 2008 dall'Esperimento Aladini ed i dati non sono in contrasto con la teoria (G. Bimonte, et Al., Nucl. Phys. B726 (2005) 441; Phys. Rev. Lett. 94 (2005) 180402; J. Phys. A: Math. Theor. 41 (2008) 164023; A. Allocca et Al., Jour. Of. Supercond. And Novel Magnetism. 25 (2012) 2557).

La Collaborazione Archimedes propone:

- L'uso di cavità di Casimir rivestite di superconduttori di Tipo II
- Sfruttare le elevate variazioni dell'energia di Casimir alla transizione

L'ipotesi di Kempf, basata sulla teoria che descrive il comportamento dei superconduttori ad alta Temperatura critica T_c , osserva E. Calloni, prevede che il contributo dell'energia libera sia paragonabile all'energia di condensazione, per particolari strati di superconduttore come il YBCO. I risultati preliminari ottenuti dalla collaborazione (Archimedes R&D in Commissione 2) supportano fortemente l'ipotesi di Kempf (L. Rosa et al., submitted to Phys. Rev. D).

E. Calloni mostra poi uno schema dall'apparato sperimentale ed un diagramma con i valori del segnale atteso e della sensitività del rivelatore, integrata sul tempo di un mese. La limitazione principale deriva dal rumore termico e dal rumore sismico. Per questo motivo è stato proposto il sito delle miniere di SOS-Enattos, a Lula, in provincia di Nuoro, che ha le seguenti caratteristiche:

- Coordinate 40°28' N 9°29' E
- Altitudine 521 m s.l.m.
- Superficie 148,72 km²
- Abitanti 1407 (31-07-2016)
- Densità 9,46 ab./km²

Le misure sismiche sul sito sono state effettuate dalle collaborazioni Virgo ed ET. L'attività di R&D in Gruppo V, precisa E. Calloni, ha permesso di valutare la fattibilità del progetto e di effettuare una stima teorica dell'effetto atteso, confrontandola con altri risultati. E. Calloni si sofferma poi brevemente sulla tecnica della modulazione della temperatura e sul prototipo della

bilancia, realizzato a Napoli. I risultati sono promettenti: il rumore misurato mostra dei valori più bassi di quelli previsti e le sensitività sono in accordo con quanto atteso (Wash, 2014).

Infine E. Calloni presenta alla Commissione la composizione della collaborazione, non ancora definitiva (S. Avino, A. Basti, G. Bimonti, E. Calloni, S. Caprara, F. Frascioni, G. Gagliardi, M. Grilli, M. De Laurentis, E. Majorana, G.P. Pepe, S. Petrarca, P. Puppo, F. Ricci, L. Rosa, C. Rovelli, N. Saini, C. Stornaiolo, D. Stornaiuolo, F. Tafuri), che ha organizzato il suo lavoro in tre *Work Packages*:

- WP1 – "Beam-Balance and optical read-out: the main issues are designing and realizing the balance, with particular attention to joints, balance-arm, interferometric read-out system, control actuators and control loops"
 - Responsabile Principale: Gruppo di Napoli
- WP2 – "Design and realization of the cryogenic system: design of the vacuum chambers, thermal filters for separating the balance from the samples, refrigerating system design and realization, thermal actuators design and realization, Choice of superconducting materials"
 - Responsabile Principale: Gruppo di Roma
 - Materiali Superconduttori: Gruppo di Napoli
- WP3 – "Electronic and control, data storage, environmental monitoring"
 - Responsabilità condivisa: Gruppi di Napoli e Roma

E. Calloni presenta poi brevemente la proposta di sviluppo temporale del progetto, nell'arco di 5 anni, per un costo totale di circa 785 k€, così suddivisi:

Consumi	k€	Sede
Componenti Meccanici della Bilancia	50	Napoli
Elementi Ottici, Montaggio, Fotodiodi	30	Napoli
Vuoto standard/Materiali di consumo da laboratorio	30	Napoli
Fluidi Criogenici	40	Roma
Materiali Superconduttori	50	Napoli
Meccanica per la Criogenia	30	Roma
	230	
Inventariabile	k€	Sede
1 main laser + 2 sled	25	Napoli
Sistema di Pompaggio, 2 valvole, 2 sensori	30	Roma/Napoli
Sensori Ambientali (sismografi, magnetici)	20	Napoli
Alimentatori	20	Napoli
	95	
Costruzione Apparati	k€	Sede
Criostato	250	Roma
Schermi per l'Isolamento del Magnete	25	Roma

Distribuzione	15	Roma
<i>Data Acquisition</i>	20	Napoli
	310	
Missioni	k€	Sede
Trasferte Lula 2018-2019	30	Roma/Napoli
Trasferte Lula 2020	30	Roma/Napoli
Trasferte Lula (2021-2022)	90	Roma/Napoli
	150	
Totale	785	

E. Calloni conclude il suo intervento con una curiosa citazione, dall'articolo "A gedanken spacecraft that operates using the quantum vacuum (Dynamic Casimir Effect)", Foundations of physics 34 (2004) pag 477, dove i risultati ottenuti da Archimedes sono proposti per "...to make lighter and modulate the weight of the future spacecrafts...". L'autore dell'articolo, commenta E. Calloni, e' R.L. Forward, che nel 1972 ha realizzato il primo prototipo di interferometro per la rivelazione di onde gravitazionali.

Al termine della presentazione di E. Calloni, M. Pallavicini chiede una chiarificazione sul principio di funzionamento: si deve modulare, variando la temperatura, la transizione. Pero', quando c'e' la transizione superconduttiva, ci sono due effetti: uno e' proprio la variazione di temperatura, che cambia l'energia interna e quindi il peso dell'oggetto, ed il secondo e' l'espulsione dei campi, perche' la transizione superconduttiva butta fuori quantomeno il campo magnetico terrestre. E queste densita' di energia dovrebbero essere ben maggiori delle variazioni di energia di vuoto.

E. Calloni risponde che, in riferimento al campo magnetico terrestre, saranno necessari due strati di isolamento del campo magnetico terrestre. Tecnicamente questo e' fattibile, poiche' e' un po' di meno o dell'ordine di cio' che si fa abitualmente. M. Pallavicini chiede quale e' l'effetto legato ai Campi Elettrici e E. Calloni risponde descrivendo brevemente i vari contributi ed osservando che fanno parte del gruppo anche fisici dello stato solido teorici, proprio per valutare questi effetti.

M. Pallavicini osserva come la comprensione teorica sui superconduttori di tipo II sia ancora limitata e chiede quali sono gli effetti delle irregolarita' dei piani reticolari. E. Calloni risponde che molto e' stato dedicato, nel caso di superconduttori di tipo I, a comprendere quale e' l'effetto dei possibili difetti, ed e' stato stimato che gli effetti erano trascurabili. Anche adesso fa parte dello sforzo teorico capire e valutare quale e' il contributo dell'energia di Casimir all'energia di transizione: questo e' gia' stato fatto per i superconduttori di tipo I, mentre alcuni risultati parziali sono disponibili anche per i superconduttori di tipo II.

G. Ruoso chiede quanto e' affidabile il calcolo della riflettivita', che per il Casimir e' un aspetto cruciale. Inoltre ci puo' essere un effetto di interferenza tra livelli differenti. E. Calloni cita alcune pubblicazioni recenti relative a questi effetti ed il lavoro fatto dalla Collaborazione per estendere i risultati al caso di Archimedes, tenendo presente che le cavita' sono accoppiate e che tutto diventa superconduttore. Questo ha due conseguenze importanti:

- l'interazione tra le cavita' non puo' essere trascurata

- sono coinvolte frequenze particolari che contribuiscono all'effetto Casimir.

E. Calloni si sofferma poi brevemente su alcuni dettagli ulteriori, maggiormente tecnici, che riguardano anche le modalita' con cui viene raggiunta la temperatura di operazione, i tempi caratteristici del sistema e le prestazioni del sistema.

G. Gemme ritorna brevemente sulla scelta del sito, poiche in Sardegna non ci sono problemi di sismicita'. E. Calloni conferma che nel sito in Sardegna tutto diviene piu' semplice. G. Gemme sottolinea anche la necessita' di avere un laboratorio sul sito in Sardegna. E. Calloni conferma che si tratta di un sito che interessa anche Virgo e la Regione Sardegna dovrebbe avere finanziato la prima parte della costruzione di questo laboratorio. La Collaborazione sta cercando di concludere una convenzione con la Regione Sardegna, in base alla quale il laboratorio verra' finanziato dalla regione Sardegna.

F. Ricci interviene nella discussione, osservando che il costo del laboratorio dovrebbe essere intorno a 0.5 M€, e su questo e' coinvolta l'Universita' di Sassari e che sono informati anche il Presidente ed il Direttore Generale dell'INFN e il Presidente dell'INGV, per un eventuale spostamento della stazione sismica che si trova a circa 30 km di distanza.

M. Pallavicini chiede una stima dei tempi necessari per misurare il peso del vuoto, nel caso tutto proceda bene. E. Calloni risponde con una stima dell'ordine di 5 anni.

G. Gemme interviene ancora nella discussione sottolineando l'importanza delle percentuali che ciascun ricercatore dedica ad Archimedes, tenendo conto che molte persone sono coinvolte in Virgo. E. Calloni conferma che su questo punto verra' posta la necessaria attenzione.

Esperimenti per la misura di raggi cosmici carichi

A. Menegolli presenta la review sui Raggi Cosmici Carichi ed inizia il suo intervento con un sommario degli argomenti che verranno affrontati nel seguito:

- Introduzione: generazione e propagazione
- Spettri primari: rivelazione di protoni, nuclei ed elettroni
- Antiparticelle ed antimateria
- Verso il ginocchio ed oltre
- Prospettive

Gli esperimenti, presenti e passati, finanziati dall'INFN e che affrontano queste tematiche sono riassunti nella seguente tabella:

AMS02	Satellite su ISS	CR carichi (500 MeV – 2 TeV)	In presa dati dal 2011
ARGO-YBJ	Ground based	VHE γ rays/UHECR E fino a 10^{15} eV	Concluso nel 2013
AUGER	Ground based	UHECR E > $5 \cdot 10^{18}$ eV	In presa dati dal 2008
DAMPE	Satellite	Astrofisica γ /CR carichi: GeV – 10 TeV	In presa dati dal 2015
Fermi	Satellite	Astrofisica γ /CR carichi: GeV – 1 TeV	In presa dati dal 2008
GAPS	Pallone	Antiparticelle per DM indiretto	Volo 2020?

JEM-EUSO	Satellite su ISS?	UHECR $E > 5 \cdot 10^{19}$ eV	Lancio > 2018?
LIMADOU	Satellite CSES	CR di bassa energia fino a 100 MeV	Lancio 2017
WIZARD	Satellite	CR carichi (50 MeV – 1 TeV)	In presa dati dal 2006

Lo studio dei Raggi Cosmici carichi, precisa A. Menegolli, coinvolge tutti i processi, dalla generazione delle particelle o dei nuclei sino alla rivelazione nello spazio o all'interazione con l'atmosfera, attraverso i processi di accelerazione e la propagazione nel mezzo interstellare. Le caratteristiche principali dei meccanismi di accelerazione e Propagazione sono così riassunti da A. Menegolli:

- Meccanismo principale: *Diffusive Shock Acceleration* (DSA) --> acquisizione di energia per riflessioni multiple all'interno di un'onda d'urto (accelerazione di Fermi) --> "Onde d'urto astrofisiche" (SNR)
- Le particelle vengono accelerate con una legge di potenza $dQ/de \sim E^{-\alpha}$. La slope dipende solo dal fattore di compressione
- Meccanismo secondario: propagazione nella Galassia con spettro $dE/dE \sim E^{-\gamma}$ --> dipendenza totale da $E^{-(\alpha+\gamma)} = E^{-\beta}$
- ~ 2.7 per energie fino a 10^{15} eV (ginocchio).

Lo Spettro Totale di particelle mostra le seguenti caratteristiche:

- Effetti dovuti al vento solare soppressi sopra i 10 GeV
- legge di potenza con $\gamma \sim 2.7$ per energie fino a 10^{15} eV (knee)
- regione di transizione con $\gamma = 2.7$ per energie fino a 10^{19} eV (ankle)
- origine galattica per $E < 10^{18}$ eV. Corrisponde al limite degli acceleratori galattici (tra 10^{15} eV e 10^{18} eV)
- GZK cut-off attorno a $5 \cdot 10^{19}$ eV (interazioni inelastiche di UHECR con il CMB)?

Una prima tecnica per lo studio degli spettri primari, continua A. Menegolli, consiste nell'utilizzare palloni nella stratosfera, con tempi di esposizione che vanno dalle ore ai mesi:

- Spettrometri magnetici
 - BESS/POLAR/TEV (9 Voli)
 - WIZARD (6 Voli)
 - HEAT/PBAR (4 Voli)
- Calorimetri e TRD
 - RUNJOB (62 giorni, 10 Voli)
 - TRACER (18 giorni, 3 Voli)
 - CREAM (161 giorni, 6 Voli)
 - ATIC (53 giorni, 3 Voli)
 - TIGER/S-TIGER (2/55 giorni)

La seconda tecnica di rivelazione utilizza satelliti e sonde, che possono essere classificate in tre categorie:

- Missioni brevi (giorni) / Grandi Rivelatori
 - CRN on Challenger (3.5 days 1985)
 - AMS-01 on Discovery (8 days, 1988)
- Missioni lunghe / Grandi Rivelatori
 - Pamela
 - Fermi-LAT
 - AMS-02
 - CALET
 - DAMPE
- Missioni lunghe (anni)/ Piccoli Rivelatori
 - Basse energie
 - IMP series < GeV/n
 - ACE-CRIS/SIS $E_{kin} < \text{GeV/n}$
 - VOYAGER-HET/CRS < 100 MeV/n
 - ULYSSES-HET (nuclei) < 100 MeV/n
 - ULYSSES-KET (elettroni) < 10 GeV
 - CRRES/ONR < (nuclei) 600 MeV/n
 - HEAO3-C2 (nuclei) < 40 GeV/n

A. Menegolli si sofferma poi sulla Missione Pamela, sintetizzandone così le caratteristiche principali:

- Obiettivi scientifici di Pamela (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics):
 - Misura dello spettro di
 - antiprotoni sino a 200 GeV
 - positroni fino a 200 GeV
 - elettroni fino a 600 GeV
 - protoni ed elio fino a 1.2 e 0.6 TeV/n
 - nuclei (da Li a O) fino a 100 GeV/n
 - Ricerca di
 - Antinuclei con sensitività anti-He/He $\approx 10^{-7}$
 - Nuove forme di materia (strangelets)
 - Strutture negli spettri CR (DM o sorgenti astrofisiche)
 - Studio di
 - Meccanismi di accelerazione e propagazione di CR
 - effetti di modulazione solare
 - emissione di flares solari
 - particelle nella magnetosfera terrestre
- Caratteristiche principali

- Collaborazione Internazionale: Italia (Bari, Firenze, Frascati, Napoli, Roma, Trieste, CNR – Firenze), Russia, Germania, Svezia
- Lanciato da Baikonur il 15 giugno 2006 in orbita quasi polare (70°) ad un'altezza 350÷600 km
- Orbita cambiata nel settembre 2010: quasi circolare e 570 km
- Circa 15 GB di dati trasmessi ogni giorno a terra
- Il rivelatore
 - Rivelatore di tempo di Volo (TOF, plastic scintillator+PMT)
 - Spectrometro (sistema di tracciamento a microstrip di silicio + magnete permanente)
 - Calorimetro Electromagnetico (W/Si sampling)
 - Rivelatore di neutroni (36 contatori He³)

A. Menegolli illustra brevemente anche le caratteristiche di ciascuna parte del rivelatore e mostra alcuni eventi raccolti con il rivelatore Pamela. Il secondo apparato che viene descritto e' AMS02, installato sulla stazione spaziale ISS:

La missione AMS02 sulla ISS

- Obiettivi scientifici
 - AMS e' uno spettrometro magnetico ad alta precisione operativo sulla ISS dal 2011, con lo scopo di misurare raggi cosmici carichi nel range energia GeV-TeV
 - Ricerca di nuova fisica: anti-materia, dark matter, ...
 - Studio dell'Origine e propagazione dei CR nella Galassia
- Caratteristiche principali
 - Lanciato il 16 maggio 2011
 - Installato su ISS il 19 maggio 2011
 - AMS-02 prendera' dati per l'intera durata di ISS (2024)
- Il rivelatore
 - TRD identificazione e⁺ e⁻
 - Tracciatore Z, P
 - Calorimetro e.m. Energia di e⁺ e⁻ γ
 - TOF Z, E
 - Magnete (0.15 T) ± Z
 - RiCH Z, E

A. Menegolli mostra poi alla Commissione alcuni grafici con i risultati principali ottenuti da AMS nei seguenti ambiti:

- Spettri Primari: protoni ed elio
 - Confronto tra AMS02 e Pamela
 - I flussi sopra 45 GV seguono una legge di doppia potenza
 - Tre classi di modelli per spiegare la deviazione (hardening) rispetto a legge di potenza singola:
 - Meccanismi di accelerazione dei CR alla sorgente

- Effetti dovuti alla diffusione dei CR in mezzi disomogenei (P. Blasi, E. Amato, P.D. Serpico, Phys. Rev. Lett. 109 (2012) 061101)
- Sorgenti locali vicine (SNR) (S. Thoudam, J.R. Hörandel, MNRAS 435 (2013) 2532)
- Protoni e Nuclei ($Z > 2$)
 - Spettri di nuclei pesanti primari misurati fino a 10^{14} eV (CREAM, TRACER)
 - Legge di potenza con $\gamma = -2.65$ (accordo con He nella regione multi-TeV)
 - Indicazioni di irrigidimento dello spettro per $E > 200$ GeV (CREAM)
 - AMS puo' investigare nella regione del TeV (cfr.H.S. Ahn et al., ApJ 714 (2010) L89)
 - Confermati per C, N, O da AMS02 (B. Bertucci – Neutel 2017)
 - Rapporto B/C importante per lo studio della propagazione (M. Aguillar et al. (AMS02 Coll.), Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 231102)
- Protoni e nuclei: prospettive
 - Spettro p e He da 100 TeV e oltre: rivelatori calorimetrici (ad esempio CALET e DAMPE)
 - Satellite russo NUCLEON (nuclei da $Z=1$ a $Z=30$ nell'intervallo di energia tra 100 GeV fino a 1 PeV), in orbita da fine 2014
 - Installazione di CREAM su ISS (2017)
 - Misura del rapporto B/C a rigidita' o(TV) --> AMS02 con piu' statistica
- Elettroni
 - Elettroni di alta energia hanno una rate di energy loss $\sim E^2$ (radiazione di sincrotrone, Compton inverso) --> Vita media $\sim 10^5$ anni per elettroni con $E > 1$ TeV
 - Il trasporto di CR attraverso il mezzo interstellare e' un processo diffusivo, quindi le sorgenti di elettroni di alta energia devono essere entro 1 kpc
 - Eccesso attorno al 300÷800 GeV misurato da ATIC (non confermato da Fermi-LAT e AMS02)
 - AMS02 conferma *single power law* per $E > 30$ GeV (M. Aguillar et al. (AMS02 Coll.), Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 221102)
 - Cut-off attorno al TeV indicato da HESS

A. Menegolli passa poi ad affrontare il tema delle Antiparticelle e della ricerca indiretta di Materia Oscura, precisa l'ordina di grandezza atteso per questi contributi: $e^-/p \approx O(10^{-2})$; $e^+/p \approx O(10^{-3})$; $\text{anti-p}/p \approx O(10^{-4})$. I risultati principali relativi ai positroni vengono cosi' sintetizzati:

- Rapporto positrone/elettrone cresce sopra i 10 GeV (HEAT, PAMELA, AMS02)
 - J.J. Beatty et al. (HEAT), Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 24112
 - O. Adriani et al. (Pamela Collab.), Nature 458 (2009) 607
 - L. Accardo et al. (AMS Collab.), Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 121101
- Contributi
 - Modello per la produzione di secondari (I.V. Moskalenko e A.W. Strong, Astrophys. J. 493 (1998) 694)
 - Propagazione (D. Gaggero et al., Phys. Rev. Lett. 111 (2013) 021102)
 - Produzione da pulsar (P. Yin et al., Phys. Rev. D88 (2013) 023001)
 - Decadimento di Materia Oscura (A. Ibarra et al., Int. J. Mod. Phys. A28 (2013) 1330040)

- Altri modelli
 - GRB o pulsar vicini (≈ 1 kpc) (K. Ioka, Progr. Theor. Phys. 123 (2010) 743)
 - Positroni (ed elettroni) prodotti come secondari nelle sorgenti (es. SNR) dove i Raggi Cosmici sono accelerati (P. Blasi, Phys. Rev. Lett. 103 (2009) 051104)
 - Distribuzione inhomogena delle sorgenti di Raggi Cosmici (SNR) nella Galassia (N.J. Shaviv et al., Phys. Rev. Lett. 103 (2009) 111302)
- Elettroni: presente e futuro
 - Risultati di AMS 2016
 - Assenza di strutture ad alta energia
 - Inizia a diminuire da 265 GeV
 - Necessita' di misure di elettroni ad alta energia (> 1 TeV)
 - > tecniche calorimetriche avanzate (CALET on ISS, HERD, DAMPE)
 - Ricerca di strutture o anisotropie
 - Complemento dalla fisica gamma (FERMI)

A. Menegolli passa poi a descrivere le prospettive degli gli apparati per la ricerca di antimateria. Il primo rivelatore e' CALET (CALorimetric Electron Telescope sulla ISS), le cui caratteristiche sono riassunte nella seguente tabella:

Obiettivi Scientifici	Obiettivi dell'Osservazione (5 anni)
Sorgenti vicine di Raggi Cosmici	Spettro di elettroni nella regione di energia oltre il TeV
Materia Oscura	Segnature nello spettro in energia di elettroni/gamma nella regione 10 GeV – 10 TeV
Origine e Accelerazione dei Raggi Cosmici	Spettro di Protoni sino a ≈ 1000 TeV Spectri di C, O, Ne, Mg, Si sino a ≈ 20 TeV/n Spettro del Fe sino a ≈ 10 TeV/n Ioni di Altissima Energia ($26 < Z \leq 40$) $E > 600$ MeV/n
Propagazione dei Raggi Cosmici nella Galassia	Rapporto B/C sino a qualche TeV/nucleon
Fisica Solare	Flusso di elettroni sotto i 10 GeV
Fenomi transienti nella regione dei raggi Gamma	Raggi-X /Raggi-Gamma nella regione 7 keV - 20 MeV

Il secondo rivelatore a cui A. Menegolli fa riferimento e' HERD (High -Energy cosmic-Radiation Detector):

- Caratteristiche generali
 - Installato sulla stazione spaziale Cinese (2020/2021?)
 - Misure di γ e Raggi Cosmici ad alta energia (p ed He sino al ginocchio)
- Il rivelatore
 - Accettanza 10x degli altri apparati, ma peso 2.3 T, $\sim 1/3$ AMS
 - STK(W+SSD)
 - 3D CALO
 - 10k cristalli LYSO

La terza missione di interesse in questo campo di ricerca, ricorda A. Menegolli, e' la missione DAMPE (Dark Matter Particle Explorer):

- Obiettivi scientifici
 - Misura dello spettro di alta energia di elettroni e gamma e ricerca di segnature di materia Oscura
 - Studio dello spettro e della composizione dei raggi Cosmici
 - Astronomia nella regione dei Raggi Gamma di Alta Energia
- Caratteristiche generali
 - Rivelazione di e/γ da 1 GeV – 10 TeV, Raggi Cosmici da 100 GeV – 100 TeV con eccellente risoluzione in energia, ricostruzione della direzione (γ) e misura della carica
 - Lanciato con successo il 17 Dicembre 2015
 - Altitudine: 500 km
 - Inclinazione: 97.4065 deg
 - Periodo: 95 minuti
 - Orbita: eliosincrona
 - Precision Pointing: 0.005
- Il rivelatore
 - Caratteristiche
 - Peso: 1450/1850 kg (payload/satellite)
 - Potenza richiesta: 300/500 W (payload/satellite)
 - Canali di lettura: 75916 (STK 73728)
 - Dimensioni: 1.2 m x 1.2 m x 1.0 m
 - *Data rate* 16 GB/d
 - Componenti
 - PSD (Plastic Scintillator Detector): veto e carica
 - STK (Silicon-Tungsten Tracker): tracciamento delle particelle
 - BGO Calorimeter (CALO): energia + profilo dello *shower*
 - NUD (Neutron Detector): neutroni
- Primi Risultati:
 - I. De Mitri (DAMPE Collab) Eur. Phys. Journal Web of Conferences 136 (2017) 02010

A. Menegolli presenta brevemente un confronto tra i diversi rivelatori per elettroni, per passare poi a descrivere alcuni aspetti legati allo studio del flusso di Antiprotoni:

- Aspetti generali
 - Misura resa difficile dal fondo dovuto agli elettroni (satelliti) e da pioni/muoni (palloni)
 - Prima misura del flusso di antiprotoni e del rapporto protone/antiprotoni ad alte energie (fino a 180 GeV) dovuto a Pamela
 - Picco attorno ai 2 GeV
 - Soppressione cinematica alle basse energie (produzione di antiprotoni nell'ISM) --> antiprotoni secondari
 - O. Adriani et al. (Pamela Collab.), Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 121101
 - Le misure di AMS02 estendono lo spettro anti-p/p fino a 450 GV
 - Da 60 GV a 500 GV non si osserva una dipendenza dei rapporti dalla rigidità
 - $3.49 \cdot 10^5$ antiprotoni $2.42 \cdot 10^9$ protoni
 - M. Aguilar et al. (AMS02 Coll.), Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 091103
- Interpretazione

- Rapporto anti-p/p ad alte energie consistente con pura produzione secondaria, entro l'errore
- Un possibile contributo dovuto a DM non e' comunque escluso, date le presenti incertezze, in particolare sui modelli di propagazione.
- Finora nessuna evidenza di componente primaria di antiprotoni

Una ulteriore linea di ricerca nello studio dell'antimateria riguarda le misure di flusso di anti-helio. Il miglior upper limit sul rapporto antieleio/elio, ricorda A. Menegolli, e' attualmente quello ottenuto dallo spettrometro polare BESS, $\approx 10^{-7}$ (K. Abe et al., Phys. Rev. Lett. 108 (2013) 081102) mentre l'upper limit attuale sul flusso differenziale di antideuterio e' pari a $1.9 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2 \text{ s sr GeV/nucleon)}^{-1}$ (H. Fuke et al., Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 081101).

A. Menegolli passa cosi' a descrivere il progetto GAPS (General Antiparticle Spectrometers), dedicato alla ricerca sull'antimateria, le cui caratteristiche vengono cosi' riassunte:

- Anti-deuterio
 - sensitivita' 100 x rispetto a BESS
 - nessun fondo di origine astrofisica a basse energie
 - complementare rispetto alla ricerca di Materia Oscura con acceleratori
- Anti-protoni
 - misure di precisione del flusso a bassa energia (0.25 GeV)
 - complementare rispetto alla ricerca di Materia Oscura con acceleratori
 - Statistica 10x rispetto a BESS/PAMELA a 0.2 GeV
- Sviluppo temporale
 - volo LDB (~35 giorni) --> misura di precisione del flusso di antiprotoni
 - volo LDB (~70 giorni) --> incremento nella statistica di antideuterio
 - volo LDB (~105 giorni) --> incremento della sensitivita' nelle misure di Antideuterio
- Il Rivelatore
 - Rivelatori Si(Li) per tracciamento 3D (risoluzione temporale 100 ns e risoluzione in energia 3 keV)
 - Scintillatori plastici e PMT per misure di Tempo di Volo (TOF)
 - TOF per il tag degli eventi
 - L'antiparticella rallenta e si ferma nel target, formando un atomo eccitato
 - Segnatura dalle righe X tipiche di diseccitazione e dai prodotti di annichilazione

A. Menegolli conclude cosi' la parte della review dedicata agli esperimenti nello spazio e passa a descrivere le ricerche sperimentali che permettono di ottenere informazioni sullo spettro dei raggi cosmici verso il ginocchio ed oltre. I raggi cosmici di energia piu' elevata possono generare un uno sciame esteso (*extensive air shower*, EAS) in atmosfera, i cui prodotti possono essere rivelati al suolo:

- Lo sciame adronico fa da sorgente «collimata» di sciame e.m., per lo piu' da $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$.
- Elettroni e positroni sono le particelle piu' numerose, muoni un ordine di grandezza in meno
- Area vasta al suolo --> grandi arrays di rivelatori per energie > 100 TeV

- Energie (per ora) non accessibili alle misure dirette

Per lo studio degli sciame estesi, ricorda A. Menegolli, possono essere utilizzati tre tipi di rivelatori:

- Arrays per lo studio della dimensione dello sciame (numero N_e di elettroni/positroni) e della sua distribuzione laterale a terra
- Rivelatori Cherenkov per rivelare la radiazione Cherenkov emessa dalle particelle cariche dello sciame
- Rivelatori di fluorescenza che studiano la fluorescenza dell'azoto eccitato dalle particelle cariche dello sciame --> luce isotropa --> osservazione laterale
- In alta quota:
 - N. di particelle ~ indipendente dalla composizione.
 - Vicino al massimo dell'EAS: base fluttuazioni
- A livello del mare:
 - Utilizza la differenza in distribuzione longitudinale per primari differenti

Le caratteristiche principali di alcuni rivelatori di air showers sono riassunte da A. Menegolli nella seguente tabella:

Apparato	Altitudine g/cm ²	Rivelatore	Energia ΔE [eV]	Area [km ²]
ARGO	600	RPC (LHAASO)	0.3-5 10^{15}	0.0056
Tibet-AS γ	600	Scintillatori/rivelatori di burst	1-200 10^{15}	0.0037 [0.5 phase 1]
EasTop	820	scintillatori/rivelatori per muoni	1-100 10^{15}	0.01
GAMMA	700	scintillatori/rivelatori per muoni	3-200 10^{15}	0.03
KASCADE	1020	scintillatori/rivelatori per muoni	2-90 10^{15}	0.04
CASA-MIA	860	scintillatori/rivelatori per muoni	0.1-100 10^{15}	0.25
Kascade-Grande	1020	scintillatori/rivelatori per muoni	$10^{16} - 10^{18}$	0.49
IceTop	680	Cherenkov	$10^{16} - 10^{18}$	1
Tunka	900	PMTs non schermati	$10^{15} - 10^{18}$	3
Yakutsk	1020	scintillatori/PMTs non schermati	$10^{15} - 10^{19}$	~ 40
Telescope Array + TALE	880	scintillatori + telescopi a fluorescenza	$4 \cdot 10^{15} - 10^{20}$	700
Auger+Infill	840	Cherenkov + telescopi a fluorescenza	$10^{17} - 10^{20}$	3000

A questa lista vanno aggiunti i telescopi a fluorescenza HiRes 1 & 2 Fly's Eye.

Infine A. Menegolli ricorda alla Commissione le caratteristiche principali dell' Osservatorio Auger:

- L'osservatorio Pierre Auger si trova in Argentina (69° 20 W, 35° 20 S) a 1400 m s.l.m. = 870 g cm⁻² di atmosfera e copre un'area di 3000 km²

- E' composto da:
 - Un rivelatore di superficie (SD) costituito da un array di 1600 stazioni di rivelatori Cherenkov ad acqua (WCD)
 - 24 Telescopi a Fluorescenza (FD) puntati verso l'interno dell'SD array
 - tre telescopi a fluorescenza (HEAT) puntati ad un'altezza maggiore sorvegliano un'area di 23.5 km² dove sono installati 61 WCDs (Infill-Array) addizionali
 - In presa dati dal 2004, dal 2008 con il full array.
 - Proposta di upgrade (Auger Prime)

I risultati ottenuti dall'Osservatorio Auger nello studio dello spettro dei Raggi Cosmici vengono così riassunti da A. Menegolli:

- Cambio di pendenza tra 10¹⁵ e 10¹⁶ eV («knee»)
 - Evidenza di un «proton knee» a $700 \div 230$ GeV
 - Indice spettrale passa da -2.6 a -3.2
 - Compatibile con la transizione a 10¹⁵ eV
B. Bartoli et al. (ARGO Collab.), Phys. Rev. D92 (2015) 092005
 - Raggi Cosmici di origine galattica fino a 10¹⁸ eV --> acceleratori cosmici nella galassia hanno raggiunto la massima energia?
- Regione di transizione (2nd knee)
 - Esperimento Cascade-Grande
 - Secondo ginocchio a 8 1016 eV
 - Evidenza che questa struttura sia dovuta a transizione verso primari più pesanti
W.D. Apel et al., Phys. rev. Lett 107 (2011) 171104
- «ankle» attorno a 10^{18.5} eV
- Cut-off sopra i 10¹⁹ eV?
 - K. Greisen, Phys. rev. Lett. 16 (1966) 748;
G.T. Zatsepin and V.A. Kuzmin, JETP Lett. 4 (1966) 78
 - Cut-off comunque già previsto a 5 10¹⁹ eV se il flusso è di origine cosmologica --> interazioni inelastiche con il CMB (effetto GZK)

A. Menegolli commenta poi brevemente le interpretazioni proposte per i dati ottenuti da Auger e ricorda le prospettive per ulteriori misure con il rivelatore Auger:

- Indicazione di componenti pesanti nella zona dell'ankle al cut-off da parte di Auger --> Auger Prime arXiv: 1604.03637 per studio della composizione degli UHECR e per lo studio del flusso di protoni alle alte energie
- Misura del flusso di neutrini cosmogenici a $E > 10^{18}$ eV darebbe indicazioni sul cut-off GZK (da foto-produzione di pioni carichi)
- In generale l'approccio multi-messenger (fotoni, neutroni, neutrini) risulta fondamentale per studiare l'origine UHECR

A. Menegolli conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- Molti risultati importanti della fisica dei raggi cosmici carichi in esperimenti con grande impatto sull'INFN e la CSN2 (PAMELA, AMS02, Auger, ARGO):
 - Spettri protoni e nuclei --> meccanismi di produzione, accelerazione e propagazione
 - Spettri antiparticelle --> ricerca di DM indiretta
 - Studio delle strutture nello spettro UHECR (knee, ankle, cut-off)
- Prospettive interessanti per continuare lo studio dei cosmici carichi nello spazio (DAMPE, GAPS) e a terra (Auger Prime)
- Necessita' di un approccio multi-messenger!

Dopo la conclusione della review di A. Menegolli, I. De Mitri, in relazione alle prospettive nello studio di protoni e nuclei, osserva come DAMPE abbia un fattore geometrico maggiore di quello di CALET. A. Menegolli concorda con questa osservazione.

L. Latronico interviene nella discussione e precisa la rilevanza del risultato di Fermi sugli elettroni, in quanto ha compatibilita' con la *power-law*, nel confronto con AMS e per lo studio delle anisotropie, poiche' il fattore geometrico e' ampio. Inoltre si tratta di un risultato ottenuto dalla componente italiana.

R. Sparvoli sottolinea anche l'importanza delle misure a piu' bassa energia.

XENON 1T

M. Selvi presenta lo stato dell'Esperimento Xenon, di cui e' responsabile Nazionale, ed inizia il suo intervento ricordando alla Commissione la composizione della Collaborazione, che e' costituita da 135 ricercatori, provenienti da 22 istituzioni, distribuite in 10 paesi e in 3 continenti. Due risultati scientifici sono stati recentemente pubblicati (XENON Collaboration, Search for two-neutrino double electron capture of ^{124}Xe with XENON100, Phys. Rev. C95 (2017) 024605; XENON100 dark matter results from a combination of 477 live days, Phys. Rev. D94 (2016) 122001) e altri studi sono attualmente in fase di redazione per essere inviati per la pubblicazione.

M. Selvi si sofferma poi su un *Highlight*, gli aggiornamenti sulla misura della modulazione annuale, condotta ora su dati acquisiti in quattro anni (da gennaio 2010 a gennaio Jan 2014), che costituiscono il campione nell'intervallo di tempo piu' ampio mai acquisito con una TPC a Xenon liquido. I risultati ottenuti, pubblicati su Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 101101, vengono cosi' riassunti da M. Selvi:

- Ulteriori dati rispetto alla analisi precedenti Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 091302
- Nessuna modulazione significativa osservata
- L'interpretazione del segnale di DAMA/LIBRA come dovuto alla interazione di Materia oscura con elettroni attraverso un accoppiamento assiale e' escluso a livello di 5.7σ

M. Selvi passa poi a descrivere Xenon100, che costituisce un R&D per Xenon1T, sottolineando in particolare due aspetti:

1. Dimostrazione della rimozione online del ^{222}Rn per distillazione criogenica (arXiv:1702.06942)
 - Integrazione della colonna di distillazione di XENON1T nel sistema XENON100

- Attivita' del ^{222}Rn all'interno di XENON100 monitorata con l' α -tagging
 - Concentrazione di ^{222}Rn aumentata artificialmente
 - Misurato un fattore di riduzione >27 (@ 95% CL)
2. Dimostrazione della calibrazione a bassa Energia per mezzo di una sorgente di ^{220}Rn (arXiv:1611.03585)
- La sorgente ^{228}Th emana ^{220}Rn
 - si usa il decadimento β del ^{212}Bi per calibrare la regione a bassa energia
 - la distribuzione temporale dell'ultima parte della catena e' determinata dal ^{212}Pb
→ nuovamente al livello di fondo dopo ~ 6.5 days

Successivamente M. Selvi ne descrive l'uso con successo in XENON1T, mostrando alcuni risultati sperimentali preliminari, e illustra la struttura della TPC di Xenon1T, la piu' grande TPC mai costruita (cilindro 96×97 cm; massa di Xe Kiquidato attiva 2.0t (3.2t totali); 248 PMTs (Hamamatsu R11410-21)).

In Xenon1T sono in funzione tutti i sistemi (Cryogenics; Purification; Kr Removal; Storage/Recovery; DAQ + Computing; Calibration; TPC + PMTs; Water Shield; Muon Veto; Slow Control): il *commissioning* e' stato completato il 26 Ottobre 2016 e Xenon1T e' in acquisizione ed opera stabilmente.

M. Selvi descrive poi le misure di fondo che sono state effettuate e le calibrazioni con $^{83\text{m}}\text{Kr}$, ^{220}Rn , AmBe e sorgenti LED. Le calibrazioni dei PMT avvengono regolarmente.

A partire dalla fine di Novembre 2016 e' iniziata una *blind analysis* dei dati di materia oscura, per un periodo di tempo vivo pari a 35 giorni. Questa fase viene indicata come *science run 0* (SR0) L'integrita' del rivelatore e' stata controllata alla fine di questo periodo e poi il rivelatore ha continuato ad acquisire dati di Materia oscura. Tutti i parametri del rivelatore sono monitorati con continuita' da un sistema di slow-control e e' l'apparato mostra una eccellente stabilita'. In particolare e' stato rivelato chiaramente il terremoto del 18 gennaio 2017.

Non solo la stabilita' del rivelatore, in particolare nella fase S0, viene monitorata, ma anche i fondi sono controllati, precisa M. Selvi. Il fondo atteso da ^{222}Rn e' pari a 11 ± 2 $\mu\text{Bq/kg}$ (misura preliminare) ed e' in in accordo con il valore stimato dal conteggio delle α , ed e' in linea con l'obiettivo finale, un fondo da ^{222}Rn pari a 10 $\mu\text{Bq/kg}$. Il rapporto tra Kr naturale e Xe e' pari a (0.6 ± 0.1) : non solo e' sufficiente per la fase SR0, ma e' il piu' basso valore mai raggiunto in un esperimento a Xenon liquido.

La collaborazione ha organizzato un "analysis bootcamp" di 4 settimane a Chicago, durante il quale l'analisi dei dati SR0 e' stata finalizzata ed i risultati dovrebbero essere presto pubblicati. M. Selvi mostra la curva di sensibilita' per Xenon1T (JCAP 04 (2016) 027).

L'ultima parte del report di M. Selvi riguarda XenonnT:

- XENON1T
 - 2t di massa attiva di LXe
 - opera in modo DM
 - presto i primi risultati
- XENONnT

- 6t di massa attiva
- l'acquisizione dati per scopi scientifici e' prevista per il 2019
- Gia' esistenti/operativi:
 - Veto per i Muoni; Supporto per il Criostato, Criostato Esterno; Cablaggio all'interno del LXe; Sistema di storage per il LXe; Sistema Criogenico; Sistema di Purificazione; Rimozione del Kr; DAQ; 95% dell'Elettronica; Sistema di Calibrazione; 260 PMTs; ~ 8t di Xe; *Screening facilities*; Finanziamenti dedicati a nT
- Gia' richiesti/da richiedere:
 - 230 nuovi PMTs ordinati; disegno di TPC/Criostato; ordini dei primi materiali; Campagna di Screening; studi sul Neutron veto studies; 2nd *storage vessel* ordinata; disegno del sistema di riduzione del Rn; miglioramenti nel sistema di purificazione; tons addizionali di Xe.

M. Selvi conclude il suo intervento mostrando il futuro di XenonnT, cioe' la curva di sensibilita' di Xenon, sino alla versione XenonnT (100 ty), confrontata con quella di altri esperimenti che utilizzano liquidi nobili e con il limite legato al flusso di neutrini.

Dopo la conclusione della presentazione di M. Selvi, G. Fiorillo interviene nella discussione e chiede precisazioni sulle prestazioni dei fototubi e se i fototubi utilizzati in XenonT saranno gli stessi gia' utilizzati in Xenon1T. M. Selvi conferma che si tratta degli stessi fototubi, che sono gia' stati ordinati per costruire la TPC piu' grande.

A. Incicchitti osserva come, nel massimo rispetto del lavoro svolto nell'analisi dei dati di Xenon, sia bene specificare che le rate di eventi sono corrette in base alla posizione, una non linearita' ed una non uniformita' di risposta, tenendo conto del volume fiduciale e delle varie sistematiche. A. Incicchitti rivolge poi a M. Selvi due domande. La prima riguarda la calibrazione con il kripton metastabile, poiche' le caratteristiche della risposta degli scintillatori sono cruciali soprattutto a bassissima energia: come si comporta il rivelatore intorno al keV? La seconda questione e' relativa all'uso di un *neutron gun*, da mettere in fuozione il 5 aprile: come mai questo non e' passato attraverso il comitato neutroni del Gran Sasso? Sarebbe opportuno avere piu' informazioni, auspicando che ogni esperimento si autolimiti nelle sue scelte, tenendo presente l'influenza su altri esperimenti.

M. Selvi precisa che la richiesta per l'uso della *neutron gun* e' stata sottomessa al Gran Sasso piu' di 2 anni fa ed e' stata approvata. Il generatore opera dentro uno schermo di acqua di 4 metri e questo porta una riduzione del flusso di 10 ordine di grandezza. Si tratta di neutroni da 2 MeV, che sono termalizzati dall'acqua. M. Pallavicini commenta che se l'autorizzazione e' stata richiesta e l'uso del generatore di neutroni e' stato autorizzato, ulteriori informazioni tecniche potranno essere richieste direttamente al Gran Sasso.

Per quanto si riferisce alla prima domanda, relativa alla calibrazione con il krypton, M. Selvi chiarisce alcuni dettagli relativi al picco del krypton a 41 keV e alla visibilita' dei picchi del krypton in S1 ed S2. M. Pallavicini commenta che sarebbe importante vedere il picco del Kr a 41 keV, per vedere quanto e' largo.

Infine, in riferimento alla prima osservazione, M. Selvi precisa che e' vero che il rivelatore e' disuniforme, poiche' si tratta di una TPC, ma la disuniformita' e' ben nota ed e' possibile correggere.

Alle ore 17:10 la Commissione interrompe i suoi lavori, per una breve pausa.

Alle ore 17:30 la Commissione riprende i suoi lavori, ancora in Sessione Aperta.

Proposta STAX

P. Spagnolo presenta il progetto di esperimento STAX ed inizia il suo intervento indicando un lavoro recentemente pubblicato, L.M. Capparelli, G. Cavoto, J. Ferretti, F. Giazotto, A.D. Polosa, P. Spagnolo, "Axion-like particle search with sub-THz photons", Phys. Dark Univ. 12 (2016) 37, sul tema della ricerca di assioni.

Gli esperimenti per la ricerca di assioni possono essere suddivisi in tre classi:

- Aloscopici
 - In cavita'
 - L'Assione, come il pione neutro, si accoppia a due fotoni per effetto Primakoff
 - Rivelati in un campo magnetico H
- Elioscopic
- Dipendenza dai modelli stellari
- LSW (*Light Shining through a Wall Experiments*)
 - P. Sikivie, Phys. Rev. Lett. 51 (1983) 1415
 - Esperimento in Laboratorio, con una sorgente Laser
 - Elevata Luminosita'

I punti forza di STAX, precisa P. Spagnolo, sono:

- Elevata Luminosita' (*gyrotrons* nella regione dei SubTHz)
- Intenso Campo Magnetico $H \sim 15$ Tesla con dipolo $L \sim 50$ cm
- Rivelatore di singolo fotone Sub-THz utilizzando tecnologia TES
- Punti di lavoro ottimale ~ 30 GHz

Un esempio di esperimento che utilizza la tecnica LSW e' ALPS, che e' installato a DESY ed utilizza i dipoli di Hera. Per ottenere una sorgente di fotoni ad elevata luminosita' sono necessari:

- Sorgenti klystrons e gyrotrons nella regione dei 30-100 GHz.
- Potenza superiore a 1 MW in questo intervallo di frequenza
- Luminosita' sino a 10^{28} - 10^{29} γ/s in CW
- I Lasers comunemente usati in esperimenti LSW hanno $\sim 10^{19}$ γ/s

P. Spagnolo passa poi ad una descrizione piu' dettagliata dell'esperimento STAX:

- Struttura (P. Sikivie, D.B. Tanner and K. Van Bibber, Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 172002)
 - Campo Magnetico: $H = 15$ T, $L = 0.5$ m
 - Sorgente: gyrotron; $P \approx 100$ kW, $\Phi_r = 10^{27}$ s^{-1} , $\epsilon_r = 120$ μeV ($\nu \approx 30$ GHz)
 - Cavita' di Fabry-Perot: $Q \approx 10^4$

- Rivelazione di singolo fotone sub-THz basata su tecnologia TES, $\eta \approx 1$
- Possibile seconda cavita' dietro il muro per aumentare il rate di conversione assione-fotone
- Caratteristiche generali
 - Rivelatore a singolo fotone nella regione sub-THz
 - Sensori TES (Transition Edge Sensor): ponte superconduttore a temperatura critica estremamente bassa tra due elettrodi superconduttori. TES accoppiato ad una antenna *log periodic*.
 - TES opera entro la sua transizione superconduttrice. Viene applicata una tensione DC di bias. Quando il TES assorbe un fotone incidente, si scalda sopra la temperatura critica T_c . Cambio di resistenza e di corrente che circola nel circuito, misurata da uno SQUID
 - Materiale: scelta di Superconduttori con bassa temperatura critica ($T_c \approx 20$ mK) per avere una buona risoluzione α -W o doppio strato Ti-Au o Ti-Cu
 - Ponte TES Ti-Cu (gap ~ 20 μ eV), elettrodi superconduttori di Nb (gap ~ 1 meV)
 - Elevata Efficienza
 - Bassissimo Rumore/*dark count*
- Il rivelatore
 - Dimensionare il volume attivo del TES in modo da ridurre la capacita' termica (10^{-3} - 10^{-4} μ m³)
 - Ottimizzazione dell'elettronica di lettura degli SQUID a basso rumore (temperatura di lavoro 80 mK)
 - Sensitivita' $\delta T = \delta E / C_e$ Termalizzazione $T(t) = \exp(-t/\tau)$ $\tau = C_e / G$
- Rumore
 - Rate di *Dark Count* (rumore dei fononi) $< 6 \cdot 10^{-10}$ s⁻¹
 - Corpo Nero: a 10mK centrato attorno a 0.6 GHz con un rate trascurabile di 10^{-30} m⁻² s⁻¹ fotoni irradiati
 - Fondo Raggi Cosmic: 1μ /cm²/min con 10 eV di energia rilasciata in 10nm di materiale satura il TES. Rumore sotto controllo che si traduce in un tempo morto del TES $\sim 0.1\%$

P. Spagnolo si sofferma su alcuni dettagli relativi allo schema di temperature nel criostato ed indica poi alcune possibili scelte alternative per migliorare l'esperimento STAX:

- Lavorare con un Fabry Perot di nuova concezione per aumentare il *Q factor*
- Un miglioramento di Q si riflette nella necessita' di una potenza piu' bassa della sorgente
- Fabry Perot con Q superiori a 10^{10} sono stati recentemente realizzati con cavita' superconduttrici
- La scelta del materiale richiede di essere adattata per lavorare in questa particolare configurazione
 - Bassa Temperatura
 - Elevato Campo Magnetico B
- Elevati Q e piu' basse potenze P possono rendere possibile l'uso di sorgenti di fotoni diverse dai gyrotrons (klystrons?), meno sofisticate e piu' facili da maneggiare
- o anche di un campo magntico B meno intenso.
-

P. Spagnolo mostra alla Commissione un diagramma di esclusione per la ricerca di assioni, in modo da poter confrontare la sensibilita' di STAX con quella di altri esperimenti, un confronto che viene anche sintetizzato nella seguente tabella:

Parameter	ALPS	STAX	g_{ALPS}/g_{STAX}	STAX II	g_{ALPS}/g_{STAXII}
Potenza del Laser	0.8 W	100 kW	18.8 1 MW	188	
Energia dei Fotoni	2.327 eV	124 μ eV	11.7	124 μ eV	11.7
Q-factor della Cavita'	55.0	10^4	3.7	10^8	37
$H * L_x$	22 T m	7.5 T m	0.3	7.5 T m	0.3
Efficienza di Rivelazione	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
Rumore del Rivelatore	$1.8 * 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$	10^{-9} sec^{-1}	34.0	10^{-9} sec^{-1}	34
Fattore di Miglioramento Combinato			$\sim 10^4$		$\sim 8 * 10^5$

P. Spagnolo conclude il suo intervento con alcune indicazioni sui prossimi passi che la collaborazione intende affrontare:

- Cu/Ti sino a $T_c \sim 20\text{mK}$
- Accoppiamento con un sistema di lettura SQUID
- Test con una sorgente di fotoni a 30 GHz
- Progetto dell'antenna log periodic
- R&D del Fabry Perot
- Progetto del Magnete

Al termine della presentazione di P. Spagnolo, G. Ruoso osserva come, nel confronto con ALPS, il valore 55 riguarda la Finezza, mentre il Q della cavita' di ALPS aveva un valore di circa 10^8 , quindi confrontabile con STAX2. Il valore piu' recente della Finezza dell'ultima versione di ALPS e' circa 300.

M. Pallavicini ringrazia per la presentazione ed osserva come il luogo naturale per un esperimento completo sia la Commissione II, mentre sarebbe ragionevole un altro anno, il 2018, di finanziamento in Gruppo V. Per una approvazione in Commissione II e' necessario:

- un percorso chiaro ad una misura di fisica, e non un R&D perenne, pur ammettendo l'ottica di un percorso difficile, a fasi, per arrivare all'obiettivo finale. Capire quale e' il percorso chiaro per la misura di fisica, quale e' il livello di sensibilita' a cui si puo' arrivare
- la consistenza della collaborazione, l'esperimento, a differenza dell'R&D, deve avere una consistenza commisurata all'investimento finanziario.

M. Pallavicini conferma che la Commissione, in termini generali, e' certamente interessata al tema degli assioni. C'e' un anno di tempo per arrivare a giugno 2018 con tutti questi elementi consolidati.

P. Spagnolo ringrazia la Commissione per le indicazioni, poiche' il suo interesse verso questi temi di fisica, tipici della Commissione II, sta crescendo. M. Pallavicini osserva anche come un ERC

sarebbe opportuno per questo processo e conferma che i membri della Commissione piu' esperti in questo settore sono disponibili per suggerimenti e discussioni.

Letter of Intent per HERD

G. Ambrosi presenta, in connessione remota, la Lettera di Intenti per la realizzazione del rivelatore HERD (High Energy cosmic-Radiation Detection facility) da installare sulla stazione spaziale cinese e inizia il suo intervento mostrando la struttura generale del rivelatore ed il suo posizionamento sulla Stazione Spaziale Cinese.

Le caratteristiche principali di HERD sono cosi' riassunte da G. Ambrosi:

- Il Rivelatore
 - PSD, cinque facce (Misure di bassa energia; Identificazione dei Gamma; Carica)
 - 3D CALO (energia di e/γ /Raggi Cosmici; discriminazione e/p)
 - STK(SSD+W), cinque facce (Carica; Traiettoria; Tracciamento dei Gamma)
- Modalita' Operative
 - Modalita' normale di *trigger*
 - PMT trigger ($E_{dep} > 30$ GeV)
 - PMT trigger ($E_{dep} > 0.5$ GeV) + PSD veto
 - Modalita' di Calibrazione
 - PMT trigger (1.2 GeV $> E_{dep} > 0.6$ GeV)

Il 9 e 10 febbraio scorso si e' svolto il "4th HERD International workshop" e G. Ambrosi illustra brevemente quali aspetti sono stati affrontati nel corso dell'incontro:

- Obiettivi
 - verifica e ottimizzazione del design e studio delle performance per la fisica dei CR ad alta energia
 - studi di performance a MC (Geant e Fluka) per fotoni e background
 - simulazione orbita ed esposizione
 - studio di fattibilità per l'inserimento nel calorimetro di un sistema di lettura con fotodiodi
 - studio delle prestazioni del calorimetro (risoluzione angolare per gamma) interponendo ai cristalli piani traccianti di silicio
 - ottimizzazione geometria del STK
- Aspetti programmatici
 - Scienza
 - Interfacce e limitazioni
- Ottimizzazione del rivelatore
 - fotoni (low-, high-energy)
 - charge ID
 - acceptance (dead regions in the FoV)
- Completamento del rivelatore
 - Trigger

- DAQ

G. Ambrosi passa poi all'argomento principale del suo intervento, la Lettera di Intenti per la progettazione e l'implementazione del rivelatore HERD (*Letter of Intent to collaborate on the design and implementation of the HERD Scientific Instrument*), in collaborazione tra l'INFN, rappresentato dal Presidente, e l'IHEP di Pechino, rappresentato dal suo Direttore Prof. Yifang Wang:

- Presso il CSU (Center for Space Utilization office) è in fase di "approvazione" l'esperimento HERD
- Questo vuol dire che gli esperti della CSS giudicano fattibile un esperimento con:
 - dimensioni dell'involucro: $\sim 2.3 \times 2.3 \times 2.6 \text{ m}^3$
 - massa: $\sim 3800 \text{ kg}$
 - potenza $\sim 1200 \text{ W}$
- Fattibile vuol dire: lanciabile, installabile, operabile
- Bozza di lettera pronta, da raffinare con i colleghi italiani, discutere con i colleghi cinesi, verificare con il management
- Proposta di firma per il prossimo IHEP–INFN Annual Cooperative Meeting
- La LoI non prevede impegno economico nel breve termine, ma è solo la formalizzazione del lavoro di studio e simulazione già in corso.

G. Ambrosi mostra poi alla Commissione l'esposizione dell'esperimento DAMPE, confrontata con quella di DAMPE, CALET e DREAM, ed i valori attesi per le misure dello spettro dei protoni e dell'He: sarà possibile effettuare misure di precisione e raggiungere la zona del ginocchio. Con il rivelatore HERD sarà anche possibile, aggiunge G. Ambrosi, studiare l'eventuale presenza di un ginocchio ad energie più basse.

G. Ambrosi conclude il suo intervento mostrando alcuni spettri attesi per le misure di elettroni ed una mappa delle sorgenti gamma visibili da HERD, poiché anche questi due tempi rientrano nel programma scientifico dell'esperimento.

Al termine dell'intervento di G. Ambrosi, M. Pallavicini annota come sia possibile che il progetto eAstrogam venga sviluppato in collaborazione con l'ESA e l'INFN dovrebbe realizzare un prototipo del tracciatore nel 2019-21: potrebbe questo andare in conflitto con HERD? G. Ambrosi chiarisce che non ci sarebbe conflitto, poiché HERD ha tempi più lunghi, va dopo il 2020/21.

M. Pallavicini osserva comunque che il lavoro di preparazione insiste sulle stesse strutture e che, anche se HERD verrà posticipato, la sua realizzazione, prima dell'invio in Cina e del lancio sulla stazione spaziale cinese, potrebbe entrare in conflitto con la realizzazione del tracciatore di HERD. G. Ambrosi conferma che attualmente questo conflitto non c'è ed eventualmente se ne potrà nuovamente discutere tra un anno, quando lo scenario sarà più chiaro.

M. Pallavicini concorda che la Commissione ne dovrà tenere conto quando si tratterà di firmare un impegno vero per la realizzazione del tracciatore di eASTROGAM.

M. Pallavicini ricorda che il 5 maggio ci sarà il bilaterale in Cina, a cui per l'INFN parteciperà certamente il Presidente F. Ferroni e G. Ambrosi e forse alcuni membri di Gruppo I per le attività sui *collider*.

EoI alla Neutrino Platform del CERN per i nuovi Near Detectors di T2K e oltre (HyperK/Dune)

M.G. Catanesi presenta il report sull'upgrade del Near Detector a T2K ed inizia l'intervento con uno schema della sua presentazione:

- T2K in "*Nutshell*"
- T2K " δ_{cp} Discovery Potential" e limiti delle misure in corso

Prospettive a medio termine (2020–2025) --> T2K-II

- Fascio di neutrini ad elevata intensita' da JPARC (0.75 --> 1.3MW)
- Rivelatore a 1 Km + SK–GD
- Upgrade di ND280 + Attivita' di R&D alla Neutrino Platform del CERN
- Cenni sulle prospettive a lungo termine (>2025)
 - Near Detector per HYPERK/DUNE

M.G. Catanesi ricorda alla Commissione la struttura di T2K, con un fascio di neutrini che percorre 295 km tra J-PARC ed il rivelatore SuperKamiokande. E' possibile lavorare in due modalita', ν beam mode e anti- ν beam mode. Se il numero di eventi rivelati nell'apparato SK e' maggiore di quelli attesi, si ha oscillazione di ν_e in appearance, mentre se e' piu' piccolo si ha oscillazione anti- ν_e in appearance. I dati prediligono il valore di δ_{CP} che inducono la massima simmetria ν_e - anti- ν_e , $\delta_{CP} = -\pi/2$. La conservazione di CP ($\delta_{CP} = 0$) e' esclusa al 90% di CL.

M.G. Catanesi passa poi a descrivere la fase successiva del progetto, T2K Fase II (T2K–II):

- La proposta
 - Proposta di estensione T2K–II (arXiv:1609.04111)
 - Il programma originale di T2K e' 7.8×10^{21} POT
 - Piano: Accumulare 2×10^{22} POT per il ~2026 (3σ di sensibilita' alle violazioni di CP nel caso di parametri favorevoli) --> Fascio di neutrini di elevata intensita'.
- Gli obiettivi scientifici
 - ~400 eventi attesi per segnale di apparizione di ν_e
 - Miglioramento dell'analisi per aumentare la significativita' statistica
 - Errore Sistemático 5.8 --> 4% (<3% HyperK/Dune)
 - Le misure del Near Detector sono cruciali!
 - Approvato per la Fase -1 dal PAC
 - Conclusione del ProgettoTecnico entro il 2017 per richiedere l'approvazione in Fase-2.
- Upgrade del fascio di neutrini da J-PARC
 - Upgrade continuo del fascio di neutrini sino al 2030
 - Potenza attuale del fascio ~470 kW
 - Nuovo sistema di potenza a 750kW per il 2019
 - Rate di ripetizione incrementato a 0.86 Hz per 1.3 MW per il 2026
 - L'upgrade del fascio di neutrino da J–PARC per Hyper-K e' una prioritá' primaria nel progetto di sviluppo di KEK (KEK Project Implementation Plan, KEK-PIP)
 - Forte coinvolgimento per futuri programmi sul neutrino.

M.G. Catanesi descrive poi le sorgenti di errori sistematici:

- Differenza accettazione Near/Far detector
- Bersaglio differente Near/Far (CH/H₂O)
- Sezioni d'urto non conosciute a bassa energia
- Near/Far ratio
- Discrepanze modelli teorici

Per questi motivi e' stato proposto un rivelatore intermedio:

- Caratteristiche principali
 - Rivelatori Cherenkov ad acqua a ~1-2 km di distanza per T2K-II/HK
 - La stessa tecnologia del *Far detector*
 - Cancellazione degli errori Far/Near
- Due proposte
 - NUPRISM (arXiv:1412.3086) e TITUS (arXiv:1606.08114)
 - Si uniranno in un unico rivelatore/unica collaborazione (quest'anno)
 - Costruzione 2020–2023 (?)

La proposta contenuta nella Lettera di Interesse (LOI) consiste in un upgrade del near detector di T2K, denominato ND280. Il disegno per l'upgrade di ND280 raccoglie un lavoro molto ampio svolto nel corso dello scorso anno e riassunto in un documento di 60 pagine (ND280 Upgrade Task Force report; <http://www.t2k.org/docs/technotes/303/tn303-v1.0>). M.G. Catanesi riassume le linee guida per l'upgrade di ND280:

- Progetto di circondare la TPC con piani di scintillatore per misure di T_0 e di TOF.
- Una possibile configurazione alternativa
 - Fornire circa ~4t di bersaglio strumentato, con eccellente accettazione per tracce in avanti, indietro e a grande angolo.
 - Minimizzare il reshuffling dei rivelatori. Concentrarsi sulla parte a monte. Lasciare gran parte dell'attuale tracciatore ND280 invariato.

M.G. Catanesi mostra alla Commissione i grafici relativi alle previsioni sull'incremento in prestazioni:

- Targets Orizzontali e nuove TPC possono misurare con accuratezza la regione a grandi angoli sia per *Water-in* che per *Water-out* targets WAGASCI (WATER Grid And SCIntillator)
- A $\cos\theta \sim 0$ l'efficienza aumenta a $> 50\%$ per *Water-in*, $\sim 70\%$ for *Water-out*
- Anche la soglia in impulso e' piu' bassa nella nuova configurazione.

Per l'upgrade del near detector sara' utilizzata, precisa M.G. Catanesi, una TPC di nuova generazione basata sugli MPGD (Micro Pattern Gas Detector) e questo indica non solo che si cerca di utilizzare la migliore tecnologia disponibile, ma anche che si cerca di proporre idee nuove. Nei giorni 8-9 novembre 2016 si e' svolto al CERN un workshop su questi temi, con circa 80

partecipanti (<https://indico.cern.ch/event/568177/timetable/>). Le caratteristiche principali di questo nuovo tipo di rivelatore possono essere così riassunte:

- TPC ad alta pressione per studiare le particelle con basso impulso ed in particolare per risolvere il vertice
- Progetto della TPC per ridurre le sistematiche
- Per la nuova generazione di esperimenti LBL
- Programma R&D al CERN (Neutrino Platform) per lo sviluppo di TPC e HPTPC per esperimenti di neutrino
- Temi collaterali come la ricerca di Materia Oscura o il Doppio Decadimento Beta possono essere affrontati in caso di sviluppi comuni.

M.G. Catanese passa poi ad illustrare l'Espressione di Interesse (EOI) SPSC-E)I-15, frutto di una decisione presa nel workshop di novembre. Il documento è stato firmato da 190 persone, incluso un gruppo del CERN, ed è stato sottomesso all'SPSC a gennaio. M.G. Catanese informa la Commissione che ci sono stati alcuni contatti preliminari con i referee e all'inizio di aprile è stato inviato un addendum. Il progetto si propone due obiettivi:

- Studio, ottimizzazione, progetto e costruzione di un upgrade del near detector ND280 capace di portare la precisione (indipendentemente dal modello) sotto il ~4%, in linea con le richieste di T2K-II
- Studio, ottimizzazione, progetto di una TPC ad Alta Pressione (HPTPC) che possa servire come base per un rivelatore dedicato ad esplorare i dettagli delle interazioni di neutrino. Verificare le proposte con misure su un prototipo al test beam.

Le parti principali del rivelatore sono:

- TPC
- TOF
- Active targets (wagasci)
- HPTPC prototype

Il lavoro del gruppo è organizzato in 12 *Work Packages*:

- WP1 "Mechanical design and integr. (PL,CH)"
- WP2 "TPC field cage and gas vessel (INFN)"
- WP3 "TPC Readout technology (CEA, CERN)"
- WP4 "TPC electronics and DAQ (CEA,PL)"
- WP5 "Scintillator-based trackers (Japan+LLR)"
- WP6 "TOF system (Russia)"
- WP7 "Gas system and calibration (Canada,CERN)"
- WP8 "Test beam measurements (Spain,CERN,all)"
- WP9 "High Pressure TPC (UK)"
- WP10 "Simulation and optimization studies (CH,all)"

- WP11 "Physics studies (France,all)"
- WP12 "DAQ (UK)"
- WP13 "Software (UK, all)"

Nei giorni 20-21 Marzo si e' svolto al CERN un Workshop (<https://indico.cern.ch/event/613107/>) in cui sono stati definiti gli obiettivi di ciascun *Work Package* ed e' stato definito un piano per la costruzione ed il test, grazie anche agli stessi suggerimenti ottenuti durante il Workshop stesso.

M.G. Catanesi presenta alla Commissione una tabella di sviluppo temporale del progetto, che prevede una installazione intorno all'anno 2020, per essere pronti ad acquisire intorno al 2026. L'installazione dovrebbe avvenire durante gli shutdown estivi, in modo da minimizzare i tempi morti e per questo la data piu' ragionevole per l'installazione sembra essere quella dell'estate del 2021. Le varie tappe possono essere cosi' riassunte, tenendo presenti anche eventuali vincoli di tipo tecnico o finanziario:

- 2017 Svolgere studi di ottimizzazione, definire la configurazione da preferire, completare la struttura dei WP e le responsabilita', preparare e sottomettere il *proposal* per il SPSC
- 2018 Prototipo della TPC al testbeam. Definire le opzioni relative al rivelatore (granlarita', ecc.). Preparazione per la produzione. NB: *milestones* simili per gli altri rivelatori
- 2019–2020 Produzione e integrazione al CERN. Test.
- 2021 Invio in Giappone, installazione e *commissioning*.

Ciascun Work Package dovra' comunque definire dei tempi di lavoro realistici come contributo alla pianificazione dell'intero progetto.

M.G. Catanesi descrive poi con maggiore dettaglio alcuni elementi tecnici del progetto, le nuove TPC orizzontali, con Micromegas (Micro Mesh Gaseous Structure) a bulk resistivo, e le gabbie di campo, secondo il modello di Aleph o di Harp. Gli obiettivi delle TPC a gabbia di campo sono:

- Trovare il miglior compromesso in termini di:
 - Accettanza
 - regione di Uniformita' del campo
 - Isolamento HV
 - Quantita' e scelta dei materiali
 - Rigidita'
 - Semplicita' di integrazione, ...
- Il Progetto Tecnico richiede discussioni e scambio di informazioni
 - Verificare successivamente diverse configurazioni per mezzo delle simulazioni
 - Integrazione dei moduli di lettura
 - Posizione dei punti di ingresso e di uscita del gas
 - Struttura di supporto
 - Accessibilita'

Il prototipo, sottolinea M.G. Catanesi, dovrebbe essere realizzato nel corso del 2018, con le seguenti caratteristiche:

- Dimensioni
 - 2 moduli x 1 modulo x 100 cm
 - Può alloggiare due camere 2 MM
 - Lunghezza di *drift* realistica
 - Test di integrazione al CERN (?)
- Prototipo con le scelte tecniche finali
- Di piccole dimensioni, ma sufficientemente grande per alloggiare 2 moduli di lettura
- Utilizzato come verifica della tecnica di costruzione
- Anche utile per i test di integrazione
- Tempi: 2018

M.G. Catanese descrive poi brevemente le caratteristiche delle TPC ad alta pressione (HPTPC), che potrebbero essere utilizzate come ulteriori rivelatori per il near detector, nell'alloggiamento da 280m. Il numero di eventi di corrente carica assumendo un rivelatore di 8m³ di volume, per due diversi valori di pressione, e' riportato nella seguente tabella:

2x2x2 m³ 20°C	5 bars	10 bars
He	6.65 kg	13.3 kg
	520 evt/10 ²¹ pot	1040 evt/10 ²¹ pot
Ne	32.5 kg	67.1 kg
	2543 evt/10 ²¹ pot	5086 evt/10 ²¹ pot
Ar	66.5 kg	133 kg
	5203 evt/10 ²¹ pot	10406 evt/10 ²¹ pot
CF ₄	146.3 kg	293 kg
	11450 evt/10 ²¹ pot	22893 evt/10 ²¹ pot

M.G. Catanese mostra poi lo schema di un Prototipo di TPC ad alta pressione (HPTPC):

- Disegno del prototipo della UK HPTPC basato su rivelatori DMTPC da 1 m³
- La regione di amplificazione delle mesh, potrebbe essere sostituita da MPGD
- Il *vessel* della HPTPC ed il sistema di gas sono attualmente in costruzione presso la Cryovac (ES)
- consegna per Gennaio 2018.

Questi risultati, osserva M.G. Catanese, hanno un impatto anche sulla sensitività di DUNE, poiché l'impiego di una HPTPC migliorerebbe la sensitività di scoperta, rispetto ai risultati che si potrebbero ottenere con il solo *far detector*.

M.G. Catanese conclude il suo intervento con alcune annotazioni conclusive:

- Con una statistica tripla ($20 \cdot 10^{21}$) rispetto a quella attualmente approvata T2K potrebbe effettuare una prima misura ($\sim 3\sigma$) di violazione di CP se le indicazioni attuali ($\sim -90^\circ$) fossero confermate.
- L'upgrade del MR (750–900 KW) in fase di realizzazione (2018-2019) permettera' di raccogliere la statistica necessaria in circa 5 anni (2020–2025).
- Il PAC giapponese ha approvato lo stage 1. Lo stage 2 (approvazione finale), necessita di un TDR (in preparazione --> fine 2017–inizio 2018)
- In aggiunta sara' necessario migliorare l'errore sistematico 5.8% --> 4%
-->UPGRADE ND280 (2020--2021)
- Expression of Interest (EOI) SPSC–EOI–15 (nell'ambito di NP)
 - 190 firmatari (fra cui un congruo gruppo del CERN)
 - Interesse INFN (TPC, HPTPC, testbeams, Analisi)
 - Un progetto 2 scopi (ND280 upgrade (T2K–II), HPTPC R&D (Dune, HyperK)
 - Scala temporale ND280 upgrade (T2K–II) (richiesta fondi alla CSN2)
--> 2018–2021

A queste conclusioni, M.G. Catanesi aggiunge alcune considerazioni di carattere generale e osserva come l'upgrade dello ND280 di T2K possa essere una ottima occasione per la comunita' dei neutrini con acceleratori (oscillazioni) per diversi motivi:

- Riduzione degli errori sistematici: (5.8% --> 4% --> <3%)
 - Misura sezioni d'urto dei neutrini alla scala del GeV
 - Comprensione dei meccanismi di interazione dei neutrini
- Sviluppo di rivelatori di nuova generazione:
 - TPC con MPGD readout
 - HPTPC
- Crescita di competenze (in particolare fra i giovani)
- Produzione scientifica di ottimo livello
- Sinergie con i progetti della generazione successiva (Dune, Hyperk)
- Possibilita' di trovare nuovi collaboratori

Al termine della presentazione di M.G. Catanesi, M. Pallavicini osserva come si tratti di un impegno scientifico importante, che non e' solo un ponte di collegamento tra le attivita' di Gruppo I e quelle di Gruppo II, e che andra' avanti per i prossimi anni, nella speranza che cresca.

M.G. Catanesi osserva anche come il profilo di spesa potrebbe crescere. M. Pallavicini conferma comunque che questo sara' argomento delle riunioni della Commissione dedicate all'analisi dei preventivi.

Alle ore 18:40 la Commissione continua i suoi lavori in Sessione Chiusa, rimandando la discussione degli altri temi all'Ordine del Giorno (Review su Esperimenti di Astrofisica Gamma – Sessione Aperta e Calcolo in CSN2 – Sessione Chiusa) a Mercoledì 12 Aprile 2017.

11 aprile 2017

h. 18:40-19:10. SESSIONE CHIUSA

Comunicazioni

M. Pallavicini introduce la discussione sulla comunicazioni alla Commissione, sottolineando come tre saranno i punti principali oggetto di discussione.

Il primo punto riguarda i rapporti con l'ESA ed i due progetti COrE ed eASTROGAM. La situazione e' in forte evoluzione ed eASTROGAM e' ancora un progetto che potra' essere finanziato, poiche' attualmente e' stato selezionato in fascia A. Potremmo quindi iniziare a pensare ad eASTROGAM come ad una attivita' di Commissione II. Per COrE non si hanno ancora notizie: ci sono ancora tentativi, ma la situazione non e' chiara. C'e' inoltre un interesse dei Giapponesi per misure di CMB

La seconda comunicazione di M. Pallavicini alla Commissione riguarda il contratto per IXPE stilato con ASI, per 6.4 M€ in 4 anni. Si tratta quindi di una attivita' che parte e che entrera' a far parte delle attivita' di Gruppo II, con un contributo finanziario limitato da parte della Commissione.

Il terzo punto che viene discusso riguarda i rapporti dell'Ente, ed in particolare della Commissione, con l'ASI. A seconda della persona dell'ASI con cui si parla, l'evoluzione del progetto puo' diventare piu' o meno complessa, con esiti molto diversi tra loro. Per questo motivo M. Pallavicini, in accordo con il Presidente N. Ferroni, propone una organizzazione piu' strutturata: dovremmo chiedere all'ASI di prendere in considerazione le domande che provengono da ricercatori INFN o comunque a nome dell'INFN, solo se da parte dell'INFN c'e' stata una valutazione previa del progetto o della richiesta, una sorta di "bollino blu" dell'Ente. In alcuni casi l'interazione personale con l'ASI ha risultati positivi, ma non e' sempre cosi'. Questa proposta di strutturazione dei rapporti con l'ASI e' anche in accordo con quanto proposto ieri dal Direttore Generale B. Quarta per la gestione dei fondi esterni: non si tratta mai di legare l'approvazione scientifica della Commissione alla disponibilita' di fondi esterni. Con l'ASI si potrebbe fare in modo che il primo accesso passi prima dalla Commissione. In alcuni casi puo' essere vantaggioso avere rapporti informali, ma non sempre la collaborazione giunge a buon fine, mentre un rapporto piu' strutturato potrebbe aiutare. Ad esempio, nel caso di IXPE, la collaborazione e' giunta a buon fine, ma non accade sempre cosi'.

M. Boezio interviene nella discussione ed osserva come, ad esempio, GAPS ha gia' seguito piu' o meno questo iter, con una discussione preventiva in Commissione, ma sottolinea anche come sia importante non dare all'ASI l'impressione che l'INFN decida in maniera preventiva. M. Pallavicini concorda con questa preoccupazione, ma propone una organizzazione strutturata: si tratterebbe di una valutazione preventiva, che ritiene una proposta interessante, e la porta poi alla discussione con l'ASI. Il tavolo bilaterale con l'ASI non ha mai avuto questo scopo, poiche' al tavolo bilaterale non si e' mai discusso di finanziamenti, si trattava solo di uno scambio informativo reciproco. M. Boezio precisa poi le fasi con cui si e' giunto ad un accordo di collaborazione tra ASI ed INFN per la realizzazione di GAPS.

M. Pallavicini suggerisce che se la richiesta fosse avanzata dal Presidente INFN all'ASI, sarebbe poi piu' facile avere un percorso piu' coerente. In alcuni casi il risultato di un contatto personale

potrebbe essere migliore, ma non e' detto, e comunque la Commissione deve tenere presente l'insieme delle diverse situazioni.

M. Boezio concorda con la prospettiva avanzata descritta da M. Pallavicini, che ritiene positiva, sottolinea la necessita' di organizzare bene il lavoro di questo gruppo di contatto tra INFN ed ASI.

Se la Commissione e' d'accordo su questo, riprende M. Pallavicini, potrebbero essere identificati i nomi di 3 o 4 Commissari, che facciano parte di un gruppo di lavoro dedicato a coordinare questo meccanismo interno di gestione dei rapporti con l'ASI.

A. Incicchitti interviene nella discussione precisando come si tratti di un meccanismo istituzionale: da noi ci si puo' aspettare solo una risposta istituzionale e la proposta appare corretta. I. De Mitrì ritorna sul tema dei rapporti con l'ASI e osserva come questo problema meriti attenzione: in realta' c'e' una asimmetria, poiche' l'ASI garantisce in queste collaborazioni gran parte del finanziamento e quindi giustamente dovrebbe avere un maggior peso decisionale. Un esempio di questo e' l'approvazione da parte di ASI di una nuova fase dell'esperimento Jem-Euso.

M. Pallavicini ricorda brevemente la storia delle diverse fasi della approvazione del progetto Jem-Euso, che ora potra' contare sulla possibilita' di una missione su pallone finanziata dall'ASI, ed osserva che, piu' in generale, che l'INFN non dovrebbe usare persone o strutture dell'Ente stesso per fare cio' che non e' approvato dall'Ente. R. Sparvoli, in relazione a Jem-Euso, ricorda come ci sia un contratto firmato tra ASI ed INFN. Anche G. Fiorillo ritorna su questo punto. M. Pallavicini precisa che si tratta di una attivita' dell'Ente ma non della Commissione. Naturalmente, ribadisce M. Pallavicini, ci sono casi dai risultati positivi, come GAPS ed IXPE.

A. Incicchitti osserva come le persone potranno abituarsi a questa nuova strategia, soprattutto se caratterizzata dal sentiero della razionalita'. L. Latronico sottolinea come si tratti di proporre un percorso di trasparenza ed e' d'accordo sulla proposta avanzata da M. Pallavicini, prevedendo che ci possano essere vantaggi per tutti.

M. Pallavicini sintetizza i risultati della discussione, annotando come siamo all'inizio di un percorso e come potremmo presentare al presidente N. Ferroni la proposta di avere un gruppo di lavoro con cui interloquire con l'ASI. Un ulteriore vantaggio di questa proposta risiede nel fatto che anche nell'ASI sarebbe piu' facile identificare un interlocutore istituzionale, mentre con contatti personali e non strutturati, la persona dell'ASI a cui il singolo Ricercatore si rivolge e' di volta in volta spesso diversa. Questa proposta di strutturazione e' difficile ma possibile per i rapporti con l'ASI, ma non sarebbe percorribile con ESA e NASA: potremmo pero' anche in questo caso richiedere una discussione previa in Commissione. Pero' in genere questo e' sempre accaduto: nel complesso si tratta sempre di un percorso.

P. Sapienza, pur precisando di non avere esperienza diretta di collaborazioni con l'ASI, ritiene doveroso il fatto di discutere in Commissione prima di iniziare una trattativa con ASI: una volta che c'e' l'*endorsement* dell'INFN, ci si puo' rivolgere all'ASI. P. Sapienza ritiene anche che l'ASI puo' in ogni momento avanzare le sue valutazioni e prendere decisioni, per cui questa proposta non lederebbe l'autonomia scientifica dell'ASI.

M. Pallavicini ricorda che in alcuni casi l'ASI ci ha chiesto di referare i loro progetti, ad esempio per CALET.

N. Mazziotta ricorda come in alcuni casi siano arrivati all'ASI proposte gia' analizzate dall'INAF. Anche noi potremmo usare questo modello.

L. Latronico ritiene importante non eccedere nella strutturazione dei rapporti con l'ASI, poiché in alcuni casi si tratta di partecipazioni a bandi, ai quali è necessario rispondere velocemente. M. Pallavicini precisa che si tratta di coinvolgere l'INFN sin dall'inizio, con un meccanismo agile, senza rendere le procedure troppo lunghe o complesse.

R. Dolesi interviene nella discussione per chiarire quale è il problema che vogliamo affrontare, se si tratta di evitare che attività scientifiche non ritenute opportune dall'INFN vengano riproposte attraverso l'ASI o di sostenere in diverso modo iniziative che nascono all'interno dell'INFN e che devono ottenere l'approvazione ed il finanziamento dell'ASI. M. Pallavicini ribadisce che si tratta di strutturare questi rapporti, in modo da evitare che i percorsi seguiti siano di volta in volta diversi a seconda delle persone coinvolte, sia da parte INFN che ASI.

M. Pallavicini riassume poi il risultato della discussione e ritiene che il problema sia stato ben identificato: evitare che il percorso di accesso ai finanziamenti dell'ASI segua un percorso disordinato, che non garantisce il buon esito della trattativa: è necessario un minimo di struttura e questo potrebbe essere un vantaggio per l'ASI stesso, poiché si troverebbe in dialogo non con ricercatori a seguito di iniziative personali, ma con chi già garantisce un minimo di interesse dell'INFN. All'ASI potrebbero anche essere presentati 3 o 4 progetti, in modo da sottolineare come la decisione non sia già stata presa dalla Commissione o dall'INFN prima ancora di entrare nel merito della discussione tra ASI ed INFN.

M. Pallavicini propone quindi ai membri della Commissione di riflettere ancora su questo punto. Nella sessione chiusa di domani la proposta verrà formalizzata.

Alle ore 19:10 la Commissione conclude i suoi lavori.

12 aprile 2017

h. 8:00-12:00. SESSIONE APERTA

Esperimenti di Astrofisica Gamma

E. Vannuccini presenta la review sugli Esperimenti di Astrofisica nella banda dei raggi X e dei raggi gamma, ed inizia il suo intervento con la presentazione delle attività di ricerca nell'Astronomia dei raggi X e dei raggi γ in cui è coinvolto l'INFN: Fermi-LAT, MAGIC, CTA, LHAASO, IXPE, una missione post-Fermi e la nuova generazione di telescopi Compton.

E. Vannuccini ricorda poi quali sono i meccanismi di produzione dei raggi gamma:

- Prodotti principalmente in processi radiativi di particelle relativistiche
 - Processi adronici --> protoni e nuclei interagiscono con la materia (\geq HE- γ), attraverso il decadimento dei pioni neutri
 - Caratterizzato dalla scala di massa del pione (picco a ~ 68 MeV)
 - Associato alla emissione di ν
 - Processi leptonici --> elettroni e positroni interagiscono con i campi di radiazione
 - Effetto Compton Inverso, sui fotoni del mezzo (\geq HE- γ)
 - Radiazione di Sincrotrone, in campi magnetici (--> Radio \div ME- γ)
 - Fenomeni di bremsstrahlung non termici
- Linee

- Decadimenti Nucleari (LE- γ)
- Annichilazione di antimateria (LE- γ)
- Diseccitazione atomica o di ioni.

Il cammino libero medio della radiazione elettromagnetica dipende dalla energia e questo permette di esplorare l'universo sino a diverse profondita': E. Vannuccini mostra un grafico con gli effetti di assorbimento per sorgenti extragalattiche, a partire da 100 GeV. L'orizzonte per i raggi gamma al Pev e' circa delle dimensioni della Galassia.

I temi di Fisica Fondamentale, inclusa la ricerca di nuovi fenomeni, che possono essere affrontati attraverso le misure della radiazione γ e X vengono cosi' riassunti da E. Vannuccini:

- sorgenti di raggi γ di origine cosmologica
 - Produzione diretta e indiretta di raggi γ per annichilazione o decadimento di particelle tipo WIMP
 - Micro-burst da evaporazione di PBHs
- Anomalie nella propagazione su distanze cosmologiche
 - Assorbimento ridotto dovuto al mixing dei fotoni di fondo con gli Assioni (Axion-Like Particles, ALPs)
 - Cambio di polarizzazione dovuto al mixing dei fotoni della sorgente con gli Assioni (ALPs)
 - Dipendenza della velocita' della luce dall'Energia (Violazione dell'invarianza di Lorentz)
- Sistemi estremi come laboratori naturali per verificare le teorie fisiche in condizioni non altrimenti accessibili
 - Intensi campi gravitazionali
 - Campi B intensi
 - Valori elevati della densita' di materia

La rivelazione di raggi γ puo' essere effettuata dallo spazio (misure dirette), sino ad energie dell'ordine del TeV o con apparati a terra (misure indirette), per energie superiori alle centinaia di TeV.

E. Vannuccini passa poi a descrivere l'esperimento IXPE, nell'ambito della Astrofisica a raggi X. IXPE (Imaging X-ray Polarimeter Explorer) e' stato ufficialmente selezionato dalla NASA come prossima missione (*Small Explorer mission*) ed il lancio e' previsto per la fine del 2020. La struttura generale del rivelatore viene cosi' riassunta:

- Tre telescopi identici, ciascuno con una GPD e ottiche a raggi X:
 - Ridondanza completa, in modo da ridurre possibili effetti sistematici residui.
- Massa e Potenza (totali) ~ 300 kg, ~ 200 W:
- Lunghezza focale: 4 m

La collaborazione, annota E. Vannuccini, ha una esperienza ventennale nello sviluppo di chip CMOS come elettrodi a pixel per la raccolta di carica e nello sviluppo della necessaria elettronica di Front End, con tre generazioni di ASICs.

Il punto chiave del rivelatore è la possibilità di avere polarimetria simultanea, imaging e misure di tempo. Il rivelatore GPD permette di effettuare polarimetria fotoelettrica con le seguenti caratteristiche:

- Informazioni morfologiche dettagliate disponibili evento per evento
- Fattore di modulazione: 0.2 (0.7) at 2 (8) keV (modulazione residua < 5%)
- Risoluzione spaziale ~ 90 μm a 5.9 keV, misurata (\ll lunghezza della traccia)
- Risoluzione in energia ~ 15% (FWHM) a 5.9 keV
- Risoluzione temporale sulla scala del μs

Gli obiettivi scientifici di IXPE vengono così sintetizzati da E. Vannuccini:

- La polarimetria è ancora largamente poco sviluppata, in confronto con le altre branche dell'astronomia a raggi X
 - Una misura solida (Crab Nebula, 1976)
 - Nessuna misura di polarimetria nella banda dei raggi-X soffici negli ultimi 40 anni.
 - IXPE potrà misurare la percentuale e l'angolo di polarizzazione lineare per decine di sorgenti astronomiche
- L'origine dei Raggi Cosmici:
 - Polarimetria di resti di supernova.
- Sistemi Estremi (ad esempio campi gravitazionali e/o magnetici molto intensi) e test di previsioni specifiche della Relatività Generale e/o della QED
 - Dischi di accrescimento attorno ai buchi neri.
 - Stelle di neutroni con intenso campo magnetico (*Magnetars*).
- Nuova Fisica attraverso la propagazione su distanze cosmologiche:
 - Ricerca di violazioni dell'invarianza di Lorentz.
 - Ricerca di Assioni o di Particelle tipo Assioni (axion-like particles, ALP).
- La polarimetria con risoluzione in energia ed in fase permette di effettuare test specifici sulle previsioni della Relatività Generale e della QED.

La collaborazione sta sviluppando il più grande Silicon Drift Detectors ($120.3 \times 72.5 \text{ mm}^2$) mai costruito, ed il primo prototipo risale al mese di luglio del 2013. Lo sviluppo di SDD di grande area e di elettronica di front end di basso rumore trae vantaggio dagli studi di LHC/ALICE e viene ora applicato all'astrofisica a raggi X.

E. Vannuccini presenta poi brevemente un altro progetto sperimentale, LOFT (The Large Observatory for X-ray Timing), le cui caratteristiche principali vengono così riassunte:

- Il Rivelatore
 - Detector a grande area (Large Area Detector, LAD)
 - 1 strato di SDD (Silicon Drift Detector)
 - Piano micro capillare
 - Intervallo di energia 2–30 keV, risoluzione 200 eV, area effettiva $\sim 10 \text{ m}^2$
- Obiettivi Scientifici

- Indagare lo stato della materia a densità sopra-nucleare nelle stelle di Neutroni ("Dense Matter")
- Indagare la teoria della Gravitazione nei campi gravitazionali estremi dei Buchi Neri ("Strong Gravity")
- Indagare la fisica di centinaia di sorgenti luminose cosmiche galattiche ed extragalattiche ("Observatory Science")
- Studio delle sorgenti di raggi X rapidamente variabili e della variabilità spettrale per verificare il moto della materia sino a distanze molto vicine a Buchi neri e Stelle di Neutroni
- Opportunità di Missione con coinvolgimento o interesse dell'INFN
 - LOFT ESA-M3 (elevata valutazione)
 - LOFT ESA-M4
 - LOFT-P (US) NASA-PhyPAGP-class (seconda parte del decennio 2020s)
 - LOFT *pathfinder* (2020/2021)
 - sulla stazione Russa ISS (ROSCOSMOS)
 - LAD ~ 1 m² area eff.
 - Approvato in Russia, attualmente in fase O/A/B1.
 - Lancio in fine-2020
 - eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarization mission) CAS (2024/2025)
 - XTP+LOFT
 - Collimatore + Telescopio + Polarimetro (5 x IXPE)
 - LAD ~ 3.5 m² area eff.
 - Pre-selezionato in Cina, attualmente in fase O/A.
 - Selezione nel 2016/2017; lancio nel 2024/2025.

E. Vannuccini passa poi a presentare alla Commissione le missioni di FERMI-LAT e di AGILE, le cui caratteristiche vengono così riassunte:

- Fermi - LAT (Large Area Telescope)
 - LAT:
 - telescopio a conversione di coppie 20 MeV – > 300 GeV
 - convertitore Silicio/Tungsteno con tracciatore
 - Calorimetro CsI(Tl) (8.6 X₀)
 - Gamma-ray Burst Monitor (GBM) - Contatori
 - 8 keV – 40 MeV
 - Grande campo di vista (2.4 sr)
 - 20% del cielo in ogni istante
 - Tutto il cielo per 30' ogni 3h
 - Esteso intervallo di energia, 10-100 GeV
 - Lanciato l'11 giugno 2008
 - Dati pubblici
 - ~500 G triggers, ~100 G evts a terra, ~1 G gamma pubblici
 - ~450 articoli di collaborazione, ~2500 papers
- AGILE - Astrorivelatore Gamma a Immagini LEggero
 - Anticoincidenza
 - Responsabilità: INAF-IASF-Mi

- Hard X-Ray Imager (SUPER-AGILE)
 - Responsabilita': INAF-IASF-Rm 18-60 keV
- Gamma-Ray Imager Silicon Tracker
 - Responsabilita': INFN-Trieste
 - 30 MeV -50 GeV 2.5 srFoV
- (MINI) Calorimeter
 - Responsabilita': INAF-IASF-Bo, Thales-Alenia Space (LABEN)
 - 0.25–200 MeV; 4.3 X₀

E. Vannuccini presenta una tabella di confronto tra le caratteristiche di Fermi-LAT e di Agile e si sofferma poi su alcuni risultati ottenuti da Fermi, che e' ormai il rivelatore di riferimento per lo studio dei raggi γ , nei seguenti ambiti di ricerca:

- Astrofisica *Multi-messenger* e a piu' lunghezze d'onda.
 - GWs, CRs, vs, MW facilities
- Astronomia nel dominio del tempo
 - Scala di tempo dalle decine di ms agli anni
- Ricerca di Materia oscura DM
 - WIMPs e ALPs
- Astrofisica delle Particelle
 - Siti di accelerazione dei Raggi Cosmici

Dopo la rivelazione di Onde Gravitazionali, tutta la Comunita' di Astronomi dei fenomeni transienti si e' impegnata in una vasta campagna di ricerca di corrispondenti emissioni Elettromagnetiche (*EM-counterparts*). E. Vannuccini riassume i risultati ottenuti da Fermi (*EM follow-up*):

- GBM
 - Segnale candidato in corrispondenza con l'evento GW150914
 - (non visto da altri rivelatori)
 - Attesi 2-4 eventi in 3 anni
- LAT
 - Nessun segnale rivelato

Un ambito di interesse all'interno della γ - Astronomia, continua E. Vannuccini, riguarda la ricerca indiretta di materia Oscura, cercando di evidenziare il flusso di fotoni legati alla annichilazione di WIMP. Sono possibili diverse strategie di ricerca (Pieri, 2011):

- Satelliti
 - Basso fondo e buona identificazione della sorgente, ma bassa statistica
- Centro Galattico
 - Buona statistica ma confusione delle sorgenti/fondo diffuso
- Alone della via Lattea
 - Grande statistica ma fondo diffuso
- Extragalattico

- Grande statistica ma fondo astrofisico, galattico e diffuso
- Cluster Galattici
 - Basso fondo ma bassa statistica
- Linee spettrali
 - Nessuna incertezza astrofisica, buona identificazione della sorgente, ma bassa statistica

I risultati ottenuti da Fermi sulle diverse linee di ricerca vengono così riassunti da E. Vannuccini:

- Emissione diffusa dalla Galassia interna
 - Eccesso spaziale (sino al 30%) osservato dal centro Galattico
 - Simmetria sferica, consistente con la Materia Oscura (WIMP di massa 40 GeV)
- Satelliti della Galassia
 - Limite superiore all'emissione da Galassie Nane (Dwarf Spheroidal Galaxies, DSph)
 - Satelliti della Via Lattea, nella galassia i più dominati dalla Materia Oscura
 - Fornisce i limiti più stringenti sulla Materia Oscura
 - L'indagine ottica ha aumentato il numero di DSphs
 - > se non ci sarà un segnale di γ entro 4 anni, estensione della regione di esclusione sino a 400 GeV
- Resti di Supernova (SNRs) e Raggi Cosmici
 - Le emissioni dei SNR sono cruciali per studiare l'accelerazione dei Raggi Cosmici
 - 17 SNRs in 3 anni di dati, poche (IC443, W44, W51C) con una emissione adronica identificata
 - --> modellizzazione dell'emissione di differenti regioni di SNR

La missione FERMI ha avuto, da parte della NSA, una *senior review* nel 2016: il finanziamento è stato confermato sino al 2018 ed è stato raccomandato che possa essere prolungato sino al 2020. Possibili attività dopo Fermi sono: CTA (γ -ray), ATHENA (X-ray), E-ELT (visibile), JWST (infrarosso), ALMA (radio) e SKA (radio). Le nuove astronomie riguardano le Onde Gravitazionali (eLisa) ed i Neutrini (Km3Net / IceCube Gen 2), con un miglioramento della risoluzione angolare e in energia e con una estensione delle osservazioni a più bassa energia.

E. Vannuccini presenta poi brevemente alla Commissione tre progetti di gamma astronomia previsti per il prossimo futuro:

- GAMMA400
 - Convertitore tracciante a microstrip di Silicio e Tungsteno $20 \times 0.0025X_0 + 2$
 - Calorimetro CsI(Tl) $21 X_0$
 - Orbita ideale per l'osservazione di raggi γ
 - Focus sulla migliorata risoluzione angolare ed in energia sopra 10 GeV
 - $< 5^\circ$ and 10% a 50 MeV (Fermi-LAT: 7° 20%)
 - 0.01° and 1% a 100 GeV (Fermi-LAT: 0.08° 7%)
 - $\sim 0.4 \text{ m}^2$ effective area (Fermi-LAT: $0.9 \text{ m}^2 > 2\text{GeV}$)
 - Missione approvata in Russia, lancio dopo il 2023

- Iniziale coinvolgimento dell'INFN nel 2012-2016 nella prospettiva di una missione congiunta per l'osservazione γ /Raggi Cosmici (CaloCube R&D startup) --> Ridimensionamento nel 2016
- Programma della Stazione Spaziale Cinese
 - Stazione Spaziale
 - 3 grandi moduli
 - telescopio da 2 m
 - durata della missione ~10 anni
 - Laboratorio spaziale - senza cabina abitabile
 - 10 astronauti in 5 voli --> passeggiate spaziali
 - High Energy cosmic-Ray Detector (HERD), a bordo della Stazione Spaziale Cinese (2018-2020)
 - Parte di un progetto a lungo termine per la rivelazione di Materia oscura, che include DAMPE
- HERD
 - Studio delle prestazioni per la rivelazione di raggi γ in corso di studio
 - Report sul progetto preliminare entro Luglio 2017
 - Convertitore tracciante superiore e laterale a Silicio/Tungsteno – $6 \times 0.14 X_0$
 - Tecnologia ereditata da Fermi e DAMPE
 - $\sim 1.7 \text{ m}^2$ di area totale effettiva.

E. Vannuccini si sofferma poi sulla prossima generazione di telescopi Compton e si sofferma in particolare sui raggi γ nella regione di energia LE/ME, poiche' molti oggetti astrofisici hanno il picco dell'emissione in questo intervallo, si tratta della regione associata alle transizioni a processi di emissione adronica e molte righe gamma corrispondono a queste energie. Le missioni INFN proposte per questo intervallo di energie (0.2 ÷ 100 MeV) sono:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| • ASTROGAM (Tavani - Tatischev) | ESA-M4 |
| • PANGU (Wu-Chang) | ESA/CAS joint mission |
| • eASTROGAM (DeAngelis -Tatischev) | ESA-M5 (late 2020s) |
| • AMEGO (US) | NASA-PhyPAGP-class (late 2020s) |

E. Vannuccini si sofferma con maggiore dettaglio sulla proposta eASTROGAM (De Angelis et al, arXiv:1611.02232) e ne riassume cosi' gli aspetti principali:

- Il Rivelatore
 - Rivelatore Plastico per anti-coincidenza
 - Tracciante a Silicio - 56 strati x 4 volte di rivelatori doppia faccia a strisce di silicio 5x5 (Double sided Si strip detectors, DSSDs), 5600 in totale, con spessore di 500 μm e 240 μm di passo
 - DSSDs connessi strip a strip a formare unita' 5x5
 - Struttura meccanica leggera e rigida
 - Elettronica di front-end a bassissimo rumore
 - Nessun convertitore passivo

- Calorimetro a Scintillatore: 33856 barre di Csi(Tl) accoppiate agli estremi a rivelatori al Silicio (Silicon Drift Detectors, SDDs)
 - ACD: scintillatori plastici segmentati accoppiati a SiPM con fibre ottiche
 - Tecnologia ereditata da: AGILE, Fermi/LAT, AMS02, INTEGRAL, LHC/ALICE
- Rivelazione congiunta nel range del Compton (0.2-30 MeV) e della conversione di coppie (>10 MeV) range
- polarizzazione dei raggi γ (Compton)
- Obiettivi Scientifici
 - Processi nel cuore dell'Universo estremo
 - Impatto delle particelle di Alta Energia sull'evoluzione della Galassia, dai Raggi Cosmici alla materia Oscura
 - Inner Galaxy, GC, DM, SNRs, antimatter
 - Nucleosintesi e arricchimento chimico nella nostra Galassia
 - Profilo temporale degli isotopi durante le esplosioni di Supernova
- Risoluzione in Energia
 - 20-30% sopra 30 MeV
 - Fermi/LAT ~20% a 30 MeV; 6% a 10GeV
- Sensibilità alle linee di emissione
 - Studio dell'emissione spazialmente estesa a 511 keV dal Centro della galassia
 - Vincoli più stringenti sui domini di antimateria
 - Vincoli al contributo di pulsars vicine all'eccesso di e^+ nei Raggi Cosmici

E. Vannuccini conclude la discussione sulle prospettive scientifiche di eASTROGAM mostrando in una tabella il confronto tra la sensitività di eASTROGAM (3σ in 10^6 s) e quella dello spettrometro SPI-INTEGRAL (2.2 keV FWHM a 1.33 MeV):

E (keV)	FWHM (keV)	Origine	Sensitivita' di SPI (ph cm⁻² s⁻¹)	Sensitivita' di e-ASTROGAM (ph cm⁻² s⁻¹)	Fattore di miglioramento
511	1.3	Linea dall'annichilazione di e^+/e^- dalla regione del centro galattico	$5.2 \cdot 10^{-5}$	$4.1 \cdot 10^{-6}$	13
847	35	Linea del ^{56}Co da reazioni termonucleari nelle Supernove	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$3.5 \cdot 10^{-6}$	66
1157	15	^{44}Ti Linea del ^{44}Ti dal collasso del nucleo di resti di Supernova	$9.6 \cdot 10^{-5}$	$3.6 \cdot 10^{-6}$	27
1275	20	Linea del ^{22}Na da Novae classiche di tipo I	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$3.8 \cdot 10^{-6}$	29
2223	20	Linea di cattura di neutrone da stelle di neutroni in accrescimento	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$2.1 \cdot 10^{-6}$	52
4438	100	Linea del ^{12}C prodotta da	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-6}$	65

		Raggi Cosmici di bassa energia nel mezzo interstellare			
--	--	--	--	--	--

Le linee di emissione da $E = 1157 \text{ keV}$ a $E = 4438 \text{ keV}$ non sono ancora state osservate.

L'ultima parte della review di E. Vannuccini riguarda gli apparati a terra, telescopi Cherenkov o rivelatori di sciame, le cui caratteristiche generali possono essere così riassunte:

- Alte Energie
 - L'unica possibilità per raccogliere statistica sufficiente a energie $> \text{TeV}$
- Alta statistica / breve scala di tempi
 - Large collection areas $O(\text{km}^2)$
- Precisione (IACTs)
 - Risoluzione angolare superiore
- Limitazioni?
 - IACTs
 - Piccolo *duty cycle*
 - Piccolo campo di vista
 - Rivelatori di Sciame Elettromagnetici Estesi (EAS)
 - Risoluzione modesta e limitato potere di reiezione del fondo
 - Approcci complementari

Nello scenario presente sono attivi, sottolinea E. Vannuccini, quattro rivelatori: VERITAS, MAGIC, HESS, HAWC. MAGIC è un esperimento a partecipazione INFN e, tra quelli citati, ha il più basso range in energia (50 GeV), la capacità di un veloce riposizionamento e ha lo studio di EBL e dell'orizzonte a raggi gamma tra i suoi programmi più importanti. DA HESS, VERITAS e MAGIC sono state rivelate circa 160 sorgenti di raggi gamma al TeV.

E. Vannuccini descrive poi con maggiore dettaglio l'esperimento CTA, un consorzio mondiale con più di 1200 membri, provenienti da 31 paesi e afferenti a 194 diverse istituzioni. CTA è un array multi-telescopio, che potrà operare in un ampio intervallo di energia (20 GeV÷100sTeV):

- Basse Energie
 - Soglia in energia pari a 20 GeV
 - Diametro di 23 m
 - 4 Telescopi (LST)
- Medie Energie (MST, SCT)
 - Energia tra 100 GeV e 10 TeV
 - Diametro da 9.5 m a 12 m
 - 25 telescopi a singolo specchio
 - sino a 24 telescopi a doppio specchio
 - sensitività dell'ordine del mCrab in 50 h a 0.1-10TeV
- Alte Energie
 - Area di 10 km^2 a pochi TeV

- Diametro da 4 m a 6 m
- 70 telescopi (SST)

Il progetto CTA prevede la costruzione di due osservatori, uno nell'emisfero Sud ed uno nell'emisfero Nord, in modo da raggiungere una copertura totale della volta celeste.

- Sito Nord (Spagna - La Palma)
 - Principalmente
 - Array di bassa energia (4 LST + 15 MST)
- Sito Nord Sud (Cile - Paranal)
 - Investigazioni Galattiche ed Extragalattiche
 - Array ad ampio intervallo di energia (4 LST + 25 MST + 70 SST)

E. Vannuccini si sofferma poi brevemente sulle caratteristiche degli specchi, che hanno una elevata PSF, uniforme su tutto il campo di vista, caratteristiche che sono riassunte nella seguente tabella:

	LST "large"	MST "medium"	SCT "medium 2-M"	SST "small"
Numero	4 (S) 4 (N)	25 (S) 15 (N)	≤ 24 (S and N)	70 (S)
Intervallo di Energia	20 GeV ÷ 1 TeV	200 GeV ÷ 10 TeV	200 GeV ÷ 10 TeV	> pochi TeV
Area effettiva dello specchio	> 330 m ²	> 90 m ²	> 50 m ²	> 5 m ²
Campo di vista	> 4.4°	> 7°	> 7°	> 8°
Dimensione del pixel ~PSF θ_{80}	< 0.12°	< 0.18°	< 0.07°	< 0.25°
Tempo di Posizionamento	50 s obiettivo 20 s	90 s obiettivo 60 s	90 s obiettivo 60 s	90 s obiettivo 60 s

E. Vannuccini descrive poi la configurazione in ciascun sito (sito Nord a La Palma in Spagna: 4 LST e 15 MST; sito Sud a Paranal in Cile (or SCT); 4 LST, 25 MST, 70 SST, 36 SCT (?)) e gli obiettivi che la collaborazione si e' proposta:

- Oct 2017 primo LST
- Early 2018 primo telescopio sul sito
- 2021 Inizio delle operazioni di osservazione
- 2024 Completamento dell'intero progetto

Due LST operativi a La Palma, nel sito nord, permetteranno di raggiungere una sensibilita' comparabile a quella di MAGIC nell'intervallo di energia $\sim 100\text{GeV} \div 10\text{TeV}$ e questo, sottolinea E. Vannuccini, e' molto importante per il commissioning del primo LST e offre la possibilita' di avere operativo un array di IACT nel sito NORD gia' altamente competitivo prima che l'intero array di CTA nel sito Nord sia in commissioning.

E. Vannuccini mostra poi alla Commissione alcuni grafici con le sensibilita' di CTA, confrontate con quelle di altri esperimenti, e poi sottolinea ancora i temi di Fisica Fondamentale che possono essere affrontati con CTA:

- Raggi Cosmici (LST, MST, SST)
 - siti di accelerazione nella nostra Galassia ed oltre
 - ricerca di pevatrons
 - interazioni dei Raggi Cosmici CR interactions all'interno della Galassia e nei clusters
- Indagine di Ambienti Estremi (LST, MST, SST)
 - jets relativistici ed emissioni in vicinanza di una stella di neutroni e di un buco nero
- Indagine del mezzo intergalattico (principalmente LST)
 - campi magnetici, campi della radiazione di fondo
- Frontiere della Fisica (principalmente LST)
 - ricerca indiretta di materia oscura (WIMPS, axions)
 - verifica dell'invarianza della velocita' della luce
 - misura dei parametri cosmologici

E. Vannuccini conclude la presentazione di CTA con un confronto tra le caratteristiche e le prestazioni di CTA e quelle di MAGIC (30/50 GeV - 30 TeV; ~15-25% energy resolution; ~0.08° angular resolution; ~3.5° FoV *pointed mode*), in relazione ai diversi obiettivi scientifici:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| • Energia da 20 GeV | Cosmologia |
| • Puntamento rapido | Transienti dell'ordine di 20 secondi |
| • Risoluzione in Energia | prestazioni $\approx 10\%$ sulle linee γ |
| • Sensitivita' e Area di raccolta | ≈ 10 x su tutti gli obiettivi |
| • Campo di Vista | $\approx 8^\circ$ γ -surveys, oggetti estesi |
| • Risoluzione Angolare | Pochi minuti di arco Morgologia |
| • Energia sino a 300 TeV | Pevatron |

L'ultimo progetto presentato da E. Vannuccini e' LHAASO (Large High-Altitude Air Shower Observatory), un rivelatore di sciame con le seguenti caratteristiche:

- Caratteristiche generali
 - L'esperimento verra' installato a 4400 m sul livello del mare (600 g/cm^2) nel sito di Haizishan (Lakes' Mountain), provincia di Sichuan in Cina
 - 12 telescopi Cherenkov ad aria ad ampio campo di vista
 - 80000 m^2 di superficie di rivelatori Cherenkov ad acqua
 - 5195 rivelatori a scintillazione
- Stato di LHAASO
 - Approvato a Gennaio 2017
 - Costruzione gia' avviata
 - Commissioning di $\frac{1}{4}$ per la fine del 2018 – inizio delle operazioni
 - Installazione entro la fine del – pienamente operativo

- Struttura di LHAASO
 - 1.3 km² di array di rivelatori di particelle
 - 5195 rivelatori a scintillazione (1 m²)
 - 1171 Cherenkov ad acqua sotterranei per la rivelazione dei muoni
 - Facility di rivelatori Cherenkov ad acqua di area 80000 m²
 - 18 Cherenkov ad aria ad ampio campo di vista e telescopi a fluorescenza
 - Rivelatori di Neutroni
- Programma di LHAASO
 - Fisica dei raggi Cosmici (10¹² --> 10¹⁸ eV): preclusa ai telescopi Cherenkov
 - Spettro energetico dei Raggi Cosmici CR energy spectrum
 - Composizione elemental
 - Anisotropia
 - Astronomia dei Raggi Gamma (10¹¹ --> 10¹⁵ eV): monitoraggio continuo del cielo
 - Complementare a CTA sotto i 20 TeV, con migliore sensitivita' a piu' alte energie per emissioni transienti (GRB), *unbiased all-sky survey*, emissioni estese e diffuse
 - Ricerca di PeVatrons (--> sorgenti di neutrini)

Le caratteristiche dei due componenti del rivelatore LHAASO vengono cosi' riassunte da E. Vannuccini:

- Telescopi Cherenkov ad ampio campo di vista
 - 18 telescopi (Cherenkov/Fluorescenza)
 - specchi sferici da 5 m² composti da 20 segmenti di forma esagonale
 - 1024 PMTs da 1" (32 x 32 array)
 - array 87 x 75 cm² ≈ 6500 cm²
 - pixel size = 0.5°
 - FOV: 14° x 16°
 - Un prototipo ha gia' operato con ARGO-YBJ
 - Possibile implementazione con SiPM. Un prototipo con SiPM sul sito di LHAASO entro la fine del 2017
- Array di rivelatori Cherenkov ad acqua
 - PMT da 8"/9"
 - Prestazioni attese di LHAASO a ¼ del commissioning (fine 2018) migliori di HAWC

Le caratteristiche dei rivelatori Cherenkov, confrontate con quelle di HAWC (High-Altitude water Cherenkov), sono riassunte nella seguente tabella:

	LHAASO-WC	HAWC
Area Totale	80000 m ²	~15000 m ²
Celle Totali	3600	300
Dimensione delle Celle	5x5x4 m ²	7.3 m Ø x 4.5 m

E. Vannuccini conclude la sua review sulla Astronomia γ e in banda X mostrando un grafico con la sensibilita' prevista per il rivelatore LHAASO, che per primo aprira' una finestra nella regione

$10^2 \div 10^3$ TeV), confrontata con quella di HESS, MAGIC e CTA. Infine riassume le prospettive di LHAASO nell'ambito della ricerca sui PeV-astroni adronici:

- Ci si aspetta che acceleratori galattici accelerino i Raggi Cosmici almeno sino ad energie dell'ordine \sim PeV (maggiori, se il ginocchio e' una struttura dovuta alla propagazione)
- Sopra i 1000 TeV, i raggi γ forniscono una indicazione non ambigua dell'accelerazione di protoni ad energie del PeV
- Ci si aspetta che circa 10 Resti di Supernova (SNRs) emettano nella regione dei 10 TeV

Al termine della presentazione di E. Vannuccini, P. Sapienza osserva come una vera *smoking-gun* per l'identificazione dei meccanismi adronici nei siti di accelerazione dei Raggi Cosmici si potra' avere solo con la misura di neutrini di alta energia, poiche' l'interpretazione dell'emissione di raggi gamma e' molto legata al modello.

12 aprile 2017

h. 9:15-12:00. SESSIONE CHIUSA

Calcolo in CSN2

M. Punturo presenta le prospettive di Calcolo in Commissione 2 ed inizia la sua presentazione precisando l'antefatto della situazione attuale:

- Il costo del calcolo della CSN2, se allocato al CNAF, è esterno al budget della Commissione stessa
- Il calcolo è "appoggiato" dalla CSN2 «solo» se al CNAF
- Le richieste di calcolo della CSN2 vengono vagliate dal comitato dei referee del TIER1, totalmente CSN1 oriented.
- Occorre strutturare meglio sia i nostri esperimenti dal punto di vista del calcolo che le nostre richieste di calcolo

M. Punturo ricorda di aver fatto circolare un modulo a tutti i rappresentanti nazionali degli esperimenti, chiedendo una serie di informazioni:

- Persone di Riferimento
- Modello di calcolo
- Stato delle risorse
- Richieste per il 2018 e motivazioni
- Possibili evoluzioni future

Unendo l'insieme degli esperimenti di CSN2 che hanno risposto con quello degli esperimenti che hanno risorse al CNAF, M. Punturo ha ricevuto 21 moduli compilati su 28 aspettati. Tutti questi moduli sono disponibili sul sito (<https://docs.infn.it/share/page/site/csn2calcolo/dashboard>) documentale della Commissione 2, dove sono disponibili tutte le informazioni relative ai 28 moduli correttamente compilati e un file excel riassuntivo.

M. Punturo mostra poi alla Commissione le Pledges 2017 per quanto riguarda le esigenze di CPU e di Storage, suddivise per ciascun esperimento della Commissione 2 e si sofferma sulle prospettive future, sulle esigenze di Calcolo per il 2018:

- Non tutti i forms sono arrivati o sono comprensibili o hanno senso, ma possiamo prevedere richieste di crescita di:
 - CPU: 41%
 - DISK: 22%
 - TAPE: 78%
- Quale strategia adottiamo?
 - Pre-filtering CSN2?
 - Portiamo tutto al comitato del TIER1 e difendiamo lì?
 - Come gestire la differenza di scala di fronte al comitato TIER1?

Oltre alle esigenze già indicate nei moduli, sono state avanzate alcune richieste in corso d'opera:

- Due richieste in corso d'opera:
 - LIMADOU: 300HS06, 1TB disk
 - Chiesto al CNAF di accomodarle nel "rumore" come anticipo sul 2018
 - NEWS: 100HS06, 10TB disk, 10 TB tape
 - Da discutere in CSN2 e da sistemare al CNAF
- Come gestiamo questo tipo di richieste?
 - Gli anticipi sono "una scommessa", essendo il comitato TIER1 a decidere e non la CSN2
 - Gli esperimenti devono abituarsi a fare richieste al momento giusto
 - Ma dobbiamo avere elasticità
 - Basata sulla CSN2: non vedo come.
 - Basata sul CNAF: finora ha funzionato per la bassa efficienza computazionale degli esperimenti stessi

M. Punturo informa la Commissione che è presente una richiesta dalle Collaborazioni Euclid e LSPE

- Richiesta da parte di Euclid/LSPE di Potenza di calcolo su HPC invece che HTC
- Richiesta da parte del comitato TIER1 di un accordo tra INFN e INAF su chi calcola cosa in Euclid
- Marco Pallavicini e Luca Valenziano hanno avuto mandato a Febbraio dai rispettivi Enti di organizzare una riunione con rappresentanti Euclid e calcolo sia lato INFN (Luca Stanco, Laura Patrizii, Gaetano Maron, Luca dell'Agnello e Donatella Lucchesi) che INAF
 - 2 riunioni effettuate
 - Lettera e allegato tecnico saranno scritti e sottomessi in futuro alla CSN2 (e all'INAF)

Dal 22 al 26 Maggio 2017 si terrà un Workshop sul Calcolo ai LNGS e M. Punturo conferma che ci è stata una ottima risposta da parte degli esperimenti alla seconda sollecitazione:

- Richieste di talk da:

- AMS02, Auger, CTA, DAMPE, Darkside, EUCLID/LSPE, KM3NET, Virgo, XENON1T
- In aggiunta ci sarà un talk del CNAF per una proposta di trasformare il CNAF in un Tier0 per LNGS
- Siamo già fuori tempo massimo e dovremo o tagliare o invadere il martedì:
 - 20 Aprile riunione per la finalizzazione dell'agenda.

M. Punturo passa poi brevemente a discutere la situazione del Comitato di Coordinamento del Calcolo Scientifico (C3S) e ricorda quanto già presentato nell'ultima riunione di Commissione 2:

M. Punturo e' osservatore della CSN2 in CCR.

Dal resoconto del Consiglio Direttivo del 20-21 Dicembre 2016:

A. Zoccoli:

Questa molteplicità di attività e di progetti richiede una più intensa attività di Coordinamento del Calcolo scientifico. Per questo si è deciso di costituire e formalizzare un Comitato Coordinamento Calcolo Scientifico (C3S), separato dalla CCR, col compito di formulare proposte di ricerca e sviluppo sul calcolo scientifico e le infrastrutture correlate. Il C3S è presieduto da Donatella Lucchesi, e formato da: T. Boccali, G. Carlino, L. Dell'Agnello, C. Grandi, G. Maron, D. Menasce, L. Perini, A. Salomon, P. Vicini e A. Zoccoli.

D. Lucchesi

Il calcolo è entrato in un'epoca data driven. Non solo LHC: ora la fisica teorica, l'astrofisica, la cosmologia hanno tutti big data. Il problema è che la tecnologia non ci aiuta più: l'elettronica non progredisce abbastanza in fretta e la legge di Moore è in crisi. Dobbiamo quindi lavorare sull'infrastruttura, sugli algoritmi core, sulle performance del sw e probabilmente anche sulla selezione degli eventi nei trigger.

L'INFN bandirà 12 borse con temi dedicati ai nuovi algoritmi.

La C3S avrà riunioni aperte e gruppi di lavoro.

La Commissione ha, nel corso della riunione precedente, deciso di "suggerire" al Comitato di Coordinamento del Calcolo Scientifico (C3S) la partecipazione di M. Punturo. Nonostante M. Punturo abbia comunicato questo e per e-mail al Comitato, non ha ricevuto alcuna risposta ed il Comitato si è già riunito.

M. Punturo conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- Il comitato TIER 1 si riunirà tra metà Maggio e inizio Giugno
 - Se decidiamo di fare la review delle nostre richieste dobbiamo farlo ora
- Chiudere "vecchi" esperimenti e riassorbirne le risorse?
- Situazione confusa con RECAS (T2K)
- DAMA richiesta fuori standard (TV e LNGS)

Al termine della presentazione di M. Punturo, M. Pallavicini ritorna sul tema delle risorse allocate per esperimenti chiusi da poco, ed osserva come sia necessario agire con moderazione, garantendo

la possibilita' di una coda nelle attivita' di analisi. Importante, continua M. Pallavicini, e' che il CNAF sappia quali sono gli esperimenti chiusi e sia quindi in grado di definire correttamente le prioritaa'. Ad esempio, continua M. Pallavicini, la collaborazione Argo dovra' chiarire se i dati attualmente su disco sono ancora necessari in questa forma o se possono essere trasferiti su nastro.

M. Punturo commenta anche come in alcuni casi, ad esempio per AMS2, ci sia poco utilizzo dei nastri a fronte una elevata richiesta di spazio disco. M. Pallavicini auspica che in questi ed in altri casi ci sia un piano di rientro. M. Punturo suggerisce che sarebbe opportuno adeguarsi a requisiti ragionevoli, basandosi sul pregresso degli ultimi 1-2 anni, immaginando comunque una occupazione nastri maggiore del 50%.

M. Pallavicini commenta come questo risultato potra' essere ottenuto solo con una review seria, con uno scrutinio severo delle diverse richieste, tenendo anche in considerazione che la nostra comunitaa' scientifica non e' omogenea per competenze sul calcolo e non ha le stesse competenze che si trovano negli esperimenti di Gruppo I. G. Fiorillo osserva come, in alcuni casi, come AMS, DarkSide, CTA, non ci sia stato un cattivo comportamento, e l'uso dei nastri richiesti e' stato saturato. G. Fiorillo propone una ottimizzazione, permettendo ad alcuni esperimenti di utilizzare tape lasciati liberi da altri. M. Pallavicini conferma che avere tutto su disco e' un cattiva abitudine: non e' possibile fare data-storage su disco, mantenere su disco petabyte di dati non autorizzati. Leggere petabyte di dati richiede una elevata quantita' di core e molto tempo, per cui l'overhead di tape e' del tutto trascurabile.

N. Mazziotta chiede, a questo riguardo, quale e' la politica degli esperimenti di Gruppo I. M. Punturo risponde che il rapporto tra l'occupazione su tape e quella su disco e' circa 2-3: i dati piu' vecchi di un anno sono memorizzati su tape. Comunque, continua M. Punturo, sarebbe opportuno che gli esperimenti di Gruppo II elaborassero il loro modello di calcolo, senza assumere il modello di calcolo di esperimenti agli acceleratori.

M. Pallavicini osserva come gli esperimenti piu' grandi debbano avere un modello strutturato: collaborazioni come Virgo ed Auger presenteranno richieste di calcolo significative, che quindi andranno difese in modo professionale. Nel caso degli esperimenti piu' piccoli o degli esperimenti piu' vecchi, ci si potrebbe limitare ad una stima delle richieste di CPU e di spazio disco e tape.

I. De Mitri osserva come in alcuni casi i dati su disco siano anche simulazioni Monte Carlo. M. Pallavicini conferma che in tutti questi casi e' necessario elaborare un modello di calcolo, che tenga conto di tutti gli scenari.

M. Punturo osserva come non sia possibile avere un buffer di risorse al CNAF. In questo caso, se un grosso esperimento sbaglia le valutazioni nel modello di calcolo, potra' avere un ritardo anche di un anno. M. Pallavicini commenta che il Calcolo e' una parte dell'esperimento, per cui se ci sono valutazioni errate in questo settore, l'esperimento non puo' procedere.

M. Pallavicini propone che al CNAF siano disponibili alcune risorse di Commissione II, CPU e Spazio Disco, che poi andranno suddivise tra i piccoli esperimenti. Si potrebbe avanzare una richiesta di CSNII ed avere cosii' un piccolo *buffer* da gestire durante l'anno. A. Garfagnini conferma che in passato piccole richieste sono state soddisfatte rapidamente dal CNAF.

M. Pallavicini informa la Commissione che e' stato firmato un *Memorandum of Understanding* tra INAF ed INFN globale per il Calcolo. Ora e' in elaborazione un draft per l'allegato tecnico, da elaborare nei prossimi mesi, poiche' le richieste di calcolo di Euclid sono molto grandi, ma allora questo potrebbe diventare un contributo in-kind di INFN ad Euclid che va formalizzato. Si

tratterebbe di centinaia di migliaia di Euro che dovrebbero diventare visibili. Per LSPE c'è un interesse tecnico, poiché LSPE ed Euclid utilizzano lo stesso hardware.

M. Pallavicini chiede a M. Punturo per quale motivo la struttura RECAS di Bari sia identificata come CNAF. M. Punturo precisa che il RECAS è visibile come risorsa del CNAF. Esistono centri locali, ad esempio a Catania o a Bari, che fanno parte della struttura del CNAF. Ad esempio, job di Virgo sottomessi al CNAF possono essere eseguiti su un sistema di computer a Bari.

A. Paoloni chiede quale è la politica sui Tier2. M. Punturo risponde che la sua attività si riferisce al livello Tier1 e per questo è delegato della Commissione.

Su questo punto, M. Pallavicini ribadisce che la Commissione non finanzia Tier locali: a qualsiasi richiesta di calcolo diversa dal CNAF, la Commissione risponderà in maniera negativa. Però il CNAF ha delle propaggini distribuite nella penisola, con un certo grado di violazione al principio della centralità del CNAF. Non si può impedire ai Ricercatori di calcolare dove vogliono e di utilizzare risorse locali, ma non si può permettere che ci siano costi che insistano sulla Commissione. Spesso vengo allestiti centri di calcolo locali su fondi Università o grazie a bandi regionali, per cui le macchine devono restare in loco e non possono andare a Bologna, o in base ad altri finanziamenti.

M. Selvi solleva il problema del centro di Calcolo dei LNGS, poiché egli aveva avanzato una richiesta per avere i dati di Xenon al Gran Sasso, richiedendo per il 2018 una quantità di dati che corrispondono ad un anno di dati, sub-judice a capire come viene strutturata questa richiesta, se solo per Xenon o anche per altri esperimenti. Il Direttore dei Laboratori del Gran Sasso, continua M. Selvi, nell'ultimo Comitato Scientifico, ha affermato che i dati non stiano nel centro di Calcolo dei Laboratori ma al CNAF. M. Selvi precisa come la collaborazione Xenon abbia una copia dei dati negli Stati Uniti a Chicago ed una in Europa a Stoccolma. Questo, continua M. Selvi, è per la Collaborazione Xenon sufficiente, però il Direttore dei LNGS chiede contemporaneamente che una copia dei dati prodotti al Gran Sasso resti in Italia ma che vadano al CNAF. M. Pallavicini conferma l'interesse della Commissione ad avere una copia dei dati di Xenon in Italia, ma come presidente di Commissione non ha preferenze geografiche, e diventa naturale mantenerli al CNAF, richiedendo il necessario spazio tape e spazio disco. Ad esempio, Virgo mantiene localmente 6 mesi di dati, e poi tutto viene trasferito al CNAF e a Lione. M. Pallavicini, A. Incicchitti, M. Selvi intervengono della discussione e concordano nell'affermare che la decisione del Direttore dei Laboratori è una scelta personale, assunta in piena autonomia e nelle sue prerogative di Direttore della Struttura. M. Pallavicini concorda anche nel sostenere che la Commissione non debba sostenere economicamente il calcolo dei Laboratori.

M. Pallavicini propone che venga istituito un gruppetto di persone che affianchi M. Punturo per le attività di calcolo. Già era stato nominato per questo compito A. Menegolli, nella riunione di Commissione di settembre 2016, e quindi è necessario identificare un'altra persona. A. Paoloni propone che si scelga una persona che proviene ad esempio da ATLAS, che abbia esperienza di calcolo, e si propongono ad esempio i nomi di Stefano Giagu o di Marco Rescigno. M. Pallavicini propone che chi ha una proposta gliela comunichi. Viene anche proposto che ci sia anche un membro dei LNGS, per cui il gruppo di lavoro potrebbe essere esteso a quattro membri. Viene anche proposto il nome di Domenico D'Urso.

RISE call grant NEWS per CSN2

S. Donati presenta la richiesta di partecipazione al programma H2020-MSCA-RISE-2016 avanzata della collaborazione NEWS. Il programma RISE (Research and Innovation Staff Exchange) consiste in un programma di scambio (co)finanziato dalla Commissione Europea.

S. Donati presenta alla Commissione la lista delle istituzioni presenti nella Call H2020-MSCA-RISE-2016: si tratta di 22 istituzioni internazionali, tra cui, per l'Italia, l'INFN (PI, GE, TO, LNF, NA), il Politecnico di Milano e le Università di Genova, Pisa, Perugia, Roma La Sapienza, Napoli Federico II. I finanziamenti richiesti, relativi alle istituzioni italiane, sono complessivamente pari a 1147,5 k€ per una percentuale del 73.2%.

Le unità di costo per ricercatore per mese sono riassunte nella seguente tabella:

Azione Marie Skłodowska-Curie	Categoria A Unità di costo dei membri persona/mese Diaria forfettaria	Categoria B Unità di costo delle Istituzioni persona/mese	
		B1 Costi di Ricerca, formazione e condivisione	B2 Management e costi indiretti
"Research and Innovation Staff Exchange"	2.000	1800	700

Queste unità di costo sono soggette ad un finanziamento del 100% e non si applicano i coefficienti correttivi legati al paese.

S. Donati presenta poi i *Work Packages* del progetto, da luglio 2017 a giugno 2021, che sono riassunti nella seguente tabella:

Work Package N.	Titolo del Work Package	Tipo di Attività	Numero di persone-mese coinvolte	Mese di Inizio	Mese di Fine
1	"Gravitational waves physics"	Ricerca, formazione	43	1	48
2	"Gravitational waves detectors"	Ricerca, formazione	42	1	48
3	"Fermi-LAT analysis"	Ricerca, formazione	39	1	48
4	"X-ray Polarimetry Explorers"	Ricerca, formazione	57	1	48
5	"FNAL Muon Campus experiments"	Ricerca, formazione	73	1	48
6	"Advanced superconducting technologies for particle detectors"	Ricerca, formazione	16	1	48
7	"Advanced	Ricerca, formazione	47	1	48

	superconducting technologies for particles detectors"				
8	"Dissemination and Outreach"	Disseminazione e Comunicazione	4	1	48
9	"Transfer of Knowledge"	Formazione, Disseminazione	15	1	48
10	"Management"	<i>Management, Comunicazione</i>	12	1	48

Sblocchi SJ e nuove assegnazioni

La Commissione esamina le richieste di assegnazioni e di sblocchi sub-judice, in particolare per le richieste piu' urgenti e motivate. M. Pallavicini osserva come la Commissione potra' effettuare sblocchi anche nella riunione di maggio, tra poco piu' di un mese, e quindi e' possibile ora limitarsi alle richieste impellenti. Si tratta di variazioni urgenti, che dovranno essere approvate dalla determina del 26 aprile e che quindi non sono rimandabili alla determina del 29 maggio:

- AUGER
 - richiesta urgente di sblocco sul Capitolo Missioni (3.5 k€ GSGC; 4 k€ MI; 5 k€ RM2)
 - I referee sono favorevoli e la Commissione approva (12.5 k€ complessivi su Missioni)
- CTA
 - richiesta di sblocco su Missioni di 13 k€ su 18 k€ assegnati subjudice, nella sezione di Padova
 - i referees approvano lo sblocco sub-judice per 13 k€ nella sezione di Padova. La Commissione approva.
- DarkSide
 - richiesta di sblocco su Missioni di 3 k€ a Bologna e 1.5 k€ a LNS.
 - richiesta di sblocco su consumo di 9 k€ a Bologna.
 - restituzione di 40 k€ sulla sezione di Roma da QUBIC.
 - la disponibilita' dei 40 k€ da QUBIC non proviene da uno sblocco, che eventualmente verra' accordato in seguito, ma dal fondo indiviso.
 - i referee sono d'accordo con tutte queste proposte (Missioni 4.5 k€; Consumo 9 k€; Altri Consumi 40 k€) e la Commissione approva.
- HOLMES_2
 - c'e' una richiesta sul capitolo Missioni di una nuova assegnazione di 2 k€ (1 k€ a GE ed 1 k€ a MIB, entrambi su Dotazioni) e lo sblocco di 2 k€ (1 k€ a GE ed 1 k€ a MIB, entrambi su Dotazioni)
 - I referee esprimono parere favorevole (Missioni 2 k€ + 2 k€) e la Commissione approva.
- JUNO

- c'è una richiesta di sblocco sul capitolo Missioni per la sezione di MI di 10 k€.
- la Collaborazione richiede lo sblocco di 70 k€ su Apparati nella sezione di Padova e lo spostamento su Consumo alla Sezione di Milano.
- i referee sono favorevoli a tutte e tre le richieste (Missioni MI sblocco 10 k€; Apparati Padova sblocco 70 k€ e trasferimento a Consumo MI) e la Commissione approva.
- LIMADOU
 - c'è una richiesta di sblocco sul capitolo Missioni per la sezione di RM2 di 3.5 k€.
 - i referee sono favorevoli ma lo sblocco viene rimandato alla prossima riunione.
- QUAX
 - c'è una richiesta di sblocco di 14 k€ sul capitolo Apparati dei LNL.
 - I referee concordano per ora sullo sblocco di 8k€ su Apparati. La Commissione approva.
- SABRE
 - nuova richiesta di 69 k€ su Apparati e 1 k€ su Servizi. I referee esprimono parere positivo.
 - una ulteriore nuova richiesta di consumo per 30 k€ viene finanziata solo per una quota pari a 20 k€, in accordo con i parere dei referee.
 - i referee esprimono parere per ora negativo, ad una nuova assegnazione di 19 k€ su Inventario, eventualmente rinviabile.
 - la Commissione approva le proposte dei referee (69 k€ su Apparati e 1 k€ su Servizi e 20 k€ su consumo), e considera azzerata la somma di 28 k€ accantonata nel fondo indiviso per SABRE.
- WIZARD
 - richiesta di sblocco di 2 K€ su TS per missioni. La richiesta non è rinviabile poiché i fondi sono necessari per partecipare ad un meeting negli Stati Uniti a fine aprile. La Commissione approva
- XENON
 - richiesta di sblocco di missioni per 11.5 K€ (10 k€ BO; 1.5 k€ TO)
 - i referee concordano nella necessità di questa cifra, per permettere la partecipazione ad un importante Meeting di Collaborazione. La Commissione approva.
- XPE
 - richiesta di sblocco 85 k€ urgenti su Apparati + 11 k€ su Missioni e 15 k€ di Consumo.
 - i referee esprimono parere positivo poiché i fondi sono necessari per avviare subito la gara. La Commissione approva.

La Commissione esamina poi alcune richieste che possono essere rimandabili o per le quali non è favorevole ad uno sblocco o una nuova assegnazione in questa seduta di Aprile:

- FERMI
 - C'è una piccola richiesta che, a giudizio dei referee, può essere rimandata ad una prossima riunione.
- KM3

- P. Sapienza ricorda sara' necessario un finanziamento per il decommissioning di Antares, circa 100 k€, che possono essere rimandati.
- VIRGO
 - c'e' una richiesta di trasferimento fondi tra sezioni, sul capitolo Missioni e a costo totale nullo.
 - i referee sono d'accordo e la Commissione approva

Le nuove assegnazioni o gli sblocchi sono riassunti nella seguente tabella:

Esperimento	Sezione	Missioni (k€)	Consumo (k€)	Altri Consumi (k€)	Apparati (k€)	Servizi (k€)
Auger	GSGC	3.5 (sblocco)				
	MI	4 (sblocco)				
	RM2	5 (sblocco)				
CTA	PD	13 (sblocco)				
DarkSide	BO	3 (sblocco)	9 (sblocco)			
	LNS	1.5 (sblocco)				
	RM			40 (nuova ass.)		
Holmes	GE	1 (nuova ass.) 1 (sblocco)				
	MIB	1 (nuova ass.) 1 (sblocco)				
JUNO	MI	10 (sblocco)	70 (nuova ass.)			
	PD				70 (sblocco) -70 (nuova ass.)	
Quax	LNL				8 (sblocco)	
Sabre	LNGS		20 (nuova ass.)		69 (nuova ass.)	1 (nuova ass.)
Virgo	FI	-2 (nuova ass.)				
	PR_Dotz	1 (nuova ass.)				
	TO_Dotz	1 (nuova ass.)				
Wizard	TS	2 (sblocco)				
Xenon	BO	10 (sblocco)				
	TO	1.5 (sblocco)				
XPE	PI	7 (sblocco)	1 (sblocco)		79 (sblocco)	
	TO	4 (sblocco)	14 (sblocco)		6 (sblocco)	
Totale		2 (nuova ass.) 66.5 (sblocco)	90 (nuova ass.) 24 (sblocco)	40 (nuova ass.)	-1 (nuova ass.) 163 (sblocco)	1 (nuova ass.)

Totale Generale : 132 k€ (nuove assegnazioni) + 253.5 k€ (sblocco).

Le nuove assegnazioni o gli sblocchi saranno proposti per l'approvazione agli organi Centrali dell'Ente. Nel caso di difficoltà nell'approvazione, M. Pallavicini contatterà per e-mail i responsabili nazionali ed i referee dei singoli esperimenti.¹ Nella prossima riunione di maggio sarà possibile effettuare gli sblocchi ordinari.

M. Pallavicini riassume poi la proposta che riguarda l'esperimento DarkSide, nella forma discussa in Sessione Chiusa il giorno 10 aprile 2017, dopo la presentazione dei Referee. La Collaborazione dovrà presentare un Report al Comitato Tecnico Scientifico del Gran Sasso ed attendere un mandato, ma le decisioni della Commissione sono comunque le seguenti:

- il progetto DarkSide è scientificamente approvato
- la Commissione si impegna per un finanziamento di un massimo di 5 M€ in 4 anni (escluse le spese di Missione)

¹ Alla data di approvazione del presente Verbale, sono note le decisioni relative alla determina del 26 aprile. A fronte di una richiesta complessiva avanzata dalla Commissione di 253.5 k€ di sblocchi e 132 k€ di nuove assegnazioni, sono stati autorizzati sblocchi sino ad un tetto massimo pari a 100 k€. I valori delle nuove assegnazioni e degli sblocchi sono desumibili dal database INFN della Commissione e sono riassunti nella seguente tabella (non è riportato il trasferimento interno di 2 k€ sul capitolo Missioni per l'esperimento Virgo da FI a PR_Dotz (1 k€) e TO_Dotz (1 k€) in quanto a costo totale nullo):

Esperimento	Sezione	Missioni (k€)	Consumo (k€)	Altri Consumi (k€)	Apparati (k€)	Servizi (k€)
Auger	GSGC	2 (sblocco)				
	MI	2 (sblocco)				
	RM2	2 (sblocco)				
CTA	PD	6 (sblocco)				
DarkSide	BO	3 (sblocco)				
	LNS	1.5 (sblocco)				
	RM			40 (nuova ass.)		
Holmes_2	GE	1 (n. ass) + 1 (sbl.)				
	MIB	1 (n. ass) + 1 (sbl.)				
JUNO	MI	10 (sblocco)	40 (nuova ass.)			
	PD				40 (sblocco) -40 (nuova ass.)	
Sabre	LNGS		20 (nuova ass.)		69 (nuova ass.)	1 (nuova ass.)
Xenon	BO	5 (sblocco)				
	TO	1.5 (sblocco)				
XPE	PI				25 (sblocco) -25 (nuova ass.)	
	TO				25 (nuova ass.)	
Totale		2 (nuova ass.) 35 (sblocco)	60 (nuova ass.)	40 (nuova ass.)	29 (nuova ass.) 65 (sblocco)	1 (n. ass.)

Totale Generale : 132 k€ (nuove assegnazioni) + 100 k€ (sblocchi).

- il finanziamento e' congelato sino a che non sono risolti 4 punti importanti
 - finanziamento da 10 M€ dagli USA
 - finanziamento da 8 M€ dalla Regione Abruzzo
 - accordo sui contributi in kind delle varie Agenzie
 - *delivery* dell'Argon

La Collaborazione puo' usare il finanziamento della Commissione come meglio crede, anche per l'impianto di purificazione dell'Argon, se necessario: il tetto e' costituito dal finanziamento, escluse le Missioni ma incluso l'R&D, ma non sugli items. Compito della Collaborazione sara' trovare Agenzie che finanzino la parte mancante. L'approvazione scientifica e' opportuna per dare solidita' al progetto per presentarsi ben ancorati con l'INFN all'NSF e al CERN. Lo sviluppo di un prototipo da 1K al CERN, un prototipo tecnologico, e' opportuno per testare le SiPM in Argon liquido.

M. Selvi interviene nella discussione e si dichiara pienamente favorevole all'approvazione scientifica di DarkSide e all'insieme della proposta avanzata da M. Pallavicini. R. Dolesi chiede quale sara' il costo del sistema di purificazione dell'Argon, quale e' l'ordine di grandezza della spesa di cui stiamo parlando. M. Pallavicini precisa che il costo esatto di questo impianto non e' noto, ma si puo' prevedere inferiore a circa 3 M€: in ogni caso la Commissione non impegnera' piu' di 5 M€ e la Collaborazione sara' libera di impiegare diversamente questo finanziamento, senza cambiare la cifra. Ci dovra' essere uno sviluppo complessivo del progetto ed eventualmente ci potra' essere uno sfioramento ragionevole in termini della cifra complessiva e dei tempi.

B. Caccianiga propone che si mettano per iscritto questi punti in un documento brevissimo. M. Pallavicini conferma che scrivera' alla Collaborazione una prima lettera di approvazione scientifica, con poche parole, che possa essere poi presentata dalla Collaborazione all'NSF. Successivamente inviera' alla Collaborazione una seconda lettera, con un impegno finanziario sub-judice alla approvazione dell'NSF o comunque alla copertura con altri fondi di quanto mancante alla realizzazione del progetto.

Al termine della discussione, la Commissione approva all'unanimita' le decisioni relative all'esperimento DarkSide:

- il progetto DarkSide e' scientificamente approvato
- la Commissione si impegna per un finanziamento di un massimo di 5 M€ in 4 anni (escluse le spese di Missione)
- il finanziamento e' congelato sino a che non sono risolti 4 punti importanti
 - finanziamento da 10 M€ dagli USA
 - finanziamento da 8 M€ dalla Regione Abruzzo
 - accordo sui contributi in kind delle varie Agenzie
 - *delivery* dell'Argon

A. Garfagnini chiede a M. Pallavicini quale sara' il futuro dei finanziamenti per la Commissione II. M. Pallavicini conferma che la nostra Commissione ha una solida posizione scientifica e che se ci saranno tagli, ci saranno per tutte le Commissioni.

M. Pallavicini informa i presenti che tutti i Presidenti di Commissione sono stati convocati in Direttivo per gli adempimenti relativi alla spending-review nel triennio 2018-20. Attualmente il bilancio di Commissione II e' pari a 13.7 M€. L'INFN dovra' trovare copertura finanziaria per circa 20 M€: non tutto verra' da una riduzione dei bilanci delle Commissioni, ma e' probabile che le Commissioni debbano contribuire con una riduzione del budget. Se necessario, dovremo chiudere

alcuni esperimenti: meglio effettuare delle scelte precise, piuttosto che porre tutti in una situazione di forte disagio.

Gruppo di lavoro White-Paper

M. Pallavicini ricorda il lavoro già effettuato per la redazione del White Paper, che si trova ormai in uno stato avanzato: il comitato di redazione è costituito da M. Pallavicini, I. De Mitri e G. Gemme. Forse sarà necessario allargare un poco questo gruppo. È necessario finalizzare questo documento, introdurre IXPE, eAstrogam che ora è in fase A e HERD. Per rendere il lavoro più agile, M. Pallavicini propone di integrare il comitato di redazione con A. Incicchitti e P. Sapienza, e la Commissione approva all'unanimità. M. Pallavicini intende organizzare una serie di phone-conference, in modo da completare la redazione del documento entro settembre, anche in vista delle eventuali azioni di *spending-review* che potrebbero essere intraprese dall'Ente.

Alle ore 11:00 la Commissione interrompe i lavori per una breve pausa.

Alle ore 11:10 la Commissione riprende i suoi lavori, ancora in sessione chiusa.

Revisione Referaggi

M. Pallavicini propone alla Commissione una revisione dei referee dei vari esperimenti. Vengono riportate nel seguito solo le modifiche proposte da M. Pallavicini:

- AMS
 - S. Bussino (referee interno) subentra a N. Giglietto
- AUGER
 - N. Mazziotta (referee interno) subentra a P. Piattelli
- BOREX
 - M. Pavan (referee interno) subentra a C. Brofferio
- CALCOLO
 - A. Menegolli insieme a M. Punturo
- CUORE
 - G. Fiorillo (referee interno) subentra a M.G. Giammarchi
- DAMA
 - M. Selvi (referee interno) subentra a D. Gibin
- FISH
 - per ora nessuna variazione, ma sarà necessario un Commissario che subentri ad A. Razeto, che sta per terminare il mandato in Commissione.
- GAPS
 - Marco Incagli, da contattare per una sua conferma, insieme a L. Latronico (referee interno)
- GERDA
 - A. Menegolli (referee interno) subentra a B. Ricci.

- ICARUS
 - M. Pavan (referee interno) subentra a P.L. Belli.
- KM3
 - B. Caccianiga (referee interno) e S. Bussino (referee interno) subentrano a A. Razeto e M. Spinetti.
- LISA
 - R. Paoletti (referee interno) subentra a E. Milotti.
- LSPE
 - G. Ruoso (referee interno) subentra a R. De Rosa.
- MAGIA Advanced
 - Proposta di aggiungere P. Rapagnani, che pero' non e' stato ancora contattato, per verificare la sua disponibilita'.
- MOONLIGHT 2
 - R. Dolesi (referee interno) subentra a G. Ambrosi.
- QUAKS
 - A. Menegolli (referee interno) subentra a S. Vitale.
- QUBIC
 - N. Mazziotta (referee interno) si aggiunge al gruppo attuale.
- T2K
 - A. Menegolli (referee interno) subentra ad A. Paoloni (referee interno).
- VIRGO
 - R. Dolesi (referee interno) subentra a R. Stanga.
- XPE
 - R. Sparvoli (referee interno) si aggiunge al gruppo attuale.
- ARCHIMEDES
 - G. Ruoso (referee interno), G. Zavattini (referee interno) e A. Chincarini.

La Commissione approva all'unanimita' le proposte avanzate da M. Pallavicini, che informa che a novembre intende effettuare una seconda revisione dei referaggi, in modo da completare gli avvicendamenti e da rafforzare le situazioni che richiedono maggiore impegno. Inoltre e' questa un'occasione di crescita per tutta la Commissione. In ogni caso il numero di incarichi di referee per ogni Commissario e' compreso tra 2 e 4 referaggi.

Proposta per la gestione coordinata dei fondi ASI

M. Pallavicini ritorna sulla proposta di istituire una sotto-commissione che coordini le relazioni con l'ASI, come discusso in dettaglio in sessione chiusa il giorno precedente, 11 aprile 2018. Faranno parte di questa sotto-commissione L. Latronico, B. Caccianiga e G. Fiorillo. La Commissione approva all'unanimita'. M. Pallavicini propone che se qualcun altro vuole entrare a far parte di questa sotto-commissione, puo' inviare a lui un e-mail per confermare la propria disponibilita'.

M. Pallavicini ricorda che sara' anche necessario costituire una sotto-commissione per la gestione dei fondi esterni, come proposto dal Direttore Generale B. Quarta in questa stessa riunione di

Commissione, il giorno 10 aprile 2018: coloro che fossero interessati e disposti a farne parte, potranno inviare a lui un e-mail.²

Premio "B. Rossi" 2016: Presentazioni dei vincitori

Alle ore 11:20 iniziano le presentazioni dell'edizione 2016 del premio B. Rossi, L.A. Fusco, Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna e INFN, Sezione di Bologna, e D. Bersanetti, Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova e INFN, Sezione di Genova, che presentano brevemente i risultati dei loro lavori di ricerca.

Luigi Antonio Fusco – Diffuse Neutrino Emission with ANTARES

L.A. Fusco, Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna e INFN, Sezione di Bologna, presenta una sintesi del suo lavoro di tesi, "Search for a diffuse neutrino emission in the Southern Sky with the ANTARES telescope" ed inizia la sua presentazione con una visione di insieme:

- Perché una Astrofisica del Neutrino?
- Il telescopio per neutrini ANTARES
- Misura dello spettro di neutrini atmosferici
- Ricerca di neutrini dal Piano Galattico
- Prospettive per KM3NeT

Il primo punto discusso da L.A. Fusco riguarda l'astrofisica dei neutrini:

- Studiare l'origine e l'accelerazione dei Raggi Cosmici
- Le particelle cariche sono deflesse dai campi magnetici sino alle decine di EeV
- I *messengers* neutri puntano alle loro sorgenti:
 - i neutroni hanno una vita media breve
 - i γ possono interagire con il mezzo attraversato
 - i neutrini
- le reazioni pp o $p\gamma$ vicine ai siti di accelerazione dei Raggi Cosmici possono produrre sia γ che ν dal decadimento dei pioni (neutri o carichi)
 - --> ricerca di sorgenti correlate di γ e ν
- Astronomia di neutrino da sorgenti puntiformi, con flusso diffuso o nell'approccio *multi-messenger*.

L.A. Fusco presenta poi brevemente il progetto di un Telescopio per Neutrini:

² Alla data di approvazione del presente Verbale, sono note le composizioni finali delle due Commissioni:

Fondi Esterni: M. Pallavicini, G. Fiorillo, A. Garfagnini, R. Paoletti, M. Punturo, P. Sapienza,
Gruppo di lavoro ASI: B. Caccianiga, I. De Mitri, R. Dolesi, R. Sparvoli, E. Vannuccini

- Rivelazione dei Fotoni Cherenkov emessi dai prodotti dell'interazione del ν , utilizzando un grande array in 3D di PMTs
- Richiede un grande volume di un mezzo senza luce e trasparente --> Ghiaccio o Acqua
- Tempo, posizione e ampiezza dell'impulso dei PMT
--> ricostruzione della direzione e dell'energia

Dopo aver mostrato una mappa del cielo nella banda dei raggi gamma di alta energia, L.A. Fusco descrive in sintesi il rivelatore Antares:

- Struttura del Rivelatore
 - 885 Moduli ottici su 12 stringhe
 - 25 piani/stringa
 - 3 OMs/piano
 - Ciascun Piano ha 3 PMTs da 10", elettronica *off-shore*
 - Stazioni a terra: Trigger e Filtro
 - *Junction Box*
- Ricerca di tracce di muoni indotti da neutrini provenienti dal basso nel Mar Mediterraneo (Tulosa): il cielo Sud e' visibile --> Visibilita' del Centro Galattico e di gran parte della Galassia, con molte sorgenti γ
- Profondita' pari a ~2500 m: soppressione del fondo di muoni atmosferici

L.A. Fusco discute poi brevemente il fondo dei neutrini atmosferici (S. Adrián-Martinez et al., Eur. Phys. Journ. C73 (2013) 2606):

- Neutrini da Sciami Estesi indotti dai Raggi Cosmici
 - Decadimento di particelle a breve vita media (soprattutto π and κ)
- Fondo nella ricerca di Neutrini Cosmici
 - Poche misure sopra energie ~TeV
 - Molte previsioni differenti sul flusso
- Procedure di *unfolding* per stimare lo spettro dei neutrini
 - Si tiene conto della limitata risoluzione in energia e della risposta del rivelatore
 - Si usano due diversi estimatori, con *unfolding* SVD e Bayesiano
 - Ampio studio degli effetti sistematici
- Spettro in energia dei neutrini tra 100 GeV e 200 TeV con i dati di ANTARES dal 2007 al 2011
- Misure effettuate da Antares, IceCube, Amanda
 - Spettro in energia tra 100 GeV e 200 TeV
 - Buon accordo con le misure precedenti e con i modelli teorici
 - Non e' possibile separare il contributo convenzionale del flusso di neutrini da quello di neutrini *prompt* (dal decadimento di particelle *charmate*)
 - Le incertezze sistematiche sono stimate per mezzo di una simulazione Monte Carlo
 - I risultati sono influenzati soprattutto dall'efficienza degli OM e dalle proprieta' dell'acqua.

Le caratteristiche principali del rivelatore IceCube ed i risultati ottenuti nella ricerca di un segnale di origine cosmica vengono così sintetizzati da L.A. Fusco:

- IceCube: telescopio per neutrini dell'ordine del km^3 al Polo Sud
 - Nel ghiaccio Antartico a ~ 2.5 km di profondità
 - 86 stringhe, ciascuna con 60 OMs con PMT da $10''$
 - Construzione completata nel 2010
- Prima evidenza di un flusso cosmico di neutrini
 - *High Energy Starting Events* (HESE): campione di eventi contenuti di alta energia.
 - Strategie di veto utilizzate per riconoscere gli eventi atmosferici.
- Uno spettro di potenza $E^{-2.5}$ riproduce i dati
 - Spettro E^{-2} atteso dagli acceleratori standard extra-galattici di raggi Cosmici
 - Best-fit: Isotropico
 - Best-fit: Compatibile con un rapporto di *flavour* 1:1:1
- Il segnale di IceCube
- Uno spettro di potenza $E^{-2.5}$ riproduce i dati, $E^{-2.1}$ da N
- Eccesso nell'emisfero Sud \rightarrow Piano galattico?
- Spettro extra-galattico più energetico nell'emisfero Nord?

L.A. Fusco mostra poi la mappa del cielo con i segnali visti da IceCube, 37 candidati soprattutto nella regione Sud, e cita due lavori recenti della collaborazione IceCube, Phys. Rev. D91 (2015) 022001 e Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 101101. Una componente diffusa di segnale sul piano galattico, ricorda L.A. Fusco, è visibile nella mappa a raggi γ misurata da Fermi-LAT: i pioni carichi prodotti insieme ai π^0 potrebbero costituire una sorgente per il flusso di neutrini, con spettri in energia meno ripidi. Per questo L.A. Fusco richiama in sintesi i meccanismi di propagazione dei Raggi Cosmici nella Galassia e osserva che segnali con spettro meno ripido, provenienti da regioni localizzate, dovrebbe essere analizzati in dettaglio ed osserva quanto segue:

- Il segnale Sud di IceCube è soprattutto nel canale di sciame
 - Risoluzione angolare tra 10 e 20 gradi \rightarrow Non è possibile risolvere le anisotropie
 - Parte del segnale da scale più piccole?
- ANTARES guarda l'emisfero Sud
 - Canale con tracce di muoni provenienti dal basso \rightarrow puntamento con accuratezza sotto il grado
 - Area efficace confrontabile per l'Emisfero Sud a basse energie
- Metodo di ricerca (S. Adrián-Martínez et al., Phys. Lett. B760 (2016) 143)
 - *On-zone*: $|l| < 40^\circ$; $|b| < 3^\circ$
 - 9 *off-zones* per la stima del fondo, uniformemente distribuite nel tempo, ciascuna con la stessa esposizione
 - Selezione degli eventi ottimizzata e basata sul calcolo del limite superiore secondo le prescrizioni di Feldman & Cousins, a partire da simulazioni Monte Carlo
 - Si rifiutano i muoni atmosferici mal ricostruiti
 - Taglio in energia per sopprimere il fondo di origine atmosferica

L.A. Fusco mostra poi una stima della sensitività di IceCube, considerando il flusso atteso dal piano galattico. ANTARES, che per questa regione del cielo ha una risoluzione angolare migliore, può escludere molte ipotesi sui segnali visti da ICE Cube.

Sui segnali di Ice Cube è stata effettuata una *blinded analysis* ed i risultati ottenuti vengono illustrati da L.A.Fusco con un grafico e così sintetizzati:

- 3.6 eventi attesi dal solo fondo dalla regione del Piano galattico
- 2 eventi osservati nella zona corrispondente
- Completamente compatibile con le stime del fondo (sottofluttuazione)
- Limite superiore legato alla sensitività

Il limite superiore così ottenuto può essere confrontato con i modelli di emissione dal piano galattico:

- Limite superiore confrontato con i modelli teorici ed estrapolazione del flusso γ di Fermi-LAT al flusso di ν vs di flux to IceCube
- Miglior limite superiore sull'emissione di neutrini dal Piano Galattico
- Vicino alle predizioni teoriche da simulazioni complete dei Raggi Cosmici Galattici

Un altro progetto sperimentale che viene brevemente illustrato da L.A. Fusco è K3NeT, un osservatorio di prossima generazione che verrà installato nel Mar Mediterraneo e che è costituito da due componenti (S. Adrián-Martínez et al., Letter of Intent for KM3NeT 2.0, Journ. of Phys. G43 (2016) 084001):

- ORCA --> Determinazione della Gerarchia di Massa dei Neutrini
 - Da installare vicino al sito di ANTARES
 - Fitto array di DOM (Digital Optical Modules) → soglia ai GeV
- ARCA --> Astronomia di Neutrini
 - Rivelatore con Massa > Gton
 - 100 km al largo di Capo Passero (Sicilia)

La sensitività di KM3NeT/ARCA ad un flusso di neutrini di origine astrofisica ha le seguenti caratteristiche:

- Cascata
 - 2° di risoluzione angolare, 10% di risoluzione in energia
 - reiezione del fondo a 4π senza veto
 - Analisi multivariata sviluppata per la reiezione del fondo
- Tracciamento
 - Selezione di tracce dirette verso l'alto per la reiezione del fondo di muoni atmosferici
 - Stima dell'energia per la reiezione dei neutrini atmosferici
 - Grande esposizione verso il Piano galattico
- Misure combinate tracciamento + cascata
- Prospettive di Misura
 - Rapida ri-scoperta di un flusso pari a quello visto da IceCube

- Dettagli dei segnali di origine cosmica con osservazioni a elevata risoluzione
- Ricerca di una componente galattica dalla propagazione dei Raggi Cosmici

L.A. Fusco conclude il suo intervento con alcune osservazioni riassuntive:

- ANTARES fornisce attualmente le migliori misure sulle emissioni di neutrini galattici sotto i 100 TeV
- Vincoli sul contributo da emissione diffusa e da sorgenti puntiformi al segnale IC osservato
- KM3NeT renderà possibili studi dettagliati sui neutrini di origine cosmica.

Diego Bersanetti – GNew Lock Acquisition Strategy for VIRGO-ADV

D. Bersanetti, Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova e INFN, Sezione di Genova, presenta una sintesi del suo lavoro di tesi, "Development of a New Lock Acquisition Strategy for the Arm Cavities of Advanced Virgo" ed inizia la sua presentazione con una visione di insieme:

- Presupposti di Fisica
- Motivazioni Scientifiche
- Richieste sul Rumore
- L'Algoritmo *Guided Lock*
- Simulazioni della *Lock Acquisition* e Strategia utilizzata
- *Commissioning*

D. Bersanetti riassume brevemente i presupposti delle onde Gravitazionali, a partire dall'equazione di campo di Einstein della relatività generale, sino alla linearizzazione della teoria, in cui la metrica è una perturbazione della metrica di Minkowsky. Nel vuoto si ottiene così, a grande distanza dalle sorgenti, una soluzione ad onda piana. Per una coalescenza di stelle di neutroni nel Virgo cluster ($r \sim 10$ Mpc; $1.4M_{\odot}$) il fattore h vale circa $h \approx 10^{-21}$, per cui l'ampiezza del segnale che si vuole investigare è estremamente piccola.

Per la rivelazione di Onde Gravitazionali, continua D. Bersanetti, è stata proposta una tecnica interferometrica: un laser funziona come trasduttore, ed è possibile misurare una differenza di fase per ricostruire l'informazione sulla variazione delle lunghezze. La differenza di lunghezza su una distanza L vale $\Delta L \approx \frac{1}{2} h L$, per cui se, dalla approssimazione di quadrupolo, $h \approx 10^{-21}$, con $L \approx 10^3$ m è necessario misurare una differenza di lunghezza $\Delta L \approx 10^{-18}$ m. La trasduzione lunghezza–fase, in un interferometro con una cavità di Fabry-Pérot (FPMI), viene amplificata di un fattore moltiplicativo dato da $2F/\pi$, dove F è la "Finesse" della cavità. Questo richiede però, osserva D. Bersanetti, che il sistema sia mantenuto in una condizione di risonanza. Anche la tecnica di ricircolo della luce dispersa (Power-Recycled configuration (PRTIF)) richiede un ulteriore controllo della condizione di risonanza di un'altra cavità'.

Dopo aver riassunto gli aspetti più importanti relativi alla fisica delle Onde Gravitazionali, D. Bersanetti affronta il secondo punto della sua presentazione, le Motivazioni Scientifiche, e descrive il rivelatore Virgo, in particolare nella configurazione Advanced Virgo e con gli aggiornamenti per la seconda generazione:

- Laser da 125 W

- Fasci piu' grandi
- Nuova configurazione ottica
- *Finesse* piu' grande
- Nuovo *coating*
- Specchi piu' pesanti
- *Payload* ridisegnato
- Nuovi attuatori

In questa configurazione e' necessario sviluppare una nuova strategia di "Lock Acquisition":

- Quando l'interferometro non e' controllato, gli specchi sono liberi di muoversi. Il loro moto tipico a bassa frequenza puo' coprire un intervallo piu' grande di una lunghezza d'onda ($\approx 1 \mu\text{m}$)
- Condizione di Risonanza: le cavità ottiche si trovano su un punto di lavoro molto preciso e stretto
- *Lock Acquisition*: come mantenere tutte le lunghezze caratteristiche dell'Interferometro entro i loro punti di lavoro?
- Le richieste sono molto stringenti! ($10^{-12} \div 10^{-15} \text{ m}$)
 - Gli specchi non controllati si muovono sulla scala del micrometro
 - I segnali di controllo (*error signals*) sono alla scala del nanometro
 - L'accuratezza di lavoro e' alla scala del picometro

Per controllare i gradi di liberta' longitudinali e' stata proposto l'uso della tecnica Pound-Drever-Hall, inventata negli anni '80 per stabilizzare un laser utilizzando la lunghezza di una cavità risonante come Fase di riferimento, utilizzando un modulatore elettro-ottico, in genere una cella di Pockels. D. Bersanetti illustra poi in dettaglio come questa tecnica viene utilizzata nell'esperimento Virgo.

L'argomento successivo della presentazione di D. Bersanetti riguarda il rumore e si sviluppa attorno ai seguenti punti:

- Aspetti generali
 - *Shot Noise* ed *Electronic Noise* influenzano i fotodiodi
 - Necessita' di valutare i limiti superiori
 - Studio del circuito di *feedback* nel dominio delle frequenze
 - Confronto con le forze e gli spostamenti
- Sistema a doppio pendolo
- Sistema di controllo del rumore

D. Bersanetti descrive brevemente le richieste sul controllo del rumore, che sono molto stringenti, e mostra poi i risultati ottenuti nel controllo del rumore elettronico e dello *Shot-Noise*.

Il quarto punto dell'intervento di D. Bersanetti riguarda l'algoritmo di *Guided Lock*. Per raggiungere la condizione di *Lock* e' necessario soddisfare alcuni vincoli, che riguardano:

- il tempo di risposta del circuito di *feedback* (*bandwidth*)
- la massima forza degli attuatori
- il tempo di *build-up* del campo nella cavità (*ringing effect*)

D. Bersanetti indica anche i valori soglia, al di sopra dei quali la condizione di *Lock* non può essere raggiunta.

La soluzione proposta da D. Bersanetti è la *Guided Lock Acquisition*:

- Con i controlli locali attivati, gli specchi ancora si muovono con una velocità residua
- Vicino ad una risonanza, il segnale di controllo (*error signal*) è proporzionale alla variazione della lunghezza della cavità
- La derivata del segnale è un buon estimatore della velocità
- Attuazione con un singolo impulso alla massima forza consentita in modo da rallentare la cavità.

D. Bersanetti passa poi a discutere i dettagli del funzionamento dell'algoritmo di controllo e della implementazione del rumore sismico e allo studio del parametro di Calibrazione C.

Il quinto punto della presentazione di D. Bersanetti riguarda la simulazione della *Lock Acquisition* e la strategia utilizzata per implementarla. D. Bersanetti descrive in dettaglio molti degli aspetti rilevanti, che egli stesso successivamente riassume come segue:

- Segnale in Riflessione: il procedimento di *lock acquisition* è immediato, a motivo dell'elevato rapporto segnale/rumore; comunque non la configurazione prevista per Advanced Virgo
- Segnale in Trasmissione: il numero e l'intervallo limitato degli attuatori diventa significativo, in particolare in relazione alle fonti di rumore legate all'accoppiamento con le forze e gli spostamenti
- Attuatori: è raccomandato l'uso di un minimo di due coppie di bobine
- *Guided Lock*: permette al sistema di raggiungere una condizione di lock più stabile durante il processo di *lock acquisition*
- *Locking Strategy*: i risultati descritti sono stati utilizzati per il *Commissioning* di Advanced Virgo.

D. Bersanetti conclude la sua presentazione con alcune osservazioni sul *Commissioning*, che costituisce il sesto ed ultimo punto del suo intervento, mostrando la strategia utilizzata ed i risultati raggiunti.

Premio "B. Rossi" 2016: Premiazione

Al termine delle due presentazioni, il Presidente M. Pallavicini premia i due vincitori dell'edizione 2016 del premio "B. Rossi". La Commissione si complimenta con i due vincitori con un lungo e caloroso applauso.

Alle ore 12:00 la Commissione conclude i suoi lavori.