

## RELAZIONE DEL PRESIDENTE

PAGINA BIANCA

## MUSEO STORICO DELLA FISICA E CENTRO STUDI E RICERCHE "ENRICO FERMI"

Sede in Via Panisperna, 89/a – 00184 Roma  
Sede provvisoria c/o Compendio Viminale – Pal. F. 00184 Roma  
Cod. Fisc. 97214300580 - Partita IVA 06431991006

### CONTO CONSUNTIVO 2011

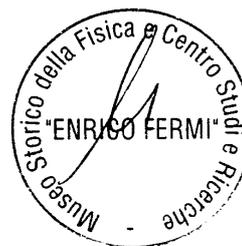
#### Relazione del Presidente

In accordo con quanto previsto nel Piano Triennale 2011-2013, l'attività svolta nel 2011 dal Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi (nel seguito denominato Centro Fermi) è stata articolata su quattro linee principali:

1. Assegnazione di **Grants**, per nuovi talenti e per ricercatori a livello Senior e Junior, al fine di indirizzarli verso ricerche originali e di valore interdisciplinare.
2. Realizzazione e promozione di ricerche originali attraverso i **Progetti Interdisciplinari** del Centro.
3. **Diffusione della Cultura Scientifica**, in particolare presso gli Istituti Scolastici Superiori, con la partecipazione di studenti e docenti al Progetto EEE (*Extreme Energy Events*) – La Scienza nelle Scuole.
4. Conservazione della **Memoria Storica**, attraverso il ripristino del Complesso Monumentale di Via Panisperna, di straordinario valore storico, da adibire in parte a **Museo**.

#### SINTESI DELLE ATTIVITÀ

1. Nel 2011 sono stati conferiti 5 nuovi *Grants* (quattro di questi inizieranno la loro attività nel 2012) e rinnovati 12 *Grants* assegnati nei due anni precedenti; in totale, i titolari di *Grant* in attività nel 2011 sono stati 26. I *Grants* del Centro Fermi sono paragonabili alle migliori borse post-doc europee, e sono assegnati sia su temi di ricerca individuali sia in connessione ai Progetti del Centro. I titolari di *Grant* svolgono la loro attività presso sedi Universitarie e di Enti di Ricerca sul territorio nazionale e presso il CERN; nel 2011 le sedi erano:
  - CNR, Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara (Firenze)
  - INFN, Laboratori Nazionali del Sud (Catania)
  - INFN, Laboratori Nazionali di Frascati (Roma) – 3 *Grants* –
  - Scuola Normale Superiore (Pisa)
  - Università di Bari
  - Università di Bologna – 4 *Grants* –
  - Università di Catania
  - Università di Padova – 2 *Grants* –
  - Università di Roma “La Sapienza” – 8 *Grants* –
  - Università di Salerno
  - Università di Torino – 3 *Grants* –



2. Sono stati portati avanti 13 Progetti Interdisciplinari, in collaborazione con 14 Enti di Ricerca e Università, che hanno prodotto risultati scientifici di rilievo, presentati a varie Conferenze e documentati da pubblicazioni su Riviste Internazionali.
- L'attività di ciascun Progetto è brevemente descritta nella sezione successiva. Secondo il *database* Scopus i 35 lavori pubblicati nel 2011, in cui almeno uno degli autori è un Grantista del Centro Fermi, hanno ricevuto un totale di 208 citazioni (di cui 165 nel 2011 e 43 nei primi mesi del 2012).
- Le istituzioni scientifiche con le quali sono stati svolti programmi specifici in collaborazione sono :
- Centro Europeo per le Ricerche Nucleari e Subnucleari (CERN) di Ginevra;
  - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR);
  - *Eidgenössische Technische Hochschule* (ETH) di Zurigo;
  - Fondazione Ettore Majorana e Centro di Cultura Scientifica (FEMCCS) di Erice;
  - Fondazione Santa Lucia Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico (IRCCS) di Roma;
  - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN);
  - *Joint Institute for Nuclear Research* (JINR) di Dubna;
  - Università di Bologna;
  - Università di Pisa;
  - Università di Roma "La Sapienza";
  - Università di Roma Tor Vergata;
  - Università di Roma Tre;
  - Università di Salerno;
  - Università di Torino.
3. E' proseguita la realizzazione di una rete di telescopi per raggi cosmici nel quadro del Progetto EEE, che a fine 2011 raccoglieva 33 Istituti Scolastici, distribuiti lungo tutto il territorio nazionale, con il coinvolgimento di centinaia di studenti e docenti, e il supporto di ricercatori del Centro Fermi, dell'INFN e del CERN di Ginevra. Nel corso dell'anno il Centro ha ricevuto nuove richieste di adesione da altri 10 Istituti Scolastici, una parte dei quali entreranno a far parte della rete nel 2012.
4. E' stato seguito con attenzione il progresso dei lavori di ristrutturazione, iniziati alla fine del 2010, dello storico Complesso Monumentale di Via Panisperna, con l'obiettivo di renderlo disponibile per le attività istituzionali entro il biennio 2014-2015.

#### I PROGETTI DEL CENTRO FERMI

I Progetti effettivamente svolti nel 2011 sono stati 13. Degli altri due progetti previsti nel Piano Triennale 2011-2013, uno (*Intrinsically Safe Reactors*) è stato sospeso, in attesa di approfondimento, alla luce dell'esito del Referendum del 12/13 giugno 2011 per il quesito dal titolo "Abrogazione delle nuove norme che consentono la produzione nel territorio nazionale di energia elettrica nucleare". Per l'altro (Basi Scientifico Tecnologiche della Meteo-Climatologia), è iniziata, nel corso dei "Seminari sulle Emergenze Planetarie" presso la Fondazione "Ettore Majorana" e Centro di Cultura Scientifica (FEMCCS) di Erice, una fase di discussione delle molte attività previste ed è ora in corso di definizione da parte del Centro Fermi una componente di carattere sperimentale del Progetto legata all'effetto dei raggi cosmici sulla formazione ed evoluzione di aerosol e nubi.



Qui di seguito vengono esposte sinteticamente, per ciascun Progetto, le idee generali e i principali obiettivi raggiunti nel 2011:

- 2.1. EXTREME ENERGY EVENTS (EEE) – LA SCIENZA NELLE SCUOLE
- 2.2. QUARK-GLUON COLOURED WORLD (QGCW) – ALICE AND BEYOND
- 2.3. TECNOLOGIE NON INVASIVE PER LE NEUROSCIENZE (TNIN) – RISONANZA MAGNETICA
- 2.4. SISTEMA FOTOVOLTAICO A CONCENTRAZIONE AD ALTA EFFICIENZA PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
- 2.5. ADROTERAPIA – INNOVATIVE NON INVASIVE IMAGING OF DOSE RELEASE IN HADRONTHERAPY
- 2.6. DIAGNOSI MEDICA NON INVASIVA MEDIANTE RADIAZIONE DI FLUORESCENZA
- 2.7. SILENZIO COSMICO
- 2.8. MICRORISONATORI OTTICI
- 2.9. BUCHI NERI ACUSTICI
- 2.10. COMPLESSITÀ: DALLE STRUTTURE NANOMETRICHE A QUELLE COSMICHE
- 2.11. SUONI CARDIACI E DIAGNOSI CLINICA
- 2.12. PROBLEMI INTERDISCIPLINARI RICONDUCEBILI A SIMULAZIONI NUMERICHE SU LARGA SCALA
- 2.13. “MINIMAL LIFE”: VERSO CELLULE SEMISINTETICHE VIVENTI.

#### 2.1. EXTREME ENERGY EVENTS (EEE) – LA SCIENZA NELLE SCUOLE

L'idea di base è stata quella di coinvolgere gli Istituti della Scuola Secondaria Superiore in un esperimento scientifico avanzato, istituendo in ogni Scuola aderente al Progetto un laboratorio di fisica che veda protagonisti gli insegnanti e gli studenti stessi. In ciascuna scuola viene costruito un "telescopio" fatto con i più moderni e avanzati rivelatori di particelle, da mettere in coincidenza con i telescopi di altre scuole allo scopo di rivelare i muoni cosmici e gli sciami estesi prodotti dai raggi cosmici di più alta energia. Ai ragazzi viene dato, inoltre, l'importantissimo compito della costruzione degli stessi rivelatori a partire dai materiali di base, affinché si rendano conto di come si possa passare da materiali poveri a strumenti di altissima precisione.

Attualmente risultano operative tutte le stazioni realizzate, in 33 Istituti Scolastici distribuiti in 19 città, ed è in corso l'acquisizione dati volta alla ricerca di eventi coincidenti tra stazioni vicine e stazioni lontane. Contemporaneamente è stata avviata una ulteriore fase del Progetto, coinvolgendo altri Istituti Scolastici, allo scopo di selezionarne una decina che possano costruire i propri rivelatori già nel 2012.

Il Progetto EEE ha anche prodotto numerose pubblicazioni, presentazioni a congressi internazionali e tesi di laurea. Le pubblicazioni e altro materiale, anche multimediale, sono disponibili sul sito web del Progetto EEE:

<http://www.centrofermi.it/eee>.

A titolo di esempio, citiamo l'articolo *Observation of the February 2011 Forbush decrease by the EEE telescopes*, pubblicato su *The European Physical Journal EPJ Plus* 126 (2011) 61 da M. Abbrescia et al., nel quale è stata riportata un'importante osservazione effettuata nel mese di febbraio del 2011, in seguito all'effetto Forbush di decrescita dell'attività solare. Per la prima volta è stata osservata la coincidenza tra la variazione del flusso di neutroni – registrato dalla Oulou Cosmic Ray Station, in Finlandia – e la variazione del flusso di muoni misurato in contemporanea dai due telescopi EEE di Catania e di Altamura.

#### 2.2. QUARK-GLUON COLOURED WORLD (QGCW) – ALICE AND BEYOND

Con l'avvento del *Large Hadron Collider* (LHC) del CERN, ha preso il via il progetto QGCW che si propone di studiare il “nuovo mondo” [*Quark-Gluon-Coloured-World* (QGCW)] prodotto nelle collisioni tra nuclei pesanti ( $^{208}\text{Pb}^{82+}$ ) alla massima energia mai finora raggiunta, ossia 1150 TeV ( $1.15 \times 10^{15}$  eV).

Il QGCW è un mondo totalmente diverso da quello a noi familiare, fatto del vuoto di QCD con barioni e mesoni privi di colore. Scopo del progetto è lo studio dell'insorgere di effetti speciali, derivanti dal rilascio della condizione di mancanza di colore.

Lo studio del QGCW può essere effettuato bombardandolo con particelle note ( $p, n, \pi, K, \mu, e, \gamma, \nu$ ) e misurando le proprietà di quelle che ne emergono tramite uno speciale apparato di rivelazione. Una volta ottenute le collisioni Pb-Pb, il problema è quello di sincronizzare il fascio di protoni con il QGCW che viene prodotto. Tale sincronizzazione richiede un elevatissimo grado di precisione.

Nel quadro del progetto RD12 di LHC, che era già stato lanciato al CERN per studiare soluzioni adeguate alla macchina e agli esperimenti, è stato avviato lo sviluppo e il test di un sistema di temporizzazione, trigger e controllo (TTC) optoelettronico multifunzionale.

Dall'entrata in funzione nel 2009-2010 di LHC, il Centro Fermi partecipa all'esperimento ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*) per quanto riguarda la raccolta e l'analisi dei dati; tale partecipazione costituisce la fase iniziale del



generale Progetto *QGCW – ALICE and beyond*. L'esperimento ALICE è una delle imprese scientifiche più importanti al mondo, in questo momento, per quanto riguarda lo studio delle collisioni tra nuclei di piombo ad altissima energia. Il contributo del Centro Fermi ad ALICE è stato determinante, sia in termini di tematiche di fisica attuali e future (QGCW), sia in termini di sviluppi tecnologici con l'invenzione e l'installazione di un rivelatore a grande area con una risoluzione temporale da record ( $\approx 50$  ps): il rivelatore a tempo di volo (TOF) costituito da *Multigap Resistive Plate Chambers* (MRPC). Una variante di questo rivelatore è stata utilizzata nel Progetto *Extreme Energy Events* (EEE) – La Scienza nelle Scuole.

### 2.3. TECNOLOGIE NON INVASIVE PER LE NEUROSCIENZE (TNIN) – RISONANZA MAGNETICA

La risonanza magnetica nucleare (NMR) costituisce la metodica d'elezione per lo studio in vivo del cervello, grazie alle sue caratteristiche di non invasività, e alle sue intrinseche proprietà multiparametriche. Il progetto TNIN è attivo su molte delle tematiche più vive della ricerca nel campo delle neuroscienze e nel corso del 2011 ha conseguito importanti risultati teorici e sperimentali. Inoltre, sostanziali sforzi sono stati dedicati alla progettazione e alla fase sperimentale di tre studi di lungo respiro, legati all'energetica cerebrale. I risultati giunti a pubblicazione nel corso del 2011 comprendono tre contributi di biofisica teorica, che stanno contribuendo sostanzialmente al dibattito sull'accoppiamento neurometabolico (cioè al legame fra attività neuronale e metabolismo cerebrale), e più in generale sulla neuroenergetica. Le evidenze sperimentali ottenute in vivo mediante NMR sono risultate compatibili con un quadro dell'energetica neuronale più complesso di quanto correntemente accettato. In particolare, è stato suggerito che il glicogeno abbia un'importanza nella regolazione della neuroenergetica molto maggiore di quanto ipotizzato in precedenza. È stato anche mostrato che le lente oscillazioni coerenti su vasta scala del segnale di imaging funzionale con NMR (fMRI), che costituiscono la base sperimentale della postulata attività spontanea del cervello, sono almeno in parte relazionate a un meccanismo di retroazione fra neuroni e astrociti, che coinvolge le cosiddette onde di calcio.

Dal punto di vista sperimentale si è mostrato che le oscillazioni sono progressivamente alterate nel corso del progredire della demenza di Alzheimer; ancora più interessante è che tale disconnessione funzionale precede, nel corso dello sviluppo della malattia, il manifestarsi del danno microstrutturale e dell'atrofia. Questo risultato indica che l'atrofia tissutale è un effetto a lungo termine della disconnessione funzionale, e non ne è la causa.

Gli studi strutturali si sono estesi oltre la caratterizzazione dell'atrofia in soggetti alzheimeriani, e si è mostrato che gli indici quantitativi legati alle proprietà anomale della diffusione nel cervello sono in grado di caratterizzare la complessità della materia bianca meglio degli indici equivalenti calcolati sfruttando l'approssimazione di diffusione puramente gaussiana. Tale proprietà ha potenziali applicazioni nell'analisi quantitativa delle neuro immagini e nella diagnosi precoce delle degenerazioni della sostanza bianca.

Infine, un consistente impegno è stato dedicato a sviluppi di tipo metodologico delle tecniche NMR, con la messa a punto di un approccio migliorativo dell'analisi delle immagini fMRI del midollo spinale, l'identificazione delle condizioni di rapporto segnale rumore necessarie per l'osservazione diretta degli effetti magnetici delle neurocorrenti sulle immagini NMR a campo magnetico ultrabasso, e l'ottimizzazione dei metodi di analisi di immagini di fase nell'imaging fMRI, una tecnica che promette interessanti sviluppi già a breve termine.

### 2.4. SISTEMA FOTOVOLTAICO A CONCENTRAZIONE AD ALTA EFFICIENZA PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

Lo scopo di questa ricerca è lo sviluppo di un prototipo dimostratore di modulo fotovoltaico a concentrazione ad alta efficienza (*concentrated photovoltaics*: CPV), capace di produrre energia elettrica da energia solare a costi inferiori rispetto ai moduli a silicio attualmente usati. Questo tipo di tecnologia è attualmente quella più prossima alla "grid parity", cioè alla produzione di energia elettrica allo stesso costo di quella prodotta da fonti fossili. Questa tecnologia è diventata interessante negli ultimi anni grazie alla forte diminuzione del costo delle celle a tripla giunzione (da 6 Euro/cella nel 2008 a 3 Euro/cella nel 2010), costruite senza silicio, con semiconduttori del gruppo III-V della tavola periodica.

Sono state sviluppate diverse configurazioni ottiche, elettriche e meccaniche di moduli fotovoltaici innovativi ad alta concentrazione. In particolare si è confermato che devono essere usate ottiche "non-imaging" nelle quali non viene conservata la forma dell'oggetto (il disco solare) per ottenere concentrazioni elevate (600X nel nostro caso) con elevati angoli di accettazione angolare, e sono state sviluppate diverse ottiche con specchi quasi parabolici. Cinque moduli sono stati esposti al sole da ottobre 2010, rimanendo esposti a gelo, neve e pioggia per tutta la stagione invernale, senza mostrare danneggiamenti, così dimostrando l'affidabilità di questo tipo di modulo. I risultati già ottenuti hanno portato allo sviluppo di un secondo prototipo di modulo fotovoltaico, completato alla fine dell'anno 2011.

### 2.5. ADROTERAPIA – INNOVATIVE NON INVASIVE IMAGING OF DOSE RELEASE IN HADRON THERAPY

Il monitoraggio *on-line* della localizzazione della dose nell'adroterapia è di grande importanza per il controllo di qualità del trattamento. Tale *imaging* di dose dovrebbe dare il necessario *feedback* di controllo all'hardware dell'acceleratore per quanto riguarda la posizione e l'energia del fascio in uso.

Il Progetto durante il 2011 si è concentrato su due filoni: la misura dei flussi di secondari prodotti dal fascio terapeutico

nel paziente e la progettazione di un dispositivo che, utilizzando tali flussi, permetta la localizzazione della dose rilasciata. Il picco del rilascio di dose può infatti essere correlato con le regioni di emissione di tre diversi tipi di particelle secondarie generate dal fascio nel tessuto del paziente: fotoni singoli da diseccitazione nucleare di energia compresa nell'intervallo 1-10 MeV (gamma "prompt"), coppie di fotoni generati dall'annichilazione di positroni indotti da emettitori  $\beta^+$  (principalmente  $^{11}\text{C}$  e  $^{15}\text{O}$ ) e protoni di energia cinetica compresa tra 20 e 150 MeV.

Durante il 2011 sono stati misurati tali flussi studiandone l'emissione generata su un fantoccio di PMMA da parte del fascio di  $^{12}\text{C}$  da 80 MeV/nucleone del ciclotrone situato nei Laboratori Nazionali del Sud (Catania) dell'INFN. I risultati conseguenti all'analisi dei dati acquisiti sono stati pubblicati, o sono in corso di pubblicazione, su riviste internazionali. Nell'ambito del secondo filone di attività è iniziata la progettazione di un prototipo di dosimetro ("dose profiler") avente la doppia natura di una camera tracciante (per rivelare le particelle cariche) e di una camera Compton (per rivelare e tracciare i fotoni prompt). È stato sviluppato un codice di simulazione, da usare per l'ottimizzazione dei materiali, della granularità di lettura e per la valutazione delle prestazioni e dell'efficienza del profiler, che è basato sul codice FLUKA, interfacciato per lo storage dei dati con il pacchetto ROOT del CERN.

## 2.6. DIAGNOSI MEDICA NON INVASIVA MEDIANTE RADIAZIONE DI FLUORESCENZA

Il tema della ricerca riguarda lo sviluppo di strumentazione basata sull'uso dei raggi X e della misura della fluorescenza X da essi indotta per applicazioni nel campo della ricerca biomedica e nel campo della diagnostica clinica. L'attività di ricerca è svolta presso i Laboratori del Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano e presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN. Il progetto prevede lo sviluppo di un sistema integrato per "elemental mapping" (determinazione della distribuzione spaziale di elementi chimici in campioni di differente natura, sia di tipo biologico sia di tipo inorganico) mediante tecnica basata appunto sulla misura dello spettro di fluorescenza X emesso dal campione opportunamente irraggiato da un fascio di raggi X di eccitazione.

Nel 2011 è stato perfezionato lo sviluppo di codici di simulazione per lo spettrometro XRF, ottenendo uno strumento flessibile e preciso per configurare e ottimizzare l'apparato sperimentale. Il programma permette di determinare la distribuzione spettrale e spaziale dei fotoni e degli elettroni emessi da vari campioni esposti al flusso di raggi X di eccitazione, in seguito ai processi di diffusione (Compton e Rayleigh), effetto fotoelettrico, ionizzazione, *bremsstrahlung*, emissione Auger e diseccitazioni (radiative e non) e, in seguito, di valutare la risposta del rivelatore. I problemi studiati per la realizzazione di sistemi XRF performanti hanno permesso di estendere la ricerca oltre gli obiettivi specifici del progetto, con ricadute in altri campi di tecnologie avanzate quali sistemi criogenici e da vuoto, sistemi di alimentazione ultrastabili di basso rumore, driver di comunicazione, sistemi ottici di raggi X basati su lenti policapillari e sistemi di acquisizione dati ad alto rate. La scelta della configurazione finale dello spettrometro XRF è resa possibile sulla base dei risultati sperimentali ottenuti con prototipi e delle simulazioni Monte Carlo perfezionate nel corso del 2011, anno in cui il Progetto si è concluso.

## 2.7. SILENZIO COSMICO

La vita, per quanto è dato conoscere, è apparsa sulla terra circa  $3.6 \times 10^9$  anni orsono. Da allora si è evoluta in presenza della radiazione di fondo, ed è legittimo chiedersi se questa abbia influenzato i processi biochimici che avvengono nella materia vivente. Per rispondere a questa questione scientifica in modo appropriato, è necessario effettuare degli esperimenti, confrontando il comportamento biochimico delle stesse cellule (stesso modello biologico), messe in coltura in parte in un laboratorio di riferimento (*standard background environment*, SBE), e in parte in un laboratorio in condizioni di radiazione di fondo il più possibile ridotte (*low background environment*, LBE). Il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso (LNGS) offre un ambiente LBE praticamente unico al mondo, sia come radiazione di fondo residua, sia come logistica.

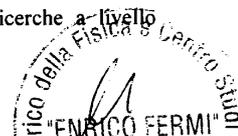
Dopo aver completato nel 2010 la fase dello studio "in vitro" delle differenze biochimiche fra cellule coltivate nei due laboratori, il gruppo ha valutato le possibilità di avere una conferma dei risultati ottenuti per mezzo di esperimenti "in vivo". L'animale più comunemente utilizzato per questo scopo è il topo (*mus musculus*), per le sue dimensioni, velocità di riproduzione e facilità di allevamento.

A questo scopo nella ricerca è stato coinvolto un gruppo di biologi dell'Università dell'Aquila; è stata anche avviata una collaborazione con un gruppo australiano dell'Università di Adelaide, che ha una notevole esperienza nella sperimentazione con topi "transgenici" o ingegnerizzati in modo veramente sottile.

Nel 2011 le attività del Progetto hanno riguardato l'approfondimento delle tecniche di utilizzazione del topo transgenico (denominato pkZ1), grazie all'intensa fase di collaborazione con l'Università di Adelaide. Il risultato di questo lavoro è una proposta di esperimento, di cui deve ora essere valutata la fattibilità in un laboratorio con condizioni abbastanza simili a quelle del LNGS, dove non è purtroppo possibile condurre esperimenti "in vivo".

## 2.8. MICRORISONATORI OTTICI

Microcavità ottiche basate sulla propagazione di modi di galleria (WGM - *Whispering Gallery Modes*) costituiscono dei risonatori ottici ad elevatissimo fattore di qualità ( $Q \sim 10^9$ ) e sono quindi capaci di confinare la luce in volumi modali estremamente ridotti e per lunghi periodi di tempo. Sono perciò di grande interesse sia per ricerche a livello



fondamentale in ottica quantistica o non lineare sia per applicazioni in settori quali la fotonica e la sensoristica.

Nel corso del 2011, le attività del Progetto si sono concentrate sulle seguenti azioni:

- Sviluppo di strutture innovative quali i risonatori di tipo “a bolla”, che permettono una migliore integrazione della microfluidica con la sezione ottica del dispositivo.

E' stato messo a punto un nuovo processo di fabbricazione a partire da microcapillari di silice, basato sull'impiego di una scarica ad arco generata da una giuntatrice per fibre ottiche. La caratterizzazione delle microbolle, effettuata in aria (ossia senza riempire il capillare), ha evidenziato valori di  $Q$  compresi tra  $10^7$  e  $10^8$ , quindi allo stato dell'arte internazionale. Come passo preliminare alla realizzazione di un vero e proprio sensore, è stato verificato con successo il funzionamento della struttura come rifrattometro.

- Ottimizzazione delle tecniche di accoppiamento/disaccoppiamento della luce, con lo scopo principale di renderne l'architettura più stabile e meglio integrabile con circuiti ottici in geometria planare. Un test molto interessante è stato condotto usando un risonatore a disco in niobato di litio ( $Q > 10^8$ ), che è stato accoppiato con una guida ottica a canale realizzata anch'essa in niobato di litio.
- Studio di effetti non lineari di tipo Kerr misurati su risonatori ricoperti di un film sottile di polimero per lo sviluppo di commutatori tutto-ottici. Microsfere di silice sono state ricoperte con un film sottile di polimeri derivati di poli-(p-fenilenevinilene) (PPV) e di polifluorene, sintetizzati dal gruppo di L. Oriol all'Università di Saragozza. La misura sperimentale, utilizzando una configurazione *pump and probe*, ha confermato la possibilità di sfruttare l'effetto Kerr non lineare anche in questi microrisonatori.

## 2.9. BUCHI NERI ACUSTICI

Nello spirito interdisciplinare che caratterizza il progetto, che ha come obiettivo la rivelazione della famosa radiazione di Hawking per i buchi neri in sistemi di materia condensata, è continuato lo studio dell'emissione spontanea “alla Hawking” di fononi (onde acustiche) in condensati di Bose-Einstein soggetti a moto supersonico.

In quest'ultimo anno ci siamo focalizzati nello studio di configurazioni dette di “buco bianco”. I buchi bianchi in ambito gravitazionale sono ipotetiche strutture che rappresentano il *time reversal* dei buchi neri. Se da un buco nero niente può scappare, in un buco bianco niente può entrare. L'orizzonte agisce da membrana semipermeabile permettendo unicamente il moto dall'interno del buco bianco verso l'esterno. E' esattamente l'opposto di quello che accade in un buco nero.

Non sono noti processi astrofisici che portano alla formazioni di buchi bianchi. In ambito di materia condensata, configurazioni di buco nero acustico e buco bianco acustico sono entrambe realizzabili e differiscono semplicemente per la direzione del flusso supersonico che è opposta nei buchi bianchi rispetto ai buchi neri.

Lo studio di configurazioni di buco bianco ottenute con un condensato di Bose-Einstein ci ha portato alla previsione di un nuovo fenomeno legato alla radiazione di Hawking in questi sistemi: la funzione di correlazione per i fononi creati presenta un “*checkerboard pattern*”, un alternarsi di massimi e minimi in entrambe le direzioni. Questa peculiare caratteristica rappresenta un ottimo indicatore per rivelazioni sperimentali della radiazione di Hawking.

## 2.10. COMPLESSITÀ: DALLE STRUTTURE NANOMETRICHE A QUELLE COSMICHE

Lo studio dei sistemi complessi riguarda l'emergenza di proprietà collettive in sistemi con un gran numero di elementi in interazione tra loro. Questa problematica è fondamentale nello studio di molti problemi fisici e la comprensione di alcuni problemi specifici può inoltre dar luogo a una nuova metodologia, con possibilità di applicazioni in altri campi. Questo Progetto verte sull'applicazione degli strumenti statistici e concettuali della fisica dei sistemi complessi a particolari problemi in astrofisica e cosmologia.

- Strutture su larga scala dell'universo (metodi statistici): al fine di caratterizzare le correlazioni su larga scala delle galassie, è stata misurata la densità condizionale media  $n(r)$  nella *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS). Questa presenta un comportamento di scala del tipo  $n(r) = r^{-1}$  per  $r < 20$  Mpc. Tuttavia, mentre alcuni autori hanno notato che intorno 70 Mpc si verifica una transizione verso l'uniformità (cioè  $n(r) = \text{costante}$ ), il gruppo ha misurato che  $n(r) = r^{-1} - 0.2$  per  $20 \text{ Mpc} < r < 100 \text{ Mpc}$ . Uno studio più recente, prendendo in considerazione diversi momenti della variabile casuale rappresentata dalla densità condizionale, ha permesso di confermare i risultati precedenti e di estenderli a scala più ampia, ovvero fino a circa  $r = 200$  Mpc.
- Strutture su larga scala dell'universo (teoria): prima di concludere che l'introduzione di energia del vuoto, o di una più complicata nuova fisica, sia indispensabile, è necessario verificare la validità dell'approssimazione di omogeneità e isotropia. L'effetto delle deviazioni dall'omogeneità e isotropia per le quantità medie (in particolare, il tasso di espansione medio) si chiama *backreaction*. Al fine di determinare come le strutture possano influenzare il tasso medio di espansione, è stato iniziato uno studio che ha come scopo quello di misurare, in simulazioni numeriche cosmologiche, alcune grandezze fisiche attraverso le quali, nel limite newtoniano, è possibile stimare l'effetto della *backreaction* a diverse scale spaziali. E' stato sviluppato un formalismo che permette di legare i termini di *backreaction* alle proprietà stocastiche delle distribuzioni spaziali e delle velocità delle particelle che costituiscono il campo di densità. Attraverso l'analisi d'alcuni modelli giocattolo semplificati è possibile calcolare



le quantità rilevanti del problema: questo studio deve essere inteso come un primo tentativo di una caratterizzazione numerica del termine della *backreaction*.

- Sistemi auto-gravitanti: l'evoluzione di un gran numero di particelle con massa interagenti solamente attraverso la gravità newtoniana è un problema paradigmatico per la fisica statistica dei sistemi con interazione a lunga portata e trova importanti applicazioni in diverse aree dell'astrofisica e della cosmologia. Uno dei problemi principali ancora aperti riguarda il meccanismo collettivo dinamico-statistico di rilassamento che porta questo tipo di sistemi in uno stato quasi stazionario (SQS) virializzato, ma lontano dall'eventuale equilibrio termodinamico. Tali stati sono caratterizzati da una struttura pressoché radiale "core-halo" con un core più denso al centro circondato da un halo rarefatto. Il caso che abbiamo considerato è quello gravitazionale, i cui SQS che si formano in simulazioni numeriche riproducono alcune caratteristiche dei profili di luminosità di alcuni oggetti astrofisici (ammassi globulari, galassie ellittiche, ecc.). Con esperimenti numerici è stata mostrata una dipendenza non banale dalle condizioni iniziali di questo processo. Lynden-Bell ha formulato una teoria per spiegare questo rilassamento, approssimando il sistema come non collisionale. Mentre la teoria di Lynden Bell è stata confermata da esperimenti numerici in cui le condizioni iniziali sono vicine al viriale, la formazione di strutture core-halo quando le condizioni iniziali sono lontane dall'equilibrio del viriale rappresenta tuttora un problema aperto.

### 2.11. SUONI CARDIACI E DIAGNOSI CLINICA

Questo Progetto, che si è concluso nel 2011, partiva dalla constatazione della progressiva scomparsa nell'era attuale delle abilità auscultatorie, sostituite da un maggiore ricorso al supporto tecnologico, pur rappresentando l'auscultazione cardiaca il primo passo del metodo d'indagine strumentale e avendo un riconosciuto ruolo fondamentale nella semeiotica cardiaca. D'altra parte, la disponibilità di calcolatori con elevata capacità di elaborazione ha permesso di muoversi dall'auscultazione cardiaca convenzionale, anche nelle sue forme più moderne come la fonocardiografia digitale, verso lo studio delle caratteristiche inesplorate dell'emissione sonora cardiaca: la distribuzione spaziale del suono percepito sulla superficie del torace, la sua evoluzione nel tempo e nello spazio delle frequenze.

Il Progetto si basava sulla registrazione dei suoni cardiaci, ottenuti come vibrazioni della parete toracica, su più punti di auscultazione, e sulla correlazione reciproca di questi nel tempo. Un avanzato protocollo di interpretazione dei dati, capace di sfruttare le sinergie fra competenze cliniche e fisico-ingegneristiche, completa la tecnica e offre nuove potenzialità alla fonocardiografia tradizionale. Nell'ultimo periodo diverse linee di ricerca si sono sovrapposte: i) da un lato si è continuato a raccogliere dati su pazienti sani e patologici, al fine di aumentare la campionatura; ii) contemporaneamente sono state sviluppate e introdotte nuove strategie di analisi dei dati al fine di riuscire a disaccoppiare eventuali errori sistematici dall'intrinseca variabilità fisiologica della tecnica; iii) sono stati ottimizzati e introdotti nuovi sensori capaci di fornire la migliore qualità del rapporto segnale/rumore e di limitare l'insorgenza di errori sistematici nella misura; iv) è stata introdotta la possibilità di registrare simultaneamente i segnali di più sensori, fino a dieci, al fine di disaccoppiare la misura dei suoni cardiaci dalla variazione di altri parametri fisiologici.

Dopo circa tre anni di attività del Progetto, le linee principali della tecnica sono delineate, insieme a una composta e solida struttura per l'interpretazione dei dati. La mole di lavoro svolto nonché le conoscenze acquisite permettono di mirare a fornire alla comunità un nuovo strumento di diagnostica clinica, economico e non invasivo, che preceda e, laddove necessario, complementi la risonanza magnetica nucleare, la tomografia computerizzata, la ecocardiografia, la scintigrafia.

### 2.12. PROBLEMI INTERDISCIPLINARI RICONDUCEBILI A SIMULAZIONI NUMERICHE SU LARGA SCALA

Lo scopo di questa iniziativa, anch'essa esauritasi nel corso del 2011, è stato quello di rispondere alle esigenze prioritarie della comunità scientifica che si occupa della soluzione di problemi complessi. Con questo progetto, il Centro Fermi si è proposto di istituire un importante polo di calcolo con l'acquisto e il mantenimento di un insieme di calcolatori al vertice della tecnologia e, principalmente, di creare un linguaggio comune e una collaborazione scientifica tra i diversi gruppi che hanno e avranno accesso alle risorse di calcolo.

Tali obiettivi per gruppi scientifici che si occupano di problemi derivanti dallo studio della biologia molecolare, dell'astrofisica della fenomenologia delle particelle elementari, ecc. sono realizzabili sotto la spinta della comune esigenza di migliorare costantemente gli algoritmi numerici, le tecniche di programmazione, la teoria stessa dei problemi a molti corpi e del calcolo numerico e tutte le ulteriori problematiche ad esse correlate, aspetti tutti sviluppabili e condivisibili in modo interdisciplinare.

In pratica, dal 2004 al 2011 è stato patrocinato un numero sempre crescente di progetti di ricerca accomunati dall'esigenza di reperire ingenti risorse di calcolo al fine di ottenere risultati rilevanti nei diversi settori. L'iniziativa si è avvalsa di un parco macchine costituito da 4 *clusters* di PC, che erano stati denominati Fermi1, Fermi2, Fermi3 e Fermi4. Tra i risultati più importanti ottenuti mediante l'utilizzo dei *super-computers* del Centro Fermi vale la pena ricordare il perfezionamento dell'algoritmo noto col nome di metadinamica (introdotto dal gruppo di M. Parrinello), che permette lo studio statistico di eventi "rari" accelerando in maniera controllata la dinamica dei sistemi oggetto di studio senza compromettere la possibilità di misurare il profilo di energia libera di tali sistemi. Altri risultati importanti sono stati ottenuti attraverso le collaborazioni con un gruppo del CERN e con un gruppo dell'Università di Roma Tor



Vergata.

### 2.13. “MINIMAL LIFE”: VERSO CELLULE SEMISINTETICHE VIVENTI

Questo Progetto pluriennale, terminato nel 2011, aveva per obiettivo la realizzazione, in laboratorio, di una “Cellula Minimale” modello, che, ben lontana dalla complessità conosciuta per la più semplice cellula batterica oggi esistente, potesse rappresentare un modello per le cellule primordiali di 3.5 miliardi di anni fa, ovvero che possedesse, nella sua semplicità, i principi di vita minimale che anche le prime cellule devono aver posseduto per vivere e sopravvivere. Grazie alle tecnologie della biologia sintetica è oggi possibile utilizzare molecole di sintesi e/o molecole biologiche per ricostruire in laboratorio meccanismi cellulari presenti nel vivente, e quindi ricostruire le basi fondamentali e minimali della vita nella “Cellula Minimale” modello.

La sintesi e riproduzione del compartimento cellulare o liposoma è realizzabile stabilendo in laboratorio semplici condizioni chimico-fisiche che permettano l'assemblaggio spontaneo di lipidi in vescicole in presenza di acqua: questo è considerato probabilmente uno dei processi iniziali di sintesi dei compartimenti adottato dalle cellule primordiali.

La prima fase del progetto era consistita nell'introdurre all'interno di una vescicola lipidica le basi per un metabolismo essenziale; successivamente si è lavorato alla riproduzione e duplicazione della membrana lipidica, uno dei possibili meccanismi biochimici che le cellule primordiali avrebbero implementato per controllare la crescita e la riproduzione del compartimento-membrana, preludio per la divisione cellulare. Una fase ulteriore è stata quella di implementare la reazione di sintesi di lipidi, controllata biochimicamente da un enzima, all'interno dei liposomi, così riuscendo a studiare il processo della crescita della membrana cellulare controllata da un solo enzima.

Purtroppo il processo di sintesi di lipidi e crescita del compartimento lipidico risulta tecnicamente apprezzabile ma lento. Sebbene questo sia ragionevolmente in linea con quello che può essere accaduto durante l'evoluzione delle prime cellule viventi, sarebbe molto importante migliorare l'efficienza del meccanismo di crescita e divisione del compartimento cellulare per far sì che questo processo sia apprezzato in tutto il suo sviluppo e soprattutto nella prospettiva di dimostrare il processo finale di divisione del compartimento cellulare e della cellula minimale modello stessa.

## RISORSE UMANE E FINANZIARIE

La **Dotazione Organica** vigente, suddivisa per livelli professionali, con riferimento all'ultima approvazione del fabbisogno programmato di personale (Deliberazione 17(10) del 28.07.2010), è la seguente:

PROFILI PROFESSIONALI AREA AMMINISTRATIVA	PROFILI PROFESSIONALI AREA RICERCA
	1 Tecnologo di II Livello
	1 Tecnologo di III Livello 2 Ricercatori di III Livello
1 Funzionario di Amministrazione di IV Livello	1 CTer
1 Collaboratore amministrativo di V Livello 1 Collaboratore amministrativo di VI Livello	
1 Collaboratore amministrativo di VII Livello	

Nel 2011, dei 9 posti in Pianta Organica, risultavano ricoperte soltanto 4 posizioni: Tecnologo di II Livello, Ricercatore di III Livello, Funzionario di Amministrazione di IV Livello, Collaboratore amministrativo di V Livello. Era presente anche un Collaboratore amministrativo di VII livello a t.d., vincitore di selezione pubblica nel 2008 a t.i., per il quale è stata reiteratamente chiesta l'autorizzazione alla assunzione.



Per quanto riguarda le **risorse finanziarie**, il Centro Fermi per l'anno 2011 ha ricevuto dal MIUR un contributo ordinario di funzionamento pari ad **1.916.531 €**, e non ha disposto di altre risorse.

#### ANALISI DELLE VOCI DI SPESA

Le principali voci di spesa del Centro Fermi nel 2011 sono riferite alle attività di ricerca e formazione, secondo quanto riportato nella tabella seguente, e ammontano a **1.285.382,56 €** (pari al **67%** del finanziamento):

	<b>SPESA 2011</b>
<b>Grants con proprio progetto di ricerca</b>	119.283,00 €
<b>Progetti di ricerca (inclusi i Grants assegnati ai Progetti)</b>	672.188,75 €
<b>Progetto EEE – La Scienza nelle Scuole (inclusi i Grants assegnati al Progetto EEE)</b>	554.869,81 €
<b>Assegni di ricerca</b>	58.324,00 €

Tali spese vanno ad aggiungersi ai costi del personale ed a quelle per il funzionamento dell'Ente. La spesa per il **Personale Amministrativo**, inclusi salario, salario accessorio, buoni mensa, aggiornamento professionale, ammonta per il 2011 a **112.220,19 €**. La spesa per il **Personale di ricerca**, inclusiva di salario e buoni mensa, ammonta per il 2011 a **75.482,48 €**, da cui consegue che la spesa totale per il personale ammonta a **187.702,67 €**, inferiore al **10%** del finanziamento.

Il totale degli Oneri Tributari e Previdenziali, dovuti per il personale, i titolari di Grants ed i contratti a progetto, ammonta a **242.166,52 €**.

Infine, la spesa sostenuta per la gestione dell'Ente, che si riferisce alle spese per gli Organi ed al funzionamento degli Uffici, è pari in totale a **249.448,07 €**:

	<b>SPESA 2011</b>
<b>Organi (indennità, gettoni, rimborsi viaggi)</b>	105.215,02 €
<b>Servizi, facile consumo, mobili e macchine da ufficio per Funzionamento</b>	144.233,05 €

Si può dunque affermare che l'analisi del consuntivo di spesa dell'Ente nel 2011 conferma la snellezza amministrativa del Centro Fermi, che ha dedicato la maggior parte delle sue risorse (**oltre il 67%** delle Entrate) alla Ricerca Scientifica ed alla formazione di giovani ricercatori.

Roma, 18 aprile 2012

IL PRESIDENTE  
Professoressa Luisa Cifarelli

*Luisa Cifarelli*



PAGINA BIANCA

## RELAZIONE FINANZIARIA

PAGINA BIANCA

## RAPPRESENTAZIONE ANALITICA E COMMENTATA DEI MOVIMENTI ESEGUITI NEL CORSO DELL'ESERCIZIO 2011

Si trascrive qui di seguito il rendiconto del Consuntivo 2011, raffrontato con il Bilancio di Previsione 2011, comprensivo della contabilità dei residui, con la descrizione completa dei movimenti delle entrate accertate e riscosse, degli impegni assunti e pagati, nonché del risultato di gestione, il tutto riportato nei seguenti allegati:

**Rendiconto Finanziario Entrate:** riguarda le entrate suddivise per titoli, categorie e capitoli, per la gestione di competenza, per la gestione dei residui e per le partite di giro con assenza di movimenti di entrata in conto capitale.

**Rendiconto Finanziario spese:** riporta le spese, suddivise per titoli, categorie e capitoli, per la gestione di competenza delle spese di funzionamento e servizi generali, per le spese in conto capitale e quelle per partite di giro, nonché i residui dell'esercizio in corso e degli anni precedenti.

**Situazione Amministrativa:** vi è rappresentata la situazione finanziaria dei movimenti di cassa con la giustificazione del fondo disponibile al 31/12/2011, nonché la dimostrazione dell'avanzo di amministrazione dell'esercizio 2011.

**Situazione dei residui degli anni precedenti:** vi sono riportati i movimenti finanziari effettuati sui residui passivi ed attivi degli anni precedenti.

**Conto Economico:** rappresenta i movimenti delle entrate accertate e quello degli impegni di spesa, nonché le partite non finanziarie quali ammortamenti, chiudendo con un avanzo o disavanzo.

**Situazione Patrimoniale:** analizza le risorse dell'esercizio, gli investimenti e gli ammortamenti eseguiti, le disponibilità in atto, nonché i residui attivi e passivi che costituiscono impegni di pagamento ed accertamenti di entrata, determinando oltre all'avanzo economico anche il patrimonio netto dell'Ente risultante alla data del 31/12/2011.

**Situazione del personale dipendente:** vengono forniti i dati relativi ai movimenti del costo del personale dipendente dell'Ente, con l'indicazione dei relativi contributi ai fini previdenziali e delle ritenute fiscali operate su modello della Pubblica Amministrazione.



## PARTE I – ENTRATE

Le entrate accertate ed incassate nel 2011 sono state complessivamente di € 2.246.475,00 (di cui € 327.886,50 dovute a partite di giro).

Durante l'esercizio sono stati incassati residui dei precedenti anni per € 617,47.

Le entrate correnti accertate ed incassate sono pari ad € 1.918.588,50 e sono suddivise nei seguenti capitoli:

- Capitolo 1.0: € 1.916.531,00 provenienti dal contributo ordinario annuale del M.I.U.R.
- Capitolo 5.0: € 2.057,50 provenienti dalle restituzioni di somme riscontrate eccedenti.

Le entrate per partite di giro sono state accertate ed incassate per € 327.886,50 suddivise nei seguenti capitoli:

- Capitolo 8.0 (ritenute erariali a carico del lavoratore): € 240.587,50 a fronte di una previsione pari ad € 360.000,00.
- Capitolo 9.0 (ritenute previdenziali e assistenziali a carico del lavoratore): € 84.299,00 a fronte di una previsione pari ad € 110.000,00.
- Capitolo 10.0 (anticipazione spese minute): per fondo spese minute, reintegrate secondo le necessità.



## PARTE II – USCITE

### 1.1. – TITOLO I – USCITE CORRENTI

#### 1.1.1 – FUNZIONAMENTO

##### 1.1.1.1 – USCITE PER GLI ORGANI DELL'ENTE

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 130.774,00 (inizialmente previsto in € 111.000,00 e rettificato in sede di variazione con l'incremento di € 19.774,00).

Sono stati assunti impegni per € 105.215,02 di cui pagati € 100.479,63 e rimasti da pagare Euro 4.735,39. Tale somma costituisce i residui passivi dell'esercizio. Durante l'esercizio sono stati pagati, a residuo degli anni precedenti, € 3.138,23.

Le economie 2011 risultano pari ad € 25.558,98.

Di seguito e per i singoli capitoli si evidenziano le risultanze di cui sopra.

#### CAPITOLO 5.1 INDENNITA'

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 88.974,00 (inizialmente previsto in € 72.000,00 e rettificato in sede di variazione con l'aumento di € 16.974,00).

Sono stati assunti impegni per € 69.428,52 di cui pagati € 66.528,00 e rimasti da pagare € 2.900,52. Tale somma costituisce i residui passivi dell'esercizio.

Durante l'esercizio sono stati pagati, a residuo degli anni precedenti, € 2.880,00.

Le economie sul capitolo sono pari ad € 19.545,48.

#### CAPITOLO 5.2 GETTONI DI PRESENZA

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 19.800,00 (inizialmente previsto in € 17.000,00 e rettificato in sede di variazione con l'aumento di € 2.800,00) e si riferisce ai gettoni di presenza per la partecipazione alle sedute del C.d.A. di cui alla deliberazione n. 9 del 04/04/2001.

Sono stati assunti impegni per € 14.476,82, di cui pagati € 13.247,37 e rimasti da pagare € 1.229,45. Tale somma costituisce i residui passivi dell'esercizio. Durante l'esercizio sono stati pagati, a saldo dei residui degli anni precedenti, € 258,23.

Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad € 5.323,18.

#### CAPITOLO 5.3 SPESE CONNESSE AI COMPITI DEGLI ORGANI

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 22.000,00 (invariato rispetto alla previsione) e si riferisce alle spese relative a rimborsi viaggi e trasferte, connesse alle sedute del C.d.A.

Sono stati assunti impegni per € 21.309,68, di cui pagati € 20.704,26 e rimasti da pagare € 605,42.

Tale somma costituisce i residui passivi dell'esercizio. Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad Euro 690,32.

##### 1.1.1.2 – ONERI PER IL PERSONALE IN ATTIVITA' DI SERVIZIO

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 225.500,00 (invariato rispetto alla previsione).

Sono stati assunti impegni per € 195.377,91 interamente pagati nel corso dell'esercizio.

Durante l'esercizio sono stati pagati, a saldo dei residui degli anni precedenti, € 12.823,68.

Le economie 2011 risultano pari ad € 30.122,09.

La spesa riguarda il seguente personale, vincitore di concorso, così composto:

Tempo indeterminato:

1	Tecnologo di II livello
1	Ricercatore di III livello
1	Funzionario di Amministrazione di IV livello
1	Collaboratore di Amministrazione di V livello



Tempo determinato:

1	Collaboratore di Amministrazione di VII livello, vincitore di selezione pubblica per un posto a tempo indeterminato (Delibera del C.d.A. n. 8(08) del 15/04/2008), per il quale si è chiesta reiteratamente l'autorizzazione all'assunzione.
---	--

Di seguito e per i singoli capitoli, si evidenziano le risultanze di cui sopra.

### **CAPITOLO 1.0**

#### **SPESE PER IL PERSONALE**

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 159.000,00 (invariato rispetto alle previsioni iniziali). Sono stati assunti impegni per € 149.684,74, interamente pagati nel corso dell'esercizio. Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad € 9.315,26.

### **CAPITOLO 1.1**

#### **FONDO SALARIO ACCESSORIO**

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 41.000,00 (invariato rispetto alle previsioni iniziali). Sono stati assunti impegni per € 40.828,77 interamente pagati nel corso dell'esercizio. Durante l'esercizio sono stati pagati, a saldo dei residui degli anni precedenti, € 7.694,40. Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad € 171,23.

### **CAPITOLO 2.0**

#### **ONERI PER IL PERSONALE**

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 16.000,00 (invariato rispetto alle previsioni iniziali). Sono stati assunti impegni per € 4.274,40, interamente pagati nel corso dell'esercizio. Le somme spese riguardano i rimborsi dei buoni pasto per il personale assunto, nonché del personale distaccato dall'INFN. Durante l'esercizio sono stati pagati, a saldo dei residui degli anni precedenti, € 5.129,28. Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad € 11.725,60.

### **CAPITOLO 3.0**

#### **MISSIONI DEL PERSONALE**

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 6.000,00 (invariato rispetto alle previsioni iniziali). Non sono stati assunti impegni. Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad € 6.000,00. Non esistono residui sul capitolo.

### **CAPITOLO 9.0**

#### **AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE DEL PERSONALE**

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 3.500,00 (invariato rispetto alle previsioni iniziali). Sono stati assunti impegni per € 590,00 interamente pagati nell'esercizio. Le economie 2011 sul capitolo sono pari ad € 2.910,00.

#### **1.1.1.3 – USCITE PER L'ACQUISTO DI BENI DI CONSUMO E DI SERVIZI**

Lo stanziamento di bilancio è stato di € 134.000,00 (inizialmente previsto in € 135.000,00 e rettificato in sede di variazione con la diminuzione di € 1.000,00). Sono stati assunti impegni per € 109.548,20 di cui pagati € 66.940,64 e rimasti da pagare Euro 42.607,56. Tale somma costituisce i residui passivi dell'esercizio. Durante l'esercizio sono stati pagati, a saldo dei residui dei precedenti anni, € 33.634,81. Le economie 2011 risultano pari ad € 24.451,80. Di seguito e per i singoli capitoli, si evidenziano le risultanze di cui sopra.

