

Relazione sull'attività di ricerca del dipartimento

Situazione attuale, 7 Febbraio 2018

Le attività di ricerca e formazione del Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa sono caratterizzate da un ampio spettro di interessi. Esse si sviluppano lungo le linee tradizionalmente presenti nel dipartimento: Fisica Teorica, Astrofisica, Fisica Teorica della Materia, Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali, Fisica Sperimentale della Materia, Fisica Applicata, Storia della Fisica.

Il corpo docente del dipartimento è formato da 76 unità, tra professori ordinari (14), associati (44), ricercatori (7), ricercatori a tempo determinato di tipo B e di tipo A (11). Il personale è poi completato da 21 tecnici di laboratorio e 13 amministrativi e servizi generali. Sono infine presenti 17 ricercatori con assegni o contratti della durata di uno e due anni. Tra personale a tempo indeterminato e a termine, personale docente e tecnico, l'attività di ricerca coinvolge circa 120 persone.

Nonostante la riduzione significativa di organico degli ultimi anni, il Dipartimento riesce a mantenere un'attività di ricerca di notevole impatto e primo piano a livello internazionale. Un'indicazione in questo senso, seppure parziale, è fornita dal numero di pubblicazioni su riviste internazionali negli ultimi anni: circa 500 articoli scientifici per anno. In particolare se ne riscontra anche una significativa crescita (circa 20% negli ultimi 3-4 anni), che non può essere attribuita al numero dei docenti, che sono diminuiti, ma, presumibilmente, all'efficace strategia di reclutamento degli ultimi anni (anche se le nuove posizioni sono state poche, qualche unità per anno).

Segnaliamo in particolare che ultimamente almeno un ricercatore per anno, tra vincitori di borse Rita Levi Montalcini o starting grant europei, ha richiesto di venire nel nostro Dipartimento, ottenendo posizioni di ricercatore a tempo determinato di tipo B o l'apertura della procedura di chiamata incentivata dal ministero. Segnali positivi della capacità di attrazione sui giovani ricercatori vengono inoltre dal grande numero di domande ai nostri concorsi per ricercatori. Per esempio gli ultimi quattro concorsi RTDB per fisica teorica (2), fisica sperimentale e fisica applicata nel 2016 e 2017, hanno avuto 43, 63, 24, e 11 domande rispettivamente.

L'attività di ricerca del Dipartimento di Fisica è caratterizzata da una solida sinergia con altri enti di ricerca, quali l'Istituto Nazionale di Fisica

Nucleare (INFN), il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), l'European Gravitational Observatory (EGO), l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), e con la Scuola Normale Superiore (SNS). Inoltre menzioniamo collaborazioni strutturate con il Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche E. Fermi, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale Toscana (ARPAT), l'Istituto Ricovero e Cura a Carattere Scientifico Stella Maris (IRCCS Stella Maris), e il Centro Nazionale Adroterapia Oncologica (CNAO).

Il Dipartimento di Fisica e la Sezione di Pisa dell'INFN sono situati nella stessa Area Pontecorvo, dove sono presenti rilevanti infrastrutture di ricerca, laboratori con importanti attrezzature sperimentali e un centro di calcolo importante. Una descrizione dettagliata della ricerca nelle discipline fisiche che si svolge nell'Area Pontecorvo si può trovare sulle pagine WEB

<https://sites.google.com/a/unipi.it/research-in-the-pontecorvo-area/>

I ricercatori dell'Area Pontecorvo, che oltre al dipartimento di Fisica e all'INFN ospita anche personale del CNR, assicurano una vasta competenza in vari campi della fisica, sia teorici che sperimentali, quali fisica delle interazioni fondamentali, astrofisica, astroparticelle, onde gravitazionali, fotonica, nanoscienza, fisica dello stato condensato e della materia soffice, fisica statistica, fisica computazionale, fisica medica, etc. La presenza di queste competenze e infrastrutture in una singola area di ricerca rappresenta un terreno particolarmente fecondo per lo scambio di idee e nuove tecnologie tra i vari gruppi, creando le condizioni ideali per lo sviluppo della ricerca. A questo aspetto va aggiunta la presenza di altri importanti laboratori a Pisa e dintorni, in particolare i laboratori del centro NEST della SNS, CNR e Istituto Italiano di Tecnologia, e l'Osservatorio Gravitazionale Europeo (EGO), dove ospitato l'esperimento VIRGO per la rivelazione delle onde gravitazionali provenienti dall'universo, con cui esistono importanti collaborazioni.

La nostra ricerca è inoltre caratterizzata da una robusta partecipazione a collaborazioni internazionali in tutti i campi della fisica. In particolare il Dipartimento opera in stretta cooperazione con la sezione dell'INFN, partecipando ad ogni fase degli esperimenti: dalla progettazione, alla costruzione, alla presa dei dati ed alle analisi finali. Fra queste collaborazioni, limitandoci ad un recente passato, citiamo ad esempio i grandi esperimenti al CERN (ATLAS, CMS, NA62, TOTEM, LHCb), a Fermilab (CDF, G-2, Mu2E), a Stanford (BaBar, FERMI/GLAST, IXPE), in Giappone (Belle2), al Paul Scherrer Institut (MEG) e, ultime ma non meno importanti, in Italia (VIRGO/LIGO,

DarkSide, Km3Net, GG). Il contributo cruciale dei ricercatori pisani è ben evidenziato dal ruolo al vertice del coordinamento assunto in molte di esse. A queste collaborazioni si aggiungono i vari progetti finanziati di ricerca, soprattutto a livello europeo, in ambiti relativi alla fisica medica, alla fotonica e alle nanotecnologie.

I punti di forza della nostra attività di ricerca sono costituiti da:

(A) Un'intensa attività sperimentale, che ha portato allo sviluppo di rilevanti infrastrutture nell'Area Pontecorvo, operative grazie alle competenze dei nostri ricercatori. Menzioniamo la presenza di laboratori attrezzati con strumentazione avanzata negli ambiti della spettroscopia, opto-elettronica, micro/nano fabbricazione, microscopia, criogenia, sviluppo rivelatori, e inoltre la presenza di camere pulite attrezzate.

(B) Sinergie tra i vari gruppi di ricerca, anche in campi diversi;

per esempio:

- Le tecniche di rivelazione delle radiazioni e le metodiche basate sull'intelligenza artificiale tipiche degli esperimenti della fisica delle particelle elementari, che forniscono nuove tecnologie per lo sviluppo di rivelatori e sistemi di imaging e di image processing per applicazioni in ambito medico e nella fisica delle onde gravitazionali.

- Le attività congiunte tra i gruppi di ottica e quelli di interazioni fondamentali per il miglioramento degli interferometri gravitazionali, sia dal punto di vista delle tecniche di misura, sia per quanto riguarda lo studio dei materiali più adatti e i loro meccanismi di degrado.

- Le collaborazioni tra i gruppi di nanotecnologie e quelli di interazioni fondamentali finalizzate sia allo sviluppo di nuovi rivelatori di radiazione/particelle basati su materiali bidimensionali, sia allo studio di tecniche e componenti innovativi per il fotoconteggio nel range delle microonde o onde sub-millimetriche, da impiegare in esperimenti futuri di ricerca di particelle le cui proprietà non consentono la rivelazione con le tecniche e gli approcci attuali.

- La stretta interazione tra il gruppo di astrofisica e quelli di interazioni fondamentali nell'ambito dello studio dei nuclei galattici attivi, lampi gamma e pulsar, tramite esperimenti di rivelazione della radiazione elettromagnetica emessa (in particolare raggi gamma), nonché con quelli teorici di fisica della

materia per lo studio della dinamica dei plasmi stellari e con quelli di fisica nucleare per lo studio di reazioni nucleari di interesse astrofisico.

(C) Competenze teoriche finalizzate allo sviluppo delle idee fondamentali della fisica e dell'interpretazione dei risultati sperimentali. Queste contribuiscono in maniera trasversale alle varie direttrici di ricerca stimolando spesso una visione comune. Basti pensare alla teoria di campo ed ai suoi paradigmi fondamentali che trovano applicazioni in contesti altrimenti eterogenei, dalle interazioni fondamentali alla meccanica statistica, alla fisica dello stato condensato.

(D) Intensa attività computazionale, trasversale alle linee di ricerca teoriche e sperimentali, che richiede notevoli risorse di calcolo presenti nell'area Pontecorvo ed esterne.

Questo quadro strutturale consente al dipartimento di avere un ruolo significativo in molte delle più importanti linee di ricerca della fisica attuale. Tra quelle in cui i ricercatori del Dipartimento di Fisica hanno contribuito e contribuiscono tuttora in maniera sostanziale ci limitiamo a menzionare:

- Le collaborazioni ai grandi esperimenti che hanno portato alle più recenti scoperte della fisica delle interazioni fondamentali:

- Evidenza diretta delle onde gravitazionali dalla coalescenza di buchi neri e stelle neutroni ottenuta dalle collaborazioni LIGO e VIRGO.

- Scoperta del bosone di Higgs osservato dagli esperimenti al LHC del CERN, che ha permesso di completare il quadro delle evidenze sperimentali delle particelle previste dal Modello Standard delle interazioni fondamentali.

- Evidenze della violazione delle simmetrie CP e inversione temporale negli esperimenti NA48 (nel settore dei mesoni K) e BaBar (nel settore dei mesoni B).

- Osservazione di nuove sorgenti di radiazione cosmica (esperimento FERMI/GLAST) e miglioramento delle misure che riguardano l'antimateria cosmica (AMS2).

- La fotonica, con lo sviluppo di dispositivi THz (quali sorgenti laser a cascata quantica, rivelatori basati su materiali nanostrutturati, metamateriali in grafene), il raffreddamento laser, lo studio di sistemi e fenomeni coerenti per la manipolazione quantistica della materia o per il controllo ottico coerente.

- La fisica medica con lo sviluppo di metodi innovativi per la diagnosi e cure dei tumori, per la ricerca automatica di noduli polmonari in immagini CT, e i sistemi a tomografia ad emissione di positroni (PET) per il controllo in tempo reale del trattamento oncologico tramite adroterapia (ovvero attraverso il bombardamento con particelle cariche).

- Lo studio e spiegazione di fenomeni complessi di natura biologica tramite tecniche e concetti derivati dalla descrizione di sistemi disordinati nei solidi e nella materia soffice.

- Lo sviluppo di teorie e modelli, sia nell'ambito delle interazioni fondamentali che nell'ambito della meccanica statistica e della fisica dello stato condensato.

La maggioranza delle attività è finanziata da vari progetti di ricerca competitiva dei quali, tra quelli attivi, ricordiamo:

- Advanced Grant dell'ERC SouLMan, su optomeccanica THz
- Advanced Grant dell'ERC Neo-Nat, teorie innovative sulle interazioni fondamentali
- FET OPEN dell'EC MIR-BOSE, studio dei laser polaritonici
- ITN EC Grawiton e EC-RISE News, rivelazione di onde gravitazionali, astroparticelle e acceleratori - Progetti EC TRIMAGE, ERA-NET UTOF-PET, MIUR INSIDE e EUROBIOIMAGING, tecniche per imaging medicale
- Progetto MIUR, meccanica statistica e complessità
- ERC Nano-jets
- EU, H2020-COMPET 2017: Artificial Intelligence Data Analysis

Durante l'anno 2016 risultavano attivi 28 progetti di ricerca per un finanziamento complessivo di 13.324.521 euro.

L'attività scientifica è affiancata da un forte impegno nell'attività formativa, con corsi di laurea magistrale avanzati che avvicinano i nostri studenti alla più recente attività di ricerca, sia teorica che sperimentale.

Negli ultimi anni abbiamo riscontrato un notevole aumento del numero di iscritti al nostro corso di laurea, sino ad arrivare a 224 iscritti al primo anno nel 2016/17 e 261 iscritti al primo anno nel 2017/18. Il fatto che la maggior parte dei nostri studenti arrivi da fuori Toscana, 62% nel 2016/17 (inoltre molti studenti toscani vengono da fuori provincia), fornisce un'indicazione soddisfacente della qualità e dell'attrazione della nostra scuola su scala nazionale.

I percorsi di formazione sono: laurea triennale (circa 100 laureati nell'ultimo anno accademico), laurea magistrale (circa 80 laureati nell'ultimo anno accademico), scuola di dottorato (circa 10 borse all'anno), e scuola di specializzazione in fisica medica. In particolare la laurea magistrale si compone di vari Curricula: Fisica Teorica, Fisica della Materia, Interazioni fondamentali, Fisica Medica, Astrofisica. La maggioranza dei nostri laureati accede a corsi di dottorato (93% secondo Alma Laurea, sui laureati del 2011) in Italia e all'estero.

I docenti del dipartimento sono impegnati in una notevole attività divulgativa, per far conoscere il fascino della ricerca in fisica, della scoperta di fenomeni nuovi, dei misteri delle origini dell'Universo. Nella città di Pisa e territorio circostante si riscontra un crescente interesse nei confronti della ricerca scientifica. Queste attività sono o state inserite in maniera strutturale nelle attività del Dipartimento.

Gli aspetti critici della situazione del nostro dipartimento sono essenzialmente legati al numero di docenti relativamente basso, che si è ridotto notevolmente a causa dei pensionamenti recenti, ed alla necessità di manutenzione e sviluppo delle infrastrutture. La prima criticità impone impegni elevati ai singoli docenti sulla didattica (tenendo conto dei molti corsi di servizio da coprire al di fuori del corso di laurea in fisica) e sulle attività collaterali, ma per questo non meno importanti, quali la gestione del Dipartimento. Ovviamente questo pone un freno ad ulteriori iniziative nel campo della ricerca e dell'offerta didattica, che già così richiedono un impegno straordinario. La seconda criticità pone un vincolo alle potenzialità della ricerca nel prossimo futuro, ricerca che richiede di essere sempre al vertice della tecnologia e delle infrastrutture disponibili.

Notiamo inoltre il numero ridotto di professori ordinari (14) rispetto il totale dei docenti/ricercatori (76). Questa situazione può essere migliorata da un'adeguata politica di promozioni e apertura di posizioni, che intendiamo proporre all'ateneo quando ci fornirà le risorse.

Obiettivi di sviluppo per i prossimi anni

Il miglioramento dei nostri punti di forza e il superamento di alcuni dei nostri punti deboli sono gli obiettivi del nostro programma.

A questo scopo, puntiamo a rendere ancora più efficaci le condizioni e le infrastrutture che permettono lo sviluppo e la condivisione delle idee,

delle strumentazioni, delle tecnologie, tra le varie componenti che portano avanti la ricerca in fisica nella nostra area. Questa sinergia rappresenta uno dei capisaldi nella nostra programmazione per i prossimi anni. Questa impostazione si rifletterà anche sulla formazione erogata dal nostro dipartimento, rafforzando il carattere di trasversalità tra le varie discipline della fisica.

Il nostri piani di sviluppo per i prossimi anni intendono favorire la crescita di quelle linee di ricerca che mostrano maggiore potenzialità. Ovviamente, tutto questo deve avvenire mantenendo un certo equilibrio tra le varie aree di ricerca, per garantire uno spettro sufficientemente ampio di competenze, che è una condizione necessaria per offrire una formazione universitaria completa ai nostri studenti.

Lo sviluppo delle attività dipartimentali continuerà ad essere possibile anche grazie al fondamentale contributo del personale tecnico-amministrativo che si dimostra estremamente professionale sia nell'ambito dei laboratori, che in quello della gestione dei progetti di ricerca e della didattica.

Nel seguito descriviamo le attività principali che desideriamo potenziare nelle varie aree di ricerca presenti nel nostro dipartimento.

FISICA TEORICA. Nell'ambito della Fisica Teorica definiamo due direttrici principali, Teorie delle Interazioni Fondamentali e Fisica Statistica e dello Stato Condensato, che comunque possono intrecciarsi, in particolare negli strumenti adottati, quali le teorie di campo quantistiche e statistiche e le tecniche computazionali.

- Teorie delle Interazioni Fondamentali: intendiamo sostenere progetti di ricerca per lo sviluppo di metodi di analisi più efficaci, sia analitici che numerici, per ottenere predizioni accurate da confrontare con i dati degli esperimenti di laboratorio o delle osservazioni dell'universo. D'altra parte è importante mantenere linee di ricerca su possibili nuovi meccanismi fondamentali che possano fornire soluzioni soddisfacenti ai problemi ancora irrisolti, quali l'origine della materia oscura e dell'energia oscura che determina l'espansione accelerata dell'universo.

- Fisica Statistica e dello Stato Condensato: nuovi aspetti fondamentali sono emersi dai recenti sviluppi della fisica sperimentale, che richiedono un ulteriore sviluppo degli strumenti teorici della fisica quantistica e statistica. In questo contesto sono di grande interesse i fenomeni di equilibrio e fuori equilibrio nei sistemi a molti corpi, transizioni di fasi classiche e quantistiche,

fenomeni associati alla condensazione di Bose-Einstein, etc.

ASTROFISICA. Nell'ambito dell'astrofisica continua lo studio dei fenomeni che si osservano nell'universo, dai pianeti, alle stelle, dalle galassie all'evoluzione dell'universo intero, anche all'interno di collaborazioni internazionali osservative. In particolare, le recenti rivelazioni delle onde gravitazionali hanno aperto un ulteriore canale di osservazione, che permetterà di approfondire le nostre conoscenze su sistemi esotici come sistemi binari di buchi neri e stelle neutroni prossimi alla coalescenza.

FISICA DELLA MATERIA. La scelta delle direttrici in questo ambito tiene conto da un lato delle competenze storicamente presenti nel dipartimento, che vanta esperienze pluri-decennali nell'ambito dell'ottica di sistemi atomici, molecolari e solidi, della fisica dei laser e dei plasmi, dello studio dei gas di atomi freddi in regimi quantistici, delle spettroscopie dielettriche, reologiche e magnetiche applicate anche a materiali organici, delle microscopie atomiche e di campo prossimo. Dall'altro lato si ispira alla necessità di individuare le tematiche attuali e di impatto che stimolino le sinergie tra i vari gruppi presenti, così da sfruttare al meglio la massa critica di strutture e personale.

Le attività principali che intendiamo perseguire possono essere articolate in alcune linee generali:

(a) Fotonica: dispositivi, spettroscopia e applicazioni THz e medio-IR; optomeccanica; tecnologie per la manipolazione quantistica di informazione e materia; metrologia e sensoristica; studio di sistemi e fenomeni coerenti per la manipolazione quantistica della materia o per il controllo ottico coerente, la realizzazione di nuovi nanomateriali ad emissione di luce nel visibile e di nuove architetture laser miniaturizzate basate su composti organici;

(b) Nanotecnologie e nanobiotecnologie: plasmonica e microscopie di campo prossimo; grafene e materiali 2D, dispositivi ibridi, e integrazione in altre piattaforme tecnologiche, realizzazioni di nanoparticelle e nanofibre per il controllo dell'adesione e del differenziamento cellulare; sviluppo di metodi di nanofabbricazione biomimetici, che prendono spunto dagli organismi viventi per implementare nuovi approcci sostenibili per la produzione di materiali;

(c) Soft-Matter: fenomeni alla transizione vetrosa; dinamica e rilassamento di fluidi super-raffreddati; fisica dei polimeri e dei biomateriali; dispositivi nano- e microfluidici, dispositivi elettronici basati su materiali organici

coniugati e piattaforme di elettronica flessibile; sviluppo di nuovi processi di stampa a 3 o più dimensioni per la realizzazione di manufatti.

(d) Studio e progettazione di proprietà fisiche di materiali bulk e nanostrutturati, con metodi di calcolo da principi primi e metodi ricorsivi. Stati elettronici e trasporto quantistico.

- (e) Studio della turbolenza nei plasmi e dei processi fondamentali con l'uso sinergico di dati di simulazioni numeriche e dati da satellite. Utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale e machine learning.

Queste linee sono per loro natura fortemente interagenti, necessitano di competenze multidisciplinari, e si prestano a trovare applicazione e sviluppi scientifici anche al di fuori della fisica. Possiamo citare ad esempio l'utilizzo della spettroscopia THz per lo studio delle transizioni di fase nei polimeri e nei cristalli liquidi nonché per investigare le proprietà di liquidi ionici e la stabilità dei solidi amorfi. A loro volta polimeri ed elastomeri offrono un'interessante piattaforma sia per lo sviluppo di dispositivi opto-elettro-meccanici flessibili ed attivi, sia per la modifica tramite strain strutturale delle proprietà elettroniche dei nuovi nanomateriali bidimensionali. Questi ultimi costituiscono poi l'ultima frontiera della plasmonica, grazie all'estremo confinamento della radiazione che è possibile ottenere, e alla possibilità di controllare elettricamente dall'esterno la risposta dielettrica, con applicazioni rilevanti proprio nella fotonica THz. Infine le tecnologie quantistiche basate sulla coerenza degli stati e sulla possibilità di manipolarli secondo necessità trovano un fertile terreno comune di concetti, tecniche e approcci, applicabili ai condensati di atomi come alle nanostrutture di semiconduttore. Menzioniamo un'ulteriore linea di sviluppo trasversale tra fisica della materia e astrofisica, che utilizza dati sperimentali da satellite per ricerche nell'ambito della fisica dei plasmi spaziali.

Ci si attende inoltre che questi aspetti verranno ulteriormente rafforzati dalla recente acquisizione di nuove unità di personale che hanno arricchito il Dipartimento con linee di ricerca ad alto carattere di interdisciplinarietà, le quali per loro natura si prestano in modo peculiare ad incoraggiare sia collaborazioni tra vari settori della fisica sia sinergie con le più avanzate linee di ricerca presenti negli altri Dipartimenti dell'Ateneo. Queste linee di ricerca interdisciplinari, il cui sviluppo costituisce un obiettivo specifico del Dipartimento nei prossimi anni, includono lo sviluppo di dispositivi plastici

e flessibili indirizzati alla fotonica, all'elettronica, ed alla produzione distribuita di energia (nanogeneratori), la realizzazione di chip per biodiagnostica basati su tecnologie nano e microfluidiche, la sintesi di nuovi nanomateriali bio-ispirati, e le tecniche più avanzate di stampa tridimensionale per la manifattura additiva di oggetti. Molte delle ricerche di fisica della materia sono inoltre caratterizzate dalla capacità di alimentare significativamente il trasferimento tecnologico, e di intercettare i correnti bisogni di innovazione nei settori produttivi dell'Industria 4.0.

FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI. Gli esperimenti in questo ambito possono essere distinti in esperimenti che usano acceleratori di particelle ed esperimenti che rivelano particelle e radiazioni provenienti dallo spazio. Essi sono tutti svolti in collaborazione con l'INFN. Questi esperimenti sono spesso caratterizzati da grandi collaborazioni internazionali, in cui si utilizzano tecnologie di punta innovative sviluppate dai gruppi di ricerca ed implementate in quantità e con metodologie tipiche dei laboratori e dell'industria più avanzate. Vengono anche portati avanti esperimenti su scala più piccola, che comunque permettono di spostare significativamente i limiti delle attuali conoscenze, su temi ad esempio della radiazione cosmica di fondo e della materia oscura.

In particolare le linee di ricerca su cui definire gli obiettivi sono grosso modo riassumibili nel modo seguente:

- Esperimenti con Acceleratori di Particelle.
 - Completamento della fase I ed upgrades di fase II degli esperimenti al Large-Hadron-Collider (CERN, Svizzera) negli esperimenti CMS, ATLAS, LHCb, TOTEM;
 - Messa a punto ed eventuali upgrades degli esperimenti che studiano le interazioni elettrodeboli, al SuperKEKB (GIAPPONE), PSI (Svizzera), Fermilab (esperimenti Belle2, MEG, MU2E, G-2).

Sia gli esperimenti al CERN, che gli esperimenti in altre sedi, inseriscono Pisa in un sistema di scambio di conoscenze ottimale per ulteriori sviluppi.

- Esperimenti di rivelazione di particelle e radiazioni provenienti dallo spazio.
 - Upgrades dell'esperimento VIRGO (situato vicino Pisa) per l'osservazione dell'universo tramite radiazioni gravitazionali; sviluppo delle nuove tecnologie e dei prototipi degli interferometri di futura generazione. VIRGO assicura nuovi eccitanti sviluppi nella nostra comprensione dell'universo, e dei

suoi oggetti più esotici, come i buchi neri, e si riflette in modo estremamente positivo nell'attività del nostro dipartimento.

- Esperimenti sui raggi cosmici, raggi X, raggi gamma, misure di precisione della radiazione cosmica di background i cui dettagli nascondono informazioni sull'universo ai suoi inizi dopo il Big Bang. - Esperimenti, tipicamente ai laboratori sotterranei, fra cui il Gran Sasso, per chiarire il problema della materia oscura. Un aspetto fondamentale di questi esperimenti è rappresentato dall'efficienza degli apparati utilizzati per la rivelazione delle particelle e della radiazione. In questo campo il nostro dipartimento vanta una grande tradizione su vari fronti: rivelatori per acceleratori di particelle, per raggi cosmici, interferometri per onde gravitazionali, etc.

La progettazione e costruzione di rivelatori sempre più efficienti, per spostare il limite del rivelabile, rappresenta una delle principali attività nelle infrastrutture sperimentali del dipartimento e dell'INFN.

FISICA MEDICA. Menzioniamo in particolare le attività di ricerca dove si sviluppano tecnologie di imaging medicale, a partire dalla realizzazione e caratterizzazione del sensore fotonico, nella progettazione della relativa elettronica di condizionamento ed acquisizione del segnale, nell'implementazione del software di acquisizione e ricostruzione delle immagini, fino alla costruzione di un prototipo funzionante e direttamente applicabile per la ricerca biomedica. Nei prossimi anni, la ricerca in questo ambito sarà orientata verso lo sviluppo di quelle tecnologie che possano favorire un salto generazionale di sistemi e metodi per l'imaging medicale. Attraverso il raggiungimento di una elevata sensibilità, e quindi di una superiore qualità dell'immagine, sarà possibile contribuire alla transizione verso un approccio personalizzato della medicina. Si ritiene infatti che solo attraverso strumenti che permettano la mappatura molecolare e genetica della malattia a livello del singolo individuo sia possibile comprenderne la presenza e l'eventuale progressione, così da poter scegliere la migliore cura possibile.

Tutte le linee di ricerca usano strumenti computazionali avanzati che richiedono grandi risorse di calcolo, in particolare per le simulazioni di modelli teorici e l'analisi di grandi quantità di dati provenienti da misure sperimentali. Intendiamo mantenere e sviluppare le condizioni affinché queste attività possano andare avanti al meglio.

In generale, riteniamo che creare le migliori condizioni per lo scambio di idee ed esperienze rappresenti una strategia vincente per lo sviluppo delle

attività di ricerca menzionate sopra, sia per il progresso della ricerca di base e delle sue applicazioni, incluse ricadute industriali, sia per la formazione dei nuovi fisici.

Nella ricerca degli ultimi decenni esistono molti esempi di interazione tra ambiti diversi della fisica che hanno portato notevoli risultati. Alcuni di questi hanno già avuto e stanno avendo un impatto significativo sull'attività di ricerca nell'area pisana, come già descritto ampiamente in precedenza.

La strategia di sviluppo del dipartimento ritiene fondamentale l'incentivazione e sostegno con infrastrutture avanzate, e con i previsti innesti di personale, quelle linee di ricerca innovative e di vasto impatto, che diventano possibili grazie all'interazione e collaborazione tra le diverse anime della fisica presenti nell'Area Pontecorvo e che quindi meglio valorizzano l'eterogeneità di competenze e strumentazioni disponibili in-situ, aspetto questo caratterizzante della nostra realtà.

Queste tematiche riteniamo consentano anche di stimolare le interazioni con gli altri dipartimenti dell'Ateneo (basti pensare per es. all'uso della spettroscopia THz in chimica, agraria, o dei nuovi nanomateriali in ingegneria strutturale, aerospaziale, medica e tissutale, ed in biotecnologia) e attivare le migliori sinergie con gli interessi degli altri Enti di Ricerca che orbitano all'interno dell'Area Pontecorvo.

Accanto al necessario impulso allo scambio di idee ed esperienze e all'ampliamento e rinnovamento delle infrastrutture sperimentali, intendiamo adeguare anche l'attività formativa di alto livello, per preparare nuovi soggetti capaci di dominare le tecniche sperimentali più avanzate e le loro molteplici applicazioni nei vari campi della fisica.

STORIA DELLA FISICA. Menzioniamo infine alcuni dei progetti futuri nel contesto della Storia della Fisica. Nel Dipartimento opera il Centro Pontecorvo, impegnato in attività di documentazione storica delle ricerche di Fisica, con particolare attenzione al secondo Novecento e all'ambito pisano. Tra le attività più significative pianificate per il futuro si segnalano: (a) la creazione di un ampio database documentario relativo a Bruno Pontecorvo e alle sue ricerche, realizzato in collaborazione con Dubna; (b) la redazione del Dizionario Biografico dei fisici Italiani, sia cartaceo sia accessibile in Rete; (c) il progetto di classificazione di tutte le pubblicazioni scientifiche di Fisica prodotte a Pisa o da studiosi pisani nel corso degli ultimi due secoli; (d) la raccolta e la valorizzazione museale della strumentazione scientifica prodotta nel contesto locale.