



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**Dipartimento di Fisica Teorica**

Indirizzo: via Pietro Giuria, 1 10125 Torino

Tel: 0116707232 - 0116707233

Fax: 0116707214

homepage: <http://www.ph.unito.it>

## SCHEDA 1. ATTIVITÀ DI RICERCA

| <i>descrizione settore<sup>1</sup></i>            | <i>codice settore</i> |
|---|-----------------------|
| <i>Fisica teorica modelli e metodi matematici</i> | <i>FIS/02</i>         |
| <i>Fisica della materia</i>                       | <i>FIS/03</i>         |
| <i>Fisica nucleare e subnucleare</i>              | <i>FIS/04</i>         |
| <i>Astronomia e astrofisica</i>                   | <i>FIS/05</i>         |

### Descrizione dell'attività

#### *Profilo storico<sup>2</sup>*

Il Dipartimento di Fisica Teorica nasce nel 1986 dal precedente Istituto di Fisica Teorica fondato negli anni del dopoguerra dai Professori M. Verde, S. Fubini e T. Regge. La ricerca svolta nel Dipartimento era inizialmente dedicata ai temi della Fisica Teorica dei nuclei e delle particelle e delle loro interazioni fondamentali. A questi temi, che continuano ad essere ampiamente coltivati all'interno del dipartimento, se ne sono successivamente affiancati altri, principalmente quello della meccanica statistica, sia come scienza pura che nelle sue applicazioni ai sistemi biologici.

#### *Attività di ricerca<sup>3</sup>*

L'attività di ricerca del Dipartimento nel 2001 si è svolta essenzialmente nell'ambito delle seguenti grandi aree:

#### A. FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE E DEI NUCLEI

##### • MODELLO STANDARD E FISICA AI GRANDI ACCELERATORI

- Si è sviluppata la linea di ricerca già intrapresa per lo sviluppo di programmi per il calcolo e la simulazione di processi a molte particelle, rilevanti per la fisica dei Colliders adronici.
- In relazione alla Fisica dei colliders  $e^+e^-$  si è effettuata l'analisi finale dei dati di LEP2 e, in prospettiva, la fisica del Linear Collider ha richiesto una revisione dei programmi esistenti per la simulazione dei processi di produzione di 4 fermioni, allo scopo di raggiungere la maggior precisione possibile nelle misure sperimentali.
- Si è perfezionato un codice per la simulazione di tali processi.

##### • FENOMENOLOGIA ADRONICA E QCD

In questo campo sono stati studiati i seguenti temi

- Diffrazione alle alte energie.
- Fenomeni di spin (e di diffrazione) alle alte energie.
- Poli di Regge e classificazione di particelle.
- Meccanica Quantistica e sue verifiche.

<sup>1</sup> Si intende l'elenco dei settori "concorsuali", cioè i settori scientifico-disciplinari definiti dal MIUR nelle cui aree tematiche opera l'attività di ricerca del dipartimento.

<sup>2</sup> Breve storia del Dipartimento.

<sup>3</sup> Descrivere in maniera più dettagliata l'oggetto degli ambiti di ricerca del dipartimento.

- Risommazioni e correzioni di tipo potenza per ampiezze e sezioni d'urto partoniche (fattore di forma di Sudakov, processi DIS e Drell-Yan, event shapes).
- Evoluzione di distribuzioni partoniche tramite trasformate di Mellin parziali, con applicazioni fenomenologiche alla determinazione della costante di accoppiamento forte.
- Derivazione di ampiezze d'urto in QCD perturbativa a uno e due loop con l'uso di tecniche derivate dalle teorie di stringa.
- Studio della struttura interna degli adroni e la ricerca di modelli fenomenologici per la trattazione di effetti non perturbativi e di higher twist in QCD, prendendo in considerazione vari processi fisici in cui tali effetti sembrano svolgere un ruolo determinante, in particolare processi con particelle polarizzate.  
Studio della polarizzazione di iperoni Lambda - sperimentalmente accessibile - prodotti in urti di leptoni e nucleoni polarizzati per ottenere nuove informazioni sulle funzioni di distribuzione (densità di partoni) e sulle funzioni di frammentazione polarizzate. Particolare interesse è stato rivolto alle proprietà di frammentazione di quark. L'introduzione di nuove proprietà nella frammentazione di quark non polarizzati permette una prima spiegazione della polarizzazione - osservata da molto tempo - di iperoni Lambda prodotti nell'urto tra nucleoni non polarizzati .

- **FISICA DEI NUCLEI E DEI SISTEMI A MOLTI CORPI COMPLESSI**

In questa linea di ricerca si sono affrontati i seguenti temi:

- Contenuto di stranezza del nucleone mediante i fattori di forma strani in correnti deboli.
- decadimenti deboli degli hypernuclei: valutazione microscopica delle larghezze di decadimento non mesoniche
- Deconfinamento adronico: varianti del Color Dielectric Model.
- Scaling e superscaling e transizione da Y a X.
- Teoria statistica e delle matrici casuali.
- Soluzione esatta della Hamiltoniana di Pairing.
- Teorema di Hugenholtz-Van Hove.

- **FISICA ASTROPARTICELLARE E FISICA DEL NEUTRINO**

- Materia oscura nell' Universo e fisica delle particelle
- Particelle supersimmetriche come candidati di materia oscura
- Studio di segnali diretti e indiretti originati da particelle fossili
- Distribuzione di particelle fossili nel nostro alone galattico
- Analisi dei dati sui neutrini atmosferici in termini di oscillazione e di correnti neutre con cambio di sapore.

## B **TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI E DELLA STRINGA**

- **TEORIE DI GAUGE BI-DIMENSIONALI**

Le Teorie di Yang-Mills (generalizzate) in 2 dimensioni sono un interessante campo di lavoro in cui analizzare in nuce questioni quali, ad esempio, l'emergere di una teoria di stringa nel regime confinante di una teoria asintoticamente libera. Si era precedentemente estesa a spazi-tempi bidimensionali di genere qualsiasi la relazione tra le teorie di Yang-Mills nel formalismo del prim'ordine ed una teoria di stringa di tipo "matriciale". Attualmente si è approfondita la descrizione dei "branched coverings" di un dato spazio-tempo, interpretabili come stringhe di tipo matriciale che interagiscono, in termini della teoria di gauge su reticolo di un appropriato gruppo.

- **FISICA DELLE D-BRANE**

Studio della possibile estensione della dualità AdS/CFT a casi non conformi, ad esempio, le teorie di campo asintoticamente libere in 3+1 dimensioni.

Un tipo di configurazioni di stringa molto interessante a questo riguardo è quello comprendente brane frazionarie su un background di orbifold. In questo caso la teoria di campo, che vive sulle brane possiede supersimmetria, e' una teoria di gauge  $N=2$  con materia ed e' in generale non conforme.

Vengono studiate in dettaglio D-brane in teorie conformi di orbifold. Si è ottenuto lo spettro delle D-brane frazionarie utilizzando in questo contesto la costruzione di Cardy e chiarendo il significato geometrico delle D-brane frazionarie.

È possibile determinare la soluzione classica della supergravità corrispondente a configurazioni di brane frazionarie, che fornisce una descrizione "duale" della teoria di gauge.

In particolare viene descritta la soluzione corrispondente a configurazioni generiche di brane frazionarie in un orbifold generico preservante supersimmetria  $N=2$ , e si chiariscono vari aspetti di tali soluzioni.

Importanti risultati preliminari sono stati ottenuti sul rapporto tra la descrizione semiclassica degli istantoni nelle teorie di gauge e la loro descrizione "microscopica" tramite sistemi di D-brane.

#### • TEORIA E FENOMENOLOGIA DELLA GRAVITAZIONE E COSMOLOGIA RELATIVISTICA

- Comprensione della stringa propagantesi su AdS e alla generalizzazione a teorie non conformi di AdS/CFT
- Quantizzazione di sistemi gravitazionali in dimensioni spazio-temporali 3 e 4.
- Quantizzazione generalizzata delle ologrammi in dimensioni 2+1.

#### C MECCANICA STATISTICA E SUE APPLICAZIONI

##### • MECCANICA STATISTICA

- Sono state effettuate ricerche nell'ambito delle teorie di campo su reticolo, in particolare sono state studiate alcune nuove proprietà dei modelli di Potts che consentono da un lato di ottenere delle relazioni esatte tra osservabili valide per ogni tipo di reticolo, e suggeriscono nuovi e potenti algoritmi per le simulazioni numeriche di questi modelli. Si è inoltre studiato il fenomeno dello screening del potenziale confinante tra quark (detto string breaking) dovuto alla produzione di coppie nelle teorie di gauge con quark dinamici e si è suggerita una nuova interpretazione di alcuni sorprendenti risultati di simulazioni numeriche.
- Si sono inoltre studiati i modelli di spin Bidimensionali, usando i metodi delle teorie conformi, e il modello di Ising in 3 dimensioni cercando di caratterizzarne lo spettro degli stati legati. Inoltre si sono avviate ricerche sull'utilizzo di metodi meccanico-statistici per lo studio del DNA.

##### • ASTROBIOLOGIA FISICA

Si è studiata la relazione che collega i parametri orbitali di un pianeta legato ad una stella generica al flusso di radiazione che investe ogni punto della superficie del pianeta istante per istante. Questo flusso in taluni casi è calcolabile. Esso è il driving term delle equazioni differenziali le cui soluzioni descrivono la termodinamica di non equilibrio della superficie del pianeta stesso.

Il campo  $T(x,y,z,t)$  ed il campo  $P(x,y,z,t)$  descrivono i bagni termici di temperatura e di pressione necessari a creare le condizioni termodinamiche sia fisiche che chimiche

che possono dar luogo alla formazione di una rete ( web) di specie viventi alimentato da fotosintesi.

Il ciclo di tale "web fotosintetica" implica l'esistenza di condizioni termodinamiche tali che le "molecole asintotiche" (per esempio  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  e  $N_2$  nel caso della Terra). Il problema è di stabilire se esse si trovino nelle fasi gassosa, o liquida, o magari entrambe le fasi; ed inoltre se le condizioni termodinamiche corrispondenti a questa richiesta coinvolgono una sufficientemente estesa porzione della superficie del pianeta in esame.

Pur trascurando interazioni gravitazionali a tre o più corpi si vede che è sufficiente studiare nel problema a due corpi la dipendenza dalla eccentricità e dall'inclinazione del vettore di momento angolare di rotazione rispetto al piano dell'eclittica per trovare andamenti termodinamici incompatibili con le richieste fondamentali necessarie all'esistenza della vita di fotosintesi.

- **OTTICA QUANTISTICA**

Si è studiato il comportamento di sistemi ottici non lineari con multi-componenti; in particolare si è esplorato il loro comportamento in vicinanza dei valori dei parametri di controllo in corrispondenza dei quali tali sistemi subiscono cambiamenti strutturali.

Si è iniziato lo studio di un nuovo modello ottico non lineare con due componenti consistente in un polimero formato da una pellicola sottile. Tale polimero mostra una complessa struttura di cristalli liquidi, essendo costituito da molecole azo-coloranti sensibili alla luce polarizzata linearmente.