

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA  
prot. 2005023102

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Coordinatore Scientifico</b> | Loriano BONORA   |
| <b>Ateneo</b>                   | Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati di TRIESTE |
| <b>Titolo della Ricerca</b>     | Superstringhe, brane e interazioni fondamentali              |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | Euro 160.000   |
| <b>Durata</b>                   | 24 Mesi  |

## Obiettivo della Ricerca

Partendo dal panorama internazionale della ricerca nel campo delle superstringhe e delle brane il nostro progetto si propone di portare contributi originali in gran parte dei temi principali. Gli obiettivi della nostra ricerca fanno riferimento ai seguenti temi generali:

- Corrispondenza AdS/CFT;
- Corrispondenza gauge/gravità;
- Dualità stringa aperta/stringa chiusa e modelli di matrici;
- Teorie di campo deformate;
- Fenomenologia di stringhe e brane;
- Condensazione tachionica e teoria di campo della stringa;
- Applicazioni di teoria delle stringhe;
- Spin elevati e teoria delle stringhe;
- Spinori puri e twistori.

### CORRISPONDENZA ADS/CFT.

La corrispondenza AdS/CFT è la forma più nota e più studiata di corrispondenza gauge-gravità. Ha avuto ormai evidenti conferme, ma mancano ancora molti elementi per renderla una dualità efficace a tutti gli effetti. Uno dei problemi più seri è costituito dal lato stringa della corrispondenza. Esso è rappresentato da un modello sigma fortemente accoppiato al background di Ramond-Ramond, un modello che non si sa risolvere coi metodi tradizionali. Uno degli obiettivi del nostro progetto è rappresentato dal tentativo di aver ragione di questo problema usando una rappresentazione discretizzata della stringa. Il passo successivo è di arrivare ad una formulazione continua della stringa fortemente interagente.

Un secondo obiettivo consiste nell'approfondimento di nuove soluzioni ottenute recentemente. Queste soluzioni (LLM) preservano meta' supersimmetria e sono asintoticamente AdS. La riduzione della supersimmetria rende naturalmente di grande interesse lo studio delle teorie conformi duali. Uno dei nostri programmi di ricerca prevede anche di analizzare la stabilità di queste soluzioni studiando le correzioni ( $\alpha'$ ) generate dalla loro natura stringhesca. Infine si vorrebbe generalizzare il calcolo dei correlatori in teoria di campo nel caso in cui la teoria duale non sia asintoticamente AdS.

### CORRISPONDENZA GAUGE/GRAVITÀ.

La corrispondenza AdS/CFT è un esempio di una corrispondenza più generale tra teorie di gauge e di gravità che ha una spiegazione profonda nella dualità fra stringhe aperte e stringhe chiuse. Di fatto questa dualità è alla radice di un modo molto proficuo di interpretare le teorie quantistiche di gauge, che consiste nel guardare ad esse come a teorie efficaci a bassa energia di stringhe aperte con i capi vincolati a muoversi su (configurazioni di) D-brane immerse in un ambiente di stringa chiusa (duale). Uno degli obiettivi del programma è di approfondire lo studio di questo modo di vedere le teorie di gauge. In base ai risultati più recenti sembra infatti non lontana la possibilità di costruire in questo modo teorie di gauge  $N=1$  con caratteristiche che si avvicinano a quelle necessarie per descrivere la fisica delle interazioni fondamentali (gerarchie ampie, confinamento infrarosso, rottura della simmetria chirale, ecc.). In questo ambito rientra anche l'intenzione di estendere gli studi dei sistemi di D-brane per il calcolo istantonico dalle teorie di gauge con supersimmetria  $N=4$  alle teorie con supersimmetria  $N=2$  e  $N=1$ ; nonché la descrizione di stringa dei settori istantonici in teorie  $N=2$ .

### DUALITÀ STRINGA APERTA/STRINGA CHIUSA E MODELLI DI MATRICI.

La dualità stringa aperta stringa chiusa è alla base anche di un insieme di argomenti intrecciati che hanno avuto un grande sviluppo negli ultimi anni: la congettura di Dijkgraaf-Vafa, le transizioni geometriche e le stringhe topologiche. Questi argomenti sono anche legati a problemi matematici di grande interesse. In questo ambito si vogliono analizzare i contributi gravitazionali al prepotenziale della teoria di Yang-Mills supersimmetrica  $N=2$  e verificare la loro possibile connessione con il problema della uniformizzazione delle superfici di Riemann.

Legate a questa problematica sono i modelli di stringhe topologiche su spazi di Calabi-Yau (eventualmente in presenza di D-brane). Essi permettono di mettere in relazione particolari geometrie di Calabi-Yau con opportuni modelli di matrici. Si vorrebbe, in questo contesto, legare geometrie più generali a nuovi modelli di matrici. Infine l'intenzione è di analizzare modelli di gauge supersimmetrici  $N=1$  o anche non-supersimmetrici e 'farli passare' attraverso le transizioni geometriche per estrarne/verificarne le proprietà sfruttando le relative dualità'.

#### TEORIE DI CAMPO DEFORMATE.

Teorie di campo deformato in maniera consistente possono essere ottenute come teorie efficaci di bassa energia delle (super)stringhe chiuse in presenza di background di NSNS o RR. Nel secondo caso si ottengono teorie di gauge non-anticommutative. Uno degli obiettivi è di studiare alcuni aspetti di queste ultime come emanazione della loro natura stringhesca. Nel primo caso si ottengono teorie noncommutative. In queste teorie si vorrebbero studiare soprattutto i settori istantonici e ottenere informazioni sulla localizzazione della misura ADHM sui moduli.

#### "FENOMENOLOGIA" DI STRINGHE E BRANE.

L'argomento si riferisce alla ricerca di vuoti di stringa che generino modelli semi-realistici per le interazioni fondamentali. Tecniche che hanno avuto molto successo di recente fanno uso di brane ad angolo e (dualmente) di brane magnetizzate. Si vuole, in questo contesto, estrarre informazioni sugli accoppiamenti di Yukawa e su altre quantità importanti per precisare la teoria. Un argomento connesso è la costruzione di modelli con la presenza di D-brane o con compatteficazioni in presenza di flussi. Si intende studiare, per esempio, la dualità tra un modello con flusso di NSNS e la compatteficazione alla Scherk-Schwarz.

#### CONDENSAZIONE TACHIONICA E TEORIA DI CAMPO DI STRINGA.

La teoria di campo di stringa (SFT) ha avuto di recente un notevole impulso in connessione con il grande interesse per la condensazione tachionica. Esistono ancora notevoli problemi legati alla formulazione della teoria di campo di stringa chiusa e supersimmetrica. In base ai recenti progressi fatti si intende affrontare soprattutto il problema della formulazione della teoria di campo della stringa chiusa, delle soluzioni dipendenti dal tempo nella SFT aperta per descrivere il decadimento di D-brane, e della SFT su background non piatti (pp-wave).

#### APPLICAZIONI DI TEORIA DELLA STRINGHE.

La teoria della stringa costituisce un formalismo molto flessibile e utile in vari contesti. Nel nostro progetto lo si vuole applicare ad argomenti diversi come, per esempio, lo studio degli stati eccitati della stringa anche in proiezione cosmologica e fenomenologica, o all'estrazione di lagrangiane efficaci mutuata dalle stringhe e con le caratteristiche della QCD.

#### SPIN ELEVATI E TEORIA DI STRINGA.

Le teorie di campo di spin elevato vengono studiate per il loro interesse intrinseco, ma anche per la loro connessione con il limite di stringa a tensione zero. L'intenzione è di studiarne le simmetrie allo scopo di comprendere l'eventuale esistenza di un meccanismo di rottura dinamica che possa generare una scala di Planck finita.

#### SPINORI PURI E TWISTORI.

Il formalismo degli spinori puri si è rivelato di recente molto efficace nell'ambito della teoria della superstringa. Molto resta ancora da fare, e uno dei punti del nostro programma è di sviluppare questo formalismo per quanto riguarda quegli aspetti non ancora sviluppati nella letteratura.

Anche l'uso dei twistori ha portato a notevoli semplificazioni nel calcolo delle ampiezze di gauge. Si intende studiare questo formalismo e cercarne un'eventuale connessione con modelli di matrici.

### **Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo**

La sfida che si presenta oggi alla Fisica Teorica è di incorporare il modello standard delle particelle elementari in un'unica teoria quantistica che contenga anche la gravità e di formulare una teoria che spieghi sia il mondo delle particelle elementari sia la nascita e l'evoluzione dell'universo. L'unica candidata a soddisfare questi requisiti è, per ora, la teoria delle superstringhe. Molti sforzi sono attualmente diretti a incorporare nella teoria delle superstringhe sia il modello standard sia l'evoluzione dell'universo. La teoria delle superstringhe è tuttavia una teoria ancora in costruzione. Gran parte del lavoro di ricerca in questo campo consiste tuttora nell'approfondire gli aspetti, anche formali, non ancora compresi o insufficientemente studiati della teoria. Nel seguito viene illustrato lo stato dell'arte rispetto a cui i nostri programmi di ricerca si propongono di innovare.

Per cominciare, lo studio delle dualità tra teorie su background diversi si è rivelato estremamente proficuo. Un caso molto importante è la dualità AdS/CFT che mette in relazione la teoria della superstringa IIB su un background di tipo  $AdS_5 \times S^5$ , con la teoria di gauge conforme  $N=4$  definita sul bordo quadridimensionale dello spazio AdS. Questa dualità ha permesso di ottenere risultati nel regime di accoppiamento forte della teoria di gauge da calcoli di supergravità perturbativa nello spazio di anti-De-Sitter. Questa corrispondenza è stata via via dimostrata essere valida a livelli sempre più raffinati. La verifica di questa dualità è tuttora un campo di ricerca molto importante e molto attivo.

*In un'altra direzione la corrispondenza AdS-CFT è stata l'ispiratrice di svariati lavori che studiano corrispondenze analoghe (dualità gauge-gravità) riducendo via via il numero di cariche supersimmetriche fino a zero. Questo tipo di analisi ha avuto effetti benefici sia per la comprensione delle teorie di superstringa sia per le teorie di gauge. Per esempio, a partire da soluzioni di supergravità sono stati ottenuti molti risultati esatti per le teorie di gauge duali sia a livello perturbativo sia a livello non-perturbativo (funzioni beta, anomalie chirali, dimensioni anomale, correzioni istantoniche, e così via). Di particolare interesse sono stati gli studi che hanno permesso di indagare la fase confinante delle teorie di gauge con supersimmetria  $N=1$  attraverso l'analisi della geometria associata a sistemi di brane frazionarie in orbifolds e conifolds o di brane arrotolate su cicli di varietà di Calabi-Yau, portando ad interessanti risultati sulla condensazione dei gaugini, la rottura della simmetria chirale, la comparsa di stringhe confinanti e di vari domain-walls. Recentemente questi studi hanno ricevuto nuovo impulso e aperto nuove linee di ricerca: da un lato si sono trovate ed analizzate nuove classi di soluzioni di supergravità duali a teorie di gauge con contenuto di materia simile alla QCD, dall'altro sono stati effettuati calcoli olografici per lo scattering ad alta energia di adroni che sembrano riprodurre alcune importanti proprietà della QCD.*

*La corrispondenza AdS/CFT è un esempio di dualità tra stringhe aperte, che determinano la dinamica sul bordo, e stringhe chiuse che vivono nello spazio ambiente totale. Anche questa dualità è un argomento di ricerca molto fecondo. E' alla base da un lato della congettura di Dijkgraaf-Vafa (DV), dall'altro di nuovi sviluppi in relazione alle stringhe topologiche. La congettura di DV permette di calcolare il superpotenziale efficace delle teorie di gauge supersimmetriche (una quantità non-perturbativa) mediante un calcolo perturbativo eseguito su un semplice modello di matrici. Le teorie di stringa topologiche sono teorie ultrasemplicate, ma che in compenso permettono di arrivare spesso a risultati esatti, per esempio forniscono realizzazioni esatte di dualità stringa aperta - stringa chiusa. Anche in questo caso un ruolo importante è giocato da modelli di matrici molto semplici e, spesso, esattamente risolubili.*

*Come abbiamo ricordato all'inizio, uno degli scopi della ricerca in teoria delle stringhe è cercare di stabilire delle precise connessioni quantitative fra la teoria e i risultati sperimentali. Benché il traguardo finale sia ancora lontano, recentemente alcuni importanti progressi sono stati ottenuti nella costruzione di modelli che hanno notevoli analogie con il modello standard e ne condividono alcune proprietà fondamentali. Ingredienti essenziali in queste costruzioni sono ancora una volta le brane, in particolare configurazioni di D-brane arrotolate su tori ed intersecanti ad angolo, o loro versioni T-duali corrispondenti a D-brane con flussi magnetici. In questi modelli, la presenza di materia chirale, la replica delle famiglie di particelle o gli accoppiamenti alla Yukawa emergono in modo semplice e naturale nell'ambito di uno schema che fornisce un'elegante interpretazione geometrica di alcune delle proprietà fondamentali osservate nella fisica delle particelle. Particolarmente interessanti sono anche i meccanismi per la rottura della supersimmetria che questi modelli permettono di realizzare. Per esempio, accendendo opportuni flussi nel background geometrico in cui le D-brane sono immerse, è possibile stabilizzare i moduli del vuoto attraverso un potenziale scalare e quindi consentire una rottura spontanea della supersimmetria di tipo gerarchico, cioè a diverse scale di energia. Questa problematica, essenziale per le applicazioni fenomenologiche della teoria delle stringhe, ha negli ultimi anni suscitato notevole interesse.*

*Un altro settore di ricerca che ha avuto un grande sviluppo negli ultimi anni è quello che ha come oggetto la condensazione tachionica. Il prototipo è il caso della stringa bosonica aperta in 26 dimensioni definita sul vuoto tradizionale. Esso risulta corrispondere a un massimo locale del potenziale e il tachione è la manifestazione della conseguente instabilità. Il tachione condensa nel minimo locale del potenziale e stabilizza (parzialmente) il sistema. Lo studio di questo sistema e in particolare del passaggio dal vuoto instabile al vuoto stabile è stato oggetto di una notevole attività di ricerca. L'interesse fisico è legato al fatto che questo fenomeno è un prototipo di decadimento delle brane. Esso ha avuto il merito di riportare l'attenzione sulla teoria di campo di stringa che, essendo naturalmente in grado di produrre quantità off-shell, costituisce il linguaggio più completo per descrivere simili fenomeni. A sua volta la rinnovata attenzione sulla condensazione tachionica e il coinvolgimento della teoria di campo di stringa hanno posto in una nuova luce la corrispondenza stringa aperta-stringa chiusa. Questo è un terreno ancora in gran parte da esplorare.*

*Infine occorre menzionare alcuni sviluppi più formali. Anzitutto le teorie di campo a spin elevato. A parte l'interesse intrinseco, una motivazione per studiare queste teorie è legata al limite in cui la lunghezza caratteristica della stringa tende all'infinito, limite nel quale tutti i modi della stringa diventano a massa zero. In questo modo si ottiene un sistema con enorme simmetria da cui si può recuperare in particolare la stringa attraverso un meccanismo di rottura della stessa. In secondo luogo l'uso dei twistori nel calcolo delle ampiezze in teorie di gauge, approccio che ha portato a semplificazioni sorprendenti. Anche questa tecnica può essere ricondotta alla dualità gauge-gravità. Infine merita di essere ricordato l'uso del formalismo degli spinori puri per il calcolo delle ampiezze di superstringa, e più in generale per una formulazione quantistica covariante e manifestamente supersimmetrica della superstringa.*

## **Criteri di verificabilità**

### **ELEMENTI E CRITERI PER LA VERIFICA DEI RISULTATI**

*La validità del lavoro fatto e del programma svolto verrà misurata con i seguenti parametri e criteri*

- Riconcontro del lavoro effettivamente svolto con il programma appena esposto.
- Numero degli incontri nazionali e bilaterali realizzati e loro partecipazione.
- Numero dei lavori pubblicati su riviste internazionali e loro parametro d'impatto.
- Numero delle citazioni secondo SPIRES.
- Numero dei lavori pubblicati con partecipazione incrociata delle varie unità.
- Numero delle relazioni su invito a conferenze internazionali.

## Elenco delle Unità di Ricerca

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati di TRIESTE |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Loriano BONORA   |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | <b>Euro</b> 37.500   |

### Compito dell'Unità

L'unità della SISSA si occuperà dei seguenti problemi:

*A. Fenomenologia di stringa: flussi e rottura alla Scherk-Schwarz (M.Serone).*

*Relazione tra compatteficazioni alla Scherk-Schwarz e compatteficazioni con flussi. Si crede al momento che la relazione tra le due classi di compatteficazione sia data dalla T-dualità, ma non è chiaro come estenderla per gli stati massivi di Kaluza-Klein e stati di avvolgimento.*

*Brane intersecanti (M.Bertolini).*

*Lo scopo principale è sviluppare tecniche opportune per calcolare ampiezze di stringhe miste e il loro limite di basse energie in modelli con brane intersecanti.*

*Vuoti di teoria M (R.Valandro).*

*Ricerca di vuoti derivanti dalla compatteficazione su manifolds con gruppo di ologonomia  $G_2$  e con campi di background diversi da zero e moduli fissati.*

*B. Corrispondenza AdS/CFT e gauge-gravità (M.Bertolini).*

*Si intende continuare il lavoro svolto negli ultimi anni con particolare riguardo alle estensioni non-conformi (e meno supersimmetriche) di tale corrispondenza. Le estensioni non-conformi, oggetto dello studio, nascondono interessanti aspetti di dinamica di teorie di gauge supersimmetriche e la possibilità di rottura dinamica della supersimmetria a basse energie.*

*Corrispondenza AdS/CFT (E.Gava).*

*La teoria di stringa su un background  $AdS_5 \times S^5$  con campi di Ramond-Ramond nonnulli, genericamente, danno origine a modelli sigma bidimensionali fortemente accoppiati. Scopo della ricerca è di studiare questi modelli e, inoltre, come si possa ottenere una formulazione continua della teoria di stringa fortemente interagente, con background di Ramond-Ramond.*

*Corrispondenza AdS/CFT (G.Milanesi).*

*Il lavoro di Lin, Lunin e Maldacena mette in luce la corrispondenza tra una classe di soluzioni BPS di supergravità tipo IIB sintoticamente AdS e configurazioni della CFT duale. Scopo della ricerca è investigare vari aspetti di questa corrispondenza.*

*C. Stringhe tensionless e campi a spin elevato (G.Bonelli).*

*Si intende proseguire l'analisi del limite di tensione nulla della teoria di stringa su spazi piatti ed a curvatura costante caratterizzando interamente le simmetrie della teoria, con l'idea di comprendere l'eventuale esistenza di un meccanismo di rottura dinamica delle simmetrie di spin più alto che possa generare una scala di Planck finita.*

*D. Stringhe topologiche (G.Bonelli, L.Bonora).*

*L'intenzione è di studiare le proprietà delle stringhe topologiche su spazi di Calabi-Yau ed analizzarne in generale il legame con i modelli di matrici. Lo scopo è di utilizzare le proprietà di integrabilità di alcuni modelli di matrici per ottenere risultati esatti sulle compatteficazioni su Calabi-Yau.*

*E. Condensazione tachionica e teoria di campo di stringa (L.Bonora, N.Moeller, R.Scherer, D.Tolla).*

*Si intende continuare la ricerca di soluzioni della SFT aperta dipendenti dal tempo, per descrivere decadimenti di brane e i prodotti di decadimento relativi. Un altro argomento di ricerca è centrato sulla costruzione della SFT chiusa, a partire dai recenti progressi fatti. Infine vorremmo analizzare la SFT su un background pp-wave.*

F. Studio delle proprietà degli stati eccitati di stringa (D.Chialva, R.Ingo).

La ricerca riguarda lo studio del decadimento di stati eccitati di stringa, la ricerca per una possibile statistica sistematica sulle proprietà di decadimento dei vari stati di stringa, e, infine, lo studio dei possibili segnali sperimentali della produzione di stati di stringa negli acceleratori di altissima energia.

G. Correzioni di stringa a background di gravità o SUGRA (G.Exirifard).

Recentemente sono state calcolate le soluzioni BPS, che preservano meta' supersimmetria, nella stringa di tipo IIB con un flusso F5 non banale, (soluzioni LLM). L'idea della ricerca è di calcolare le correzioni  $\alpha'$  di questo nuovo background e di trovare altre soluzioni per mezzo di catene di dualità.

---

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di NAPOLI "Federico II" |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Roberto PETTORINO                              |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | <b>Euro</b> 35.300                             |

### **Compito dell'Unità**

L'unità di Napoli svolgerà il programma seguente:

Un naturale sviluppo dell'attività di ricerca finora realizzata consiste nello stabilire una connessione tra i risultati ottenuti nell'ambito della corrispondenza gauge/gravità e quelli mutuati dalla letteratura che usano la dualità realizzata attraverso transizioni geometriche. In quest'ultimo approccio le teorie di gauge sono ottenute come teorie di volume di universo di brane avvolte su cicli presenti in varietà "risolte" di tipo Calabi-Yau. Esse ammettono una descrizione "duale" in cui le brane scompaiono e sono sostituite da flussi di opportuni campi di supergravità attraverso 3-cicli di dimensioni finite. Questo tipo di dualità ha consentito di ottenere il superpotenziale effettivo non perturbativo di teorie di gauge con supersimmetria  $N=1$ , come quello di Veneziano e Yankielowicz o di Affleck-Dine-Seiberg. Ci si propone quindi di esplorare nei modelli supersimmetrici ( $N=1$  con materia) e non supersimmetrici (orientifold field theories) precedentemente da noi analizzati, e costruiti invece come teorie di world-volume di stati legati di brane avvolte su opportuni cicli, le connessioni tra la corrispondenza gauge/gravità e le transizioni geometriche per teorie supersimmetriche e non supersimmetriche. Partendo da geometrie "deformate" di gravità o supergravità, caratterizzate anche da valori non costanti del campo dilatone, si studieranno, attraverso la dualità effetti non perturbativi delle teorie di gauge, quali il corrispondente superpotenziale. Ci si propone, poi, di analizzare teorie di gauge interessanti dal punto di vista fenomenologico che vivono sul world-volume di brane intersecanti. In particolare l'attenzione sarà rivolta agli aspetti perturbativi e non-perturbativi delle teorie di gauge utilizzando le tecniche di dualità già sviluppate nel caso di brane parallele.

Nell'ambito della corrispondenza AdS/CFT studieremo come si possa generalizzare il calcolo di correlatori in teoria dei campi attraverso i loro rispettivi duali in casi che non sono asintoticamente anti-de Sitter. Questi sono di rilevante interesse e affiancano le soluzioni già note, tipo Klebanov-Strassler e Maldacena-Nunez. Attualmente non è noto come la dinamica della supergravità codifichi le funzioni di correlazione della teoria duale in questi casi ma una formulazione generale del formalismo invariante di gauge è un passo importante perché applicabile direttamente allo studio delle fluttuazioni di gravità. Risolta la dinamica del bulk, rimarrà da stabilire la precisa corrispondenza tra gli operatori di gauge e i campi di bulk.

Infine è interessante proseguire lo studio delle lagrangiane effettive di bassa energia, tipo QCD, mutate dalle stringhe. Nel tentativo di trovare una analogia stretta con la Cromodinamica Quantistica Karch e Katz hanno mostrato che campi di quark dinamici possono essere introdotti ed avere una descrizione duale in termini del settore di stringhe aperte generato da D-brane "probe" nella metrica di background indotta dalla D3-brana su cui vive la teoria di gauge. Sebbene esistano evidenti differenze qualitative tra le corrispondenti teorie di gauge e la QCD, è stato possibile derivare lagrangiane effettive per i gradi di libertà di bassa energia, ovvero i corrispondenti dei mesoni, e discutere, almeno qualitativamente, fenomeni come la rottura spontanea delle simmetrie. Sarà interessante studiare quali caratteristiche della fisica dei mesoni (spettro, traiettorie di Regge, barioni, ecc.) siano descritti da questi modelli; così come sarà interessante analizzare se queste idee diano nuovo input alla costruzione di modelli fenomenologici di nuova fisica con extradimensioni.

---

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi del PIEMONTE ORIENTALE "Amedeo Avogadro"-Vercelli |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Alberto LERDA  |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | <b>Euro</b> 18.700   |

## **Compito dell'Unità**

L'unità di ricerca del Piemonte Orientale affronterà i seguenti temi principali:

- 1) *Studio della corrispondenza gauge/gravità per teorie con supersimmetria ridotta e senza invarianza conforme. L'obiettivo principale è di ottenere ulteriori informazioni sulle proprietà perturbative e non-perturbative di teorie di gauge supersimmetriche in quattro dimensioni usando la geometria duale prodotta da opportune configurazioni di D-brane. Particolare attenzione sarà data alle teorie con supersimmetria  $N=1$  e materia chirale, per le quali la struttura del vuoto, i superpotenziali non perturbativi e i domain-walls saranno studiati usando soluzioni duali di supergravità.*
- 2) *Studio delle proprietà degli istantoni nelle teorie di gauge supersimmetriche mediante D(-1) brane. Sistemi di D3 e D(-1) brane forniscono un'efficiente realizzazione del calcolo istantonico per teorie di gauge  $N=4$  nell'ambito della teoria delle stringhe. Questa unità di ricerca svilupperà quest'approccio estendendolo a teorie  $N=2$ ,  $N=1$  e agli istantoni vincolati. Il calcolo delle ampiezze di stringa con condizioni al contorno miste nei sistemi D3/D(-1) è rilevante anche per ricavare la geometria prodotta da questi bound-states di brane che dovrebbe spiegare le proprietà non-perturbative delle teorie di gauge duali.*
- 3) *Studio delle teorie di gauge deformate e teorie con flussi. Le teorie di gauge deformate possono essere ottenute come teorie effettive su D-brane immerse in background di supergravità con flussi non banali. In particolare quest'unità continuerà le proprie ricerche sulle teorie di gauge non-anticommutative realizzate per mezzo di D-brane in un opportuno background di RR e analizzerà i flussi di stringa chiusa che deformano la misura ADHM sullo spazio dei moduli degli istantoni portando alla localizzazione, stabilendo così una realizzazione in stringa del calcolo istantonico equivariante recentemente sviluppato.*
- 4) *Studio di sistemi di brane ad angolo e di brane magnetizzate. L'obiettivo principale è di sviluppare tecniche conformi per il calcolo esplicito di rilevanti quantità (ad esempio accoppiamenti di gauge, potenziale di Kahler, accoppiamenti di Yukawa, etc.) in teorie di gauge  $N=1$  realizzate su sistemi di D-brane intersecanti ad angolo o su sistemi di brane magnetizzate, e determinare come tali quantità dipendono dai moduli di stringa chiusa. Questi calcoli richiedono l'analisi di ampiezze miste di stringa aperta/stringa chiusa con condizioni al contorno miste. È di particolare interesse sviluppare questi calcoli anche nei modelli recentemente scoperti in cui gran parte dei moduli geometrici sono fissati dalla presenza di opportuni flussi magnetici.*
- 5) *Studio della teoria di stringa con gli spinori puri. Quest'unità di ricerca continuerà i propri studi sulla teoria di stringa con gli spinori puri, in particolare sul calcolo delle ampiezze di scattering, sulla descrizione delle D-brane, supermembrane e M-brane in vari tipi di background, sull'analisi di meccanismi di compattificazione, orbifolds, orientifolds e flussi, e sul calcolo del superpotenziale effettivo nel limite di bassa energia della stringa nel formalismo degli spinori puri. Attenzione sarà rivolta anche allo studio di teorie di superstringa in dimensioni non-critiche e alla relazione fra la M-teoria topologica e la teoria di stringa con spinori puri.*
- 6) *Studio delle strutture globali nelle teorie di gauge con potenziali di gauge di rango elevato. Quest'unità continuerà l'analisi dei gerbi non-abeliani, delle loro proprietà di ologonomia e, nel caso delle 2-forme, delle loro possibili applicazioni alla teoria di bassa energia della NS 5-brana. Un argomento correlato che sarà analizzato è quello della classificazione delle D-brane attraverso la K-teoria twistata quando è presente un campo B di NS non nullo.*

---

|                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di PADOVA |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Paolo PASTI                      |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | Euro 31.800                      |

## **Compito dell'Unità**

L'unità dell'Università di Padova si occuperà di:

### **SUPERSTRINGA E PURI SPINORI**

*Nell'ambito della quantizzazione covariante della superstringa verrà approfondita la relazione tra superembedding e puri spinori. In particolare si cercherà di estendere alle superstringhe di tipo II ed alla supermembrana i risultati ottenuti precedentemente nel caso della superstringa eterotica. Si cercherà inoltre di mettere a punto dei metodi di calcolo per le ampiezze di stringa ad una o più loop nel formalismo dei puri spinori.*

### **BRANE CON FLUSSI**

*Si prevede di analizzare in dettaglio le azioni per fermioni sul volume di mondo delle M5 e M2 brane e su p-brane di Dirichlet. In particolare verranno esaminate le proprietà di dualità e i modi di fissare la simmetria kappa. Un primo obiettivo è trovare esempi fisicamente interessanti di istantoni su brane con flussi con caratteristiche topologiche tali da fornire contributi non triviali al potenziale scalare. Un secondo obiettivo è l'analisi dei cosiddetti "Brane World models" per le interazioni fondamentali. Ci proponiamo di affrontare tale analisi studiando i meccanismi e gli effetti della rottura spontanea della supersimmetria nel volume di mondo di brane interagenti con flussi nel "bulk" e nel volume di mondo.*

#### **SPIN ELEVATI E TEORIA DI STRINGA**

*E' in programma uno studio comparativo delle diverse formulazioni della teoria dei campi con spin elevati con lo scopo di stabilire la relazione tra questi diversi approcci e con la teoria di campo della stringa. Si cercherà inoltre di estendere ad uno spazio-tempo con geometria AdS l'analisi della teoria di campo stringa nel limite di tensione nulla già svolta per la stringa nello spazio-tempo piatto. L'obiettivo è ottenere un'interazione non triviale per i campi di spin elevato a massa nulla che discendono dalla teoria di stringa.*

#### **AMPIEZZE DI SCATTERING E TWISTORI**

*E' in programma l'analisi della recente formulazione delle ampiezze di scattering nell'ambito della teoria twistoriale con particolare riferimento alla struttura ricorsiva soddisfatta dalle ampiezze a livello ad albero per un'ampia classe di teorie massless. Alcuni risultati suggeriscono che la struttura combinatoria che appare nel calcolo di tali ampiezze possa essere tradotta nel potente linguaggio geometrico-algebrico. È presumibile che le relazioni di ricorrenza possano essere ricavate da un modello matriciale, connesso con la teoria della stringa noncritica, che possa sostituire la QFT originale.*

#### **TEORIE DI GAUGE SUPERSIMMETRICHE E GRAVITA'**

*E' anche in programma la continuazione della ricerca concernente le teorie di gauge supersimmetriche con particolare attenzione ai contributi gravitazionali al prepotenziale della teoria di Yang-Mills supersimmetrica  $N=2$ . L'analogo gravitazionale della costante d'accoppiamento nella teoria di Seiberg-Witten, dovrebbe corrispondere al map da superfici di Riemann compatte al piano complesso superiore. Tali superfici sembrano possedere un'alta simmetria che ricorda quelle dei ricoprimenti ramificati del toro. Si studierà inoltre, nel caso  $N=1$ , il ruolo che tali superfici possono avere nello studio dell'uniformizzazione, seguendo quanto suggerito dallo studio dello spettro del laplaciano.*

---

|                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di TORINO |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Stefano SCIUTO                   |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | Euro 36.700                      |

#### **Compito dell'Unità**

*Nell'ambito di questo progetto, l'unità di ricerca dell'Università di Torino si occuperà in particolare di diverse applicazioni delle teorie delle stringhe alle teorie di gauge.*

*Il soggetto principale di questa attività sarà lo studio dei vari aspetti della corrispondenza gauge gravità e della sua generalizzazione a teorie di campo non massimamente supersimmetriche e non conformi. Un problema molto interessante in questo campo è quello di capire come le proprietà non perturbative delle teorie di gauge non abeliane nella fase confinante possano essere derivate dalla soluzione di stringa (o supergravità) duale. Progressi rilevanti su questo punto possono venire dallo studio di ampiezze di diffusione di stringa in presenza di D-istantoni. Infatti gli istantoni di una teoria di gauge in 4d ammettono una descrizione perturbativa in termini di stringhe aperte con condizioni al bordo miste, realizzate da un sistema di D3 e D(-1) brane. Questa costruzione è stata compiutamente illustrata nel caso di teorie SYM  $N=4$  massimamente supersimmetriche, e può essere estesa anche a teorie SYM  $N=2$ . In questo caso sarà dunque possibile includere gli effetti non perturbativi nella corrispondenza gauge gravità calcolando le correzioni alla soluzione classica di supergravità dovute ai D-istantoni ed ottenere così l'espressione esatta dell'azione di bassa energia data da Seiberg e Witten. È possibile inoltre pensare anche ad ulteriori estensioni di questo approccio alle teorie di gauge con supersimmetria  $N=1$ .*

*L'interconnessione fra teoria di stringhe aperte e chiuse, che è cruciale per formulare la corrispondenza gauge/gravità, permette anche di descrivere deformazioni consistenti delle teorie di campo supersimmetriche come teorie effettive di stringhe aperte che si propagano in background gravitazionali non banali. L'unità di ricerca di Torino, anche in collaborazione con l'unità di ricerca dell'U.P.O., intende studiare vari casi di teorie deformate di questo tipo, associate a background sia di NS-NS che di R-R. In particolare intende calcolare l'espressione esplicita delle soluzioni istantoniche delle teorie di gauge non-commutative a partire da sistemi di D3 e D(-1) brane in presenza di un campo di NS-NS B non banale ed inoltre stabilire quale sia, in questa prospettiva, il background di R-R che produce la deformazione dello spazio dei moduli ADHM dell'istantone  $N=2$  responsabile della localizzazione della misura di integrazione.*

*Lo studio di teorie di stringhe aperte in background non banali con field strength pseudoabeliana costante permette di derivare azioni effettive tipo Euler-Heisenberg. L'unità di Torino continuerà la sua attività di ricerca su questo soggetto, estendendo i risultati già ottenuti nel caso della stringa bosonica a più loop, calcolando l'azione di Euler-Heisenberg per teorie di Yang-Mills con e senza materia, e generalizzando l'intero approccio al caso della superstringa.*

*Un altro importante tema presente nel programma di ricerca dell'unità di Torino è la costruzione di modelli (semi)realistici per applicazioni fenomenologiche, con fermioni chirali e repliche, basati su sistemi di D-brane, per esempio D-brane ad angolo arrotolate su tori, o le loro versioni T-duali. In collaborazione con le unità di ricerca della SISSA e dell'U.P.O., intende studiare modelli supersimmetrici  $N=1$  in  $d=4$ , realizzati tramite sistemi di brane intersecanti (o magnetizzate) e calcolare, direttamente dalle ampiezze di stringa, la dipendenza dai moduli geometrici degli accoppiamenti di Yukawa, del potenziale di Kahler e di altre importanti quantità fisiche.*