

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA  
prot. 2005024045

<b>Coordinatore Scientifico</b>	Pietro Giuseppe FRE'
<b>Ateneo</b>	Università degli Studi di TORINO
<b>Titolo della Ricerca</b>	Simmetrie dell'Universo e delle Interazioni Fondamentali
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 240.000
<b>Durata</b>	24 Mesi

## Obiettivo della Ricerca

*Questo progetto è dedicato ad un certo numero di problematiche in Supergravità, M-teoria, Teoria delle Stringhe, Cosmologia Teorica and anche Teorie di Gauge. Lo schema generale è fornito dalla ricerca corrente in teoria M/Stringhe/Supergravità, così come essa viene svolta dalla comunità scientifica internazionale che si occupa di questi temi. Negli ultimi anni è divenuto sempre più evidente che sia il Modello Standard della Fisica delle Particelle e delle Interazioni Fondamentali che le caratteristiche essenziali del Modello Cosmologico Standard e degli scenari inflazionari possono essere incluse nella Teoria delle Stringhe in una ampia varietà di modi possibili. Al contempo la teoria M/Stringhe/Supergravità è un laboratorio teorico di ricchezza senza precedenti dove si sviluppano e si mettono alla prova nuove idee e si scoprono nuovi aspetti di una struttura unificata che aprono nuove prospettive sia in Fisica che in Matematica. Il principale punto unificante in tutte le ricerche che svolgeremo è fornito dal concetto di dualità nelle sue varie accezioni e manifestazioni ed uno strumento onnipresente nei nostri studi è dato dalle strutture algebriche connesse con i gruppi di dualità. Inoltre un leit-motiv nel nostro Programma di Ricerca è dato dal ruolo complementare e sinergico tra il punto di vista microscopico "stringhico" e quello macroscopico fornito dalla supergravità che in molte occasioni getta luce e chiarisce le strutture geometriche più nascoste e più difficili da scoprire nell'approccio puramente "stringhico". Esplicitamente, il Programma di Ricerca che svilupperemo nei prossimi due anni riguarda i seguenti punti, strettamente interlacciati:*

- 1) *ROTTURA DELLA SUPERSIMMETRIA, STABILITÀ DEL VUOTO E MODELLI DI ORIENTIFOLD*
- 2) *COMPATTIFICAZIONI CON FLUSSI, GAUGINGS DELLA SUPERGRAVITÀ E STABILIZZAZIONE DEI MODULI*
- 3) *BIGLIARDI COSMICI LISCI ED ALTRI ASPETTI COSMOLOGICI DELLA TEORIA M/STRINGHE/SUPERGRAVITÀ*
- 4) *CORRISPONDENZA GAUGE/GRAVITÀ E CORRISPONDENZA ADS/CFT*
- 5) *INSTANTONI E STRINGHE<sub>p</sub>*
- 6) *TWISTORI E STRINGHE TOPOLOGICHE*
- 7) *TEORIE DI CAMPO DI SPIN ELEVATI*
- 8) *MICROSTATI DEI BUCHI NERI*
- 9) *FORMULAZIONI DUALI DELLA SUPERGRAVITÀ*
- 10) *IL RUOLO DELLA GEOMETRIA NON COMMUTATIVA.*

*Più dettagliatamente il programma e gli obiettivi perseguiti possono articolarsi come segue.*

*Le recenti scoperte osservative sul contributo non triviale dell'energia di vuoto al contenuto dell'Universo, insieme alla evidenza sperimentale della sua attuale fase di espansione hanno reso impellente affrontare questi argomenti in modo opportuno nell'ambito delle Teorie di Stringa. In particolare, la costruzione di modelli in termini di D-brane, orientifolds, compatteficazioni con o senza flussi o grandi dimensioni ulteriori possono ora iniziare ad affrontare, con chiare motivazioni, scenari cosmologici in accelerazione che debbono allo stesso tempo includere appropriati meccanismi di rottura della supersimmetria. Un ruolo centrale in tutte queste considerazioni è posseduto dal gruppo di trasformazioni di dualità codificate nelle lagrangiane di supergravità a bassa energia, che è anche responsabile della unificazione dei vari modelli di superstringa perturbativa in un unico schema teorico. Un uso sistematico di queste simmetrie (che generalizzano le usuali rotazioni di dualità elettrico/magnetiche) portano alla costruzione di soluzioni esatte di supergravità, permettono di associare date configurazioni di brane in altre, e rendono possibile esplorarne la geometria. In più, una forma di dualità è alla base della corrispondenza olografica gauge/gravità, che mette in relazione le teorie di gauge definite sui volumi di mondo delle brane con la gravità nel bulk.*

*Pertanto perseguiremo i seguenti obiettivi specifici:*

- 1) *Estendere ed approfondire lo studio della corrispondenza gauge/gravità, considerando casi non conformi e più complicate geometrie di bulk, con supersimmetria ridotta o perfino nessuna supersimmetria. Inoltre, esplorare il ruolo delle simmetrie di spin superiore nel limite di accoppiamento debole della teoria di campo sul bordo.*
- 2) *Affrontare la giusta generalizzazione delle varietà Calabi-Yau o altre geometrie compatte che nascono dall'inclusione di flussi e G-strutture*
- 3) *Stabilire un preciso algoritmo di corrispondenza fra compatteficazioni con flussi, gaugings di supergravità e, ove possibile, realizzazioni microscopiche. Ciò chiarirebbe il meccanismo per la generazione di potenziali o superpotenziali capaci di risolvere la degenerazione del vuoto e di portare alla stabilizzazione dei moduli.*
- 4) *Estendere ed approfondire la nostra comprensione dei background di stringa dipendenti dal tempo. Ciò necessita, in particolare,*

uno studio generale delle soluzioni dipendenti dal tempo della supergravità e della loro classificazione in termini di strutture algebriche del gruppo di dualità.

Un argomento legato a questo contesto è quello di uno studio sistematico di soluzioni esatte di bigliardi cosmici lisci, anche per metterle in relazione con la ricerca di una cosmologia accelerante realistica nel contesto delle costruzioni con D-brane.

- 5) Estendere ed approfondire la nostra comprensione di compatteficazioni non standard, come quelle di tipo Sherk e Schwarz, anche esplorando formulazioni duali della supergravità contenenti multipletti tensori.
- 6) Estendere ed approfondire la nostra comprensione di costruzioni in termini di orientifolds e D-brane, in particolare riguardo al problema ancora non completamente risolto di riprodurre le caratteristiche salienti del Modello Standard delle interazioni non-gravitazionali.
- 7) Estendere ed approfondire la nostra comprensione della rottura della supersimmetria, sia a livello di teoria di campo sia a livello di Teorie di Stringa, prestando particolare attenzione alle ridefinizioni del vuoto che essa induce nelle Teorie di Stringa.
- 8) Estendere ed approfondire la nostra comprensione dei microstati dei buchi neri e del modo in cui essi producono entropia di tipo statistico invarianti sotto opportuni gruppi di dualità.
- 9) Estendere e approfondire la nostra comprensione del ruolo delle deformazioni non-commutative in teorie di campo.

Oltre agli argomenti elencati, tutti intimamente connessi alle simmetrie di dualità delle stringhe, vi sono altri quattro sotto-progetti collegati a vari aspetti delle teorie M, di Stringa e Supergravità:

- a) Estendere ed approfondire la nostra comprensione della struttura geometrica delle teorie di campo con spin superiore, con un occhio al ruolo speciale delle teorie di stringa in questo ambito.
- b) Estendere ed approfondire la nostra comprensione del ruolo della geometria non commutativa per la dinamica del volume di mondo delle brane in presenza di flussi
- c) Estendere ed approfondire la nostra comprensione delle ampiezze di teorie di gauge con alta elicità e la loro relazione con le teorie dei twistori e delle teorie di campo topologiche
- d) Costruire il gauging del supergruppo nascosto su cui si possono trivializzare le algebre differenziali libere (generalizzazioni delle algebre di Lie che includono p-forme) che stanno alla base di tutte le teorie di supergravità multidimensionali.

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

Ogni civiltà della storia ha proposto, quale parte integrante delle sue radici, una immagine del cosmo e delle sue leggi. Oggi però, la cosmologia ha qualche possibilità di basarsi su di una teoria fisica fondamentale, verificabile con l'esperimento. Soltanto dopo il 1929, con la scoperta della legge di Hubble e della sua interpretazione entro la teoria gravitazionale di Einstein, si sono percepite la gigantesca estensione dell'universo fisico e la sua espansione dinamica, mentre meno di un decennio prima si ipotizzava che fosse dieci o venti ordini di grandezza più piccolo. La comprensione delle interazioni non-gravitazionali è ancora più recente, poiché si basa grandemente sulla combinazione della Meccanica Quantistica con la Relatività Speciale. Il Modello Standard delle Particelle Elementari e delle interazioni non-gravitazionali risale ai primi anni '70, e descrive i fenomeni quantistici microscopici in termini di particelle puntiformi viste quali "quanti" dei campi relativistici.

In complesso, abbiamo raggiunto un ottimo controllo dei fenomeni fisici per una ragguardevole gerarchia di scale di distanza, variabile fra  $10^{(-16)}$  e  $10^{(28)}$  cm, cioè fra la scala delle interazioni deboli e quella delle più remote quasars. Ciononostante, l'invarianza di gauge, principio guida per la comprensione del Modello Standard, non basta per fissarne un certo numero di parametri, e soprattutto, la gravità non si adatta bene a tale schema.

La teoria di corda o di stringa, una eredità essenziale del secolo scorso, consta di uno schema concettuale per le leggi della natura che è in grado di produrre una vera unificazione fra la gravità e le altre interazioni fondamentali. Esso si basa sulla sostituzione delle particelle puntiformi con oggetti estesi uni-dimensionali, corde o stringhe, una specie di rivoluzione Copernicana con sensazionali effetti sulle interazioni gravitazionali.

La supergravità, estensione supersimmetrica della Relatività Generale, costituisce un'altra importante eredità del secolo passato. La supergravità è una teoria di campi locali. Essa esiste in molte diverse varianti a seconda del numero di dimensioni di spazio-tempo in cui è formulata e del numero di generatori di supersimmetria. Inoltre la supergravità, che è stata sviluppata in un arco di circa trent'anni, si basa su una struttura geometrica, collegata alla Teoria delle Stringhe, per le quali costituisce una teoria effettiva di bassa energia.

Il più importante e basilare legame fra superstringhe e supergravità riguarda il gruppo delle trasformazioni di dualità. Le superstringhe sono oggi definite soltanto a livello perturbativo, e all'interno di ciascun modello, soltanto una porzione dello spettro di eccitazioni risulta osservabile. Le eccitazioni mancanti sono in realtà solitoni di stringa, membrane generalizzate o p-brane, che si possono facilmente identificare con certe soluzioni classiche della supergravità di bassa energia. In altri modelli di superstringa i solitoni sono scambiati con modi perturbativi di stringa, e viceversa. È interessante che i gruppi di queste trasformazioni di dualità sono chiaramente visibili nella supergravità di bassa energia, ove giocano il ruolo di gruppi di isometrie per le varietà degli scalari in questione. La cosa che le superstringhe aggiungono a questo quadro è un importante ingrediente 'quantistico', cioè la quantizzazione alla Dirac per i parametri di gruppo. Una speciale classe di p-brane dette D-brane, rendono possibile una descrizione microscopica relativamente semplice, quali ipersuperfici su cui terminano le estremità delle stringhe aperte. Lo stato dell'arte può essere presentato nel modo seguente:

1. I cinque diversi modelli di superstringhe in dieci dimensioni lasciano il campo ad una sottostante unica M-teoria, della quale costituiscono descrizioni perturbative in distinte regioni di uno spazio dei parametri (moduli) connesso.
2. Le eccitazioni fondamentali della Teoria di Stringa non sono soltanto oggetti uni-dimensionali (le stringhe che hanno dato il nome a tutto quanto lo schema), ma anche altri oggetti, membrane generalizzate (p-brane) di varia dimensione. Tutte queste p-brane, incluse le stringhe, sono in mutua relazione in un modo che generalizza il legame fra particelle con cariche elettriche e magnetiche

nella elettrodinamica ordinaria.

3. Certe soluzioni classiche della Relatività Generale o della Supergravità possono acquistare una descrizione microscopica in termini di un grande numero di eccitazioni di tipo D-brane, e ciò finalmente fornisce almeno in alcuni casi una interpretazione statistica per la termodinamica dei buchi neri.

4. La geometria classica associata alle D-brane codifica alcune importanti proprietà non-perturbative relative alle teorie di gauge, che si definiscono sui loro volumi di mondo. Questo si può vedere come manifestazione di una ulteriore forma di dualità che lega stringhe aperte e chiuse, ed ha aperto la via all'utilizzo della supergravità classica quale strumento di calcolo nelle teorie di gauge quantistiche delle interazioni fondamentali non gravitazionali. Il prototipo originale di questa corrispondenza fra teorie di gauge e teorie di gravità collegava un certo tipo di teoria di gauge supersimmetrica, la cosiddetta teoria di Yang-Mills  $N=4$ , alla supergravità di tipo IIB, ma molte generalizzazioni di tale corrispondenza 'olografica' sono poi apparse.

Negli ultimi anni hanno avuto luogo un certo numero di importanti nuovi sviluppi, che ancora una volta hanno avuto origine da una attenta combinazione dei punti di vista macroscopico (o di supergravità) e microscopico (o di stringa). Alcuni dei più significativi sono i seguenti:

1. Un importante sviluppo riguarda il problema del fissare i moduli, cioè la generazione di potenziali per i campi scalari che parametrizzano le deformazioni della geometria dello spazio di compatificazione. Il nuovo ingrediente va sotto il nome di "compatificazione con flussi". Questi ultimi sono i valori di aspettazione nel vuoto degli integrali di p-forme su cicli di omologia dello spazio compatto.

2. Un secondo sviluppo, riguarda una migliore comprensione della supergravità 'gauged' e del potenziale dei campi scalari. Uno studio sistematico svolto negli anni ha mostrato che tutti i "gaugings" sono codificati in una "matrice di immersione" che descrive l'immersione dell'algebra di gauge nell'algebra di dualità. Ora incomincia a risultare evidente come i flussi delle p-forme determinino la matrice di immersione.

3. Un terzo sviluppo è legato alla costruzione di realizzazioni del Modello Standard mediante "orientifolds" o D-brane. Si ottengono così scenari sorprendentemente semplici, ma si devono ancora confrontare con un gran numero di difficoltà legate al problema della rottura della supersimmetria.

4. Lo studio di backgrounds di stringa dipendenti dal tempo presenta difficoltà tecniche e concettuali. La supergravità fornisce tuttavia uno schema adatto ad affrontare vari problemi chiave, legati alla singolarità iniziale, che riflettono la natura dei gruppi di dualità. L'evoluzione temporale dei fattori di scala può costituire una base dinamica per spiegare le dimensioni ulteriori, che potrebbero essere non compatte ma a noi occultate dall'evoluzione cosmica dei campi-moduli. I risultanti bigliardi cosmici potrebbero modificare sostanzialmente la nostra visione sulla singolarità iniziale.

5. Vi è nuova attenzione per un problema antico, il comportamento della Teoria di Stringa ad alte energie ed il ruolo delle sue eccitazioni massive. Le Teorie di Stringa sono ad alta energia una qualche teoria di gauge per campi di spin superiore spontaneamente rotta, ma tale schema non è mai stato esplicitamente realizzato. Ora si inizia ad acquisire familiarità con tali sistemi, che sembrano richiedere la presenza di backgrounds curvi, mentre la corrispondenza gauge/gravità li collega a teorie debolmente accoppiate.

## Criteri di verificabilità

I criteri di valutazione e verificabilità sono quelli usuali per la Fisica Teorica a livello internazionale e cioè:

a) La valutazione dei risultati ottenuti da parte della comunità internazionale attraverso il giudizio dei referee sui lavori sottoposti per pubblicazione alle riviste internazionali.

b) L'impatto dei risultati ottenuti sul generale progresso del campo, valutabili attraverso il numero e la qualità delle citazioni come si evince dagli standard elettronici ArXiv in particolare

<http://www-spires.fnal.gov/spires/hep/>

c) La ricezione dei risultati ottenuti da parte della comunità internazionale come si evince dalla partecipazione a Conferenze e Scuole internazionali dei membri del presente progetto, il successo nel reclutamento di giovani brillanti da parte delle unità di ricerca coinvolte.

d) La "performance" dei giovani dottorandi e post-doc associati al progetto nel mercato internazionale del lavoro scientifico.

## Elenco delle Unità di Ricerca

**Sede dell'Unità** Università degli Studi di TORINO

**Responsabile Scientifico** Pietro Giuseppe FRE'

**Finanziamento assegnato** Euro 34.500

## Compito dell'Unità

1) Continuazione e completamento del programma 'bigliardi cosmici lisci'. Ciò consiste nell'esplorare la struttura algebrica del gruppo di dualità in  $D=3,2,1$  e per ogni numero  $N$  di cariche di supersimmetria, identificare le opportune sottoalgebre rilevanti per il fenomeno dei bigliardi e applicare la tecnica dei campi compensatori ai fini di generare configurazioni di "background" non banali di campi dipendenti dal tempo. Lo scopo è quello di classificare e organizzare tali configurazioni di "background" in orbite di Weyl, esplorare le loro proprietà fisiche e metterle in relazione con la fisica di D ed S D-brane.

2) Estensione del progetto dei 'bigliardi cosmici' alle supergravità "gauged". Questo implica lo stabilire un contatto con il contesto

delle compatteficazioni con flussi e si prefigge anche uno studio piu' generale dei potenziali della supergravita' che potrebbe avere rilevanza per gli scenari cosmologici.

3) Riguardo alla corrispondenza AdS/CFT e basandosi su un gran numero di risultati ottenuti negli anni '90 in collaborazione con l'unita' di Milano Bicocca, relativi alla teoria conforme in  $D=3$  derivante dalle brane M2, il cui spazio trasverso e' un cono basato su una varieta' Sasakiana, intendiamo esplorare il limite di Penrose di tali geometrie classiche in  $D=11$ .

4) Basandosi sul formalismo dei vettori di bordo per le compatteficazioni fermionizzabili della teoria delle superstringhe IIB, sviluppata nei tardi anni '80 dal coordinatore locale in collaborazione con Sergio Ferrara, intendiamo esplorare configurazioni di D-brane ed orientifold models per superstringhe con  $N=3$ ,  $N=5$  ed  $N=6$  ed altri numeri non convenzionali di cariche di supersimmetria. Cio' ha lo scopo di escogitare una interpretazione microscopica per i bigliardi cosmici.

5) Negli anni '80 il coordinatore locale scopri', insieme al prof. R. D'Auria (coordinatore dell'unita' di ricerca del Politecnico), un insieme di due superalgebre di Lie non-semisemplici che permettono la trivializzazione dell'Algebra Differenziale Libera, su cui si basa la supergravita' in 11 dimensioni (teoria M), pure introdotta dagli stessi autori. Il gauging di queste algebre e la relazione tra le algebre differenziali libere e le compatteficazioni della M teoria sono un altro campo di indagine cui lavorera' questa unita'.

6) Ricerca di una corretta formulazione dei modelli di orbifold su superfici di Riemann di genere superiore. Questo e' un progetto particolarmente importante poiche' la piu' parte delle correzioni quantistiche a quantita' fisiche rilevanti, quali le masse dei gaugini e gli accoppiamenti di Yukawa, in modelli di orientifold con supersimmetria rotta, si prevede che siano dovute alle superfici di genere maggiore di uno. Inoltre, il calcolo esplicito delle ampiezze di vuoto a genere superiore e' necessario per confermare o scartare recenti modelli in cui i contributi alla costante cosmologica di vuoti non supersimmetrici sono esponenzialmente sfavorevoli a un loop e si suppone che siano piccole a loop superiori. Infine, non e' chiaro, al momento, se superfici di genere superiore ad uno possano apportare nuovi vincoli alla costruzione di modelli di orientifold.

7) Estensione ed ampliamento dell'analisi di modelli ad orientifold che conducono a vuoti semi-realistici. Se la teoria delle superstringhe deve portare ad una descrizione consistente di tutte le interazioni fondamentali e della materia, ci si aspetta che esistano configurazioni di vuoto con uno spettro a massa nulla simile a quello del Modello Standard.

8) Stabilita' di modelli di stringa non supersimmetrica e ridefinizioni del vuoto. Come detto altrove, qualsiasi tentativo di rottura della supersimmetria tipicamente induce una energia di vuoto non nulla.

---

<b>Sede dell'Unita'</b>	Università degli Studi di MILANO
<b>Responsabile Scientifico</b>	Daniela ZANON
<b>Finanziamento assegnato</b>	Euro 45.000

## **Compito dell'Unita'**

### **DUALITA' IN TEORIE DI GAUGE E STRINGHE**

Il fatto che teorie di stringa siano duali a teorie di campo si realizza in modo preciso negli esempi forniti dalla corrispondenza AdS/CFT. Si tratta di una dualita' forte/debole e quindi la sua verificabilita' e' legata all'esistenza di teoremi di non rinormalizzazione.

-----  
Obiettivi della ricerca:

-Studio di quantita' non protette, quali le dimensioni anomale di operatori corrispondenti a stati legati di supergravita' e a stati di stringa con tecniche di superspazio  $N=1$ .

-Calcolo dello spettro connesso a gradi di liberta' massivi di stringa tramite la corrispondenza AdS/CFT.

### **AMPIEZZE PER TEORIE DI GAUGE**

Recentemente c'e' stato un interesse rinnovato nel cercare di capire ampiezze di scattering a livello albero e ad un loop per teorie di Yang-Mills, interesse stimolato da una proposta di dualita' per accoppiamento debole/debole tra teorie di gauge di Yang-Mills  $N=4$  ed il modello B di stringa topologica aperta.

-----  
Obiettivi della ricerca:

-Analisi delle ampiezze di scattering ad albero utilizzando tecniche di superspazio  $N=1$ .

-Calcolo della funzione a quattro punti a due loops per la teoria di Yang-Mills  $N=1$ .

### **SUPERPOTENZIALI EFFETTIVI ESATTI E TEORIE NON(ANTI)COMMUTATIVE:**

Ci sono stati avanzamenti significativi nella comprensione di superpotenziali effettivi per teorie di gauge  $N=1$ , in particolare per quelle teorie  $N=1$  ottenute da teorie  $N=2$  aggiungendo un superpotenziale gauge invariante per alcuni dei supercampi  $N=1$  in modo da ottenere la rottura di una supersimmetria.

-----  
Obiettivi della ricerca:

-Calcolo di superpotenziali effettivi per teorie di gauge accoppiate alla materia.

-Calcolo perturbativo di correzioni non planari al superpotenziale effettivo per teorie di gauge non(anti)commutative.

### **MICROSTATI DI BUCHI NERI:**

Molti problemi cruciali in gravita' quantistica sono associati a spazitempi che abbiano orizzonti di un evento, singolarita' o curve chiuse tipo tempo. Ci si aspetta che la soluzione di tali problemi sia di aiuto nella costruzione di una teoria quantistica della

gravita'.

-----  
Obiettivi della ricerca:

- Identificazione di microstati di buco nero in teoria di gravita' per una classe di buchi neri non necessariamente collegati al sistema D1-D5.
- Estensione al caso non supersimmetrico, ad esempio per il buco nero BTZ. In questo caso infatti molte quantita' possono essere calcolate ed identificate in modo esplicito.

**CLASSIFICAZIONI DI SOLUZIONI DI SUPERGRAVITA':**

Soluzioni supersimmetriche di teorie di supergravita' hanno svolto e continuano a svolgere un ruolo importante nello sviluppo della teoria di stringa.

-----  
Obiettivi della ricerca:

- Estensione della classificazione al caso di teorie di supergravita' gauged con accoppiamenti di materia (Questo e' ad esempio rilevante per la corrispondenza AdS/CFT)
- Analisi della relazione tra vuoti BPS di supergravita' e sistemi integrabili in dimensioni piu' basse.

**SETTORI  $\frac{1}{2}$  BPS di AdS/CFT**

La corrispondenza AdS/CFT e' una dualita' tra teorie di stringa su spazi di anti-de-Sitter e alcune teorie superconformi: essa apre la possibilita' di studiare la struttura non perturbativa di queste teorie di campo utilizzando soluzioni di supergravita'. Un settore particolare della teoria sul quale si ha un controllo molto buono e' il settore  $\frac{1}{2}$  BPS.

-----  
Obiettivi della ricerca:

- Analisi del settore BPS per il sistema D1-D5 e M-teoria.
- Estensione dei risultati sulla protezione cronologica ottenuta per AdS<sub>5</sub> ai casi sopra menzionati.

---

**Sede dell'Unità**

Scuola Normale Superiore di PISA

**Responsabile Scientifico**

Augusto SAGNOTTI

**Finanziamento assegnato**

Euro 78.000

## **Compito dell'Unità**

1. Studio delle proprieta' strutturali e di bassa energia di modelli con stringhe aperte. Analisi dettagliata del problema dei "tadpoles" introdotti dalla rottura della supersimmetria, in particolare in presenza del fenomeno di "brane supersymmetry breaking". Studio della stabilizzazione delle configurazioni di vuoto grazie alla presenza di flussi magnetici o di altra natura. Studio di alcuni aspetti fenomenologici di questi modelli, e in particolare dell'evoluzione delle costanti di accoppiamento (gauge e Yukawa) in modelli di brane worlds.

2. Studio della corrispondenza AdS/CFT e delle sue generalizzazioni. In particolare, studio delle proprieta' delle funzioni di correlazione, anche di operatori non protetti, esplorando al contempo sistemi con supersimmetria ridotta. Studio del ruolo della simmetria di spin elevato nell'interno di AdS nell'organizzare i possibili schemi di rottura della stessa nella Teoria delle Stringhe. Studio della relazione con l'integrabilita' dell'Hamiltoniano della super spin chain. Confronto tra il calcolo della dimensione anomala di operatori composti in teorie di gauge supersimmetriche e il calcolo corrispondente in Teoria di Campo di stringhe.

3. Studio delle proprieta' di istantoni in teorie supersimmetriche, anche in relazione a sistemi di brane. Sviluppo di tecniche multi-istantoniche per la valutazione dei contributi non perturbativi generati da correlatori chirali in teorie con diversi numeri di cariche supersimmetriche.

4. Studio delle proprieta' strutturali dei campi di gauge di spin arbitrario e delle loro interazioni. Studio dettagliato della formulazione geometrica delle teorie interagenti di spin elevato, sia "on-shell" che "off-shell". Studio delle relazioni con la teoria dei campi di stringa.

5. Studio di soluzioni dipendenti dal tempo in teoria di stringa, con particolare attenzione alla loro possibile rilevanza cosmologica.

6. Studio della propagazione della stringa in spazi con curve temporali chiuse, che pertanto sono apparentemente patologici.

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di MILANO-BICOCCA
<b>Responsabile Scientifico</b>	Luciano GIRARDELLO
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 41.250

### **Compito dell'Unità**

#### **CORRISPONDENZA AdS/CFT:**

*In quest'ambito, l'unità affronterà i seguenti problemi*

-- un'interessante classe di teorie di gauge si ottiene considerando brane a singolarità coniche. La recente scoperta di nuove metriche per Calabi-Yau con singolarità coniche ha fornito una notevole quantità di nuovi modelli per la corrispondenza AdS/CFT, che abbiamo in programma di studiare in dettaglio [1].

-- la ricerca di soluzioni di supergravità per la corrispondenza è strettamente legata alla comprensione di soluzioni (e compatteificazioni) supersimmetriche con flussi. La comprensione della geometria associata è di fondamentale importanza sia per la corrispondenza AdS/CFT che per lo studio dei vuoti di stringa.

-- si vogliono utilizzare le semplificazioni permesse dall'uso del superspazio armonico  $N=2$  per il calcolo di dimensioni anomale nel limite di onda piana della corrispondenza (settore BMN).

#### **TEORIE NON (ANTI)COMMUTATIVE**

*In questo ambito i compiti saranno:*

-- abbiamo in programma di fornire una dimostrazione della rinormalizzabilità indipendente dal gauge e di capire la connessione tra rottura di supersimmetria e supergauge invarianza usando una formulazione di queste teorie nel superspazio recentemente introdotta da questo gruppo.

-- vogliamo studiare teorie di "quiver" con un particolare contenuto di campi per capire la relazione con alcuni risultati ottenuti recentemente dalla teoria di stringa con flussi di Ramond-Ramond.

-- vogliamo fornire una dimostrazione della congettura su teoria di stringa e modelli di matrici nel limite non planare usando le teorie supersimmetriche NAC.

#### **VUOTI E COMPATTIFICAZIONI CON FLUSSI**

*In quest'ambito, intendiamo occuparci degli aspetti legati a:*

-- utilizzo di modelli ispirati dalla stringa per applicazioni alla cosmologia e alle dimensioni-extra.

-- studio dei legami tra la geometria delle compatteificazioni e le stringhe topologiche.

-- applicazioni delle soluzioni con flussi alla corrispondenza AdS/CFT.

#### **TWISTORS**

*Per questo aspetto, i compiti saranno:*

-- l'uso delle potenti tecniche di superspazio per il calcolo di ampiezze di scattering a ordini in loop più alti

-- relazioni di ricorrenza tra diverse ampiezze come conseguenza della supersimmetria

-- calcolo di ampiezze di scattering per teorie di gauge con meno supersimmetria.

---

<b>Sede dell'Unità</b>	Politecnico di TORINO
<b>Responsabile Scientifico</b>	Riccardo D'AURIA
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 41.250

### **Compito dell'Unità**

1) La costruzione di nuovi vuoti della teoria di supercorda corrispondenti a compatteificazioni in presenza di flussi e torsione interni.

2) La costruzione di nuove formulazioni della supergravità in  $D=4$  e  $D=5$  che descrivano l'accoppiamento del settore gravitazionale con tensori antisimmetrici.

3) Lo studio di nuove soluzioni cosmologiche in supergravità attraverso l'ossidazione di soluzioni in  $D<3$  e nella teoria massimale in  $D=3$  di tipo "gauged".

4) Creazione di un sito WEB per la Supergravità.

Per quanto riguarda il primo punto, verrà applicato l'approccio della supergravità "gauged": dalla particolare compatteificazione della teoria delle supercorde in esame verranno dedotte le proprietà di simmetria locale del modello di supergravità che descrive la dinamica delle basse energie delle corde intorno alla soluzione scelta. L'obiettivo principale sarà quello di definire opportune condizioni sulle quantità interne alla varietà compatta come i flussi e la torsione, che definiscono le simmetrie locali della teoria delle basse energie, affinché il corrispondente modello di supergravità ammetta vuoti di stringa con proprietà interessanti come per esempio rottura spontanea di supersimmetria a diverse scale oppure una costante cosmologica non-negativa.

Riguardo il secondo punto, vi sono stati recentemente importanti sviluppi nello studio di nuove formulazioni della supergravità in  $D=4$  e  $D=5$  che includono tensori antisimmetrici tra i campi. In particolare il gruppo del Politecnico di Torino ha dato importanti contributi su questo fronte attraverso diverse collaborazioni. Queste nuove teorie richiedono inoltre l'impiego di nuove e più ricche strutture matematiche.

Il terzo obiettivo sarà perseguito partendo dall'estensione di risultati ottenuti nell'anno passato nell'ambito di una collaborazione tra il Politecnico di Torino e l'Università di Torino. Questi risultati consistono nella definizione di un metodo per generare soluzioni cosmologiche nella teoria di supergravità massimale in  $D=3$  facendo uso del gruppo di dualità  $E_8$ . Questa tecnica ha fornito un nuovo approccio allo studio del fenomeno del biliardo cosmologico. Una prima parte della nostra analisi consisterà nell'estendere questo metodo a modelli  $D=3$  "gauged". In parallelo vorremmo continuare lo studio di soluzioni cosmologiche in  $D=2$  e  $D=1$ . Questo richiederà una più profonda comprensione e l'utilizzo delle infinite simmetrie globali disponibili queste dimensioni.

Infine per quanto riguarda il quarto punto l'obiettivo che ci prefiggiamo si può riassumere nel seguente modo.

Come sottolineato nell'introduzione, la supergravità, quale teoria di gauge associata alla supersimmetria ed approssimazione di bassa energia delle teorie di corda, riveste oggi un ruolo di assoluto primo piano. Infatti, essa entra necessariamente in gioco come base concettuale e computazionale della teoria  $M$ , nonché ogni volta che si cerchi di tradurre un dato problema formulato in termini di  $D$ -brane e corde per la descrizione quantistica della gravità, con la fisica utilizzata per le teorie di campo effettive delle particelle elementari, la fenomenologia oltre il modello standard o la cosmologia.

Questo sito vuole essere un punto di riferimento per il gran numero di ricercatori in tutto il mondo che, pur non essendosi formati nei tempi e luoghi più appropriati per entrare in contatto con il formalismo della supergravità, si trovano oggi a doversi muovere in suo stretto contatto e a giungere rapidamente ad un livello operativo e di calcolo.

---