

# CURRICULUM VITÆ ET STUDIORUM

di  
**Leonardo Angelini**

Il sottoscritto è nato il 21.4.1949.

Ha conseguito il diploma di laurea in Fisica il 22.3.1973 con voto 110/110 e lode.

Ha goduto di una borsa di studio del Ministero della Pubblica Istruzione dal 1.1.1974 al 21.12.1976 (nel periodo maggio 1975 - giugno 1976 ha prestato servizio di leva).

Successivamente a questa data è stato Assistente incaricato fino al 28.11.1981, data da cui decorre l'inquadramento nel ruolo organico dei Ricercatori Universitari in qualità di Ricercatore Confermato.

A partire dal 27.12.2002 è Professore Associato di Fisica Teorica presso l'Università di Bari.

# CURRICULUM DELL'ATTIVITÀ SCIENTIFICA

svolta da  
**Leonardo Angelini**

## ATTIVITÀ DI RICERCA

Il sottoscritto si è laureato in Fisica, presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Bari, il 22.3.1973 discutendo la tesi Sulle Approssimanti di Padè in Teoria Quantistica dei Campi, relatori i prof. L. Nitti e M. Villani, e riportando 110 su 110 e lode. Le attività di ricerca di cui il sottoscritto si è occupato si possono dividere nelle seguenti linee (fra parentesi quadre il riferimento alla lista delle pubblicazioni):

### **METODI DI APPROSSIMAZIONE IN MECCANICA QUANTISTICA E TEORIA DEI CAMPI.**

Nel corso del lavoro di tesi e nei primi anni dopo la laurea l'attività di ricerca ha riguardato principalmente l'applicazione del metodo delle Approssimanti di Padè alla serie perturbativa in Teoria Quantistica dei Campi. In particolare nella tesi di laurea è stata esaminata la Lagrangiana V-A per le interazioni deboli, per quanto riguarda lo studio di approssimazioni alla somma di una serie a termini divergenti.

In questa attività si colloca una pubblicazione [1], in cui si propone una nuova procedura per il calcolo dell'ampiezza elastica di scattering ad alte energie nell'ambito di modelli rinormalizzabili in teoria quantistica dei campi. La procedura si basa su una generalizzazione delle approssimanti di Padè per mezzo di equazioni differenziali ordinarie nel parametro di sviluppo (che ha dato soddisfacenti risultati in meccanica statistica nel calcolo degli esponenti critici) e su una estensione delle approssimanti di Padè a serie di potenze del tipo  $\phi = \sum \phi_j z^j$  dove i  $\phi_j$  sono elementi di uno spazio vettoriale. Tale procedura è stata applicata nell'ambito del modello  $\lambda\phi^4$  per calcolare la sezione d'urto totale, il rapporto tra la parte reale e la parte immaginaria dell'ampiezza elastica di diffusione e la sezione d'urto differenziale elastica. I risultati mostrano alcune generali peculiarità delle collisioni adroniche ad alta energia.

Più recentemente [17] è stato proposto un approccio alternativo ai calcoli su reticolo basato sul metodo dei momenti. In questo approccio invece di considerare un reticolo di definito (possibilmente grande) numero di siti, si considera una sequenza di reticoli a partire da quello con il minor numero di siti possibili. Il metodo fa uso degli aspetti variazionali del metodo dei momenti. I risultati ottenuti nel caso della meccanica quantistica ordinaria (o teoria di campo in una dimensione) sono notevoli in quanto, facendo uso di reticoli con solo tre siti, si hanno delle ottime approssimazioni per sistemi con grande lunghezza di correlazione. Anche se il metodo è stato applicato alla meccanica quantistica ordinaria esso contiene degli aspetti formali che sono del tutto generali e non legati al particolare contesto.

### **STUDIO DEI MODELLI BILOCALI DEGLI ADRONI.**

Per un breve periodo il sottoscritto ha dedicato parte della propria attività di ricerca ai modelli bilocali degli adroni. In un articolo pubblicato [12] viene proposto un modello a quark originale, che soddisfa i requisiti di confinamento dei quark, di spettro di massa degli adroni definito positivo e in ottimo accordo con quello sperimentale, di stabilità dello spettro.

### **CALCOLO DI PROCESSI ANELASTICI A GRANDI ENERGIE.**

Nell'ambito degli studi sui modelli bilocali è nato l'interesse per il modello elaborato dal prof. G. Preparata, noto come Quark Geometrodinamica (QGD), motivato, in particolare, dalle sue potenzialità applicative per il calcolo di processi anelastici a grandi energie.

In questo modello si cerca di dare una descrizione del mondo adronico supponendo i quark confinati in domini spazio-temporali. Imponendo, quindi, a priori il confinamento si riesce a costruire dei set di funzioni d'onda adatte a descrivere le particelle adroniche. Queste funzioni d'onda hanno la peculiarità di rappresentare dei quark confinati negli adroni, ma che nel contempo, nel limite di grandi impulsi trasferiti, si comportano come oggetti liberi (Libertà Asintotica). Da queste funzioni d'onda, tramite integrali di overlap, è possibile calcolare processi di diffusione e di decadimento. Contrariamente ad altri modelli, non vi è bisogno quindi di introdurre nei calcoli dati di origine sperimentale, tipo Funzioni di Struttura.

Altra ipotesi del modello è che le caratteristiche di Universalità delle interazioni adroniche ad alta energia provengano dalla formazione e dal successivo decadimento di stati legati fra quark fortemente eccitati: le Fire Strings (FS). Anche se il numero e la cinematica di questi stati eccitati dipendono dal processo in esame, il meccanismo di adronizzazione in particelle stabili ne è indipendente e gli stati finali conservano quindi caratteristiche comuni.

Come si evince dall'elenco delle pubblicazioni, il modello è stato applicato a vari processi anelastici: urto elettrone-positrone, protone-protone, protone-antiprotone, fotone-fotone e leptone-adrone a varie energie. Risultati preliminari, non pubblicati, sono stati ottenuti per l'urto mesone-protone.

Per ciascuno di questi processi gli eventi vengono generati mediante tecniche Montecarlo, utilizzando ampiezze di probabilità calcolate nell'ambito della QGD. Programmi generatori di eventi [11,24] sono stati installati nelle Library dei calcolatori di importanti laboratori internazionali (CERN-Ginevra, SLAC-Stanford, DESY-Amburgo). In generale il confronto con i risultati sperimentali è più che soddisfacente e i programmi sono stati utilizzati dai gruppi di ricerca sperimentali per la simulazione di eventi da confrontare con i loro risultati. Una presentazione del generatore (W5034 della Cern Library) può anche essere trovata all'interno del lavoro di review curato da T. Sjostrand nel III volume di *Z Physics at LEP I*, editori G. Altarelli, R. Kleiss e C. Verzegnassi, CERN 89-08.

In particolare per quanto riguarda l'annichilazione elettrone-positrone un dettagliato lavoro di rassegna [9] ha mostrato la capacità del modello di descrivere nel dettaglio i risultati sperimentali. Anche se il sottoscritto non si è più dedicato a questa linea di ricerca, il lavoro in questo campo è stato continuato dal gruppo del prof. G. Preparata a Milano, mostrando, con piccole modifiche che non inficiano i risultati a più basse energie, risultati in buon accordo con i dati provenienti dai nuovi esperimenti al LEP.

Per quanto riguarda la diffusione protone-protone (e protone-antiprotone) l'applicazione del modello si basa sul calcolo delle ampiezze di dissociazione di ciascuno degli protoni iniziali in un barione eccitato (da cui emerge in genere un barione leading nello stato finale) e in una coppia quark-antiquark. Alla formazione di due FS da parte di questi quark e al loro decadimento successivo viene attribuita la produzione delle particelle nello stato finale.

Dopo una descrizione, con buon riscontro sperimentale, della parte preponderante della sezione d'urto anelastica (fisica dei bassi impulsi trasversi) [4], l'attività di ricerca si è concentrata sul fare emergere la complessità e la concorrenza di vari processi: eventi diffrattivi, diffusione a grande energia trasversa, processi di diffusione multipla. L'approccio seguito ha trovato una prima importante verifica riuscendo a spiegare [10] i risultati che emergono dall'urto protone-protone quando si analizzano gli eventi dotati di grande energia trasversa e composti di un grande numero di particelle. In un altro lavoro [19] si mostra anche come, calcolando le ampiezze per la diffusione tra i quark prima della formazione delle FS, si possano spiegare le grandi code nelle distribuzioni inclusive in impulso trasverso. Ne risulta che il modello è in grado di riprodurre in maniera eccellente queste distribuzioni su 12 ordini di grandezza alle energie degli ISR.

In un successivo lavoro [23] è stata dedicata particolare attenzione al calcolo delle varie componenti della sezione d'urto anelastica. Questo calcolo ha consentito di riprodurre la crescita della sezione d'urto da 20 GeV a 1 TeV e le modifiche che subiscono le distribuzioni di alcune variabili come molteplicità o

rapidità al crescere dell'energia in questo intervallo. L'estrapolazione del modello alle altissime energie oggi disponibili fornisce una base di partenza per tentare di riprodurre alcune caratteristiche peculiari di queste energie, come, ad esempio, la formazione di jet.

Per quanto riguarda la diffusione profondamente anelastica leptone-adrone, sono stati scritti due lavori [18,22] in cui le previsioni del modello sono state sistematicamente confrontate con una grande mole di dati sperimentali. Da questa analisi emerge una conferma della validità del modello e nello stesso tempo vengono individuati alcuni punti in cui il modello è suscettibile di miglioramenti.

Il modello si è mostrato utile per analizzare la fisica dei quark di grande massa. Una lettera [13] sui decadimenti semileptonici dei mesoni B è apparsa su Physics Letters B, mentre in un altro lavoro [16] vengono calcolati alcuni decadimenti inclusivi dei mesoni D. I calcoli vengono effettuati sulla base delle funzioni d'onda della QGD e di un modello a quark spettatore del decadimento. Fra gli altri risultati va ricordato la stima del rapporto  $|\frac{V_{bu}}{V_{bc}}|$  tra gli elementi della matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa collegati ai processi di decadimento del quark b, e il calcolo di un limite inferiore per la massa del quark t [14].

Per quanto riguarda l'applicazione della QGD ai processi anelastici a grande energia, si può in generale affermare la validità di questo approccio che, certamente, è fenomenologico, ma, nello stesso tempo, è in grado di fornire una interpretazione unitaria della frammentazione adronica in processi di diffusione molto diversi.

L'impegno del sottoscritto su queste tematiche é durato all'incirca un decennio ed ha riguardato i calcoli analitici delle ampiezze, la ricerca di algoritmi matematici per il calcolo numerico, l'applicazione del metodo Monte Carlo e lo sviluppo dei programmi generatori di eventi. Il sottoscritto ha presentato i risultati di questa attività di ricerca, oltre in seminari interni al Dipartimento di Bari, anche in un affollatissimo seminario ai laboratori di Desy (Amburgo) e ad Erice, a Trieste, a Milano e a Perugia in occasione di Convegni Internazionali di Fisica delle Alte Energie. Per alcuni dei lavori é stato estensore degli articoli e autore corrispondente degli stessi.

## **TRANSIZIONI DI FASE IN MECCANICA STATISTICA.**

Questo tema di ricerca si ricollega in parte al primo tema qui descritto, sia dal punto di vista dei metodi matematici, che dal punto di vista del rapporto tra modelli in Meccanica Statistica e modelli in Teoria dei Campi. Utilizzando il metodo variazionale di Raleigh-Ritz applicato alla matrice di Transfer, è stato elaborato un procedimento che consente di analizzare le proprietà al punto critico di modelli statistici non solubili esattamente. Le funzioni di prova del metodo variazionale danno luogo a distribuzioni di probabilità per gli spin del reticolo, mentre la relazione di massimo, rispetto ai parametri variazionali, del rapporto

di Raleigh-Ritz, che è legato all'energia libera del sistema, viene sostituita con opportune condizioni di autoconsistenza. Queste condizioni sono relative alla lunghezza di correlazione, e, grazie al ruolo fondamentale giocato da questa grandezza intorno al punto critico, il metodo riesce a descrivere con grande dettaglio i fenomeni di transizione di fase, mentre il metodo variazionale standard non mostra la presenza delle divergenze caratteristiche.

Il metodo è stato applicato [25] a un film di Ising ferromagnetico a due strati con interazione tra primi vicini consentendo di ottenere la curva critica, la lunghezza di correlazione al di sopra della temperatura critica e l'esponente critico relativo. I risultati sono sotto controllo da un punto di vista analitico, mentre sono in accordo con quelli ottenuti, per pochi valori degli accoppiamenti, da altri autori mediante sviluppi in serie o metodi Monte Carlo. In un successivo lavoro [27] l'analisi di questo modello è stata ulteriormente approfondita, introducendo una variante del suddetto metodo basata su un criterio di autoconsistenza dell'approssimazione. Questo ha permesso uno studio dettagliato del comportamento della curva critica nei limiti di accoppiamento debole e forte tra i due strati di spin.

Più recentemente [28] lo studio dello stesso modello tramite un ansatz a tre parametri ha messo in luce un interessante fenomeno di rottura della simmetria. Anche se si considerano accoppiamenti uguali per gli spin sui due piani, il comportamento critico sembra originare dal fatto che su un singolo piano si sviluppano forti correlazioni, mentre l'altro piano agisce essenzialmente da spettatore. Si comprende anche in questo modo come un sistema tridimensionale, quale quello considerato, possa appartenere alla stessa classe di universalità del modello di Ising a due dimensioni.

In un altro lavoro [26] è stato esaminato il modello di Ising in due dimensioni con interazione tra primi e secondi vicini. Sono stati ottenuti alcuni risultati nuovi sia con calcoli analitici che numerici. Tra i primi meritano di essere citati un'espressione analitica per la curva critica, il valore 1 per l'esponente critico  $\nu$ , l'andamento della funzione di correlazione alla transizione di fase tra regione Ferromagnetica e SuperAntiFerromagnetica. Per quanto riguarda i risultati numerici viene esposta una procedura che permette di migliorare in maniera sistematica i risultati ottenuti.

Questo metodo è stato utilizzato anche per lo studio delle proprietà del modello di Potts, che costituisce la generalizzazione al caso di spin a  $q$  stati ( $q$  intero qualsiasi) del modello di Ising. Nel caso del modello di Potts, l'applicazione del metodo non è stata banale neanche nel caso di  $q = 3, 4$  in cui si ha una transizione di fase del II ordine. L'applicazione ingenua del metodo non riesce a dare risultati di qualità superiore a quelli già ottenuti con altri metodi. In particolare non risulta possibile ottenere gli esponenti critici frazionari che sono tipici del modello, anche se è possibile costruire una sequenza di approssimazioni all'andamento della lunghezza di correlazione in funzione della temperatura che mostra le proprietà critiche, temperatura ed esponente, oggetto di congetture o calcolate

con altri metodi. Alcuni risultati nel caso  $q > 4$ , dove si ha una transizione del I ordine, sono stati descritti in un rapporto interno [34], nel quale è riportato lo studio del modello di Potts nella fase disordinata ( $T > T_t$ ), mediante la trasformazione di Baxter, che conduce al modello del ghiaccio. Tramite il metodo variazionale che abbiamo appena descritto, si è costruita una sequenza di approssimazioni che converge molto rapidamente per alti valori di  $q$ . In particolare si riottiene il valore calcolato da altri autori a  $T = T_t$  per l'energia libera, l'energia interna e il calore latente della transizione.

Successivamente si è tentata una strada che ha dato luogo a dei risultati più interessanti [29] puntando a riprodurre le proprietà di dualità tipiche di questo modello, che collegano i comportamenti a bassa ed alta temperatura, al fine di ottenere una descrizione soddisfacente anche della fase ordinata. La versione del metodo variazionale che è stata proposta consiste, come per gli studi precedenti, nell'esaminare delle strisce di Potts in cui l'interazione con il resto del reticolo viene parametrizzata. La parametrizzazione a bassa temperatura e quella ad alta temperatura soddisfano esattamente le suddette proprietà di dualità. I parametri vengono determinati in modo da ottenere, a fissata temperatura, la migliore descrizione possibile per l'energia libera; dall'energia libera è poi possibile determinare il comportamento dell'energia interna e del calore specifico. Tramite delle strisce di larghezza crescente è possibile costruire delle sequenze di approssimazioni che convergono molto rapidamente. Con l'approccio appena descritto è stato possibile per la prima volta ottenere il comportamento di queste tre grandezze per ogni valore di  $q$  (il numero di stati) e della temperatura. È importante ricordare che, per il modello di Potts, si avevano alcuni risultati esatti solo alla temperatura di transizione, mentre i calcoli approssimati presentati sinora mostravano grande incertezza a causa della natura discontinua della transizione.

In tutta questa attività il sottoscritto ha contribuito allo sviluppo dei calcoli teorici e numerici, suggerendo soluzioni per quanto riguarda il tipo di parametrizzazione da adottare e analizzando i risultati confrontandoli con quelli già presenti in letteratura. Ha anche presentato i risultati al Convegno Nazionale di Meccanica Statistica del 1993 (Bari) e al Convegno Nazionale di Fisica Teorica del 1997 (Como).

## **FENOMENI DI NON EQUILIBRIO IN SISTEMI CAOTICI ESTESI.**

Un tema di ricerca intrapreso recentemente consiste nello studio dell'evoluzione temporale di sistemi caotici estesi. Viene analizzato il fenomeno dell'ordinamento di fase in reticoli di mappe caotiche dotate di due attrattori simmetrici al variare dell'accoppiamento tra le mappe poste su siti primi vicini. Possono essere considerate diverse forme di dinamica. In un lavoro [30] pubblicato su *Physical Review E* viene considerata la dinamica di Kawasaki in cui il parametro d'ordine viene conservato. In questo caso il modello è equivalente a un modello di Ising

con magnetizzazione costante in cui gli accoppiamenti tra gli spins fluttuano sulla stessa scala di tempi dei movimenti sul reticolo. Anche in questo caso si osservano fenomeni di scaling dinamico. È stato calcolato l'esponente relativo alla crescita dei domini su scale di tempi che comportano lo stabilizzarsi della legge di crescita. Tale esponente appare, a differenza del modello di Ising, dipendere dalla temperatura; il comportamento con esponente  $1/3$ , tipico della bulk diffusion si riottiene, su scale di tempi brevi, solo a temperature alte in cui le fluttuazioni termiche predominano sulle fluttuazioni degli accoppiamenti. Tale fenomeno è in realtà dovuto al prolungarsi, a basse temperature, di una fase transitoria in cui la crescita avviene in modo più lento per la presenza di forti irregolarità nelle interfacce tra i domini. Ciò appare particolarmente evidente nel caso di mappe caotiche unidimensionali, mentre le mappe caotiche bidimensionali prolungano per tempi anomali, rispetto a quelli degli altri modelli, la fase transitoria.

Lo studio dei reticoli di mappe caotiche è stato al caso di accoppiamenti diffusivi, che non conservano il parametro d'ordine. In alcuni recenti lavori è stato dimostrato che si ottiene ordinamento di fase solo se l'accoppiamento supera un valore critico. Introducendo del rumore [33] additivo (il comportamento caotico produce di per sé un rumore moltiplicativo) nell'evoluzione delle mappe si nota che il diagramma di fase diventa più complesso e che l'ordinamento si può ottenere anche per accoppiamenti deboli purché il rumore superi un valore di soglia, ma non sia talmente alto da inibire l'ordinamento stesso; l'intervallo dipende dal valore dell'accoppiamento. Ci sono evidenze che fenomeni di ordinamento si possono avere anche nel limite di accoppiamento nullo usando un rumore opportuno. Anche nel caso di accoppiamenti forti, un rumore limitato favorisce l'ordinamento accelerando il processo di crescita dei domini con uguale parametro d'ordine.

In un altro lavoro [37] vengono presentati alcuni risultati sulla dinamica di reticoli di mappe caotiche in presenza di una legge di conservazione. La dinamica non è di tipo Monte Carlo, come quella già studiata in precedenza [30], ma corrisponde alla discretizzazione dell'equazione di Cahn-Hilliard che descrive l'evoluzione di sistemi continui caratterizzati da una legge di conservazione. In questo lavoro viene mostrato come questi sistemi abbiano analogie importanti con sistemi statistici di spin e come la dinamica considerata introduca un accoppiamento effettivo antiferromagnetico che, nel caso di interazione tra primi e secondi vicini, in grado di generare un ordinamento superantiferromagnetico come nel caso del modello di Ising. Inoltre alcune caratteristiche della dinamica, come l'esponente di crescita, viene correlato alla struttura delle funzioni di distribuzione di probabilità asintotiche delle variabili dinamiche. Uno degli obiettivi nello studio di questi sistemi è quello di capire se sia possibile una descrizione di tipo termodinamico, con una drastica riduzione dei gradi di libertà effettivi, legato al comportamento a grande lunghezza d'onda. Questa questione non è banale, basta pensare al fatto che questi modelli non sono reversibili a livello microscopico, non soddisfano il bilancio dettagliato ed evolvono in maniera deterministica. Peraltro va considerato il ruolo che riveste, nell'approccio all'equilibrio di Boltz-



mann, l'ipotesi del caos molecolare. Anche se i risultati del mio studio non sono definitivi e, in ogni caso, sono limitati ad un modello particolare, appare chiaro che vi è un fenomeno di disaccoppiamento tra il caos al livello microscopico e le proprietà a grande distanza, che risultano derivare dalle simmetrie e dalla legge di conservazione. D'altra parte questo studio mostra anche che le analogie con i sistemi statistici di spin, come il modello di Ising, non sono estensibili oltre un certo limite.

In tutta questa attività il sottoscritto ha partecipato con un ruolo determinante suggerendo le direttrici di sviluppo, mettendo a punto le tecniche di simulazione e analizzando i risultati; per quanto riguarda gli articoli che espongono i risultati in questo campo, è stato responsabile della stesura, fungendo da autore corrispondente per le riviste.

## ALGORITMI PER L'ANALISI DEI DATI.

Alcune delle tematiche di ricerca già descritte hanno dato luogo allo sviluppo di algoritmi nel campo dell'analisi dei dati e in particolare al problema della classificazione di masse ingenti di dati (*clustering*). Il *clustering* consiste nel suddividere un insieme di dati in gruppi tali che appartengono allo stesso gruppo elementi che tra di loro sono più *simili*, cioè più vicini in base ad una definizione di distanza nello spazio dei parametri che definiscono gli elementi dell'insieme. Nella pratica spesso il problema viene ridotto a trovare il minimo di una certa funzione costo. È abbastanza naturale che idee e tecniche della Meccanica Statistica siano utili alla soluzione di difficili problemi in Teoria dell'informazione: molti fenomeni naturali sono di fatto dei processi di ottimizzazione e lo sforzo di comprenderli e di analizzarli ha prodotto potenti metodi matematici utilizzabili in altri campi attraverso un'analogia fisica.

In un recente lavoro [34] è stato dimostrato che molti alcuni approcci algoritmici a questo problema sono equivalenti a trovare lo stato fondamentale di un modello di Potts a  $q$  stati dove  $q$  è il numero di gruppi in cui si vuole suddividere il set di dati. È stato inoltre proposto un nuovo Hamiltoniano di interazione tra gli spin, la cui minimizzazione porta a rendere massima una misura di similarità media per le coppie di elementi del set di dati, piuttosto che a renderne minima una misura di distanza media. È stata anche mostrata, nel caso di particolari set di dati in cui gli approcci precedenti danno risposte non adeguate, la particolare efficienza del metodo proposto. Un'altra applicazione di tecniche di *clustering* derivanti dalla Meccanica Statistica è stata dedicata al problema della ricerca di jets nella fisica delle alte energie [37]. Questo problema è stato trasformato in un problema di *clustering* ed è stata utilizzata la tecnica del Deterministic Annealing. Utilizzando misure di distanza tipiche degli algoritmi usati in questi campi, sono stati ottenuti risultati molto interessanti sotto due punti di vista. Da un punto di vista puramente teorico si è dimostrato che molti schemi di calcolo possono essere ascritti ad un meccanismo variazionale. Da un punto di vista

più pratico, anche se la classificazione in jets non mostra differenze sostanziali rispetto alle tecniche già in uso, il tempo di esecuzione dell'algoritmo proposto ha una dipendenza molto più debole dal numero di particelle dell'evento analizzato. Questa cosa è di estrema importanza per gli eventi che saranno prodotti negli acceleratori che sono oggi in costruzione e che saranno caratterizzati da altissime molteplicità ( $\sim 10^4$ ). In questa attività il candidato ha potuto riversare l'esperienza derivante dal lavoro di ricerca in due campi distanti, come la Fisica delle Particelle Elementari e la Meccanica Statistica.

Anche le ricerche sulle mappe caotiche accoppiate hanno condotto ad un nuovo approccio al problema del *clustering*. In questo approccio a ciascun punto rappresentativo di un set di dati nello spazio dei parametri viene associata una mappa caotica. L'insieme delle mappe interagisce mediante accoppiamenti a corto range e il regime stazionario del sistema corrisponde ad un attrattore macroscopico. Mappe più vicine tendono a sincronizzarsi e lo studio della mutua informazione fra le coppie di mappe consente di partizionare il set di dati senza alcuna conoscenza o modello a priori della struttura dei dati. Gli esperimenti su dati simulati e su dati reali mostrano un'efficienza eccezionale dell'algoritmo, che si mostra in grado di dare ottimi risultati anche in caso di distribuzioni di densità complesse. L'algoritmo è stato, ad esempio, applicato [32,35] al problema della rivelazione di mine sepolte nel terreno tramite riprese all'infrarosso. I parametri della dinamica temporale di ogni punto delle immagini termografiche risultano sufficienti a discriminare la posizione delle mine dal resto del suolo (in cui sono sepolti anche altri oggetti). Insieme ad un gruppo di biologi molecolari, questo algoritmo è stato anche applicato allo studio di segmenti di DNA ai fini della ricostruzione di alberi filogenetici [36].

In tutta questa attività il sottoscritto ha partecipato con un ruolo determinante suggerendo le direttrici di sviluppo, mettendo a punto le tecniche computazionali e analizzando i risultati; per quanto riguarda alcuni gli articoli prodotti, è stato responsabile della stesura, fungendo da autore corrispondente per le riviste.

## ALTRA ATTIVITÀ SCIENTIFICA

### REFEREE, ORGANIZZAZIONE DI CONVEGNI, COORDINAMENTO, ...

Nel 1985 ha contribuito in qualità di membro del Comitato Organizzatore Locale all'organizzazione della International Conference on High Energy Physics tenutasi a Bari.

Fa parte del Comitato Organizzatore del Convegno Nazionale di Meccanica Statistica e Teoria dei Campi Non Perturbativa che si tiene con cadenza biennale (si è appena conclusa la XI edizione tenutasi dal 26 al 28 settembre 2002).

Nel triennio 1995-97 il sottoscritto è stato Coordinatore del gruppo IV della Sezione INFN di Bari.

Attualmente il sottoscritto é referee di Physical Review E e Physical Review Letters.

### **SEMINARI, SCUOLE E CONVEGNI**

In questi anni il sottoscritto ha partecipato a numerose scuole e convegni internazionali e nazionali e ha trascorso in varie occasioni brevi periodi presso Centri di Ricerca Internazionali (CERN, DESY) per motivi di collaborazione scientifica. Il sottoscritto ha presentato il lavoro dei gruppi di ricerca di cui ha fatto parte in varie occasioni. Fra queste, a parte i seminari tenuti nelle Università italiane o nei convegni nazionali di Fenomenologia delle Particelle Elementari e di Meccanica Statistica, ricordo: il seminario tenuto nel corso della Europhysics Study Conference su Jet structure from quark and lepton interaction ad Erice, nel settembre 1982, quello tenuto nell'ottobre 1983 al laboratorio di DESY (Amburgo), e quello tenuto nel corso del Workshop on Multiparticle Production nel giugno 1988. I risultati sul modello di Potts sono stati da me presentati al Convegno Nazionale di Fisica Teorica di Cortona tenutosi a Como nel 1997.

# ATTIVITÀ DIDATTICA

Il sottoscritto ha svolto in questi anni la seguente attività didattica:

## **Incarichi di esercitazione**

A.A. 1973-74	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1974-75	FISICA TEORICA
A.A. 1976-77	FISICA GENERALE I (Corso di laurea in Fisica)
A.A. 1977-78	FISICA GENERALE I (Corso di laurea in Fisica)
A.A. 1978-79	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1979-80	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1980-81	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1981-82	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1982-83	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1983-84	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1984-85	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1985-86	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1986-87	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1987-88	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1988-89	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1989-90	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA I (INGEGNERIA CIVILE)
A.A. 1990-91	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA I (INGEGNERIA CIVILE)
A.A. 1991-92	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 1992-93	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1993-94	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1994-95	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1995-96	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1996-97	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1997-98	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1998-99	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)
A.A. 1999-00	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) FISICA (SCIENZE BIOLOGICHE)

A.A. 2000-01	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale)
A.A. 2001-02	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) LABORATORIO DI FISICA COMPUTAZIONALE (Fisica n.o.)
A.A. 2002-03	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (Indirizzo generale) LABORATORIO DI FISICA COMPUTAZIONALE (Fisica n.o.)

(Nell'Anno Accademico 1975-76 ha prestato servizio di leva.)

Relativamente a questi corsi il sottoscritto si è occupato non solo delle esercitazioni numeriche, ma anche di argomenti completi facenti parte del corso, curando, in alcuni casi la stesura delle relative dispense. Egli anche autore di un testo di esercizi di Meccanica Quantistica (in fase di completamento) disponibile in rete all'indirizzo <http://www.ba.infn.it/~angelini/libro.pdf>.

### **Insegnamenti**

A.A. 1991-92	TEORIA DEI CAMPI (laurea in Fisica di Bari)
A.A. 1992-93	TEORIA DEI CAMPI (laurea in Fisica di Bari)
A.A. 1994-95	MECCANICA STATISTICA (laurea in Fisica di Bari)
A.A. 1995-96	MECCANICA STATISTICA (laurea in Fisica)
A.A. 1996-97	MECCANICA STATISTICA (laurea in Fisica)
A.A. 1997-98	MECCANICA STATISTICA (laurea in Fisica)
A.A. 2000-01	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (diploma in Scienze dei Materiali)
A.A. 2001-02	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (laurea in Scienze dei Materiali)
A.A. 2002-03	ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA (laurea in Scienze dei Materiali)
A.A. 2002-03	METODI MATEMATICI AVANZATI DELLA FISICA (laurea in Fisica)
A.A. 2002-03	TECNICHE DI SIMULAZIONE (mutuato dal precedente) (laurea in Fisica Applicata)

Il sottoscritto è stato in vari casi relatore e controrelatore per tesi di laurea in Fisica, coadiuvando, inoltre, l'attività di formazione e di indirizzo dei dottorandi del proprio gruppo di ricerca. Spesso il sottoscritto ha messo a disposizione dei laureandi e di dottorandi di altri gruppi di ricerca del Dipartimento le proprie conoscenze di Fisica Teorica, di Matematica e di Calcolo Numerico.

Nel corso di questi anni ha partecipato a varie commissioni di esame oltre, naturalmente, a quelle relative agli incarichi di lezioni ed esercitazioni; fra queste le commissioni per gli esami di Fisica per Scienze Biologiche, Fisica Sperimentale I per Scienze Geologiche, Fisica I per studenti lavoratori, Fisica Generale I per Ingegneria Meccanica, Civile ed Elettrotecnica.

## ATTIVITÀ ORGANIZZATIVA

Per quanto riguarda l'attività organizzativa, il sottoscritto ha fatto parte della Giunta sperimentale dell'Istituto di Fisica prima, e successivamente, dopo l'istituzione dei Dipartimenti, della Giunta del Dipartimento di Fisica dal 1979 al 1986 e nel 2002 (decaduto per passaggio di ruolo), occupandosi tra l'altro dell'organizzazione dei servizi generali, della distribuzione dei carichi didattici e delle strutture di calcolo. A partire dalla istituzione del Consiglio di Corso di Laurea in Fisica ne ha sempre fatto parte in qualità di rappresentante dei ricercatori partecipando in molti casi all'attività di commissioni del Consiglio.

Nel 1985 ha contribuito in qualità di membro del Comitato Organizzatore Locale all'organizzazione della International Conference on High Energy Physics tenutasi a Bari.

Fa parte del Comitato Organizzatore del Convegno Nazionale di Meccanica Statistica e Teoria dei Campi Non Perturbativa che si tiene con cadenza biennale (si è appena conclusa la XI edizione tenutasi dal 26 al 28 settembre 2002).

Nel triennio 1995-97 il sottoscritto è stato Coordinatore del gruppo IV della Sezione INFN di Bari.

Attualmente è coordinatore del Servizio calcolo e reti del Dipartimento, fa parte della Commissione per il miglioramento dell'attività didattica del locale Corso di Laurea in Fisica e della commissione dell'area fisica dell'Università di Bari per l'assegnazione di assegni e contratti di ricerca.

È stato anche membro di commissione per un concorso di ricercatore nel settore della Fisica Teorica.