

# Istituto Lombardo

ACCADEMIA DI SCIENZE E LETTERE

20121 MILANO - Via Borgonuovo, 25

*Dall'universo, alla vita,  
al pensiero*

INCONTRI  
CON L'ACCADEMIA



*Incontri con l'Accademia*

*Dall'universo, alla vita, al pensiero*

Abstracts



# Presentazione

L'Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere presenta, per il 2004-2005, il ciclo di lezioni:

DALL'UNIVERSO,  
ALLA VITA,  
AL PENSIERO

γνωθι σαυτὸν

Un ciclo di lezioni, curato dalla classe di scienze matematiche fisiche e naturali, che si propone di dare, attraverso i dodici interventi, il sapore umanistico della scienza nell'ansia di ricerca: delle nostre origini, del nostro sviluppo fisico e mentale, della struttura del "nostro" universo dai quarks alle galassie.

## PARTE I

12 ottobre 2004

PIERLUIGI LUISI

(Università degli Studi, Roma Tre)

*L'origine della vita sulla terra quello che dice la scienza*

28 ottobre 2004

ALESSANDRO MINELLI

(Università degli Studi, Padova)

*Le forme degli animali tra sviluppo ed evoluzione*

18 novembre 2004

LUCA BONDIOLI

(Museo Nazionale Preistorico Pigorini, Roma)

*Homo, la storia naturale*

2 dicembre 2004

GUIDO BARBUJANI

(Università degli Studi, Ferrara)

*Il DNA e lo studio delle popolazioni umane antiche*

20 gennaio 2005

ROBERTO MAGGI

(Università degli Studi, Milano)

*Un cervello di geni*

26 maggio 2005

LUIGI LUCA CAVALLI SFORZA

(Stanford Università, California)

*L'evoluzione umana: genetica e cultura*

## PARTE II

3 marzo 2005

SILVIO BONOMETTO

(Università degli Studi, Milano-Bicocca)

*La storia dell'universo in espansione*

17 marzo 2005

GIUSEPPE GAVAZZI

(Università degli Studi, Milano-Bicocca)

*Galassie che recedono*

7 aprile 2005

PAOLO DE BERNARDIS

(Università "La Sapienza", Roma)

*Le radiazioni di fondo*

28 aprile 2005

RINALDO DOLFINI

(Università degli Studi, Pavia)

*Dalle particelle elementari alla cosmologia*

19 maggio 2005

BRUNO BERTOTTI

(Università degli Studi, Pavia)

*Cosmologia, scienza peculiare*

..... 2005 - CARLO RUBBIA

(Presidente ENEA, Roma)

.....

# PIERLUIGI LUISI

(Università degli Studi, Roma Tre)

## L'origine della vita sulla terra quello che dice la scienza

La prima parte della conferenza è una discussione critica dei presupposti teorici e filosofici che la scienza biochimica moderna adotta per spiegare l'origine della vita sulla terra. Il più generale presupposto è che la vita sia derivata dalla materia inanimata attraverso una lunghissima serie di reazioni spontanee, con una corrispondente aumento lento e continuo della complessità strutturale, fino a raggiungere lo stadio di strutture compartimentalizzate capaci di autoreplicazione - le prime forme cellulari. Per descrivere l'aumento della complessità molecolare che porta alla transizione della vita si fa uso di due concetti basilari la auto-organizzazione e la emergenza. Si discutono a questo punto le due scuole principali di pensiero che, pur accettando tali principi generali, si differenziano notevolmente nella interpretazione, e cioè la scuola deterministica, e quella basata sulla contingenza.

Dopo tale parte teorica, si esaminano i dati sperimentali a disposizione della scienza moderna per spiegare la transizione dal non-vivente al vivente. Si descrive brevemente i dati più salienti della chimica prebiotica, in particolare gli esperimenti di Stanley Miller agli inizi degli anni cinquanta; e poi gli esperimenti che hanno portato alla realizzazione di meccanismi di autoreplicazione di sistemi chimici anche complessi. Si discute poi le difficoltà concettuali e sperimentali che si oppongono alla comprensione e alla riproduzione in laboratorio del cammino che ha portato alla transizione del vivente. La ultima parte della conferenza descrive gli esperimenti fatti in laboratorio per arrivare a forme sintetiche e semisintetiche di vita minimale cellulare.



# ALESSANDRO MINELLI

(Università degli Studi di Padova)

## Le forme degli animali tra sviluppo ed evoluzione

Due tradizionali linee di ricerca hanno affrontato, negli ultimi due secoli, il problema delle forme animali. Da un lato la biologia dello sviluppo, che è venuta indagando, a livelli sempre più approfonditi, i meccanismi attraverso i quali l'individuo prende progressivamente forma nel corso della sua ontogenesi, dall'uovo fino all'adulto. Dall'altro lato la biologia evoluzionistica, che è venuta ricostruendo la storia dei cambiamenti delle forme animali nel corso delle ere geologiche, cercando di dare ragione dei loro significati adattativi e del loro moltiplicarsi nei processi di speciazione. Il principio della selezione naturale, chiave di volta dell'evoluzionismo darwiniano, non poteva però da solo spiegare lo spettro di varianti (di forme e di processi) su cui la selezione stessa può fare presa. Il lungo collo della giraffa ha sette vertebre come il collo umano, e non di più, perché negli antenati della giraffa non è mai stata disponibile una variabilità nel numero delle vertebre, ma solo nelle proporzioni relative di queste. Spetta alla biologia dello sviluppo spiegare quali forme possono essere realizzate, mentre la biologia evoluzionistica potrà dire quali fra le forme possibili potranno essere premiate dalla selezione. Si rende quindi necessario un incontro fra le due discipline, quale si sta oggi realizzando nella *evolutionary developmental biology (evo-devo)*. Diventa così, finalmente, possibile affrontare in maniera costruttiva lo studio delle forme animali, a cominciare dalla definizione e dalla polarità degli assi corporei, dall'origine delle appendici, dal significato dell'organizzazione segmentale. Da questo incontro fra biologia evoluzionistica e biologia dello sviluppo sembrano emergere, infine, nuove importanti prospettive per un ripensamento attorno a problemi fondamentali della biologia, quali la natura dello sviluppo ed il ruolo che in questo spetta ai geni.

LUCA BONDIOLI  
(Museo Nazionale Preistorico Pigorini, Roma)

## Homo: la storia naturale

A distanza di 132 anni dalla pubblicazione a Londra del volume *L'Origine dell'Uomo* di Charles Darwin (1871), le conoscenze inerenti la storia naturale di *Homo* ed i processi del suo divenire attraverso il tempo e lo spazio non sono ancora divenute parte integrante del nostro tessuto culturale comune.

Eppure, la ricerca preistorica ha compiuto un percorso straordinario, restituendoci – a volte quasi intatte – testimonianze fossili inimmaginabili del nostro passato remoto (biologico e culturale) e dipingendo – oggi a colori ormai sempre più vividi – un dinamico sfondo prospettico che conferisce alla natura umana - e quindi a noi quali individui e collettività - carattere insieme di *irripetibile unicità* e di *fragile casualità*.

La scoperta di nuovi reperti ominidi fossili, la creazione di nuovi taxa – *Sahelanthropus*, *Orrorin*, *Kenyanthropus* – la recente scoperta di nuovi *specimen* di *Homo* in orizzonti cronologici e spaziali vastissimi - a Dmanisi, in Georgia; Buia, Eritrea; Daka, Etiopia; Hilleret, Kenya, Olduvai, Tanzania; Sambunmachan, Indonesia; nonché il recentissimo e sconvolgente ritrovamento a Flores, sempre in Indonesia, dove si è espresso al suo massimo il potenziale di plasticità morfologica (variabilità) del nostro genere – la scoperta che le nostre radici più lontane non affondano più nella sola *Rift Valley* ma bensì in quasi tutto il Continente Africano, hanno avuto un fortissimo riscontro mediatico (più limitatamente forse in Italia) dimostrando, se fosse ancora necessario, come una delle caratteristiche della nostra *humanitas* sia la forte pulsione alla scoperta del nostro passato.

Ciò non ostante, è forse superfluo sottolineare che attualmente non esiste - e mai esisterà - unanimità tra i ricercatori sui dettagli della storia naturale di *Homo*. L'ambiguità di essere al contempo soggetto indagante e oggetto di studio forse non lo consente. Lo conferma il numero di "alberi evolutivi" alternativi proposti fino ad oggi - tutti accettabilmente plausibili e ragionevoli - e l'acceso dibattito tra gli specialisti che accompagna immancabilmente la scoperta di un nuovo tassello. A ciò, si aggiunga comunque l'incompletezza - nonostante le continue ricerche - dei reperti disponibili rispetto alla complessità degli avvenimenti ed al loro respiro crono-spaziale.

Raccontare la nostra storia naturale significa dunque compiere un lungo viaggio a ritroso nello spazio e nel tempo per arrivare ai primi rappresentanti di quello che definiamo *Homo sapiens sapiens* - cioè noi – circa oltre 180.000 anni fa. A loro si deve il completamento della fase di primo popolamento del pianeta; loro malgrado, essi sono i responsabili di ciò che noi oggi siamo: oltre sei miliardi di individui che hanno occupato la totalità delle terre emerse, ciascuno diverso dall'altro per corredo genetico, caratteristiche morfologiche, abitudini, credenze, inclinazioni, storia e futuro individuali; ciascuno identico all'altro per ascendenza.

# GUIDO BARBUJANI

(Università degli Studi di Ferrara)

## Il DNA e lo studio delle popolazioni umane antiche

La collaborazione fra paleontologi, archeologi e genetisti ha portato a una più profonda conoscenza delle vicende attraverso cui un piccolo gruppo di nostri antenati africani ha colonizzato tutto il mondo. Possiamo ricostruire vari aspetti della nostra storia evolutiva studiando i fossili, o ind ragionando sui geni delle popolazioni attuali. Oggi è però le tecniche per lo studio del DNA antico permettono di conoscere direttamente alcune caratteristiche genetiche di individui del passato.

- 1. Le domande.** Sono tante. Le principali riguardano forme umane diverse, che alcuni classificano come specie differenti (oltre a *Homo sapiens*, *Homo erectus*, *Homo neandertalensis*, *Homo ergaster*, ecc.) e altri considerano varianti morfologiche di un'unica specie. Quali sono i rapporti evolutivi fra loro, e quale o quali di esse possono essere considerate antenate degli umani anatomicamente moderni? Passando a tempi più recenti, le relazioni fra noi e le popolazioni del passato non sono sempre chiare. Infine il DNA di singoli individui può dirci qualcosa sulla loro provenienza.
- 2. I metodi.** Lo studio del DNA antico è potenzialmente molto informativo, ma presenta problemi tecnici seri, a causa della qualità del materiale (ossa o denti) in genere disponibile e della possibilità di contaminazioni. Queste ultime sono più difficili da riconoscere quando il DNA del reperto che si studia è potenzialmente simile a quello degli archeologi, del personale dei musei e dei biologi che ne sono entrati in contatto nel corso del tempo. Parecchi risultati non sono stati confermati da studi più approfonditi, e l'esempio più inquietante riguarda la pubblicazione di sequenze di DNA attribuite a dinosauri, che si sono poi rivelate frutto di banali contaminazioni. Perciò ogni risultato va interpretato con cautela e confrontato criticamente con quelli ottenuti attraverso altri metodi.
- 3. Neandertal e Cro-Magnon.** I Neandertaliani, documentati in Europa fino a circa trentamila anni fa, hanno uno scheletro diverso da quello degli umani anatomicamente moderni, i Cro-Magnoidi, arrivati dal vicino oriente circa quarantamila anni fa. Il confronto fra i DNA dei Neandertaliani e dei Cro-Magnoidi ha chiarito le relazioni fra questi due gruppi, e non pare probabile che dai Neandertaliani discendano anche solo in piccola parte gli europei attuali.
- 4. Gli Etruschi.** Le origini degli Etruschi sono discusse, non sono chiare le loro relazioni con le altre popolazioni europee, e nemmeno se con la parola Etruschi si definisca una popolazione biologica o un insieme di individui che dividevano lingua e cultura ma non un comune patrimonio genetico. La caratterizzazione del DNA di una trentina di individui ha contribuito a chiarirci le idee su tutti e tre questi temi.

# ROBERTO MAGGI

(Università degli Studi di Milano)

## Un cervello di geni

L'uomo deve il proprio successo evolutivo alle capacità funzionali del proprio cervello, l'oggetto più complesso, meraviglioso e misterioso di tutto l'universo conosciuto. Esso è formato da un insieme di cento miliardi di cellule, i neuroni, che mostrano caratteristiche assolutamente uniche e che le rendono delle vere, e al tempo stesso, fantastiche centrali di smistamento di informazioni. I neuroni sono forniti di "cavi di trasmissione"; infatti dal loro corpo centrale si dipartono tanti "rami" minori (i dendriti) che captano i segnali in arrivo e un "ramo" maggiore (l'assone) che invia invece istruzioni a tutto il nostro corpo. E' proprio lo sviluppo impetuoso e continuo dei dendriti, degli assoni e delle sinapsi (i punti di contatto tra un neurone e l'altro) a dare al cervello la sua vera dimensione, il suo aspetto fisico (al momento della nascita pesa un quarto del peso finale), ma soprattutto le sue funzioni.

Ma chi fabbrica questa rete?

Lo studio del cervello ha dovuto superare non pochi ostacoli, forse ancor più concettuali e ideologici che tecnici! E' solo da poche decine di anni che le nostre conoscenze sono aumentate in modo significativo. Sappiamo comunque ancora poco delle modalità con cui il nostro cervello viene costruito, come le sue parti vengono così precisamente interconnesse, e come si generino le diverse risposte funzionali, che vanno dalla percezione sensoriale alla locomozione, dall'apprendimento alla memoria, dall'espressione di emozioni ai comportamenti decisionali. Peraltro, la perdita del controllo di questi processi è la causa di disordini neuropsichiatrici o neurodegenerativi.

E' ovvio che la complessità del cervello necessita di uno specifico programma che controlli ogni fase del suo sviluppo e ne mantenga la funzionalità. Analogamente a quanto avviene per altri organi del nostro corpo, anche il progetto di costruzione del nostro cervello è controllato dai geni, e cioè dalla minima unità funzionale presente nel genoma in grado di fornire una specifica informazione alla cellula.

Grazie alla completa conoscenza della sequenza del genoma umano, così come di quella di altre specie animali, anche lo studio delle funzioni del cervello viene assumendo sempre più un approccio di tipo 'gene-centrico', proponendo quindi una loro descrizione sempre più vicina alle teorie 'riduzionistiche'. La genetica molecolare, associata all'elettrofisiologia, alla biologia cellulare e molecolare e agli studi comportamentali, è stata in grado di identificare molti geni coinvolti nella formazione dei circuiti neuronali, nella messa in atto di alcuni comportamenti e anche nello sviluppo di stati patologici.

E' stato però anche confermato che il cervello è ben più della somma delle sue parti: *"La mente ha la sua sede nei processi cerebrali, ma essi esistono perché il cervello interagisce con il corpo e questo con l'ambiente. Non è tutto scritto nei geni, non è tutto innato. Sono le emozioni e l'esperienza a dare la sua vera forma al cervello"*.

In effetti, e la cosa ci può solo confortare, sebbene i geni siano fondamentali per la determinazione di ogni parte del cervello, esso non è un organo definito alla nascita, ma una "potenzialità" che si realizza giorno dopo giorno, nell'interazione con l'ambiente che lo circonda. Il potere dei geni si

limiterebbe quindi a programmare l'architettura generale del cervello, come la sua forma, le circonvoluzioni, la disposizione delle aree che presiedono alle varie funzioni e a condizionare solo una piccola parte dei nostri comportamenti. Bisogna infatti riconoscere che se tutte le funzioni cerebrali fossero governate solo dai geni, dovremmo avere un genoma enorme. A riprova di ciò, una semplice considerazione: la differenza genetica tra l'uomo e la scimmia è minima (2- 4%), ma la differenza tra le loro capacità mentali è enorme.

Quindi sì un cervello di *geni*,...ma *geni* lo si diventa.

# LUIGI LUCA CAVALLI SFORZA

(Stanford University – California)

## L'evoluzione umana: genetica e cultura

Quando ho cominciato ad occuparmi di evoluzione umana, quasi esattamente cinquant'anni fa, l'archeologia dava ancora poco aiuto. Oggi essa ha raggiunto il consenso circa l'origine del genere Homo, che è situato a circa due milioni e mezzo di anni fa (o più), sulla base dell'uso di strumenti di pietra modificata artificialmente, (e probabilmente di altri che non si sono conservati), e del raggiungimento della stazione eretta, cominciata prima e sviluppata lentamente. Vi è anche un consenso elevato sulle modalità dello sviluppo, le caratteristiche fisiche e la comparsa dell'uomo moderno, che si pone fra 150.000 anni e 100.000 anni fa per quanto riguarda la storia, e in Africa orientale circa la geografia, ad opera di un piccolo gruppo, forse una sola tribù, in cui probabilmente era ormai completo lo sviluppo della caratteristica fondamentale dell'uomo, il linguaggio.

Successivamente, negli ultimi 50.000 anni è iniziato un importante sviluppo demografico, aiutato anche da invenzioni importanti tra cui il raffinamento degli strumenti di pietra (aurignaziani), e la navigazione.

E' stato naturalmente accompagnato da un'espansione geografica, e quando questa è stata completata con l'estensione a tutto il mondo abitabile, è diventato necessario il passaggio dalla raccolta del cibo alla sua produzione, cioè all'agricoltura e all'allevamento, che ha iniziato dopo il termine dell'ultima glaciazione. Ne è seguito un ulteriore aumento della popolazione, divenuto particolarmente rapido negli ultimi secoli, grazie a ulteriori apporti tecnologici. Pertanto l'evoluzione umana, dopo una fase largamente genetica che ha visto l'aumento del volume del cervello di quattro volte e molti altri cambiamenti fisici e intellettivi, è stata sempre più influenzata dagli sviluppi tecnologici, che mi sembra giusto chiamare "evoluzione culturale", intendendo con questa espressione l'accumulo di conoscenze di qualunque natura, reso possibile dalla comunicazione attraverso il linguaggio, cui si è aggiunta negli ultimi cinquemila anni la scrittura.

Il mio interesse alla applicazione della genetica alla storia dell'evoluzione umana è cominciato dal riconoscimento che l'uomo è l'organismo in cui è più facile studiare una fattore evolutivo sulla cui importanza cinquant'anni fa esistevano molti dubbi, specie in Inghilterra: il drift, o deriva genetica. Il drift è stato denominato da Kimura "random genetic drift", per evitare le confusioni che originano del fatto che in linguistica ed in fisica la parola drift viene usata con un significato diverso, di "tendenza", opposto quindi al significato di effetto casuale dovuto alle variazioni statistiche causate dalle dimensioni finite delle popolazioni. In pratica, gli effetti del drift sono esattamente valutabili se si conoscono dimensioni delle popolazioni e i loro scambi migratori, che vengono normalmente rilevati dalla demografia. L'uomo è in realtà l'unico organismo di cui è facile studiare la demografia, e perciò la mia prima ricerca quando insegnavo all'Università di Parma negli anni cinquanta fu dedicata appunto a prevedere il drift attraverso lo studio demografico e confrontare le previsioni teoriche con le osservazioni fatte in base allo studio genetico di una popolazione che si prestava bene ad ambedue gli scopi. Ne fui convinto della grande importanza del drift, che ha molto facilitato i miei studi successivi di ricostruzione della storia evolutiva dato che gli effetti casuali

sono sempre prevedibili attraverso il calcolo delle probabilità. Ciò non toglie naturalmente nulla all'importanza della selezione naturale, che insieme alla eredità ed alle sue eccezioni causate dalla mutazione rimane l'unico fattore naturale che rende possibile la vita. Oggi abbiamo una comprensione e una misura sempre più precise dell'importanza di questi fattori fondamentali di evoluzione biologica, e ci siamo accorti che l'evoluzione biologica ci aiuta a capire quella culturale, se siamo disposti a tradurre negli equivalenti culturali i termini che definiscono i fattori fondamentali di evoluzione biologica: mutazione, selezione, drift, migrazione. E' anche importante studiare la trasmissione della cultura, che però differisce in modi importanti dalla trasmissione ereditaria in biologia. Ci siamo anche accorti che, se l'evoluzione biologica ha diretto quella culturale nel passato, oggi l'evoluzione culturale ha cominciato a dirigere quella biologica.

**SILVIO A. BONOMETTO**

(Università degli Studi di Milano-Bicocca)

## La Storia dell'Universo in espansione

C'è un preciso legame tra la dinamica dell'espansione cosmologica e il prodursi di aree cosmiche in cui si accumula informazione e si creano quindi le condizioni fisiche per i fenomeni vitali. Infatti, nel corso dell'espansione, vari processi elementari, prima in equilibrio termodinamico, escono dalle condizioni di equilibrio, grazie alla struttura stessa delle equazioni della gravitazione, che fa crescere più rapidamente il tempo cosmico dei tempi di collisione.

La più grave crisi di disequilibrio si ha al momento in cui il plasma primordiale si trasforma in gas atomico. Fino ad allora, la pressione di radiazione manteneva in equilibrio le tenui fluttuazioni primordiali nei materiali barionici. Con il formarsi di idrogeno ed elio atomici, il potenziale gravitazionale dovuto alle fluttuazioni di materia oscura non è più bilanciato.

Le fluttuazioni si evolvono nelle strutture cosmiche che ci sono note, secondo una dinamica dettagliata che sfocia nella produzione di stelle, galassie, gruppi ed ammassi di galassie, in questo ordine. Le prime stelle, di grande massa, bruciano rapidamente ed arricchiscono la sostanza cosmica degli elementi pesanti. Le stelle che vediamo oggi appartengono a popolazioni successive. Esse sono raggruppate in galassie che, in gran parte, sono membri di ammassi. Ma la densità dei materiali galattici non ostacola la propagazione della radiazione termica stellare, che si diluisce caricandosi di informazione. Di essa si nutrono tutti i fenomeni vitali, dalle fisiologie più elementari, fino al pensiero intelligente.



# GIUSEPPE GAVAZZI

(Università degli Studi di Milano-Bicocca)

## Galassie che recedono

Le galassie sono i fari che illuminano i nostri viaggi attraverso l'Universo. Tutte le stelle che conosciamo nascono (e muoiono) nelle galassie. Nella loro varietà che comprende e galassie ellittiche, dalla forma amorfa con bassi segni di vitalità, le più spettacolari spirali, ricche di gas, in continua trasformazione, dobbiamo scorgere elementi evolutivi?

E le galassie che popolano l'Universo attuale, vecchio di 15 miliardi di anni, sono sempre esistite? Quando sono nate? Sono uguali a quelle che vivevano nell'universo primordiale e che i grandi telescopi cominciano a rivelarci? Il confronto tra le previsioni di modelli evolutivi con le caratteristiche osservative delle galassie "adulte" ci permette di formulare qualche ipotesi sulla evoluzione delle galassie: nascono da puro gas, collassano sotto l'effetto della loro autogravità, innescano la formazione di stelle e diventano inerti solo quando esauriscono la scorta di combustibile gassoso.

Veri "Universi-Isola" nel senso Kantiano?

Oppure, come recenti osservazioni sembrano suggerire, la loro evoluzione e' fortemente plasmata dagli effetti delle interazioni reciproche?

Siamo vicini a una svolta decisiva nella comprensione di questi fenomeni.

I telescopi dell'ultima generazione cominciano a permetterci di guardare tanto lontano, cioè tanto indietro nel tempo, da mostrarci galassie appena nate.

Presto sarà disponibile un nuovo telescopio spaziale grazie al quale potremo precorrere a ritroso l'evoluzione delle galassie nell'arco dell'intera vita dell'Universo.

# PAOLO DE BERNARDIS

(Università "La Sapienza" – Roma)

## Le radiazioni di fondo

Dal Cosmo proviene luce prodotta da corpi celesti ben definiti, ma anche radiazione elettromagnetica diffusa, che appare avere le stesse caratteristiche indipendentemente dalla direzione di provenienza. Questa viene denominata "radiazione di fondo".

In certi casi non si riescono ad osservare le sorgenti che la producono semplicemente perché sono troppo lontane. E' questo il caso della radiazione di fondo a raggi X, che permette di studiare l'evoluzione dei corpi celesti dove avvengono fenomeni violentissimi, ed anche della radiazione di fondo infrarossa, prodotta da lontanissime sorgenti nelle quali si formano nuove stelle.

In altri casi, la radiazione di fondo e' stata emessa dalla materia indifferenziata presente nell'universo prima della formazione dei corpi celesti. E' questo il caso della radiazione di fondo a microonde, che permea l' universo intero, e ci permette di studiarne il passato più remoto.

Lavorando con strumenti spaziali (sopra l' Antartide, ma anche nello spazio profondo) e con speciali telescopi sensibili alla radiazione di fondo a microonde, e' stato possibile registrare l' immagine di remotissime regioni dell' universo. Tanto lontane che la luce da esse proveniente e' partita quando l'universo era ancora in uno stato primordiale, circa 50000 volte più giovane di oggi, 1000 volte più caldo e un miliardo di volte più denso.

Si descriveranno gli esperimenti che hanno permesso di studiare l' universo in quella fase così primordiale, e le conseguenze di questi studi per lo studio dell' origine dell' universo, della sua evoluzione, del suo futuro.

# RINALDO DOLFINI

(Università degli Studi di Pavia)

## Dalle particelle elementari alla cosmologia, l'esplorazione dei limiti sensibili dell'Universo

Gli esperimenti sulle particelle elementari, che sono stati fatti negli ultimi decenni in grandi Laboratori internazionali, come l'europeo CERN di Ginevra e l'americano Laboratorio Fermi di Chicago, hanno portato ad una descrizione affascinante del mondo microscopico. Secondo le teorie più accreditate, note come teorie di grande unificazione, tutti i fenomeni, che si manifestano oggi ai nostri sensi, avrebbero una matrice comune. Esisterebbe cioè una realtà unica ed indifferenziata, più profonda e più nascosta della realtà sensibile, che però si manifesterebbe a noi con aspetti diversi (elettricità, luce, gravitazione, materia e decadimenti radioattivi).

Gli esperimenti di astrofisica, a partire dal secolo scorso, hanno consentito di trovare dov'è, o per meglio dire, dov'era nascosta questa realtà così unica ma così sfuggente. Questo ente indifferenziato, sarebbe proprio l'Universo stesso, com'era però nell'attimo della sua creazione. Dunque l'Universo sensibile avrebbe avuto origine da un "unicum" indifferenziato, una sorta di minestrone cosmico, che si sarebbe manifestato attraverso un'ineffabile esplosione (il Big Bang) avvenuta poco più di 13 miliardi di anni fa. Poi, con una ben definita gradualità, si sarebbe differenziato al passare del tempo nei vari fenomeni che oggi si rivelano ai nostri sensi. Le leggi che governano il mondo microscopico sono al tempo stesso responsabili dell'attuale struttura macroscopica dell'Universo.

# BRUNO BERTOTTI

(Università degli Studi di Pavia)

## Cosmologia, scienza peculiare

1. L'Universo è unico! Che vuol dire "legge di natura"? Se esiste un solo organismo, la biologia è possibile?
2. E' possibile refutare la cosmologia del Big Bang? (Risposta: **si!**)
3. La simmetria perfetta: la teoria dello Stato Stazionario.
4. Sull'orlo dell'abisso: le leggi fisiche sono universali?
5. Il modello del cosmo da adottare è condizionato dal fatto che un ente intelligente lo sta osservando?
6. Che significa "semplicità"? Alla ricerca di nuove strutture matematiche: simmetrie e extra dimensioni.

