

# Cattedrali come strumenti scientifici? Acceleratori come luoghi di culto?

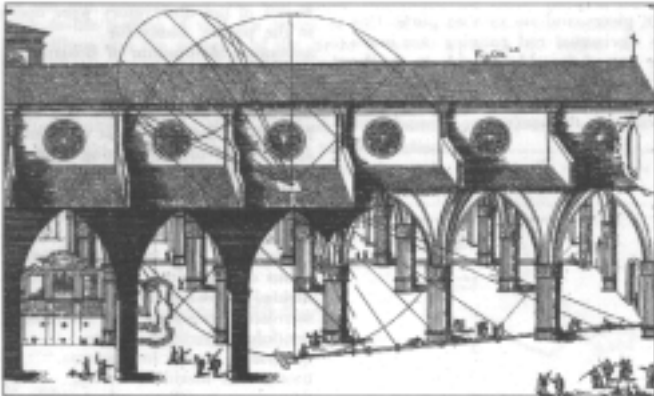
Fabio Bevilacqua

Dipartimento di Fisica “A.Volta”

Università di Pavia

## Prologo: un paradosso

Perchè un titolo così bizzarro? Un’ennesima provocazione riconducibile alle speculazioni della “new age”? Non proprio: abbiamo dei documenti storici: da una parte una serie di cattedrali, in figura si vede quella di S.Petronio a Bologna, in cui furono installati strumenti scientifici volti a verificare la teoria eliocentrica pochi anni dopo la condanna di Galileo;



dall’altra abbiamo illustri fisici delle particelle elementari che sottolineano le analogie tra cattedrali e acceleratori, ci parlano della “particella di Dio” e della necessità di costruire grandi acceleratori affinché questa possa essere rilevata/rivelata.

Questo paradosso merita sicuramente un approfondimento.



In figura si vede la copertina di un recente libro di Leon Lederman, premio Nobel nel 1988.

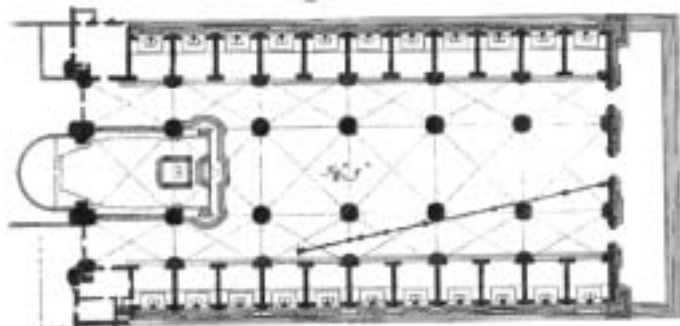
## 1) Cattedrali come strumenti scientifici

### Meridiana a S.Petronio: dalla fede all'esperimento

Lo storico della scienza John Heilbron, primo allievo di Thomas Kuhn e per lungo tempo professore all'Università di Berkeley, sta per pubblicare un volume su "Chiese come strumenti scientifici". Heilbron ci mostra che nel XVII e nel XVIII secolo alcune cattedrali di Bologna, Roma, Firenze, e Parigi furono utilizzate come centri di ricerca astronomica o meglio come osservatori solari d'avanguardia. Queste chiese possedevano un tipo di misuratore del tempo che era costituito da una lunga striscia metallica orizzontale, incassata nel pavimento dell'edificio, e da un foro conico nel tetto per lasciare entrare i raggi del Sole. La striscia, accuratamente livellata, decorre lungo il "meridiano", ossia lungo la direzione dell'ombra del Sole al mezzogiorno locale.

La prima meridiana moderna di questo tipo fu installata nella chiesa di San Petronio a Bologna per opera di Gian Domenico Cassini e cominciò a funzionare nel 1656. L'analisi di Heilbron è interessante perchè sottolinea le implicazioni culturali delle ricerche bolognesi.

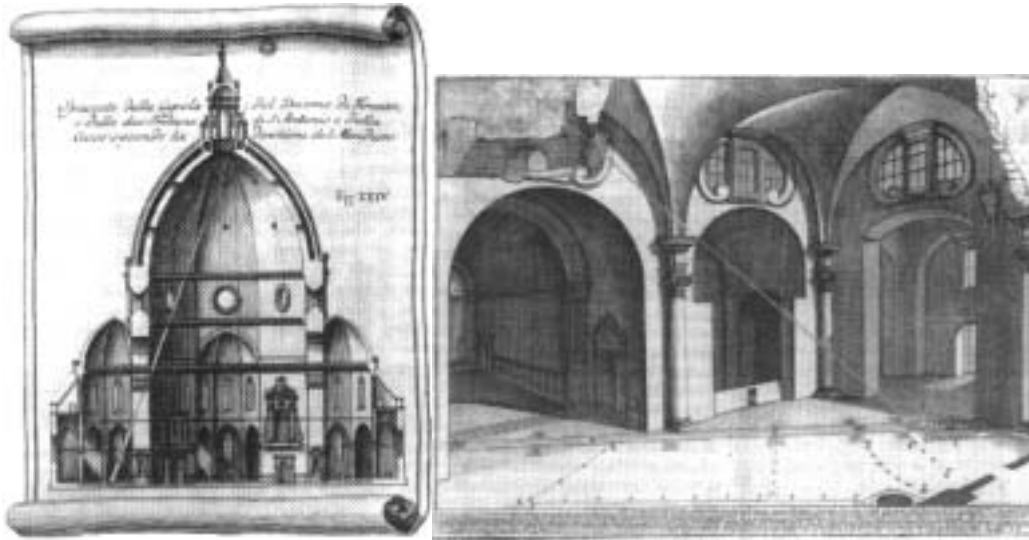
La meridiana di S.Petronio consiste in una linea retta perfettamente orizzontale sul pavimento in direzione Nord e lunga 67 metri, ed in un foro di circa due centimetri e mezzo di diametro praticato sul soffitto di una cappella.



Durante l'anno l'immagine del sole a mezzogiorno scorre lungo la linea, cambiando forma e dimensione. Al solstizio d'estate è circolare e piccola, a quello d'inverno ovoidale e grande. Gian Domenico Cassini aveva uno scopo molto ambizioso: riformare l'astronomia attraverso uno studio accurato dei moti (apparenti) del Sole. Una controversia di rilievo sulla spiegazione della differente lunghezza delle stagioni (nell'emisfero Nord l'estate è più lunga dell'inverno e la primavera è più corta dell'autunno) divideva gli astronomi. Per alcuni (i tolemaici) era solo un problema di prospettiva: il centro dell'orbita del Sole non coincideva con il centro dell'eclittica. Bastava introdurre un'eccentricità per conservare l'ipotesi che il Sole si muovesse con velocità costante. Anche per Keplero, sostenitore della teoria copernicana, si doveva introdurre un'equante (una circonferenza sulla quale la Terra si muove con velocità costante: tra copernicani e tolemaici la posizione della Terra e del Sole venivano ribaltate, ma qui la matematica dà le stesse spiegazioni indipendentemente da chi ruota e chi è fermo) ma con il centro sulla linea congiungente apogeo e perigeo ad una distanza dal Sole uguale e opposta rispetto al centro dell'orbita effettiva. In definitiva nello spiegare la differente lunghezza delle stagioni Keplero dimezzava l'eccentricità immaginata dai tolemaici: era questo il problema della bisezione dell'eccentricità. Keplero quindi considerava che una metà dell'effetto che rendeva ineguali le stagioni

dipendeva da un'effettivo cambiamento di velocità **della Terra**. Come controllare se l'osservato rallentamento del Sole (per i tolemaici, della Terra per i copernicani) era dovuto ad un effettivo cambiamento di velocità oppure ad una differente prospettiva? Cassini progettò di compiere studi e osservazioni nella chiesa di San Petronio, relativi ai ricordati mutamenti della forma e delle dimensioni dell'immagine del Sole proiettata sulla linea meridiana durante l'anno. Si trattava di confrontare la variazione della forma del Sole (più piccola durante l'estate) con la variazione di velocità (rallentamento durante l'estate). Per variazioni uguali si sarebbe potuta ipotizzare una velocità uniforme ed attribuire i rallentamenti alla maggiore distanza tra Sole e Terra durante l'estate. In definitiva Cassini ritenne che le proprie osservazioni corroborassero la teoria di Keplero, provando così, come avrebbe scritto l'astronomo reale inglese John Flamsteed, che "l'eccentricità del sole è bisecata come affermano i copernicani". Ovviamente data la relatività ricordata delle misure questo non provava il copernicanesimo, ma era comunque un argomento a favore di quest'ultimo che veniva da una fonte più che affidabile, e questo solo pochi decenni dopo la condanna di Galileo.

In seguito Bianchini (nel 1700) costruì una meridiana a S.Maria degli Angeli a Roma, Ximenes (nel 1750) risistemò una vecchia meridiana nel Duomo di Firenze. Sebbene dopo il 1750 le misure solari fatte con i telescopi fossero più precise, si continuarono a costruire meridiane ad uso di cronometri (a mezzogiorno) come dimostrano il Duomo di Milano e la cattedrale di Palermo.



## 2) Acceleratori come luoghi di culto

Il “nuovissimo testamento” di Lederman e la fisica come teologia:  
dall’esperimento alla fede

### *Acceleratori come cattedrali*

Gli acceleratori di particelle hanno non pochi legami con le cattedrali e quindi con i luoghi di culto. Lederman, premio Nobel per la fisica nel 1988 getta uno squarcio interessante sulle idee di Robert Wilson, un allievo di Ernest Lawrence e fondatore del Fermilab.

Il Fermilab, attualmente il più grande acceleratore del mondo, si estende su tremila ettari a un’ora da Chicago. L’anello ha una circonferenza di circa otto chilometri.



Il laboratorio centrale è alto sedici piani e richiama addirittura un'incisione di Dürer che ritrae due mani congiunte in preghiera.



La costruzione è stata ispirata da una cattedrale, costruita nel 1225, che Wilson vide a Beauvais, in Francia. La cattedrale si presenta con due torri attraversate da un chiostro. Wilson Hall, finita nel 1972 consiste di due torri (le due mani in preghiera), congiunte da arcate di parecchi piani, e di uno degli atri più grandi del mondo.

E' lo stesso Wilson, poi, a stabilire un'analogia fra gli acceleratori e le cattedrali “Non vi è da stupirsi che considerazioni di tipo estetico e tecnico fossero inestricabilmente connesse (nella progettazione del Fermilab). Se vogliamo, esiste anche una strana similarità fra una cattedrale e un acceleratore: l'una destinata a sveltare nello spazio, l'altro a raggiungere sommità comparabili nelle energie.”

Riferendosi a questa affermazione di Wilson, Lederman, premio Nobel per la fisica e autore del libro *La particella di Dio*, scrive: “A queste parole posso solo aggiungere che esiste un legame ancora più profondo: sia le cattedrali sia gli acceleratori sono monumenti alla fede molto costosi. Entrambi promettono un'elevazione spirituale, la trascendenza e, pregando molto, la rivelazione. Ovviamente, non tutte le cattedrali mantengono le promesse.

...Funziona! Ecco il fascio! Neanche il tempo di gridare urrà e lo champagne scorre nei bicchieri di plastica, mentre il giubilo e l'estasi si dipingono sulle facce dei presenti. Così io mi immagino gli operai che calavano l'ultima statua al suo posto nella nicchia, mentre preti, vescovi, cardinali e Quasimodo, il gobbo di Notre-Dame, si affollavano emozionati attorno all'altare.

Bisogna considerare le qualità estetiche di un acceleratore, e non solo i suoi GeV e altri attributi tecnici. Fra qualche migliaio d'anni, gli archeologi e gli antropologi potranno giudicare la nostra cultura attraverso i nostri acceleratori. Dopotutto, si tratta delle più grandi macchine costruite dalla nostra civiltà.”

### *La particella di Dio*

E in effetti mentre scriveva il libro Lederman era impegnato nella costruzione del Superconducting Supercollider, un nuovo e più potente acceleratore, che prevedeva un tunnel di 87 chilometri di circonferenza. Ma perchè questa nuova macchina? Perchè nel “progresso verso un modello semplice, coerente e onnicomprensivo che spiegherà tutto: la struttura della materia e dell'energia, il comportamento delle forze in ambiti che vanno dai primi attimi di vita dell'universo al mondo relativamente freddo e vuoto che conosciamo oggi, si è incappati in una stranezza. La barriera invisibile che ci impedisce di conoscere la verità si chiama “campo di Higgs”, che compie le sue stregonerie tramite una particella: il bosone di Higgs. Il bosone di Higgs è uno dei motivi fondamentali per costruire il Supercollider. Solo l'SSC svilupperà l'energia necessaria a produrre e scoprire il bosone di Higgs, o così almeno crediamo.”

E Lederman ci spiega il titolo del proprio libro: “Questo bosone è di importanza così capitale per lo stato odierno della fisica ....che gli ho dato un soprannome: “particella di Dio”. Il problema è se i fisici rimarranno disorientati da questo rompicapo o se, a differenza degli infelici Babilonesi, continueranno a costruire la Torre e, per dirla con Einstein, a “conoscere la mente di Dio”.

Il capitolo si conclude con una citazione da uno pseudo “Nuovissimo Testamento”:  
“...Ma il Signore discese per vedere l’acceleratore costruito dai figli dell’uomo. E il Signore disse:”Ecco che stanno cercando di rendere meno confusa la mia confusione”.  
E il Signore sospirò e disse: “Orsù! Discendiamo e diamogli la particella di Dio, così che possano vedere la bellezza dell’universo che ho creato.”

### *Fisica come teologia*

Questi continui riferimenti di Ledermann alla divinità (c’è anche un capitolo su: “Come violammo la parità in un weekend...e scoprimmo Dio”) sono comuni a un nutrito gruppo di fisici, non solo delle particelle, che negli ultimi dieci anni hanno pubblicato su questi temi libri di grande successo editoriale. Basti citare qui la *Breve storia del tempo* di Stephen Hawking, ove l’autore esplicitamente si propone di capire la “mente di Dio” discutendo delle possibili opzioni che potevano presentarsi o meno al Creatore. Ancora, *La mente di Dio* di Paul Davies e *La fisica dell’immortalità* di Frank Tipler (coautore con John Barrow di *The Anthropic Cosmological Principle* ) ove l’autore afferma di aver trovato “una teoria puramente scientifica per un Dio personale evolutivo, onnipresente, onnisciente, onnipotente”.



Indubbiamente l’unione di tematiche fisiche e teologiche ha suscitato l’interesse del pubblico: il libro di Hawking, peraltro largamente incomprensibile, ha venduto 5



milioni di copie. (Una interessante critica femminista a quest'approccio è offerta da Margaret Wertheim nel suo: *I pantaloni di Pitagora. Dio, le donne e la matematica.*)

## Atto I: Le ispirazioni ed i contesti originari

Fin qui, si sono potuti constatare due fatti: da un lato, che, in passato, molte chiese furono utilizzate per osservazioni scientifiche; e, dall'altro, che esistono vari tentativi di dare un'impronta, per così dire, teologica alle ricerche di fisica delle particelle. Per comprendere le ragioni di quello che può apparire come un paradosso, bisogna risalire alle origini e agli sviluppi di queste grandi costruzioni umane.

### ■ 1a) Le cattedrali gotiche come realizzazione della metafisica della luce e della città celeste

Le cattedrali gotiche nascono nel dodicesimo secolo nell'Ile de France da un complesso intreccio di evoluzione degli ordini monastici, rivoluzione economica, risveglio delle città, nuovi contesti politici.



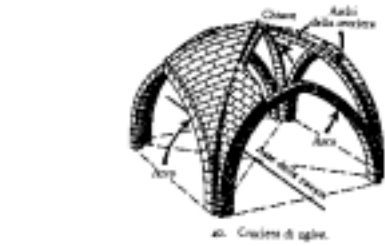
### Il commercio europeo nel XIII secolo



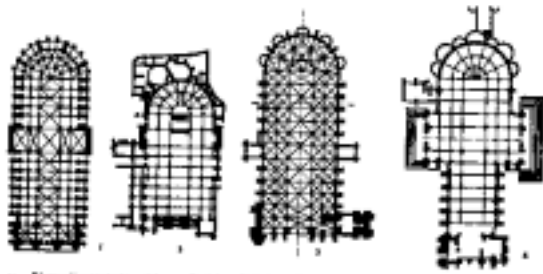
### Arte gotica e università dal XII al XV secolo



Ma anche e soprattutto le cattedrali nascono da una specifica esperienza religiosa espressa in una particolare metafisica: la metafisica della luce, di tradizione platonica, neoplatonica ed agostiniana, mediata, così si pensava, dall'opera dello pseudo Dionigi. L'alleggerimento delle pareti, che quasi scompaiono per far posto alle vetrate luminose, le nuove soluzioni che proiettano la spinta religiosa verso l'alto, la proporzione e la razionalità delle forme architettoniche e dei flussi di luce sono l'espressione di una metafisica che attribuiva a Dio la fonte primaria di una capacità di vedere che veniva progressivamente comunicata a chiunque avesse una potenzialità di vedere. Nell'ordine degli elementi della cattedrale si rispecchia l'ordine del cosmo.



40. Crociera di ogiva.



41. Piani di crociere gotiche: 1, Parigi; 2, Toledo; 3, Bourges; 4, Clermont.



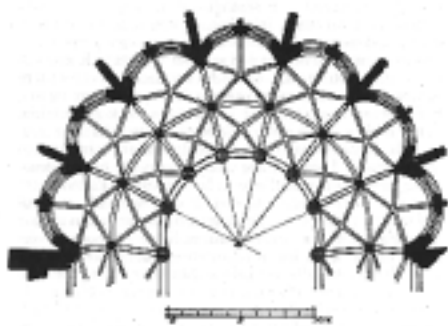
## ■ 1b) Suger di St.Denis tra rivoluzione economica, fede, riforme, politica regia e crociate

Se prendiamo ad esempio l'opera di Suger abate di St.Denis, promotore dell'omonima chiesa abbaziale ed uno dei pionieri del gotico, vediamo facilmente l'intreccio di motivazioni religiose, politiche, metafisiche, artistiche, economiche, tecnologiche che concorsero agli sviluppi della nuova concezione architettonica. Suger, che da umili origini divenne amico di Luigi VI e reggente del regno quando il re andò in crociata, svolse un preciso disegno politico di alleanza tra il trono di Parigi ed il papato in

contrapposizione all'Impero; si battè per il benessere ed i privilegi della propria abbazia; fu in sintonia con Bernardo di Chiaravalle e le sue critiche riformatrici alle abbazie Cluniacensi (di stampo romanico); e fu anche in profonda sintonia con la metafisica della luce che si riallacciava all'opera di San Dionigi stesso, di cui si pensava che l'abbazia conservasse le reliquie; egli volle un'abbazia che potesse compendiare quest'insieme di messaggi e competere con le più famose costruzioni dei suoi tempi; aveva coscienza del proprio ruolo storico e seppe tradurre tutti questi stimoli in un complesso che avrebbe lasciato un segno duraturo. La sua opera è chiaramente la sintesi di tutti questi messaggi. Ma non solo. Con la sua grandiosità, essa è la dimostrazione del fatto che le cattedrali sono complesse e costose, e non possono nascere da sole.



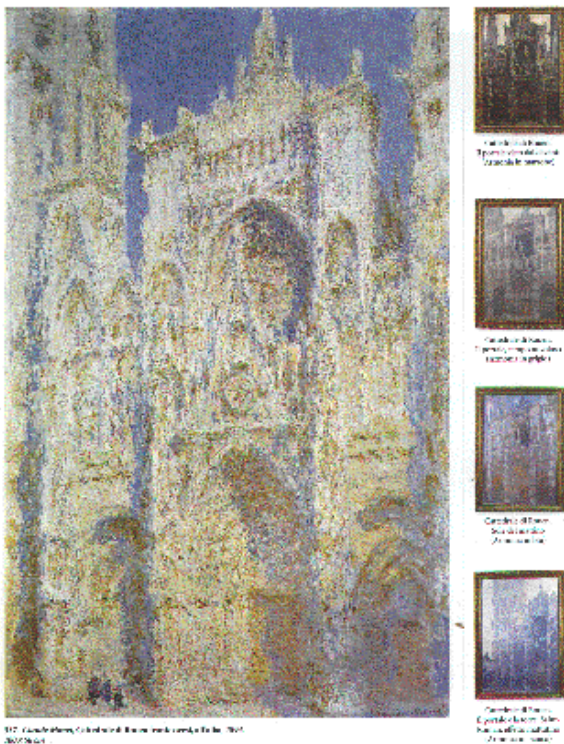
Choro di St. Denis. Veduta occidentale (Fot. George Diller, Parigi)



Choro abbatiale di St. Denis. Pianta del coro.

## ■ 2a) Acceleratori come realizzazione della metafisica dell'energia e della struttura dell'universo

Anche gli acceleratori, come tutte le teorie e gli strumenti scientifici nascono da una metafisica influente, da un desiderio di svelare e riprodurre uno specifico ordine dell'universo; è lo stesso Lederman che ci mette sulla strada giusta: “Chiunque abbia visto i quadri di Monet che raffigurano la facciata della cattedrale di Rouen a ore differenti del giorno sa che differenza fa una diversa qualità della luce. Qual'è la vera immagine? Per l'artista non c'è: ciascuna immagine è reale: l'indefinito chiarore del mattino, i netti contrasti della luce del mezzogiorno, i colori fiammeggianti del tramonto. Sotto ciascuna di queste luci si mostra un diverso aspetto della realtà. I fisici lavorano allo stesso modo. Noi abbiamo bisogno di tutta l'informazione che possiamo ottenere. L'artista impiega la luce cangiante del sole. Noi impieghiamo differenti particelle: un fascio di elettroni, oppure uno di muoni o di neutrini, a energie cangianti.”

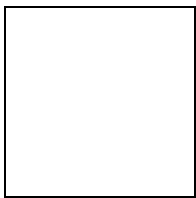


Di solito, per sottolineare la grande quantità di energia ( $E$ ) che può essere resa disponibile convertendo in energia una massa ( $m$ )- come ad esempio in una centrale

nucleare o in una bomba ad idrogeno- si ricorre all'equazione di Einstein  $E=mc^2$ . I fisici delle particelle usano l'equazione in direzione opposta, fornendo energia e convertendone una parte in nuove particelle dotate di massa: essi creano in tal modo nuove particelle che di norma non esistono nell'universo (perchè sono instabili).

E' dunque l'energia la metafisica che si sostituisce a quella della luce nel passaggio da cattedrali ad acceleratori? In un certo senso sì: l'acceleratore infatti accresce non tanto la velocità, prossima a quella limite della luce, ma l'energia delle particelle.

Per Lederman: "Possiamo guardare al complesso dell'acceleratore nel suo insieme - dalla centrale a gasolio attraverso le linee elettriche fino al laboratorio dove i trasformatori mandano energia ai magneti e alle cavità a radiofrequenza - come a un gigantesco dispositivo per concentrare in maniera molto poco efficiente, l'energia chimica del gasolio in un mucchietto inconcepibilmente piccolo di un miliardo (o giù di lì) di protoni al secondo....Allora che ce ne facciamo di tutta questa energia? La teoria dei quanti vuole acceleratori sempre più potenti per studiare cose sempre più piccole; e' la lunghezza d'onda dell'elemento che bombarda che determina le dimensioni di ciò che si può "vedere" e studiare. Dalla teoria dei quanti sappiamo che la lunghezza d'onda diminuisce man mano che l'energia cresce."

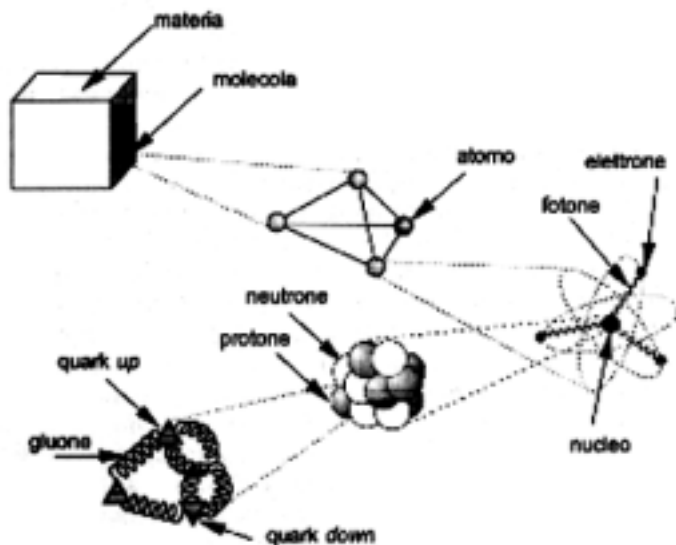




Acceleratore	Energia	Ubicazione	Anno
Bevatron	6 GeV	Berkeley	1954
AGS	30 GeV	Brookhaven	1960
ZGS	12,5 GeV	Argonne (Chicago)	1964
"200"	200 GeV	Fermilab	1972
	400 GeV		(dal '74)
Tevatron	900 GeV	Fermilab	1983

In giro per il mondo c'erano poi Saturne (Francia, 3 GeV), Nimrod (Inghilterra, 10 GeV), Dubna (Unione Sovietica, 10 GeV), KEK PS (Giappone, 13 GeV), PS (Cern/Ginevra, 25 GeV), Serpukhov (ex URSS, 70 GeV), SPS (Cern/Ginevra, 400 GeV).

Vediamo dunque che la metafisica si sposta dall'energia alle particelle, diventa fondamentale la riduzione della struttura dell'universo a particelle "elementari", la determinazione delle forze che su queste particelle agiscono e delle regole con le quali agiscono.



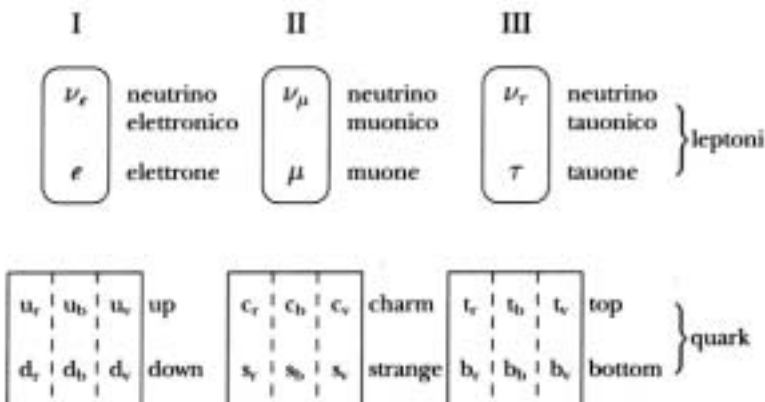
La figura ci mostra che la materia è composta di molecole, che sono combinazione di atomi. Ogni atomo ha un nucleo ed un certo numero di elettroni, legati ad esso da

fotoni. Un nucleo è composto di protoni e neutroni legati insieme, a loro volta formati da quark legati da gluoni. Nonostante esperimenti ad altissime energie, quark ed elettroni appaiono come oggetti puntiformi impenetrabili, privi di struttura apparente. Elettroni e quark sono considerati come particelle della materia e fotoni e gluoni come le particelle leganti. La teoria standard infatti viene descritta con riferimento alle particelle materiali (quark e leptoni) su cui agiscono le forze e alle particelle che trasmettono queste forze (bosoni di gauge e bosoni di Higgs). L'interazione dei bosoni di Higgs con le altre particelle è responsabile della massa delle particelle. Da qui l'importanza, evidenziata da Lederman con il soprannome di "particella di Dio", di scoprire se effettivamente esistono o meno.

Tabella 4.1

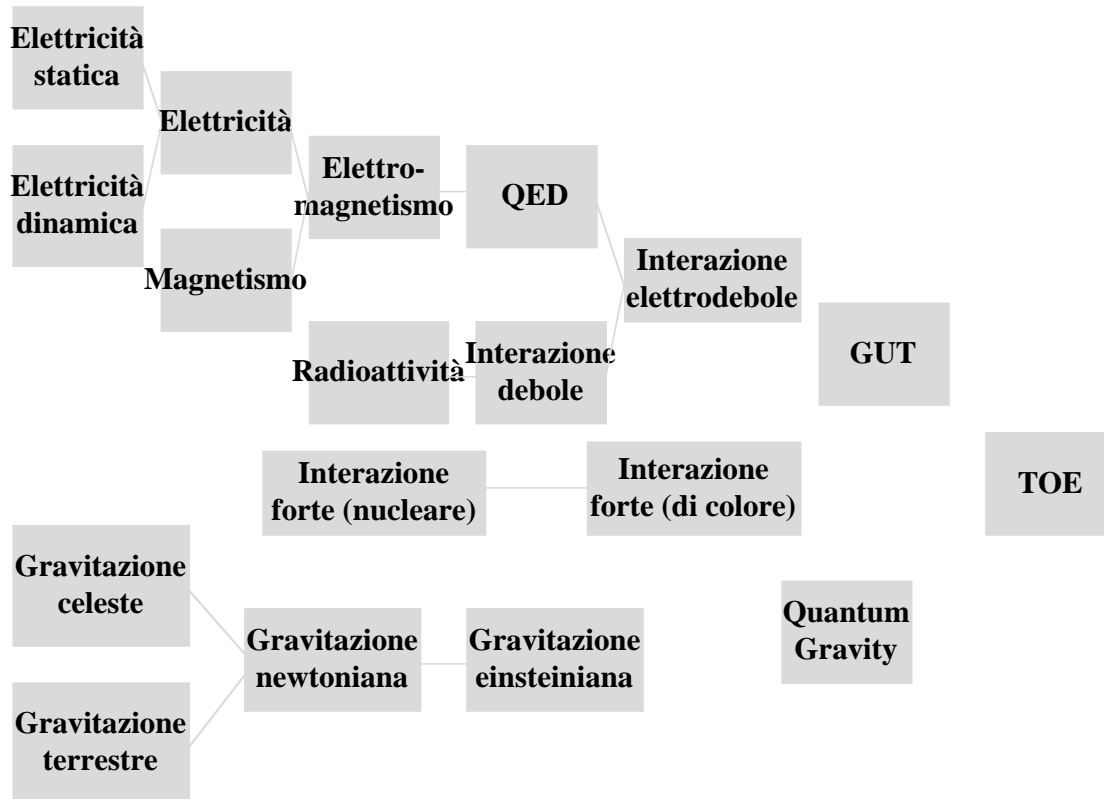
	Nome	Massa*	Senza la forza**	Altre la forza**	Carica elettrica	Carica di colore	Spin	
$e, \mu, \tau$	leptoni carichi (elettrone, muone, tau)	1/1836; 1/9; 1,9	EM	—	-1	no	1/2	} leptoni
$\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$	neutrini	$< 10^{-6}$ ; $< 1/3500$ ; $< 1/30$	D	—	0	no	1/2	
$u, c, t$	quark up, charm (incanto), top	1/235; 1,6; 165	EM	—	+2/3	si	1/2	} quark
$d, s, b$	quark down (giù), strani, bassi	1/135; 1/6; 5,2	EM	—	-1/3	si	1/2	
$\gamma$	fotone	0	nessuna	EM (lega elettroni e nuclei negli atomi)	0	no	1	} bosoni di gauge
$\omega^{\pm}$	bosoni deboli	85	D, EM	D	$\pm 1$	no	1	
$Z$	bosone debole	97	D	D	0	no	1	
$g$	gluoni	0	F	F (lega quark negli androni) <sup>†</sup>	0	si	1	
$h$	bosoni di Higgs	ignota, 65-160 <sup>Δ</sup>	D	genera massa	0	no	0	} bosoni

Famiglie





Le figure riassumono (molto schematicamente) la teoria standard, che ammette quattro forze: debole, elettromagnetica, forte e gravitazionale, ma quest'ultima gioca qui solo un ruolo di spettatrice. Oltre al "riduzionismo" verso particelle elementari un'altra metafisica appare immediatamente in azione: l'unificazione delle forze. Per unificare quella debole ed elettromagnetica si erano dovute prevedere le particelle  $W^+$ ,  $W^-$  e la  $Z^0$ , poi effettivamente scoperte da Rubbia al Cern nel 1983.



La teoria standard appare oggi come una teoria descrittiva completa, ma ancora come una teoria che non dà conto dei dati e dei meccanismi implicati: ad esempio per predire i risultati degli esperimenti si devono introdurre i valori delle masse di particelle ottenuti mediante misurazioni. Ad un livello più profondo di comprensione questi (ed altri) valori dovrebbero essere calcolati nell'ambito della teoria. L'analisi della "fisica di Higgs" dovrebbe condurre ad un'estensione della teoria verso questa maggiore comprensione, probabilmente attraverso l'utilizzazione delle supersimmetrie. Un altro

aspetto di rilievo è quello dell'unificazione tra forza elettrodebole e forza forte, i tentativi in questa direzione vanno sotto il nome di grande unificazione (GUT).

Ulteriore unificazione prevista è quella di tutte e quattro le forze, basata sul concetto di "superstringhe" (struttura a "stringhe" anzicchè a punti delle particelle elementari a distanze minime e irraggiungibili) e qui entriamo in un settore differente dei tentativi di comprendere la natura: non solo descrizione e comprensione dei meccanismi ma comprensione del "perchè": perchè ci sono quark e leptoni, e non qualche altra particella, come abbiano origine spazio e tempo, perchè ci siano tre dimensioni dello spazio, come siano determinate dalla teoria masse, forze ed altre costanti. Questi tipi di teorie vanno sotto il nome di teorie del tutto (TOE) e tendono ad occupare uno spazio tradizionalmente di competenza delle religioni, mitologie, o anche delle metafisiche influenti degli scienziati. La scoperta di una tale teoria significherebbe che la ricerca delle leggi sottostanti della natura è terminata. Di qui il titolo del saggio del premio Nobel Steven Weinberg: *Dreams of a final theory*. ed il suo libro: *Il sogno dell'unità dell'universo*.





■ 2b) Lederman e il Fermilab tra rivoluzione industriale, cooperazione, competizione atlantica e guerra fredda

Come le cattedrali anche i grandi acceleratori sono nati e si sono sviluppati nel contesto di profondi mutamenti non solo scientifici ma anche economici, sociali e politici. Fondamentale per quanto riguarda il CERN, oltre all'impegno pionieristico di alcuni fisici è stato il desiderio di vari paesi europei di cooperare per risollevare la ricerca dalle sciagure della seconda guerra mondiale e tornare a competere con gli Stati Uniti. Le ingenti risorse richieste dall'impresa in entrambi i continenti per cinquanta anni sono state rese possibili da uno sviluppo della produttività senza precedenti storici. E' inutile negare comunque che sebbene lo sviluppo degli acceleratori non sia direttamente legato ad applicazioni militari, il retroterra ideologico-pratico costituito dal successo del progetto Manhattan ha fortemente contribuito a facilitare lo sviluppo della big science nel settore della fisica sperimentale delle particelle. Per riprendere il paragone di Wilson sono proprio i direttori dei grandi acceleratori gli abati Suger della nostra epoca. Lederman, nel libro già citato, descrive l'impegno che occorre per ottenere i finanziamenti necessari, con relazioni ai più alti livelli politici. Anche qui la metafisica (dell'energia) per poter essere concretizzata ha bisogno di un vasto supporto materiale e di una confluenza di interessi.

## Atto II: Nuovi contesti

I contesti culturali e socioeconomici che hanno consentito queste grandiose costruzioni non durano in eterno: sia le cattedrali che gli acceleratori si sono trovati in conflitto con nuovi contesti ed hanno risentito notevolmente del venir meno delle antiche premesse.

### 1a) La rivoluzione scientifica e la fine dell'egemonia della teologia naturale

La visione della natura di stampo medievale non era più adeguata ai desideri ed ai bisogni delle nuove società che avevano vissuto l'esperienza rinascimentale e la crisi religiosa con la conseguente riforma protestante; molte cattedrali rimasero incompiute, la teologia ed in particolare la metafisica della luce non fornivano più l'accesso alla comprensione della struttura dell'universo. Riprendendo alcune tematiche aristoteliche, il *lumen*, sempre più inteso come radiazione luminosa, aveva preso il posto della *lux*, la capacità di vedere. L'ulteriore confluenza di rivoluzioni concettuali, la costruzione di strumenti ed il nuovo approccio sperimentale, la ripresa di metodologie matematiche portarono alla separazione del libro della natura dal libro della scrittura (ovvero della conoscenza della natura dalla via di salvezza). La rivoluzione scientifica, nonostante il processo a Galileo, si era affermata. E' interessante notare che Galileo stesso aveva separato nei suoi scritti metodologici le qualità primarie (oggettive perchè quantificabili) da quelle secondarie (soggettive perchè non quantificabili) e aveva asserito che intensivamente, anche se non estensivamente, l'uomo partecipa alla mente di Dio.

Ritornando agli esperimenti fatti a Bologna possiamo dire con Heilbron che "L'osservatorio di S.Petronio fu parte di uno sforzo da parte di studiosi cattolici di rimanere in una posizione di punta nello sviluppo delle scienze esatte e della filosofia naturale". Nel 1758 l'eliocentrismo non sarà più all'Indice, ma intanto la rivoluzione scientifica aveva oramai vinto una fondamentale battaglia.

### ■ 1b) Fertilità delle metafisiche individuali degli scienziati

Il ruolo però della teologia non si era completamente esaurito: era entrata nelle concezioni scientifiche attraverso quella che oggi gli storici ed epistemologi chiamano metafisica influente. Le diverse concezioni religiose di Keplero, Cartesio, Leibniz, Newton, e poi di Faraday, Einstein ed altri avranno una profonda e duratura influenza sulla costituzione stessa delle teorie scientifiche, nei diversi contributi e nelle diverse versioni. Si passava così dalle crociate, dalla persecuzione degli eretici e dalle guerre di religione ai dibattiti scientifici e qui è la maggiore o minore fertilità dei vari approcci ad avere l'ultima parola, ed anche questa mai definitiva.

## 2a) Disarmo, globalizzazione, network society: la fine della modernità?

Proseguendo nella nostra analogia possiamo osservare che non solo le cattedrali ma anche gli acceleratori rimangono talvolta incompiuti. Il progetto del Superconducting SuperCollider in difesa del quale Lederman aveva scritto il suo libro sulla particella di Dio, nonostante una iniziale approvazione da parte di Reagan e poi da parte del Congresso nel 1989, nel 1993 fu cancellato. Il costo di 8,25 miliardi di dollari fu ritenuto non sostenibile per un progetto che, a detta ancora di Wilson, non aveva scopi militari ma solo la ricerca della conoscenza. E' ovvio comunque che il mutato clima politico, la caduta del muro di Berlino nel 1989 e del comunismo sovietico nel 1991 hanno purtuttavia giocato un ruolo, come pure un ruolo hanno giocato la caduta della produttività economica e le incertezze sullo "status" epistemologico delle teorie del tutto. Simbolicamente la cancellazione del progetto della più grande cattedrale/acceleratore mai immaginata può essere associato alle discussioni sulla fine (o meno) della modernità al volgere del millennio. Il tentativo di Lederman di ricorrere a metafore teologiche è fallito, indice tra l'altro, come nel caso degli esperimenti di S.Petronio, di un'ispirazione non convinta e, tutto sommato, opportunistica. Una frase un po' nascosta è rivelatrice: "La fisica e la religione sono due cose distinte. Se non lo fossero, sarebbe molto più facile per noi scienziati tirar su finanziamenti."

La società contemporanea volge verso una nuova rivoluzione tecnologica e verso nuovi rivolgimenti sociali: ci può essere incertezza sul definire la situazione attuale come postmoderna, ma senz'altro siamo in un' epoca postindustriale e senz'altro nel villaggio globale il paradigma della materia-energia va evolvendosi verso quello dell'informatizzazione. La Network Society si sta affermando, con nuovi bisogni e nuove esigenze, con una struttura policentrica e con metafore non riduzioniste. Acquista anche un valore simbolico che da una costola minore del CERN si sia sviluppato il seme del World Wide Web, quasi come un sottoprodotto rapidamente ripudiato.

## **2b)La crisi del riduzionismo ed il concetto di emergenza; verso le matrici disciplinari?**

Un ultimo aspetto dell'analogia cattedrali-acceleratori che mi preme sottolineare è legato alla parte per me più interessante della ricerca scientifica: i dibattiti sulle metafisiche influenti. E' possibile che come la teologia sottostante alle cattedrali diede luogo a fertili metafisiche influenti nell'elaborazione di teorie scientifiche, allo stesso modo la metafisica degli acceleratori, ovvero il riduzionismo e l'unificazione, dia luogo a fertili influenze anche indipendentemente dagli acceleratori? A questi interrogativi, ed ad un bilancio della fisica di fine secolo sono dedicati i tre saggi con cui si chiude il terzo volume di un'importante e ponderosa opera collettanea, apparsa nel 1995: *Twentieth Century Physics..*

---

**Twentieth Century Physics**  
**Volume III**

---

Edited by

**Laurie M Brown**  
Northwestern University

**Abraham Pais**  
Rockefeller University  
and

Niels Bohr Institute

**Sir Brian Pippard**  
University of Cambridge

Institute of Physics Publishing  
Bristol and Philadelphia

and

American Institute of Physics Press  
New York

***Weinberg***

Il titolo del saggio di Steven Weinberg: *Nature itself*, indica di per sé l'intenzione di svolgere un'apologia del riduzionismo:

**Nature itself**  
**Steven Weinberg**

The state of science at the end of the twentieth century is very different from its condition at the century's beginning. It is not just that we know more *facts*—we have come in this century to understand the very pattern of scientific knowledge. In 1900 many scientists supposed that physics, chemistry and biology each operated under its own autonomous laws. The nature of science was believed to consist of many separate *rensemevolubils*, at peace with each other, but separately ruled. A few scientists held fast to Newton's dream of a grand synthesis of all the sciences, but without any clear idea of the terms on which this synthesis would be reached. Today we know that chemical phenomena are what they are because of the physical properties of electrons, electromagnetism, and a handful or so types of atomic nuclei. Biology of course involves historical accidents in a way that physics and chemistry do not, but the mechanism of heredity which drives biological evolution is now understood in molecular terms, and (almost) the belief in autonomous biological laws, is safely dead. This has truly been the century of the triumph of reductionism.

The same reductionist tendency is visible within physics. This is not a matter of how we carry on the practice of physics, but how we view nature itself. There are many fascinating problems that await solution, some like turbulence left over from the past, and others recently encountered, like high-temperature superconductivity. These problems have to be addressed in their own terms, not by reduction to elementary particle physics. But when these problems are solved, the solutions will take the form of a deduction of the phenomenon from known physical principles, such as the equations of hydrodynamics or of electrodynamics, and when we ask why these equations are what they are, we trace the answer through many intermediate steps to the same source: the Standard Model of elementary particles. Along with the theory of gravitation and cosmology, the theory of elementary particles thus now constitutes the whole outer frontier of scientific knowledge.

The Standard Model is a quantum field theory. The fundamental ingredients of nature that appear in the underlying equations are fields: the familiar electromagnetic field, and some twenty or so other fields. The so-called elementary particles, like photons and quarks and electrons, are 'quanta' of the fields—bundles of the fields' energy and momentum. The properties of these fields and their interactions are

“Questo è stato veramente il secolo del trionfo del riduzionismo”; la biologia e la chimica sono state ridotte alla fisica ed all’interno della fisica le risposte vanno ricondotte al Modello Standard delle particelle elementari. Ma “il Modello Standard chiaramente non rappresenta la fine della storia”; e qui è molto interessante la distinzione che Weinberg traccia tra una “low” ed una “high” road. Per la “low road” dopo la morte del progetto del Superconducting Supercollider le speranze sono affidate al Large Hadron Collider del CERN.





Per la “High road” invece le speranze sono rivolte ad una teoria finale unificata, senza aspettare nuovi dati; ossia un qualche tipo di teoria del tutto: questa sarà una qualche sorta di teoria delle stringhe; probabilmente dovremo far ricorso a principi fisici di nuovo tipo...quando finalmente impareremo le leggi finali della fisica. E tra questi principi dovrebbe trovar posto anche il discusso principio antropico. Questo ancora ci porta a discutere il ruolo epistemologico delle teorie del tutto: sono ancora dentro i confini della fisica o sono qualcosa di strutturalmente nuovo?

### *Anderson*

Un approccio diverso è tenuto da Philip Anderson, fisico della materia condensata nel suo: *Historical overview of the twentieth century in physics:*

Chapter 27

REFLECTIONS ON  
TWENTIETH CENTURY  
PHYSICS: THREE ESSAYS

Historical overview of the twentieth century  
in physics

Philip Anderson

Introduction

To write a philosophical overview of this century of physics is a more than daunting task. It may be that with this century the history of science and technology will be seen to so overshadow and determine the conventional history of the world as to be inseparable from it. The ramifications of physics alone determined the outcome of the century's major war and dominated the politics in the half century since that war, through the physics-based revolution in communications as much as through the revolution in weaponry. With luck the politics of the next century will focus on science-dominated problems: population, energy and global ecology. Technologies based on new science—the Green Revolution, the pill, increasing control of many diseases, the electronics industry, aerospace, and the many uses of the computer—have dominated world economics and sociology (a wonderful reference on this point is Pico Ayer, *Wider Time in Kalamazoo*). I also sense seeds of a coming revolution in modes of thinking which contain scientific disciplines—fractals, chaos, complex adaptive systems such as neural nets—are preparing for us. Leaving aside the wider context of physics I turn my gaze inward, to a great extent, to look at how physics grew and changed, seeing how the world context affects physics and physicists but ignoring the very important feedback loop of how we affect the world.

Even so, I am left with a great variety of choices as to how to structure what I have to say, whether to focus on the great theoretical discoveries such as relativity, the structure of the atom and the nucleus, quantum

2007

Egli rifiuta esplicitamente il riduzionismo.espresso in libri come *Dreams of a Final Theory* di Weinberg o *The God Particle* di Lederman, e considera il processo di "emergenza" come la chiave per comprendere la struttura della scienza del ventesimo secolo: "ogni cosa che noi osserviamo emerge da un substrato più primitivo, nel significato preciso del termine "emergente", che, per così dire, obbedisce alle leggi del livello più primitivo, ma che non deriva concettualmente da quel livello". "La biologia molecolare non viola le leggi della chimica, tuttavia contiene idee che non furono, e probabilmente non potevano essere, dedotte direttamente da quelle leggi; si assume che la fisica nucleare non sia inconsistente con la QuantumChromoDynamics, tuttavia essa non è stata ancora ridotta ad essa, etc."

In questo senso, una struttura come il modello standard, o le leggi dei legami chimici, rompono la catena del riduzionismo e rendono irrilevante per i livelli più alti dell'organizzazione l'ulteriore investigazione di leggi sottostanti. Anderson descrive l'evoluzione della fisica nella prima metà del secolo (che ne vede il trionfo), e lo

sviluppo della big science fino alla fine della guerra fredda, quando la fisica non ha più nè incondizionata approvazione nè accesso illimitato alle risorse.

Anche lo sviluppo della ‘Small Science’ è legato alla percezione della sua utilità economica sia da parte dell’industria che del governo. Ma anche lo sviluppo della Small Science è giunto alla saturazione con la fine della guerra fredda.

Per Anderson ci sono nel settore degli effettivi problemi, uno dei quali è la sempre maggiore estraneazione dalla fisica anche da parte del pubblico delle persone colte. Questo fenomeno, che è legato alle problematiche dell’emergenza, fa sì che divulgare e spiegare la fisica risulterà un compito sempre più arduo.

Le tesi di Anderson si riallacciano a quelle di Silvan S. Schweber in: *Physics, Community and the Crisis in Physical Theory (Physics Today November 1993)*:



Siamo nel mezzo di una ristrutturazione delle scienze fisiche. Internamente si stanno stratificando in livelli indipendenti con principi di base stabili; esternamente i finanziamenti si stanno restringendo e gli obiettivi politici stanno cambiando.

Per Schweber l'approccio riduzionista che è stato il caposaldo della fisica teorica del XX° secolo sta per essere scavalcato dallo studio dei fenomeni "emergenti". "Ogni strato della gerarchia è presentato con successo, anche se rimane in gran parte disaccoppiato dagli altri strati." "In particolare si sono disaccoppiate la fisica delle alte energie e la fisica dello stato solido, nel senso che l'esistenza di un quark top, o di qualsiasi nuova particella pesante scoperta al CERN o altrove, è irrilevante per gli scopi dei fisici della materia condensata, indipendentemente da quanto grande sia il loro interesse intellettuale per essa."

Gli elettroni ed i nuclei sono le particelle elementari della materia condensata e gli aspetti rilevanti della costituzione interna di un nucleo sono incorporati nei parametri, empiricamente determinati, che esprimono il suo spin, momento magnetico, momento elettrico di quadrupolo, e così via." Noi dobbiamo riconcettualizzare la crescita della conoscenza scientifica. Il modello kuhniano non funziona più. Il nuovo modello dovrà tener conto che è avvenuto qualcosa di importante. Un ordinamento gerarchico di parti dell'universo fisico è stato stabilizzato, ogni parte con la sua ontologia quasi stabile e la sua teoria efficace quasistabile e le divisione sono capite abbastanza bene... In effetti una sorta di "finalizzazione" è stata raggiunta in questi domini."

"La dimensione concettuale della crisi ha le sue radici in quello che sembra il fallimento dell'approccio riduzionistico, in particolare per le sue difficoltà nel dar conto dell'esistenza di proprietà emergenti oggettive.

L'impresa scientifica è ora largamente implicata nella creazione di novità, nella progettazione di oggetti che non sono mai esistiti prima e nella creazione di quadri di riferimento concettuali per comprendere la complessità e la novità che possono emergere dai fondamenti e dalle ontologie note. La ricerca moderna è condotta entro una società la cui concezione dominante della razionalità segue la dottrina dello strumentalismo. La verità è valutata meno dell'utilità.

La storia di questo secolo rende chiaro che dobbiamo rifiutare la razionalità strumentale, la nozione che il controllo e l'utilità debbano essere i criteri più importanti di guida del nostro comportamento. Nello stesso modo il relativismo della posizione postmoderna pone dei pericoli permettendo a chiunque di avere i propri criteri.

Gli scienziati costituiscono un modello di quello che Jürgen Habermas ha chiamato la comunità comunicativa, una comunità che si sviluppa entro i vincoli della cooperazione, fiducia e amore per la verità, e non è vincolata nello stabilire i propri scopi e la propria agenda. Questa comunità è una garanzia che una delle maggiori aspirazioni umane “essere membri di una società che è libera ma non anarchica” possa invero essere soddisfatto.

**John Ziman:**

Infine uno sguardo ai rapporti tra fisica e società civile viene dato da John Ziman nel suo: *Some reflections on physics as a social institution* :



Secondo Ziman, la grandiosa politica di alcuni fisici, ispirati da un ingenuo fondamentalismo riduzionistico, e volti ad allargare la propria influenza sulle altre scienze, si è rivelata un fallimento, soprattutto, a causa della completa ignoranza dell'immensa risorsa di conoscenze, tacite e non quantificabili, su cui si fondano quest'ultime. Ciò che oggi emerge, infatti, è una "struttura a matrice"(ad esempio nei settori delle scienze della terra, tecnologie dell'informazione, scienze dei materiali), dove le nuove relazioni transdisciplinari a righe sono più visibili ed influenti nella società delle vecchie "colonne" disciplinari che le sostengono. L'autorità della fisica si sta così frammentando e ripartendo in una più ampia serie di istituzioni sociali. Allora, si chiede Ziman : "come si può riconciliare la struttura disciplinare, relativamente permanente, adatta per l'insegnamento universitario, con i raggruppamenti mutevoli, interdisciplinari, multinazionali e intersettoriali, che ora caratterizzano la ricerca avanzata?"

Ciò che ha reso la fisica di questo secolo così entusiasmante è stato il fatto che molti dei principali campi hanno avuto la loro "rivoluzione kuhniana", e sono adesso effettivamente finalizzati, ossia orientati utilmente verso obiettivi realistici. Tuttavia, la fisica delle alte energie, l'astrofisica e la cosmologia, a tutt'oggi non sono finalizzate e qui la gestione dello sforzo diventa più importante della concezione dei suoi obiettivi.

Ziman, però, sostiene che il sistema si è allargato fino a scontrarsi con i suoi limiti di crescita e può arrivare, attraverso una significativa ed irreversibile transizione, ad una nuova fase strutturale. Dunque, il futuro dipenderà dai leaders della comunità dei fisici dal momento che essa procede fra grandi pericoli.

## **Finale: Quale Fisica al volgere del millennio? Elaborazione e diffusione di una cultura scientifica**

La svolta "scientifica" delle cattedrali e quella "teologica" degli acceleratori, come si è visto, non hanno dato i risultati auspicati.

Resta però vero che, in ogni teoria scientifica, le metafisiche influenti svolgono una funzione che spesso si rivela di grande utilità. In particolare, oggi a fronteggiarsi in un appassionante dibattito sono il riduzionismo e l'emergenza. Ed è proprio a partire anche da questo confronto che bisogna ricercare gli elementi sui quali impostare una "nuova" e più feconda cultura scientifica. Al volgere di questo secondo millennio, agitato dalla frammentazione sociale prodotta dalle nuove tecnologie, diventa essenziale il problema dell'elaborazione e della diffusione di una cultura scientifica che possa offrire ai cittadini la consapevolezza delle poste in gioco e, quindi, la capacità di scegliere.

