

La Fisica Moderna: alcuni aspetti di carattere antropologico

G. Battistoni

*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
e Università di Milano*

Sommario

- 1) Cosa è la fisica
- 2) La fisica classica e le sue implicazioni
- 3) Le implicazioni della fisica del XX secolo
- 4) Le direzioni significative della fisica di base di oggi
- 5) Esempio significativo: la Cosmologia Moderna e l'Unificazione delle Forze
- 6) Il Principio Antropico
- 7) La fine dell'esistenza
- 8) Ultimissime dall'Universo: una nuova rivoluzione scientifica?
- 9) Alcune conclusioni e una domanda

Ripasso: cosa e' la fisica?

Descrizione della realta' mediante il "linguaggio" della
matematica ("modello")

Non basta che il modello abbia la coerenza interna matematica
allo stesso tempo
deve anche e soprattutto resistere alle falsificazioni sperimentali

il modello deve essere **predittivo**: non basta che spieghi
l'osservato ma deve indicare qualcosa che va ancora
sperimentato (e che quindi renda il modello falsificabile)

La capacita' di prevedere:
prima importante implicazione antropologica

La Fisica classica e le sue implicazioni

Definiamo Classica la fisica sviluppata prima della "meccanica quantistica" (fisica del mondo "microscopico") e, per alcuni aspetti, prima della relativita' di Einstein

Caratterizzata dalla meccanica di tipo macroscopico (anche quando diventa teoria cinetica dei gas) → **determinismo rigoroso**

Totale continuita' fra struttura macroscopica e struttura microscopica

I fenomeni osservati/misurati sono totalmente indipendenti dall'osservatore, la cui influenza puo' essere al limite annullata

Non a caso questa e' alla radice del positivismo

Le implicazioni della nuova fisica del XX secolo

La rivoluzione della meccanica quantistica

(concetto principale → **dualismo fra onde e particelle**):

- **il determinismo non e' piu' applicabile senza restrizioni al modo microscopico (atomico)**

- **cio' che diventa predicibile sono le probabilita' degli eventi**

- **forte influenza dell'osservatore attraverso l'atto della misura**

Il mondo non puo' piu' essere considerato indipendente dall'osservatore

Le precedenti interpretazioni fisiche e filosofiche della realta' non possono essere rigidamente mantenute

La fisica del XX secolo e il senso di responsabilita' nei confronti dell'uomo

Lo sviluppo della fisica nucleare e la sua prima applicazione bellica hanno generato una sorta di senso di colpa collettivo nella comunita' dei fisici che e' tuttora percepibile

Anche se questioni come l'impatto sull'uomo (vedi anche Chernobyl...) siano di pertinenza della tecnologia, piu' che della scienza, la fisica porta il peso di un cambio di attitudine dell'uomo nei riguardi del progresso scientifico.

Oggi la necessita' di applicare ricadute della ricerca in fisica ad aspetti immediati di interesse umano (es. medicina) non e' solo questione di opportunita' politica...

Le direzioni della moderna Fisica di Base

Dalla fisica nucleare nasce la fisica delle "particelle elementari" che presto porta alla convinzione che non sono le tanto le particelle ad essere elementari (= oggetti fondamentali) quanto piuttosto lo sono le "interazioni" (forze) che governano tutti i fenomeni dell'universo

4 interazioni fondamentali:

gravitazionale - nucleare debole - elettromagnetica - nucleare forte

tutte descritte secondo principi matematici potenzialmente unificanti basati su concetti di invarianza, simmetria (e rottura della simmetria)

L'Unificazione come obiettivo ultimo della teoria

Il "Modello Standard"

1) 4 forze

1) nucleare forte

2) elettromagnetica

3) nucleare debole

4) gravitazionale

} elettrodebole

Per ora l'unica unificazione
sperimentalmente confermata

particelle + antiparticelle

2) 3 tipi di costituenti:

a) quarks il "grosso" della materia che conosciamo

b) elettroni, neutrini e simili ("leptoni")

c) particelle "mediatrici delle forze": i Bosoni Vettori
(fotone, ecc.)

Oggi ci sono indizi sperimentali che il modello standard ha bisogno di essere esteso nel senso dell'unificazione e della simmetria

In parallelo all'infinitamente piccolo anche l'infinitamente grande: nasce la **Cosmologia Moderna**

Osservazioni e loro interpretazione secondo il
Modello Standard permettono di capire l'evoluzione
dell' Universo: **"Modello Standard" dell'universo**

- Singolarita' all'origine ("Big Bang")
- espansione
- formazione degli elementi leggeri
- *formazione delle stelle e loro evoluzione,*
- *formazione degli elementi pesanti*
- formazione delle galassie
- evoluzione e il destino finale

in congiunzione
con la
fisica nucleare



**La fisica delle particelle permette di ricostruire in laboratorio le
condizioni dell'universo primordiale**

Un esempio del successo del Modello Standard Universale: la "nucleosintesi" primordiale

3 minuti dopo il Big Bang l'universo era così caldo che i nuclei atomici non potevano esistere come tali, ma erano divisi in protoni (p) e neutroni (n)

Espandendosi l'universo si raffredda: p e n si legano e formano i nuclei degli elementi leggeri (D, T, He, Li).

L'abbondanza di questi elementi rimane \sim la stessa da quell'epoca

Le osservazioni sull'abbondanza degli elementi leggeri confermano la previsione numerica della teoria del Big Bang unita alla nostra comprensione attuale della fisica delle particelle elementari!!!!

Un grande successo...

Sottolineatura di alcune implicazioni...

Si cerca una spiegazione del "tutto"

il "tutto" non puo' non comprendere anche l'uomo

Questo e' quasi banale, ma la discussione e':
fino a che livello?

Riflessioni filosofiche: Siamo in un universo speciale?

Molti indizi suggeriscono che delle condizioni dell'Universo anche solo infinitesimamente differenti avrebbero dato luogo ad un modo inospitale...

L'espansione avrebbe potuto essere così veloce da non consentire la formazione di strutture.

Un'espansione appena più veloce non avrebbe permesso altri atomi oltre l'idrogeno

Una forza gravitazionale appena più forte (o debole) avrebbe generato stelle totalmente diverse.

Una forza elettro-magnetica appena diversa avrebbe prodotto atomi troppo piccoli o troppo grandi...

2 risposte possibili:

1) La "Teoria del Tutto"

Una (futura) teoria della fisica spiega tutti gli aspetti dell'Universo, include queste che sembrano coincidenze
Puo' esistere la **Teoria di Ogni Cosa?**

2) il Principio Antropico

- a) Se l'Universo non fosse così noi non saremmo qui ad osservarlo...
- b) L'Universo è stato fatto per noi...

Qualche parola in piu' sul Principio Antropico

La forma debole: Non è sorprendente che l'universo osservato ammette l'esistenza della vita, perche' l'Universo non puo' essere osservato senza osservatori.

Principio di selezione: ci sono condizioni necessarie per l'esistenza degli osservatori che restringono i tempi e i luoghi in cui l'Universo si può osservare

La forma forte: l'esistenza della vita è condizione necessaria perchè un modello di universo abbia senso...

Mio parere personale:

A questa discussione il fisico NON dovrebbe partecipare...

Unificazione, Stringhe e unicità dell'Universo...

Una via concreta alla Grande Unificazione di tutte le forze ad oggi sembra realizzarsi attraverso quella che chiamiamo "Teoria delle Stringhe" (particelle descritte come corde immerse in uno spazio a molte dimensioni)

In questo quadro ci si accorge che possono co-esistere una molteplicità di universi (**il Multiverso**):

...esistono **INFINITI UNIVERSI**, con parametri fisici anche lievemente diversi.

Solo in quella (infinitesima) parte di Universi in cui le condizioni lo consentono, la "vita" è possibile...

Cio' puo' avere implicazioni diverse, ma e' ancora presto e ci vuole molta cautela... non e' concesso trarre conclusioni oggi

Unificazione e destino ultimo della materia (e quindi dell'uomo)

Una conseguenza della Grande Unificazione e' che il mattone base della materia, il protone, non e' eterno, stabile, ma ha una vita media ($> 10^{32}$ anni, da confrontare con l'eta' dell'universo: $\sim 10^{10}$ anni)

Ci sono indizi, ma non ancora conferme sperimentali

Verra' un momento, non importa quanto lontano, in cui tutta la materia sara' trasformata in radiazione: la vita non potra' piu' esistere.

Ma a prescindere dalla stabilita' del protone:

In un universo in perenne espansione non potremo che avere comunque una fine termodinamica gia' inclusa nella fisica classica:

"La morte termica"

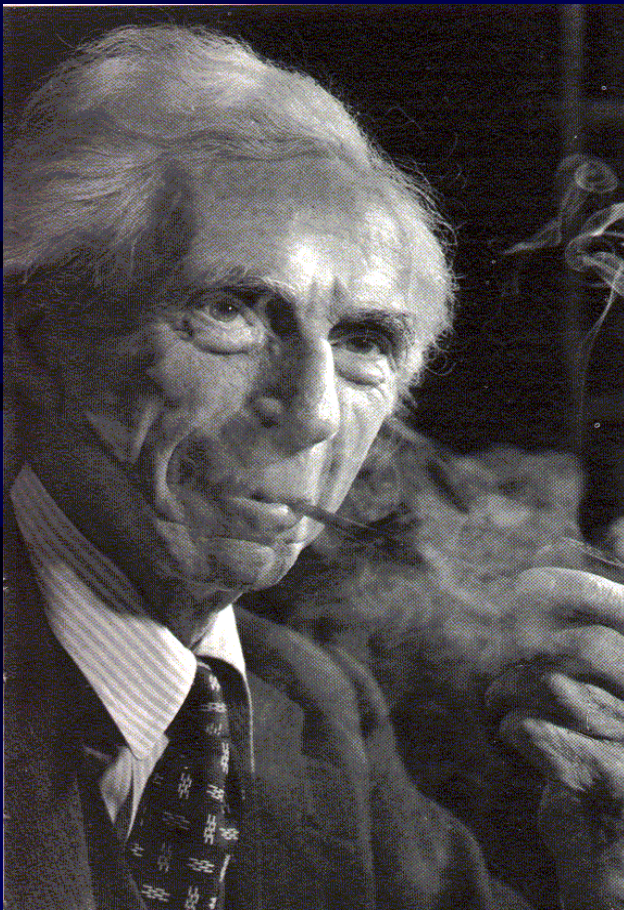
II principio della Termodinamica:

In un sistema isolato l' entropia cresce in ogni processo irreversibile

Tutto cio' a prescindere da altri "incidenti" che incombono sul genere umano:

- Possibile collisione catastrofica (asteroidi, ecc.)
- Sicura morte del Sole (~5 miliardi di anni)
- capacita' di auto-estinzione (il rischio piu' grave??)

B.A.W. Russel (1872-1970) sul problema della "morte termica"



- "Tutte le fatiche di generazioni, tutta la devozione, tutta l'ispirazione, tutta la gloria dell'apogeo del genio umano, sono destinati all'estinzione nell'immensa morte del sistema solare, e l'intero tempio delle imprese dell'uomo dovrà inevitabilmente essere sepolto fra le ceneri dell'universo in rovina..."
- Nessuna filosofia che respinga tali conclusioni può sperare di reggere..."

Alcuni risultati molto significativi degli ultimi anni (dal 1998 a oggi)

Non solo l'universo è in espansione, ma la velocità di espansione aumenta nel tempo!

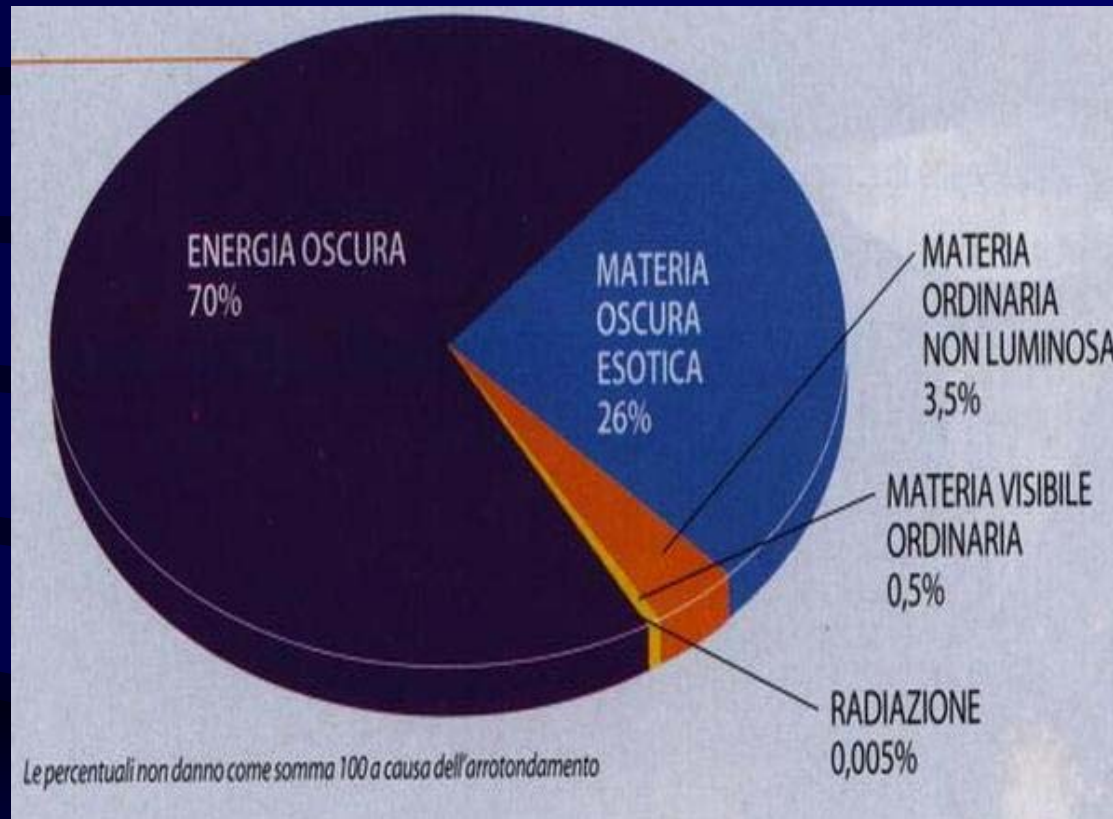
Il processo è guidato da un bilancio energia/materia dominato da forme di energia e materia che non sono incluse nel modello standard e che non capiamo ancora:

L'Energia Oscura e la Materia Oscura

Un'assalto alla comprensione di queste nuove "forme" potrebbe iniziare fra poco con i nuovi esperimenti di fisica delle particelle

Lo stupefacente quadro della composizione dell'Universo alla luce delle misure attuali

"Concordance" model



La maggior parte dell'Universo è fatto di qualcosa di cui non sappiamo nulla e che ancora non capiamo!!!

Siamo chiamati a rivedere la nostra presunta capacità di dominare la conoscenza del tutto...

Altre direzioni con forti implicazioni antropologiche...

-Ci sarà mai una continuità fra fisica e biologia?

-Sta nascendo negli ultimi anni una modalità di approccio diverso: la "complessità" in opposizione al "riduzionismo" (da notare che la complessità intrinseca nasceva già nell'ambito del determinismo classico (Poincaré e i problemi di meccanica celeste a molti corpi))

Problemi intrinsecamente complessi: per esempio la meteorologia ("un battito d'ali di farfalla in Cina...")

E' ancora presto per valutare l'impatto di questo tipo di approccio

Conclusioni (si fa per dire...)

- L'evoluzione della fisica porta necessariamente, anche per chi non vorrebbe, ad interessarsi dell'uomo
- Nell'ipotesi piu' riduttiva: se non altro come osservatore
- Nell'ipotesi piu' vicina alla metafisica: l'uomo come necessita'
- C'e' un certo "pericolo" che, dopo la rivoluzione di Galileo che aveva sollevato la fisica dal ruolo di filosofia naturale, che quest'ultima rientri dalla porta di servizio
- I fisici (ma gli scenziati in genere) non sono preparati a questo: rischio di posizioni molto ingenuie
- Serve una comprensione maggiore di alcuni aspetti tecnici da parte di filosofi (e teologi) per avviare un dibattito comune piu' severo
- Come fisico mi basterebbe cercare di fare bene quello che so e devo fare dal punto di vista professionale senza farmi condizionare da possibili suggestioni...

Ci sarebbe ancora una domanda da porsi:

Il problema visto a rovescio: quanto la nostra struttura mentale influenza tutto il processo cognitivo fin qui descritto?

Ma tutte queste simmetrie (o rotture di simmetria) che noi intravediamo nelle leggi di natura e attraverso le quali costruiamo la strada della Grande Unificazione sono una proiezione della nostra struttura mentale, o sono veramente esterne a noi?

Forse non importa: finché la cosa funziona (cioè produce previsioni in accordo con gli esperimenti) non ci si dovrebbe preoccupare...