

IL BIG BANG L' ORIGINE DELL' UNIVERSO E ALTRI PROBLEMI CONNESSI

di Pierluigi Fortini

Partirò da due conferenze tenute da Steven Hawking: una a Berkeley (USA) (13 Marzo 2007) e l'altra in Inghilterra (2008?). Queste conferenze saranno indicate con le lettere A e B. Nel sito di Hawking non sempre compaiono le date precise non solo ma anche mancano bibliografie e riferimenti ad altre opere. La conferenza A potete trovarla nel sito http://berkeley.edu/news/media/releases/2007/03/16_hawking_text.shtml e quella B nel sito (che è poi quello di Hawking) <http://www.hawking.org.uk/lectures/bot.html>.

Altre indicazioni potete trovarle in Google "beginning universe".

Prima di addentrarmi nel tema, farò una brevissima introduzione di che cosa si debbano intendere con classico, quantistico etc.

1 Definizioni dei principali termini in Fisica

La storia della Fisica può essere suddivisa in due grandi periodi: periodo classico e periodo quantistico.

1.1 Periodo classico

Va da Galileo fino alle due teorie della relatività di Einstein (dal 1600 fino a 1916). In questo periodo sono comprese:

1.1.1 Meccanica classica

Il moto dei corpi può avvenire a qualsiasi velocità anche infinita. La geometria in cui avviene il moto è costituita dalle tre dimensioni spaziali (x,y,z), alle quali si aggiunge il tempo che scorre indipendentemente dalla posizione dei corpi in (x,y,z). Si dice che lo spazio-tempo è costituito da due varietà: una avente dimensioni 3 (lo spazio geometrico) più un'altra avente dimensioni 1 (il tempo). Il maggior successo che la meccanica classica ha ottenuto

è il moto dei corpi celesti (gravitazione universale di Newton) su cui si fonda l' Astronomia.

1.1.2 Teorie dei campi classici

La gravitazione universale porta subito al concetto di campo (di forze). Questo concetto ha importanza estrema per gli sviluppi della fisica moderna. L' idea è molto semplice: le forze che si esercitano tra i corpi devono essere intese come esistenti in ogni punto dello spazio e del tempo e quindi formano un campo (nel senso quasi letterale del termine). Nell '800 si vide che il concetto di campo gravitazionale, fino ad allora unico concetto di campo esistente, poteva essere esteso anche ai fenomeni elettromagnetici. Esso portò quasi immediatamente al concetto che il campo elettromagnetico non si propagava a velocità infinita ma ad una velocità, che viene indicata con c , il cui valore è circa 300.000 km/sec e coincide con la velocità della luce. Questo risultato è la scoperta più importante della teoria dei campi classica: la luce è un disturbo del campo elettromagnetico.

1.1.3 Le due teorie della Relatività

La velocità c entrava in conflitto violento con il concetto che la velocità dei corpi poteva essere qualsiasi. Einstein enunciò la teoria della relatività speciale (1905) basata su questo postulato: la velocità dei corpi non può essere superiore alla velocità della luce nel vuoto. Questo postulato rivoluzionò completamente le leggi fondamentali della meccanica classica. In particolare introdusse il concetto di "energia a riposo" che una particella può avere ($E_p = mc^2$). Questo valore permette di distinguere due stati di moto: se $E < E_p$ allora il moto può essere trattato approssimativamente con le stesse leggi della meccanica di Galileo - Newton; invece se $E > E_p$ allora dobbiamo necessariamente considerare il moto secondo la teoria della relatività (in questo caso si dice anche che la particella è in uno stato ultrarelativistico).

Oltre a ciò, la relatività speciale comporta una unificazione tra lo spazio ed il tempo. Così le due varietà 3(spazio)+1(tempo) diventano una varietà quadridimensionale (x,y,z,ct).

La Relatività Generale fu enunciata da Einstein (1916) per venire incontro al fatto che, mentre la teoria elettromagnetica si trova naturalmente in accordo con la teoria della relatività speciale, il campo gravitazionale non è in accordo con la teoria della relatività speciale (infatti il campo gravitazionale di Newton si può propagare ad una velocità qualsiasi).

Le novità introdotte dalla Relatività Generale sono:

a) - matematicamente tale teoria non è lineare come quasi tutte le teorie

fisiche. Questo comporta una difficoltà matematica talmente forte che, fino ad oggi, non è stato possibile trovare l'aspetto che permetta di ottenere facilmente delle soluzioni analitiche. Questo è il significato del termine lineare: una teoria si dice lineare se, nota una soluzione della teoria, è possibile trovarne altre che possono essere messe alla prova della fisica sperimentale.

b) - la varietà quadridimensionale è una varietà curva, cioè, a differenza della varietà della relatività speciale che è un piano a quattro dimensioni, la varietà della RG non è un piano. Così per farci un'idea di questa differenza, si confronti un piano con una superficie sferica. Quindi la varietà della relatività speciale è un piano a quattro dimensioni e quella della RG è una specie di una ipersfera a quattro dimensioni.

1.2 Periodo quantistico

Contemporaneamente la fisica atomica si trovò in acque ancora peggiori nel cercare la spiegazione dei fenomeni perchè i fenomeni della fisica atomica non si inquadravano in nessuna delle precedenti teorie. Fu grazie ai fisici Bohr (danese), Heisenberg (tedesco) e Schrödinger (austriaco) che si fondò la

1.2.1 Meccanica quantistica

Il concetto fondamentale su cui si basa la teoria quantistica è il seguente. Le misure di fisica atomica (e successivamente di fisica delle particelle elementari) risultano dall'interazione di un apparato classico macroscopico con le particelle; pertanto non è possibile seguire la traiettoria di una particella punto per punto e istante per istante. Sarebbe come volere seguire una particella leggerissima (dell'ordine della massa e delle dimensioni di un elettrone) usando un martello e cercando di localizzare la particella sulla estensione della testa del martello con una precisione infinita. Purtroppo non abbiamo nessun modo di fare la misura con un mezzo meno devastante di un martello: sarebbe come un elefante che si muove in un negozio di porcellane!

Da queste considerazioni deriva il principio di indeterminazione. La cosa più importante da notare nel seguito di questo intervento, che io POSSO AVERE UN PRINCIPIO DI INDETERMINAZIONE SOLO SE ESISTONO UN OGGETTO MACROSCOPICO ED UNO MICROSCOPICO. In altre parole ci deve essere QUALCUNO di dimensioni macroscopiche assieme a QUALCOSA di dimensioni microscopiche.

La struttura matematica della meccanica quantistica è costituita dalle equazioni di Heisenberg che sono rigorosamente valide se la meccanica sostanziale è la meccanica di Galileo - Newton.

Un' altra forma matematica della meccanica quantistica è costituita dall' equazione di Schrödinger, anche essa valida per la meccanica di Galileo - Newton.

1.2.2 Meccanica relativistica quantistica

Qualche anno dopo, Dirac si pose il problema: è possibile trovare un' equazione quantistica che abbia lo scopo di quantizzare la relatività speciale? Questo era necessario se si vogliono trattare quantisticamente particelle ad energie ultrarelativistiche.

E qui ci troviamo nel nocciolo della questione. L' equazione di Dirac che è considerata da moltissimi fisici l' equazione che sostituisce in campo quantistico relativistico l' equazione di Schroedinger in campo classico di Galileo - Newton, per certi versi va bene ma per altri (essenzialmente su questioni coinvolgenti il principio di indeterminazione) fa acqua da tutte le parti.

Infatti già dagli anni 1929 i grandi fisici Europei si erano accorti di queste incongruenze che qui sotto elenco.

1 Heisenberg sapeva che la teoria quantistica VALEVA SOLO PER FENOMENI A BASSA ENERGIA QUINDI CLASSICA.

2 Dirac nello scrivere le equazione per l' elettrone relativistico si imbattè in certe incongruenze legate alle equazioni di Heisenberg.

3 Schrödinger si accorse che, ad esempio, il moto dell' elettrone relativistico, secondo l' equazione di Dirac, dava il risultato sorprendente (ed errato!) che doveva avvenire sempre alla velocità della luce! Fu costretto a inventarsi il cosiddetto "Zitterbevegung" secondo il quale, effettuando opportune medie statistiche, questa incongruenza poteva essere eliminata. Stiamo attenti però che questo modo di procedere è un primo esempio di una qualche "teoria della rinormalizzazione" che io assomiglio ad una donna delle pulizie la quale, non sapendo dove mettere il pattume, lo elimina semplicemente mettendolo sotto il tappeto!

4 L' unica persona che non ha mai creduto alla meccanica quantistica è stato Einstein. La sua teoria, contraria alla meccanica quantistica (si noti che Einstein FU IL FONDATORE DELLA MECCANICA QUANTISTICA!), ha trovato una formalizzazione nella teoria di Bell che ha individuato come dovrebbero funzionare i fenomeni se ha ragione Einstein. Sono stati fatti alcuni esperimenti dai quali non è chiaro se Einstein ha ragione o torto; da allora (1960-1980) i fisici hanno messo una pietra su questa questione e non ci pensano più : a mio parere è il modo migliore per affossare la ricerca fondamentale!.

1.2.3 Teorie dei campi quantistiche

Il passaggio dalla meccanica quantistica alla teoria dei campi quantizzata è avvenuta in questo modo (periodo che va dal 1930 al 1950). Fondamentalmente, si sono sostituite le equazioni della meccanica classica con le corrispondenti quantità della meccanica quantistica e cioè: al concetto di traiettoria percorsa dalle particelle si è sostituito il concetto di stato quantistico. Dal punto di vista matematico ciò equivale a dire che, in base al principio di indeterminazione, possiamo solo descrivere la probabilità che le particelle occupino degli stati stazionari (in numero infinito) tra i quali esse possono compiere dei salti quantici. Effettuata questa quantizzazione si ha la brutta sorpresa che le quantità fisiche (ad esempio l'energia, l'impulso etc.) sono in generale affette da divergenze (cioè andamenti infiniti anzichè finiti) che, di per sè, le renderebbero inutilizzabili: infatti le grandezze fisiche che entrano in gioco nelle esperienze devono necessariamente, come è logico, essere quantità esprimibili da numeri finiti.

È vero che questa teoria, cioè la teoria dei campi così mal ridotta da un punto di visto matematico, ha dato degli ottimi risultati in accordo con le esperienze dei grandi acceleratori (come del CERN a Ginevra); questo però a prezzo di enormi approssimazioni che fanno questa teoria molto faticosa. Mi spiego: la teoria quantistica dei campi, si è osservato, soffre di “divergenze” in cui l'energia, l'impulso ed altre grandezze fisiche sono divergenti. Essenzialmente si sono cercate di eliminare queste divergenze “inventando” una “teoria della rinormalizzazione” in base alla quale, essenzialmente, le divergenze vengono evitate in un formalismo che di fisico non ha nulla (sporco sotto il tappeto!!).

2 POSIZIONI SCIENTIFICHE DI HAWKING E TEORIE DEL BIG BANG

Passiamo ora a Hawking.

La sua posizione intellettuale, nella quale si ritrovano la stragrande maggioranza di coloro che pensano, è riassunta in queste domande: “Perchè siamo qui? Da dove veniamo?” (A)

Subito dopo manifesta la sua posizione filosofica: l'universo è infinito ed eterno (come vedremo in seguito). Egli ne è così convinto che non accetta altri punti di vista (in particolare quella cattolica) e copre di ridicolo praticamente le altre posizioni dicendo:

”Se uno crede che l'universo abbia avuto un inizio, la questione che si pone ora è: Cosa è capitato prima dell'inizio? Cosa faceva Dio prima

di fare il mondo? Preparava l' Inferno per coloro che si ponevano queste domande?" .(A)

Da queste prese in giro di coloro che non la pensano come lui, scaturisce la premessa principale e cioè che il tempo è eterno, in contrapposizione con il pensiero cristiano secondo il quale anche il tempo, come tutte le altre creature, è stato tratto dal nulla. Fondamentale è il pensiero di S. Agostino che ha influenzato i filosofi sul problema del tempo fino ai nostri giorni (non ultimo il pensiero di Bergson).

Rimanendo nel campo strettamente scientifico, limitandoci alla Cosmologia Moderna, il pensiero cristiano è molto più vicino alla "realtà sperimentale" che si è rivelata dalla teoria del Big Bang: l' universo è stato originato da una concentrazione incredibile di materia-energia che si è venuta dispiegando nel tempo (circa 15 miliardi dei nostri anni) ed ha creato tutto ciò che cade sotto i nostri sensi (sia biologici che tecnologici) e sotto la potenza del nostro pensiero.

Prima di una tale messe cospicua di dati sperimentali, esisteva solo una teoria di un universo infinito (nello spazio e nel tempo) che va sotto il nome di Teoria dello Stato Stazionario. Questa teoria era costretta ad ammettere che esistesse una creazione spontanea che serviva ad apportare i cambiamenti che pur esistono (ad esempio le stelle nascono, crescono e muoiono apportando notevoli cambiamenti nell' universo). Così se una stella muore in un punto dell' Universo un' altra viene creata in un altro posto, cosicchè tutto rimane immutato.

Ebbene le conseguenze di tale teoria sono state confutate dai dati sperimentali e, di conseguenza, sono risultate false. Invece il Big Bang è, allo stato attuale delle nostre conoscenze, in pieno accordo con l' esperimento.

Più sopra ho detto che Hawking propende per un universo infinito nello spazio e nel tempo (una cosa molto vicina alla teoria dello stato stazionario). Come è possibile, dopo gli strepitosi successi della teoria del big bang, sostenere tale teoria? Vediamo ora come arriva Hawking (che è tutt' altro che scemo!) a questa conclusione simile a quella della teoria dello stato stazionario.

3 IL PENSIERO DI HAWKING

Hawking è una persona che è "infelice all' idea che l' universo abbia avuto un inizio, perchè ciò sembra implicare l' esistenza di un essere soprannaturale che ha creato l' universo" (conferenza B) e, chiaramente, gli da fastidio, molto fastidio, che sia sperimentalmente così.

Quindi, dato che di fronte ai risultati sperimentali, in accordo con il Big Bang, non c'era molto da obiettare e bisognava prendere i risultati e, torto

collo, aderirvi. Hawking (al quale questi risultati piacevano pochissimo), da quella persona intelligente che è, si pose la domanda: va bene, dopo il Big Bang bisogna accettare i dati sperimentali, ma prima? O meglio: al momento dell' esplosione la densità dell' universo era spaventosamente alta al punto che tutte le leggi fisiche perdevano in validità perchè si raggiungeva uno stato noto ai matematici come "singolare" ¹. Proviamo a vedere se le due grandi teorie oggi esistenti, cioè la Relatività Generale e la teoria quantistica, possono essere combinate in una super teoria in maniera che sia possibile fare senza una entità "soprannaturale" che dica all' universo "fiat lux!".

Prima di dire qualcosa sulla validità scientifica di questo modo di pensare, voglio notare il grosso risultato "politico" che Hawking ha ottenuto ingraziandosi il papa. Ecco le sue stesse parole:

"Vi sono due atteggiamenti ai quali uno può aderire. Uno è quello che Dio ha scelto per fare iniziare l' universo per ragioni che noi non possiamo capire. Questo è il modo di vedere di Papa Giovanni Paolo. Ad una conferenza sulla Cosmologia in Vaticano, il Papa disse ai delegati che era OK studiare l' universo dopo che fosse iniziato, ma essi non dovevano investigare all' inizio stesso dell' universo perchè era quello l' inizio della creazione e il lavoro proprio di Dio. Fui contento che egli non si accorse che avevo presentato un lavoro a quella Conferenza nel quale si suggeriva il modo in cui l' universo è iniziato. Non ci tenevo proprio di essere consegnato all' Inquisizione come Galileo!" (A).

Fermiamoci un momento a fare alcune importanti considerazioni, poi esamineremo la seconda possibilità.

1- Il pensiero cristiano ha ottenuto una grande e inequivocabile punto a suo favore. Infatti l' idea del cosiddetto big bang ² fu introdotta nella Cosmologia dal sacerdote Georges Lemaitre ³. Ed inoltre tutto questo tempo (circa 15 miliardi di anni) è dominio della scienza e tutti sono chiamati ad investigare questo periodo di tempo senza tema di censure ecclesiastiche.

2- Dopo il successo del Big Bang, Hawking fu costretto a tenere in tutto rispetto questa teoria tanto è vero che la Cosmologia di stampo cattolico fu assunta a livello delle possibili teorie serie, come lui stesso riconosce . Infatti vi prego di notare che al mondo, secondo Hawking, esistono solo due approcci

¹in cui tutte le leggi fisiche sono non più esprimibili da formule sensate; ad esempio dimensioni dei corpi uguali a zero, energia infinita o, peggio ancora, negative etc. etc.

²questo termine Big Bang è entrato nell' uso scientifico ma, originariamente, era un termine dispregiativo che fu coniato da Fred Hyle per ridicolizzare l' inizio nella grande esplosione ipotizzata da Lemaitre. Hoyle fu uno dei più accaniti avversari di questa teoria, e fu un fautore altrettanto accanito della teoria dello Stato Stazionario

³Si veda

http://it.wikipedia.org/wiki/Georges_Lemaitre

seri: quello del Papa ed il suo! E dico poco! Un bel passo indietro! E' vero che la frecciatina anti cristiana Hawking la tira fuori ad ogni piè sospinto, ma possiamo ben passare sopra a questi piccoli insulti.... non apparteniamo più alla categoria dei bigotti!

3- Per fortuna, dice Hawking, che il Papa non si è accorto che avevo presentato un lavoro che mi avrebbe messo nelle mani dell' Inquisizione (!?!?).... ma è proprio così? a me risulta che la Curia (e quindi anche il Papa) sanno vita, morte e miracoli di quello che fanno gli avversari ma loro usano l' arte più fine della diplomazia. Io se fossi Hawking non sarei così sicuro!

4- Tutte le conferenze di Hawking hanno un difetto fondamentale: mai, o quasi mai, forniscono le indicazioni bibliografiche delle cose che dice. Nel caso specifico ho cercato dove è il discorso del Papa senza però riuscire a localizzarlo. Non è che per caso qualcuno lo conosce?

4 CRITICA DELLE TEORIE DI HAWKING

Come avevo detto nel precedente paragrafo rimane da esaminare la seconda possibilità della Conferenza di Hawking. Eccola:

“L' altra interpretazione, che è favorita dalla maggior parte degli scienziati (sic!), è quella che osserva che la teoria della Relatività Generale viene a mancare per i campi gravitazionali estremamente forti dell' universo iniziale. Essa deve essere sostituita da una teoria più completa. Questo è una cosa che ce lo possiamo aspettare perchè la Relatività Generale non prende in considerazione le piccole scale della materia che sono governate dalla teoria quantistica” (A)

Inoltre altrove dice che:

“Per capire lo stadio di alta densità, quando l' universo era molto piccolo, ci occorre una teoria quantistica della gravità che combinerà la Relatività Generale con il Principio d' Indeterminazione” (conferenza B).

Infine introduce un concetto matematico (E NON FISICO!):

“Sembra che la teoria quantistica possa predire quando l' universo avrà inizio. La teoria quantistica introduce una nuova idea, quella di “tempo immaginario”. (conferenza B).

Innanzitutto questa teoria che unifica Relatività Generale e teoria quantistica non esiste ancora nè in una forma di abbozzo nè tanto meno in forma soddisfacente: schiere di fisici teorici lo hanno tentato (e tuttora lo stanno ancora facendo) ma senza risultati apprezzabili. Una teoria quantistica del campo gravitazionale è ancora da venire. Purtroppo, a mio parere, i due ingredienti che dovrebbero costituire questa teoria non sono ancora chiari nei loro presupposti teorici.

Molti di questi motivi sono già stati illustrati nel primo paragrafo nella parte che riguarda il periodo quantistico. Aggiungiamo un commento, a mio parere, riguardante il motivo principale di questa difficoltà.

Come già detto a più riprese, la teoria quantistica è molto bene sistemata per quel che riguarda i fenomeni che avvengono ad energie “classiche” (cioè che avvengono quando le particelle in gioco hanno energie molto più piccole della loro massa a riposo) ma non ad energie “relativistiche” (cioè dell’ordine della loro energia a riposo o maggiore). Ad esempio tutti i fenomeni atomici sono del tipo “classico”. Quando dobbiamo andare invece ad energie relativistiche (ad esempio all’interno del nucleo) la teoria quantistica zoppica parecchio, come già osservato. In questo caso bisogna ricorrere a teorie di tipo quantistico relativistico e ottenere dei risultati sotto forma di serie perturbative che possono essere valutati ad approssimazioni sempre maggiori. Ebbene queste “serie perturbative” sono “orrendamente” divergenti; in questo caso è possibile usare la rinormalizzazione per estrarre la parte finita da sottoporre all’esperimento.

Più sopra ho chiamato la teoria della rinormalizzazione una teoria matematica e non fisica. La stragrande maggioranza dei fisici teorici sono talmente preoccupati di far coincidere i loro conti con i dati sperimentali che hanno la loro testa tutta presa delle tecniche di rinormalizzazione che non si rendono conto di avere ormai a che fare con teorie matematiche E NON PIÙ FISICHE.

La stessa sorte è quella di Hawking nel suo tentativo di spiegare la nascita dell’universo, di cui ci stiamo occupando. Esiste una teoria della meccanica quantistica dovuta a Feynman che ricava le leggi della meccanica quantistica usando tecniche del calcolo delle variazioni (quindi pura e semplice matematica). Tale teoria è stata applicata alla teoria dei campi quantistici da vari teorici, sempre con il solito zoppicamento della parte relativistica. Ebbene Hawking applica questa teoria all’universo che nasce. Nel suo tentativo di “far nascere (senza Dio)” l’universo è costretto ad usare una versione della teoria di Feynman in forma topologica quindi la quintessenza della matematica! E la fisica dove è?

Per vedere un barlume di fisica bisogna battere tutt’altra strada di quella di Hawking. Intendo riferirmi ad una esperienza che va sotto il nome di Colella, Overhauser e Werner: essa mette in luce il fatto che campo gravitazionale + particelle governate dagli effetti quantistici interagiscono mutualmente.

In un lavoro del 1974 Overhauser e Colella⁴ proposero di verificare con un

⁴Experiment test of gravitationally induced quantum interference, Phys. Rev. Lett. 33, 1237 (1974)

interferometro a neutroni se esisteva l' interazione mutua di meccanica quantistica e gravitazione. In un lavoro successivo del 1975 gli autori, assieme a Werner ⁵ confermarono l' esito positivo delle misure fatte nel senso che la gravità e la meccanica quantistica interagiscono però AL LIVELLO PIÙ BASSO, CIOÈ NELL' AMBITO DELLA MECCANICA NON RELATIVISTICA E NELL' AMBITO DELLA TEORIA DI DE BROGLIE ⁶ PER LA MECCANICA QUANTISTICA.

Sperimentalmente non sappiamo niente altro....mi sembra un pò poco!

⁵Observation of gravitational induce quantum interference,Phys. Rev. Lett. 34,1472 (1975)

⁶Il duca Louis-Victor Pierre de Broglie, comunemente chiamato Louis de Broglie (Dieppe,15 agosto1892 - Louveciennes,19 marzo1987), trovò la relazione tra le proprietà meccaniche ed ondulatorie di una particella. Da queste ricerche nacque l' equazione di Schrödinger