

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA COSMOLOGIA MODERNA

di Pierluigi Fortini

Possiamo pensare che la cosmologia moderna sia nata nel 1929 con la pubblicazione del lavoro di Hubble sulla recessione delle galassie con la distanza. In altre parole le galassie dell' universo mostrano un moto di recessione l' una dalle altre con velocità proporzionale alla loro mutua distanza. Così , chiamata \mathbf{r} la distanza di due galassie, la velocità \mathbf{v} con cui si allontanano l' una dall' altra è data da

$$\mathbf{v} = H\mathbf{r}$$

ove H è una costante detta *costante di Hubble* [1]. La costante di Hubble viene misurata nelle unità di

$$\frac{Km}{sec Mpc}$$

Queste unità hanno l' apparenza di essere un pò strane, però, se pensiamo che la velocità dei corpi celesti sono espresse in Km/sec (ad esempio la velocità della terra nella sua orbita è $11 Km/sec$) e le distanze delle galassie sono dell' ordine di milioni di parsec ($1pc = 3.1 \cdot 10^{18}cm$), queste unità sono particolarmente utili agli astronomi che fanno le misure. Il valore della costante misurata da Hubble valeva

$$500 \frac{Km}{sec Mpc}$$

Al progredire degli strumenti astronomici sempre più perfetti, fu possibile verificare che il valore più vicino al valore vero è di $100 \frac{Km}{sec Mpc}$. Notiamo che questa unità, in cui è misurata la costante di Hubble, è alla fine una unità dell' inverso di un tempo. Quindi trasformando i Mpc e i Km in centimetri si trova il valore dell' inverso della costante di Hubble pari a $10 \text{ miliardi di anni}$;

quindi, di conseguenza, ai tempi di Hubble si pensava che la costante valesse *2 miliardi di anni*. Questo numero è molto importante perchè da una stima dell' età dell' universo.

Questa scoperta fece già una prima illustre vittima, cioè Einstein stesso, che, negli anni precedenti, ebbe a fronteggiare una situazione imbarazzante almeno dal suo punto di vista. Negli anni '20 ebbe la comunicazione da un matematico russo, Friedman, che aveva trovato delle soluzioni matematiche alle equazioni della relatività generale che, applicate ai corpi dell' universo, prevedevano che questi corpi erano animati l' uno rispetto all' altro di moti di avvicinamento o di allontanamento. All' epoca si riteneva che l' universo fosse infinito e formato dalle galassie ferme nella propria posizione: tutti pensavano così ed anche Einstein non era da meno. Questo fatto doveva essere interpretato come una spiacevole caratteristica di natura matematica, così dovette pensare Einstein, dato che le equazioni della relatività generale avevano dato delle previsioni in perfetto accordo con l' esperimento: si pensi alla deviazione dei raggi emessi da una stella che passa vicino al bordo del sole, alla deviazione del perielio di Mercurio etc. Non fu difficile per Einstein apportare delle modifiche, che da un lato non inficiavano i dati sperimentali, e dall' altro eliminavano questo moto, non desiderato, dei corpi dell' universo. Si immagina quale impressione fece la comunicazione di Hubble del moto delle galassie nella mente di Einstein, tanto è vero che ebbe a dichiarare che quei cambiamenti da lui apportati alle sue equazioni erano certamente il più grande errore della sua vita.

È molto interessante sapere la storia di come i fisici si posero di fronte alla scoperta di Hubble. Possiamo infatti dividere gli atteggiamenti in due posizioni opposte: l' una di coloro che (ed erano la maggior parte, almeno fino agli ultimi anni del decennio 1960- 1970) concepivano l' universo come perennemente uguale a sè stesso vivente in una sorta di stato stazionario (vengono spontanee le parole del Qoelet: non c'è nulla di nuovo sotto il sole!) l' altra di coloro che invece concepivano l' universo come un ' entità dinamica in perpetuo moto dinamico (diciamo allora che tutto è nuovo sotto il sole!). Cominciamo da quest' ultima.

Universo dinamico La propensione verso una concezione di un universo dinamico fu quello che caratterizzò la scuola americana. Poco dopo che fu nota la prima soluzione di Friedman, due autori, Roberson e Walker, la completarono ottenendo la più generale equazione di un universo dinamico.

Questa soluzione va sotto il nome di metrica di Friedman-Roberson-Walker che è la base della Cosmologia moderna.

Fra i fisici americani, che contribuirono decisamente alla investigazione della fisica dell' universo, va ricordato Robert Tolman che fu l' autore di un libro famoso dal titolo "Relativity, thermodynamic and cosmology" del 1934, edito per la Oxford Press (New York) e ristampato con continuità fino ai nostri giorni per l' editore Dover. Un altro fisico di grande levatura fu Chandrasekhar, premio Nobel per le sue ricerche sulla struttura delle nane bianche, il quale, di origine indiana, emigrò in Inghilterra dove cercò di farsi ascoltare a Cambridge e a Oxford a proposito delle idee che avrebbero risolto i problemi dell' interno di una stella all' ultimo stadio di evoluzione (nane bianche) ma...invano!; alla fine preferì di trasferirsi negli Stati Uniti. Personalità poliedrica, i suoi interessi andavano dalla struttura dell' interno delle stelle degeneri, alla Cosmologia e alla Relatività Generale. In campo cosmologico anche lui aderì alla visione di un universe dinamico e, in particolare, si occupò dell' origine degli elementi; in un lavoro del 1942 (vedi [2]) collocava l' origine degli elementi inizialmente, poco dopo l' "l' origine dell' universo". La sua analisi peccava del fatto che, in questo periodo iniziale, è assai difficile per non dire impossibile, trovare un intervallo di tempo in cui la variazione del volume dell' universo fosse in equilibrio, tutto ciò al fine di permettere di fare i calcoli. Pertanto i suoi calcoli furono criticati da George Gamow (1904-1968) (vedi [3]) il quale trovò il modo di fare i conti senza ricorrere a ipotetici stati di equilibrio . Questo fisico russo, trapiantato in America, fu un uomo di notevole intuizione . Ricorderemo due campi in cui eccelse. Il primo riguarda la sorgente di energia delle stelle: Gamow era profondamente convinto che le reazioni nucleari fossero le principali sorgenti di energia (come d' altra parte Chandrasekhar) e lavorò per un ventennio (1930-1950) consigliando e seguendo le persone che vedeva particolarmente interessate al problema; come ad esempio Hans Bethe a cui dobbiamo la scoperta del ciclo del carbonio (1938) che è una delle due principali sorgenti dell' energia di una stella (l' altra è costituita dalle reazioni protone-protone). Il secondo contributo è in un campo che a prima vista sorprende e denota l' apertura mentale dell' uomo: si tratta di un contributo alla elaborazione del modello che presiede al meccanismo della formazione delle proteine a partire dal DNA. A tale scopo inviò una lettera a Crick e Watson (futuri premi Nobel per i contributi realizzati nello studio della struttura a elica del DNA) illustrando una sua idea che, a detta degli interessati, li indirizzò nella direzione giusta. Per un approfondimento rimando al libro [4].

Ma il grande contributo della scuola di Gamow fu di prevedere quello che fu chiamato il “background a microonde”, scoperto per caso più di venti anni dopo. In un lavoro del 1948 dal titolo “The evolution of the universe” pubblicato sulla rivista Nature (vedi [5]) prevedeva che la radiazione elettromagnetica, una volta disaccoppiatasi dalla materia, si propagava, indipendentemente dalla materia stessa, dando origine ad una radiazione di corpo nero che, al passare del tempo, andava raffreddandosi. I calcoli, molto approssimativi fatti a quell’epoca, indicavano una temperatura di circa $10 - 20 K$: in altre parole, se l’universo si è originato da una “esplosione”, i resti di questa esplosione devono essere ancora visibili nel lontano spettro elettromagnetico cioè nelle microonde. Ma c’è di più: due allievi di Gamow, Alpher e Herman, pubblicavano nello stesso numero di Nature una correzione ai calcoli di Gamow concludendo:... “the temperature in the universe at the present time is found to be about $5 K$ ” (vedi [6]).

In un altro lavoro (vedi [7]) Alpher, Bethe, Gamow (noto come lavoro di “ $\alpha\beta\gamma$ ” dalle iniziali degli autori) partendo dall’esplosione iniziale calcolarono le percentuali dei vari elementi presenti nell’universo. L’inizio del lavoro è molto istruttivo e val la pena di citarlo:

“ Come è stato ipotizzato da uno di noi (= G.Gamow: Phys.Rev. **70**, 572 (1946)) i vari nuclei degli elementi devono essersi originati non come il risultato di un equilibrio corrispondente ad una certa temperatura e densità, ma piuttosto come conseguenza di un processo continuo fermato da una rapida espansione e raffreddamento della materia primordiale. Secondo questo modo di vedere le cose, dobbiamo immaginarci lo stato primordiale della materia come un gas altamente compresso di neutroni (fluido nucleare super-riscaldato di neutroni) che ha iniziato a decadere in protoni ed elettroni quando la pressione del gas ha iniziato a diminuire come il risultato della espansione universale”.

Questo lavoro, una volta accettata questa visione (non prima del 1975!), ha mantenuto la sua validità per due elementi, cioè l’idrogeno e l’elio (con i loro isotopi). La percentuale dell’idrogeno (75 %) e l’elio (30 %) è di origine cosmologica, mentre gli altri elementi sono in gran parte originati nell’interno delle stelle.

Questi risultati fondamentali, ottenuti dalla scuola di Gamow, furono pubblicati in brevi lettere all’editore destinati a essere passati sotto silenzio di fronte alla schiacciante supremazia della scuola europea che alla fine si rivelò completamente perdente, come adesso passeremo ad esaminare.

Universo stazionario In Europa si era convinti che l'immagine di un universo che avesse avuto origine in un certo istante fosse altamente improbabile per non dire impossibile. Eddington, parlando di fronte alla Mathematic Association di Cambridge (vedi [8]) disse di provare una “filosofica ripugnanza” nel riflettere sulla “nozione di inizio dell'attuale ordine della natura”. Questa “filosofica ripugnanza” degli spiriti europei pervase tutti gli anni che vanno dal 1929 fino al 1978 quando si conferì il Nobel ad Arno Penzias e Robert Wilson per la scoperta nel 1965 del fondo a microonde, preconizzato da Gamow circa venti anni prima. L'avversario più accanito dell'universo dinamico fu Fred Hoyle morto nel 2001, ed era così accanito che il termine “big bang” è un termine dispregiativo coniato da lui con il quale fu battezzato il modello oggi corrente.

Il modello che andò per la maggiore durante gli anni del ventennio '50-'60 è chiamato “modello dello stato stazionario” di cui furono autori Fred Hoyle, Herman Bondi e Thomas Gold. La sostanza di questo modello consisteva nell'idea che l'universo fosse stazionario e che si avesse una continua creazione di materia proprio per riparare alla legge di Hubble che veniva così concepita: man mano che le galassie lontanissime sparivano dalla vista, per effetto Doppler, altrove venivano prodotte altre galassie per mantenere la densità costante; queste nuove galassie erano quindi formate da materia “creata dal nulla”.

Fortunatamente erano due gli effetti che potevano essere provati sperimentalmente: uno era che la distribuzione delle galassie che, secondo il modello dello stato stazionario, si doveva sistemare su una certa retta, e l'altro secondo il quale non doveva esistere (altrimenti violava la stazionarietà del modello) nessun altro tipo di “esplosione”, rivelabile a livello cosmico; in particolare non era ammissibile nessun fondo di microonde che in qualche modo fosse testimone della “creazione”. Invece la presenza di entrambi questi due fatti (la $3K$ e la distribuzione delle galassie su una curva diversa da quella prevista dalla teoria) fecero lentamente abbandonare questo modello lasciando il campo al “big bang” con buona pace di Fred Hoyle.

Prima di occuparci della mentalità di Hoyle, dopo che il modello dello stato stazionario fu definitivamente messo KO, è bene dire che Hoyle fu un grande astrofisico e questo per sgombrare il terreno da malintesi. Uno dei più notevoli contributi fu proprio sulla sorgente dell'energia delle stelle. Infatti nel 1957 sulla rivista “Review of modern physics” fu pubblicata una memoria che è ancor oggi considerata come un testo classico sulla sintesi nucleare nei processi stellari. La memoria era firmata da Hoyle, Margaret e

Geoffrey Burbidge e William Fowler e rappresenta una fase di crescita dell'astrofisica che si installa come punto di arrivo degli studi avviatisi prima della seconda guerra mondiale (ad esempio il ciclo di Bethe). Nonostante l'odio che Hoyle portava al deprecato "big-bang" sono famosi gli studi condotti sulla $3K$, puramente sul piano teorico, condotti da lui e da un altro grande dell'astrofisica, il russo J.B. Zel'dovich. Come si vede da questi rapidi cenni biografici possiamo tranquillamente collocare Hoyle tra i "big" dell'astrofisica del secolo XX.

Detto questo è altrettanto vero nel periodo che va dal 1980 fino alla morte, avvenuta come si è detto nel 2001, Hoyle non si comportò da valente scienziato quale era stato fino ad allora. Tanto era l'invincibile convinzione di essere nel giusto, nonostante le prove in contrario che si erano accumulate contro il modello dello stato stazionario, che lo portò ad assumere un atteggiamento eticamente e profondamente ingiusto nei confronti della scienza.

Per capire l'origine di questo atteggiamento oltre al fatto, come sopra si è detto, che la convinzione era divenuta inattaccabile da parte di ogni ragionamento pacato come conviene ad uno scienziato, Hoyle fu profondamente influenzato da parte di fatti ben noti che coinvolsero l'antropologia con l'affare di Piltdown.

Nel 1912 fu comunicato ad una riunione della Geological Society of London che si erano scoperti dei fossili umani che sconvolsero lo stato della questione relativa alla evoluzione umana. L'antropologia fu sconvolta per parecchi decenni fino a quando nel 1953 le tecniche di datazione disponibili permisero di dimostrare che l'uomo di Piltdown era un clamoroso falso, ottenuto mettendo insieme un cranio umano e la mandibola di un orango, entrambi moderni, ed invecchiando artificialmente i reperti con bicromato di potassio. L'autore dell'inganno doveva conoscere molto bene la situazione problematica dell'antropologia fisica, per potere confezionare esattamente i reperti che tutti si aspettavano di trovare.

Pertanto, preso atto che certi risultati possono essere falsati, Hoyle entrò in una incrollabile convinzione che tutti i dati che si opponevano al modello dello stato stazionario erano dovuti a falsi.

Il bersaglio di Hoyle fu un famoso fossile, noto col nome di *Archeopteryx*, il primo esemplare del quale fu trovato in una cava di Solnhofen, in Baviera, nel 1861 ed oggi conservato al Natural History Museum (una volta chiamato British Museum) di Londra. Si tratta un uccello di medie dimensioni (circa delle dimensioni di un corvo) che è una straordinaria miscela di caratteristiche diverse: da un lato assomiglia ad un piccolo dinosauro (arti, mascelle

dentate etc.) e dall' altro assomiglia ad un uccello perchè tutt' intorno all' esemplare, ci sono le evidenti impronte lasciate dalle penne. Insomma *Archeopteryx* è a cavallo tra i dinosauri e gli uccelli: esso divenne un esempio del processo evolutivo all' opera ed al tempo stesso un cronometro per datare l' origine delle grandi classi di animali viventi. Oggi esemplari di questo tipo non impressionano più: recentemente a Bologna si è tenuta una mostra di Dinosauri Piumati in cui era possibile vedere molti di questi esemplari di dinosauri piumati trovati in una cava della Cina, tant' è che oggi la derivazione della classe degli uccelli da quella dei dinosauri è molto al di sopra di una semplice ipotesi di lavoro. Invece per Hoyle *Archeopteryx* doveva essere una frode (vedi [9]). Hoyle accusò gli scienziati di essere coinvolti nella frode o comunque che cospiravano per perpetuarla. È meglio lasciare la parola ad uno paleontologo, Richard Fortney, che capì molto bene l' antifona, cioè che, sotto sotto c'era la questione dello stato stazionario (vedi [10]).

“ La stampa non ha mai chiesto nulla di meglio della storia di una testa d' uovo rimasta con un palmo di naso o, che è la stessa cosa, di esperti beffati e ogni giornalista sapeva che il nome di Fred Hoyle avrebbe garantito un buon scoop. Non ci volle molto perchè su tutti i giornali comparissero titoli del tipo “Fossile prende il volo”. Il Natural History Museum emise alcune smentite il chè servì a insaporire la vicenda. Poche persone afferrarono il legame di questa vicenda con la vecchia battaglia combattuta da Hoyle per la teoria dello stato stazionario dell' Universo. E perfino quando Sir Fred affermò di avere sempre saputo che *Archeopteryx* era un falso, anche prima di averlo visto, la sua dichiarazione fu interpretata come un' indicazione di onniscienza e non di pregiudizio. Il mio collega Alan Charig trascorse molto più tempo di quanto il problema in realtà meritasse a eseguire le più minuziose analisi chimiche e fisiche sulla superficie della roccia, così da assicurarsi che fosse un pezzo solo, ed effettivamente era così . Le penne erano fossili autentici.

Per seguire l' ipotesi peraltro superata dello stato stazionario, si era gettata un' ombra sulla reputazione di diverse generazioni di paleontologi, in precedenza immacolata. Ma la dimostrazione dell' inconsistenza delle pretese di frode era inattaccabile. Come un colpo di grazia diverse penne fossili furono scoperte in Brasile nella formazione di Santana, un poco più recenti di *Archeopteryx*, ma comunque sempre contemporanee ai dinosauri. La falsa pista era stata cancellata.”

Questa strada si rivelò quindi falsa. Ma per Hoyle rimaneva un' altra strada da percorrere per difendere lo stato stazionario, e cioè che bisognava sgomberare il terreno da un' altra formidabile difficoltà cioè l' evoluzione della

vita. Infatti, se è vera questa teoria, c'è un inizio (circa 4 miliardi di anni fa) di "qualche cosa", che contraddice la teoria dello stato stazionario, cioè la vita. Allora bisogna provare che la vita è sempre esistita nell'universo e che quindi devono esistere nel cosmo dei germi di vita sparsi ovunque. Questa linea di pensiero è stata sviluppata nei due libri citati in [11]. Qui veramente sconfiniamo con la fantascienza, però contro questa ipotesi non esistono a tutt'oggi degli argomenti contrari, anzi esiste un divario tra le due categorie di scienziati cioè i biologi e i fisici. Per i primi, basandosi sul fatto che la vita è di una improbabilità unica, tendono a vedere il presentarsi della vita in un modo unico (in tutto l'universo esiste un caso unico cioè la nostra terra e niente altro!) mentre gli altri tendono ad ammettere che, essendoci un numero così elevato di mondi in cui si può essere sviluppata la vita, questo fenomeno è comune nel cosmo (ovviamente non per ragioni legate allo stato stazionario ma per semplici ragioni statistiche!). Per Hoyle la vita, nell'universo stazionario, appare in modo diffuso ed è disseminata ovunque. Ancora secondo Richard Fortey (vedi [10] p. 67):

“La sua comparsa nelle comete o nelle meteoriti non era altro che una conferma dello stato stazionario. Hoyle e Wickramasinghe credevano anche che lo spettro ottenuto dallo spazio interstellare fosse simile a quello dei batteri. Fu perfino sostenuta l'ipotesi che l'evoluzione stessa era stata mediata dai visitatori extraterrestri e anche le estinzioni potevano essere attribuiti alla stessa causa!. La periodicità delle epidemie fu collegata alle visite, sporadiche ma prevedibili, delle comete: il grande attacco sferrato dall'influenza, che aveva spazzato il mondo intero dopo la prima guerra mondiale, ci era stato portato sulla coda di una cometa, l'evoluzione era progredita attraverso una sorta d'infezione virale del DNA...”.

Però non tutto è falso di quanto affermato da Hoyle e Wickramasinghe basta che noi pensiamo che l'estinzione dei dinosauri è stata provocata dall'urto di un gigantesco meteorite, precipitato nel Golfo del Messico secondo le ricerche di Alvarez (premio Nobel per la fisica per le particelle) e di suo figlio, geologo, che approdarono a questa conclusione studiando alcune rocce in prossimità di Gubbio in Italia. Quindi come conclude Fortey a p. 70:

“...il coinvolgimento di corpi extraterrestri nella genesi della vita è quasi sicuramente corretto. La sintesi di alcune molecole carboniose essenziali per la vita ha probabilmente avuto luogo nel crogiolo della creazione agli esordi dell'universo: c'è effettivamente nello spazio del materiale organico sparso come polvere tra le stelle. A causa della perdita di rispettabilità, conseguente ad un'affermazione screditata, anche le virtù finiscono per essere ignorate.

Può darsi che pure gli alchimisti siano stati a tal punto infamati dai loro stessi elaborati rituali da vedersi negare ogni riconoscimento anche per i meriti reali. Alla scienza interessano solo i vincitori sebbene a volte i perdenti offrano più occasioni di divertimento”.

Bibliografia

- [1] E.P. Hubble: A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. Proceeding of the National Academy of Sciences - 15, 168-173 (1929); H. Shapley: Source book in astronomy, 1999-1950 - Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1960
- [2] S. Chandrasekhar, H. Henrich: Astrophysical Journal **95** 288 (1942)
- [3] G. Gamow: Expanding universe and the origin of elements. Phys.Rev. **70**, 572 (1946)
- [4] H.F. Judson: The eighth day of creation. Makers of the revolution in biology. London, Jonathan Cape (1979)
- [5] G. Gamow: The evolution of the universe. Nature **162**, 680 (1948)
- [6] R.A. Alpher, R. Herman: Evolution of the universe. Nature **162**, 775 (1948)
- [7] R.A. Alpher, H. Bethe, G. Gamow: The origin of chemical elements. Phys.Rev. **73**, 803 (1948)
- [8] A.S. Eddington: Presidential address to the mathematical association (5 Gennaio 1931) - Nature, **127**, 447-453 (1931)
- [9] F. Hoyle e C. Wickramasinghe: Archaeopteryx, the primordial bird: a case of fossil forgery - C.Davies (1986)
- [10] Richard Fortey: Età: quattro miliardi di anni. Storia dell' evoluzione della vita sulla terra. - Longanesi (1999)

- [11] F. Hoyle e C. Wickramasinghe: Our place in the Cosmos: the unfinished revolution, J.M.Dent (1993); F. Hoyle e C. Wickramasinghe: Life on Mars? The case for a cosmic heritage, Clinical Press (1997)