



Genesi dell'universo: un dibattito aperto

«Dico spesso che le grandi questioni che la fisica affronta sono dentro ciascuno di noi, e che quella curiosità primordiale brucia ancora nell'animo di ognuno» (p. 13). Così esordisce il fisico e professore ordinario all'Università di Pisa Guido Tonelli nel suo libro *Genesi. Il grande racconto delle origini* (Feltrinelli, Milano 2019, pp. 224, euro 17), che ha il pregio di esprimere con un linguaggio abbastanza comprensibile dal vasto pubblico le complesse teorie di fisica atomica e di astrofisica relative all'origine dell'universo nella loro versione più aggiornata, riuscendo a comunicare tutto il loro fascino. Per rendere attraente l'esposizione l'autore assume la scansione nei sei giorni della narrazione genesiaca – per questo chiamata «esamerone» (dall'espressione greca che significa «sei giorni») – per scandire le fasi fisiche dell'origine dell'universo. «Quel racconto delle origini», dice Tonelli, continua fino a oggi, grazie alle parole della scienza» (p. 15).

La lettura del testo è stata per me davvero interessante e gradevole, perché la fisica mi ha sempre appassionato. Inoltre, da filosofo, devo confessare quanto faccia piacere incontrare un uomo di scienza che non dimostri una manifesta «chiusura scientifica», ossia che non presupponga in modo pregiudiziale che la scienza moderna abbia definitivamente bandito dall'ambito della razionalità e della sensatezza la filosofia, la religione e la teologia.

Tuttavia, considerando il volume in prospettiva filosofica, ho costato alcuni «pregiudizi» persisten-

ti, in parte forse inconsapevoli e comunque in contraddizione con il rispetto che l'autore riserva alla religione e alla filosofia in altre parti del libro, alcune affermazioni metascientifiche discutibili e una certa confusione riguardo allo status epistemologico della filosofia o metafisica rispetto a quello della fisica e delle scienze matematico-sperimentali, che vorrei evidenziare senza la minima intenzione di sminuire il pregio complessivo del libro.

Inizio & fondamento

Nell'introduzione Tonelli afferma: «Nasce tutto da una domanda, semplice e ineluttabile: “Da dove viene tutto questo?”. [...] All'origine della gran parte dei racconti mitologici c'è quasi sempre qualcosa di indistinto, che sgomenta: il caos, la tenebra, una liquida e informe distesa, una grande nebbia, una terra desolata. Fino a quando un essere soprannaturale interviene a dare forma, a portare ordine. [...] L'instaurazione dell'ordine è un passaggio necessario perché stabilisce le regole, getta le fondamenta dei ritmi che scandiscono la vita delle comunità [...]. Dal mito nasceranno poi altre costruzioni, che diventeranno religione e filosofia, arte e scienza, discipline che si ibrideranno e fertilizzeranno a vicenda permettendo il fiorire di civiltà millenarie. Questo intreccio si rompe a partire dal momento in cui le discipline scientifiche conoscono uno sviluppo impetuoso, del tutto sproporzionato rispetto

alle altre attività speculative. E allora il ritmo sonnolento di società immutate per secoli viene improvvisamente spezzato dal susseguirsi di scoperte che modificano profondamente il modo di vivere di interi popoli. Di colpo tutto cambia, e continua a cambiare, a una velocità spaventosa. [...] Il racconto delle origini che deriva dalla scienza moderna acquista ben presto una consistenza e una completezza con cui è difficile competere. Nessun'altra disciplina può fornire spiegazioni più convincenti, verificabili e congruenti con le miriadi di osservazioni prodotte dagli scienziati» (pp. 16-18).

Queste affermazioni suggeriscono che, sotto sotto, anche per Tonelli la scienza «soppianta» in una certa misura la riflessione filosofica. Soprattutto, però, non tengono conto della distinzione, in filosofia, tra la prospettiva *cosmologica*, che concerne l'ordine delle cause naturali e dei loro effetti, e che perciò è più affine a quella della fisica¹, e la prospettiva *metafisica*, che riguarda l'ordine della causalità dell'essere, secondo cui tutto ciò che è altro da Dio è creato da Lui. Riguardo all'universo, se mi chiedo quale sia la sua genesi cosmologica mi interrogo sul suo *inizio temporale*, e in questo senso assomiglia all'indagine fisica, ma se mi chiedo quale sia la sua genesi metafisica, ossia quanto al suo stesso essere, dato che la metafisica ha per oggetto l'ente (ciò che in qualsiasi modo è) studiato dalla prospettiva per cui è ente, la risposta è nella sua dipendenza causale *attuale* (in ogni istante della sua

esistenza) dall'atto creatore, che è Dio stesso (per la sua assoluta semplicità in Dio l'agire è identico all'essere) e pertanto è *eterno, atemporale*, e allora la creazione non è un evento né la spiegazione dell'origine del mondo nel tempo. Il tempo è creato, perciò l'«inizio» del tempo è lo stesso atto creatore atemporale e allora non si tratta del cominciare del tempo, altrimenti nello stesso istante comincerebbe anche l'atto creatore, ossia Dio stesso. L'inizio va inteso come *fondamento* del tempo². Di conseguenza, per il loro diverso statuto epistemologico, fisica e metafisica studiano l'origine dell'universo in due sensi nettamente diversi e le loro riflessioni non sono confrontabili per stabilire quale sia quella più «arretrata» e quindi «superata».

Tonelli soggiunge che rispetto ai miti religiosi e alla riflessione filosofica «la potenza del metodo scientifico sta nell'uso di congetture verificate per mezzo di strumenti che consentono di osservare, misurare e catalogare i più disparati fenomeni della natura. Sono i risultati degli esperimenti, quelli che Galilei chiama le “sensate esperienze”, a decidere se una congettura funziona o se va abbandonata» (pp. 19-20), rivelando di non tenere conto proprio della differenza di statuto epistemologico tra filosofia e scienza: anche quando, nel caso dell'universo, il soggetto studiato da entrambe è il medesimo, muta la prospettiva secondo cui ciascuna lo considera, che nel caso della scienza consiste nel selezionare solo gli aspetti quantificabili del mondo, tralasciando tutti gli altri, sicché è necessario che altre discipline li studino.

Inoltre, sostiene che, «nonostante gli scopi della nostra ricerca rasantino questioni quasi filosofiche (Di cosa è fatta la materia? Come nasce l'universo? Che fine farà il nostro mondo?), il lavoro dei fisici sperimentali è una fra le attività più concrete che si possano immaginare» (p. 22), mostran-



do di nuovo di non aver chiaro che la prospettiva metafisica è ontologica e non solo cosmologica e di condividere il pregiudizio secondo cui la filosofia sarebbe «astratta». In realtà, *astrarre* è «prescindere» da certi caratteri di un oggetto di studio per concentrarsi su quelli su cui verte quella disciplina e allora anche la scienza «astrae» quando prescinde dai caratteri non matematizzabili del mondo. Solo che la metafisica si concentra sul carattere più universale dell'essere, che accomuna tutto ciò che esiste e che è trascendentale, metacategoriale, sicché non esclude da sé nulla, mentre la scienza è precisa, ma *riduttiva*: non riuscendo a concettualizzare la densità della realtà, ne ritaglia alcuni aspetti da indagare con il metodo scientifico, ma così *riduce* la realtà al limite della comprensione che lo scienziato può avere dell'aspetto che ne ha ritagliato³.

Tempo & spazio

Il primo capitolo inizia con queste parole: «In principio era il vuoto: ecco, il più è fatto, abbiamo dato risposta, subito, alla più difficile delle domande: cosa c'era prima del *Big Bang*» (p. 31). Tonelli

soggiunge subito che, in realtà, tempo e spazio sono scaturiti da quel «non-luogo» e «non-tempo» che è il vuoto, ma che *in fisica* non coincide affatto con il nulla⁴, bensì è «un sistema fisico molto peculiare che, nonostante il nome francamente fuorviante, è tutt'altro che vuoto. Le leggi della fisica lo riempiono di particelle virtuali che appaiono e scompaiono a ritmi forsennati, lo affollano di campi di energia i cui valori attorno allo zero fluttuano continuamente. [...] Da questo sistema, da queste fluttuazioni, può nascere un universo materiale che, in realtà, è solo e ancora un vuoto, ma un vuoto che ha subito una meravigliosa metamorfosi» (pp. 31-32). Allora il vuoto è una realtà, un «luogo» in un «tempo», il luogo in cui le particelle fluttuano soggette alla successione temporale⁵: «prima» del tempo è sempre tempo, a meno che con l'inizio del tempo non si intenda il fondamento atemporale. Anche il mutamento del vuoto conferma che è una realtà, poiché vi può essere solo mutamento-di-qualcosa (e la creazione non è mutamento, poiché nulla è presupposto all'atto creatore).

Tonelli soggiunge che il vuoto è quel particolare sistema *materiale*, in cui materia ed energia sono nulle, ma è un sistema fisico che si può misurare come tutti gli altri. E precisa: dire che il vuoto ha energia nulla significa che, realizzando un numero molto elevato di misure, si ottiene zero come valore medio dei risultati. Per il principio di indeterminazione, lo stato di vuoto ha energia rigorosamente nulla se si osserva su una scala di tempi molto lunghi, ma su tempi molto brevi esso fluttua come tutte le cose, attraversando tutti i suoi possibili stati, compresi quelli, poco probabili, caratterizzati da energia *significativamente diversa da zero*. Infine, le fluttuazioni quantistiche del vuoto possono prendere la forma di una generazione spontanea di coppie particella/antiparticella (materia/antimateria). Se l'energia e la materia

del vuoto sono misurabili e attraversano stati in cui non sono nulle, esso è un ente, sicché in ottica metafisica resta il problema se sia per sé o per altro. Ciò è confermato dal fatto che Tonelli lo descrive anche come una «sostanza dinamica e incessantemente mutevole, gonfia di potenzialità, gravida di opposti» (p. 51).

Ora, l'espressione sopra citata («In principio era il vuoto») più che richiamare *Gn* 1, 1 («In principio Dio creò il cielo e la terra») ricalca *Gv* 1, 1 («In principio era il Verbo»), che si riferisce al principio divino creatore di tutto l'esistente. Il vuoto può essere sul piano fisico l'inizio dell'universo quale sua precondizione, ma non può essere principio in quanto sul piano metafisico esso, avendo potenzialità, è *ente per altro*, non originario, poiché ciò che è in potenza per esistere presuppone un essere che sia completamente in atto, com'è Dio che in metafisica è concepito quale Atto puro.

Ordine & caos

Una questione su cui Tonelli, a mio parere, si contraddice nel corso dell'esposizione è quella dell'*ordine* nell'universo. Sempre nell'introduzione afferma che «sistemi fortemente caotici, visti da lontano, possono apparirci ordinati e regolari. E lo stesso succede all'altro estremo delle osservazioni, nel mondo dell'infinitamente piccolo. [...] La materia sul piano microscopico segue implacabilmente le leggi della meccanica quantistica, dominate dal caso e dal principio di indeterminazione. [...] La sovrapposizione di un numero spaventoso di fenomeni microscopici casuali, che si sviluppano in tutte le direzioni possibili, produce stati macroscopici ordinati e persistenti» (p. 29). Nel capitolo conclusivo aggiunge: «Ecco che il racconto, la spiegazione, sia essa mitica o religiosa, filosofica o scientifica, mentre

dà conto della meraviglia, in quel preciso momento ci conforta e rassicura; mette ordine nella sequenza incontrollabile degli eventi e così facendo ci protegge da angoscia e terrore. Questo racconto, in cui tutti hanno un ruolo e ciascuno gioca la sua parte, assegna un senso al ciclo grandioso dell'esistenza. Siamo rassicurati perché ci sentiamo protetti, e si attenua la nostra paura di morire. Rimaniamo consapevoli che tutto, per noi, finirà, e molto presto rispetto ai grandi cicli temporali di evoluzione delle strutture materiali che ci circondano, ma sapere che l'insieme obbedisce all'ordine del racconto ci tranquillizza. [...] Arte, bellezza, filosofia, religione, scienza, in una parola la cultura, sono la nostra tenda magica, e ne abbiamo bisogno, disperatamente, da tempo immemorabile. Con tutta probabilità sono nate assieme, sono forme diverse nelle quali il pensiero simbolico si è articolato. [...] Ecco perché siamo ancora qui, a migliaia di generazioni di distanza, a dare valore all'arte, alla filosofia, alla scienza. [...] La scienza procede incessantemente e cambia il modo di vedere e raccontare il mondo. [...] Quando si guarda al mondo con occhi diversi cambia la nostra cultura, l'arte, la filosofia. Conoscere e anticipare questi cambiamenti significa avere gli strumenti per costruire una comunità di umani migliore. Per questo arte, scienza e filosofia sono ancora oggi discipline fondamentali, quelle che danno consistenza al nostro essere umani» (pp. 208-214). A parte l'allusione all'idea che il senso dell'esistenza sia introdotto dall'uomo e non edotto dal reale, è positivo il ricondurre al pensiero simbolico umano anche la scienza, poiché, come dice Tommaso riprendendo Aristotele: «Nulla l'anima comprende senza la rappresentazione immaginativa» (*nihil intellegit anima sine phantasmate*). Nondimeno, il rispetto dichiarato per la filosofia e la sua perenne attualità non impe-

disce a Tonelli di subordinarla alla scienza.

L'elemento centrale, tuttavia, è la tesi secondo cui l'ordine dell'universo sarebbe solo apparente, perché celerebbe il reale disordine sottostante. Già nel primo capitolo, infatti, a mio parere Tonelli si contraddice, affermando: «Il caos iniziale, inteso come vuoto, è tutt'altro che disordine. Non c'è sistema più rigidamente ordinato, regolato e simmetrico del vuoto. Tutto in esso è strettamente codificato, ogni particella materiale va a braccetto con la corrispondente antiparticella, ogni fluttuazione osserva disciplinatamente i vincoli del principio di indeterminazione, tutto si muove seguendo un ritmo cadenzato e ben temperato, una coreografia perfetta, senza improvvisazioni né virtuosismi». E infatti, questo «ordine estremo che governa il tutto si frantuma in una frazione di secondo e la minuscola fluttuazione quantistica si gonfia a dismisura, spinta da un processo che chiamiamo *inflazione cosmica*», avviata dall'*inflatone*, una particella materiale «estratta dal vuoto per un meccanismo puramente casuale» (pp. 52-53).

Nel secondo capitolo l'autore riflette su quello che designa come il «mistero» collegato all'incredibile *omogeneità* dell'universo osservabile: «quando si osservano regioni di grandi dimensioni, gli oggetti che popolano gli angoli più sperduti dell'universo sono molto simili» (p. 57): galassie, supernove, stelle di neutroni, buchi neri ecc. «Ancora più strabiliante l'uniformità che si misurava nella temperatura della radiazione cosmica di fondo. Ovunque si dirigessero gli strumenti», in regioni separate da miliardi di anni luce, «il risultato era sempre lo stesso: 2,72 gradi Kelvin, poco sopra lo zero assoluto» (p. 58). E la radiazione è *isotropa*, cioè è la stessa in ogni direzione. Inoltre, la teoria inflazionaria riconduce tale omogeneità a quella della bollicina, in cui, prima dell'inflazione, tutte le

parti erano in contatto e, potendosi scambiare informazioni, avevano tutte le stesse proprietà, la medesima temperatura. L'espansione inflazionaria ha propagato questa omogeneità su scala cosmica. Ancora, tutto il mondo in cui viviamo è tenuto assieme da forze che, secondo Tonelli, si possono classificare in *ordine* decrescente di intensità. «Nell'universo minuscolo e caldissimo delle origini vigono simmetrie eleganti e perfette che si rompono, una dopo l'altra, man mano che il tutto si raffredda» (p. 72).

L'universo incandescente, appena uscito dalla fase inflazionaria, si legge nel terzo capitolo, «si presenta come un oggetto perfetto, omogeneo e isotropo, uguale a sé stesso in ogni punto e sotto tutte le angolature. Nessun punto di aggregazione, nessuna disuniformità. Se non fosse che si espande a una velocità enorme, si potrebbe confondere con la rappresentazione ideale dell'essere parmenideo: ovunque identico a sé stesso, simmetrico sotto ogni rotazione, totalmente privo di difetti e di imperfezioni. È il regno dell'uniformità e della perfezione, governato dalla simmetria, che è insieme semplicità ed eleganza. Se qualcosa di sorprendente non fosse venuto a turbare quell'armonia che sembrava immutabile, da quell'oggetto perfetto non sarebbe potuto nascere nulla. Sarebbe stato un universo sterile» (p. 75). Crescendo di dimensioni l'universo si raffredda: quando la temperatura si abbassa al di sotto di una certa soglia, il campo associato ai bosoni di Higgs acquista un valore specifico, che cambia radicalmente le proprietà del vuoto. «Molte particelle elementari, attraversandolo, subiscono una forte interazione e la loro velocità diminuisce, cioè acquistano una massa; altre, che viaggiano senza essere disturbate, ne rimangono prive e possono continuare a muoversi alla velocità della luce» (p. 76). Il campo di Higgs rompe la perfetta simmetria dell'universo primor-



La Via Lattea

diale e parrebbe introdurre disordine, ma, afferma Tonelli, esso «ha costruito molteplicità seguendo una regola semplice e chiara. [...] La sua azione sottile assomiglia a quella del Demiurgo nel *Timéo* di Platone, l'artigiano ordinatore che, con la mediazione del numero, rende dinamica e vitale la materia informe e ingenerata che gli preesisteva» (p. 77).

L'universo «ha perso simmetria, ma ha acquistato molteplicità e stabilità» (p. 90), proprietà, quest'ultima, non caratteristica del caos. Infatti, si legge nel quarto capitolo, è «come se, nel sistema disordinato e indistinto, si fosse instaurato di colpo un ordinamento interno, ancora invisibile, che porterà presto a trasformazioni irreversibili. L'apparente anarchia che domina le molteplici interazioni nasconde ora una sottile trama di gerarchie e di organizzazione» (p. 103)⁶. Pochi istanti dopo il *Big Bang* l'universo contiene tutti gli ingredienti essenziali perché si formi materia *stabile*, costituita da protoni, neutroni, elettroni. Le condizioni del loro formarsi sono durate solo tre minuti, dopo i quali temperatura e densità non sono state più in grado di sostenere le reazioni nucleari.

Se il tempo fosse stato maggiore, anche solo dieci minuti, nota Tonelli, quasi tutto l'idrogeno sarebbe scomparso e, se la differenza

di massa tra protone e neutrone fosse stata anche solo di poco più alta, sarebbe cambiata significativamente la proporzione tra essi e non ci sarebbe stato abbastanza idrogeno per innescare le reazioni nucleari nelle prime stelle. «Tutto sarebbe rimasto avvolto, per sempre, nella più oscura delle tenebre; l'universo sarebbe rimasto uno spazio immenso, triste e buio; senza stelle non ci sarebbero stati elementi pesanti e sarebbe mancata la materia prima per organizzare pianeti rocciosi; non ci sarebbero state le condizioni perché si sviluppassero forme di vita elementari [...] Ma tutto questo, fortunatamente, nel nostro universo non è avvenuto. Il funambolo ha corso sul filo, sembrava che potesse cadere da un momento all'altro, di qua o di là, [...] e invece, con eleganza e leggerezza, ha sempre ritrovato il suo equilibrio e ha concluso il suo spettacolo fra gli applausi» (p. 117). L'ordine appare sempre reimporsi, provvidenzialmente.

Dalle stelle all'uomo

La distribuzione di materia, che si muove lentamente sotto l'azione della gravità, acquista una *simmetria sferica* sempre più evidente.



Si cominciano a distinguere, qua e là, corpi sferici di massa enorme, cento volte più pesanti del Sole. È nata la prima stella, quando sono passati duecento milioni di anni. L'immenso corpo celeste, si legge nel capitolo sesto, è ora formato da gas negli strati esterni e da un plasma caldissimo nel suo nocciolo più interno. La morsa implacabile della gravità fa raggiungere al materiale temperature di decine di milioni di gradi che innescano la fusione nucleare tra i nuclei di idrogeno. La reazione produce un'immensa quantità di calore, che si propaga ovunque sotto forma di un flusso inarrestabile di fotoni e neutrini. L'universo è ancora avvolto nelle tenebre, ma la nuova luce ha appena cominciato a solcare le enormi distanze e ben presto sarà accompagnata da una miriade di altre sorgenti luminose che si accenderanno ovunque.

Le superstelle, che cominciano a brillare nell'universo primordiale duecento milioni di anni dopo il *Big Bang*, quando giungono al termine della loro esistenza esplodono, diffondendo tutt'attorno le nuove forme di materia che hanno forgiato nei loro immensi crogioli nucleari: carbonio, ossigeno, azoto e altri elementi sempre più pesanti, che modificheranno anche le reazioni nucleari delle generazioni di stelle successive, avviando trasformazioni più complesse; a 500 milioni di anni dall'origine dell'universo si stanno formando le prime galassie, configurazioni dinamiche della materia che sono stabili su una scala di miliardi di anni, a cui è dedicato il settimo capitolo e di cui è un esempio la Via Lattea. Nel suo nucleo la concentrazione di materia costituisce una sorta di barra di densità costante, da cui la classificazione di galassia a spirale barrata. La sua forma segue la geometria della spirale di crescita, una curva che si ritrova in molti processi naturali. «Gruppi, ammassi e galassie isolate formano a loro volta strutture ancora più gigantesche chia-

mate superammassi. [...] Questa organizzazione di tipo gerarchico finisce per formare una superstruttura simile a una spugna, con enormi bolle di vuoto intervallate da zone ad alta densità di galassie: la struttura a grande scala dell'universo» (p. 164). La formazione del sistema solare è affrontata nell'ultimo capitolo, l'ottavo, culminante nella comparsa dell'uomo. «Termina la settima giornata e la genesi finisce quando sono passati 13,8 miliardi di anni» (p. 182).

L'intento di questi miei rilievi critici all'esposizione di Tonelli è di evidenziare la fecondità di un rapporto di reciproca stima e rispetto tra tutte le scienze – perché anche filosofia e teologia sono tali –, non allo scopo di cooperare per elaborare «ibridi» tra metafisica e fisica, che finirebbero per mischiare indebitamente gli statuti epistemologici delle due discipline rendendoli sterili, perché alla fine non sarebbero né scienza né filosofia, ma in quanto le differenti competenze possono vicendevolmente giovare agli esponenti dei rispettivi campi per «purificare» e rigorizzare il proprio linguaggio, che è costruito sugli enti corporei di cui abbiamo esperienza, sicché può risultare parzialmente inadeguato quando si trattano tematiche molto lontane dall'evidenza empirica, come sono certe concezioni metafisiche e certe teorie di fisica atomica e di astrofisica. Per esempio, la descrizione della «genesì fisica» dell'universo arricchisce il metafisico di una visione più complessa e articolata dell'ordine cosmico, evitandogli rischiose semplificazioni. Per converso, il dialogo con i metafisici può giovare al fisico soprattutto allorché tratta di temi, come il tempo, il principio ecc., che possono essere affrontati anche in prospettiva filosofica e perciò rispetto ai quali è più facile che il fisico «scivoli» in affermazioni anche inconsapevolmente criptofilosofiche, ossia che sono proferite come scientifiche, ma in realtà sono metascientifiche, me-

tafisiche, non adeguatamente giustificate.

Matteo Andolfo

¹ Affine, ma non identica, poiché la cosmologia è un'«ontologia del sensibile» che segue il metodo filosofico e non quello matematico-sperimentale.

² Cfr G. Barzaghi, *Lo sguardo di Dio. Nuovi saggi di teologia anagogica*, ESD, Bologna 2012, pp. 210-218. Anche se è un libro di teologia sovrannaturale, la trattazione della creazione rientra nella sezione di teologia razionale, branca della metafisica e non della sacra dottrina.

³ Cfr Idem, *Lezioni di dialettica*, ESD, Bologna 2019, pp. 74-75.

⁴ Invece, per un esempio di nesso filosofico tra il vuoto e il non-essere rinvio a M. Andolfo, *L'Atomismo antico: il progetto di un «alfabeto ontologico» per risolvere le aporie dell'Eleatismo*, saggio introduttivo a Idem (cur.), *Atomisti antichi. Testimonianze e frammenti secondo la raccolta di H. Diels e W. Kranz*, Bompiani, Milano 2001², pp. 19-26: è il paragrafo «Il problema del concetto di "vuoto"».

⁵ La fluttuazione quantistica, che gonfiandosi in maniera parossistica coinvolge il vuoto che la circonda, lo ingloba inesorabilmente, trascinandolo nello stesso meccanismo e la strana cosa che sembra avere ormai una vita propria continua a espandersi, originando l'universo, è detta compiere questo 10^{-35} secondi dal momento in cui si è formata, confermando che il vuoto è nel tempo. Inoltre, l'inflazione non è il primo atto che avviene nel vuoto, ma non si è in grado di descrivere quello che è successo nei brevissimi istanti precedenti.

⁶ «L'universo ha ormai raggiunto una dimensione di 100 miliardi di chilometri e continua tuttavia la sua espansione inarrestabile. [...] Nell'agitarsi spasmodico dei suoi componenti si cominciano a percepire differenze di comportamento e alcune regolarità. [...] Nascono i primi protoni, costituenti di base di qualunque struttura materiale più complessa, talmente solidi e ben organizzati da poter essere considerati virtualmente immortali. [...] Essi costituiranno la cellula primordiale di note che sarà usata per costruire le sinfonie più complesse. [...] La specifica massa che, per interazione con il vuoto elettrodebole, hanno assunto gli elettroni permetterà loro di orbitare stabilmente intorno ai primi protoni così che si potranno formare atomi e molecole. Così si produrranno le enormi nebulose gassose da cui nasceranno le prime stelle e poi le galassie, e i pianeti e i sistemi solari fino ai primi organismi viventi, via via sempre più complessi, per arrivare, in ultima istanza, fino a noi. Dal *Big Bang* è passato solo un microsecondo (10^{-6} , un milionesimo di secondo)» (pp. 104-105).