

**17/4/1989**

***Per il II ciclo de  
'I Lunedì Scientifici'***

***“Il principio antropico e la  
non-unicità dell'universo”***

***a cura di  
D.W. Sciama***

## IL PRINCIPIO ANTROPICO E LA NON-UNICITA' DELL'UNIVERSO

D.W. Sciama

Scuola Internazionale di Studi Avanzati, Trieste

Dipartimento di astrofisica, Università di Oxford

### Sintesi

Viene qui sostenuto che tutti gli universi logicamente possibili esistano nel quadro di un complesso di universi disgiunti. Un osservatore intelligente si verrebbe così a trovare automaticamente in un universo le cui proprietà siano compatibili con il suo sviluppo. Il dato della perfetta sintonia di queste proprietà non implicherebbe pertanto che tale osservatore assuma una particolare importanza nell'ordine cosmico, ma semplicemente determina la dimensione del sottoinsieme di universi nei quali l'osservatore ha la possibilità di apparire. Benchè gli altri universi siano disgiunti dal nostro, l'ipotesi della loro esistenza è sensata poichè conduce ad una previsione specifica che potrebbe giungere a verifica in base a osservazioni compiute nel nostro universo.

Il Principio Antropico si occupa della determinazione del ruolo dell'uomo nell'universo a partire dalla considerazione che, indipendentemente dalla effettiva importanza del genere umano

all'interno dell'ordine cosmico, per necessità logica l'universo deve avere proprietà compatibili con l'emergere dell'uomo. Questa considerazione ha dato spunto ad una vasta gamma di differenti tesi che recentemente sono state validamente esposte da J.D. Barrow e F.J. Tipler nel libro "The Anthropic Cosmological Principle"\* (Oxford University Press 1986). In questo articolo intendo illustrare le mie idee su questi argomenti; sottolineo tuttavia che non avanzo alcuna pretesa di originalità. Barrow e Tipler forniscono infatti completi ed esaurienti riferimenti alle fonti, sia primarie che secondarie.

Un valido punto di partenza per questa argomentazione è costituito dall'osservazione che l'attuale scala cronologica di espansione dell'universo, esemplificata dal tempo impiegato dalle galassie per raddoppiare la loro distanza da noi, coincide per ordine di grandezza con la durata della vita di una tipica stella di sequenza primaria, corrispondente al tempo necessario per consumare la sua principale fonte di combustibile.

All'interno della teoria dell'universo stazionario non si troverebbe immediata spiegazione di tale coincidenza; presumibilmente si dovrebbe argomentare che gli stessi parametri microfisici che in ultima analisi determinano la

---

\* (Il principio cosmologico antropico)

durata della vita di una stella si combinino in maniera analoga per determinare la scala cronologica dell'universo, che nella teoria dell'universo stazionario si identificherebbe in un tempo costante invariante.

Al contrario all'interno della teoria dell'universo in evoluzione dopo il big bang si trova una semplice spiegazione, o meglio si trovano due spiegazioni che chiamerò "spiegazione forte" e "spiegazione debole". La "spiegazione debole" si fonda sul fatto che la galassia contiene ancora un gran numero di stelle di sequenza primaria che si sono già formate ma non si sono ancora spente. Ne consegue che la nostra osservazione dell'universo deve necessariamente avvenire nell'epoca adeguata, vale a dire circa 10 miliardi di anni dopo il big bang, quando la scala cronologica di espansione dovrebbe essere dello stesso ordine di grandezza. La "spiegazione forte" si fonda invece sul fatto che io esisto. Ciò impone che io mi debba trovare vicino ad una stella di sequenza primaria e non è quindi sorprendente che tali stelle esistano nell'attuale epoca dell'universo.

Questa semplice ma efficace argomentazione ci conduce alla seguente domanda: quanto posso dedurre circa l'universo dal fatto che io esisto? Ne risulta che le varie proprietà della materia a livello delle particelle elementari, nucleare, atomico e molecolare devono essere sintonizzate fra di loro con estrema precisione affinché le condizioni dell'universo possano aver consentito il mio sviluppo; molti esempi a riguardo sono

indicati da Barrow e Tipler e in altri passaggi del libro. Alla fine queste proprietà sintonizzate con tanta precisione verranno probabilmente spiegate dalla teoria fondamentale. Ma per quale motivo dovrebbe "capitare" che la teoria fondamentale conduca esattamente a queste proprietà ?

A questa domanda sembrano esservi tre possibili risposte:

- a) Ciò è frutto di puro caso.
- b) Dio mi considera un prodotto dell'universo tanto gradito da aver sintonizzato tale universo in modo di garantire il mio sviluppo.
- c) Esistono altri universi disgiunti con leggi e costanti naturali diverse.

Naturalmente dovrò necessariamente esistere in uno degli universi le cui proprietà siano compatibili con la mia esistenza; tuttavia non avrò rilevanza cosmica. Questa spiegazione assume particolare semplicità se tutti gli universi logicamente possibili esistono effettivamente nel quadro del complesso di universi che io sostengo. A prima vista, questa ipotesi sembrerebbe essere in conflitto con il rasoio di Occam, ma in realtà credo sia vero il contrario. Attenendosi alla convenzionale concezione di un universo unico, si dovrebbe presumere che sia stato "deciso" che tutti gli universi logicamente possibili tranne uno non sarebbero esistiti. Si tratta certo di una presupposizione molto forte e inoltre resta del tutto oscuro come tale decisione sia stata presa. Io credo

invece che alla realtà si debbano applicare quanti meno vincoli ci sia consentito dall'osservazione e che questa impostazione sia in armonia con il rasoio di Occam. Sostengo quindi che tutto ciò che non è vietato sia obbligatorio. La mia esistenza, così come la sintonizzazione ad essa necessaria, non risultano dunque essere altro che semplice conseguenza di questa tesi.

Conosco le tre obiezioni sollevate contro questa posizione; sono le seguenti:

- a) Potrebbero esistere molte altre forme di vita intelligente (delfini, nuvole nere, ecc.); perchè concentrare l'argomentazione proprio su di me, o, con più modestia, sugli esseri umani ?
- b) I fisici teorici cercano di spiegare i valori precisi delle costanti naturali in termini di teoria fondamentale. Questo programma non ha dunque fini contrastanti con quelli del programma antropico ?
- c) Non ha senso parlare dell'esistenza di altri universi disgiunti dal momento che, per definizione, non è possibile verificare questa ipotesi in base a qualsivoglia esperimento od osservazione concepibile.

A queste obiezioni è possibile replicare nella seguente maniera:

- a) Anche i delfini e le nuvole nere potrebbero benissimo costruire ragionamenti simili, oppure, in quanto a ciò, potrei io stesso costruire tali ragionamenti in loro vece. Comunque sia non vi è dubbio che io voglia capire perchè

l'universo è stato sintonizzato in misura sufficiente per darci l'esistenza e se pertanto posso ritenermi un elemento importante dell'ordine cosmico.

- b) Ogni universo sarebbe governato dalla propria teoria fondamentale; certamente è giusto ricercare quella applicabile al nostro universo, ma essa non avrebbe particolare rilevanza all'interno del complesso degli universi. Esiste una possibile eccezione a questa affermazione che si presenterebbe se in effetti un solo tipo di universo fosse logicamente possibile. Pur rivestendo interesse straordinario, tale circostanza lascierebbe il problema antropico irrisolto, poiché rimarrebbe ancora da spiegare perché proprio quella sintonizzata sia la sola ed unica possibilità.
- c) Questa obiezione non regge perché la teoria della pluralità degli universi conduce ad una previsione verificabile. Questo vale in virtù del fatto che non ci attenderemo che il nostro universo occupi nel complesso degli universi una posizione più speciale di quanto non sia necessario per garantire il nostro sviluppo. Al contrario ci si potrebbe attendere che un universo unico sia caratterizzato da condizioni iniziali affatto speciali. In questa prospettiva Roger Penrose ha proposto l'idea che il nostro universo avesse inizialmente conformazione piatta e Stephen Hawking ha introdotto uno speciale Ansatz per il calcolo della condizione iniziale rispettata dalla funzione di onda quantica dell'universo. Matematicamente queste condizioni

sono eleganti e precise ma non sembrano preannunciare l'emergere della vita intelligente.

D'altra parte mi immagino che il nostro universo rappresenti un elemento generico dell'insieme di universi che ha potuto darci origine. Un tale universo generico non possiederebbe però una semplice regola matematica che governi le sue condizioni iniziali. La previsione sarebbe dunque la seguente: Penrose e Hawking si sbagliano, e ciò potrebbe un giorno essere dimostrabile, in base, ad esempio, ad una misurazione del grado iniziale di anisotropia dell'universo. Una completa e rigorosa discussione di questo tema richiederebbe il ricorso a una teoria di misura dello spazio complessivo degli universi, tuttora da sviluppare. Tuttavia spero sia chiaro che, facendo una previsione verificabile, l'ipotesi dell'esistenza di più universi disgiunti si propone quale ipotesi fisica.

Traduzione di Stefano Castiglioni

## The Anthropic Principle and the Non-uniqueness of the Universe

D.W. Sciama

International School for Advanced Studies, Trieste, Italy

Department of Astrophysics, Oxford

### Abstract

It is argued that all logically possible universes exist in an ensemble of disjoint universes. An intelligent observer would automatically find himself in a universe whose properties are compatible with his own development. The known fine tuning of these properties would then not imply that such an observer is important in the scheme of things, but simply determines the size of the subset of universes in which he could arise. Although the other universes are disjoint from ours the proposal that they exist is a meaningful one, because it leads to a specific prediction which could be tested by observations carried out in our universe.

The Anthropic Principle is concerned with the elucidation of man's role in the universe starting from the consideration that, whether or not man is actually important in the scheme of things, it is logically necessary that the universe should have properties which are compatible with his emergence. This consideration has led to a wide variety of different arguments, which have recently been ably expounded by J.D. Barrow and F.J. Tipler in their book *The Anthropic Cosmological Principle* (Oxford University Press 1986). In this article I shall give my own views on these matters, but I emphasise that I make no claim to originality - Barrow and Tipler give full references to both primary and secondary sources.

A good place to start the argument is with the observed coincidence that the present expansion timescale of the universe (for example, the time for galaxies to double their distance from us) is of the same order as the lifetime of a typical main sequence star (that is, the time it takes to burn its chief source of fuel). In the steady state theory there would be no immediate explanation of the coincidence - one would presumably have to argue that the same microphysical parameters which ultimately determine the lifetime of the star are also combined in a similar way to determine the timescale of the universe (which in the steady state theory would be a fixed constant time).

By contrast in the big bang evolutionary theory of the universe there is trivial explanation, indeed there are two, which I will call the weak and the strong explanation. The weak explanation is based on the fact that the Galaxy still contains vast numbers of main sequence

stars which have already formed but not burnt out. Thus we must be observing the universe at the appropriate epoch after the big bang - about ten billion years - when the expansion timescale would be expected to be also of this order. The strong explanation is based on the fact that I exist. This requires me to be near a main sequence star, so it is no surprise that in the present epoch of the universe such stars exist.

This simple but powerful argument leads us to ask the question: how much can I deduce about the universe from the fact that I exist? It turns out that various elementary particle, nuclear, atomic and molecular properties of matter have to be very finely tuned for conditions in the universe to have permitted my development - many examples are given by Barrow and Tipler and elsewhere in this book. These finely tuned properties will probably also eventually be accounted for by fundamental theory. But why should fundamental theory "happen" to lead to these properties?

There seem to be three possible answers to this question:

- (a) It is a complete chance.
- (b) God regards me as such a desirable product of the universe that he has fine-tuned it so as to guarantee my development.
- (c) There exist other, disjoint, universes with other laws and constants of nature.

Naturally I must exist in one of the universes whose properties are compatible with my existence, but I have no cosmic significance. This explanation becomes particularly trivial if all logically possible universes actually exist in the ensemble of universes which I am advocating. At first sight this proposal might seem to fall foul of Occam's Razor. But I believe the opposite to be the case. On the conventional view of a unique universe we have to assume that it was "decided" that all but one of the logically possible universes should not exist. This is a very strong assumption, and it is completely obscure how this decision was taken. My own view is that we should invoke as few constraints on reality as is compatible with observation, and that it is this view which is in harmony with Occam's Razor. Thus I am advocating that everything which is not forbidden is compulsory. My existence, together with the necessary fine-tuning, is then a trivial consequence of this proposal.

I know of three objections which have been raised to this point of view. They are the following:

- (a) There could exist many other forms of intelligent life (? dolphins, black clouds etc). Why concentrate the argument on me (or more modestly, on human beings)?
- (b) Theoretical physicists are attempting to explain the precise values of the constants of nature in terms of a fundamental theory. Is not this programme at cross-purposes with the anthropic one?
- (c) It is meaningless to invoke other, disjoint universes, since by

definition one cannot test this hypothesis by any conceivable experiment or observation.

These objections can be answered as follows:

(a) Dolphins and black clouds might well construct similar arguments. For that matter I could construct such arguments on their behalf.

Nevertheless I certainly want to understand why the universe was fine-tuned enough to bring me into existence, and whether I am therefore an important element in the scheme of things.

(b) Each universe would be governed by its own fundamental theory. The one applicable to our universe is certainly worth seeking, but it would not have special significance in the ensemble of universes. There is a possible exception to this statement, which would arise if in fact only one type of universe were logically possible. This would be exceedingly interesting, but would leave us with the anthropic problem unresolved, since it would still require explanation why the one unique possibility is precisely the fine-tuned one.

(c) This objection does not hold because the many universes proposal does lead to a testable prediction. The reason for this is that we would not expect our universe to be a more special member of the ensemble than is needed to guarantee our development. By contrast, a unique universe might be expected to be characterised by very special initial conditions indeed. In that vein Roger Penrose has proposed that initially our universe was conformally flat, and Stephen Hawking has introduced a very special ansatz for calculating the initial condition obeyed by the quantum wave function of the universe. These conditions are mathematically elegant and precise, but do not seem to foreshadow the emergence of intelligent life.

On the other hand, I would expect our universe to be a generic member of the set which could give rise to us. Such a generic universe would not possess a simple mathematical rule governing its initial conditions. The prediction would then be: Penrose is wrong and Hawking is wrong, and this could one day be demonstrable, for example by measuring the initial degree of anisotropy of the universe. A full and rigorous discussion of this question would require a still-to-be-constructed measure theory on the ensemble space of the universes. But I hope it is clear that by making a testable prediction, the hypothesis that there exist many disjoint universes is a physical hypothesis.