

Una nuova prospettiva sull'ontologia dello spaziotempo

Andrea Castelli

The intention of this paper is that of proposing a method of approaching the problem of spacetime ontology that is, at least at the beginning, independent from the previous ones concerning the “Hole Argument”: to propose an approach based on the possibility of describing the gravitational field at three distinct levels. Observing the theory of General Relativity from this perspective, we can find a “triple modality” for describing the gravitational field that is essentially based on a geometric interpretation of the spacetime structure. The gravitational field is now “visible” no longer in terms of its autonomous degrees of freedom, but it is analyzable through three levels: a first one, called the potential level, a second one, known as the connections level and, finally, a third level, that of the Riemann tensor, which is peculiar to General Relativity only. Focusing from the beginning on what is called the “third level” seems to present immediately a first advantage: to lead directly to a description of spacetime properties in terms of gauge-invariant quantities, which allows to “short circuit” the long path that, in the treatises analyzed, leads to identify the “ontic part” of the metric field. It is then shown how to this last level it is possible to establish a “primitive level of objectivity” of spacetime in terms of the effects that matter exercises in extended domains of spacetime geometrical structure; these effects are described by invariants of the Riemann tensor, in particular of its irreducible part: the Weyl tensor.

Keywords: *spacetime ontology, substantivalism-relationalism debate, General Relativity, Hole Argument, Einstein equations, Weyl tensor*

A mia madre...

Nel contesto della Relatività Generale, è ben noto che spazio e tempo sono “fusi” in una singola entità, lo spaziotempo, ma non risulta immediato riconoscere quale sia lo statuto ontologico di questa nuova entità, ovvero se essa abbia il carattere di una sostanza (qualcosa che esiste indipendentemente dagli oggetti e dai processi che hanno luogo al suo “interno”) o se essa, al contrario, abbia una natura squisitamente relazionale (un “sistema di relazioni” consistente solo grazie all’esistenza dei suoi singoli costituenti). L’obiettivo dell’“Argomento del buco” di Einstein¹ è quello di mostrare come il sostanzialismo dello spaziotempo porti inevitabilmente a conclusioni inaccettabili nella maggior parte delle teorie dello spaziotempo. Infatti, il sostanzialismo spaziotemporale richiede l’attribuzione di proprietà aggiuntive in eccesso per la descrizione dello spaziotempo, al punto tale che né l’osservazione né le leggi delle teorie in questione sono in grado di stabilire quali siano le proprietà oggettive e reali dello spaziotempo stesso. Scopo dell’“Argomento del buco” era quello di dimostrare che da una distribuzione di materia, contenente però una regione di spaziotempo completamente priva di materia che Einstein chiamò, appunto, “buco”, e con un campo gravitazionale specificato ovunque all’esterno di questo (ovvero anche sulla superficie dei valori iniziali), le equazioni di campo generalmente covarianti non sarebbero state in grado di determinare *univocamente* il campo gravitazionale all’interno del buco.

È fondamentale puntualizzare che fino a tempi recenti il dibattito sull’ontologia dello spaziotempo ha avuto solamente una rilevanza filosofica,

¹ Il grande scienziato, almeno fino al Novembre del 1913, restò fermamente convinto della necessità di trovare una teoria relativistica della gravitazione che fosse generalmente covariante, le cui equazioni, in altri termini, si mantenessero invarianti sotto arbitrarie trasformazioni di coordinate. La comparsa di ostacoli al momento insuperabili lo fece retrocedere temporaneamente da questa direzione e l’“Argomento del buco” fu una sorta di suggerimento al suo ripensamento, motivato dal fatto che una teoria generalmente covariante avrebbe violato quella che egli chiamava “legge di causalità”. In dettaglio, essa dice che se le equazioni di campo sono generalmente covarianti, allora un dato tensore energia-impulso non può unicamente determinare attraverso di esse il campo gravitazionale. In realtà, pare verosimile che il problema di fondo che condusse Einstein alla formulazione dell’“Argomento del buco” fosse la difficoltà nel determinare l’univocità delle soluzioni alle equazioni di campo piuttosto che un vero e proprio problema ontologico.