

*Carlo Rovelli*

# RELATIVITÀ GENERALE

UNA SEMPLICE INTRODUZIONE

*Idee, struttura concettuale, buchi neri, onde gravitazionali,  
cosmologia e cenni di gravità quantistica*

TRADUZIONE DI PIETROPAOLO FRISONI



ADELPHI EDIZIONI

## INDICE

<i>Prefazione</i>	13
-------------------	----

### PARTE PRIMA. BASI

Che cos'è la relatività generale	17
1. Fisica: una teoria di campo della gravità	19
1.1 Relatività speciale	19
1.2 Campi	22
2. Filosofia: che cosa sono lo spazio e il tempo?	25
2.1 Spazio e tempo relativi, spazio e tempo newtoniani	25
2.2 L'idea di Einstein: spazio e tempo di Newton sono un campo	27
2.3 Gli indizi di Einstein: accelerazione rispetto a che cosa?	29
3. Matematica: spazi curvi	32
3.1 Superficie curve	32
3.1.1 Geometria intrinseca	32
3.1.2 Curvatura di Gauss	34
3.1.3 Coordinate generali	36
3.1.4 Frame field e metrica	39
3.2 Geometria di Riemann	45
3.2.1 Geodetiche	50
3.2.2 Campi e derivate su spazi di Riemann	52
3.2.3 Curvatura di Riemann	55

3.3 Geometria	61
3.3.1 Geometria lorentziana	62

**PARTE SECONDA. LA TEORIA**

4. Equazioni di base	69
4.1 Campo gravitazionale	69
4.2 Effetti della gravità	70
4.3 Equazioni di campo	71
4.4 Sorgente nell'equazione di campo	73
4.5 Equazioni di vuoto	73
5. Azione	75
6. Simmetrie e interpretazione	78
6.1 Tempo e energia	81

**PARTE TERZA. APPLICAZIONI**

7. Limite newtoniano	87
7.1 Metrica nel limite newtoniano	87
7.2 Forza di Newton	88
7.3 Dilatazione temporale	89
8. Onde gravitazionali	93
8.1 Effetti sulla materia	96
8.2 Produzione e rilevazione	99
9. Cosmologia	103
9.1 Geometria su larga scala dell'universo	105
9.2 Modelli cosmologici di base	109
10. Campo gravitazionale di una massa	112
10.1 Metrica di Schwarzschild	112
10.2 Problema di Keplero	114
10.3 Deflessione della luce da parte del Sole	120
10.4 Orbite vicino all'orizzonte	122
10.5 Forza cosmologica	126
10.6 Metrica di Kerr-Newman e frame dragging	126
11. Buchi neri	129
11.1 All'orizzonte	130
11.2 Dentro il buco nero	135
11.3 Buchi bianchi	137

12. Elementi di gravità quantistica	145
12.1    Basi empiriche e teoriche	146
12.2    Discretizzazione: quanti di spazio	148
12.3    Sovrapposizione di geometrie	152
12.4    Transizioni: tunneling da buco nero a bianco e big bounce	155
12.5    Conclusione: la scomparsa dello spaziotempo	158
<i>Indice analitico</i>	159