
Prefazione alla II edizione

La seconda edizione di questo testo mantiene tutte le caratteristiche della prima edizione, progettata in modo specifico per i corsi semestrali della Laurea Magistrale in Fisica: un testo di riferimento completo, autosufficiente, facilmente utilizzabile, e accessibile a studenti provenienti da indirizzi e piani di studio diversi. Contiene le principali informazioni sulla teoria gravitazionale che al giorno d'oggi ogni laureato in Fisica dovrebbe possedere: si parte dalle nozioni di base della Relatività Generale, e si sviluppa la teoria gravitazionale classica sino ad argomenti di frontiera come l'estensione supersimmetrica delle equazioni di Einstein.

Dall'epoca della prima edizione, anno 2009, sono successe però varie cose. C'è stata la scoperta al CERN del bosone di Higgs (che, salvo sorprese, dovrebbe essere confermato dall'ultima serie di esperimenti che verrà effettuata, dal 2015 in poi, alle più alte energie raggiungibili dall'acceleratore LHC). Inoltre, per quel che riguarda più da vicino la gravità, c'è stato l'annuncio (successivamente smentito!) della misura di velocità di neutrini superiori a quella della luce, e – recentissima novità – l'annuncio dell'esperimento BICEP2 (Marzo 2014) che sembra aver osservato gli effetti di onde gravitazionali fossili, prodotte ad altissima energia nell'Universo primordiale.

Tutte queste eccitanti novità, insieme all'esigenza di revisionare e perfezionare alcune parti del testo originale, hanno contribuito a motivare la preparazione di questa seconda edizione, che si differenzia dalla prima per l'aggiunta di materiale di forte interesse attuale.

È stata aggiunta, in particolare, una seconda appendice (l'Appendice B) che fornisce una dettagliata presentazione dei modelli gravitazionali multidimensionali, motivati dalla teoria delle stringhe e delle membrane (la ricerca di eventuali dimensioni *extra* rientra infatti tra i principali obiettivi dell'acceleratore LHC). È stata anche aggiunta, nel Capitolo 10, la nuova Sezione 10.5 che riporta una originale discussione delle misure di velocità e degli effetti di dilatazione temporale in presenza di un campo gravitazionale esterno (argomenti portati alla ribalta dai recenti esperimenti sui neutrini). Va segnalata infine, tra le novità più rilevanti, anche la Sezione 9.5 che introduce allo

studio del fondo cosmico di onde gravitazionali, e in particolare agli effetti “polarizzanti” che tale fondo potrebbe avere sulla radiazione cosmica di tipo elettromagnetico (è proprio questa polarizzazione, infatti, che viene misurata dal citato esperimento BICEP2).

In questo modo spero di aver reso il testo più completo e più rispondente alle attuali esigenze degli studenti della Laurea Magistrale in Fisica e in Astronomia. Rinnovo i miei ringraziamenti a Marina Forlizzi, Editore Esecutivo della Springer-Verlag Italia, per il suo continuo ed eccellente supporto che ha permesso di realizzare questa seconda edizione.

Ringrazio anche in anticipo tutti i lettori (studenti e non) che vorranno segnalarmi errori, imprecisioni o importanti omissioni (o anche presentare critiche e commenti personali). Possono farlo inviando un messaggio di posta elettronica all’indirizzo `gasperini@ba.infn.it`, e saranno sempre i benvenuti per la loro collaborazione.

Cesena, Marzo 2014

Maurizio Gasperini

Prefazione

Questo libro è basato su lezioni per gli studenti di Fisica tenute in passato all'Università di Torino, e attualmente all'Università di Bari. Tali lezioni, preparate in origine per il corso di Relatività del vecchio ordinamento di laurea, sono state recentemente rielaborate e riorganizzate per adattarsi alle esigenze del nuovo ordinamento che ha introdotto la Laurea Magistrale (o Specialistica) in Fisica.

È nato così un libro di testo che si rivolge in modo specifico agli studenti dei corsi di Relatività Generale e/o Teoria della Gravitazione che oggi compaiono nel piano di studi degli indirizzi Teorico/Generale, Astrofisico, Astroparticellare della Laurea Magistrale in Fisica e in Astronomia. Scopo del testo è quello di rappresentare un riferimento che sia completo e autosufficiente per un corso di tipo semestrale, ma anche facilmente utilizzabile, e accessibile a studenti provenienti da indirizzi diversi.

Per realizzare questi obiettivi il libro include una parte tradizionale che presenta la relatività generale come teoria geometrica classica del campo gravitazionale macroscopico, e una parte più avanzata che collega la relatività generale alle teorie di *gauge* delle interazioni fondamentali attive a livello microscopico, e che illustra i legami formali (e le differenze fisiche) esistenti tra la gravità e le altre interazioni. In questo modo si cerca di raccordare il corso di gravità ai corsi sul modello standard, riempiendo un vuoto che non viene colmato dai testi tradizionali di relatività generale e che può creare disagio agli attuali studenti.

In questo contesto sono state ridotte al minimo le parti formali di geometria differenziale per lasciare più spazio alle moderne problematiche dell'interazione gravitazionale, sia di tipo applicativo (ad esempio: la fenomenologia delle onde gravitazionali), sia di tipo teorico fondamentale (ad esempio: le interazioni gravitazionali dei campi spinoriali e la supergravità). È stata però inclusa un'Appendice finale che presenta i rudimenti del cosiddetto "calcolo di Cartan" per le forme esterne (o forme differenziali). Tale tecnica risulta di grande utilità non solo nel contesto della teoria gravitazionale, ma anche in molti altri campi della fisica teorica.

Un buon utilizzo di questo testo presuppone che il lettore abbia una conoscenza di base della relatività ristretta, dell'elettromagnetismo e della teoria classica dei campi. Al di fuori di questo, però, il libro cerca di essere autosufficiente: le nozioni necessarie e le tecniche da utilizzare vengono di volta in volta richiamate o introdotte esplicitamente. Inoltre, per una migliore efficacia didattica, tutti i calcoli necessari vengono svolti in maniera dettagliata nel testo (senza lasciare al lettore “buchi” da riempire), oppure presentati come esercizi proposti e risolti. Per questo motivo la soluzione degli esercizi è stata inserita alla fine di ogni capitolo, e costituisce parte integrante del capitolo stesso.

Mi sembra doveroso – anche se ovvio – sottolineare che questo libro è lontano dal rappresentare un riferimento completo per uno studio rigoroso ed esauriente della teoria della gravitazione. Lo stile è quello di note e appunti per lezioni, e lo scopo è quello di fornire agli studenti le nozioni di base che li rendano in grado di approfondire e ampliare autonomamente, in seguito, gli argomenti trattati mediante l'uso di testi più avanzati e professionali (si vedano ad esempio i riferimenti bibliografici finali).

Va notato infine che questo libro evita deliberatamente di affrontare temi di cosmologia e astrofisica relativistica, per i quali il nuovo ordinamento di laurea prevede corsi specifici, separati da quello di Relatività Generale, ed ai quali è opportuno riservare un testo dedicato. Un apposito libro di cosmologia teorica, che rappresenta la continuazione naturale del presente testo, è attualmente in fase di preparazione da parte del sottoscritto.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare in primo luogo i molti studenti e i colleghi di Torino e di Bari che nel corso degli anni hanno contribuito, con i loro commenti, suggerimenti e critiche, a correggere e migliorare queste note. Elencarli tutti sarebbe impossibile, per cui mi limito a ringraziarli collettivamente. Faccio un'eccezione per l'amico e collega Stefano Forte, che cura la collana di Fisica e Astronomia della Springer, perché è anche grazie al suo incoraggiamento se il progetto di questo libro si è finalmente concretizzato.

Un dovuto pensiero di riconoscimento va inoltre a Venzo De Sabbata, che è stato un mio professore quando (molti anni fa!) ero studente di Fisica all'Università di Bologna, e che mi ha introdotto allo studio della gravitazione e della cosmologia, stimolando il mio interesse verso questi argomenti di studio e di ricerca.

Sono infine grato alla Springer-Verlag Italia, e in particolare all'Editore Esecutivo Marina Forlizzi, per l'assistenza ricevuta, gli utili consigli e l'ottima riuscita editoriale di questo libro.

Relatività Generale e Teoria della Gravitazione

Gasperini, M.

2015, XIX, 363 pagg. 10 figg., Hardcover

ISBN: 978-88-470-5689-3