

Insegnare relatività: come, quale, quando e perché?



**Associazione per l'Insegnamento
della Fisica**

sezione di Parma – Reggio Emilia

Fare fisica insieme
29 novembre 2023

Paola Pannuti

paolapannuti@gmail.com

Insegnare relatività: come?

progetto di:

Elio Fabri

Quaderno 16 A.I.F. - *Insegnare relatività nel XXI secolo*

lezioni alla Scuola Estiva A.I.F. 2000

<https://fabri.sagredo.eu/Q16/>

mia sintesi per studenti, con esercizi svolti:

Introduzione alla relatività, la fisica dello spazio-tempo

https://digilander.libero.it/la_prof_di_fisica/SodE.html

ulteriori crediti:

E.F. Taylor e J.A. Wheeler, *Fisica dello spazio-tempo - Introduzione alla relatività speciale*, Zanichelli, 1996

J.A. Wheeler, *Gravità e spazio-tempo*, Zanichelli NCS, 1993

Paola Pannuti - Fare fisica insieme - 29/11/23

Insegnare relatività: quale?



- questa è una proposta, molto completa, di integrazione tra relatività ristretta e generale, che partendo da zero, arriva all'astrofisica e alla cosmologia;
- è possibile scegliere di approfondire la parte teorica e/o gli esercizi;
- è possibile non affrontarla completamente;
- tuttavia sono sicura che sia utile prenderla in considerazione

Insegnare relatività: quando?

- il terzo anno: spazio, tempo, sistemi di riferimento, principio d'inerzia, principio di relatività di Galileo, sistemi di riferimento inerziali secondo Galileo
- il quinto anno, dopo l'Elettromagnetismo, il più possibile del resto

Insegnare relatività: perché?

- la relatività è nei nuclei tematici fondamentali del quadro di riferimento del liceo scientifico
- ha più di un secolo di vita, è una teoria matura, consolidata, organica e completa
- ha innumerevoli conferme sperimentali
- ha importanti applicazioni tecnologiche, alcune di uso comune, ad esempio i sistemi di radionavigazione satellitare
- non è più incomprensibile dell'altra fisica

I vantaggi del progetto ...



- completezza e correttezza dei contenuti
- approccio intuitivo ma rigoroso
- dati sperimentali e applicazioni tecnologiche molto recenti
- stimolante per gli insegnanti
- interessante per gli studenti

... e le difficoltà



- richiede tempo
- è innovativo, e induce gli insegnanti a:
 - cambiare i loro percorsi tradizionali d'insegnamento (ad esempio, non servono le trasformazioni di Lorentz)
 - affrontare argomenti concettualmente non facili (ad esempio, le equazioni della RG di Einstein)

Ma, in pratica, “funziona” ?

- gli studenti hanno dichiarato di aver particolarmente apprezzato il ricorso sistematico ai fatti sperimentali, spiegati con molta geometria e poca algebra
- i risultati delle verifiche sono stati soddisfacenti

1. Spazio, tempo, sistemi di riferimento



- tempo e orologi
- tempo assoluto e spazio assoluto
- sistemi di riferimento

2. Il principio di relatività di Einstein



- il principio d'inerzia e i riferimenti inerziali
- il principio di relatività di Galileo
- il principio di relatività di Einstein
- basi sperimentali del principio di relatività di Einstein

3. Il principio di equivalenza di Einstein

- il principio di equivalenza di Einstein
- riferimenti inerziali secondo Einstein, cioè in caduta libera - volo libero - libera fluttuazione
- basi sperimentali del principio di equivalenza di Einstein
- le verifiche “classiche” della relatività generale

4. L'esperimento di Hafele e Keating e il tempo proprio

- l'esperimento di Hafele e Keating
- l'esperimento dell'orologio a luce
- il tempo proprio (o intervallo spazio-temporale di tipo tempo) come "lunghezza" nello spazio-tempo
- il paradosso dei gemelli
- "dilatazione" dei tempi e "contrazione" delle lunghezze

5. L'esperimento di Briatore Leschiutta e la curvatura dello spazio-tempo

- l'esperimento di Briatore e Leschiutta
- la curvatura della superficie terrestre e le mappe non fedeli
- il redshift gravitazionale e l'effetto marea
- le geodetiche e la curvatura di una superficie 2D
- la deviazione delle geodetiche e la curvatura dello spazio-tempo
- il principio della geodetica

6. Dinamica relativistica

- la simultaneità è relativa
- la definizione relativistica della quantità di moto
- la formulazione relativistica del secondo principio
- la definizione relativistica dell'energia e dell'energia cinetica
- l'inerzia dell'energia
- la massa

(7. Astrofisica e Cosmologia)

- La scala delle distanze: la parallasse
- La distanza ricavata dalla luminosità
- La massa delle galassie e la densità di materia
- La legge di Hubble
- Il principio cosmologico (PC)
- Il modello di Universo a curvatura costante
- Il redshift cosmologico
- La legge di Hubble come approssimazione
- La dinamica cosmologica
- Evoluzione della densità di materia
- L'orizzonte
- Universo aperto o chiuso? Il futuro