

L'avventura di un Astronomo

La storia della spedizione all'Equatore alla ricerca dell'effetto previsto da Einstein

Caro Bartolomeo,

questa è la storia di un'avventura che si è svolta cento anni fa quando la prima guerra mondiale era ancora in atto e i rapporti tra scienziati erano difficili. Avventura doppia come vedrai.

Premessa: parte della tecnologia che utilizziamo tutti attualmente, in particolare il sistema GPS (Global Positioning System) che ti permette di localizzarti quando viaggi in auto o in bicicletta giù per la Val di Fassa, si basa sulla teoria che Albert Einstein formulò negli anni 1912-1915 ed è nota come “Teoria della Relatività Generale” che costituisce oggi la “Teoria della Gravitazione” che ha migliorato in modo rivoluzionario la vecchia teoria di Isaac Newton risalente al 1600. La teoria di Einstein è a detta di tutti la più bella teoria fisica - e in questo contesto “bello” vuol dire geniale e precisa tanto che a cento anni dalla formulazione la sua precisione non è ancora stata messa in dubbio nonostante gli strumenti sempre più precisi di cui disponiamo oggi. La teoria riconduce la fisica della

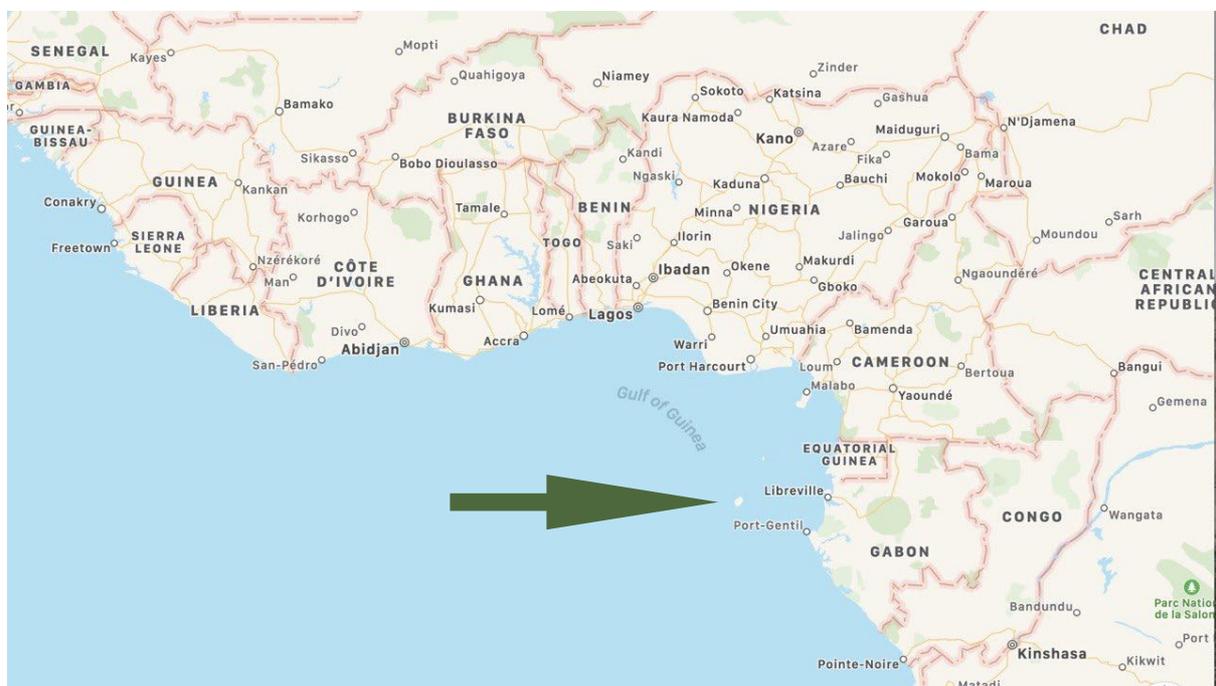
gravitazione, la forza che regola il movimento di galassie, stelle, pianeti fino alla nostra scala e cioè regola il movimento di un pallone da calcio, ad una proprietà incredibile dello spazio in cui ci muoviamo o meglio dello spazio-tempo cioè il complesso dello spazio fisico a tre dimensioni e del tempo: questo spazio-tempo costituisce un'unica struttura e risulta essere *incurvato dalla presenza della materia*. Il risultato è, per esempio, che le traiettorie che i pianeti descrivono nel loro moto intorno al Sole sono in realtà delle *linee rette* secondo questa geometria. Anche i raggi di luce percorrono linee rette, ma non quelle della geometria euclidea ma quella della nuova geometria. Questo ha come conseguenza che un raggio di luce che arriva sulla terra da una stella passando radente la superficie del Sole dove l'effetto è maggiore vengono deflesse rispetto alla traiettoria che seguono lontano dal Sole. Si potrebbe dire che anche la luce cade sotto l'effetto della gravità, ma l'effetto è normalmente così piccolo che nessuno se ne sarebbe accorto non fosse stato per l'idea fantastica di Einstein. Era chiaro che questo fenomeno si sarebbe potuto mettere in evidenza e MISURARE solo in occasione di una eclisse di Sole totale. La posizione apparente di una stella in questo frangente sarebbe deviata di un certo angolo rispetto alla posizione usuale. Ora gli astronomi hanno a disposizione dati molto precisi sulla posizione di milioni di stelle e i loro strumenti erano di una precisione incredibile già nel secolo XVIII. La sfida era quella di misurare lo spostamento angolare apparente di una stella la cui luce

passa radente la superficie del Sole con una precisione di un secondo di arco ($1/3600$ di grado!). La teoria di Einstein infatti prevede un effetto di $1.74''$ mentre la teoria di Newton, descrivendo la luce come formata di particelle che viaggiano alla velocità di 300000 km/s prevede una deflessione pari esattamente alla metà! Quindi è richiesta un'accuratezza maggiore di un secondo di grado.

Il primo astronomo britannico, Arthur Eddington, era in contatto epistolare con Einstein e capì al volo il valore della nuova teoria. Nonostante il momento non fosse favorevole alla collaborazione tra Inglesi e Tedeschi, Eddington non si lasciò intimorire



dalle critiche. Alla Royal Academy of Science c'era molta ostilità verso Einstein, primo perché tedesco e secondo perché era la teoria di Newton a essere messa in crisi. Comunque Eddington riuscì a trovare i finanziamenti per la spedizione all'equatore dove la prossima eclisse avrebbe avuto luogo nell'anno 1918, precisamente



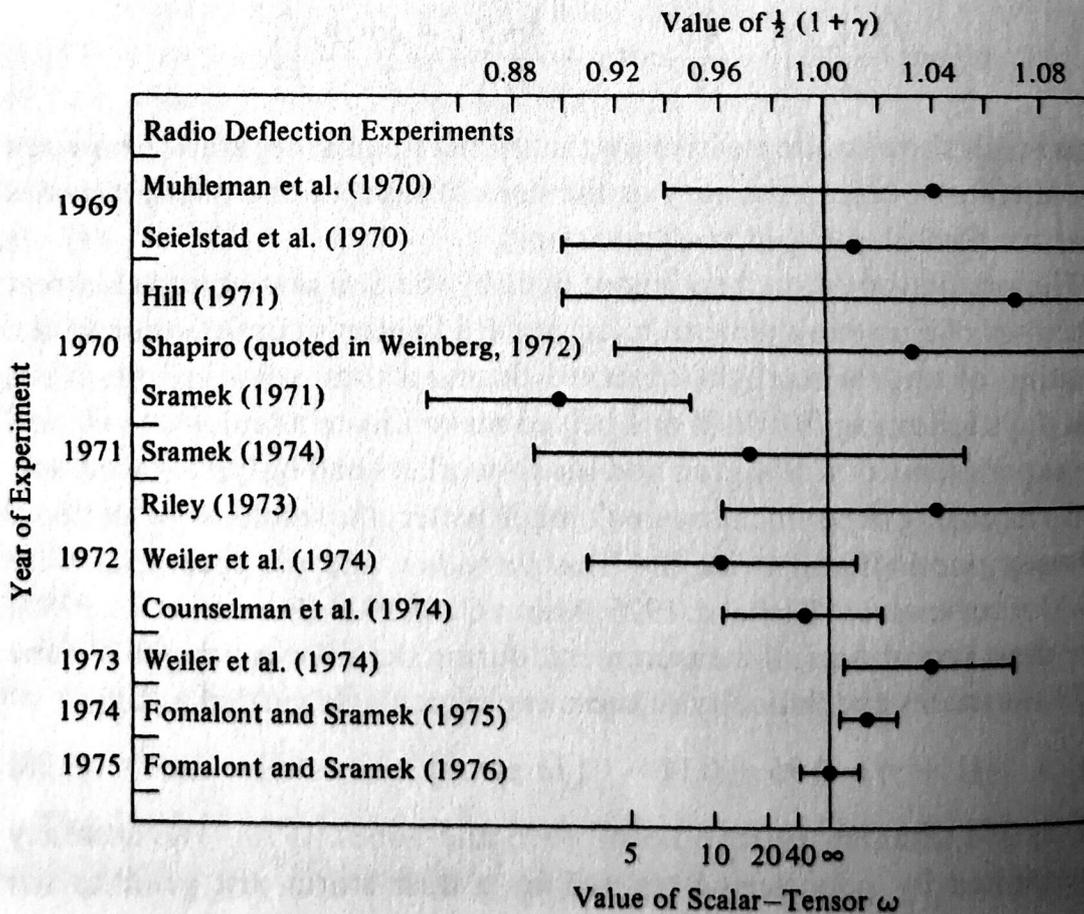
all'isola Principe, di fronte alla costa della Guinea equatoriale. Si può immaginare quali difficoltà si ponevano di traverso all'impresa. Si trattava di fotografare una zona del cielo dove si conosceva con precisione la posizione di un certo numero di stelle e misurare la differenza nella posizione angolare rispetto alle condizioni di osservazione lontani dal Sole. L'attrezzatura comprendeva un telescopio lungo sei metri, apparecchi fotografici e il necessario per lunghe esposizioni - ci volevano 20" per catturare le immagini e una posa così lunga comportava la necessità di correggere per il moto di rotazione terrestre. Si utilizzò uno specchio mosso da un meccanismo automatico, perché era impensabile ruotare l'intero telescopio. La mattina dell'eclisse il cielo era nuvoloso... Al momento giusto però il Sole si scoprì e Eddington e il suo assistente Dyson poterono effettuare una serie soddisfacente di fotografie. Contemporaneamente un'altra spedizione in Brasile portava avanti per stesse misure. Questo è normale in ambiente scientifico. Mai puntare tutto su un solo cavallo! E i risultati delle due spedizioni furono poi confrontati al rientro in Inghilterra. Nelle tabelle che trovi qui di seguito sono riportati i risultati di Eddington e dell'altra spedizione, seguiti da altri esperimenti che si sono effettuati nei trent'anni seguenti. Anche l'astronomia a onde radio, sempre onde elettromagnetiche ma non visibili, permettono di effettuare misure senza aspettare le eclissi. La precisione come si vede dalla tabella risulta molto soddisfacente.

Table 8.1. Measurements of the Deflection of Light by the Sun.³ The fourth column gives the minimum and maximum values for the distance of closest approach of the light ray to the sun's center for the various stars studied. The fifth column gives the deduced value for the deflection of a light ray that just grazes the sun's surface.

Eclipse	Site	Number of Stars	r_0/R_\odot	θ_\odot (sec)	Ref.
May 29, 1919	Sobral	7	2-6	1.98 ± 0.16	a
	Principe	5	2-6	1.61 ± 0.40	a
September 21, 1922	Australia	11-14	2-10	1.77 ± 0.40	b
	Australia	18	2-10	1.42 to 2.16	c
	Australia	62-85	2.1-14.5	1.72 ± 0.15	d
	Australia	145	2.1-42	1.82 ± 0.20	e
May 9, 1929	Sumatra	17-18	1.5-7.5	2.24 ± 0.10	f
June 19, 1936	U.S.S.R.	16-29	2-7.2	2.73 ± 0.31	g
	Japan	8	4-7	1.28 to 2.13	h
May 20, 1947	Brazil	51	3.3-10.2	2.01 ± 0.27	i
February 25, 1952	Sudan	9-11	2.1-8.6	1.70 ± 0.10	j

a F. W. Dyson, A. S. Eddington, and C. Davidson, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **220A**, 291 (1920); *Mem. Roy. Astron. Soc.*, **62**, 291 (1920).
 b G. F. Dodwell and C. R. Davidson, *Mon. Nat. Roy. Astron. Soc.*, **84**, 150 (1924).
 c C. A. Chant and R. K. Young, *Publ. Dominion Astron. Obs.*, **2**, 275 (1924).
 d W. W. Campbell and R. Trumpler, *Lick Observ. Bull.*, **11**, 41 (1923); *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **35**, 158 (1923).
 e W. W. Campbell and R. Trumpler, *Lick Observ. Bull.*, **13**, 130 (1928).
 f E. F. Freundlich, H. v. Klüber, and A. v. Brunn, *Ab. Preuss. Akad. Wiss.*, No. 1, 1931; *Z. Astrophys.*, **3**, 171 (1931).
 g A. A. Mikhailov, *C. R. Acad. Sci. USSR (N. S.)*, **29**, 189 (1940).
 h T. Matukuma, A. Onuki, S. Yosida, and Y. Iwana, *Jap. J. Astron. and Geophys.*, **18**, 51 (1940).
 i G. van Biesbroeck, *Astron. J.*, **55**, 49, 247 (1949).
 j G. van Biesbroeck, *Astron. J.*, **58**, 87 (1953).

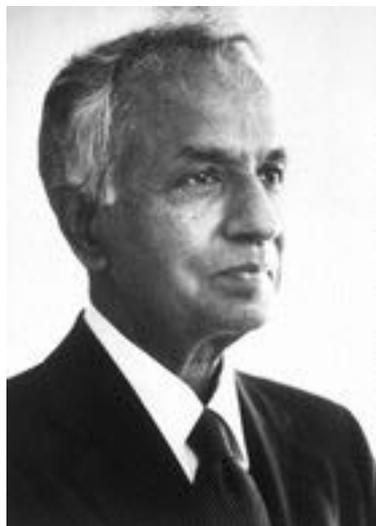
Figure 7.2. Results of radio-wave deflection measurements 1969-75.



La formula di Einstein era questa:

$$\Delta\phi = \frac{4MG}{Rc^2}(1 + \gamma)/2$$

La deviazione angolare è proporzionale alla massa del Sole, M, alla costante di Newton, G, e inversamente proporzionale al raggio del Sole, R. Il fattore rimanente è uguale a uno per Einstein e 1/2 per Newton. Quindi la gara era serrata! La teoria di Einstein ebbe la prima conferma grazie a questo *Quacchero* molto brillante e coraggioso. Prova a guardare “Arthur Eddington” su Wikipedia, c’è un buon articolo. Purtroppo più avanti in età fu piuttosto ingeneroso con un giovane astrofisico indiano appena arrivato avventurosamente da Madras. Fu la fortuna di Chandra perché decise di emigrare negli Stati Uniti e lì fece fortuna - è considerato uno dei padri dei “*buchi neri*”, anche questo trovi su Wikipedia “Subrahmanyan Chandrasekhar” se riesci a scrivere il nome...



L'avventura di Eddington si trova come "Il mio amico Einstein" su YouTube.