

DA ISAAC NEWTON A ERNST MACH

Cenno alle premesse storico-scientifiche alla Teoria della Relatività

dr.ing. Alberto Sacchi
Sviluppo Progetti Avanzati srl- R&D Dept.
ing.sacchi@alice.it

Le condizioni storico- scientifiche che portarono Albert Einstein ad elaborare la Teoria della Relatività, sia Ristretta che Generale, vengono spesso fatte risalire alle incongruenze sperimentali generatesi nel tentativo di stabilire il moto terrestre rispetto all'Etere Elettromagnetico (esperienze di Michelson e Morley 1881-1887), alle apparenti incongruenze insite nelle Equazioni di Maxwell (costanza di c -A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field-1865) rispetto alle trasformazioni galileiane e alla necessità di spiegare la strana equivalenza tra gravità e inerzia. In realtà tali problemi erano ben noti sia a Newton che a Mach che li analizzarono in un'ottica esclusivamente meccanicistica.

L'immenso contributo di Einstein è stato quello di risolverli in un'ottica globale (meccanica ed elettromagnetica)

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica vide la luce nel 1687 a cura della Royal Society ed a spese dell'astronomo Halley.

Nei Principia (Capitolo Definizioni e Assiomi Scolio II) Isaac Newton scriveva “*Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione con alcunché di esterno, rimane sempre uguale ed immobile; lo spazio relativo è una misura o dimensione mobile dello spazio assoluto.....*”

La dimostrazione sperimentale dell'esistenza di uno Spazio Assoluto divenne, con Newton e dopo di lui per quasi 230 anni, uno degli obiettivi filosofico- scientifici più ambiziosi ed evanescenti.

Lo stesso Newton tentò di darne una prova di reale esistenza con quello che è divenuto famoso come “esperimento del secchio rotante”.

“.....Si sospenda un recipiente ad un filo abbastanza lungo, e si agisca con moto circolare continuo sino a che il filo a causa della torsione si indurisce completamente. Si riempia il recipiente con acqua e lo si faccia riposare insieme con l'acqua; lo si muova poi con forza subitanea, in senso contrario, in cerchio; allora, allentando il filo, continuerà a lungo in tale moto. All'inizio la superficie dell'acqua sarà piana, come prima del moto del vaso; e poiché il vaso, comunicata gradualmente la forza all'acqua, fa in modo che anche essa inizi gradualmente a ruotare, l'acqua comincerà a ritirarsi a poco a poco dal centro e salirà verso i lati del vaso formando una figura concava (come io stesso ho sperimentato)e, a causa del moto sempre più accelerato, salirà via via finché, compiendo le sue rivoluzioni interne al vaso in tempi uguali, giacerà nel medesimo in quiete

relativa.....All'inizio, quando il moto relativo dell'acqua nel vaso era massimo, quello stesso moto in nessun modo eccitava lo sforzo di allontanamento dall'asse; l'acqua non tendeva alla circonferenza con l'ascendere verso i bordi del vaso, ma rimaneva piana e perciò non era ancora iniziato il vero moto circolare (assoluto).Dopo, diminuito il movimento relativo dell'acqua, la sua ascesa lungo le pareti del vaso, indicava lo sforzo di allontanamento dall'asse del moto,e questo sforzo indicava che il vero moto circolare cresceva continuamente sino al punto massimo in cui l'acqua giaceva in quiete relativa nel vaso.” (Capitolo Definizioni e Assiomi Scolio IV).

L'esperienza newtoniana porta alle seguenti considerazioni:

- 1) Sia A un osservatore solidale con il vaso e ruotante con esso; egli osserverà che all'inizio dell'esperienza la superficie dell'acqua risulterà piana mentre l'acqua stessa gli apparirà ruotante con velocità angolare pari a quella del vaso (supposto visto da un sistema esterno allo stesso). La velocità dell'acqua apparirà ad A rallentare progressivamente sino a fermarsi mentre la sua superficie tenderà a divenire un paraboloide di rotazione e rimarrà stabilmente in tale configurazione quando l'acqua apparirà perfettamente immobile.
- 2) Sia B un altro osservatore solidale con l'acqua; a B il vaso apparirà ruotare mentre la superficie dell'acqua risulterà piana e, mentre il moto rotatorio del vaso tenderà a diminuire la superficie tenderà ad un paraboloide che si manterrà stabile sino a quando il vaso apparirà “fermo” a B (in quanto la sua velocità angolare sarà pari a quella del vaso).
- 3) Sia ora C l'osservatore considerato da Newton, solidale con il mondo esterno, cioè con il luogo in cui esso si trova e, conseguentemente, con la Terra. Per C varranno perfettamente le considerazioni sviluppate da Newton.

Da quanto esposto discende la dipendenza della descrizione ed interpretazione dei fenomeni dal moto dell'osservatore e, poiché a Newton erano ben note le considerazioni Galileiane sui moti inerziali, ne discende che l'esperienza del vaso è valida per l'osservatore C come per ogni osservatore in moto rettilineo uniforme rispetto ad esso.

“Riserratevi con qualche amico nella maggior stanza che vi sia sotto coverta di alcun gran navilio e quì fate d'aver..... animalletti volanti.....; sospendasi anco in alto qualche secchiello che, a goccia a goccia vada versando dell'acqua in un altro vaso di bocca angusta che sia posto a basso; stando ferma la nave osservate diligentemente.....

Osservate che avete diligentemente tutte queste cose, benché nessun dubbio ci sia che mentre il vascello sta fermo non debban succeder così, fate muover la nave con quanta si voglia velocità chè, pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in la, voi non riconoscerete la pur minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da

alcuno di essi potrete riconoscere se la nave cammina oppur sta ferma.....” (Galileo Galilei – Discorso dei Massimi Sistemi- Giornata Seconda).

I problemi sollevati dall'esperimento di Isaac Newton sono di due tipi: dimostrare l'esistenza di uno spazio assoluto individuandolo sperimentalmente e trovare la causa intrinseca attraverso la quale la rotazione rispetto allo Spazio Assoluto genera fenomeni dinamici.

Mentre la Relatività Galileiana porta a restringere all'insieme degli infiniti moti inerziali possibili la posizione spaziale dello Spazio Assoluto, lascia irrisolta la effettiva individuazione a quale di essi possa essere attribuita la caratteristica di Immobilità Assoluta.

Per contro Newton non affronta, né nei Principia né in altre sue opere, il problema di come possa lo Spazio Assoluto influire sui moti accelerati.

Una possibile interpretazione la fornisce Ernst Mach nello scritto del 1883 “ La meccanica nel suo sviluppo storico critico”.

Albert Einstein in molteplici occasioni evidenziò il contributo di Mach alla elaborazione delle Relatività battezzando “Principio di Mach” il principio che stabilisce l'identità sostanziale tra gravitazione ed inerzia .

Il Principio di Mach, che è in effetti una “congettura” dato che lo stesso Mach non ne fece mai oggetto di una formale teoria, recita: *L'inerzia di un sistema fisico è il risultato dell'interazione gravitazionale del sistema stesso con tutte le altre masse dell'Universo-*

In tale ottica, la forza centrifuga che tendeva a deviare l'acqua del Vaso Rotante di Newton, non esisterebbe affatto qualora non esistesse la massa di tutte le stelle fisse.

Scrivendo Mach : *“Secondo me, tutto sommato, non esiste che un moto relativo e non scorgo a questo riguardo alcuna distinzione fra la rotazione e la traslazione. Una rotazione relativa alle stelle fisse dà origine in un corpo a delle forze di allontanamento dall'asse. Se la rotazione non è relativa alle stelle fisse, queste forze di allontanamento non esistono. Io non mi oppongo al fatto che si dia alla prima rotazione il nome di assoluta, però non si deve dimenticare che essa non è altro che una rotazione relativa rispetto alle stelle fisse. Possiamo fissare il vaso d'acqua di Newton, poi fare girare il cielo delle stelle fisse e provare allora che queste forze di allontanamento non esistono? Questa esperienza è irrealizzabile; questa idea è priva di senso, poiché i due casi sono indiscernibili fra loro nella percezione sensibile. Dunque io considero questi due casi come ne formassero uno solo e la distinzione che ne fa Newton come illusoria”.*

Ed anche *“L'Universo non ci è dato due volte, con la Terra (o l'Universo) in quiete e poi con la Terra (o l'Universo) in moto rotatorio, ma una volta sola con i suoi moti relativi, i soli che siano misurabili.” (E. Mach- La Meccanica nel suo Sviluppo Storico Critico-1883)*

Appare estremamente interessante precisare come da tale impostazione teorica derivi la inutilità di sistemi di riferimento privilegiati, siano essi inerziali o accelerati e, conseguentemente, di un Sistema di Riferimento Assoluto o di uno Spazio Assoluto, secondo la definizione newtoniana.

In realtà l'equivalenza tra azioni gravitazionali e forze inerziali proposta da Mach risolve interamente i problemi insiti nella Dinamica newtoniana, ma non è scevra da contraddizioni, prime tra tutte quella di non essere soggetta a falsificazione, come già ben evidenziato dalla stesso Mach.

Appare inoltre opportuno, in questa sede, ricordare il celebre esperimento mentale di Einstein, noto come esperimento dell'ascensore, che ben illustra le differenze interpretative del medesimo fenomeno da parte di osservatori diversi e, contestualmente, l'equivalenza (locale) tra forze gravitazionali ed inerziali.

Sia dato un sistema in caduta libera in un campo gravitazionale di accelerazione g (ad esempio una cabina in caduta libera verso la Terra); un corpo di massa m in essa contenuto sarà soggetto ad un peso mg e ad una accelerazione $-ma = -mg$ (essendo $a=g$ per effetto del moto accelerato con accelerazione g). La forza totale agente sul corpo m sarà allora $F = mg - ma = mg - mg = 0$. Il corpo, non soggetto ad alcuna forza, si comporterà come in un sistema inerziale. Ne deriva che, mentre per un osservatore posto nella cabina essa sarà intesa come un sistema inerziale, per un osservatore posto sul corpo generate il campo g , la cabina si troverà in moto accelerato.

Seguendo tale linea Albert Einstein svilupperà tra il 1905 ed il 1916 la Teoria della Relatività Generale che formalizza, tramite la metrica riemanniana, la dipendenza della struttura dello Spaziotempo, dalla distribuzione della materia.

Ed infine una considerazione di tipo più logico-semantico che filosofico-scientifico. Premessa la indubbia importanza che il pensiero di Mach ha avuto nello sviluppo della Teoria della Relatività Generale, importanza in più occasioni evidenziata dalla stesso Einstein, il paradossale esperimento mentale “..... *fissare il vaso d'acqua di Newton, poi fare girare il cielo delle stelle fisse..... questa idea è priva di senso.....*” volto a dimostrare l'inesistenza di uno Spazio Assoluto, in realtà finisce per ipotizzarne proprio l'esistenza.

Infatti per un osservatore solidale con il secchio rotante risulta impossibile stabilire se sia lui stesso in rotazione oppure se lo sia l'intero Universo. Tale osservatore costaterebbe in entrambi i casi la rotazione.

Pertanto è indispensabile pensare ad un Osservatore “esterno all'Universo”, cioè ad un Osservatore solidale con lo Spazio Assoluto e, per quanto paradossale possa essere tale esperimento, il solo fatto di averlo ipotizzato genera l'assunzione di un ipotetico Spazio Assoluto.

