

Il moto inerziale – ritenuto una definitiva conquista della scienza – diventa un argomento decisivo a favore di chi concepisce la materia come inerte. Galileo confuta, giustamente, la spiegazione aristotelica del moto di un proiettile. Einstein, a sua volta, confuta Galileo, riaprendo la ricerca di quella fisica, non matematica, che oggi chiamiamo “filosofia della natura”.

Prendiamo lo spunto dal *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* di **Galileo**, giornata seconda¹ :

SIMPLICIO ... Voi in tutto il progresso avete fatta una supposizione, che dalla scuola peripatetica non di leggiero vi sarà concessuta, essendo contrariissima ad Aristotile: e questa è il prender come cosa notoria e manifesta che 'l proietto separato dal proiciente continui il moto per virtù impressagli dall'istesso proiciente, la qual virtù impressa è tanto esosa nella peripatetica filosofia, quanto il passaggio d'alcuno accidente d'uno in un altro soggetto: nella qual filosofia si tiene, come credo che vi sia noto, che 'l proietto sia portato dal mezo, che nel nostro caso viene ad esser l'aria ...

SALVIATI Parmi dunque di ritrar dal vostro parlare, che non venendo la pietra cacciata dal braccio di colui, la sua non venga altrimenti ad essere una proiezione.

SIMP. Non si può propriamente chiamar moto di proiezione.

SALV. Quello dunque che dice Aristotile del moto, del mobile e del motore de i proietti, non ha che fare nel nostro proposito; e se non ci ha che fare, perché lo producete?

SIMP. Producolo per amor di quella virtù impressa, nominata ed introdotta da voi, la quale, non essendo al mondo, non può operar nulla, perché *non entium nullæ sunt operationes* ; e però non solo del moto de i proietti, ma di ogn'altro che non sia naturale, bisogna attribuirne la causa motrice al mezo, ...

SALV. Ma ditemi: già che la vostra istanza si fonda tutta su la nullità della virtù impressa, quando io vi abbia dimostrato che 'l mezo non ha che fare nella continuazion del moto de' proietti, dopo che son separati dal proiciente, lascerete voi in essere la virtù impressa, o pur vi moverete con qualch'altr'assalto alla sua distruzione?

SIMP. Rimossa l'azione del mezo, non veggo che si possa ricorrere ad altro che alla facoltà impressa dal movente.

SALV. Sarà bene, per levare il più che sia possibile le cause dell'andarsene in infinito con le altercazioni, che voi quanto si può distintamente spianiate qual sia l'operazione del mezo nel continuar il moto al proietto.

SIMP. Il proiciente ha il sasso in mano; muove con velocità e forza il braccio, al cui moto si muove non più il sasso che l'aria circonvicina, onde il sasso, nell'esser abbandonato dalla mano, si trova nell'aria che già si muove con impeto, e da quella vien portato: che se l'aria non operasse, il sasso cadrebbe dalla mano al piede del proiciente.

SALV. E voi sete stato tanto credulo che vi sete lasciato persuader queste vanità, mentre in voi stesso avevi i sensi da confutarle e da intenderne il vero? Però ditemi: quella gran pietra e quella palla d'artiglieria che, posata solamente sopra una tavola, restava immobile contro a qualsivoglia impetuoso vento, secondo che voi poco fa affermaste, se fusse stata una palla di sughero o altrettanta bambagia, credete che il vento l'avesse mossa di luogo?

SIMP. Anzi so certo che l'averebbe portata via, e tanto più velocemente, quanto la materia fusse stata più leggiera; ché per questo vediamo noi le nugole esser portate con velocità pari a quella del vento stesso che le spigne.

¹ Guaraldo/Gu.Fo Edizioni, Rimini 1995, pagg. 197ss.

SALV. E 'l vento che cosa è?

SIMP. Il vento si definisce, non esser altro che aria mossa.

SALV. Adunque l'aria mossa molto più velocemente e 'n maggior distanza traporta le materie leggerissime che le gravissime?

SIMP. Sicuramente.

SALV. Ma quando voi aveste a scagliar col braccio un sasso, e poi un fiocco di bambagia, chi si moverebbe con più velocità e in maggior lontananza?

SIMP. La pietra assaissimo; anzi la bambagia mi cascherebbe a i piedi.

SALV. Ma se quel che muove il proietto, doppo l'esser lasciato dalla mano, non è altro che l'aria mossa dal braccio e l'aria mossa più facilmente spigne le materie leggiere che le gravi, come dunque il proietto di bambagia non va più lontano e più veloce di quel di pietra? bisogna pure che nella pietra resti qualche cosa, oltre al moto dell'aria. Di più, se da quella trave pendessero due spaghi lunghi egualmente, e in capo dell'uno fusse attaccata una palla di piombo, e una di bambagia nell'altro, ed amendue si allontanassero egualmente dal perpendicolo, e poi si lasciassero in libertà non è dubbio che l'una e l'altra si moverebbe verso 'l perpendicolo, e che spinta dal proprio impeto lo trapasserebbe per certo intervallo, e poi vi ritornerebbe. Ma qual di questi due penduli credete voi che durasse più a muoversi, prima che fermarsi a piombo?

SIMP. La palla di piombo andrà in qua e 'n là mille volte, e quella di bambagia dua o tre al più.

SALV. Talché quell'impeto e quella mobilità, qualunque se ne sia la causa, più lungamente si conserva nelle materie gravi che nelle leggiere. Vengo ora a un altro punto, e vi domando: perché l'aria non porta via adesso quel cedro ch'è su quella tavola?

SIMP. Perché ella stessa non si muove.

SALV. Bisogna dunque che il proiciente conferisca il moto all'aria, col quale ella poi muova il proietto. Ma se tal virtù non si può imprimere, non si potendo far passare un accidente d'un subbietto in un altro, come può passare dal braccio nell'aria? non è forse l'aria un subbietto altro dal braccio?

SIMP. Rispondesi che l'aria, per non esser né grave né leggiere nella sua regione, è disposta a ricevere facilissimamente ogni impulso ed a conservarlo ancora.

SALV. Ma se i penduli adesso adesso ci hanno mostrato che il mobile, quanto meno partecipa di gravità, tanto è meno atto a conservare il moto, come potrà essere che l'aria, che in aria non ha punto di gravità, essa sola conservi il moto concepito? Io credo, e so che voi ancora credete al presente, che non prima si ferma il braccio, che l'aria attornogli. Entriamo in camera, e con uno sciugatoio agitiamo quanto più si possa l'aria, e fermato il panno conducasi una piccola candeletta accesa nella stanza, o lascivisi andare una foglia d'oro volante; che voi dal vagar quieto dell'una e dell'altra v'accorgete dell'aria ridotta immediatamente a tranquillità. Io potrei addurvi mille esperienze,

Confrontiamo con quanto dice Albert Einstein, nel libro scritto con Leopold Infeld :

L'evoluzione della fisica - Sviluppo delle idee dai concetti iniziali alla relatività e ai quanti (trad. it. di A. GRAZIADEI, Boringhieri, Torino 1965 ; titolo originale *The evolution of Physics - The Growth of Ideas from Early Concepts to Relativity and Quanta*, del 1938), pagg. 219-223 :

Una delle più fondamentali questioni attende tuttora risposta : esiste un sistema inerziale? Sappiamo già che le leggi della natura sono invarianti rispetto alla trasformazione di Lorentz e valevoli per tutti i sistemi inerziali in moto uniforme gli uni relativamente agli altri. Ma se conosciamo le leggi,

non conosciamo ancora il quadro cui riferirle.

Per meglio renderci conto di questa difficoltà intervisteremo il fisico classico per porgli alcuni quesiti elementari.

- Che cosa è un sistema inerziale?

- È un *SC* nel quale le leggi della meccanica sono valide. In tale *SC*, un corpo sul quale non agisce nessuna forza esterna, si muove uniformemente. Questa proprietà ci mette in grado di distinguere un sistema inerziale da ogni altro.

- Ma che cosa deve intendersi allorché dite che nessuna forza agisce su di un corpo?

- Ciò vuol dire semplicemente che il corpo si muove uniformemente, in un *SC* inerziale.

Qui potremmo ripetere la domanda : «Che cosa è un *SC* inerziale ?» Ma essendoci poca speranza di ottenere una risposta diversa da quella di poco fa, tentiamo di procurarci qualche informazione concreta, modificando le domande.

- Un *SC* rigidamente collegato alla Terra, è forse un *SC* inerziale?

- No, perché le leggi della meccanica non sono rigorosamente valide sulla Terra, a causa della sua rotazione. Per molti problemi un *SC* rigidamente collegato al Sole può venir considerato come inerziale; ma, tenuto conto che anche questo astro è animato di un moto di rotazione, è evidente che neanche un *SC* rigidamente collegato al Sole può venir considerato come rigorosamente inerziale.

- Ma che cosa è, in concreto, il vostro *SC* inerziale? Quale stato di movimento gli va attribuito?

- È semplicemente una finzione utile, ma non ho nessuna idea come essa possa realizzarsi. Se con il mio *SC* potessi allontanarmi sufficientemente da tutti i corpi materiali, e liberarmi così da tutte le influenze esterne, allora soltanto il mio *SC* sarebbe veramente inerziale.

- Ma che cosa intendete per un *SC* libero da tutte le influenze esterne?

- È precisamente un *SC* inerziale.

Ci troviamo dunque di bel nuovo davanti alla nostra prima domanda.

La nostra intervista ci rivela una grave difficoltà, insita nella fisica classica. Abbiamo bensì delle leggi, ma non sappiamo a quale quadro riferirle, cosicché l'intero edificio della fisica appare fondato sulla sabbia.

Possiamo abordar la stessa difficoltà da un punto di vista diverso. Immaginiamo che nell'universo intero non ci sia che un solo corpo e che esso costituisca il nostro *SC*. Questo corpo comincia a prendere un moto di rotazione. Secondo la meccanica classica, le leggi per un corpo in rotazione sono diverse da quelle per un corpo che non si trova in rotazione. Cosicché se il principio d'inerzia è valevole in un caso, non lo è nell'altro. Ma tutto ciò è assai dubbio. È forse lecito considerare il moto di un solo corpo nell'universo intero? Per moto di un corpo intendiamo sempre il suo mutamento di posizione rispetto ad un altro corpo. È perciò contrario al buon senso parlare del moto di un solo corpo. Meccanica classica e senso comune sono, su questo punto, in completo disaccordo. Rammentiamo il precetto di Newton: se il principio d'inerzia è valevole, lo *SC* si trova o in riposo o in moto uniforme; se il principio d'inerzia non è valevole, lo *SC* si trova in moto non uniforme. Quindi, per decidere se c'è moto o se c'è riposo bisogna prima sapere se tutte leggi fisiche sono applicabili o meno allo *SC* prescelto.

Consideriamo due corpi, ad esempio, il Sole e la Terra. Il moto che osserviamo è, anche in questo caso, *relativo*. Esso può venir descritto collegando lo *SC* sia alla Terra, sia al Sole. Da questo punto di vista la grande scoperta di Copernico consiste nell'avere trasferito lo *SC* dalla Terra al Sole. Ma dato che il moto è relativo e che è lecito servirsi di un sistema di riferimento qualsiasi, sembra non esserci motivo di dare la preferenza all'uno, piuttosto che all'altro di tali *SC*.

Qui la fisica interviene nuovamente e modifica il punto di vista del senso comune. Lo *SC* collegato

al Sole è, come sistema inerziale, meglio qualificato di quello collegato alla Terra. Le leggi fisiche si applicano meglio allo *SC* di Copernico che non a quello di Tolomeo. Il grande merito della scoperta di Copernico non può venir apprezzato che dal punto di vista della fisica. Esso consiste nei notevoli vantaggi offerti da un *SC* rigidamente collegato al Sole, per la descrizione del moto dei pianeti.

Nella fisica classica il moto uniforme assoluto non esiste. Se due *SC* sono animati di moto uniforme l'uno rispetto all'altro, non ha senso dire: «Questo *SC* si trova in riposo e l'altro si trova in moto». Se invece due *SC* effettuano movimenti non uniformi, l'uno rispetto all'altro, allora vi è un'ottima ragione per dire: «Questo corpo si muove e quest'altro è in riposo (o si muove uniformemente)». Il moto assoluto possiede in tal caso un significato ben definito. Un abisso separa qui il senso comune dalla fisica classica. Le difficoltà testè prospettate, quelle cioè attinenti all'esistenza di un sistema inerziale e di un moto assoluto, sono intimamente connesse l'una all'altra. La presunzione del moto assoluto scende dall'idea di un sistema inerziale nel quale le leggi della natura sono valevoli.

Si è indotti a credere che non ci sia via d'uscita da queste difficoltà e che nessuna teoria fisica possa evitarle. Esse hanno radice nella limitazione della validità delle leggi della natura, ad un tipo speciale di *SC*, e cioè lo *SC* inerziale. La possibilità di superare le difficoltà in questione, dipende dunque dalla risposta al quesito seguente: Possiamo noi formulare le leggi della fisica in modo tale che esse siano valevoli per tutti gli *SC* indistintamente, vale a dire, non soltanto per quelli in moto uniforme, ma anche per quelli in moto arbitrario gli uni relativamente agli altri? Se vi riuscissimo le nostre difficoltà avrebbero termine. Qualora potessimo applicare le leggi della natura a qualsiasi *SC*, il conflitto così violento, agli esordi della scienza, fra il punto di vista di Tolomeo e quello di Copernico non avrebbe più senso. Potremmo adottare l'uno o l'altro ad eguale diritto. Le due proposizioni : «a il Sole è immobile e la Terra gira» e «il Sole gira e la Terra è immobile» avrebbero semplicemente il significato di due convenzioni diverse concernenti due *SC* diversi.

Siamo noi in grado di costruire una fisica realmente relativista, valevole in tutti gli *SC*, una fisica cioè nella quale non vi sia più posto per il moto assoluto, ma soltanto per il moto relativo? Sì, ciò è fattibile !

Possediamo per lo meno un'indicazione, benché piuttosto vaga, sul come costruire una nuova fisica. La fisica realmente relativista deve potersi applicare a tutti gli *SC* indistintamente e, pertanto, anche nel caso speciale dello *SC* inerziale. Le nuove leggi generali, valevoli per tutti gli *SC* debbono, nel caso speciale del sistema inerziale, potersi ricondurre alle leggi già note.

Il problema di formulare le leggi della fisica per qualsiasi *SC* è stato risolto dalla *teoria della relatività generale* ; la teoria che l'ha preceduta e che si applica soltanto ai sistemi inerziali è chiamata *teoria della relatività speciale*. Naturalmente le due teorie non possono contraddirsi, poiché le vecchie leggi della relatività speciale vanno incluse nelle leggi generali, valevoli per un sistema inerziale. Se tutti gli *SC* in moto arbitrario gli uni relativamente agli altri debbono essere ammissibili, è chiaro che lo *SC* inerziale, limitatamente al quale le leggi fisiche vennero inizialmente formulate, non costituirà più che un caso limite speciale.

Questo è precisamente il programma propostosi dalla teoria della relatività generale.