Il Principio di Inerzia

Il problema del moto: *a quo moveantur projecta*?

Nella fisica newtoniana un corpo può trovarsi nello stato moto e o di quiete Ogni mutamento di uno dei due stati è definito da un'accelerazione; per ottenere un'accelerazione è necessaria una forza. I corpi non tendono alla quiete, ma tendono a mantenere il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme. Questa proprietà è chiamata **inerzia** ed è misurata da una grandezza fisica detta **massa inerziale**.

Newton espresse in forma rigorosa questi concetti mediante il *Primo* e il *secondo Principio della dinamica*.

> *1)* «*Ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme (accelerazione nulla) finché non interviene una forza esterna;*
>
> *2) Ogni forza imprime ad un corpo di massa m un'accelerazione nella stessa direzione e con lo stesso della forza e ad essa proporzionale*».

Il primo principio è detto anche **Principio d'inerzia** ed esprime le peculiarità della fisica classica rispetto alla fisica pregalileana.

Mentre tutti gli storici della fisica concordano nell'attribuire a Newton l'enunciato definitivo, riportato in tutti i manuali di Fisica, non tutti sono d'accordo se attribuirne la paternità a Galilei, come afferma Geymonat, o a Cartesio, come ritiene Koyrè.

Altri ritengono che una prima intuizione del Principio d'Inerzia risalga a Leonardo da Vinci o, ancora prima, a Buridano.

Scrive lo storico della scienza William Shea:

> «*Per passare dai concetti di Galilei alla prima legge di Newton, l'inerzia dovrà essere:*
>
> *1) riconosciuta come una legge fondamentale di natura;*
>
> *2) considerata come implicante la rettilinearità;*
>
> *3) generalizzata dal moto sulla terra ad ogni moto che avvenga in uno spazio vuoto;*
>
> *4) associata con la massa come quantità di materia.*
>
> *I primi tre passi verranno compiuti da Descartes, il quarto solo da Newton*».

In effetti l'evoluzione del concetto di inerzia, che tornerà al centro del dibattito epistemologico e cosmologico del primo 900, segna alcune tappe significative del pensiero filosofico e scientifico, tappe che è opportuno ripercorrere.

ARISTOTELE

Aristotele aveva costruito una teoria del moto in modo che fosse soprattutto coerente con il suo sistema metafisico e con il modello cosmologico; forse per questo non riteneva importante che si rivelasse inadeguata a spiegare in maniera semplice alcuni fenomeni banali.

Le leggi del moto nella fisica aristotelica possono essere così sintetizzate:

- Ad ogni corpo per sua natura, determinata dalla miscela dei quattro elementi che lo compongono, compete un luogo naturale.
- Nel luogo naturale, se non intervengono cause esterne, i corpi si mantengono in quiete.
- Il moto è qualche cosa che si "trasferisce" momentaneamente ai corpi, trasformandoli in se stessi e rispetto agli altri; è il "passaggio" all'atto di ciò che è in potenza.
- Ogni movimento, naturale o violento, necessita di una causa.
- Causa del moto naturale è il ritorno del corpo al suo luogo naturale.
- Causa del moto violento è un *motore* esterno in contatto (non sono ammesse azioni a distanza) con il mobile.
- Soppressa la causa, naturale o violenta, il moto cesserà (*cessante causa cessat effectus)*.

Per Aristotele il movimento è un processo, un cambiamento, pertanto può persistere solo se persiste la causa. Come si spiega allora il fatto che un proiettile continua a muoversi anche dopo la

separazione dal suo "motore"? La spiegazione che prova a darne coinvolgendo il mezzo, l'aria o l'acqua, in cui il corpo si muove è artificiosa e presenta vari punti deboli che non potevano sfuggire agli avversari come ai seguaci della filosofia aristotelica.

BURIDANO

Già intorno al XIV secolo, quando i fenomeni legati al moto attiravano l'attenzione di tecnici e artigiani, preoccupati di ottimizzare l'efficienza di mole, ruote, macchine balistiche o idrauliche, la scuola "parigina" con il suo esponente Buridano elaborò una teoria che, si rivelò molto comoda nella descrizione del moto e alla cui terminologia restò fedele per molto tempo lo stesso Galileo.

Buridano introdusse il concetto di "*impetus*", una sorta di virtù che rimane impressa nel proiettile:

> «*Possiamo dunque e dobbiamo dire che al sasso o a un altro proietto viene impressa una tale cosa, la quale è la virtù motrice di quel proietto, e ciò pare meglio che ricorrere all'azione dell'aria per far muovere il proietto. Pare infatti piuttosto che l'aria resista al moto. Mi sembra perciò che si debba dire che il motore, muovendo il mobile, gli imprime un impeto o una certa virtù motrice (vis motiva) di quel mobile nella direzione nella quale il motore lo muoveva, sia verso l'alto sia verso il basso, sia lateralmente sia in cerchio, e quanto più velocemente il motore muove quel mobile, tanto più forte impeto gli imprimerà. E da quell'impeto è mosso il sasso dopo che il motore ha cessato di muovere. Ma a causa della resistenza dell'aria e della gravità del sasso, che inclina in una direzione contraria a quella verso cui l'impeto muove, quell'impeto si indebolisce (remittitur) continuamente. Perciò il moto di quella pietra diventa sempre più lento, e infine quell'impeto si consuma e corrompe a tal punto che la gravità della pietra ne ha ragione e muove la pietra in basso verso il suo luogo naturale*».

Col concetto di *impetus* il moto diventa autonomo rispetto alla causa motrice e si presta ad essere considerato uno "stato" piuttosto che un "processo".

Alcuni vedono pertanto nella teoria di Buridano la prima intuizione del Principio di inerzia, e nell'impetus l'impulso (o la quantità di moto) della fisica newtoniana, ma la strada che porta alla corretta impostazione del problema del moto è ancora molto lunga.

LEONARDO DA VINCI

Il XV secolo è caratterizzato da un particolare rapporto tra arte, tecnica e scienza, che interagiscono tra loro ponendo nuovi problemi e suggerendo soluzioni. All'esigenza dei tecnici che chiedevano basi teoriche razionali per l'uso dei loro strumenti, gli umanisti rispondevano con la diffusione dei testi scientifici dell'antichità che i disegnatori si impegnavano ad illustrare suggerendo nuove tecniche ad architetti e pittori, i quali, a loro volta, davano nuovo impulso alla scienza geometrica.

Leonardo, ingegno multiforme ed eclettico, si serve indifferentemente di scienza, arte e tecnica nell'unico intento di interrogare e conoscere la natura, ma anche per riprodurla e dominarla.

Leonardo pertanto contribuì alla rivoluzione scientifica col suo metodo matematico-sperimentale ma anche proponendo una nuova idea di scienza, operativa e non contemplativa.

Dal punto di vista filosofico, rimane legato alla scuola "parigina" e alla teoria dell'*impetus*:

> *«ogni moto seguirà tanto il suo corso per retta linea, quanto durerà in esso la violenza del suo moto».*

Ma la sua affermazione, confrontata con una prima definizione di forza:

> *«forza dice essere una virtù spirituale, una potenza invisibile, la quale per accidentale esterna violenza è causata dal moto, è collocata e infusa nei corpi»*

di cui sembra intuire il carattere interattivo:

> *«tanta forza si colla contro l'aria, quanto l'aria incontro alla cosa»*

sembra più vicina alla fisica di Galilei.

GALILEO

In tutte le risposte alle obiezioni anticopernicane Galileo, come anche alcuni precursori come Giordano Bruno, sfrutta sempre la medesima proprietà: un corpo dotato di una certa velocità la mantiene indefinitamente fino a quando non intervenga un qualche "*impedimento*" a modificarne il valore.

In particolare tutti gli oggetti che si trovano su un sistema dotato di moto uniforme si muovono con esso alla stessa velocità, ed è per questo che un oggetto che cade da una torre non appare deviato verso occidente a causa del moto della terra, che le gittate delle palle dei cannoni sono uguali sia che siano scagliate verso oriente o sia che siano scagliate verso occidente. Analogamente il proiettile sparato dal cacciatore, che muove inizialmente la canna del fucile seguendo il moto dell'uccello preso di mira, continuerà a muoversi con una componente della velocità uguale e parallela a quella dell'uccello e finirà col colpirlo.

E' facile riconoscere in questa proprietà il **Principio di Inerzia**, anche se in verità nelle opere di Galileo non ne compare una formulazione esplicita.

Tra l'altro nei "*Dialoghi*" parla più che altro di un'inerzia "circolare"; ancora legato all'antica cosmologia che considera naturale (quindi inerziale) il moto circolare, non riesce a concepire un moto che si esplichi all'infinito in linea retta. Un moto siffatto non è pensabile, neanche a livello ideale, a causa della gravità, vista non come una forza esterna, che si può trascurare o pensare di rimuovere, ma qualcosa necessariamente legata ai corpi (quale potrebbe essere la massa della fisica newtoniana).

A riguardo di ciò possiamo esaminare il testo enciclopedico "Storia della Scienza", il quale dice testualmente:

> *«Sulle ragioni che spingono Galilei in questa direzione risultano illuminanti quelle pagine della prima giornata nelle quali Galilei mantiene in piedi la distinzione Aristotelica tra moti naturali e innaturali e afferma il carattere naturale del moto circolare e l'impossibilità di un moto rettilineo costante, essendo infatti infinito per Galilei il moto retto, perché infinita e interminata è la linea retta, è impossibile che mobile alcuno abbia da natura principio di muoversi per linea retta, cioè verso dove è impossibile arrivare non essondovi termine».*

Il moto rettilineo potrebbe essere attribuito favoleggiando ai corpi che si muovono nel primo caos, quando l'universo era disordinato.

> *«Il moto retto può servire a condurre le materie per fabbricare l'opera, ma, una volta fabbricata, essa deve o restare immobile, o, se mobile, muoversi solo circolarmente».*

Dopo la perfetta distribuzione delle parti che costituiscono l'ordine del mondo, è impossibile che i corpi continuino a muoversi di moto retto, dal quale ne seguirebbe il loro disordinarsi.

La conclusione a cui giunge Galilei è che solo il moto circolare conviene per natura ai corpi naturali che costituiscono l'universo ordinato, perché il moto rettilineo infinito è impossibile per natura, infatti la natura non muove dove è impossibile arrivare. Questa frase esprime uno dei maggiori ostacoli che il Copernicano Galilei non riuscì a superare. Il moto circolare resta per lui il moto per eccellenza, quello che non richiede spiegazioni.

La fisica di Newton invece si svolge su un enorme palcoscenico, lo spazio euclideo astratto, lo spazio assoluto che esiste indipendentemente dai corpi e nel quale possiamo immaginare un unico oggetto che si muove all'infinito di moto rettilineo uniforme.

L'affermazione che più si avvicina all'enunciato newtoniano si trova nei "*Discorsi*"- giornata terza, quando parla del moto uniforme (*equabile*) e del moto naturalmente accelerato:

> *«è lecito aspettarsi che, qualunque grado di velocità si trovi in un mobile, gli sia per sua natura indelebilmente impresso, purché siano tolte le cause esterne di accelerazione o ritardamento; il che accade soltanto nel piano orizzontale; infatti nei piani declivi è di già presente una causa di accelerazione; mentre in quelli acclivi [è già presente una causa] di ritardamento: da ciò segue parimenti che il moto sul piano orizzontale p anche eterno; infatti, se è equabile, non scema o diminuisce, né tanto meno cessa».*

In effetti l'affermazione serve per dimostrare una notevole proprietà della discesa di un grave lungo un piano inclinato:

> *«possiamo ragionevolmente asserire che, se ha luogo la discesa su un qualche piano inclinato e dopo di essa ha luogo la riflessione su un piano ascendente, il mobile, in virtù dell'impeto acquistato, salirà fino alla medesima altezza o elevazione all'orizzonte».*

Analogamente più avanti, nella giornata quarta, descrivendo il moto dei proiettili, afferma:

> *«Immagino di avere un mobile lanciato su un piano orizzontale, rimosso ogni impedimento: già sappiamo, per quello che abbiamo detto più diffusamente altrove che il suo moto si svolgerà equabile e perpetuo sul medesimo piano, qualora questo si estenda all'infinito; se invece intendiamo [questo piano] limitato e posto in alto, il mobile, che immagino dotato di gravità, giunto all'estremo del piano e continuando la sua corsa, aggiungerà al precedente movimento equabile e indelebile quella propensione all'ingiù dovuta alla propria gravità: ne nasce un moto composto di un moto orizzontale equabile e di un moto deorsum naturalmente accelerato, il quale [moto composto] chiamo proiezione».*

E' indubbio comunque che, anche se non ne dà una formulazione di carattere generale, Galilei fonda sull'intuizione del principio di inerzia la nuova fisica, dando forza a tutte le argomentazioni a favore della teoria copernicana, impostando in modo corretto il problema del moto, anticipando problematiche che saranno riprese nella fisica moderna, quali il problema del sistema di riferimento e il principio di relatività.

CARTESIO

Nel XVII secolo la filosofia di Cartesio apparve subito come l'unica che fosse in grado di sostituire l'aristotelismo nel suo ruolo di riferimento culturale per le teorie scientifiche e di mediatore tra verità scientifiche e credenze religiose. Assertore dei diritti della ragione e della supremazia della razionalità matematica, Cartesio si ispira ai procedimenti matematici per enunciare un criterio di verità, ma sente il bisogno di ricorrere all'idea di Dio come garante dell'oggettività della conoscenza del reale.

La visione del mondo che la filosofia cartesiana impone è però molto diversa dal cosmo statico e gerarchicamente ordinato della filosofia aristotelica. Cartesio propone una concezione della natura basata sul dualismo spirito-materia e su una fisica nettamente meccanicistica basata su due principi:

1) inesistenza del vuoto;
2) conservazione della quantità di moto.

La materia è vista come un insieme di particelle che interagiscono, urtandosi, in modo tale che rimanga costante la **quantità di moto** dell'Universo, quantità di moto che il mondo ha ricevuto da Dio nel momento della creazione. Anche dove non sembra esserci materia sensibile è presente una sostanza invisibile e imponderabile, *l'etere*.

L'aspetto fondamentale della filosofia della scienza cartesiana è il suo carattere qualitativo piuttosto che quantitativo. Ogni sua descrizione della fisica è fatta senza impiegare formule e senza l'utilizzo del linguaggio della matematica. La sua fisica non conteneva leggi espresse matematicamente.

Il matematismo cartesiano si manifestava solo nel carattere assiomatico e deduttivo della sua costruzione del mondo. Il titolo stesso del libro di Isaac Newton "*Philosophiae naturalis principia mathematica*" esprimeva una chiara presa di posizione di carattere polemico nei confronti della fisica di Descartes, espressa nella sua opera "*Principia Philosophiae*". Newton espose in linguaggio matematico i principi della filosofia naturale e, al tempo stesso, fece propria la grande lezione dello sperimentalismo di Bacone, di Hooke e di Boyle.

La fisica cartesiana, come lo stesso Descartes scrisse a Mersenne, è strettamente connessa alla sua geometria ed ha carattere strettamente deduttivo. La grande costruzione cartesiana si presenta come un sistema, fondato sulla ragione, che esclude definitivamente ogni ricorso a forme di occultismo e vitalismo. In questo senso Descartes portò a termine il suo programma di purificazione

della fisica dall'occulto e di rimozione dalla scienza di tutte le caratteristiche organiche. A livello programmatico, Descartes ci dice spesso che "moto, grandezza, forma" sono le uniche categorie esplicative. Tutte le altre proprietà, quali la forza di attrazione e repulsione, simpatie e antipatie e altre simili, sono relegate nel cumulo di sciocchezze delle concezioni antropomorfiche. Purificata di tutte le caratteristiche organiche, quindi di tutte le forze interne, la materia appare, in diverse dichiarazioni di Descartes, come completamente inerte, indifferente al moto e alla quiete.

Ma la materia coincide per Descartes con la natura stessa, infatti, dando la sua definizione di natura afferma:

> *«Col termine natura non intendo affatto qualche divinità o qualche tipo di potenza immaginaria, ma mi servo di questa parola per indicare la natura stessa, in quanto dotata di tutte le qualità che le ho attribuito, intese tutte insieme, e sotto la condizione che Dio continui a conservarla nello stesso modo in cui l'ha creata».*

Siccome Dio la conserva non può essere causa dei suoi mutamenti, frutto invece della sua natura stessa e di regole ben precise:

> *«le regole secondo cui tali cambiamenti avvengono le chiamerò leggi della natura».*

Alla luce di questa concezione va interpretato il suo enunciato del **Principio di inerzia**, molto simile a quello di Newton, ma di interesse metafisico piuttosto che principio guida per risolvere i problemi del moto.

Così scrive Cartesio nel trattato "*Il mondo*":

> *«Ogni cosa in particolare continua ad essere nello stesso stato in cui è per quanto può e mai lo cambia se non per l'incontro delle altre. Così noi vediamo tutti i giorni, quando qualche parte di questa materia è quadrata, che resta sempre quadrata, se non accade nulla d'altronde che cambi la sua figura; e che, se essa è in riposo, essa non comincia a muoversi da se stessa. Ma quando ha cominciato una volta a muoversi da sé, non abbiamo nemmeno nessuna ragione di pensare che debba mai cessare di muoversi con la stessa forza, durante il tempo che non incontra nulla che ritardi o arresti il suo movimento. Così che se un corpo ha cominciato una volta a muoversi, dobbiamo concludere che continua in seguito a muoversi, e che mai si ferma da se stesso .*
>
> *Ma poiché abitiamo una terra, la cui costituzione è tale, che tutti i movimenti che si fanno vicino a noi cessano in poco tempo, e sovente per ragioni che sono nascoste ai nostri sensi, noi abbiamo giudicato fin dal principio della nostra vita che i movimenti che cessano così, per ragioni che ci sono sconosciute, si fermano da loro stessi, e che tendano al riposo, poiché ci sembra che ne abbiamo fatto l'esperienza in molte occasioni. E tuttavia non è che un falso pregiudizio, che ripugna manifestamente alle leggi della natura, poiché il riposo è contrario al movimento, e nulla si porta per istinto della sua natura al suo contrario, o alla distruzione di se medesimo.*
>
> *[...] La seconda legge della natura è: ciascuna parte della materia, separatamente considerata, non tende mai a continuare il movimento secondo linee obliqu , ma soltanto secondo rette».*

Un altro pregiudizio secondo cui la materia contenga una certa resistenza al moto Descartes lo spiegò a un suo corrispondente:

"Fin dall'infanzia abbiamo cercato di muovere soltanto corpi duri e pesanti, ed avendo sempre sperimentato difficoltà ci siamo persuasi fin d'allora che tale difficoltà proviene dalla materia ed è, per conseguenza, comune a tutti i corpi. E' stato più facile per noi, allora, renderci conto che era soltanto il peso dei corpi che cercavamo di muovere a impedirci di sollevarla, ed era la durezza e la scabrosità delle loro parti ad impedirci di spingerli, e quindi non ne segue che la stessa cosa debba accadere con corpi che non hanno né durezza né peso".

Il moto di cui ci parla Descartes, è perciò, ben diverso da quello che i filosofi avevano preso in esame fino ad allora; per Descartes il moto si concretizza in uno stato e non in un processo dei corpi, ontologicamente pari alla quiete, e quindi risulta del tutto indifferente ai corpi. L'essere in quiete o in moto non provoca mutamenti per i corpi, poiché movimento e materia sono gli unici

"ingredienti" del mondo.

Cartesio può fare a meno delle **simpatie** e **antipatie** fra le cose, postulate dagli assertori rinascimentali della magia naturale, e riprese in seguito, con ben diverso significato, dai newtoniani (**azioni a distanza**), poiché egli ha a disposizione un tramite naturale in grado di assicurare le interazioni fra i corpi. Descartes ritiene che Dio abbia dovuto solo creare la materia priva di qualsiasi forma, e metterla in moto. Le successive collisioni intervenute in ambito corporeo, hanno dato vita ai tre differenti tipi di materia che ora si trovano in natura:

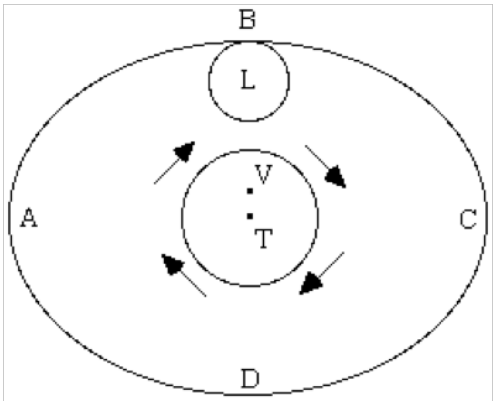
- un primo tipo, costituito di minuscoli frammenti, che riempiono gli interstizi esistenti fra i corpi più grandi, e si muovono sempre a velocità altissime;
- un secondo tipo, costituito di particelle sferiche muoventisi a velocità relativamente alte,
- e, infine, grumi di materia abbastanza grossi, muoventisi, l'uno rispetto all'altro, a velocità relativamente basse.

La Terra e gli altri pianeti appartengono a quest'ultima categoria, il Sole e le altre stelle sono costituiti essenzialmente di materia sottile (primo tipo), mentre la materia celeste è costituita di piccole sfere (secondo tipo), gli interstizi fra le quali sono occupati da materia sottile.

In aggiunta, Descartes postula che, se un corpo potesse essere libero dal contatto con qualunque altro corpo - circostanza, come si è già detto, impossibile - si muoverebbe indefinitamente in linea retta, con velocità costante (principio di inerzia, detto, impropriamente, galileiano). Tuttavia, posto che il cosmo sia ovunque pieno di materia, ogni moto di un corpo comporta necessariamente una ridisposizione degli altri corpi, con la conseguenza che ogni movimento iniziale dà luogo a un moto circolare continuo. Quindi, per Cartesio, il cosmo consiste di un **infinito sistema di vortici**, ognuno dei quali ha una stella (ad esempio, il Sole) al suo centro, circondata da un sistema di pianeti, che si muovono nei loro rispettivi vortici.

Nel caso del vortice solare, le minuscole particelle sferiche (materia del secondo tipo), si muovono con estrema rapidità sulla superficie del Sole stesso, poi diminuiscono la loro velocità a mano a mano che aumenta la loro distanza dal Sole (la velocità minima è raggiunta all'altezza del pianeta Saturno), per aumentare di nuovo la loro velocità, a mano a mano che ci si addentra in un nuovo sistema solare. Dal momento che i pianeti hanno densità differenti, le loro orbite hanno differenti distanze dal Sole: i pianeti meno densi si trovano a breve distanza dal Sole, i più densi (come Saturno), a più grande distanza.

La stabilità delle loro orbite risulta dal fatto che, se un pianeta, ad esempio la Terra, discende verso il Sole, esso incontra particelle sferiche in moto più rapido, con conseguente aumento del raggio della sua orbita. Se, di converso, il pianeta si allontana dal Sole, la spinta delle particelle che lo circondano diminuisce, ed esso ricade nella sua orbita originaria. Un vortice minore circola intorno alla Terra, provocando ad un tempo la rotazione terrestre e il moto della Luna. Descartes, *homo nasutissimus*, come lo definisce Henry More, per la sua capacità di destreggiarsi nelle situazioni rischiose, ritiene di poter essere in tal modo in accordo sia con le teorie copernicane che con quelle della Chiesa. Secondo lui, infatti, Copernico sostiene correttamente che la Terra orbita attorno al Sole, mentre la Chiesa sostiene, altrettanto correttamente, che la Terra è stazionaria rispetto al vortice minore, che ha per motore.



Anche le **maree** trovano la loro spiegazione nell'ambito della cosmologia cartesiana. Anzi, mentre Galileo riusciva a spiegare solo una marea al giorno, Descartes riesce addirittura a spiegarne due. In figura, la Luna è posta, per semplicità, nel punto B della sua orbita, ma i suoi effetti sull'acqua sarebbero dello stesso tipo, qualunque fosse la posizione da essa occupata nella sua orbita. Il centro T della Terra non coincide con il centro V del vortice terrestre, poiché il moto della materia celeste esistente fra la Luna e la Terra, allontana la Terra dalla Luna, finché la pressione esercitata da B su T, non è

equilibrata da quella esercitata da D su T. La materia esistente fra B e T e D e T, ha meno spazio per muoversi che negli altri punti del vortice, quindi preme di più, provocando, sia sotto il punto B che sopra il punto D, il fenomeno della bassa marea (di conseguenza, si ha alta marea in A e in C). Inoltre, argomenta Cartesio, le maree sono massime quando la Luna è nuova o piena, rispettivamente in B e in D, poiché, essendo BD la minima distanza attraverso il vortice (assunzione ad hoc assai comoda), la pressione massima sugli oceani, si raggiunge appunto quando la Luna è nuova o piena, in B e in D.

La maggiore esposizione della critica alla fisica cartesiana, la ritroviamo nelle lettere Philipp del gennaio del 1680 di Leibnz, l'accusa maggiore è quella di sostenere alcune teorie che costituiscono il fondamento dell'ateismo, precisamente la pretesa di bandire le cause finali dalla fisica e la convinzione che la materia prenda successivamente tutte le forme possibili.

Infatti Cartesio aveva escluso l'esistenza, nell'universo, di fini regolatori, spiegando i fenomeni in un'ottica esclusivamente meccanicista di causa-effetto e ricercandone, quindi, non la causa finale ma la causa efficiente.

Anche Leibniz sostiene che i fenomeni corporei possano essere dedotti meccanicisticamente, secondo le leggi della fisica, ma questo presuppone tuttavia l'introduzione di una causa finale nel momento in cui ci si interroga sul perché esista questo mondo con queste leggi e non un altro con leggi diverse.

Secondo Leibniz, infatti, fin dall'eternità, sono presenti nella mente divina infiniti mondi possibili, ognuno esente da contraddizioni, coerente e, pertanto, potenzialmente realizzabile. Ma solo uno di questi infiniti mondi poteva essere creato, perché l'esistenza di un universo avrebbe escluso quella di tutti gli altri.

Dio quindi, perfetto e dotato di volontà buona, era moralmente obbligato a scegliere, tra l'infinità dei mondi possibili, quello migliore, che avesse cioè la maggior ricchezza e varietà di fenomeni e fosse governato dalle leggi più semplici.

Il meccanicismo cartesiano, secondo Leibniz deve essere integrato con una concezione finalistica dell'universo, dal momento che le leggi fisiche dipendono da cause finali, per ottenere gli effetti più vari e più ricchi con i mezzi più semplici, che sono dovute, a loro volta, alla volontà di Dio, che ha scelto il mondo più perfetto possibile.

Negare l'esistenza di una causa finale, come aveva fatto Cartesio, implica, secondo Leibniz, ridurre la scelta di Dio a una pura casualità,

> *«Come se Dio non si proponesse alcuno scopo né alcun bene quando agisce, o come se il bene non fosse l'oggetto della sua volontà»,* mentre *«Dio si propone sempre il meglio e ciò che è più perfetto».*

Secondo Cartesio, la bontà, la verità e la giustizia sono tali solo perché Dio le ha determinate con un atto libero della sua volontà: se avesse voluto creare un mondo in cui i buoni fossero stati sempre infelici e i malvagi felici, questo sarebbe stato giusto. Leibniz però sostiene che se le cose sono buone o cattive soltanto per effetto della volontà divina, questa non avrà il bene come suo motivo, essendo il bene posteriore alla volontà stessa, che risulterà, pertanto,

> *«Un decreto assoluto, senza ragione».*

Leibniz afferma che la

> *«volontà del Dio cartesiano si risolverà in una volontà fittizia giacché, quale volontà (buon Dio!) non ha per oggetto o motivo il bene? Il Dio di Cartesio, inoltre, sarà anche privo di intelletto, dal momento che non avrà per oggetto la verità, essendo questa dipendente dalla volontà divina, che è però posteriore all'intelletto stesso. Privato Dio della sua volontà e del suo intelletto occorrerà concepire Dio alla maniera di Spinosa che produce del tutto indifferentemente le cose buone e le cattive, essendo indifferente riguardo alle cose stesse, e di conseguenza non essendo spinto da nessuna ragione verso una cosa o l'altra».*

NEWTON

Il **principio d'inerzia**, così come risulta formulato nella prima legge newtoniana del moto, ebbe una lunga gestazione ed è l'elaborazione, da parte di Descartes e di Newton, di una grande rivoluzionaria idea galileiana.

Secondo alcuni critici il principio d'inerzia non fu afferrato nella sua generalità da Galilei, il quale in ogni caso non lo enunciò in forma esplicita. Il primo preciso enunciato del principio d'inerzia, come legge generale, fu invece opera di Newton. Nei "*Philosophiae naturalis principia mathematica*" il fisico inglese enunciò un gruppo di assiomi o leggi della dinamica, la prima delle quali, meglio conosciuta come principio d'inerzia, è così espressa:

> *«Ciascun corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, eccetto che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse».*

Newton non si preoccupa tanto di dimostrare la veridicità delle sue leggi, poiché le presenta come degli assiomi, ma scrive semplicemente questo:

> *«Fin qui ho riferito i principi accolti dai matematici, compreso Galilei diremo noi, e confermati da numerosi esperimenti».*

D'altra parte la discussione del moto parabolico di un proiettile, formulata da Galilei, come composizione di un moto orizzontale rettilineo uniforme e di uno verticale uniformemente accelerato, contiene il principio d'inerzia per quanto riguarda il moto orizzontale, in cui la velocità è costante, perché non c'è alcuna componente orizzontale della forza peso.

Il 1° principio è valido per qualsiasi corpo, sia che si trovi sulla terra sia che si trovi sulla luna o su un altro pianeta, purché il pianeta possa considerarsi approssimativamente in moto inerziale. Viene, così, a cadere la differenza, sostenuta da Aristotele, tra mondo celeste e mondo sublunare.

Osserviamo ancora che il 1° principio introduce il concetto d'inerzia dei corpi come proprietà per cui ogni corpo tende a conservare il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme. Infatti, un corpo non soggetto a forze o si muove di moto rettilineo uniforme o è in quiete; e per variare questo stato è invece necessario applicare una forza. Questa è necessaria sia per mettere in moto che per arrestare un corpo.

Questo principio, così com'è stato formulato da Newton, è tutt'oggi considerato valido in maniera definitiva.