

D. Capecchi, *Fisica Matematica e Fisica Generale in d'Alembert*, Atti del XXV Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Milano, 10-12 novembre 2005, (Milano: SISFA, 2008): C16.1-C16.4.

FISICA MATEMATICA E FISICA GENERALE IN D'ALEMBERT

DANILO CAPECCHI
Università di Roma "La Sapienza"
daniilo.capecchi@uniroma1.it

Gli elementi caratterizzanti la scienza dell'Illuminismo sono principalmente:

a) Una teoria empiristica della conoscenza mutuata da Locke e sviluppata principalmente da Condillac. Secondo questa teoria «tutte le sensazioni si riducono a quelle che riceviamo dai sensi; ne segue che dobbiamo tutte le nostre idee alle sensazioni» (d'Alembert, *Discours préliminaire*). Il che comporta che «sia che ci innalziamo fino ai cieli, sia che discendiamo negli abissi, noi non usciamo mai da noi stessi e non percepiamo altro che il nostro pensiero» (Condillac, *Essai sur l'origine de connaissances humaines*).

b) Una teoria ontologica per la quale la natura è costituita secondo una scala continua di esseri. Ogni essere è collegato all'altro in modo da formare una catena ininterrotta. A questo punto di vista ontologico, la concezione sensista ne fa seguire un altro di carattere logico. Data infatti la connessione stretta tra il mondo materiale e quello intellettuale, a una catena continua di esseri corrisponde una catena continua di ragionamenti, riprendendo un tema caro a Descartes: «Quelle lunghe catene di ragioni affatto semplici e facili, di cui i geometri si servono abitualmente per portare in fondo le loro dimostrazioni, mi avevano fatto immaginare che tutte le cose suscettibili di cadere sotto la conoscenza umana si susseguano allo stesso modo» (Descartes, *Discours sur la méthode*).

c) Una avversione allo spirito di sistema. Tutti gli illuministi si oppongono a una strutturazione sistematica della conoscenza che discenda da principi stabiliti a priori. La struttura sistematica è una caratteristica essenziale della scienza, ma essa deve essere ottenuta in modo analitico, andando a riconoscere le interconnessioni tra gli elementi e le loro concatenazioni nella realtà: «Un sistema non è che la disposizione delle differenti parti di un'arte o di una scienza in modo che esse si sostengono mutuamente l'una con l'altra e dove le ultime sono spiegate dalle prime. Quelle parti che danno ragione alle altre sono i principi, e il sistema è tanto più perfetto quanto minori sono i principi. È desiderabile che essi si riducano a uno solo» (Condillac, *Traité des systèmes*).

Si può dire che con l'Illuminismo nasce l'epistemologia moderna. Se è vero che i grandi scienziati del secolo precedente, Galilei, Newton, Leibniz, Descartes, Bacon, avevano discusso le loro concezioni della scienza, solo con l'Illuminismo si comincia ad analizzare la struttura logica e conoscitiva delle teorie. Gli scritti più interessanti su questi argomenti sono quelli di Diderot (*De l'interprétation de la nature*) e di d'Alembert (*Essai sur les éléments de la philosophie*).

Diderot rappresenta forse le concezioni epistemologiche prevalenti tra i *philosophes*, nelle quali, proprio per esaltare l'approccio empirista, c'è una messa da parte della matematica. Ecco quanto scrive Diderot:

Le scienze astratte hanno dato da fare per troppo tempo [...]. Concetti e parole si sono moltiplicati senza fine; la conoscenza dei fatti invece è sempre rimasta indietro [...]. È uno dei pregiudizi della filosofia razionale quello di credere che colui che non sa *contare* i suoi talleri è ben poco più ricco di uno che possiede un unico tallero. Disgraziatamente la filosofia razionale si dedica a confrontare tra loro e a collegare i fatti già noti assai più di quanto non si dedichi a raccoglierne di nuovi (Diderot, *De l'interprétation de la nature*).

Nel seguente passo è riportata la sua concezione delle teorie:

Finché le cose non sono che nel nostro intelletto esse non sono che opinioni; sono delle nozioni che possono essere vere o false, verificate o contraddette. Esse non prendono consistenza se non legandosi agli esseri esteriori. Questo legame si fa o con una catena ininterrotta di esperienze o con una catena ininterrotta di ragionamenti che hanno a un estremo l'osservazione e all'altra l'esperienza; o per mezzo della catena di esperienze disperse di spazio in spazio tra dei ragionamenti, come dei pesi sulla lunghezza d'un filo sospeso alle sue due estremità (Diderot, *De l'interprétation de la nature*).

Cioè il legame tra i vari anelli della catena dell'essere può avvenire per ispezione diretta o con l'aiuto di una teoria espressa in forma linguistica più o meno formalizzata. Questo schema di organizzazione della scienza di Diderot è condiviso da d'Alembert per la parte della fisica che lui chiama FISICA GENERALE. Solo che per d'Alembert esistono altri settori della fisica in cui il ragionamento che parte dall'esperienza prende la forma della matematica. E questi settori costituiscono la FISICA MATEMATICA, termine introdotto da d'Alembert e ripreso da Ampère nella prima metà dell'Ottocento.

Vi è, del resto, un gran numero di altre parti nella fisica ove una sola esperienza, o anche una sola osservazione, serve da base a delle teorie complete. Queste parti sono quelle chiamate fisico-matematiche, che consistono nell'applicazione della geometria e del calcolo ai fenomeni. [...] . Spesso, per avere successo, è richiesta la geometria più sottile. E la geometria degli antichi, benché da un certo punto di vista molto profonda, non poteva andare molto in là (*Essai*, p. 464).

Questa predilezione per la matematica avvicina d'Alembert a Descartes, di cui peraltro è un estimatore seppure non un seguace.

Tra i settori fisico matematici della fisica vi sono una parte dell'idraulica, la teoria dell'elasticità, l'astronomia. Anche in questi settori esistono però fenomeni che non possono essere studiati con l'aiuto della matematica e quindi rientrano nell'alveo della fisica generale. Ad esempio nell'idraulica, secondo d'Alembert, quando si instaurano modi

vorticosi, l'unica possibilità di studiare il fenomeno è il ricorso all'osservazione e il legame tra anelli distanti della catena è problematico e comunque legato al linguaggio piuttosto che alla matematica:

Credo anche di poter assicurare che, se [...] queste formule si trovassero contraddette dall'esperienza, una tale contraddizione, secondo me, potrebbe venire solo da certe ipotesi, analitiche, che l'applicazione della geometria alla fisica comporta *necessariamente*. In questo caso bisognerebbe, mi sembra, rinunciare all'intera teoria sulla resistenza dei fluidi, e riguardarla come uno di quei casi il calcolo non può avere nessuna presa» (*Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, pp. XXXVII-XXXVIII).

Ma anche nei settori fisico matematici devono essere i fatti a comandare; la matematica deve avere solo un valore strumentale. E in questo ancoraggio ai fatti d'Alembert si distacca dal razionalista Descartes:

Se si vede che la questione che si vuole esaminare è troppo complicata perché tutti gli elementi possano entrare nel confronto analitico che si vuole fare, si separano i più scomodi e gli si sostituiscono degli altri, meno fastidiosi, ma anche meno realistici, e non ci si deve meravigliare, malgrado un lavoro pesante, se si ottiene un risultato contraddetto dalla natura» (d'Alembert, *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, prefazione).

Un caso limite delle teorie fisico matematiche è rappresentato dalla meccanica cui viene attribuito lo stesso statuto epistemologico della geometria e dell'algebra. In questo caso il ricorso all'esperienza è veramente minimo, solo quanto serve per sviluppare i concetti di grandezza, estensione, durata, impenetrabilità:

Non ci sono, per parlare correttamente, che quelle che trattano del calcolo delle grandezze, e delle loro proprietà generali dell'estensione, cioè l'Algebra, la Geometria e la Meccanica, che si possano riguardare come marcate dal sigillo dell'evidenza, (d'Alembert, *Traité*, prefazione).

Ma d'Alembert contrappone la sua meccanica razionale alla meccanica reale, prefigurando curiosamente la possibilità che i fenomeni meccanici avvengano secondo leggi diverse da quelle "necessarie":

[...] Si deve cercare dapprima di scoprire con il ragionamento quali sarebbero le leggi della Statica e della Meccanica nella materia abbandonata a se stessa; si devono poi esaminare in seguito, per mezzo dell'esperienza, quali sono le leggi dell'universo. Se le une e le altre sono differenti, si conclude che le leggi della Statica e della Meccanica, così come le fornisce l'esperienza sono delle verità contingenti [...], se al contrario le leggi fornite dall'esperienza si accordano con quelle che il ragionamento ha ottenuto da solo, si concluderà che le leggi osservate sono delle verità necessarie (d'Alembert, *Traité*, prefazione).

Le idee di d'Alembert sulla scienza e il ruolo fondamentale che in essa gioca la matematica hanno una influenza diretta sui suoi "allievi". Tra di essi vanno annoverati direttamente Laplace e Condorcet e indirettamente Lazare Carnot. Un allievo un po' particolare può essere considerato anche Lagrange, che di d'Alembert fu amico.

Condorcet è certamente l'erede diretto di d'Alembert. Come lui è un valente ma-

tematico e pubblicista e rappresenta come lui una meravigliosa sintesi tra la cultura umanistica e quella scientifica. Ma Condorcet sceglie come settore in cui applicare le sue conoscenze matematiche la sociologia. Qui sviluppa, per la prima volta le leggi del calcolo delle probabilità, tema caro anche a d'Alembert.

Laplace riprende da d'Alembert l'idea del ragionamento matematico come metodo di collegamento dei vari anelli della catena dell'essere. E nonostante la sua fisica sia fortemente matematizzata, ciò nondimeno mantiene un collegamento molto forte con i fatti. Nel determinismo laplaciano il ruolo dell'esperienza è decisivo: bisogna pur conoscere, sperimentalmente, le condizioni iniziali.

Laplace comprende pienamente il legame fisica matematica. Come per d'Alembert, la matematica non è fine a se stessa; essa è piuttosto lo strumento con cui formulare le leggi della natura. Sulla base delle esperienze che la natura ci offre, si cerca di indovinare le leggi. Una volta trovate, le leggi sono assunte al vertice di uno schema deduttivo da cui si possono ritrovare le verità note e anche alcune ignote. Se i risultati teorici non trovano riscontro nell'esperienza, alcune ipotesi vanno cambiate. In questo doppio movimento di ascesa e discesa non si può fare a meno della matematica; perché solo nelle leggi matematiche la natura svela si rivela in modo compiuto.

Carnot riprende da d'Alembert la concezione empirica della scienza e l'idea che di tutti i concetti che vi intervengono dobbiamo avere delle idee chiare e distinte, non nel senso cartesiano, ma nel senso che in ogni concetto dobbiamo trovare un riferimento nell'esperienza sensibile. Benché Carnot e d'Alembert abbiano un'idea completamente diversa dello statuto della meccanica (per il primo la meccanica è una scienza completamente deduttiva, almeno come è deduttiva la matematica, per il secondo è una scienza completamente empirica) hanno una concezione molto simile della sua organizzazione. In particolare entrambi non assumono la forza come un concetto primitivo e seguono un approccio che con un po' di improprietà di linguaggio potremmo definire energetista.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- J. D'ALEMBERT 1821-1822, *Oeuvres*, A. Belin, Paris.
- J. D'ALEMBERT 1968, *Traité de dynamique* (ed. 1758), with comments by T.L. Hankins, Johnson reprint corporation, New York.
- J. D'ALEMBERT 1978, *Discours préliminaire de l'encyclopédie* (1751), Versione italiana a cura di M. Renzoni, Fabbri, Milano.
- J. D'ALEMBERT 1759, *Essai sur les eleméens de la philosophie*, de Mélanges de littérature, d'histoire et de philosophie, Amsterdam, Catelain.
- P. CASINI 1964, Jean d'Alembert epistemologo, *Rivista critica di storia della filosofia*, pp. 28-53.
- P. CASINI 1970, Il problema d'Alembert, *Rivista di filosofia*, pp. 26-47.
- E. CASSIRER 1998, *La filosofia dell'illuminismo* (1932), Scandicci (Fi), La nuova Italia.
- E. B. DE CONDILLAC 1927, *Essai des connaissances humaines* (1746).
- B. COHEN 1988, *La rivoluzione nella scienza*, Longanesi, Milano.
- D. DIDEROT, De l'interprétation de la nature, in *Oeuvres complètes*, Garnier frères, Paris, 1875.
- ENCYCLOPEDIE ou Dictionnaire raisonne des sciences, des arts et des metiers mis en ordre et publié par Diderot et par d'Alembert. Versione digitale su [\\gallica.bnf.fr](http://gallica.bnf.fr).
- C. FRASER 1997, *Calculus and Analytical Mechanics in the Age of Enlightenment*, Variorum,
- A.O. LOVEJOY 1981, *La grande catena dell'essere* (1936), Feltrinelli, Milano.
- T. L. HANKINS 1985, *Jean d'Alembert. Science and Enlightenment*, New York, Gordon and Beach.