
Comitato per la Edizione Nazionale delle Opere di

FEDERIGO ENRIQUES

ENRIQUES, FEDERIGO

Le venerabili proprietà della materia

Period. di Matem. (IV) **II** (1922), pp. 117-125.



L'utilizzo di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali.

Il presente testo è stato digitalizzato nell'ambito del progetto "Edizione nazionale delle opere di Federigo Enriques"

promosso dal

Ministero per i Beni e le attività Culturali

Area 4 - Area Archivi e Biblioteche

Direzione Generale per i Beni Librari e gli Istituti Culturali

FEDERIGO ENRIQUES

LE VENERABILI PROPRIETÀ
DELLA MATERIA



BOLOGNA

COOPERATIVA TIPOGRAFICA AZZOGUIDI

1922

Le venerabili proprietà della materia.

1. Non è mio l'epiteto: ma W. OSTWALD chiama appunto « venerabili » quelle proprietà generali della materia, che, a questo titolo, figurano tradizionalmente agli inizi di tutti i trattati di Fisica. Tali sono: l'*estensione*, l'*impenetrabilità*, la *divisibilità*, la *porosità*.

Che cosa significano queste proprietà? Esprimono esse il risultato di esperienze elementari che il fisico senta il bisogno di rammentare al principio della sua trattazione, ovvero sono in rapporto con talune ipotesi fondamentali, che — per motivi razionali — si postulino come fondamento della stessa Fisica?

Una risposta a siffatte domande si può cercare nella storia della scienza. E conviene per ciò risalire all'elaborazione del concetto della materia presso gli antichi Greci.

Nelle colonie elleniche dell'Asia Minore, apertesi prima della madre patria allo sviluppo dei commerci e al movimento democratico, s'inizia, nel 6° secolo a. C., la speculazione scientifica e filosofica. In particolare i naturalisti milesii, TALETE, ANASSIMANDRO, ANASSIMENE (più tardi BRACLITO d'Efeso) si vedono speculare sulla natura della sostanza primitiva del mondo. Il significato di tali speculazioni riesce a dir vero poco chiarito dalle esposizioni ordinarie della storia della filosofia. Tuttavia può essere spiegato, in breve, come segue.

Di fronte alle grandi vicende dei fenomeni cosmici, dove vediamo l'acqua zampillare dalle montagne o solidificarsi in depositi terrosi alla foce dei fiumi, e le nubi risolversi in pioggia ecc. ecc., quegli antichi filosofi concepirono l'idea grandiosa dell'unità della materia, che si ritroverebbe fonda-

mentalmente identica attraverso le sue trasformazioni, ed in ispecie ai mutamenti dello stato d'aggregazione. Ma, in luogo di considerare i diversi stati come puramente relativi, furono tratti a cercare, sotto di essi, una forma primitiva che rispecchi la vera natura ($\phi\acute{o}\sigma\iota\varsigma$) delle cose. Tale fu, per Talete, l'acqua, per Anassimene l'aria, e per Eraclito il fuoco, mentre Anassimandro (che si profila come un gigante del pensiero in quell'epoca remotissima) aveva affermato soltanto l'esigenza che il sostrato naturale delle cose fosse una sostanza diffusibile, capace di estendersi a tutto lo spazio (così riteniamo abbiassi ad interpretare il $\tau\acute{o}$ $\acute{\alpha}\pi\epsilon\iota\rho\omicron\nu$). Circa il modo come quei fisici concepivano la trasformazione della materia cosmica, siamo informati che Anassimene esprimeva la veduta precisa che i mutamenti di stato avvenissero per condensazione e per rarefazione.

Ora, se dalle colonie ioniche dell'Asia Minore, passiamo alle colonie italiche (della Sicilia e della Magna Grecia), troviamo PITAGORA, venuto a Crotone da Samo circa il 530 a. C., fondarvi una scuola — che ebbe, ad un tempo, il carattere di ordine religioso — in cui le menti si sollevarono ai problemi delle matematiche. Per ricostruire la teoria della materia accolta nei circoli pitagorici abbiamo soltanto riferimenti di formule paradossali come quella che « le cose sono numeri ». L'interpretazione più plausibile che ne è stata proposta porta ad ammettere che i pitagorici primitivi (e quindi probabilmente lo stesso Pitagora) supponessero la materia costituita di *monadi* o punti estesi, e che dal numero e dalla configurazione di questi desumessero la spiegazione delle differenze qualitative. È probabile che una siffatta rappresentazione dei corpi fosse loro suggerita dalle configurazioni degli astri, nella carta del cielo. Infatti, tutta la storia della scienza ci mostra questa tendenza invariabile dello spirito umano a rappresentarsi la realtà ultima che si cela nell'infinitamente piccolo, sul modello della realtà lontana su cui si appunta il nostro occhio, ammirando, nelle notti stellate. Cosicché quella concordanza fra le immagini atomiche e molecolari e gli aggruppamenti degli astri che taluno ⁽¹⁾ indica quasi come

(1) Cfr. p. es. RORTI, « Elementi di Fisica », 1898-99, Vol. I, pag. 5-6.

un risultato dello sviluppo delle moderne dottrine, si direbbe piuttosto rivelare un qualche elemento costruttivo della mente umana, riflesso costantemente attraverso l'evoluzione delle teorie scientifiche.

Ma, in qual modo la rappresentazione della materia, pei pitagorici, si lega ai concetti che abbiamo trovato fra gli Ionici?

A prima vista parrebbe non esservi affatto legame, se l'attenzione non venisse attratta dalla medesima tendenza monistica, che qui si esprime in una forma più astratta, riuscendo alla costruzione di una materia per cui le differenze qualitative vengono ridotte a numeri e figure geometriche. Si può forse trovare un passaggio dalla sostanza cosmica, infinitamente diffusibile, di Anassimandro alla sostanza pitagorica, aggregato di monadi, dove si pensi ad una condensazione della prima sostanza attorno a certi punti o centri monadici, che risulterebbero quindi delimitati (conformemente alle spiegazioni aristoteliche della dottrina pitagorica) da un circostante vuoto.

Qualunque cosa si pensi intorno a ciò, giova rilevare che — secondo la primitiva filosofia pitagorica — la teoria monadica della materia vuole esprimere anche una teoria dello spazio, figurato come materiale. Perciò la critica di codesta teoria, come vien pôrta nella scuola d'Elea, è in pari tempo una critica dei concetti geometrici, che riesce a edificare un punto razionale privo d'estensione, e così una linea dotata di pura lunghezza, e una superficie senza grossezza. In un articolo « Sul procedimento di riduzione all'assurdo », pubblicato dal Bollettino della « Mathesis » nel 1919, ebbi già ad accennare a codesta critica, che s'inizia a mio avviso con PARMENIDE d'Elea, ed assume forma matematica precisa nei celebri argomenti del suo discepolo ZENONE. Qui voglio considerare il contributo recato da PARMENIDE alla *teoria fisica della materia*.

2. La fonte a cui possiamo riferirci sono i frammenti del poema « Sulla natura » dello stesso Parmenide, che risale probabilmente agli inizi del secolo 5° a. C. Senza entrare in un esame analitico, dirò della impressione che suscita codesto scritto, e del significato generale che è lecito conferirgli.

Ciò che colpisce dapprima è lo spunto dantesco da cui l'autore prende le mosse, ed il senso di reverenza mistica che egli stesso prova dinanzi alla Verità, di cui s'appresta a svelare il segreto. Le cavalle, che lo portano secondo il desiderio, hanno condotto il poeta sulla via famosa della Divinità che presiede alla scienza. E giunto dinanzi ad un castello fantastico, la Giustizia vendicatrice, supplicata dalle ninfe, gli apre la porta dei cammini del giorno e della notte, lasciandolo entrare al cospetto della Dea. La quale, accogliendolo con benevolenza, così lo saluta: Non un cattivo destino ti ha condotto su questa via lontana dal cammino degli uomini; è la legge e la giustizia; qui tutto apprenderai, e la verità che s'impone al cuore fedele e le opinioni dei mortali che errano lontane dalla vera fede.

Dopo il magnifico esordio, di cui abbiamo dato un pallido riassunto, il lettore disposto ad ascoltare con reverenza le *parole della verità*, non può fare a meno di provare una certa delusione. Giacchè, a primo aspetto, ei non trova nei frammenti che gli sono offerti se non qualcosa di molto simile ad un giuoco di parole, di cui il verbo « essere » fa principalmente le spese. Ma cerchiamo di penetrare oltre la superficie, nel pensiero del filosofo. Il significato della sua ricerca si potrà rendere, affatto liberamente, nel modo che segue.

Parmenide riprende il problema elaborato dalla speculazione ionica e pitagorica. Il concetto monistico della materia venendo assunto come un dato, si tratta di riconoscere quali caratteri possano spettare a quel sostrato naturale unico che riceve forme e qualità differenti nelle varie manifestazioni fenomeniche. Ora che cosa rimane di una materia spogliata di tutti gli attributi per cui esiste in questa o quest'altra maniera? Parmenide va arditamente al termine dell'astrazione: le rimane, egli dice, solo ciò che di essa predichiamo affermando che « esiste ». Perciò definire il concetto astratto della materia, o, ciò che è lo stesso per lui, scoprire la « natura » identica che soggiace alla varietà delle sue specie particolari, significa dedurre logicamente quel che importa l'affermazione dell'esistenza di un oggetto, che la ragione possa pensare come tale.

Fermiamoci un momento ad illustrare il presupposto filo-

sofico della ricerca. Parmenide è un razionalista, anzi il primo che abbia professato un razionalismo rigidamente coerente: egli non dubita che il criterio decisivo della realtà sia la concepibilità da parte della mente umana: ciò che è vero per natura deve anche esser pensabile senza contraddizione, e ciò che si pensa deve pur corrispondere a qualcosa che esiste (1).

Pertanto l'Eleate riconoscerà come proprietà generali della materia (conformi alla sua natura) quelle proprietà dello spazio solidificato che ritroviamo nei postulati della geometria; e — del resto — abbiám pur detto che lo stesso spazio, da lui pensato come materiale, non si distingue dalla sostanza cosmica che lo riempie. Egli ammetterà dunque, in primo luogo, che la materia sia *estesa* e *continua*: la continuità risulta dall'impossibilità dell'esistenza del vuoto, che è — per definizione — il non-ente; e porta — d'aitronde — a refutare il concetto pitagorico del punto-monade, aprendo la via ad una comprensione razionale degli enti geometrici.

In secondo luogo, poichè l'esistenza non è suscettibile di gradi, in più o in meno, la materia estesa di Parmenide, sempre identica a sè stessa, apparirà dotata in modo assoluto, di durezza o solidità e però sarà *impenetrabile* ed *indivisibile*: dove trovare un ente più forte che ponga ostacolo alla connessione dell'ente, dove un più debole? (2).

3. « Estesa, continua, impenetrabile, indivisibile » tali sono le proprietà generali della materia a cui Parmenide viene condotto seguendo l'accennato procedimento di idealizzazione. Ma queste proprietà contrastano colle apparenze fenomeniche! Parmenide si limita a constatarlo. E, soltanto, alle parole della verità ei fa seguire le parole dell'opinione, in cui descrive, a larghi tratti, il processo fenomenico del mondo, quale risultato di due principii o forze opposte. Logico più acuto dello SPENCER, che tentò dedurre l'eterogeneo dall'instabilità dell'omogeneo, l'Eleate ha avvertito che, dal presupposto di una primitiva identità del mondo, non si de-

(1) Cfr. Frag. 5 e Frag. 8, v. 34 in Diels « Fragmente der Vorsokratiker », Parmenides B.

(2) Cfr. Frag. 8, v. 22-25.

duce razionalmente nessun processo cosmico, bensì soltanto l'invariabilità della natura. Però quando egli passa ad esporre le opinioni dei mortali, che stanno fuori della Verità, ha preso il suo partito, a somiglianza del medico che — dopo aver trattato dei morbi etiologicamente noti, e di cui si può assegnare una cura razionale — deve descrivere in maniera empirica anche quelli ignoti che pure affliggono il paziente, e di cui si può dare, almeno, una cura sintomatica.

Però il contrasto irreducibile fra verità razionale e apparenza empirica, non è di quelli a cui la mente umana possa fermarsi. In realtà la filosofia eleatica poneva un problema, che doveva divenire oggetto di vaste e profonde discussioni. Infatti tre tendenze si affacciano presso i successori:

1) ANASSAGORA ed EMPEDOCLE mettono in causa l'ipotesi monistica, foggiano dunque una materia capace di differenze qualitative: e più precisamente Anassagora immagina una sostanza in cui si trovino commiste, in proporzioni variabili, tutte le qualità; Empedocle adotta la teoria eclettica dei quattro elementi.

2) I Sofisti combattono la stessa pretesa di cogliere una natura delle cose conforme alla divina Verità, in antitesi coll'esperienza del mondo sensibile. Al pari dei positivisti moderni, levati in armi contro la Metafisica, essi imprendono a demolire il tempio di codesta astratta *esistenza* razionale: i « discorsi demolitori contro la Verità » di PROTAGORA, o lo scritto di GORGIA « Della natura o di ciò che *non esiste* », esprimono appunto codesto atteggiamento, che cessa di apparire paradossale a chi tenga presente il significato tecnico assunto dalle parole « verità » (*ἀλήθεια*) e « esistente » (*τὸ ἔσθ*).

3) Finalmente gli atomisti, LEUCIPPO di Mileto e DEMOCRITO d'Abdera, riescono ad accordare il concetto razionale della materia di Parmenide colla realtà fenomenica, modificando il supposto eleatico coll'introduzione del « vuoto ».

Questa soluzione del problema è preparata dalle osservazioni ed esperienze a cui la teoria eleatica ha dato impulso. Infatti l'idea del movimento nel pieno, che ne è suggerita, doveva condurre ad esaminare e spiegare i fatti in cui appare *penetrazione* della materia. Ora certo EMPEDOCLE ha osservato che l'acqua penetra nella spugna occupandone i vuoti e cacciandone l'aria, come si rileva p. es. dalla sua descrizione

della clessidra (1). Di qui, visibilmente, al filosofo agrigentino è venuta l'idea che la materia sia *porosa*, per mezzo dei pori (penetrabili alle *emanazioni* che provengono da altre sostanze) spiegando egli, non solo le azioni e reazioni della vita organica (2), ma anche l'attrazione del ferro sul magnete ecc. (3). Gli atomisti, riprendendo il concetto astratto della materia parmenidea, e togliendo da Empedocle il concetto della porosità intesa in un senso più assoluto, suppongono soltanto che la materia non riempia in modo continuo tutto lo spazio (o il mondo), ma si frantumi in innumerevoli corpi, di diversa grandezza e forma, separati fra loro dal vuoto; quei corpi, in quanto compatti, sono d'altronde pensati come impenetrabili e indivisibili, conforme alla veduta di Parmenide.

I frammenti di DEMOCRITO d' Abdera (460-360 a. C.) sebbene brevi e scarsi, permettono di ricostruire con tutta chiarezza e precisione la dottrina atomistica, che si è poi tramandata attraverso tutta l'antichità, fino ai fisici e filosofi del Rinascimento. La materia in se stessa è priva di tutte quelle qualità *secondarie* che formano oggetto delle sensazioni di colore, odore, gusto ecc. (4); ad essa appartengono l'*estensione* e la *solidità* (impenetrabilità): ma quest'ultima proprietà spetta solo alla materia compatta, che costituisce gli *atomi*; invece gli aggregati di atomi formano la *materia porosa* ed apparentemente penetrabile, che cade nel comune dominio dell'esperienza. Questa è dunque divisibile in aggregati più piccoli, ma l'atomo segna il limite della divisibilità.

4. Il concetto della materia quale viene rappresentato da DEMOCRITO, ci appare come il termine naturale di un processo d'idealizzazione, che riassume in sè osservazioni ed esperienze elementari, rispecchiando, in pari tempo, la natura della mente umana attraverso a cui vengono elaborate. Codesto concetto viene ripreso col rinascere della scienza nell'evo moderno, da GALILEO, GASSENDI, BOYLE, NEWTON ecc.

(1) Περὶ φύσεως, Frag. 100, v. 20 (in Diels, I, pag. 258).

(2) P. es. la respirazione nel frammento sopra citato.

(3) Per una più ampia discussione su ciò cfr. p. es. ZELLER, « Die Philosophie der Griechen », I, pag. 693.

(4) Democrito B., Frag. 125 (in Diels, II, pag. 85).

mentre DES CARTES tentò di riabilitare la materia estesa, senza vuoti, degli Eleati. Perciò la tradizione conserva immobili nei trattati di Fisica, le proprietà della materia, quali furono esattamente e chiaramente postulate dai Greci. Anzi vi sarebbe da guadagnare in chiarezza, ritornando a Democrito; specialmente perchè il suo modo di deduzione elimina l'equivoco, su cui anche W. THOMSON insiste nelle sue Conferenze, che l'ipotesi atomica contrasti colla teorica divisibilità all'infinito dei solidi geometrici: l'atomo democriteo non è un infinitamente piccolo, e — se si vuole — nemmeno un piccolo; bensì, come dice CICERONE ⁽¹⁾ è *indivisibile propter soliditatem*.

Ma taluno chiederà: la scienza moderna non ha dunque modificato e rinnovato profondamente gli antichi principii dell'atomismo, in rapporto allo sviluppo delle teorie fisiche e chimiche? E non si giunge ora fino ad una teoria elettrica della materia che riesce propriamente a far scomparire la stessa materia?

Rispondiamo. Certo, lo sviluppo della scienza importa uno sviluppo delle ipotesi che consentono di rispecchiare nel quadro dell'atomismo i fenomeni conosciuti. Tuttavia i principii generali che formano il fondo della dottrina, cioè i postulati che le conferiscono il suo valore rappresentativo, rimangono — attraverso quell'evoluzione — sostanzialmente invariati. E così la teoria corpuscolare dell'energia (l'ipotesi dei *quanta*) o dell'elettricità, riproducono pure, in qualche modo, le antiche immagini. Bisogna dire che l'ipotesi atomica risponda effettivamente ad una intima realtà delle cose, o ad una profonda esigenza intuitiva della mente umana, o ad una condizione elementare d'accordo fra realtà ed intuizione, perchè essa ritrova sempre, in nuove forme, ed afferma in nuove deduzioni e scoperte, la sua perenne vitalità.

Quando OSTWALD prendeva a dilleggio — come abbiám detto — le venerabili proprietà della materia, egli era convinto che l'atomismo avesse fatto il suo tempo e l'energetica dovesse raccoglierne l'eredità. Ma le esperienze fondamentali

(1) In Diels Dem. A, 56.

di PERRIN ⁽¹⁾, che portano a valutazioni concordanti della misura delle dimensioni atomiche, lo hanno, assai presto ravveduto. Così le proprietà generali della materia seguiranno a comparire nei trattati elementari di Fisica, anche se questi debbano preparare le menti ad accogliere vedute più lontane dalle forme dell'abituale intuizione meccanica. È lecito chiedere che l'esposizione di codeste proprietà tenga conto della storia, valendosene per chiarire criticamente il significato delle *rappresentazioni* e delle ipotesi?

(1) Si legga il suo bel libro « Les atomes ».
