

FENOMENOLOGIA DEL MOVIMENTO E DINAMICA PREGALILEIANA

La storia delle idee filosofiche e scientifiche nate intorno al problema delle percezioni, dall'età cartesiana alla cultura contemporanea, mostra con abbondanza di esempi che le questioni ad esso collegate possono venire impostate in modi assai diversi. Sistemazioni teoretiche come quelle prospettate da Cartesio o dagli empiristi inglesi, da Kant o da Herbart, da Mach o dai pragmatisti della prima generazione, hanno avuto quasi tutte un tale grado di plausibilità da poter esercitare ancora ai nostri giorni — sia pure con modificazioni profonde dovute all'ampliarsi del campo dei fatti osservati e all'affinamento critico delle metodologie — un'influenza ben visibile, anche se non da tutti riconosciuta.

In effetti, quelli che ci sembrano i contatti più elementari col mondo comunemente detto « esterno » — vale a dire la presenza attuale degli oggetti con le loro forme e i loro colori, fermi in un posto oppure in moto, o nel corso di qualche trasformazione — sono situazioni tra le più complesse della nostra esperienza. Già osservare un evento che succede sotto i nostri occhi non è facile; trovare poi un linguaggio adatto ad esprimere le relazioni interne ed esterne a quest'evento, e un linguaggio che sia abbastanza ricco e nello stesso tempo obbediente alle regole di una logica correttamente costruita, diventa una questione piena di difficoltà imprevedibili; aggravate, infine, dalla necessità di una teoria generale capace di ordinare le teorie più specifiche con il massimo rigore critico e il meno possibile di fantasia.

Le ricerche che esporrò e cercherò di commentare presuppongono, naturalmente, una particolare interpretazione dei fatti percettivi; non so che valore potrebbero avere nell'ambito di schemi concettuali differenti. Per questo motivo devo innanzitutto discutere alcune premesse.

1. - I più vecchi contributi allo studio delle percezioni elaborati nell'ambito della ricerca psicologica, nel clima culturale della Germania alla metà dell'Ottocento, misero alla luce l'esistenza di parecchi fatti importanti, per la maggior parte riguardanti le correlazioni tra eventi fisici (considerati a un livello elementarissimo: gli « stimoli ») e i loro effetti su un organismo umano (anch'essi considerati come *atomi* dell'esperienza percettiva: le « sensazioni »).

La scienza che aveva il compito di coordinare i risultati di queste esplorazioni è comunemente nota col nome di psicofisica, e ancora oggi molti, tra i profani, credono che il compito dello studioso di psicologia — quando si occupa di elementi percettivi — consista nello studiare situazioni di questo tipo, alla caccia di leggi quantitative modellate sul paradigma della legge di Weber e Fechner. L'impostazione teoretica della psicofisica era dominata dall'influenza dell'empirismo prekantiano (in alcuni autori da concezioni analoghe a quelle di Condillac o di Lambert) e dalla preoccupazione di non mettere in contrasto le vedute allora correnti in fisiologia con i punti di vista psicologici. Lo schema conduttore delle ricerche psicofisiche era press'a poco

questo: dato un evento fisico elementare (un mutamento di lunghezza d'onda, di luminosità, o di qualche altra intensità), al quale corrisponde casualmente e biunivocamente un evento fisiologico trovare la modificazione della sensazione corrispondente a quest'ultimo, che sarà avvertita dal soggetto, o che sarà troppo piccola per essere da lui avvertita.

E' interessante notare, come ha rilevato W. Metzger (1), che autori di vasta cultura filosofica, ai quali era ben nota la rivoluzione epistemologica operata dalla prima critica kantiana — ad esempio Helmholtz e Wundt —, continuarono negli ultimi decenni del secolo scorso a svolgere complesse ricerche sulle sensazioni mantenendo, in modo più o meno esplicito, i presupposti atomisti ed associazionistici propri della psicofisica. Parrebbe infatti che una grande familiarità con le tesi del criticismo kantiano avrebbe dovuto indurre quegli studiosi a considerare con sospetto una analisi delle sensazioni che postula l'esistenza di rapporti rigidamente meccanici tra gli eventi fisici e fisiologici e gli aspetti dell'esperienza direttamente vissuta, della realtà *quatenus phaenomenon* (2).

Le premesse per un cambiamento radicale furono poste dall'insegnamento di Meinong, al quale gli storici della psicologia e della filosofia prestano di solito poca attenzione, ma che agì molto profondamente — con le emozioni sviluppate nella sua teoria degli oggetti — sulla psicologia della percezione e su discipline collaterali, come l'epistemologia e il gruppo di problemi che allora andava sotto il nome di Logica. L'influenza di Meinong, del resto, è facilmente rintracciabile in alcune direzioni del pensiero filosofico contemporaneo, tra loro molto diverse: basta ricordare lo Husserl delle *Logische Untersuchungen* (3) e l'ultimo degli inediti (4); e d'altra parte in Inghilterra Moore e in Francia le indagini sui fondamenti fenomenologici della geometria di J. Nicod (5). Più o meno indipendentemente da Meinong contribuirono a questo cambiamento di prospettive Franz Brentano ed Ernst Mach.

La diffusione delle tesi di James — quelle dei *Principles*, non le volgarizzazioni filosofiche elaborate dall'autore stesso in consonanza con l'atmosfera culturale irrazionalista e volontarista dell'Europa d'allora — non aiutò molto a svincolare la psicologia della percezione dagli schemi antichi, come sarebbe stato lecito sperare. Maggiori effetti e più larga risonanza ebbero le critiche all'associazionismo e ai metodi psicofisici esposte da H. Bergson nell'*Essai sur les données immédiates de la conscience* (1889), che la psicologia scientifica ha finito col fare proprie nella so-

stanza, moderando gli aspetti troppo pittoreschi del linguaggio bergsoniano. In realtà, trovare una teoria capace di correggere gli errori dell'associazionismo senza per questo precludere la via delle indagini sperimentali non poteva essere facile in una cultura dove, per definizione, la scienza non poteva essere che analisi (secondo il modello della fisica) mentre la sintesi dei dati trovati analiticamente era compito esclusivo della filosofia.

Un'impostazione feconda di risultati sperimentali e teoretici fu quella elaborata qualche decennio più tardi dai ricercatori della scuola di Wertheimer e Koehler, i formisti. La scuola della forma — allacciata a Meinong attraverso von Ehrenfels (*Über Gestaltqualitäten*), ma aperta, ai suoi inizi, alle suggestioni di Husserl e di Dilthey non meno che al neopositivismo di Berlino (6) — ha sviluppato una critica sotto molti aspetti definitiva alla tradizionale distinzione tra «sensazioni» e «percezioni». La conclusione di questa critica (dovuta specialmente a Kohler) è la negazione che ci siano sensazioni, o atomi d'esperienza: il mondo circostante, come esso ci si presenta, è fatto di cose unitariamente organizzate, connesse le une con le altre oppure indipendenti tra loro. Queste cose dell'esperienza possono essere solo idealmente scomposte in un mosaico di sensazioni singole, ma tale operazione, una volta fatta, non comporta nessun vantaggio, dal momento che gli aspetti fenomenici degli oggetti sono di norma indipendenti.

Una sensazione di grigio non c'è: ci sono superfici di colore grigio, o l'atmosfera grigia della nebbia; inoltre una superficie grigia in campo rosso diventa verdastra, mentre in campo giallo diventa azzurrina. Nel mondo visibile non vi sono sensazioni, ma strutture percepite già organizzate in oggetti, in eventi, in relazioni. Lo psicologo ha come compito lo studio delle organizzazioni dell'esperienza diretta.

La teoria della forma, che a partire da un'interpretazione delle attività conoscitive (percezione, pensiero) estende la portata dei suoi concetti a tutti i problemi tradizionalmente connessi con la psicologia, ha una storia complessa ad istruttiva, cronologicamente parallela all'affermazione del comportamentismo nei paesi di lingua anglosassone ma in netta antitesi con le sue forme più radicali.

Questa storia non può essere ricordata in questa sede; certo non è ancora conclusa e alcuni temi in essa ricorrenti attendono tuttora d'essere sviluppati fino in fondo.

2. - Al posto di un'esposizione storico critica dei contributi formisti all'analisi delle percezioni, spiegherò qui — sotto un profilo più generale — perchè l'interpretazione fenomenologica dei fatti dell'esperienza immediata si distingue da altre impostazioni psicologiche e filosofiche, forse più note ai non specialisti.

Punti di vista opposti come quello di Helmholtz e quello di James (7) in psicologia, o come quello del primo Russell (8) e di Bergson (9) in filosofia, hanno un tratto molto importante in comune: per essi, le caratteristiche dell'esperienza immediata vengono dedotte a partire da una concezione generale

(1) W. Metzger - *Psicologie* - Darmstadt 1954, (Einführung 1).

(2) Il fatto però diventa meno strano se si pensa che, in Kant, le leggi della realtà fenomenica sono senz'altro le leggi della fisica classica, essendo garantita la validità di quella fisica proprio dalla congruenza (anzi dall'identità) tra le strutture logiche categoriali e le strutture rintracciabili nel mondo dei fenomeni osservati. Non vi è in Kant, infatti neppure il sospetto che le leggi nel mondo dei fenomeni — del mondo che si vede e si tocca — possano essere altre che quelle della fisica nota ai suoi tempi; fatta eccezione solo per quei casi particolari e irrilevanti, noti fin dall'antichità col nome di 'inganni dei sensi', o di 'illusioni' del tatto e della vista. Nonostante questa limitazione, resta ugualmente difficile capire come molte intuizioni fenomenologiche contenute nell'opera kantiana abbiano potuto poco o nulla contro il rigido associazionismo delle scuole psicologiche tedesche fino a Mach.

(3) E. Husserl *Logische Untersuchungen* - vol. 1, Halle 1900 (21-24; 25-26; 41-45).

(4) G. Brand - *Welt, Ich und Zeit* - ora nella traduzione italiana di E. Filippini - Milano 1960 (ad es. 3; 4 della Parte I - 12-14; 20; 22 della Parte II).

(5) J. Nicod - *Geometry in the sensible World* - trad. dal francese in: *Foundation of Geometry and Induction* - N. Y. and London 1950.

(6) K. Lewin - *Idee und Aufgabe der vergleichenden Wissenschaftslehre* - Erfurt 1926.

(7) W. James - *Principles* - 1880; «The stream of Thought», Cap. IX.

(8) B. Russell - *The problems of Philosophy* - Oxford 1957 (1912); Cap. I e III.

(9) H. Bergson - *Oeuvres* - Paris 1959; *Essai* (pagg. 3-92) - *Matière et Mémoire* (pp. 181-212) - *L'évolution créatrice* (pp. 725-733) - *La Pensée et le Mouvant* (pp. 1365-1384).

della realtà fisica e dei meccanismi fisiologici, oppure a partire da qualche premessa metafisica. E quello che viviamo come presentemente dato — qui e ora — viene definito compatibilmente con le premesse assunte.

E' caratteristico della psicologia fenomenologica — che rappresenta forse l'aspetto più importante della teoria della forma — procedere in modo opposto: le leggi d'organizzazione della realtà attualmente vissuta sono ricavate dallo studio analitico di questa stessa realtà, considerata ingenuamente, e in modo da non sacrificare alcuno dei suoi modi d'apparire.

La struttura del mondo fisico e le leggi note ai fisiologi sono sistemi di conoscenze che vanno provvisoriamente messi da parte. Se lo studioso di psicologia si lascia tiranneggiare dalla loro logica rischia di perdere molti problemi, dovendoli giudicare insensati fin dall'inizio (10).

Oggetto d'indagine è, in questo modo, l'esperienza che gli uomini hanno quando si guardano intorno, toccano oggetti resistenti, ascoltano le parole che vengono dette, o l'esecuzione di una musica; l'esperienza che per me, in questo momento, è esemplificata dal foglio di carta su cui si formano rapidamente le parole di questa riga, dal tavolo a contatto con me e le pareti che limitano, distanti da me la stanza. Se l'oggetto della indagine è definito così, non è rilevante — al primo momento — il problema della congruenza tra le cose che vedo e gli eventi obiettivi che adesso circondano il mio corpo come li potrebbe descrivere un fisico nel suo linguaggio. Il problema dei rapporti tra strutture fisiche e strutture fenomeniche è certo importantissimo non meno per lo studioso di psicologia che per i cultori dell'epistemologia o della filosofia della conoscenza; ma è opportuno che venga messo tra parentesi nel momento in cui uno di noi è impegnato nell'analisi dei fatti dell'esperienza diretta, essendo facilissima la confusione — propria del senso comune — tra quanto è percepito e quanto è saputo di quello che si percepisce. « Per la maggior parte dei filosofi il suono non è altro che una certa vibrazione dell'aria che arriva a colpire i nostri orecchi. Se il senso dell'udito rappresentasse la vera immagine dell'oggetto, dovrebbe, invece del suono, farci concepire il movimento delle parti dell'aria che in quel momento vibra contro i nostri orecchi » (11); ma il sapere che i suoni si propagano nell'aria in forma di vibrazioni non ci permette di dire, ascoltando una melodia, 'io sento certe vibrazioni dell'aria'; quello che sentiamo è indubbiamente una melodia.

Oppure: supponiamo di avere davanti a noi due figure rettangolari ritagliate dallo stesso foglio di carta azzurra; una di esse ha i quattro lati diritti e l'altra li ha frastagliati, a zig zag come i bordi di un francobollo. Osservando le due figure si nota subito che il secondo di questi rettangoli è più chiaro dell'altro, e in ogni modo di un azzurro più vellutato e soffice (12). L'osservatore può sapere benissimo che i due pezzi di carta sono identici, che le onde luminose riflesse dalla loro superficie appartengono al medesimo ordine di grandezza: quello che egli sa di quei colori non modifica minimamente quello che egli vede, e cioè due pezzi di carta cromaticamente un po' diversi. Se la vecchia preoccupazione di distinguere tra le percezioni 'vere' e

le percezioni 'ingannevoli' viene messa da parte — se cioè la esperienza diretta viene considerata in sé, come quel tipo di realtà che è fenomenologicamente data — dove non è possibile tracciare un confine tra quanto è veridico e quanto è 'inganno dei sensi', dal momento che per se stesse le illusioni non sono più irreali di ogni altro fatto immediatamente esperito (13) — diventa possibile porre il problema delle leggi secondo cui questa realtà è organizzata; e tali leggi ci devono essere, perché il mondo in ogni momento constatato intorno a noi non è, evidentemente, un caos di sensazioni.

In breve, la fenomenologia della percezione obbliga il ricercatore a porsi, in prima istanza, nei panni di un fedele allievo di Berkeley, per il quale non è possibile dire che ci sono cose non percepite, o che non ci sono cose percepite. Trovare le leggi adatte a descrivere i 'dati' comporta, in seguito, molti esperimenti e molta smalzata teoria; ma non sono possibili né gli esperimenti né le leggi se prima qualcuno non trova i problemi. L'impostazione che ora ho tentato di descrivere è quella che permette di trovarli.

3. - Un punto di vista come questo può essere capito facilmente finché si resta su posizioni abbastanza generali; ma diventa più difficile quando si tratta di arrivare a tutte le conseguenze che implica. Le credenze caratteristiche del senso comune sono sconfitte facilmente sul terreno della teoria, ma continuano a resistere bene quando per qualche ragione cerchiamo di smantellarle in circostanze particolari, caso per caso. In presenza di fatti un po' fuori dell'ordinario come quelli che si possono osservare in un laboratorio di psicologia, anche chi ha capito nelle linee essenziali l'impostazione fenomenologica della teoria della forma è portato poi a tentare spiegazioni chiamando in causa le 'abitudini', l' 'attenzione', l' *innervation feeling*, ecc.; dimenticando che è metodologicamente scorretto — in qualunque campo del sapere — cercar di portare luce su un fatto evidente e ben determinato (come appunto è un colore, un movimento, un suono effettivamente percepito) ricorrendo a spiegazioni *per obscurius*, come l'azione di qualche facoltà dell'io, o qualche evento fuori di ogni possibile osservazione.

Fermo restando che il fisiologo del futuro potrà forse fornirci importanti informazioni sui processi che interessano il sistema nervoso centrale e le modificazioni degli organi periferici che accompagnano l'atto di vivere una certa situazione dell'esperienza in un dato modo, è compito dello studioso di psicologia elaborare leggi funzionali i cui termini siano fondati sugli elementi dell'esperienza stessa, come ci è data. In questo modo è possibile spiegare un evento percettivo in funzione del contesto di cui fa parte.

Un esempio adatto a illustrare questo modo di procedere può essere tratta dall'analisi fenomenologica del rapporto causale. Uno studio sperimentale accurato e vastissimo (14) ha recentemente permesso di stabilire, a proposito del classico problema delle due palle di biliardo, che il rapporto causale meccanico dell'urto è veduto e non inferito da chi lo osserva. In questo senso la tesi di Malebranche (« quand je vois une boule qui en choque une autre, mes yeux me disent, ou semblent me dire, que elle est véritablement cause du mouvement qu'elle lui im-

(10) W. Koehler - *Gestalt Psychology* - N. Y., 1947. Cap. I, pag. 3 e segg.

(11) R. Descartes - *Le Monde ou Traité de la Lumière* - 1664; trad. Cantelli, Torino 1959.

(12) G. Kanizsa - *Funktion der Mikrostruktur und des Randgefalles* Psych. Beiträge, V, 1-2 1960.

(13) N. Brown - *Sense data and material objects* - Mind, LXVI, 262, 1957.

(14) A. Michotte - *La perception de la causalité* - Paris, Bruxelles, 1954. 381

prime») è molto più giusta di quella di Hume (« the impulse of one billiard-ball is attended with motion in the seconde. This is whole that appears in the outward senses. The mind feels no sentiment or inward impression from this succession of objects »). La causalità considerata a questo livello, cioè come carattere percettivo che collega in un modo del tutto peculiare due movimenti successivi, è ampiamente indipendente da quelle condizioni cinetiche che i fisici di un secolo fa — prima di Kirchoff, Mach e Pearson — descrivevano come proprie della causazione tra movimenti. Anzi, il fatto che il rapporto causale si percepisce non dipende minimamente dalla soluzione del problema epistemologico della causalità: possiamo negare, come hanno fatto molti fisici, che abbia senso il parlare di connessioni causali tra punti materiali, ma resta fuori questione che, nel mondo degli eventi veduti, possono darsi tra gli oggetti certi rapporti che non potrebbero essere descritti efficacemente senza ricorrere a giudizi di causalità.

Queste particolari configurazioni dell'esperienza immediata possono essere definite specificando esattamente le condizioni spazio-temporali e cinetiche degli oggetti collegati fenomenicamente da una relazione di causa: se su di uno sfondo ci sono due oggetti, l'oggetto A e l'oggetto B, collocati a una certa distanza uno dall'altro, un osservatore percepirà una relazione di causa tra essi qualora l'oggetto A raggiunga l'oggetto B a una certa velocità fenomenica lungo un certo percorso, e l'oggetto B, dopo un certo intervallo temporale, si metta a sua volta in movimento con una certa velocità e lungo un certo percorso. I valori di queste condizioni fenomeniche della relazione di causa non possono essere ricavati a priori; né possono essere dedotti dalle leggi fisiche dell'urto — dal momento che si realizzano relazioni causali fenomeniche in condizioni non congruenti con quelle leggi, e d'altra parte, rispettando quelle leggi, si possono costruire situazioni di movimento dalle quali non risulta alcuna relazione di causa; di conseguenza, tali valori possono essere trovati solo sperimentando su molte differenti situazioni, provando a cambiare le velocità, gli intervalli temporali, le direzioni dei percorsi e via di seguito. Tali velocità, intervalli e direzioni — benché espressi metricamente nelle formule della legge trovata dallo psicologo — s'intende che sono eventi considerati in quanto percettivamente esistenti, cioè come dati direttamente nell'esperienza, tanto è vero che si possono realizzare situazioni di questi tipi utilizzando movimenti (come il salto stroboscopico) che sono tali solo per un osservatore, e che in realtà sono prodotti da situazioni obbiettive statiche.

In questo modo è possibile scoprire e analizzare una grande quantità di aspetti del mondo esterno che per il fatto di essere familiari sembrano non costituire problema, o sembrano poter essere solo oggetto di discussioni per il logico e l'epistemologo, senza offrire la possibilità di un accesso sperimentale. « Benché la cosa possa apparire paradossale, sta il fatto che il primato degli interessi pratici e conoscitivi ha creato nell'uomo civile un orientamento mentale che rende assai difficile il cogliere ciò che è 'meramente fenomenico'. Perciò il dato fenomenico si vive immediatamente ma non si 'conosce', e perciò il coglierlo nella sua autenticità e il vedere i problemi che esso pone è spesso non meno difficile che risolvere tali problemi » (15).

(15) G. Kanizsa - F. Metelli - *Connessioni di tipo causale fra eventi percettivi: l'effetto attrazione e l'effetto lancio inverso* - Atti del IX Congresso degli Psicologi Italiani, Milano, 1956.

Per vie analoghe a quella descritta ora a proposito della causalità meccanica, gli psicologi della forma hanno studiato parecchi altri problemi, alcuni dei quali di un'importanza generale che oltrepassa i limiti degli interessi strettamente psicologici: basterà ricordare, qui, le ricerche sperimentali sull'identità fenomenica — cioè sulle condizioni grazie alla quali un oggetto è vissuto come 'rimanente se stesso' —, o sulle leggi dell'unificazione tra eventi percettivi — cioè sui modi in cui gli oggetti dell'esperienza si costituiscono come unitari.

Mi sembra importante sottolineare che tutti questi problemi, prima di essere portati nell'ambito della sperimentazione, riguardano modi d'essere del mondo esperito, i quali sono davanti a noi indipendentemente da quello che vogliamo e sappiamo, e che quindi condizionano alla base il nostro modo di pensare la realtà e di riflettere su di essa. Le strutture del mondo vissuto come esterno non possono essere inventate o dedotte — come dicevo — perché sono 'fatti', nel senso più stretto del termine (16), né d'altra parte sono suscettibili d'essere modificate dall'atteggiamento di colui che le viene esplorando, nell'atto dell'osservazione, come succede nello studio introspettivo delle tensioni affettive (17). Possiedono quindi quei requisiti di costanza e di ripetibilità indispensabili agli eventi che debbono servire da supporto alla costruzione di leggi con validità generale.

4. - Date queste premesse è abbastanza facile capire quanto importante sia nella fenomenologia della percezione il problema del movimento.

Come è noto, per molto tempo il movimento dei corpi fu annoverato fra le qualità 'primarie', e cioè fra quelle proprietà che vengono pensate come indipendenti dall'attività percipiente di un soggetto umano (Locke); da un punto di vista esclusivamente teorico fu abbastanza facile, sulle stesse basi dell'empirismo inglese, dimostrare che il movimento non è una qualità meno soggettiva del colore o del suono. Tuttavia, un argomento veramente solido contro la vecchia concezione fu raggiunto soltanto con la scoperta e lo studio dei movimenti apparenti: in questo modo l'argomento cessava di essere una dimostrazione astratta, dal momento che alla primarietà del movimento potevano venir opposte diverse situazioni in cui, di fronte a stimoli completamente statici, il movimento è direttamente constatato.

Tuttavia chi abbia una certa sensibilità per i problemi fenomenologici sarà portato a fare una distinzione, piuttosto che a sottoscrivere senza riserve questa critica.

(16) « Le teorizzazioni deduttive — ha affermato Husserl discutendo in sede filosofica problemi strettamente analoghi — sono escluse dalla fenomenologia. Non che i procedimenti mediati le siano addirittura proibiti; ma poiché tutte le conoscenze devono essere descrittive, cioè confacenti alla sfera immanente, i ragionamenti ed i procedimenti non-intuitivi di qualunque specie hanno soltanto il significato metodico di condurci davanti alle cose » - *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie* - traduzione italiana di G. Alliney, Milano 1950; pag. 225.

(17) « La collera può sfumare nella riflessione e modificarsi rapidamente nel contenuto. Non è, come la percezione, sempre pronta, né può essere prodotta ogni momento per mezzo di comodi dispositivi sperimentali. Studiarla riflessivamente nella sua originalità significa studiare una collera che sfuma: cosa che non è senza importanza, ma che non è quella che si sarebbe dovuta studiare. Al contrario, la percezione esterna, che è tanto più accessibile, non sfuma nella riflessione; possiamo studiare la sua essenza generale e l'essenza delle sue componenti e dei suoi correlati nella loro originalità, senza doverci sottoporre a particolari fatiche per raggiungere la chiarezza. E' vero che le percezioni hanno le loro differenze di chiarezza... » ma « normalmente la percezione non è annebbiata e... le percezioni chiare, di cui abbiamo bisogno, sono in ogni momento a nostra disposizione ». Ibid. pag. 212.

Se consideriamo la questione sotto un profilo epistemologico, essa è evidentemente esatta: la descrizione di un movimento percepito non può mai essere assunta come descrizione del movimento obbiettivo correlato; le leggi dei movimenti visibili, in altre parole, non coincidono con le leggi della dinamica.

Ma se guardiamo la realtà intorno a noi cercando di mettere da parte i nostri pregiudizi filosofici, non è più possibile rifiutare una certa plausibilità al vecchio concetto realistico, perché effettivamente noi viviamo il movimento degli oggetti come una proprietà che è loro strettamente collegata: sono essi i protagonisti del movimento, e le loro proprietà cinetiche sono altrettanto reali che la loro presenza nel mondo circostante. Indubbiamente il movimento è vissuto come una qualità primaria.

I movimenti degli oggetti, inoltre, possiedono altre qualità oltre a questa: essi sono lenti, rapidi, regolari o irregolari, calmi, agitati, nervosi, esitanti ecc. Per quanto appaia più facilmente il carattere in certo modo 'soggettivo' di queste connotazioni (è più facile far ammettere a un profano che l'impressione data da un movimento 'agitato' è una questione psicologica, che non fargli ammettere la stessa cosa a proposito delle caratteristiche puramente cinetiche del moto nello spazio), tuttavia è altrettanto evidente che il soggetto della calma, dell'esitazione ecc. è l'oggetto che si muove; queste connotazioni, insomma, non lo riguardano meno che l'essere in movimento. Si è convenuto di chiamare queste qualità terziarie.

Con metodi d'analisi non dissimili da quelli spiegati più sopra a proposito della causalità meccanica è possibile definire i caratteri espressivi del moto in funzione della velocità e delle sue variazioni, dei cambiamenti di direzione, della struttura geometrica dell'iter, e così via. Tali studi sono appena al loro inizio; benché i concetti fondamentali su cui simili analisi poggiano siano in definitiva abbastanza semplici, ogni caso speciale presenta di solito notevoli difficoltà tecniche, ed è facile che i risultati — una volta ottenuti — offrano il fianco a critiche di carattere metodologico.

Le ricerche esposte e discusse nei prossimi paragrafi (18) rientrano, per uno dei loro aspetti, nell'ambito dello studio delle qualità terziarie del movimento; ma l'analisi di questo aspetto non è fine a se stessa. Come vedremo, lo studio dei caratteri del movimento può essere un mezzo adatto a mettere in luce — e in parte risolvere — qualche problema di epistemologia.

5. — Un modo per introdurre l'argomento delle nostre prossime discussioni può essere dato dal seguente quesito: che cosa significano gli aggettivi «lento» e «veloce», detti di movimenti?

Se ci mettiamo nei panni di un fisico e proviamo a definire il senso di questi attributi con i concetti normalmente usati in dinamica, dobbiamo concludere che «lento» e «veloce» non significano nulla. La struttura del mondo fisico non offre alcuna base per una riduzione di questi termini alla descrizione univoca di eventi elementari. Tuttavia non esiste chi non capisca quello che si intende dire se, parlando di un soggetto in movimento, si dice che è in movimento veloce.

Naturalmente, anche parlando dei movimenti studiati dalla fisica è in linea teorica possibile introdurre (senza alcun costrutto) una distinzione tra movimenti «lenti», «rapidi», e po-

niamo, «naturali». In questo caso si dovrebbe: a) assumere come immobile un certo sistema di riferimento S; b) scegliere arbitrariamente altri due sistemi in moto relativo uniforme rispetto ad S, e tali che le loro velocità relative rispetto ad S non siano eguali (li chiameremo, quello animato da velocità relativa minore S', e l'altro S''); c) dare alla classe delle velocità sempre relative ad S comprese tra i valori denotanti, la velocità di S' ed S'' il nome di classe delle velocità «giuste»; d) ed infine convenire, per le velocità comprese tra quella di S' e la quiete (rispetto ad S), l'espressione «lente», e per tutte le velocità superiori a quella di S'' l'espressione «veloci».

Tuttavia, questo sistema di convenzioni artificiose e irrilevanti non definisce affatto, nonostante la sua correttezza formale, quello che nel linguaggio d'ogni giorno si vuol dire parlando di «movimenti veloci» o «lenti». Una stessa velocità, metricamente definita sulle coordinate di spazio e tempo, può essere veduta come lenta se l'oggetto in moto è grande, e può essere veduta come rapida se l'oggetto è molto più piccolo. La lentezza e la velocità dei moti che i corpi compiono nello spazio fenomenico, inoltre, non è ricavata per via logica, ma è direttamente data all'osservatore, esattamente come il colore e la forma dei corpi in questione: per accertarsene basta guardare per un poco il traffico da una finestra del terzo piano.

In laboratorio è facile fare un accertamento più circostanziato; possiamo ottenere da un osservatore la definizione ostentativa della portata di questi due aggettivi mostrandogli qualcosa che si muove con velocità via via sempre diverse, e chiedendogli di dire quando il movimento è lento oppure è veloce, e quando cessa di esserlo. Se facciamo una prova di questo genere scopriremo che non solo l'osservatore comprende esattamente il senso del suo compito (il che dimostra che si sa cosa sono i movimenti lenti e rapidi), ma anche che parecchi osservatori stabiliscono i limiti delle loro definizioni in modo notevolmente simile. Inoltre, troveremo che tra i movimenti «veloci» e quelli «lenti» c'è una zona di indifferenza, dove il movimento è vissuto come «naturale», cioè né rapido né lento.

La prima esperienza da me realizzata ha dato appunto risultati analoghi a quelli che ora ho detto. Per mezzo di un dispositivo che qui non occorre descrivere facevo muovere un'asta di quaranta centimetri, appesa per una estremità, con un movimento pendolare armonico. La frequenza delle oscillazioni era regolabile: il pendolo poteva assumere tutte le frequenze comprese tra le diciassette e le novantacinque per minuto primo. E' noto che in natura un pendolo qualunque può oscillare secondo una e una sola frequenza, derivabile dalla distanza intercorrente tra il suo baricentro e l'asse di oscillazione. Le varie frequenze d'oscillazione che imprimevo al pendolo nel corso delle esperienze erano tutte, tranne una, non coincidenti con la frequenza di oscillazione che quello stesso pendolo, lasciato libero a oscillare, avrebbe assunto; erano, in altre parole, incompatibili con le proprietà fisiche di quel pendolo.

Osservando tutta la gamma di oscillazioni a mia disposizione, dalle più alle meno frequenti e viceversa, tutti gli osservatori sono stati in grado di distinguere senza sforzo quelle «troppo lente» da quelle «troppo veloci», e da tutte queste quelle «giuste», o «naturali», o «proprie» per quel corpo in oscillazione. La forma del pendolo non poteva indurre ad equivoci: esso era rettangolare e molto allungato, come una sbarra liscia e omogenea, lunga quaranta centimetri e larga due centimetri e mezzo.

così la collocazione del suo baricentro apparente era facilmente intuibile.

La prima osservazione importante che questa esperienza mi permise di fare fu la seguente: l'oscillazione normalmente vista come «giusta» o «naturale» dagli osservatori non era la frequenza giusta dal punto di vista fisico. Quel pendolo, lasciato a oscillare liberamente, aveva un periodo pari a 1 minuto secondo e 0,714 decimi; compiva perciò 56 oscillazioni complete al minuto primo. Per gli osservatori che dovevano giudicare della sua frequenza fenomenicamente «naturale», la frequenza ricavabile dalle proprietà fisiche di quello stesso pendolo rientrava tra quelle «troppo veloci», senza alcun dubbio. L'oscillazione «naturale» si aggirava quasi per tutti intorno alle 40 oscillazioni per minuto. L'insieme dei risultati (19) mi permise di constatare, infatti, che per un corpo oscillante come quello adoperato da me, sopra le cinquanta oscillazioni al minuto abbiamo normalmente un moto pendolare «troppo veloce», mentre sotto le trenta il movimento è veduto generalmente come «troppo lento»; quest'ultimo caso è stato descritto da uno degli osservatori in modo molto efficace: c'è un pendolo che oscilla dentro un mezzo denso e viscoso.

Naturalmente i valori numerici ottenuti nel corso di ciascuna delle osservazioni non sono, in molti casi, concordanti; i limiti tra le oscillazioni «rapide», «naturali» e «lente» — quantificati in funzione della frequenza obbiettiva del moto — variano per i differenti osservatori. Trattandosi però di una analisi 'qualitativa' dell'esperienza immediata, la cosa ha poca importanza: quello che importa è che i rapporti tra le classi dei tre tipi di movimento siano ordinati secondo la medesima legge: a partire da oscillazioni vissute come «lente» si arriva — modificando progressivamente il periodo delle oscillazioni obbiettive — alla regione delle oscillazioni «naturali»; queste a un certo punto perdono il loro carattere di «naturalità» e cedono il posto ad una ampia gamma di oscillazioni «rapide» e «rapidissime». Per uno stesso osservatore tutte queste condizioni si realizzano, o non ho avuto modo di constatare l'esistenza di eccezioni.

Dunque, nel caso di un corpo oscillante come quello usato da me, le oscillazioni *fenomenicamente* «naturali» non hanno lo stesso periodo di quelle che, diciamo così, sono *fisicamente* «naturali».

Questa constatazione permette di affermare che il periodo d'oscillazione vissuto come «naturale» per un pendolo dato, non coincide *necessariamente* con il periodo ricavabile, mediante la legge di Galileo, dalle sue proprietà fisiche.

Se le cose stanno come ho detto, infine, il giudizio dell'osservatore sulla gamma delle oscillazioni «naturali» di un pendolo non ha la sua radice nel fatto di aver visto più volte in vita sua corpi in oscillazione: vale a dire, non è fondato sull'esperienza passata di oggetti animati dal moto pendolare armonico, come il fatto d'aver guardato il movimento delle campane o la sbarra oscillante dei vecchi orologi.

E' molto più plausibile, invece, supporre che l'andamento «naturale» sia una proprietà fenomenica del moto, dipendente da condizioni compresenti nel campo stesso dell'osservazione, e cioè dalla forma dell'oggetto, dall'essere questo veduto come pesante o leggero, o dal fatto che esso compie una maggiore o minore escursione da un estremo all'altro della traiettoria.

Prendiamo in considerazione, ad esempio, quest'ultima circostanza; possiamo fare la seguente ipotesi: se è vero che il periodo dell'oscillazione veduta come «naturale» dipende dall'ampiezza di essa, dovrà essere vero che, variando quest'ampiezza, varia anche il periodo dell'oscillazione «naturale».

Questo appunto è stato il secondo passo compiuto con le mie esperienze.

6. - In base ad esse è possibile affermare che una simile correlazione esiste.

La cosa può essere dimostrata ripetendo due volte la situazione sperimentale riferita nel paragrafo precedente. Una sbarra rettangolare di quaranta centimetri per due e mezzo oscillava su un arco di dieci gradi, dalla frequenza di diciassette oscillazioni al minuto a quella di novantacinque; l'osservatore indicava il momento in cui il movimento cessava di essere troppo «lento» e diventava «naturale». Poi la stessa presentazione era effettuata a partire dalla frequenza di novantacinque oscillazioni, attraverso valori sempre più bassi, fino alle diciassette oscillazioni. Così l'osservatore indicava il momento in cui le oscillazioni cessavano di essere troppo «rapide» e diventavano «naturali». In questo modo venivo a sapere due valori, che grosso modo delimitano — per quell'osservatore — l'ambito delle frequenze d'oscillazione «naturali».

Se però — una volta trovato il periodo di queste oscillazioni — l'ampiezza dell'arco percorso dal pendolo era improvvisamente portata a sessanta gradi, la frequenza appariva subito «troppo rapida», ed occorreva correggerla ulteriormente per tornar a vedere un moto pendolare né rapido né lento.

I risultati ottenuti in questo modo dimostrano che per ogni osservatore:

quando viene aumentata l'ampiezza di oscillazione, l'andamento fenomenologicamente «naturale» di un pendolo si ha in corrispondenza di frequenze più basse. In altre parole, se l'ampiezza d'oscillazione è piccola (10°), il moto per essere «naturale» deve avere una frequenza che cade entro un certo ambito di valori; ma se l'ampiezza di oscillazione è più grande (60°) l'ambito delle frequenze corrispondente al movimento vissuto come «naturale» è delimitato da valori più bassi (20°).

Dal punto di vista del moto oscillatorio fenomenicamente «giusto», dunque, non vale la legge dell'isocronismo.

E' curioso poi notare un fatto: io ho interrogato alcuni studenti della facoltà di lettere — che non avevano partecipato ai miei esperimenti — sulle leggi del moto pendolare. Nessuno di essi, ho visto, ricordava più la fisica imparata al liceo; ma aiutandosi col 'buon senso' ricostruivano la dimenticata legge galileiana in questo modo: «tanto più l'ampiezza delle oscillazioni è grande, e tanto più lentamente i pendoli si muovono».

Non è difficile notare che 'il buon senso' è perfettamente d'accordo coi risultati dell'esperienza riferita in questo paragrafo.

7. - Riferirò ora qualche particolare di un'altra mia ricerca sulla percezione del movimento, che è tecnicamente diversa dalla precedente, ma sotto un certo profilo ad essa molto affine.

Il quesito al quale volevo che la ricerca desse una risposta può essere formulato così: dato un oggetto che si muove nel campo visivo dall'alto verso il basso, a quale legge deve obbedire

il suo movimento affinché sia vissuto da un osservatore come una « caduta »? — Non è possibile dire a priori che tale legge deve essere quella della caduta libera dei gravi; infatti, dopo le esperienze sul moto dei pendoli resta legittimo dubitare che ci sia sempre una congruenza tra le leggi obiettive di certi eventi cinetici e le loro leggi fenomenologiche. Questa congruenza può esserci, ma non è necessario che ci sia.

Qualche prova preliminare mi convinse che il problema del movimento di caduta dei corpi non poteva essere affrontato direttamente, sul piano sperimentale. Il movimento verticale di un oggetto dall'alto in giù, se si svolge a basse velocità dà luogo all'impressione di un planamento, non di una caduta; se d'altra parte la velocità è aumentata, allora l'evento della discesa si svolge tutto in un tempo troppo breve, ed ogni precisa determinazione sull'andamento fenomenico del moto diventa impossibile.

Per questo motivo ho mutato l'impostazione del quesito, ed ho provato ad analizzare il movimento di « discesa naturale » lungo i piani inclinati. L'interrogativo posto più sopra a proposito della caduta dei gravi, così, va trasformato in quest'altro: che requisiti deve possedere lo spostamento di un oggetto che scende per un piano inclinato, affinché esso venga vissuto come uno scivolamento « naturale », né troppo rapido (come se fosse dovuto a una spinta) né troppo lento (cioè senza un visibile attrito) in nessun punto del suo percorso?

Ho realizzato le prime esperienze facendo scendere lungo un piano inclinato, ben visibile su di uno schermo, un piccolo quadrato di quattro millimetri di lato. L'osservatore, in questo caso, doveva « criticare » il movimento di discesa, dicendo se in qualche punto esso appariva troppo rapido o troppo lento, lanciato o frenato; ed eventualmente indicare i tratti del percorso dove l'andamento del mobile non era soddisfacente.

Detto così, anche questo compito può apparire senza senso. Tuttavia non c'è persona che non mostri d'averlo capito bene, in presenza del fatto. L'oggetto in discesa può effettivamente essere visto come lanciato, oppure frenato; o quanto meno, l'univocità delle risposte che ho avuto garantisce della facilità di effettuare la « critica » del movimento.

a) Prendiamo il caso in cui il mobile scende lungo il piano con moto uniforme (il percorso è di trenta centimetri, l'inclinazione di quarantacinque gradi): se la sua velocità è di pochi centimetri per secondo tutto il moto è veduto come frenato. Ciò che si vede non è soltanto il movimento « lento », ma proprio l'attrito tra il piano e il mobile.

Se la velocità di discesa è più alta, allora il mobile appare « lanciato » durante tutto il percorso; e anche questo tipo di movimento non è fenomenicamente una « discesa ».

Se i trenta centimetri di strada sono percorsi dal mobile nel tempo di un secondo più o meno qualche decimo, allora un tratto del percorso è vissuto come discesa « naturale » e senza attriti. Questo tratto comprende press'a poco gli ultimi due terzi del piano. Il primo terzo però è troppo rapido per poter essere una « discesa »: il fatto che il mobile già in partenza abbia la velocità da cui sarà animato per il resto della strada, fa vivere il primo segmento del movimento come uno scatto; cioè come un movimento « non naturale ».

b) Prendiamo adesso un altro caso: il mobile discende lungo il piano con moto uniformemente accelerato, come appunto un mobile senza attriti deve scendere in natura.

In questo caso, come nel precedente, ci sono dei limiti oltre i quali tutto l'evento della discesa appare o troppo lento o troppo rapido. Quando però la durata complessiva della discesa si aggira intorno al minuto secondo, un segmento del movimento è veduto come « naturale », ossia come uno scivolamento senza attriti per il piano. Questo tratto di discesa buona è il primo, compreso tra il momento della quiete e il primo terzo del percorso, grosso modo.

Da quel momento in avanti, però, il movimento di discesa è troppo rapido ed il mobile appare « lanciato ».

Da queste due constatazioni, a) e b), è facile ricavare che — con ogni probabilità — la discesa fenomenologica « naturale » lungo un piano inclinato è realizzabile con un tipo di movimento che sia la combinazione dei due ora analizzati.

Ho infatti provato alcune combinazioni di questi due movimenti, leggermente diverse tra loro. Gli osservatori (nove su dieci) sono concordi nel riconoscere un movimento di buona discesa quando il mobile subisce all'inizio una accelerazione (dalla quiete fino a raggiungere una certa velocità) e poi prosegue con moto uniforme (21).

8. - I risultati di questa esperienza parlano della forma che deve avere il moto di un oggetto nella discesa lungo un piano inclinato, affinché tale moto sia veduto come uno scivolamento « naturale », senza attriti né momenti di slancio.

Ma evidentemente esistono altre variabili alle quali questo particolare percettivo è legato.

Proviamo, per esempio, a modificare l'inclinazione del piano dopo aver trovato l'andamento « naturale » per una pendenza di 45°: se l'intero evento della discesa doveva svolgersi in n centesimi di secondo, diminuendo l'inclinazione del piano a 22° lo slittamento apparirà immediatamente troppo rapido; possiamo allora modificare la situazione in modo da riottenere una discesa « naturale »: in questo caso l'evento complessivo dovrà durare m centesimi di secondo, dove mn. L'inclinazione del piano è dunque una condizione decisiva per la realizzazione del fenomeno che stiamo discutendo.

Un'altra condizione — importante soprattutto per le considerazioni che svolgeremo più avanti — è data dalla grandezza del mobile. Infatti,

tanto più grande è il mobile e tanto più breve deve essere l'evento complessivo della discesa perchè questa appaia « naturale » (22).

Ho verificato l'esistenza di questa relazione con diversi metodi. Esporrò qui il più semplice di essi, che oltre tutto mi sembra anche il più evidente.

L'osservatore, correggendo successivamente l'andamento del moto di discesa, determinava in un primo momento quello che gli appariva come « naturale » per una data inclinazione (poniamo di 45°) e per una data grandezza dell'oggetto in moto (poniamo 4 mm.). Egli aveva la possibilità di provare e riprovare, variando le durate complessive dell'evento, fino a trovare la migliore tra tutte. A questo punto — pari restando tutte le altre condizioni di presentazione — il mobile di quattro millimetri di lato era sostituito da uno che aveva il lato di sedici centimetri. Questo cambiamento rendeva la situazione insoddisfacente: e cioè la discesa di questo mobile appariva non « naturale », ma lenta. Se

la discesa 'naturale' per l'oggetto piccolo doveva svolgersi in n centesimi di secondo, questo lasso di tempo deve ora essere portato a m centesimi di secondo, se si vuole che la discesa sia nuovamente veduta come 'naturale'. In questo caso, è valido il rapporto mn .

Risultati analoghi si ottengono eseguendo — con uno stesso osservatore — due rilievi separatamente: il primo con il mobile di una certa grandezza, l'altro con il mobile di grandezza diversa. Anche l'esperienza sull'ampiezza di oscillazione dei pendoli può essere rifatta eseguendo separatamente due rilievi con uno stesso osservatore, senza che i risultati mutino.

Se procediamo così, però, l'azione delle variabili esaminate emerge da un confronto tra due giudizi formulati indipendentemente l'uno dall'altro, e viene ad essere in definitiva il risultato di un'inferenza statistica. Uno scettico a oltranza può, se vuole, credere che essa non ci sia. Ma, procedendo nel modo scritto più sopra, l'azione della variabile si vede, non si infere: agendo su di essa il movimento veduto cessa di essere 'naturale', e occorre una correzione nuova perchè lo ridiventi.

E' appunto questo che — normalmente — si vuole appurare per mezzo delle analisi fenomenologiche: cioè che una differenza, o una identità, o una qualsivoglia modificazione venga semplicemente constatata; appaia cioè come una particolarità strutturale dell'esperienza diretta.

9. - (α) Il mio esperimento sull'ampiezza di oscillazione dei pendoli conduceva, come s'è visto, alla seguente constatazione: quando l'ampiezza di oscillazione viene aumentata, l'andamento fenomenicamente 'naturale' di un pendolo si ha in corrispondenza di frequenze più basse.

E' abbastanza facile vedere la parentela che questo enunciato ha con le obiezioni mosse a Galileo da qualche fisico suo contemporaneo. Nell'epistolario di Galileo, ad esempio, c'è una lettera scritta nel novembre del 1602 a Guidobaldo dal Monte, aristotelico non di stretta osservanza, come si può ricavare dalle sue ricerche sulle traiettorie dei gravi («*Mechanicorum Libri*» - 1577: «*Meditationum Guidi Ubaldi et marchionibus Montis S. Mariae de rebus mathematicis*» - s. d.). Da questa lettera risulta che Guidobaldo aveva accolto con molta perplessità la legge galileiana detta dell'«isocronismo» del moto pendolare. Galileo insiste «in voler persuaderle vera la posizione dei moti fatti in tempi uguali», e aggiunge: «essendomi parsa sempre mirabile, ora viepiù mi pare, che da S. V. Ill.ma vien reputata come impossibile». Altri devono poi aver sollevato obiezioni dello stesso genere, dal momento che nei *Discorsi* (Prima Giornata) questo facile pregiudizio è ampiamente sottolineato, ed in certo modo giustificato o almeno considerato con indulgenza, dato che viene messo in bocca a Sagredo e non a Simplicio. Racconta Sagredo di aver visto qualche volta «lampade pendenti in alcune chiese da lunghissime corde». «Ma che io fossi per apprendere — egli commenta — che quel mobile medesimo appeso a una corda di cento braccia di lunghezza, slontanato dall'imo punto una volta novanta gradi, ed un'altra un grado solo, o mezzo, tanto spendesse in passar questo minimo, quanto in passar quel massimo arco, certo non credo che mai l'avrei incontrato, e ancora mi par che tenga dell'impossibile».

β) Il secondo esperimento, esposto nel paragrafo 7, dimostrava che una discesa 'naturale' lungo un piano inclinato è veduta quando il mobile subisce una accelerazione (dalla quiete fino a raggiungere una certa velocità) e poi prosegue con moto

uniforme. Le mie osservazioni riguardano la discesa di un mobile su un percorso di trenta centimetri; inoltre, non ho potuto — per le ragioni dette — eseguire sperimentazioni direttamente sulla caduta verticale. Pur con queste limitazioni, è abbastanza evidente l'analogia che collega i risultati dell'esperimento con la concezione pregaleiana della caduta libera.

E' vero che già il commentatore *Simplicio* (23) aveva corretto la teoria aristotelica della caduta tenendo in considerazione l'accelerazione necessaria per portare un corpo dalla quiete alla velocità «naturale» della sua caduta, ed è anche vero che la funzione scoperta da Galileo era stata intravvista da altri fisici — tanto che Alberto di Sassonia poté scrivere «*secundum quod ipsum corpus naturale movetur diutius et diutius, secundum hoc sibi acquiritur major et major impetus, et secundum hoc movetur velocius et velocius*». Ma è altrettanto vero che Galileo si trovò nella necessità di combattere contro la concezione aristotelica della caduta dei gravi secondo il moto uniforme. Difatti il Simplicio di Galileo, nel *Dialogo dei Massimi Sistemi* insiste nel dire: «non si può dubitare, che l'istesso mobile nell'istesso mezzo abbia una statuita, e da natura determinata velocità, la quale non se gli possa accrescere se non con nuovo impeto conferitogli, o diminuirgliela, salvo che con qualche impedimento che lo ritardi».

γ) Il terzo esperimento, riferito nel paragrafo precedente, mette in luce la relazione esistente, da un punto di vista fenomenologico, tra la durata di una discesa 'naturale' lungo una pendenza e la grandezza del mobile: più grande è il mobile e più breve dev'essere questa durata.

Anche questo risultato può essere facilmente messo in relazione con un noto pregiudizio della dinamica aristotelica, o almeno pregaleiana. Vera o leggendaria che sia la storia delle due palle di cannone fatte cadere dalla torre di Pisa da Galileo, sta di fatto che Simplicio — nella stessa pagina del luogo citato, più sopra — sostiene come giusta «la proposizione di Aristotele, che le velocità dei gravi descendentis ritengano tra loro la proporzione medesima che la gravità di essi»; specificando inoltre che deve trattarsi di corpi «differenti in peso, non per diversità di materia ma solamente per la differente grandezza».

10. - Del resto, lo stesso fattore che costituisce il criterio delle scelte fatte dagli osservatori nel corso dei tre esperimenti, cioè il 'movimento naturale', trova riscontro in uno dei principali concetti della fisica peripatetica: la distinzione tra moti 'naturali' e moti 'violenti'.

Nel mondo della fisica questa distinzione non ha alcuna base plausibile, come è ovvio, e come Galileo ha ampiamente e ripetutamente dimostrato ai suoi contemporanei. Nel mondo delle nostre esperienze dirette, viceversa, i movimenti sono in molti casi 'naturali', come possono essere violenti o altrimenti espressivi. La distinzione che noi possiamo tracciare sul piano fenomenologico sicuramente non collima punto per punto con la teoria aristotelica dei moti locali. In quest'ultimo caso la distinzione sorge anche da necessità di coerenza sistematica, giustificabili tenendo presente l'economia complessiva della Weltanschauung aristotelica, e in particolare i fondamenti filosofici della meccanica terrestre e celeste.

Ma la tenacia di questo errore attraverso duemila anni di

storia della scienza diventa più comprensibile se si suppone che il dividere così i movimenti sia molto spontaneo, appunto perché rispecchia il nostro modo di vedere il moto nella realtà esterna.

Le cautele che devono accompagnare un'affermazione come questa sono molte: non è possibile dire, per esempio, che le strutture della realtà immediatamente percepita condizionano in modo rigido il nostro modo di pensare il mondo in termini di rapporti obiettivi. Le prime teorie scientifiche apparse nella storia dell'umanità dovrebbero allora essere altrettante fedeli descrizioni dell'esperienza fenomenica, mentre in effetti non lo sono.

Ma è abbastanza importante sapere che, d'altra parte, non è possibile fare l'affermazione contraria: dire cioè che le concezioni scientifiche si sono sviluppate solo nella forma di sistemi logici, interferenti tra loro sul piano storico ma non influenzati dal modo con cui la realtà si presenta — spontaneamente e prima di ogni critica — davanti a noi. I casi che ho citati costituiscono già qualche punto d'appoggio per questa tesi, e non è improbabile che, cercando attentamente, se ne trovino altri.

In linea teorica, del resto, la cosa è stata più volte detta, sia pure con sfumature diverse corrispondenti a diverse intenzioni teoretiche. Per quanto riguarda la fisica d'Aristotele, a proposito appunto dei moti locali, Geymonat (24) ha parlato di un « vero e proprio coraggio metodologico dimostrato da Galileo, nel comporre due moti di tipo pressoché antitetico, quale il moto 'naturale' della caduta dei gravi e quello 'violento' dovuto allo scoppio delle polveri di cannone: la fisica aristotelica non avrebbe mai permesso di unire, nella trattazione scientifica, due concetti tanto diversi ». Diversi, sarei portato ad aggiungere, perché in parte rispondono ad esperienze visive « di tipo pressoché antitetico ».

Intorno a questa corrispondenza tra i fatti intesi come dati immediati e i fatti intesi come oggetto delle generalizzazioni scientifiche Cassirer (25) ha svolto considerazioni analoghe, e molto penetranti: da parte dei fisici aristotelici « si accusa continuamente Galileo di trascurare il caso singolo nella sua distinzione e determinatezza, sforzandosi di comprendere la natura sotto leggi e principi generali. La forza e la caratteristica del particolare vengono disconosciute, se si vuol costringere, come lui, in un'unica formula tutti i casi possibili del movimento dei corpi, dal volo degli uccelli al nuoto dei pesci, e alla propulsione dei corpi 'semplici' e dei corpi 'composti'. La caratteristica dell'indagine fisica (*degli aristotelici*) è che essa non può prescindere da queste differenze e rimane continuamente legata a causa della sua prima impostazione del problema. Il vero compito dell'induzione fisica, insistono ora gli avversari (*di Galileo*), consiste nella raccolta fedele e nell'analisi del particolare: non lo si può adempiere risolvendo la natura — invece di seguirla in tutte le sue particolarità — in un sistema di astrazioni e di rapporti matematici ».

La discussione — come si capisce bene — è di estrema importanza. Tanto più essa si presenta complessa, in quanto è difficile vedere come sia possibile utilizzare i dati di esperienze « attuali » per definizione (come vedere qualche evento o rilevare direttamente un rapporto) al fine di interpretare tesi sorte su esperienze che noi, qui e oggi, possiamo solo postulare; si può

facilmente ammettere che gli antichi abbiano visto il mondo in qualche modo, ma è rischioso avanzare la pretesa di dire *in che modo* questo è avvenuto. Io ritengo che il problema possa essere affrontato senza introdurre nei nostri ragionamenti gli imbarazzi che discendono dall'uso del principio di analogia; non è però questo il posto adatto per svolgere una simile discussione.

Mi limiterò solo a riferire, in ordine agli argomenti svolti più sopra, un'osservazione fatta da Galileo. Nei « Discorsi intorno a Due Nuove Scienze » egli allude, non senza qualche meraviglia, al legame che si scorge negli scritti aristotelici tra l'esperimentare e il vedere i fenomeni del movimento. Quando Salviati — che nei dialoghi rappresenta Galileo stesso — osserva: « io grandemente dubito che Aristotele non sperimentasse quanto sia vero che due pietre una più grave dell'altra dieci volte, lasciate nel medesimo istante cader da un'altezza, verbigrazia di cento braccia, fusser talmente differenti nelle loro velocità, che all'arrivo della maggior in terra l'altra si trovasse non avere nè ancora sceso dieci braccia », Simplicio risponde: « Si vede pure dalle sue parole che ei mostra di averlo sperimentato, perchè ei dice: Vediamo il più grave ecc.; or quel vedersi accenna l'averne fatta l'esperienza » (26).

PAOLO BOZZI

(24) L. Geymonat - *Galileo Galilei* - Torino 1957, pag. 310.

(25) E. Cassirer - *Storia della Filosofia Moderna* - trad. it. di Pasquinelli, Torino 1954, pagg. 425-426.

(26) G. Galilei - *Opere* - Milano, 1882; pag. 121 del vol. 1.