ANTONETTA COPPOLA, ANTONINO DRAGO (*)

Galilei ha inventato il principio di inerzia? Proposta di una nuova interpretazione della sua opera

1. Lo studio secondo la matematica costruttiva della evoluzione (da Newton in poi) dei principi della meccanica ha riscoperto e chiarito le due tradizioni, idealista ed empirista, della storia della meccanica (1). In particolare, nella seconda tradizione ha posto al primo posto la meccanica di Carnot (2), la quale appare avere come precedente storico soprattutto la meccanica di Galilei. Ciò fa ipotizzare che per la matematica costruttiva la meccanica di Galilei sia il caso più interessante dopo quella di L. Carnot.

Più in generale, l'introduzione della matematica costruttiva nella fisica ha gettato una luce nuova sulle teorie fisiche e sulla loro evoluzione (3). Come risultato si può affermare che una teoria fisica compie due scelte fondamentali: quella del tipo di matematica (basata sull'infinito in atto oppure sull'infinito potenziale) e quella del tipo di organizzazione del sistema teorico (se aristotelico-euclideo o strumentale-problematico).

È interessante chiedersi se e come la meccanica di Galilei, pur essendo solamente l'inizio di una teoria, possa essere interpretata dall'intreccio di questi due problemi, che riassumono quanto di più fondamentale compie una teoria fisica nel suo costituirsi; il che offre una nuova chiave di lettura dell'opera scientifica di Galilei, la quale, a tuttoggi, è estremamente controversa (4). Il principio d'inerzia partecipa ad ambedue i problemi perché è il primo principio della teoria usuale

---

(*) A. Coppola, A. Drago, Istituto di Fisica Teorica, Università di Napoli.

(1) A. Coppola, A. Drago, « L'evoluzione dei principi della dinamica alla luce della matematica costruttiva », *Atti IV Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Como 1983, 122-127. Le due tradizioni sono da riportare a quelle chiamate « classica » e « ingegneristica » da T. M. Brown, « Resource Letter EEC-1 on the Evolution of Energy Concepts from Galilei to Helmholtz », *Am. J. Phys.*, *33*, 1965, 759-765.

(2) G. D'Avino, A. Drago, « La meccanica di L. Carnot interpretata mediante l'analisi costruttiva », *Atti IV Congresso...*, *cit.*, 128-133. Si veda anche A. Drago, « Classical Mechanics Formulations and Constructive Mathematics », inviato a *Arch. Math. Logik. Grundl.*

(3) A. Drago, C. Mornello, « Perché l'ordine logico dei principi della termodinamica inverte l'ordine storico delle scoperte? », *Atti IV Congresso...*, *cit.*, 113-121.

(4) Ad es. E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, Oxford University Press, 1961, dice: « The whole history of science perhaps cannot point to a single figure about whom opinions differ so widely as about Galileo » perché c'è « the question of what precisely his contribution was and wherein his greatness essentially lay ». Si vedano i giudizi dello stesso tenore da parte di M. Finocchiaro, *Galileo and the Art of Reasoning*, Reidel, 1981, 158-159, e di E. McMullin, « The Conception of Science in Galileo's Work », in R. E. Butts, J. C. Pitt (*eds.*), *New Perspectives on Galileo*, Reidel, 1978, 211.

e perché coinvolge una concezione dell'infinito; esso costituirà il banco di prova per questa nuova chiave di lettura dell'opera scientifica di Galilei (5).

Di fatto, il lavoro seguente, indipendentemente dai risultati ottenuti in matematica costruttiva, può essere visto come un avanzamento di una precedente, consolidata tradizione di storiografia della fisica: cioè di quella storiografia della fisica che intende per fisica non solo i suoi concetti e le sue leggi sperimentali, ma anche altri notevoli fatti storici che appaiono costitutivi della teoria fisica. Già da vari decenni Burtt (6) e Husserl (7) hanno sottolineeto la rilevanza per la storia della scienza della « matematizzazione »; recentemente si è dedicata molta attenzione al rapporto fisica–matematica (8). Inoltre Beth e Clavelin (9) hanno sottolineato che apparentemente tutta la teoria scientifica si è conformata al modello dato da Aristotele e sanzionato da Euclide, con la geometria antica; tuttavia, secondo Beth, occorrerebbe uscire da questo modello (10). Koyré, sin dal suo primo studio di storia della fisica (proprio su Galilei)(11), ha basato la nascita della fisica moderna su due idee–guida (« la dissoluzione del cosmo finito » e « la geometrizzazione dello spazio ») che possono essere viste come le prime intuizioni delle categorie qui considerate (12).

Il programma di lavoro indicato sopra è molto ampio: qui si cercherà una prima verifica, che comunque utilizzerà tutta la letteratura secondaria sull'argomento.

2. Che l'organizzazione della teoria scientifica fu un problema centrale dell'opera di Galilei può essere sostenuto con quattro fatti molto importanti. Il primo è che Galilei conosceva bene gli *Analytica Posteriora*, dove Aristotele ha teorizzato il suo tipo di organizzazione della teoria scientifica; infatti da giovane ne aveva scritto un commento dettagliato (*Disputationes de Praecognitione et Demonstratione*) (13). Ciò permette di ipotizzare che Galilei, benché successivamente non li abbia più menzionati, abbia sempre tenuto presente quest'opera e il relativo problema; e che anzi essi gli abbiano suggerito l'obiettivo più ambizioso della sua opera scientifica: introdurre una nuova organizzazione della teoria scientifica.

---

(5) Lo è anche perché molti (ad es. Mach) ritengono che la nascita della scienza moderna coincida con l'invenzione di questo principio. Qui, nel titolo e nel seguito, usiamo intenzionalmente la parola « inventare » e non « scoprire » perché a) quale parola debba essere adottata per i principi fisici è una questione filosofica; b) dal punto di vista del II principio della termodinamica il principio di inerzia newtoniano, richiedendo un moto perpetuo, è impossibile nella realtà fisica.

(6) E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, New York, 1926.

(7) E. Husserl, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, Il Saggiatore, 1961.

(8) Si veda anche, ad es. W. R. Shea (*ed.*), *Nature Mathematized*, Reidel, 1983.

(9) E. W. Beth, « Foundamental Features of Contemporary Theory of Science », *Brit. J. Phil. Sci.*, *1*, 1950, 291–302; M. Clavelin, *La philosophie naturelle de Galilée*, Colin, 1968, 393–396.

(10) E. W. Beth, *Foundations of Mathematics*, Harper, 1966, par. I, 2.

(11) A. Koyré, *Studi galileiani*, Einaudi, 1976.

(12) A. Drago, « Storia delle teorie fisiche secondo le loro due scelte fondamentali: la matematica e l'organizzazione della teoria », questo volume.

(13) L'opera non è inclusa nell'Edizione Nazionale delle Opere di Galilei ed è discussa da A. C. Crombie, « Sources of Galileo's Early Natural Philosophy », in M. L. Righini Bonelli, W. R. Shea (*eds.*), *Reason, Experiment and Mysticism*, New York, 1975, 157–175.

Il che è il massimo problema scientifico che egli poteva affrontare, posto al confine con la filosofia. Di fatto molti vedono Galilei come « filosofo » (14), benché Galilei non si sia mai impegnato nella filosofia classica e anche nelle sue opere scientifiche non sollevi mai problemi filosofici classici. E se Galilei avesse voluto evidenziare solo i risultati degli esperimenti, non si sarebbe proposto di scrivere delle opere così ampie e dialettiche come quelle della maturità. Per questo Koyré dice che « Galilei lo vede meglio di chiunque, questa nuova fisica dev'essere *toto coelo* differente dall'antica [...] bisogna demolire, dell'antica, le basi stesse, i fondamenti *filosofici* che la sostengono; quanto alla nuova [...] Galilei capisce bene che per costruirla gli è necessario [...] dare [...] nuovi fondamenti, [...] ancorarla [...] a una *filosofia* » (15).

In effetti, considerando le sue opere complessivamente (e questo è il secondo fatto), vediamo che egli si distaccò dalla maniera aristotelica di organizzare una teoria scientifica. Per Aristotele le proposizioni scientifiche erano evidenti perché discendevano da assiomi evidenti, in quanto intuitivi o metafisici. Ciò venne negato da Galilei, il quale richiese che le affermazioni della teoria ottenessero il supporto delle esperienze, anche strumentali (16).

Questo contrasto fu all'origine di una rivoluzione culturale e scientifica (e la sua polemica con l'aristotelismo ne ebbe il clamore). Ma, guardando tutta la sua opera, egli, di fatto, non arrivò a definire l'organizzazione alternativa a quella aristotelica, né quella che oggi chiamiamo problematica, né un'altra. La spiegazione di ciò è semplice: egli non ebbe la possibilità di formulare una teoria fisica completa perché, quanto meno, gli mancò la matematica che poi risultò decisiva: il calcolo differenziale.

Quindi è ipotizzabile che egli abbia inteso cambiare l'intera concezione della scienza ma cercando di scoprirla passo passo, procedendo « dal basso », accumulando quanta più teoria gli fosse possibile, attraverso una moltitudine di problemi, teorici e tecnici. Il che lo impegnò in quel suo caratteristico lavoro di ricerca, inventiva, estro, dialogo, critica, tale che in lui trovare e speculare fu un tutt'uno (17). E poi pubblicò su temi generali solo quando arrivò a maturare un ampio insieme di risultati, attorno a temi scientifici di grande respiro che lo potessero avvicinare al problema dell'organizzazione della teoria scientifica.

---

(14) Ad es. F. Enriques, *Introduzione a: G. Galilei, Dialoghi*, Sandron, 1945, 9, o L. Geymonat, *Galileo Galilei*, Einaudi, 1963, 252, o soprattutto A. Koyré, *Studi...*, *cit.*, 215: « il sottile miscuglio, nell'opera galileana, di ' scienza ' e di ' filosofia ' ».

(15) A. Koyré, *Studi...*, *cit.*, 215. Si veda l'analogo giudizio di A. Banfi, in G. Galilei, *Antologia*, La Nuova Italia, 1940, 32: « [...] la nuova scienza non poteva contare su un sistema definito di principi, ma doveva, per così dire, costruirseli in un paziente e complesso processo metodico di risoluzione dell'esperienza ».

(16) È celebre la polemica tra Galilei e gli aristotelici sulle immagini date dal cannocchiale. D'altra parte è vero che Galilei non nega tutta l'organizzazione data da Aristotele. Forse anche per questo E. Garin, « Aristotelismo e Platonicismo nel Rinascimento », *La Rinascita*, 2, 1939, 641-671, può affermare che « aristotelica rimaneva, almeno per buona parte, l'indagine scientifica, l'ossatura del sapere ».

(17) A. Banfi, « Introduzione » a G. Galilei, *Antologia*, *cit.*, 32, sottolinea molto bene questo aspetto.

Però bisogna anche notare che per quel che riguarda i principi della teoria matematica, cioè della geometria (l'unica teoria scientifica del suo tempo), Galilei si adeguò per tutta la vita al modello aristotelico della teoria scientifica, che nella geometria euclidea aveva trovato la sua grande conferma. Per lui i principi della geometria avevano il significato metafisico che gli assegnava l'organizzione aristotelica. (Anzi, egli considerò evidente tutta la geometria « il libro dell'Universo [...] è scritto in triangoli, cerchi, e altre figure geometriche ») a tal punto che ne fece il linguaggio comune tra Dio e gli uomini per comprendere la realtà. Ciò lo accomuna alla filosofia di Platone (18), tradizionalmente la rivale di quella di Aristotele. È ipotizzabile che Galilei, volendo staccarsi da Aristotele, abbia seguito tentativamente Platone per quel che riguarda la teoria matematica. E, di fatto, Galilei seguì sin dalle opere giovanile il programma di matematizzare la natura, cosa che Platone sostenne, mentre Aristotele negò; e questo era « il principale argomento di contrasto tra Aristotele e Platone » (19).

In definitiva, dal punto di vista della sola scienza, Galilei presenta un'ambiguità perché ha due diversi atteggiamenti verso la organizzazione, rispettivamente, della teoria fisica e della teoria matematica (20): ne dovremo tenere conto nel seguito.

D'altra parte (qui vediamo il terzo fatto) nella letteratura secondaria c'è un solo studio sulla concezione della scienza in Galilei, quello di Mc Mullin (21).

Secondo lui Galilei introdusse un'alternativa all'aristotelismo con una teoria scientifica spiegata non per cause. Questa concezione della scienza è meno che la organizzazione della scienza fondata su un problema centrale, ma quantomeno ne è una approssimazione valida. La conclusione di Mc Mullin è che ci sono « due diversissime concezioni della scienza che animano l'opera di Galilei. [...] Per cui possiamo acclamare Galilei (assieme a Descartes) come il pioniere nello sviluppo di una nuova concezione della scienza che sostituisce alla fine la più vecchia scienza, quella dimostrativa », ma tutto restò indeciso (22).

Passiamo ora al quarto fatto. Già nel 1610 (lettera a B. Vinta del 6/5) Galilei aveva raggiunto gran parte dei risultati che troveremo esposti nelle opere successive, e dice che vuole dedicarsi soprattutto a due opere che, grosso modo, corrispondono alle ultime due opere. Allora è ragionevole vedere queste opere come l'espressione di una sua politica scientifica, maturata in 20 anni di ulte-

---

(18) In questo Galilei è decisamente platonico; più precisamente, come dice Koyré, il suo platonismo è « un matematismo e niente più » (A. Koyré, *Studi...*, *cit.*, 217, n. 29).

(19) A. Koyré, « Galileo e Platone », in P. P. Wiener, A. Noland (eds), *Le radici del pensiero scientifico*, Feltrinelli, 1971, 175. Si noti anche che le grandi opere della maturità sono scritte in forma di dialogo, proprio come scriveva Platone; il che è molto significativo; lo sostengono A. Koyré, *Studi...*, *cit.*, 218 e H. Stein, in *Brit. J. Phil. Sci.*, 25, 1974, 375–397.

(20) Questa ambiguità forse può essere approfondita seguendo la « intuizione » di A. Koyré, *La rivoluzione...*, *cit.*, 176, 3° periodo, che dà un legame, in Platone, tra matematizzazione e « struttura della scienza ». Che l'ambiguità è nell'opera stessa di Galilei è sottolineato anche da E. McMullin, « The Conception... », *cit.*, 211.

(21) E. McMullin, « The Conception... », *cit.*, 209–257.

(22) *Ibidem*, 251–252.

riore riflessione, relativamente a due problemi scientifici (23) che nel seguito andremo a individuare.

La prima di queste opere è il *Dialogo* (1632). Il suo obiettivo esplicito fu di proporre una nuova cosmologia, il massimo problema che egli aveva ricavato dalla sua vasta indagine scientifica. Qui c'era il massimo numero di problemi scientifici risolti, o di leggi accumulate da secoli; il problema, al tempo di Galilei, era proprio quello di come organizzarli; l'ipotesi copernicana sembrava la porta d'ingresso per la nuova teoria scientifica.

Allora il tentativo di Galilei fu di dimostrare non tanto quella che per noi oggi è solo una parte dell'astronomia, ma l'intera concezione dell'organizzazione del mondo e dell'uomo rispetto ad esso (24); e, attraverso questa (nella caratteristica maniera di procedere di Galilei, dai fatti alla filosofia) ottenere una nuova organizzazione della teoria scientifica. Difatti sappiamo che il programma originario era molto più ampio di quello che, alla fine, decise di esprimere col *Dialogo* (25).

Si noti per di più che tradizionalmente la cosmologia era una teoria organizzata problematicamente, (quale è l'origine e la organizzazione del mondo?) cioè all'opposto dell'organizzazione aristotelica della teoria scientifica.

Allora si può ipotizzare che col copernicanesimo egli sperò di fondare la scienza proprio secondo la organizzazione problematica della teoria scientifica. Ma l'Inquisizione stroncò il copernicanesimo e dopo, neanche Galilei si sentì sicuro di questa ipotesi sull'organizzazione del sistema solare. Successivamente Newton confermò l'organizzazione aristotelica, che sembrò l'unica possibile. Allora gli storici ridussero l'impostazione problematica di Galilei per la teoria scientifica, alla sola impostazione problematica filosofica della metodologia del ricercatore (quale sia il metodo della scoperta scientifica, se positivista, sperimentale o idealista).

3. In realtà, Galilei conosceva troppa poca teoria, cioè solo qualche legge fisica importante. Egli si rese conto che nella « nuova scienza » del « moto locale » (26) potrebbe ottenere molte leggi se padroneggiasse la matematica

---

(23) M. Clavelin, *La philosophie...*, *cit.*, 499: « Deux projets ont dominé toute la carrière scientifique de Galilée: la justification du copernicanisme d'une part, la construction d'une mathématique du mouvement des graves d'autre part ». Non è difficile riconoscere un legame molto stretto tra questi due obiettivi e quelli che verranno precisati tra poco.

(24) È da sottolineare la frase di Galilei (*Dialogo*, p. 45): « Convengo seco ed ammetto che il mondo [...] sia necessariamente ordinatissimo, cioè di parti con sommo e perfettissimo ordine tra di loro disposte ». M. Clavelin, *La philosophie...*, *cit.*, 500, dice che questa è in effetti la *prima premessa* del copernicanesimo di Galilei. Koyré sostiene che quel libro « in realtà non è un libro di astronomia e neppure di fisica. È [...] in particolare un'opera filosofica » (A. Koyré, *Studi...*, *cit.*, 215 e anche 217). Ed E. Garin dice che Galilei « ha [caricato] l'opera di una portata speculativa che andava ben al di là del semplice sovvertimento di un'ipotesi astronomica » (« Galilei pensatore », *De Homine*, *15-17*, 1965, 4). Cfr. anche H. Sveni, *cit.*, 376.

(25) Il titolo originario e l'idea che ne aveva Galilei erano ben più ambiziosi: « *De systemate sive Constitutione Universi*, concetto immenso et pieno di filosofia » (lett. a B. Vinta del 7/5/1610).

(26) Lettera a B. Vinta del 7/5/1610.

nella fisica (ricordiamo che Galilei fu il primo a introdurre la matematica in fisica e ne discusse anche nel *Dialogo*): è il secondo suo grande progetto, quello del libro dei *Discorsi* (1638), che all'origine era stato progettato come *De Motu*, la nuova teoria del movimento terrestre. In realtà, anche qui noi troviamo un problema teorico centrale: come introdurre l'infinito in fisica (27). E Galilei capisce bene (e lo si sapeva almeno dal tempo di Aristotele) che bisogna distinguere tra due diversi concetti di infinito. E questo è il problema della scelta della matematica, che è il secondo problema con il quale ci siamo proposti di indagare l'opera di Galilei. Notiamo che nei *Discorsi* Galilei dichiara questa scelta senza mediarla con altri problemi intellettuali o scientifici, e la pone bene in vista (anche se non la saprà decidere). Infatti, in questo caso, egli può esprimerla e discuterla senza pericolo di sconfinare nella pura filosofia (e teologia), ma usando solo la matematica, cioè restando dentro un ambito nettamente scientifico.

Quale scelta compie Galilei? Considerando le sue opere complessivamente, non si può sostenere che egli sia totalmente fuori dall'infinito in atto perché dà ai postulati della geometria un'evidenza metafisica. D'altra parte in fisica egli considera la materia formata da atomi con una loro data dimensione fisica. Ritroviamo anche qui un'ambiguità.

Tornando ai *Discorsi*, Galilei cerca di sviscerare il problema anche al costo di condurre il lettore in un « labirinto » e di « ingolfarlo », perché le difficoltà « sono senza proporzioni col nostro intendimento ». Qui occorrerebbe un'analisi dei testi lunga e molto delicata. Senza affrontarla, esaminiamo solo la letteratura secondaria (28).

C'è anche chi sostiene, come Geymonat (29), che Galilei fa un « uso operativo » (cioè senza l'infinito in atto?) della matematica. E Settle (30) sostiene che in Galilei c'è anche la concezione di infiniti quanti indefiniti, il che corrisponde alla concezione costruttiva del continuo. Comunque l'analisi più accurata e più autorevole appare quella di Galluzzi.

Le pagine dedicate alla composizione del continuo non sono né facili né chiare. Questo spiega alcune diverse « letture » che ne sono state date. In sostanza Galilei ha fermato due diverse proposizioni, che non sempre sono state opportunamente distinte: il continuo terminato è composto da infiniti indivisibili non quanti; il continuo può essere diviso in un numero a piacere (indeterminato, ma non infinito) di parti quante.

---

(27) E. Husserl, *La crisi...*, *cit.*, ha dato per primo una approfondita interpretazione filosofica di come la problematica di un mondo concepito come infinito (e matematico) porti in Galilei alla scienza moderna e alla sua successiva evoluzione, fatta di grandi successi e della sua decadenza. Ma si veda anche A. Koyré in tutte le sue opere sulla scienza moderna, e A. Banfi, *cit.*, 9-44.

(28) Abbiamo notato che vari autori cadono in errore sui temi dell'infinito. Si veda ad esempio il pur autorevole A. Koyré, *Études d'histoire de la pensée philosophique*, Gallimard, 30-33.

(29) L. Geymonat, *Galileo...*, *cit.*, 211-243.

(30) T. Settle, citato in P. Galluzzi, *Momento. Studi galileiani*, Ed. Ateneo e Bizzarri, 1979, n. 71.

La conclusione di Galluzzi è che Galilei non si sentiva sicuro di decidere per una particolare scelta, e

preferì ribadire che tra infiniti non si possono stabilire confronti [...] In questo modo con qualche incertezza, qualche abile occultamento e, soprattutto, separando la fondazione teorica dall'uso dei principi affermati nel *De motu locali*, riuscì a presentare in qualche modo come plausibili e giustificati i procedimenti dimostrativi e la raffigurazione con grandezze geometriche della velocità, con i suoi momenti infiniti, del tempo e dello spazio, infinitamente divisibili (31).

4. Tutti gli storici sono concordi nell'affermare che il massimo risultato scientifico a cui Galilei avrebbe potuto arrivare era la formulazione del principio d'inerzia. Ora questo principio, almeno nella versione newtoniana, è conseguenza diretta di come si decidono sia la scelta dell'organizzazione della teoria scientifica (perché questa, se aristotelica, deve cominciare proprio dal principio d'inerzia), sia la scelta della matematica (perché l'inerzia, così come poi fu formulata con precisione da Newton, implica l'infinito in atto nel tempo e nello spazio). Ciò conferma ulteriormente ciò che abbiamo mostrato nei due precedenti paragrafi, e cioè che le due scelte furono centrali per la problematica scientifica di Galilei, e nel principio d'inerzia lo furono congiuntamente.

Allora non ci può essere migliore banco di prova di come e quanto le due scelte abbiano determinato il pensiero di Galilei che il chiedersi se e in che misura Galilei abbia inventato il principio d'inerzia. L'argomento è di attualità perché ancora suscita vivaci polemiche (32). E, inoltre, oggi l'indagine può utilizzare il risultato della matematica costruttiva; questa porta a distinguere come molto differenti due formulazioni storiche del principio, quella di Newton e quella di L. Carnot (33).

Tutti gli storici sono d'accordo sul fatto che il principio d'inerzia in Galilei è almeno implicito (34). Ma molti (Wohlwill, Duhem, Koyré, Shea) sostengono che non ci è arrivato. In realtà, se intendiamo la formulazione newtoniana, allora occorre sottolineare che l'analisi critica vi ha rimarcato una serie di idealizzazioni implicite (35): *a*) spazio assoluto, *b*) tempo assoluto, *c*) corpi puntiformi, *d*) rettilinearità. Ora *a*) e *b*) sono idealizzazioni metafisiche rispetto alle operazioni matematiche e fisiche. Inoltre, *c*) e *d*) nella fisica sperimentale valgono solo come concetti approssimati, cioè potenziali, e non come operazioni ottenute (cioè in atto). È sicuro che Galilei non anticipò queste idealizzazioni newto-

---

(31) *Ibidem*, 352, 362; A. Koyré, *Stud...*, *cit.*, 212-213, riporta varie note a margine di Galilei in questo stesso senso. Si ricordi anche la lettera a Ingoli (Edizione Nazionale, vol. VI, 529): « la questione del finito del mondo è insolubile ».

(32) La più recente è quella suscitata da D. Shapiro, *Galileo. A Philosophical Study*, University of Chicago Press, 1974. Per le risposte, si veda M. Finocchiaro, in *Brit. J. Phil. Sci.*, *26*, 1975, 255.

(33) A. Coppola, A. Drago, « L'evoluzione... », *cit.*, e A. Drago, « Classical... », *cit.*

(34) A. Koyré, che pur non ne riconosce la paternità a Galilei, afferma che « la sua fisica ne era talmente imbevuta che un Ballani [...] ebbe la possibilità, in tutta semplicità, di ricavarla » (A. Koyré, *Stud...*, *cit.*, 161).

(35) N. R. Hanson, « Newton's Law: A Philosopher's Door in Natural Philosophy », in R. G. Colodny (*ed.*), *Beyond the Edge of Certainty*, Prentice-Hall, 1965, 6-23.

niane che implicano l'infinito in atto (36). Koyré stesso sottolinea ciò quando sintetizza la differenza dicendo: « la fisica di Galilei spiega ciò che è con ciò che non è. Descartes e Newton [...] spiegano il reale con l'impossibile. Galilei [...] non lo fa » (37).

Allora bisogna chiedersi, casomai, se Galilei ha formulato un principio d'inerzia che implichi solo l'infinito potenziale. Qui dobbiamo notare una ambiguità di Galilei: egli, come dimostra Koyré, è contrario all'idea di uno spazio fisico infinito (in atto), se non altro come sede infinita di un moto rettilineo; ma è per un moto infinito in atto nel tempo; infatti non ha difficoltà a sostenere moti circolari perpetui (38).

Quindi, se Galilei ha concepito questo principio, lo ha fatto in una sua versione molto ridotta. In effetti vari autori sostengono che egli affermò l'inerzia « non come legge puramente astratta » (Enriques, Clavelin, Geymonat) (39). In più Drake ha sottolineato che la fisica del Novecento ha modificato profondamente la concezione dell'inerzia newtoniana e che la « legge d'inerzia ristretta » di Galilei in realtà « contribuisce alla sua modernità » come fisico, perché « c'è un vantaggio nel rifiutare di generalizzare al di là del raggiungimento della testimonianza sperimentale valida » (40). E questo fu quello che molto coerentemente fece L. Carnot riformulando la meccanica in maniera totalmente empirica, compresi i principi (41); e oggi sappiamo che la sua legge d'inerzia è conforme alla matematica costruttiva (42).

Ma, si può obiettare, Galilei non ha mai enunciato un principio d'inerzia, neanche nella sua forma ristretta. È esatto. Ma probabilmente Galilei non voleva porre dei principi alla sua teoria, nel senso aristotelico. Tanto è vero che quello che lui chiama « principio » palesemente non lo è in senso aristotelico né lo è per la teoria che espone nelle sue opere (43). Lo abbiamo visto in § 2, Galilei non raggiunse un'organizzazione alternativa della scienza; e chi la espresse 150 anni dopo, L. Carnot, si basò sul concetto di energia, ancora ignoto a Galilei.

---

(36) Tanto meno Galilei arrivò, o volle arrivare, all'idea newtoniana di forza, bollata da D'Alembert, Lagrange, Mach, Kirchoff come « metafisica ». Cfr. anche S. Drake, « A New View of Newton », *Isis*, *63*, 1972, 242-243.

(37) A. Koyré, *Stud...*, *cit.*, 283. Basta questo per contrastare la tesi di J. A. Coppa, « Galileo's Concepts of Inertia », *Physis*, *10*, 1968, 257-276.

(38) Se, come sostengo in A. Drago, « Storia... », *cit.*, la scelta dell'organizzazione della teoria scientifica si materializza nella scelta dello spazio e la scelta della matematica si materializza con il concetto del tempo, questa ambiguità è coerente con quelle precedenti di Galilei.

(39) F. Enriques, *Introduzione...*, *cit.*, 17; L. Geymonat, *Galileo...*, *cit.*, 325; M. Clavelin, *La philosophie...*, *cit.*

(40) S. Drake, « Galileo and the Law of Inertia », *Am. J. Phys.*, *32*, 1964, 608.

(41) R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Griffon, 1956, 312.

(42) Cfr. note (1) e (2). Inoltre si noti la frase che Drake considera espressiva della legge di inerzia galileiana (Edizione Nazionale, vol. X, 170) alla fine dello studio di alcuni inediti (« Galileo's Experimental Confirmation of Horizontal Inertia, Unpublished Manuscripts (Galileo Gleanings XXII) », *Isis*, *64*, 1973, 291-305): è una parafrasi della legge d'inerzia di L. Carnot, *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*, 1803, XVII.

(43) Si veda in proposito l'analisi di M. Clavelin, *La philosophie...*, *cit.*, 366-369. Cartesio gli rimproverava proprio di « non aver proceduto in maniera ordinata [...] senza considerare le cause prime nella natura »; di « essere senza fondamento ».

5. L'analisi precedente è stata ricavata soprattutto dallo studio della letteratura secondaria. Ora occorrerebbe un'attenta e complessa lettura dell'intera opera galileiana per verificare e approfondire l'interpretazione sopra delineata. Comunque, sin da ora ricaviamo alcune conclusioni provvisorie. Le due scelte, considerate come categorie interpretative, hanno una buona aderenza all'opera di Galilei. Infatti le due scelte interpretano grosso modo la biografia scientifica di Galilei, nel senso che danno conto della successione di varie sue opere e permettono di individuare gli obiettivi principali che egli si pose nel *Dialogo* e nei *Discorsi*; inoltre, pongono come problema cruciale quello dell'inerzia, il massimo problema affrontabile da parte di Galilei. Però è vero che le sue ultime due opere sono composte da una lunga serie di problemi che non dichiarano il problema della scelta dell'organizzazione della teoria, e che quando dichiarano il problema della scelta del tipo di infinito non si concentrano tutte su di esso. Ciò costringe a interpretare Galilei, andando oltre ciò che egli dichiara.

Comunque le due scelte ci fanno sottolineare delle caratteristiche fondamentali di tutta l'opera scientifica di Galilei. Galilei sostanzialmente ricercò una organizzazione problematica della teoria scientifica (ma in matematica seguì quella aristotelica). Inoltre Galilei è tendenzialmente per l'infinito solo potenziale (ma in matematica non negò l'infinito in atto). Perciò le due scelte furono decise solo in parte da Galilei (mentre in matematica fu decisamente platonico). Probabilmente per questa sua indecisione (o ambiguità) Galilei non volle affermare né dei veri principi né in particolare quello d'inerzia, che implicava ambedue le scelte. Egli si restrinse a enunciazioni di leggi solo se operative; in questo egli è il pioniere della tradizione empirista della meccanica teorica.

Invece in seguito Newton decise le due scelte in maniera ferma e ardita (e lui non le dichiarò affatto). Gli storici, che sostanzialmente hanno confrontato Galilei con Newton, hanno parlato di una « rivoluzione scientifica abortita ». In realtà, alla luce dei precedenti risultati quella di Galilei fu una rivoluzione *filosofica* abortita (decisa poi da Newton seguendo una precisa metafisica). In altri termini, Galilei non è l'iniziatore della scienza newtoniana che ha dominato per alcuni secoli, ma non per questo è l'ultimo dei medievali (44); piuttosto è il primo scienziato della scienza moderna intesa nel senso più generale, cioè di quella che considera una soluzione particolare la soluzione newtoniana delle due scelte (45).

---

(44) Cfr. W. R. Shea (*ed.*), *Nature...*, *cit.*, 6.
(45) S. Drake, « Galileo... », *cit.*, 608.